



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Arquitectural

ALTERACIONES TÉRMICAS DEL CLIMA EN LAS CALLES DEL CENTRO
HISTÓRICO DE MÉRIDA Y SU REPERCUSIÓN EN EL CONFORT

Tesis presentada por:

SEBASTIÁN ENRIQUE GALILEA ARANDA

Becario CONACYT No. 704434

En opción al grado de Maestro en Arquitectura

Mérida, Yucatán, México

2017

Tutor de la tesis

DR. RAÚL CANTO CETINA

Asesores:

DR. EDGARDO BOLIO ARCEO

DR. PORFIRIO NANCO HERNANDEZ

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer por el conocimiento otorgado y apoyo, a mi tutor el Dr. Raúl Canto Cetina. Por su valiosa asesoría al Dr. Edgardo Bolio Arceo y Dr. Porfirio Nanco Hernandez. Y a todos los profesores y al personal de unidad de posgrados de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán

A mi amiga Ana Gabriela Cen Camal al compartir esta experiencia y el crecimiento personal que trajo, todas estas experiencias aprendidas no hacen mejores personas y profesionales.

Mi madre y familia por brindarme su amor y cariño, por estar siempre presente, gracias por empujarme hacia adelante y estar al pendiente de mí.

Por ultimo agradezco Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) por todo el apoyo que me brindó a lo largo del programa maestría

Agradecimiento especial

ENVI-MET por permitir el uso de su software para la investigación.

GOOGLE por permitir el uso de sus imágenes satelitales con fines académicos.

RESUMEN

En la ciudad Mérida en el estado de Yucatán, México, las condiciones por lo general son incómodamente calurosas la mayor parte del año. En ésta ciudad se llegan a alcanzar temperaturas máximas extremas arriba de los 40 °C, con mucha humedad. Con el aumento de la población en las áreas urbanas y la creciente expansión de la ciudad, se alteran las variables que afectan la sensación térmica generando condiciones microclimáticas seguramente más incómodas.

Particularmente, el centro histórico de Mérida, con características desarrolladas a partir del trazado colonial, tiene morfología más claramente identificable con las alteraciones bioclimáticas, de acuerdo con la literatura especializada. El trabajo tiene como propósito demostrar que las condiciones térmicas de las calles de la zona central de Mérida se alteran especialmente por las características físicas que conforman su espacialidad; también tiene como propósito evaluar el ambiente térmico, partiendo del supuesto de que no posibilita la permanencia y convivencia diurna de las personas; el trabajo se propone dar bases para las acciones que se dirijan al mejoramiento de dichas condiciones.

Para establecer la relación entre morfología y transformación se realizó una comparación de las variables termicoambientales del ambiente de las calles (ambiente alterado), el ambiente de los alrededores semiurbanos (ambiente natural) y el ambiente de los patios a pocos metros de las calles (ambiente “testigo”).

Los datos de las variables se obtuvieron de mediciones propias de este trabajo y de otras de dependencias oficiales especializadas; esos mismos datos se utilizaron para alimentar el programa ENVI-met para obtener las otras variables climáticas que afectan la sensación térmica. Una vez completados los datos se simuló, también con ENVI-met, el comportamiento condiciones atmosféricas y como repercuten en la sensación térmica mediante un índice de confort.

Se encontró que las condiciones de las calles son más calurosas que las de los alrededores semiurbanos y las de los patios; que los ambientes de estos son semejantes a las del medio semiurbano, lo que es atribuible a causas morfológicas y no de ubicación, puesto que se encuentran a muy pocos metros de las vialidades. Por otra parte, que la mayor temperatura en las calles del centro se debe al calor de las

superficies, y, al estar éstas más calientes es mayor la temperatura media radiante. En las calles del centro se dificulta el enfriamiento por emisión de energía de onda larga por la proximidad entre las fachadas, por tanto, el recurso más evidente es el sobrecalentamiento; para lo que, aunado a los otros múltiples beneficios de la vegetación, esta es una de las mejores alternativas para el mejoramiento del ambiente urbano.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE IMÁGENES	4
ÍNDICE DE GRÁFICAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
GLOSARIO DE TÉRMINOS	11
INTRODUCCIÓN.....	16
• OBJETIVO GENERAL.....	19
• OBJETIVOS PARTICULARES.....	19
• HIPÓTESIS	19
CAPÍTULO I: EL CLIMA URBANO Y EL CONFORT	22
1.1 CLIMATOLOGÍA URBANA	27
1.1.1 ESCALA CLIMÁTICA O ATMOSFERICA.....	27
1.1.1.1 Microclima.....	28
1.1.1.2 Clima local/urbano	29
1.1.1.3 Mesoclima	29
1.1.1.4 Macroclima.....	29
1.1.2 CLIMA URBANO	30
1.1.2.1 ELEMENTOS DEL CLIMA URBANO.....	31
1. Capa límite urbana.....	31
2. Capa de toldo urbano	31
3. Cañón urbano	31
4. Factor de cielo visible.....	32
5. Brisa urbana	33
6. Isla de calor	34
1.1.3 MICROCLIMA URBANO	35
1.1.3.1 Propiedades de las superficies urbanas.....	35
1.1.3.2 El calor antropogénico.....	37
1.1.4 ZONA CLIMATICA URBANA	38
1.2 BIOCLIMATOLOGÍA	40
1.2.1 Confort térmico.....	40
1.2.2 Factores del confort y estrés térmico.....	41
1.2.2.1 Factores ambientales.....	41

1.2.2.2 Factores personales.....	42
1.2.3 INDICES DE CONFORT	44
1.2.3.1 PMV	46
1.2.3.2 PET.....	47
1.2.3.3 UTCI	48
1.3 INDICES DE CONFORT EN EL ESPACIO EXTERIOR.....	49
CAPITULO II: EL MÉTODO	51
2.1 METODOLOGÍA.....	52
2.2 INSTRUMENTAL	56
2.3 SOFTWARE DE SIMULACIÓN	58
CAPITULO III: CONTEXTO DE LOS SITIOS ESTUDIADOS.....	61
3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS NATURALES.....	62
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	66
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN	69
3.3.1. Alrededores no urbanos. Observatorio Climatológico.....	70
3.3.2 Alrededores no urbanos. Observatorio de la FIUADY	71
3.3.3. Cañones urbanos de la Zona Centro de Mérida. Calle 59 entre 52 y 54	72
Orientación este-oeste.....	72
3.3.4. Cañones urbanos de la Zona Centro de Mérida. Calle 52 entre 57 y 61	73
Orientación norte-sur.	73
3.3.5. Cañones urbanos de la Zona Centro de Mérida. Calle 63 entre 54 y 56	74
Orientación este-oeste.....	74
3.3.6. Patios interiores con vegetación. Patio del edificio de la FAUADY	75
3.3.7. Patios interiores con vegetación. Patio del edificio FAUADY2	76
CAPÍTULO 4. ALTERACIONES DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA ZONA CENTRAL.....	78
4.1 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS MONITOREADOS. TEMPERATURA Y HUMEDAD	80
4.1.1 Análisis de los datos de alrededores no urbanos.....	80
4.1.2 Análisis de las condiciones térmicas de las calles de la Zona Centro de Mérida	82
4.1.3 Análisis de las condiciones térmicas de espacios interiores ajardinados de la Zona Centro de Mérida	85
4.2 COMPARACIÓN DE LAS COMBINACIONES DE A DOS SITIOS.....	88
4.2.1 Comparación de los sitios de condiciones térmicas de los alrededores no urbanos con las de los patios ajardinados interiores de la zona central de Mérida.....	89
4.2.2 Comparación de los sitios de condiciones térmicas de los alrededores no urbanos con las de las calles de la zona central de Mérida.....	90

4.2.3 Comparación de las condiciones térmicas de calles de la zona central con las de patios ajardinados interiores de la misma zona.....	93
4.3 COMPARACIÓN DE TODOS LOS SITIOS O ZONAS	94
CAPÍTULO 5. DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA MEDIA RADIANTE, VELOCIDAD DEL AIRE Y CONDICIONES DE CONFORT	98
5.1 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA MEDIA RADIANTE Y VELOCIDAD DE VIENTO CON ENVIMET	99
5.1.1 velocidad de viento.....	99
5.1.2 Temperatura Media Radiante	104
5.2 LAS CONDICIONES TÉRMICAS EN LA ZONA CENTRAL	108
5.3 EVALUACIÓN PMV	113
CONCLUSIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS.....	124
A1. TABLAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LOS SITIOS ESTUDIADOS.....	125
A1.1 Datos de Temperatura del Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la CONAGUA ..	125
A1.2 Datos de Temperatura de la estación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY)	126
A2. CONDICIONES DE PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE MANZANAS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA: JARDÍN FAUADY Y JARDÍN FAUADY 2	128
A2.1 Datos de Jardín FAUADY en el interior de la manzana en la que se ubica el edificio principal de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán. Es el Ex Convento de Mejorada ubicado en la calle 50 x 57 y 59, Centro.	128
A2.2 Datos de Jardín FAUADY2, en el interior de la manzana en la que se ubica el edificio 2, edificio alternativo, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán. Está ubicado también en el barrio de la Mejorada, en la calle 59 x 52, Centro.	130
A3. CONDICIONES DE CALLES (CAÑONES URBANOS) DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA.....	132
A3.1 Datos de la estación de la acera oriente de la calle 52 x 57 y 59	132
A3.3 Datos de la estación de la acera norte de la calle 59 x 52 y 54	136
A3.5 Datos de la estación de la acera norte de la calle 63 x 54 y 56.	140

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1.1 DESCRIPCIÓN ESQUEMÁTICA DE LA RADIACIÓN Y FLUJOS DE ENERGÍA EN RURAL (IZQUIERDA) Y URBANO (DERECHA)	23
IMAGEN 1.2 REPRESENTACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	24
IMAGEN 1.3 ESQUEMA DE INTERACCIONES DE LOS DISTINTOS ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
IMAGEN 1.4 ESCALAS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DEL CLIMA Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	28
IMAGEN 1.5 LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS PRODUCTO DE LA ISLA DE CALOR.....	30
IMAGEN 1.6 ESQUEMA BÁSICO ELEMENTOS CLIMA URBANO Y ESCALA DE ELEMENTOS.....	33
IMAGEN 1.7 ESQUEMA DE LA BRISA URBAN PROVOCADA POR LA ISLA DE CALOR.....	34
IMAGEN 1.8 MAPA MOSTRANDO EL EFECTO DE LA ISLA DE CALOR EN ESTADOS UNIDOS	34
IMAGEN 1.9 VALOR DE AISLAMIENTO EN DIFERENTES ROPAS (1 CLO = 0.155 M ² K/W)	43
IMAGEN 1.10 REPRESENTATIVA DEL MET CADA UNO EQUIVALE A 58WATT/ M2	44
IMAGEN 1.11 ESCALA DE SENSACIÓN PMV	47
IMAGEN 1.12 ESCALA DEL PET Y SU PERCEPCIÓN TÉRMICA.....	48
IMAGEN 1.13 FUNCIONAMIENTO Y ESCALA DEL UTCI Y SU PERCEPCIÓN TÉRMICA.....	49
IMAGEN 1.14 DIAGRAMA DE RELACIÓN ENTRE CLIMATOLOGÍA URBANA Y BIOCLIMATOLOGÍA.....	50
IMAGEN 2.1 DATALOGGER EN EXTERIOR CON SU PROTECTOR SOLAR AUTORIA PROPIA.....	57
IMAGEN 2.2 LOGO DE ENVI-MET.....	58
IMAGEN 2.3 PASOS PARA LA UTILIZACIÓN DE ENVI-MET.....	60
IMÁGENES 3.1, 3.2 Y 3.3 MAPAS DE ISOCURVAS DE LLUVIA, TEMPERATURA MEDIA Y EVAPORACIÓN EN EL MUNICIPIO DE MÉRIDA.....	64
IMAGEN 3.4 RESUMEN ANUAL DE DIRECCIÓN DE VIENTOS EN LA REGIÓN.....	66
IMÁGENES 3.5 Y 3.6 UBICACIÓN DE LOS SITIOS PERIFÉRICOS Y DE LA ZONA CENTRAL, RESPECTIVAMENTE. CONAGUA Y FIUADY SON DOS SITIOS DE MEDICIÓN DE CONDICIONES NATURALES; LOS CÍRCULOS MUESTRAN LOS DOS PATIOS INTERIORES DE LAS MANZANAS, EL 1 ES FAUADY Y EL 2 FAUADY2; CON LA NUMERACIÓN DEL RETICULADO Y LAS MARCAS EN FORMA DE ESTRELLAS SE PUEDEN UBICAR LAS DE LOS CAÑONES, 59 ENTRE 52 Y 54 (ACERAS NORTE Y SUR); 52 ENTRE 57 Y 59 (ACERA ORIENTE); 52 ENTRE 59 Y 61 (ACERA PONIENTE); 63 ENTRE 54 Y 56, ACERA NORTE. LAS IMÁGENES SON DE GOOGLE EARTH, MODIFICADAS POR EL AUTOR.....	69

IMÁGENES 3.7 Y 3.8 UBICACIÓN DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO DEL SMN DE LA CONAGUA, Y EL MÓDULO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN. LA IMAGEN SATELITAL ES DE GOOGLE EARTH MODIFICADA POR EL AUTOR, Y LA FOTOGRAFÍA ES DEL AUTOR. 70

IMÁGENES 3.9 Y 3.10 IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN FIUADY Y FOTOGRAFÍA DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN. LA IMAGEN SATELITAL ES DE GOOGLE EARTH MODIFICADA POR EL AUTOR, Y LA FOTOGRAFÍA ES DEL AUTOR. 71

IMÁGENES 3.11, 3.12 Y 3.13 SATELITAL DEL TRAMO DE LA CALLE 59 ENTRE 52 Y 54, CON ORIENTACIÓN ESTE OESTE, DONDE SE COLOCÓ EL INSTRUMENTAL, QUE SE REPRESENTA CON FLECHAS EN LA IMAGEN SATELITAL Y CON LOS CÍRCULOS ROJOS EN LAS FACHADAS. IMAGEN SATELITAL DE GOOGLE EARTH MODIFICADA POR EL AUTOR, Y FOTOGRAFÍA TOMADA POR EL AUTOR..... 73

IMÁGENES 3.14, 3.15 Y 3.16 EN LA IMAGEN AÉREA SE REPRESENTA EL CAÑÓN URBANO DEL TRAMO DE LA CALLE 52 ENTRE 57 Y 61, QUE VA DE NORTE A SUR, Y LA UBICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS. EN LAS FOTOGRAFÍAS DE LA DERECHA, CON CÍRCULOS SE MUESTRAN EN LAS FACHADAS. ARRIBA 52 ENTRE 57 Y 59 (ACERA ESTE), Y ABAJO 52 ENTRE 59 Y 61 (ACERA OESTE). IMAGEN SATELITAL DE GOOGLE EARTH MODIFICADA POR EL AUTOR, Y FOTOGRAFÍA TOMADA POR EL AUTOR..... 74

IMÁGENES 3.17, 3.18 Y 3.19 EN LA IMAGEN AÉREA SE REPRESENTA EL CAÑÓN URBANO DEL TRAMO DE LA CALLE 63 ENTRE 54 Y 56 QUE VA DE ESTE A OESTE, Y LA UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO SOBRE LA FACHADA NORTE. EN LAS FOTOGRAFÍAS DE LA DERECHA, CON CÍRCULOS SE MUESTRAN EN LAS FACHADAS. IMAGEN SATELITAL DE GOOGLE EARTH MODIFICADA POR EL AUTOR, Y FOTOGRAFÍA TOMADA POR EL AUTOR. 75

IMÁGENES 3.20 Y 3.21 IMAGEN AÉREA DE LA MANZANA DEL CONVENTO Y LAS CONTIGUAS, Y FOTOGRAFÍA DEL INSTRUMENTO EN EL PATIO. CON UN CÍRCULO Y UNA CIRCUNFERENCIA SE MUESTRA EL INSTRUMENTAL. LA IMAGEN ES GOOGLE EARTH Y LA FOTO DEL AUTOR..... 76

IMÁGENES 3.22 Y 3.23 IMAGEN AÉREA DE LA MANZANA DEL CONVENTO Y LAS CONTIGUAS, Y FOTOGRAFÍA DEL INSTRUMENTO EN EL PATIO. CON UN CÍRCULO Y UNA CIRCUNFERENCIA SE MUESTRA EL INSTRUMENTAL. LA IMAGEN ES GOOGLE EARTH Y LA FOTO DEL AUTOR..... 77

IMÁGENES 4.1 Y 4.2 RESPECTIVAMENTE, MÁSCARAS DE SOMBRA DEL PUNTO DE UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EN LA ACERA NORTE DE LA CALLE 59 X 52 Y 54, Y MÁSCARA DE SOMBRA DEL UBICADO EN LA ACERA DE ENFRENTE, SUR, EN LA 59 X 52 Y 54. 84

IMÁGENES 4.3 Y 4.4 RESPECTIVAMENTE, MÁSCARAS DE SOMBRA DEL PUNTO DE UBICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EN LA ACERA OESTE DE LA CALLE 52 X 59 Y 61, Y MÁSCARA DE SOMBRA DEL UBICADO EN LA ACERA DE ENFRENTE, ESTE, EN LA 52 X 59 Y 57..... 85

IMÁGENES 4.5 Y 4.6 RESPECTIVAMENTE, IMAGEN SATELITAL DEL JARDÍN DEL EDIFICIO ANEXO DE LA FAUADY, Y VOLUMETRÍA VIRTUAL DEL MISMO. LOS CÍRCULOS Y PUNTOS ROJOS REPRESENTAN LA POSICIÓN DEL INSTRUMENTO. LA IMAGEN SATELITAL ES DE GOOGLE MODIFICADA POR EL AUTOR. LA IMAGEN 4.6 FUE DIBUJADA POR EL AUTOR POR MEDIO DEL PROGRAMA ECOTECT..... 87

IMÁGENES 4.7 Y 4.8 MÁSCARA DE SOMBRA DEL JARDÍN DEL EDIFICIO DE LA CALLE 59, CALCULADA PARA EL PUNTO EN QUE SE ENCUENTRA EL SENSOR. A LA IZQUIERDA LA MÁSCARA DE SOMBRA SIN ÁRBOLES Y A LA DERECHA CON ÁRBOLES..... 87

IMÁGENES 4.9 Y 4.10 RESPECTIVAMENTE, IMAGEN SATELITAL DEL JARDÍN FAUADY Y MAQUETA VIRTUAL DEL MISMO EDIFICIO, ILUSTRANDO COMO SE ASOLEA EL ÁREA DEL INSTRUMENTO EN LAS PRIMERAS HORAS DEL DÍA. LA IMAGEN SATELITAL ES GOOGLE MODIFICADA POR EL AUTOR..... 88

IMÁGENES 4.11 Y 4.12 MÁSCARA DE SOMBRA DEL JARDÍN FAUADY DESDE EL PUNTO EN QUE SE ENCUENTRA EL SENSOR. A LA IZQUIERDA LA MÁSCARA DE SOMBRA SIN ÁRBOLES Y A LA DERECHA CON ÁRBOLES..... 88

IMAGEN 5.1 VELOCIDAD DEL AIRE EMULADAS EN ENVI-MET A LAS 9 A.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 100

IMAGEN 5.2 VELOCIDAD DEL AIRE EMULADAS EN ENVI-MET A LAS 12 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 101

IMAGEN 5.3 VELOCIDAD DEL AIRE EMULADAS EN ENVI-MET A LAS 3 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 102

IMAGEN 5.4 VELOCIDAD DEL AIRE EMULADAS EN ENVI-MET A LAS 6 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 103

IMAGEN 5.5 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 9 A.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 105

IMAGEN 5.6 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 12 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 106

IMAGEN 5.7 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 3 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 107

IMAGEN 5.8 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 6 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 108

IMAGEN 5.10 ÍNDICE DE CONFORT EN PMV CALCULADO EN ENVI-MET A LAS 9 A.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M..... 110

IMAGEN 5.11 ÍNDICE DE CONFORT EN PMV CALCULADO EN ENVI-MET A LAS 12 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M.....	111
IMAGEN 5.12 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 3 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M.....	112
IMAGEN 5.13 TEMPERATURA MEDIA RADIANTE EMULADA EN ENVI-MET A LAS 6 P.M. PARA UN DÍA REPRESENTATIVO DE SEPTIEMBRE A 1.5 M.....	113
IMAGEN 6.1 DIFERENCIAS ENTRE UN ESPACIO SIN VEGETACIÓN Y CON VEGETACIÓN.....	118

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1.1 TEMPERATURA DEL AIRE Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DE ALGUNOS MATERIALES URBANOS (MEDICIONES ATENAS 2001)	36
GRÁFICA 3.1 YUCATÁN, ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA: TEMPRATURAS MEDIAS REEGISTRADAS EN EL PERÍODO 1976 A 2010	63
GRÁFICA 4.1 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE LAS CONDICIONES NATURALES	81
GRÁFICA 4.2 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE LAS CALLES DE LA ZONA CENTRAL.....	83
GRÁFICA 4.3 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE LAS ÁREAS INTERIORES AJARDINADAS DE LA ZONA CENTRAL.....	86
GRÁFICA 4.4 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS Y DE LOS PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA ZONA CENTRAL DE MÉRIDA.....	89
GRÁFICA 4.5 CURVAS DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN DÍA PROMEDIO. EN NEGRO LA DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS Y EN ANARANJADO Y ROJO LAS DE LAS CALLES.	92
GRÁFICA 4.6 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CONDICIONES TÉRMICAS DE CALLES DE LA ZONA CENTRAL Y DE PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA MISMA ZONA.....	94
GRÁFICA 4.7 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CALLES Y PATIOS AJARDINADOS ESTUDIADOS DE LA ZONA CENTRAL, Y LAS NATURALES DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS. EN NEGRO LAS CONDICIONES DE LOS ALREDEDORES, EN VERDE LOS PATIOS AJARDINADOS INTERIORES Y EN ROJOS Y NARANJAS LAS CALLES. LA ESTRATIFICACIÓN ES CLARA.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 COEFICIENTE DE ALBEDOS DE DISTINTOS MATERIALES.	36
TABLA 1.2 ZONAS CLIMÁTICAS URBANAS.....	39
TABLA 4.1 TEMPERATURAS HORARIAS, A COLORES, REPRESENTATIVAS DE LAS CONDICIONES NATURALES	81
TABLA 4.2 TEMPERATURAS HORARIAS, A COLORES, REPRESENTATIVAS DE LAS CALLES DE LA ZONA CENTRAL.....	83
TABLA 4.3 TEMPERATURAS HORARIAS, A COLORES, REPRESENTATIVAS DE LAS ZONAS INTERIORES AJARDINADAS DE LA ZONA CENTRAL.....	86
TABLA 4.4 TEMPERATURAS HORARIAS, A COLORES, REPRESENTATIVAS DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS Y DE LOS PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA ZONA CENTRAL DE MÉRIDA	89
TABLA 4.5 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS Y DE LAS CALLES DE LA ZONA CENTRAL DE MÉRIDA.....	92
TABLA 4.6 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CONDICIONES TÉRMICAS DE CALLES DE LA ZONA CENTRAL Y DE PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA MISMA ZONA.....	93
TABLA 4.7 TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CALLES Y PATIOS AJARDINADOS ESTUDIADOS DE LA ZONA CENTRAL, Y LAS NATURALES DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS	95
TABLA 5.1 ÍNDICES PMV Y SUS SENSACIONES RELATIVAS AL CONFORT TÉRMICO.	109
TABLA A1 ESTACIÓN CONAGUA. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	125
TABLA A2 ESTACIÓN CONAGUA. HUMEDADES MEDIDAS EN PORCENTAJE, DE 9 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE. ..	126
TABLA A3 ESTACIÓN FIUADY. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	127
TABLA A5 ESTACIÓN JARDÍN FAUADY. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	128
TABLA A6 ESTACIÓN JARDÍN FAUADY. HUMEDAD MEDIDA EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	129
TABLA A7 ESTACIÓN JARDÍN FAUADY2. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	130
TABLA A8 ESTACIÓN JARDÍN FAUADY2. HUMEDAD EN PORCENTAJES, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	131
TABLA A9 ESTACIÓN DE LA ACERA ORIENTE DE LA CALLE 52 X 57 Y 59. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.	132

TABLA A10 ESTACIÓN DE LA ACERA ORIENTE DE LA CALLE 52 X 57 Y 59. HUMEDADES EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.....	133
TABLA A11 ESTACIÓN DE LA ACERA PONIENTE DE LA CALLE 52 X 59 Y 61. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.	134
TABLA A12 ESTACIÓN DE LA ACERA PONIENTE DE LA CALLE 52 X 59 Y 61. HUMEDADES EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.....	135
TABLA A13 ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 59 X 52 Y 54. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.	136
TABLA A14 ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 59 X 52 Y 54. HUMEDADES EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.....	137
TABLA A15 ESTACIÓN DE LA ACERA SUR DE LA CALLE 59 X 52 Y 54. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.	138
TABLA A16 ESTACIÓN DE LA ACERA SUR DE LA CALLE 59 X 52 Y 54. HUMEDADES EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.....	139
TABLA A17 ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 63 X 54 Y 56. TEMPERATURAS EN GRADOS °CELSIUS, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE	140
TABLA A18 ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 63 X 54 Y 56. HUMEDADES EN PORCENTAJE, DE 10 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE.....	141

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Fue fundado en 1894 y tiene más de 50,000 miembros en todo el mundo. Se centra en la construcción de sistemas, la eficiencia energética, la calidad del aire interior, la refrigeración y las tecnologías de sostenibilidad.

Bioclimatología: Disciplina que estudia las relaciones entre el clima y los seres vivos.

Cañón urbano: es un lugar donde la calle está flanqueada por edificios en ambos lados creando un entorno tipo cañón. Ejemplos clásicos de estos cañones construidos por humanos se hacen cuando las calles separan bloques densos de estructuras, especialmente rascacielos.

Clima urbano: Se entiende por clima urbano a las condiciones del clima que poseen las áreas urbanas, en contraste con las que pudieran darse en un área rural. La urbanización, además de otras causas, ejerce tremendas modificaciones irreversibles (al menos desde el punto de vista económico) en el paisaje rural previo, y por eso se desarrollan cambios en la atmósfera colindante.

Climatología urbana: Disciplina que estudia los procesos climatológicos en el área urbana.

Clo: es una unidad de medida empleada para el índice de indumento, que procede del inglés cloth, vestimenta. La unidad se define como el aislamiento térmico necesario para mantener a una temperatura estable y cómoda a la piel durante 8 horas, cuando una persona está en reposo a una temperatura de 20 °C, con una humedad relativa del 50 % y sin influencia de la radiación solar. La unidad equivale a un aislamiento térmico de: $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \times \text{K/W} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$

Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA): es un organismo administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, creado en 1989, cuya responsabilidad es administrar, regular, controlar y proteger las aguas nacionales.

Condiciones térmicas *

Confort térmico: Se puede decir que existe confort térmico o sensación neutra respecto al ambiente térmico, cuando las personas no experimentan sensación de calor ni frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

ENVI-met: Programa de simulación atmosférica

Estrés térmico: es la sensación de malestar que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias

Factor de cielo visible (FCV): denota la relación entre la radiación recibida por una superficie plana y la del hemisferio radiante hemisférico completo y se calcula como la fracción de cielo visible desde cero. SVF es un valor adimensional que va de 0 a 1. Un SVF de 1 significa que el cielo es completamente visible, por ejemplo, en un terreno plano. Cuando una ubicación tiene edificios y árboles, hará que la SVF disminuya proporcionalmente.

FAUADY: Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Yucatán

FIUADY: Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán

HOBO: Equipo para la medición de temperatura y humedad del aire

Health and Safety Executive (HSE): es el organismo responsable del fomento, la regulación y la aplicación de la salud, la seguridad y el bienestar en el lugar de trabajo, y de la investigación de riesgos laborales en Reino Unido. Es un organismo público no departamental del Reino Unido con sede en Liverpool, Inglaterra.

Humedad del aire: Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire a cierta temperatura y la que sería capaz de contener para saturarse a idéntica temperatura.

Isla de calor (urban heat island): Es un fenómeno urbano que consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las horas nocturnas, cuando las áreas no urbanas, se enfrían notablemente por la falta de acumulación de calor. El centro urbano, donde los edificios y el asfalto desprenden por la noche el calor acumulado durante el día, provoca vientos locales desde el exterior hacia el interior. Comúnmente se da el fenómeno de elevación de la temperatura en zonas urbanas densamente construidas causado por una combinación de factores tales como la edificación, la falta de espacios verdes, los gases contaminantes o la generación de calor. Se ha observado que el fenómeno de la isla de calor aumenta con el tamaño de la ciudad y que es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana.

Macroclima: Clima de una extensa región geográfica, un continente o toda la tierra.

Mesoclima: abarca las modificaciones locales de los macroclimas a través de la alteración de varios de sus elementos, es decir, el efecto del clima local debido a las influencias meteorológicas sobre un área relativamente extensa que puede oscilar entre pocos kilómetros cuadrados y 100 kilómetros cuadrados.

Met: es la unidad de medida del índice metabólico y se define como la cantidad de calor emitido por una persona en posición sedente por metro cuadrado de piel. La relación por metro cuadrado de piel permite una aproximación mayor a la media, puesto que las personas de mayor tamaño tienen un mayor metabolismo basal. Equivale a 58 W/m^2 ($50 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$).

Microclima: describe el clima de una zona específica, cuyas características cambian rápidamente al moverse de una zona a otra, debido al coeficiente de fricción del terreno, al tipo de suelo, a la orientación e inclinación de las superficies, a la cobertura vegetal, al contenido de humedad del suelo, etc. Es el clima que corresponde a la escala de los organismos y se estudia para poner de manifiesto la importancia del medio.

Organización Meteorológica Mundial (OMM): o en inglés, World Meteorological Organization (WMO) es una organización internacional creada en 1950 en el seno de la ONU cuyo objetivo es asegurar y facilitar la cooperación entre los servicios

meteorológicos nacionales, promover y unificar los instrumentos de medida y los métodos de observación.

Physiological Equivalent Temperature (PET): Índice de confort térmico.

Predicted Mean Vote Index (PMV): Índice de Confort térmico desarrollado por Fanger

Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD): Índice de Confort térmico desarrollado por Fanger

Servicio Meteorológico Nacional (SMN): es el organismo público de México encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo que prevalece o afecta al territorio de dicho país. El SMN depende directamente de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que a la vez forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Fue creado en 1877 por orden del presidente Porfirio Díaz como Observatorio Meteorológico Central, en 1989 se integró a la CONAGUA.

Temperatura del aire: Temperatura del aire atmosférico. La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento.

Temperatura media radiante (TMR): La temperatura radiante media es la temperatura media de los objetos que rodean a una persona (techos, paredes, suelos, equipos de trabajo, etc.) y que influye en la pérdida o ganancia de calor de dicha persona debido al intercambio de radiaciones térmicas.

Termohigrométricos: Todo tipo de trabajo físico genera calor en el cuerpo, por ello el hombre posee un sistema de autorregulación con el fin de mantener una temperatura constante en torno a los 37° C. El confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios entre este y el medio ambiente.

UADY: Universidad Autónoma De Yucatán

Universal Thermal Climate Index (UTCI): Índice de confort térmico

Velocidad de aire: es uno de los parámetros que se incluye en los cálculos de la sensación térmica. Se expresa en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros.

Zona Climática Urbana (ZCU): Corresponde a las diferentes zonas climáticas que se dan en la zona urbana las cuales están relacionadas con la densidad constructiva y la separación de los edificios.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo adecuado de las actividades individuales o sociales, es importante contar con las condiciones térmicas ambientales que la naturaleza humana necesita para no padecer incomodidad o estrés térmico que lleven a desempeños inadecuados o problemas de salud.

En el caso del estado de Yucatán, así como de toda la península del mismo nombre y zonas de México con clima semejante, las condiciones por lo general son incómodamente calurosas la mayor parte del año. En Yucatán se llegan a alcanzar temperaturas máximas extremas arriba de los 40 °C, con mucha humedad.

Teniendo como principio que una de las funciones básicas del diseño urbano y arquitectónico es crear espacialidades con ambientes confortables, es necesario preguntarse si los ambientes urbanos de la ciudad de Mérida logran atenuar las condiciones climáticas regionales y crear microclimas adecuados para la convivencia, el descanso y toda la gama de actividades que se realizan en una ciudad. Hay que agregar que el clima de la ciudad repercute en los ambientes térmicos de los edificios, por lo que mientras mejores sean los ambientes externos, mejor podrán ser los de los edificios.

Por otra parte, es sabido que los asentamientos humanos tienen un impacto sobre el clima regional y conforman condiciones propias conocidas como climas urbanos. El efecto más común es la elevación de las temperaturas que se conoce como islas de calor urbano.(Oke, 1982)

En tal caso, si las condiciones térmicas de Yucatán son elevadas y las ciudades intensifican las temperaturas, es importante determinar la magnitud de las alteraciones y las causas de las mismas. En este trabajo se aborda el problema de la zona central de Mérida, que abarca buena parte de su centro histórico. No se delimitan límites precisos sino características morfológicas que se definen más adelante.

En el caso de Mérida es particularmente importante su zona central por abarcar el espacio primigenio con las expansiones más antiguas, ser la más representativa la de más vitalidad y de mayor uso colectivo. Su estudio también resulta importante cuando se han experimentado sus condiciones térmicas y observado las reacciones de los usuarios. Además, se concentran las características morfológicas, en un área muy marcada, que los estudios asocian con el calentamiento urbano.

Es importante el conocimiento de los ambientes térmicos de la zona central para relacionar características morfológicas y ambiente térmico, y establecer las relaciones de causalidad entre ambos aspectos. Por zona central o zona centro de Mérida, se está considerando el área urbana con morfología definida por una retícula de calles del mismo ancho, orientadas con un pequeño giro respecto a los ejes norte-sur y este oeste, con manzanas más o menos cuadradas rodeadas por construcciones de mampostería de uno o dos niveles de seis a siete metros de altura exterior por piso. De tal manera se forman los espacios cerrados y los abiertos. Entre estos últimos tenemos las calles, las plazas y parques, y los patios en el interior de las manzanas.

En las calles de la zona central de Mérida es en donde están más presentes los principales aspectos que se describen cuando se habla del impacto urbano en el clima: sustitución total de vegetación por materiales pétreos de mayor calor específico y capacidad de almacenamiento de energía, impermeabilidad de las fachadas al intercambio de aire entre los patios y las calles, e impermeabilidad del suelo a la lluvia y a la evaporación de la humedad del subsuelo.

Las plazas y parques tienen cierta semejanza con los patios de las manzanas, excepto por la mayor cantidad de piso cubierto con materiales pétreos. En este trabajo, por limitaciones de instrumental y tiempo, y por el mayor contraste de sus características, se decidió estudiar calles y patios con vegetación en los interiores de las manzanas. No se estudiarán parques y plazas, por lo que no se hace más mención de estos.

Los patios con vegetación son espacios que contrastan con el de las calles en cuanto a la presencia de vegetación y a la permeabilidad del suelo al agua –de la lluvia al subsuelo y del subsuelo a la atmósfera. La vegetación sombrea evitando el impacto del sol en el suelo y construcciones, y refresca a través de la evapotranspiración de su follaje; la permeabilidad permite la evaporación del agua del subsuelo con la que se elimina parte del calor sensible.

En esta configuración morfológica por lo general no existe intercambio de condiciones entre el ambiente de los patios interiores y el de las calles, por lo que la relación entre esos ambientes y sus respectivas envolventes es muy estrecha. En este trabajo se aborda el impacto de la morfología urbana en el ambiente de la zona central

y del ambiente en las condiciones de comodidad o incomodidad térmica, por lo que estas dos relaciones son su objeto de estudio.

Debido a la importancia que, en función de su severidad, pueden tener las condiciones térmicas en el desarrollo de las personas y de la sociedad, son de gran necesidad los estudios del ambiente térmico que se conforma por la interacción del clima de una región y los asentamientos humanos de la misma.

Tal es el caso del estado de Yucatán y su capital, Mérida. En un estudio realizado por doctor Raúl Canto se encontraron fuertes diferencias entre diferentes sectores de la ciudad, especialmente entre su zona central y sus alrededores no urbanos.(Canto, 2008) De tal manera la caracterización del efecto de la morfología de esa zona en sus condiciones climáticas es un conocimiento importante pues posibilita la generación de estrategias que ayuden a atenuar el impacto de las modificaciones que se realizan en ese sector urbano, para evitar condiciones de estrés térmico y propiciando ambientes confortables.

El centro de la ciudad de Mérida, como ya se mencionó, es un espacio de gran vitalidad social, ya que es un nodo regional donde personas de la ciudad y del interior del estado realizan actividades comerciales, lúdicas, trámites diversos, pago de servicios, transición a otros sitios, encuentro, etcétera.

- **OBJETIVO GENERAL:** Evaluar la repercusión de las alteraciones del ambiente térmico de las calles del centro histórico de la ciudad de Mérida, en la sensación térmica de las personas e identificar las causas de esas alteraciones.
- **OBJETIVOS PARTICULARES:** (1) caracterizar las diferencias térmicas entre las calles y patios de la zona central, y los alrededores semiurbanos; (2) identificar las características morfológicas que causan esas diferencias; (3) evaluar la sensación térmica en las calles del centro histórico e identificar causas de su agravamiento debido a las características morfológicas de ese sector.
- **HIPÓTESIS:** El ambiente térmico que se conforma en las calles del centro histórico se agrava por encima de las condiciones naturales de la región, ya que en ese sector disminuye la velocidad del viento y aumentan la temperatura del aire y

la temperatura media radiante, lo cual es consecuencia de la morfología del sector con espacialidades en las que predominan las superficies artificiales que retienen más y por mayor tiempo el calor, no hay vegetación con sus propiedades beneficiosas de sombreado y evapotranspiración, y el pavimento evita la evapotranspiración del subsuelo.

Este trabajo se realizó con datos de la temperatura y humedad de calles y patios interiores de las manzanas elegidos como representativos de la zona central, y de sitios cuyo propósito es medir las condiciones naturales de la región. Los primeros se obtuvieron por mediciones realizadas específicamente para esta investigación y los otros por medio de solicitudes a las dependencias que realizan dichas mediciones. Estos datos se procesaron a través de tablas y gráficas para hacer las primeras inferencias acerca de los objetivos planteados. Por otra parte, se utilizó el software de simulación de condiciones térmicas de espacios abiertos ENVI-met, con el que por medio de los datos monitoreados se calcularon las otras variables para determinar y evaluar las condiciones de confort y estrés térmico de los sitios estudiados. El parámetro de evaluación de las sensaciones térmicas fue el Predict Mean Vote. Por otra parte, con los datos de alteraciones térmicas de los sitios estudiados, en comparación con los de referencia se buscó una explicación fundamentada en las aportaciones teóricas relativas a la conformación del clima urbano. De estos procesos se establecieron las conclusiones relativas a los objetivos e hipótesis planteadas.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: una introducción, cinco capítulos, las conclusiones y anexos.

Capítulo I se presenta el marco teórico

Capitulo II se expone la metodología

Capitulo III se hace una descripción general clima local, la elección de los sitios de medición y de las características morfológica de los sitios estudiados.

Capitulo IV se presentan los datos obtenidos en los sitios, su comparación y su interpretación.

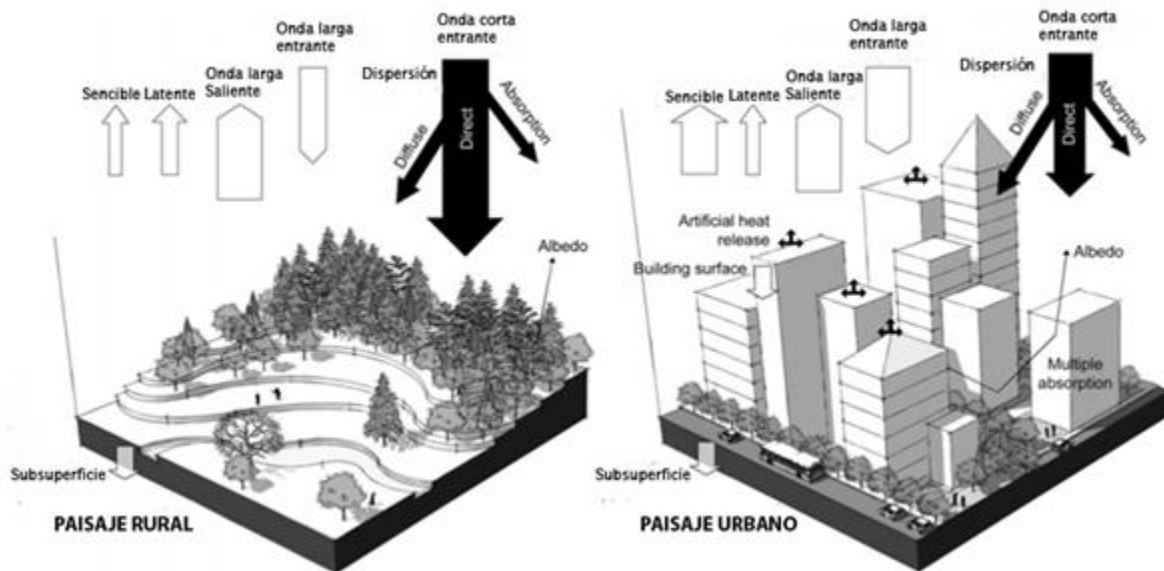
Capítulo V se expone el procedimiento seguido para la obtención de datos por medio del programa ENVI-met, como velocidades del viento, temperatura media radiante, así como la evaluación de las condiciones térmicas presentes mediante un índice de confort.

En el apartado de Conclusiones se presentan hallazgos, contribuciones y se plantea una reflexión sobre los hallazgos.

Capítulo I: El clima urbano y el confort

Con el aumento de la población en las áreas urbanas y la creciente expansión de las ciudades, se han ido generando condiciones micro climáticas que han intensificado las temperaturas que se dan en el área urbana (Asimakopoulos, 2013, p. 92) Por ello en el presente trabajo se caracterizarán y evaluarán las condiciones climáticas del centro de Mérida que sirvan para establecer recomendaciones para el mejoramiento climático.

Muchos autores concuerdan en que el crecimiento de las ciudades con la pérdida de área verde, la industrialización, la concentración de actividades en la ciudad y el aumento de los automóviles son los principales contribuidores de la polución del aire y la deterioración ambiental y climática urbana, regional y global. Estas condiciones desfavorables en los espacios públicos bajan la calidad de vida en las áreas urbanas y en algunos casos puede llegar a causar daños a la salud. ..



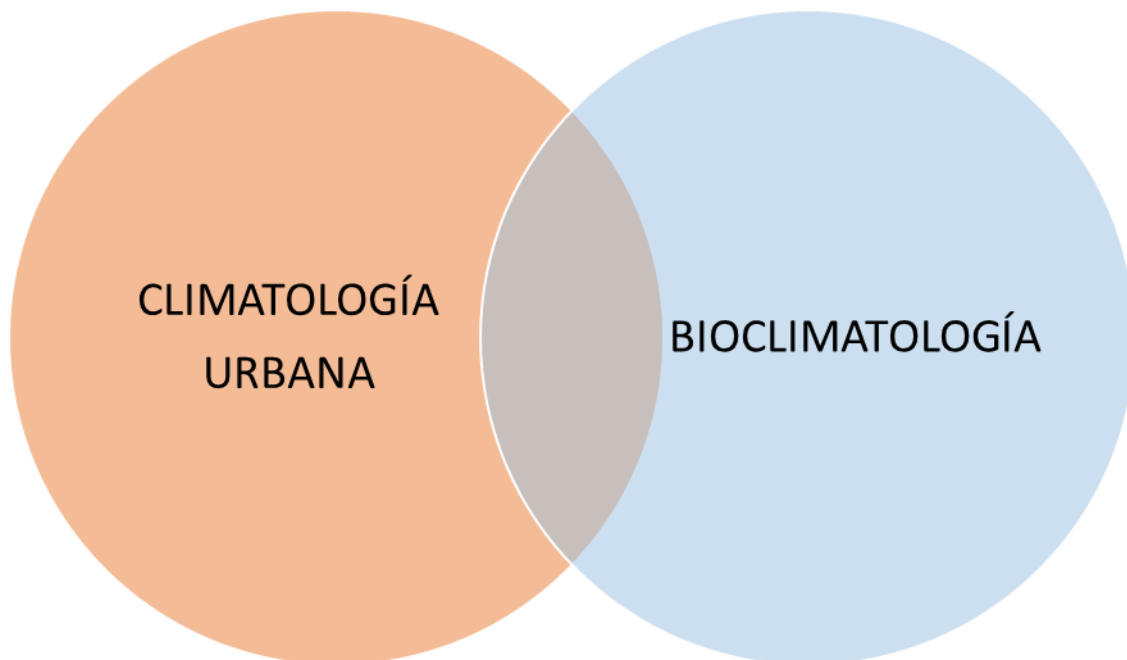
Fuente: (Caijun Zhao, n.d.)

Imagen 1.1 Descripción esquemática de la radiación y flujos de energía en rural (izquierda) y urbano (derecha)

Las condiciones climáticas naturales se modifican en las áreas urbanas, las condiciones climáticas dentro de la ciudad en función de sus características morfológicas. Entre las alteraciones más importantes para los habitantes de un clima como el de Yucatán, están los aumentos de la temperatura, de la energía radiante del

sol y la transmitida por los edificios, así como la disminución del viento lo cual origina condiciones térmicas desfavorables presenta el clima local. (Asimakopoulos, 2013, p. 98)

Esta investigación aborda aspectos de la Climatología Urbana y la bioclimatología. La primera estudia interacción del medioambiente con el área urbanizada, enfocándose en la serie de fenómenos climáticos que se producen dentro de la ciudad. La bioclimatología estudia los procesos que vinculan el clima con los seres humanos, fijando los valores termohigrométricos óptimos para el bienestar mediante índices de confort o de comodidad teniendo como base los intercambios energéticos con el medio ambiente (Jauregui, 1968, citando a Quintela y Vasino, 1955). Ésta es el área de climatología que busca medir las condiciones de confort o disconformidad respecto a las condiciones térmicas en un espacio.



Fuente: Elaboración propia

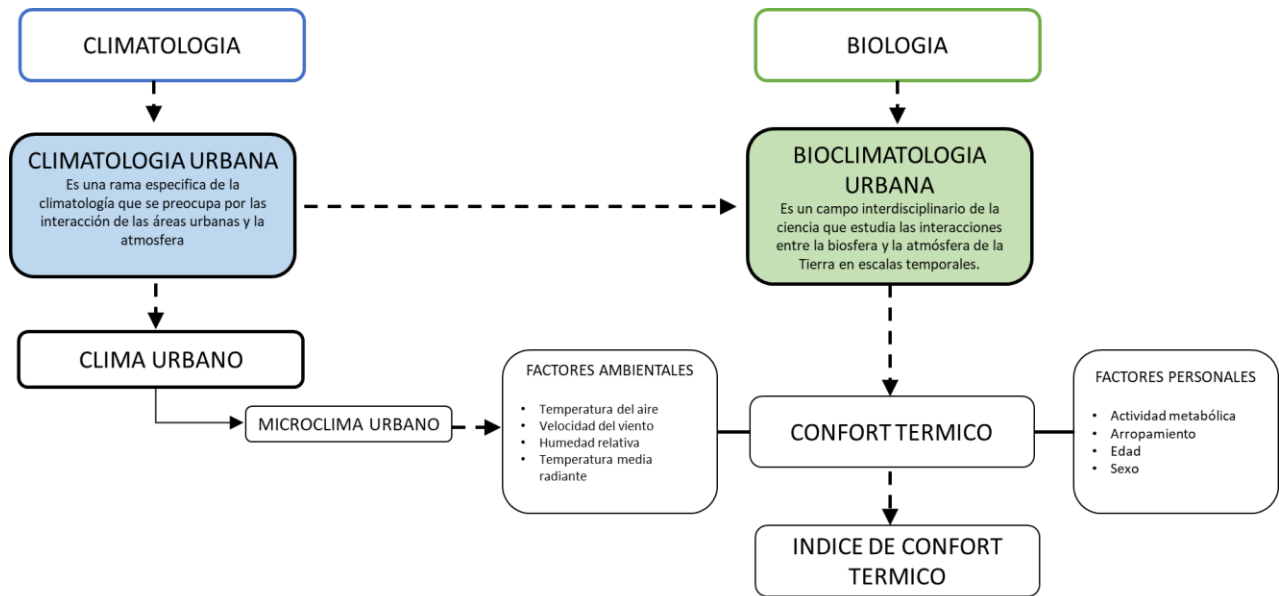
Imagen 1.2 *Representación de las líneas de investigación.*

Para poder entender las variables que definen las condiciones térmicas de un espacio y las condiciones de confort que puedan presentarse, hay que entender cuáles son los elementos que están interactuando y cuáles son sus principales modificadores.

De las condiciones térmicas el principal elemento es la atmósfera ya que en ella se dan las distintas interacciones que se estudian, debido a la extensión que esta tiene se definen diferentes escalas para su estudio un estudio urbano puede abarcar el totalidad de la ciudad, la escala local o la escala microclimática. En la escala urbana hay factores que afectan las diferentes escalas de estudio urbano como los materiales presentes, la densidad de construcción, entre otros.

El confort térmico es resultado de la interacción entre el ambiente térmico y las personas. Las condiciones presentes en la atmósfera van a influir en las condiciones de confort, además de factores personales como la actividad metabólica y el aislamiento térmico (ropa). Para poder medir las condiciones de confort o estrés térmico se han generado diferentes índices de confort que buscan medir el grado de confort o estrés térmico presente un área predeterminada.

Para poder evaluar las condiciones de un espacio exterior en relación al confort térmico, hay que poder determinar sus condiciones atmosféricas y de las personas, como su arropamiento y actividad metabólica. Con estos datos se puede evaluar la sensación térmica mediante un índice de confort térmico y de esta manera el estado del ambiente, para de esta manera determinar si se requiere algún tipo de intervención.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.3 Esquema de interacciones de los distintos aspectos de la investigación.

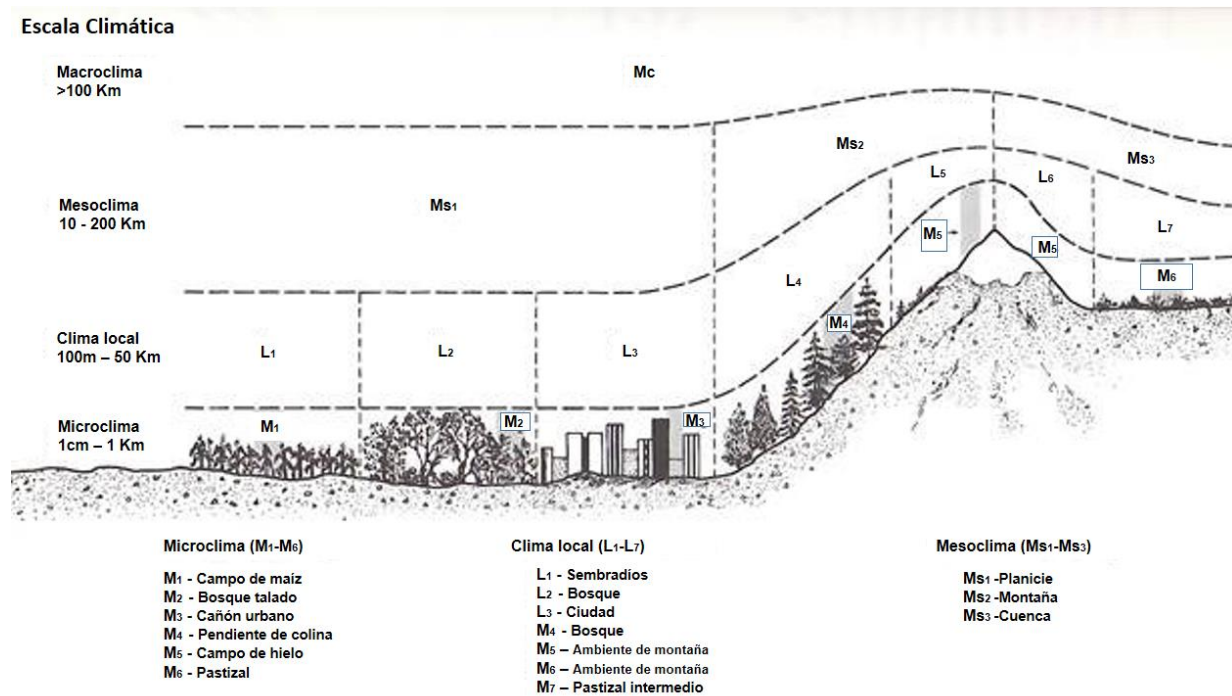
1.1 CLIMATOLOGÍA URBANA

La climatología urbana es una ciencia que data del Siglo XIX. Uno de sus iniciadores fue el climatólogo Luke Howard en el 1833, quien publicó su libro sobre el clima urbano de Londres, en Francia Renou en el 1855, en Alemania Kratzer en el 1956 y en Estados Unidos Duckworth and Sanberg 1953 y en México Jáuregui Ostos, 1950. Los cuales han estudiado las modificaciones del clima que se producen por la sustitución de superficies naturales por elementos de la traza urbana. Por ellos se puede entender como Climatología Urbana la ciencia que estudia los cambios climatológicos producidos por causas urbanas.(Arnfield, A. John, 2003) Las diferencias que hay entre el Clima Urbano y Clima regional, en las que se sitúa una ciudad se deben a una serie de factores geográficos que actúan a micro escala, en la ciudad de Mérida tenemos esta diferencias con entre la clima regional y el clima presente en la mancha urbana. Algunos factores que lleva a estas diferencias son el cambio en la composición del aire debido a la contaminación, el aumento de rugosidad debido a las diversas construcciones en la ciudad, la cual afecta el flujo de los vientos, las superficies impermeables y materiales urbano que disminuye la evaporación. Tráfico y los focos de calor que aumentan la temperatura. Las consecuencias de los factores antes mencionados son: el aumento en altitud de la capa límite planetaria debido a la altura de los tejados y al calentamiento del aire urbano, modificando la altura de los vientos. (Asimakopoulos, 2013, p. 98)El incremento de la temperatura, especialmente de la temperatura nocturna ya que no se pierde calor por evaporación durante el día y además se disminuye las pérdidas por irradiación durante la noche, a este fenómeno se le llama isla de calor.("Glossary of Meteorology," 2009)

1.1.1 ESCALA CLIMÁTICA O ATMOSFERICA

Una definición de *escala* de diccionario es "Una clasificación progresiva, como de tamaño o cantidad." En meteorología y climatología, los términos de clasificación de escala que van de pequeño a grande son micro-, local-, meso y macroescala (Oke, 2009). Las escalas climáticas están en función de la extensión del fenómeno

atmosférico estudiado: se consideran fenómenos macroclimáticos cuando se trata de grandes extensiones, extensiones medias como las mesoclimáticas y a pequeña escala las microclimáticas. La escala estudiada en esta investigación comprende las condiciones microclimáticas y local en el centro urbano de la ciudad de Mérida, Yucatán.



Fuente: (Oliver & Hidore, 2002, p. 163)

Imagen 1.4 *Escala espaciales para el estudio del clima y sus características*

1.1.1.1 Microclima

Los estudios a menudo miden los contrastes a pequeña escala, tales como entre el cerro y el valle o entre la ciudad y áreas circundantes. Pueden ser de una escala extremadamente pequeña, tal como un lado de un seto contrastado con el otro, un surco arado contra suelo nivelado o superficies de hojas opuestas. El clima en la microescala puede ser modificado por esfuerzos humanos relativamente simples. (SENSOY Serhat & DEMIRCAN Mesut, 2010, p. 5)

1.1.1.2 Clima local/urbano

Se entiende por clima Local/urbano a las condiciones del clima que poseen las áreas urbanas, en contraste con las que pudieran darse en un área rural. La urbanización, además de otras causas, ejerce tremendas modificaciones irreversibles (al menos desde el punto de vista económico) en el paisaje rural previo, y por eso se desarrollan cambios en la atmósfera colindante (SENSOY Serhat & DEMIRCAN Mesut, 2010, p. 5). Clima urbano se puede considerar desde un barrio, colonia, un sector o municipio.

1.1.1.3 Mesoclima

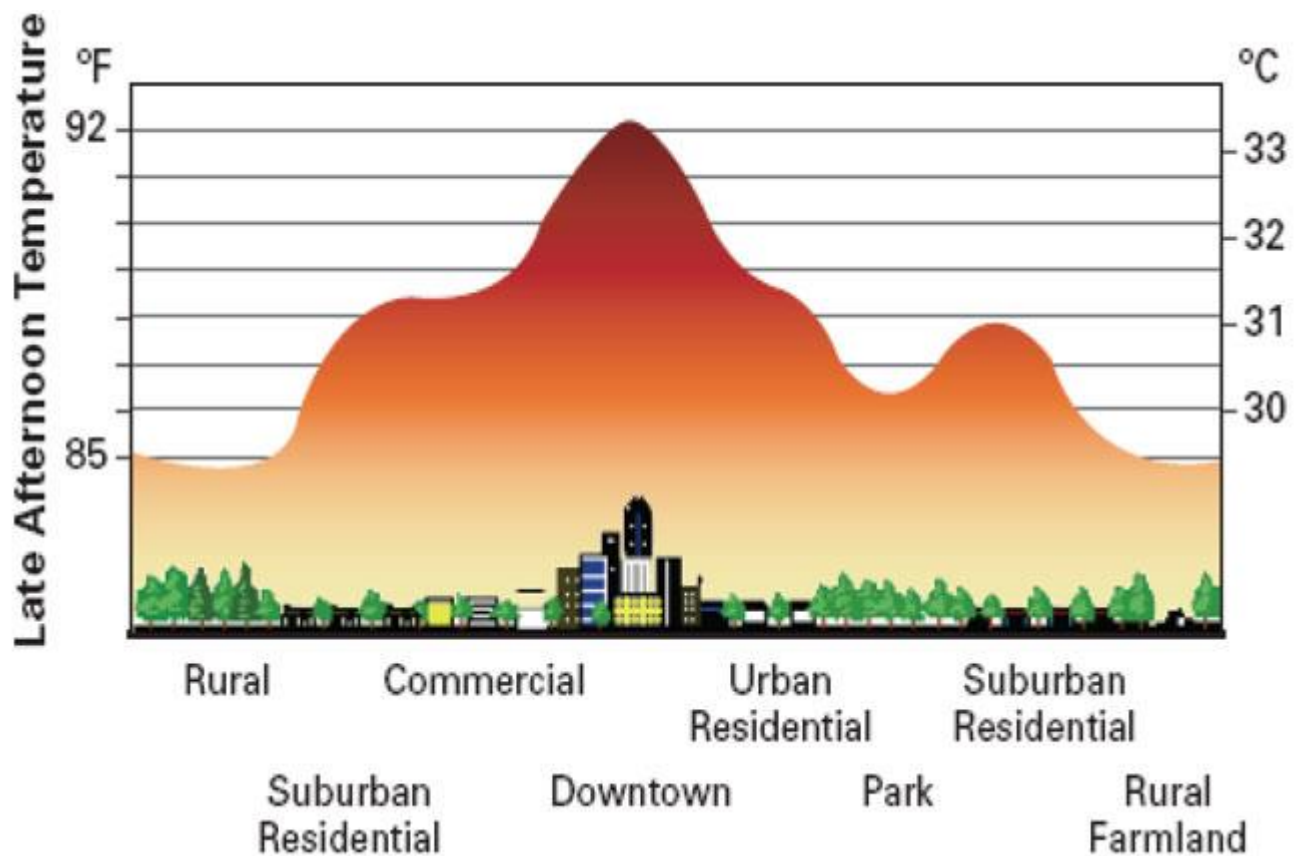
Abarca un terreno intermedio bastante indistinto entre la macroclimatología y la microclimatología. Las áreas más pequeñas que las de la macroclimatología son más amplias que las de la microclimatología y pueden o no ser climática mentes representativas de una región general (SENSOY Serhat & DEMIRCAN Mesut, 2010, p. 5). Los pueden ser climas de planicies, montaña y sabanas.

1.1.1.4 Macroclima

Es el estudio del clima a gran escala de una gran superficie o país. El clima de este tipo no es fácilmente modificado por los esfuerzos humanos. Sin embargo, la continua contaminación de la Tierra, sus arroyos, ríos y atmósfera, pueden hacer estas modificaciones (SENSOY Serhat & DEMIRCAN Mesut, 2010, p. 6).

1.1.2 CLIMA URBANO

El clima de las ciudades muestra considerables diferencias del clima del área rural, las áreas urbanas son más cálidas que las áreas suburbanas y rurales. Esta diferencia de temperatura entre la ciudad y sus alrededores se conoce como Isla de Calor. Esto se debe a una serie de factores que modifican el clima natural y da pie a un micro clima (Asimakopoulos, 2013, p. 98). Estas modificaciones producidas por la ciudad sobre las condiciones climática naturales es producida por una serie de factores. Como materiales pétreos o asfálticos que se utilizan para alzar las ciudades y las actividades humanas que se llevan en la ciudad.



Fuente: (Oke, 2006)

Imagen 1.5 La diferencia de temperaturas producto de la isla de calor.

1.1.2.1 ELEMENTOS DEL CLIMA URBANO

Respecto a la climatología urbana hay una serie de conceptos que hay que tener presente y comprender cuando se realiza un estudio de las condiciones climáticas dentro de la ciudad. Los estudios sobre clima urbano cuentan ya con una larga tradición en países como Alemania, Inglaterra y Estados Unidos. Pero en los países hispano hablantes es algo relativamente nuevo dado que muchos términos están planteados en otro idioma extranjero. La Doctora en Geografía por la Universitat de Barcelona María Carmen Moreno García establece una traducción de los términos más importantes en la Climatología Urbana. (Moreno García, 1997)

1. **Capa límite urbana** (urban boundary layer): Con este término se da nombre a la capa de aire de la atmósfera más próxima a la superficie, cuyas características meteorológicas locales están influenciadas, térmica y dinámicamente, por esa superficie. Se trata, fundamentalmente, de una capa de mezcla (o sea turbulenta) generada por el desplazamiento del aire a través de una superficie rugosa y rígida y por la elevación convectiva de las burbujas de aire (Fig. 1.6). (Moreno García, 1997)
2. **Capa de toldo urbano** (urban canopy layer): A partir del modelo de Oke (1976) proponemos la denominación de toldo urbano para designar aquellos sectores entre los edificios que presentan toda una amalgama de microclimas inferida por las características de los alrededores más inmediatos (Fig. 1.6).
3. **Cañón urbano** (urban canyon): En la misma línea anterior se propone el empleo del término cañón urbano para designar a la principal unidad del palio urbano, que incluye el suelo (normalmente una calle) entre dos edificios adyacentes y sus paredes (Fig. 1.6). También se presenta la expresión “relación aspecto de cañón urbano” definida por siguiente fórmula altura/ancho con esta relación se puede calificar los cañones urbanos en 3 grupos:

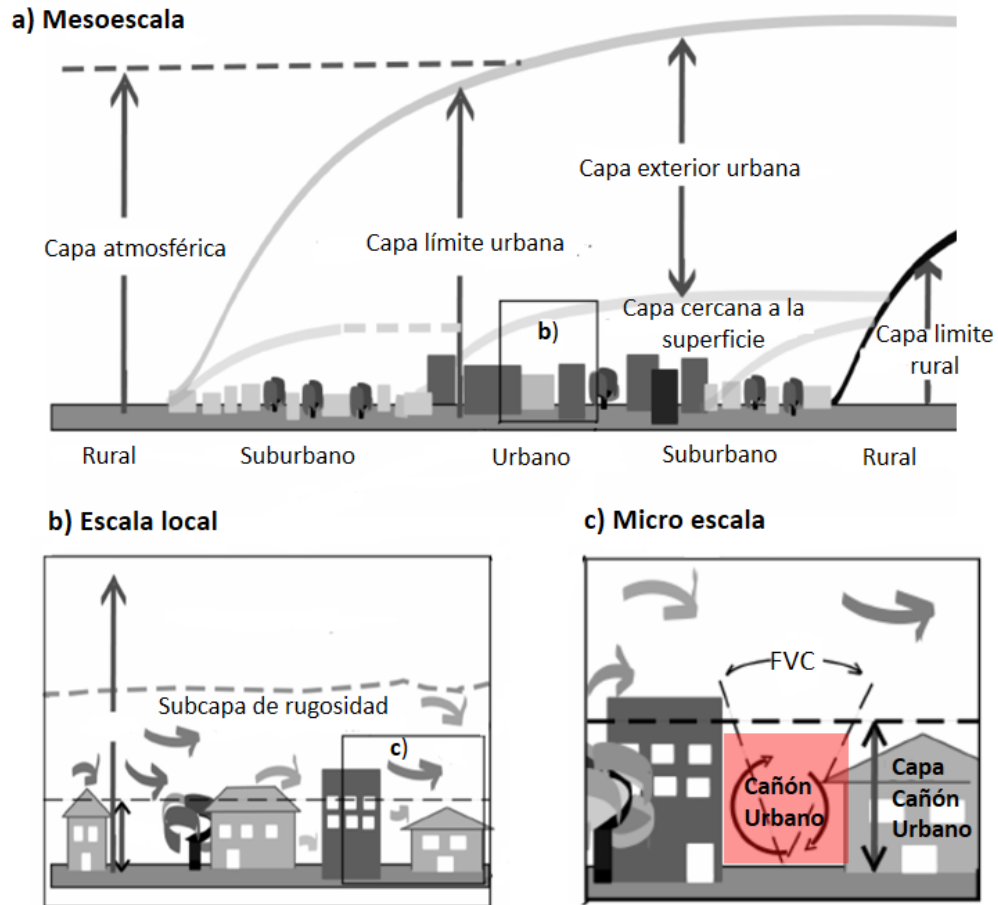
- a. Cañón regular: el que tiene una relación alto/ancho 1 Cañón de avenida: tiene un relación de alto/ancho de < 0.5
- b. Cañón profundo: tiene un relación de alto/ancho de ~ 2

Otra calificación relacionada con su simetría puede ser:

Cañón simétrico: cuando los edificios en el cañón tiene la misma altura.

Cañón asimétrico: los edificios en el cañón tienen diferencias significativas en sus alturas.

4. **Factor de cielo visible** (sky view factor): se hable del sky view factor como factor de cielo visible (FCV) expresa la relación entre la radiación recibido por una superficie plana y que de la totalidad ambiente de radiación hemisférica (Svensson, 2004). El FCV(Fig. 1.6) en el ámbito urbano alcanza valores pequeños, porque las características geométricas de las calles y de los edificios urbanos, así como los numerosos obstáculos existentes hacen que los ángulos de emisión de la radiación de onda larga nocturna a la atmósfera sean más reducidos que en el campo abierto o medio rural, donde existen menos obstrucciones y por tanto hay mayor superficie libre de cielo a la que pueda ser devuelta, sin ningún impedimento, la irradiación Es una de las principales causas que contribuyen a la formación del fenómeno de la isla de calor.



Fuente: (Oke, 2006)

Imagen 1.6 Esquema básico Elementos clima urbano y escala de elementos.

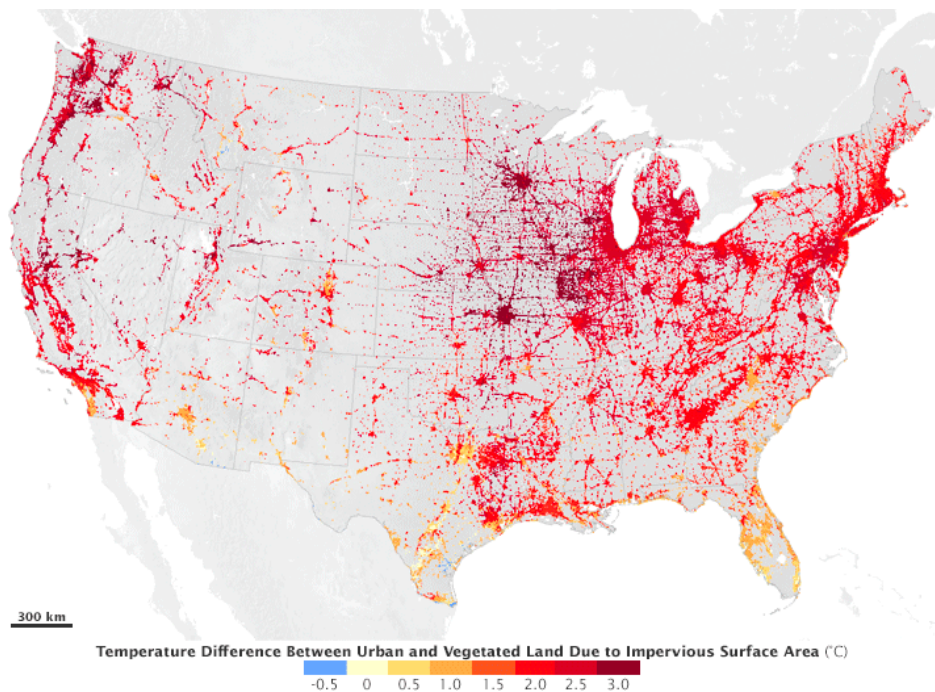
- 5. Brisa urbana** (rural wind) La brisa urbana tiene indudables efectos beneficiosos, ya que supone un cierto alivio térmico, al aportar aire rural más fresco y más limpio a la ciudad, contribuyendo, además, a su ventilación. En otros casos, especialmente en el de ciudades con industrias contaminantes localizadas en sus alrededores, puede tener un efecto más bien perjudicial, porque esta brisa urbana puede arrastrar los contaminantes originados por dichas industrias y trasladarlos hacia el centro de la ciudad, facilitando su distribución por toda el área urbana (Fig. 1.7).



Fuente: Morena Garcia

Imagen 1.7 *Esquema de la brisa urban provocada por la isla de calor.*

6. **Isla de calor** (urban heat island): La persona a la que debemos agradecer tan brillante idea es al inglés Gordon Manley, que fue quien utilizó por primera vez, en 1958. El término refiere sin duda a la representación gráfica de la distribución espacial de la temperatura en la ciudad y sus alrededores mediante un mapa de isotermas, donde éstas presentan una disposición concéntrica alrededor del centro urbano, señalando un máximo (Fig. 1.8).



Fuente: NASA

Imagen 1.8 *Mapa mostrando el efecto de la isla de calor en Estados Unidos*

1.1.3 MICROCLIMA URBANO

La forma urbana la estructura de la ciudad y calor liberado por los vehículos u otras fuentes de calor son la principal causante de las modificaciones clima urbano. La principal diferencia en el clima entre área urbana y el área rural, es producida por la forma en que la radiación solar es afectada por el medio artificial.

El área rural es generalmente caracterizada por largas áreas vegetación. Gran parte de la radiación solar cae en la vegetación, las cuales se caracterizan por una gran absorción solar alrededor del 80 % que es usada para evaporación-transpiración, la cual baja la temperatura de aire a su alrededor y libera humedad, proceso que modera la superficie de la tierra y el aire.

Por la otra parte las ciudades se caracterizan por reducir el área verde y acumular materiales artificiales, los cuales tienen propiedades de alta absorción térmica. Los materiales de construcción tienen una baja reflexión solar: ejemplo el asfalto tiene una reflexión muy baja y absorbe la mayor parte de la radiación solar que incide en él. La radiación absorbida por el material hace que la temperatura de éste aumente, y por convección sea tramitado al aire adyacente e irradiado los alrededores. (Asimakopoulos, 2013, p. 99).

1.1.3.1 Propiedades de las superficies urbanas

El papel que juega los distintos materiales encontrados dentro de la ciudad tienen un papel primario en las ganancias térmicas y el sobrecalentamiento en las zonas urbanas que llevan a la modificación del clima dentro del cañón urbano. Las características físicas de estos materiales hacen que al ser expuestos a la radiación solar esto conviertan esta radiación recibida en calor, que en parte se acumula en su interior para ser liberado posteriormente, y otra parte se reemite hacia la atmósfera.

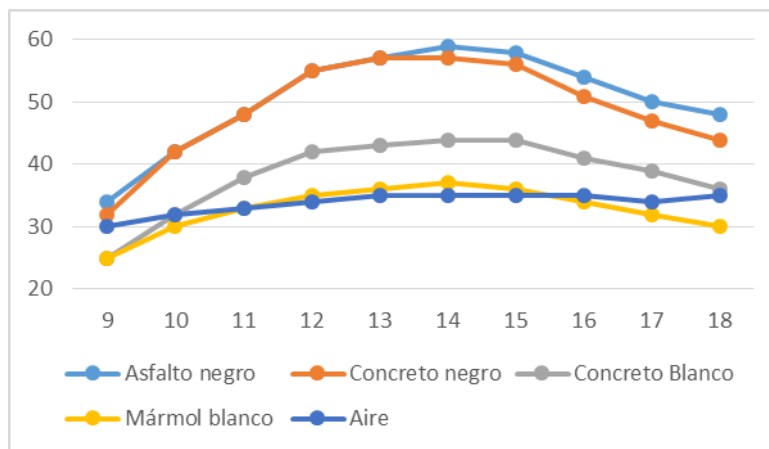
La gran mayoría de los materiales urbanos se caracterizan por una mayor capacidad calorífica ya que por lo general tienen un albedo (facción de radiación solar, directa y difusa que las superficies alcanzadas por la radiación solar reflejan). Menor que los de las superficies rurales. Hacen que estos puedan acumular grandes cantidades de

energía durante el día. Lo cual implica a que esta energía acumulada durante el día sea liberada durante la noche, retrasando el enfriamiento del aire que está en contacto con ellos.

Valores típicos del coeficiente de albedo	
Entorno urbano "Urban situation"	0,14 – 0,22
Hierba "Grass"	0,15 – 0,25
Hierba fresca "Fresh Grass"	0,26
Nieve pura "Fresh snow"	0,82
Nieve húmeda "Wet snow"	0,55 – 0,75
Asfalto seco "Dry asphalt"	0,09 – 0,15
Asfalto húmedo "Wet asphalt"	0,18
Hormigón "concrete"	0,25 – 0,35
Tejados rojos "red tiles"	0,33
Aluminio "aluminium"	0,85
Cobre "copper"	0,74
Acero galvanizado reciente "New galvanised steel"	0,35
Acero galvanizado oxidado o sucio "Very dirty galvanised"	0,08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.1 *Coefficiente de albedos de distintos materiales.*



Fuente: DESSI, Valentina. Progettare il confort urbano.

Gráfica 1.1 *Temperatura del aire y temperatura superficial de algunos materiales urbanos (mediciones Atenas 2001)*

Mucha literatura se refiere a la diferencia de temperatura del área urbana y la rural, se debe a que el área rural contiene superficie que permite la evapotranspiración del suelo

como la evapotranspiración de la vegetación, en cambio, en el área urbanas debido a las características de los materiales, y su naturaleza impermeable hace que el proceso de evapotranspiración entre el subsuelo y la atmósfera no suceda o sea mínima, reduciendo la humedad del ambiente y aumentando la temperatura. La evapotranspiración de la vegetación, que es un fenómeno muy efectivo en la moderación de la temperatura, ya que puede llegar a producir microclimas con temperaturas entre 2 y 8°C menos que sus alrededores inmediatos. (Haider, 1997, pp. 99–103)

1.1.3.2 El calor antropogénico

El calor antropogénico es todo el calor producido por las diferentes actividades humanas desde transporte, acondicionamiento artificial de espacios, comidas, cables eléctricos, transformadores...

El impacto del calor antropogénico en la temperatura de los cañones urbanos, es producto de las actividades que se dan en el área urbana, el transporte y especialmente el uso de calefacción en invierno. En verano también existen fuentes de calor antropogénico muy significativas, debido al uso de sistemas de aire acondicionado. La combinación de este efecto en los centros urbanos, que tienen poca cobertura vegetal y superficies oscuras puede incrementar la temperatura entre 2 y 3 °C, tanto en el día como en la noche. (Haider, R, & D, 1992).

1.1.4 ZONA CLIMATICA URBANA

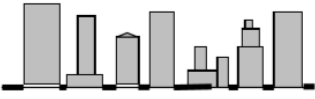





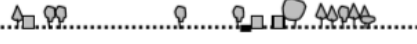




Para fines de estudios climáticos urbanos, se utiliza un sistema de catalogación en base a la morfología presente en esas zonas urbanas dando paso zonas climáticas urbanas definida por Oke (2004). Los aspectos morfológicos que se evalúan son tipología de edificios (alturas y cercanía uno del otro), materiales, densidad constructiva, anchos de calles y actividad humana, en una zona climática urbana puede tener una extensión que va cientos de metros a varios kilómetros en la escala horizontal.

La relación que tiene la morfología urbana sobre la alteración de la climática ha sido calificada en 10 ZCU (Oke, 2006, p. 10) las cuales tienen características únicas entre una y otra. Los aspectos morfológicos que se consideran en estas zonas urbanas son sus:

- 1) Perfil constructivo: que van de los intensamente densificados con rascacielos a los semi-rural con casa dispersas en el área natural.
- 2) Su rugosidad: Esta es producto de los elementos presente del terreno lo cual afecta los flujos de los vientos.
- 3) La relación de aspecto que es la relación entre ancho de las calles y la altura de los edificios que lo rodean Alto/Ancho
- 4) Área construida: se define como el porcentaje de suelo que se encuentra construida (edificios, calles y otras área impermeables) y por ende es impermeable.

Para la identificación de ZCU ocupare un versión simplificada de ZCU establecida por Oke véase la Tabla 1.2

Clasificación simplificada de distintas formas urbanas dispuestas en orden decreciente aproximado de su capacidad para impactar el clima local [Oke, 2004 inédito]

Zona Climática Urbana(1)	Imagen	Clase de Rugosidad(2)	Relación de aspecto(3)	% Construcción (impermeable)(4)
Intensamente urbanizado con rascacielos separados de edificios altos con revestimiento, p. Torres del centro		8	>2	>90
Urbanización de alta densidad, intensamente desarrollada, con edificios de 2 a 5 pisos, unidos o muy próximos, a menudo de ladrillo o piedra, p. Viejo núcleo de la ciudad		7	1.0-2.5	>85
Alto desarrollo urbano, de densidad media, con casas unifamiliares o separadas, pero cerca, casas y almacenes, p. Vivienda urbana		7	0.5-1.5	70-85
Alto desarrollo, urbanización de baja o media densidad con grandes edificios bajos y estacionamiento pavimentado, p. Centro comercial, almacenes		5	0.05-0.2	70-95
Desarrollo medio, suburbanas de baja densidad con casas de 1 o 2 pisos, p. Vivienda suburbana		6	0.2-0.6 hasta 1 con árboles	35-65
Uso mixto con edificios grandes en paisaje abierto, p. Instituciones como hospital, universidad, aeropuerto		5	0.1-0.5 depende de árboles	<40
Desarrollo semi-rural, casas dispersas en área natural o agrícola, p. Granjas		4	>0.05 depende de árboles	<10
<p>Key to image symbols:  buildings;  vegetation;  impervious ground;  pervious ground</p>				

1 Un conjunto simplificado de clases que incluye aspectos de los esquemas de Auer (1978) y Ellefsen (1990/91) más medidas físicas relacionadas con los controles de viento, térmico y humedad (columnas de la derecha). La correspondencia aproximada entre UCZ y las zonas de terreno urbano de Ellefsen es: 1 (Dc1, Dc8), 2 (A1-A4, Dc2), 3 (A5, Dc3-5, Do2), 4 (Do1, Do4, Do5), 5), 6 (Do _ (6)), 7 (ninguno).

2 Rugosidad efectiva del terreno según la clasificación de Davenport (Davenport et al., 2000); Ver Tabla 2.

3 Relación de aspecto = zH / W es la altura media de los elementos principales de rugosidad (edificios, árboles) dividida por su espaciamento medio, en el centro de la ciudad esta es la altura / ancho del barranco de la calle. Esta medida se sabe que está relacionada con tipos de régimen de flujo (Oke 1987) y controles térmicos (sombreado solar y detección de ondas largas) (Oke, 1981). Los árboles altos aumentan esta medida significativamente.

4 Proporción media del suelo recubierto por elementos construidos (edificios, carreteras, pavimentados y otras áreas impermeables) el resto de la zona está ocupada por una cubierta permeable (espacio verde, agua y otras superficies naturales). La permeabilidad afecta el estado de humedad del suelo y, por tanto, la humidificación y el potencial de refrigeración por evaporación.

Fuente: Oke

Tabla 1.2 Zonas climáticas urbanas

1.2 BIOCLIMATOLOGIA

La bioclimatología estudia los procesos que vinculan el clima con los seres humanos, fijando los valores termohigrométricos óptimos para el bienestar mediante índices de confort o de comodidad teniendo como base los intercambios energéticos con el medio ambiente (Quíntela y Vasino, 1955). Por todo ello, la bioclimatología es una rama de la climatología, es decir de la ciencia que estudia, describe y explica los caracteres físicos del clima, entendiendo por clima el conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre.

1.2.1 CONFORT TÉRMICO

De acuerdo al ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) “el confort térmico es el estado mental que expresa satisfacción con el ambiente” Por otra parte HSE (Health and Safety Executive) define a este como el estado mental de una persona en términos de percibir un ambiente demasiado caluroso o demasiado frío. El concepto de percepción térmica es amplio y complejo, para ello diferentes autores han desarrollado diversos índices de confort térmico con el fin de poder determinar cuáles son las condiciones confortables.

Los primeros estudios de la sensación de confort con relación a las condicionantes ambientales se realizaron a finales de la Revolución Industrial por Dr. W. Heberden (1826) fue uno de los primeros científicos que relacionó la sensación de confort, no sólo con la temperatura, sino también con la humedad del aire.

Si bien los fundamentos del aire acondicionado fueron establecidos por Lord Kelvin en 1842, fue hasta 1902 que Willis H. Carrier aplicó esos principios para desarrollar el primer equipo comercial de aire acondicionado para una imprenta que tenía problemas para controlar la humedad que afectaba a los papeles que utilizaba. Luego distintas industria adoptaron los equipos de aires acondicionados. Luego oficinas y finalmente el género residencial. El aire acondicionado permitió al hombre emplazarse en lugares inhóspitos, ya que le permitía controlar en cierta medida las condiciones térmicas de los

espacios interiores. Sin embargo ello trajo varios problemas que en aquella época no se vislumbraban. Algunos de ellos relacionados con la salud de las personas, el consumo energético y el abuso de estos equipos para cubrir fallas en el diseño.

1.2.2 FACTORES DEL CONFORT Y ESTRÉS TÉRMICO

El factor coloquialmente más usado para referenciar confort térmico es la temperatura del aire, es el gente más relaciona con él. Pero la temperatura del aire por sí solo, no es un indicador exacto del confort térmico o de estrés térmico. Siempre debe ser considerado en relación con otros factores ambientales y personales.

Los 6 factores que afectan el confort térmico son ambientales y personales. Cada factor son independiente uno del otro pero en conjunto contribuyen al confort térmico de las personas. Existen 2 grupos de Factores los ambientales lo que tienen que ver directamente con el entorno inmediato como la temperatura del aire, la temperatura media radiante, la humedad del aire y la velocidad del aire. Factores personales que son las variables que presentan cada usuario que son la ropa que este lleva puesta y su actividad metabólica que está relacionada con su edad, sexo y estatura.

1.2.2.1 Factores ambientales

- Temperatura del aire

Es la temperatura del aire alrededor del cuerpo, y es usualmente dada en grados °Celsius (°C)

- Temperatura media radiante

Es la radiación emitida por un objeto caliente, La temperatura media radiante puede estar presente si hay una fuente de calor en el ambiente, como el sol en el exterior o en lugares cerrado como maquinaria, chimeneas, etc. La temperatura media radiante se en grados (°C) pero mediante termómetro de globo.

La temperatura media radiante tiene una influencia mayor que la temperatura del aire en como perdemos o ganamos calor al ambiente.

- Velocidad de aire

La velocidad del viento que se mueve a alrededor de las personas y puede ayudar a enfriarlos si el aire es más frío que la temperatura superficial de la piel. La velocidad del aire se mide en metros sobre segundos (m/s). El movimiento del aire en condiciones cálidas o húmedas puede aumentar la pérdida de calor por convección sin ningún cambio en la temperatura del aire. La actividad física también aumenta el movimiento del aire, por lo que la velocidad del aire puede ser corregida para tener en cuenta el nivel de actividad física de una persona. Los pequeños movimientos de aire en ambientes frescos o fríos pueden ser percibidos como molestos ya que las personas son particularmente sensibles a estos movimientos.

- *Humedad*

La humedad en el ambiente se puede medir como absoluta que es la cantidad de peso del agua sobre un volumen de aire (g/m³) o como humedad relativa que es la relación entre masa real de vapor de agua en el aire comparada con la masa máxima posible de vapor de agua en el aire se representa en (%HR).

En lugares de trabajo que no tienen aire acondicionado o donde las condiciones climáticas en el exterior pueden influir en el ambiente térmico de interiores, la humedad relativa puede ser superior al 70%. La humedad en ambientes interiores puede variar mucho, y puede depender de si hay procesos de secado (molinos de papel, lavandería, etc.) donde se desprende vapor.

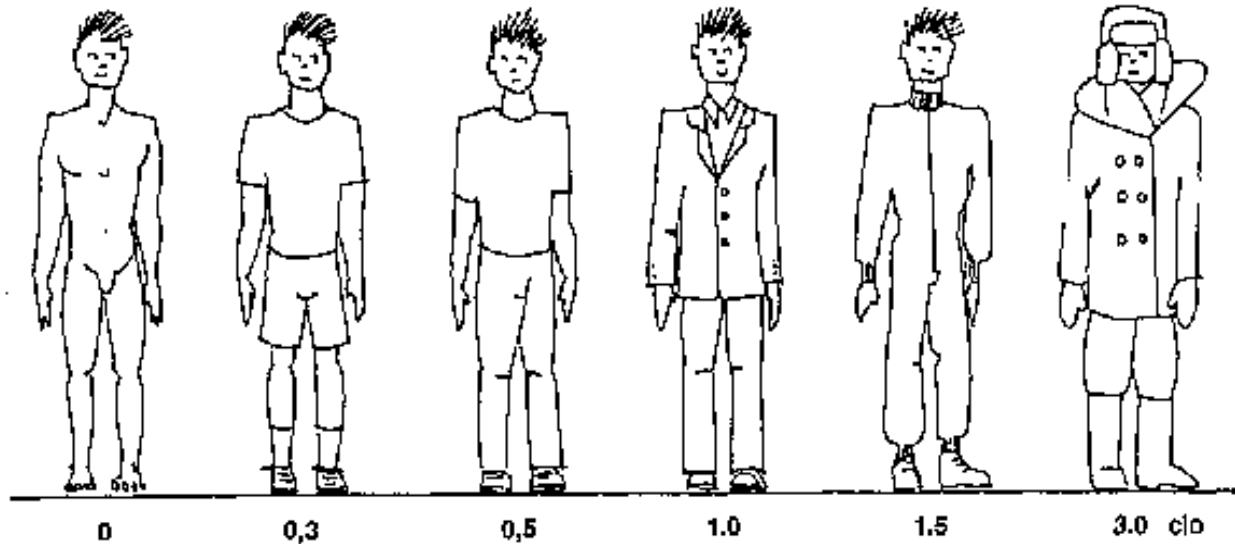
Entornos de alta humedad tienen una gran cantidad de vapor en el aire, lo que evita la evaporación del sudor de la piel. En ambientes calientes, la humedad es importante porque menos sudor se evapora cuando la humedad es alta (80% +). La evaporación del sudor es el principal método de reducción de calor.

1.2.2.2 Factores personales

- Aislamiento por ropa (Clo)

El confort térmico es muy dependiente en el efecto de aislación producido en por el uso de ropa. Usar mucha ropa puede causar estrés térmico en un ambiente que no lo requiera. Si la ropa no produce suficiente aislamiento según la RAE es posiblemente el usuario en un clima frío pueda sufrir de hipotermia. A sí que la ropa juega un papel

importante en la regularización del confort térmico. Clo es una unidad de medida empleada para el índice de indumento, que procede del inglés clothing, vestimenta. (Gut & Ackerknecht, 1993, p. 121)

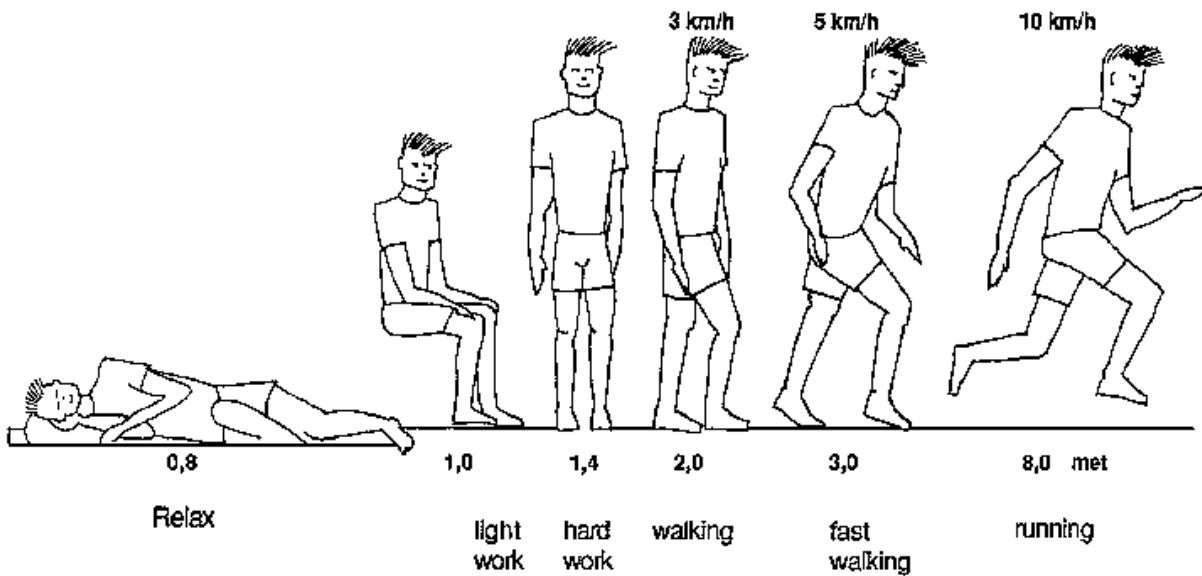


Fuente: (Gut & Ackerknecht, 1993)

Imagen 1.9 Valor de aislamiento en diferentes ropas ($1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{K/W}$)

- Carga de Trabajo o Calor Metabólico

A mayor cantidad de trabajo físico más calor producimos. A mayor calor producido, es mayor la cantidad de calor que se debe perder para no sobrecalentarnos, el impacto del calor metabólico en el confort térmico es crítico. Las características físicas siempre deben estar en mente cuando se considera el confort térmico, como pueden ser la edad, el sexo, el tamaño, condición física y el peso de las personas, pueden impactar como se sienten aunque factores como temperatura del aire, la humedad y la velocidad del air son constantes. El calor metabólico se mide en met que es una unidad de medida equivalente a una producción de calor de $58\text{W}/\text{m}^2$ de superficie de piel. (Gut & Ackerknecht, 1993, p. 122)



Fuente: (Gut & Ackerknecht, 1993)

Imagen 1.10 Representativa del met cada uno equivale a 58Watt/ M2 .

1.2.3 INDICES DE CONFORT

El desarrollo de los índices de confort se ha estado dando siglo XX. Existen tres tipos de índices: los índices empíricos, los racionales y los híbridos. (Fernández-González Alfredo, 2003)

Los índices empíricos se basan en fórmulas obtenidas estadísticamente con base en la medición de variables y la aplicación simultanea de encuestas de sensación térmica en sujetos en ambiente libre.

- Los índices racionales se basan en ecuaciones obtenidas con base en el comportamiento fisiológico y el estrés térmico de sujetos evaluados en laboratorios o cámaras de ambiente controlado.
- Los índices híbridos se generan a partir de ecuaciones empíricas que incorporan algunos cálculos fisiológicos, o a la inversa, a partir de ecuaciones fisiológicas que incorporan algunas variables empíricas.

Las temperaturas de confort obtenidas por estos distintos índices pueden variar notablemente y generalmente es difícil conciliar los datos obtenidos por ecuaciones racionales con aquellas de tipo empírico. (Humphreys M,A & Nicol J.F., 1998)

En la actualidad existen básicamente dos tendencias los modelos estáticos y los modelos adaptativos. Los modelos de tipo “estático”, entre los que se encuentra el modelo PMV/PPD de Fanger, que aunque reconoce que “la sensación de confort puede estar influenciada por una variedad de factores culturales y de contexto, de manera primaria es el resultado de los intercambios de calor entre el cuerpo y el medio ambiente” (Olesen B.W. & Brager G.S., 2004). Ellos están determinados por cuatro parámetros básicos que constituyen el “ambiente térmico” (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire) así como por dos parámetros personales (grado de arropamiento y nivel de actividad o grado metabólico). Dentro de este grupo destacan también los estudios desarrollados en Alemania por el Dr. Peter Höpfe a través de los modelos: MEMI (Munich Energy-Balance Model for Individuals) y el IMEM (Instationary Munich Energy-Banace Model).(Matzarakis A., Ruts F., & Mayer H., 2000)

Por otro lado se encuentran los modelos adaptativos (de adaptación). “El principio adaptativo reconoce que las personas no son receptores pasivos de las impresiones sensoriales sino que es un participante activo en el equilibrio dinámico con el ambiente térmico. Por lo tanto las personas junto con su ambiente físico y social pueden ser consideradas como un sistema dinámico”.(Humphreys M,A & Nicol J.F., 1998)

De manera paralela a los estudios de confort está el desarrollo de herramientas para la definición de estrategias de diseño. Entre ellos resultan importantes los estudios realizados por Szokolay, para definir zonas de estrategias de diseño bioclimático específicas para cada localidad en función de la temperatura neutra, a través de la carta psicométrica.

Existen distintas formulaciones de cómo medir las condiciones de estrés o confort térmico muchas de ellas mide las condiciones en el interior de un edificio pero también hay adaptaciones e índices que fueron desarrollados con la función de evaluar espacios exteriores. Los principales índices de confort térmico utilizado en la

actualidad podemos encontrar: *Predicted Mean Vote* (PMV), *Physiologically Equivalent Temperature* (PET), la carta bioclimática de Olgyay y *Universal Thermal Climate Index* (UTCI). Todos estos índices tienen aceptación científica y todos se utilizan en la actualidad y muchos de ellos han sido pasados de un modelo estático a uno adaptativo en los cuales los valores usuarios como vestimenta y actividad física pueden ser modificados para poder acercarse más a la realidad.

1.2.3.1 PMV

“*Predicted Mean Vote*” (PMV, Fanger 1972), que deriva de la física de la transferencia de calor combinada con un ajuste empírico a la sensación, y establece una tensión térmica basada en la transferencia de calor en estado estacionario entre el cuerpo y el medio ambiente. PMV asigna un voto de confort a esa cantidad de esfuerzo. Los estudios de confort térmico estándar preguntan a los sujetos acerca de su sensación térmica en una escala de siete puntos desde frío (-3) hasta caliente (+3), en las adaptaciones para condiciones exteriores la escala de 11 puntos va extremadamente frío (-5) hasta extremadamente caliente (+5) (Youle & Parsons, 2009). Las ecuaciones de Fanger se utilizan para calcular el Voto Promedio Predicado (PMV) de un gran grupo de sujetos para una combinación particular de temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad relativa, velocidad del aire, tasa metabólica y aislamiento de la ropa. Zero es el valor ideal, que representa la neutralidad térmica, y la zona de confort está definida por las combinaciones de los parámetros para los cuales el PMV está dentro de los límites recomendados ($-0,5 < \text{PMV} < +0,5$). (Mazo, 2013, p. 2)

Escala de sensación térmica PMV

PMV para exterior	
PMV	Sensación
5	extremamente caliente
4	muy caliente
3	caliente
2	calido
1	ligeramente calido
0	Confort (neutral)
-1	ligeramente fresco
-2	fresco
-3	frio
-4	muy frio
-5	extremamente frio

PMV para espacios interiores	
PMV	Sensación
3	muy caliente
2	caliente
1	calido
0	Confort(neutro)
-1	fresco
-2	Frio
-3	muy frio

Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.11 *Escala de sensación PMV*

1.2.3.2 PET

“*Physiologically equivalent temoerature*” elaborado por Hoppe y Mayer (1987), es uno de los índices más utilizados y que contiene todos los parámetros meteorológicos que afectan el confort térmico, así como la actividad física y la ropa que lleva un individuo. PET se define como la temperatura del aire equivalente requerido para reproducir un entorno estandarizado de interior y para que una persona estándar (80 W de la actividad metabólica y 0,9 clo de resistencia al calor como resultado de la ropa) para mantener las temperaturas del núcleo y de la piel que se observan en las condiciones que se evaluaron.

PET Region Tropical °C	Persepcion Termica	Grado de Stress Psicologico
42	muy caliente	estrés extremo por calor
38	caliente	estrés fuerte por calor
34	calido	estrés moderado
30	ligeramente calido	estrés ligero
26	confortable	No estrés
22	ligeramente fresco	estrés ligero
18	fresco	estrés moderado
14	frio	estrés fuerte por frio
	muy frio	estrés extremo por frio

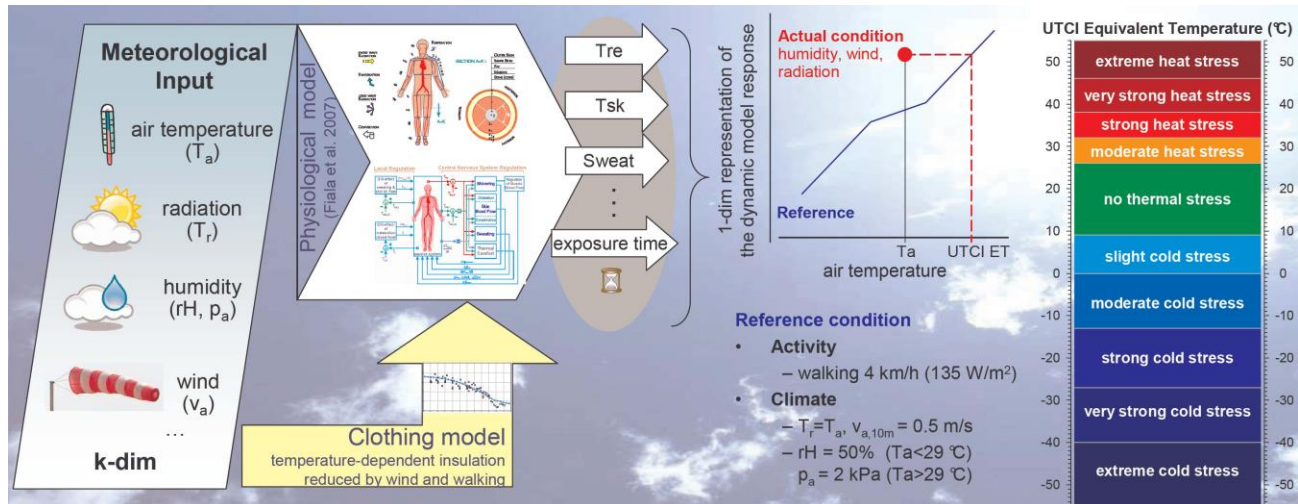
Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.12 *Escala del PET y su percepción térmica.*

1.2.3.3 UTCI

La Sociedad Internacional de Biometeorología propuso el índice universal térmica Climático (UTCI), basado en la equivalencia de la respuesta fisiológica dinámico predicho por un modelo humano termorregulación, de acuerdo con el concepto de una temperatura equivalente, con un 50 % de humedad relativa y donde radiante y aire las temperaturas son iguales. Esta temperatura equivalente UTCI para un viento, la radiación, la humedad y la temperatura del aire definida es la misma temperatura del

medio ambiente de referencia en el que se produce el mismo índice de deformación. Se solicita medidas de la velocidad del viento a una altura de 10 m. Esta es una limitación importante para ser utilizado en ambientes de interior. (Mazo, 2013, p. 2)



Fuente: <http://www.utci.org/>

Imagen 1.13 *Funcionamiento y escala del UTCI y su percepción térmica.*

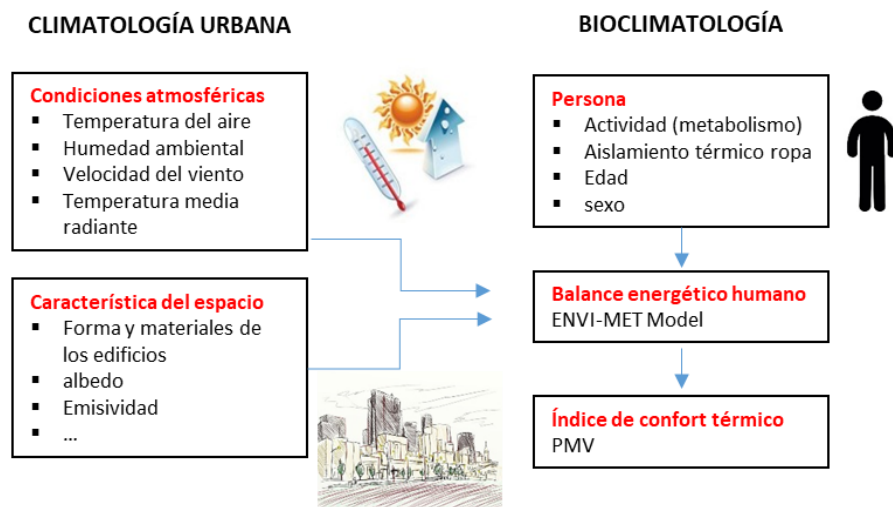
1.3 INDICES DE CONFORT EN EL ESPACIO EXTERIOR

Debido a la complejidad del ambiente exterior, los distintos patrones de diseño urbano afectan el microclima y el confort térmico dado en una área urbana. Parámetros como la altura de los edificios, la orientación, el espacio entre edificios, etc... influyen en el microclima en el acceso solar, sombra, velocidad del aire.

Los estudios de bioclimatología en los espacios exteriores urbanos han ido ganando importancia, ya que las ciudades tienen un efecto que modifica el clima local dando lugar a una serie de microclimas que muchas veces repercuten negativamente en las sensaciones de confort percibidas en estos lugares. En los últimos años el mejoramiento de las condiciones ambientales en las ciudades ha ido tomando importancia debido a la agenda global enfocada a combatir el cambio climático, desarrollar ciudades resilientes y ambientalmente sostenibles. ("UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme," n.d.)

Para estudiar condiciones ambientales en las ciudades se han desarrollado programas de modelado climático, que simula la relación entre edificios y sus alrededores, es un desafío interdisciplinario para arquitectos, ingenieros urbanos y meteorólogos. El confort en el espacio exterior es muy dependiente de la cantidad de la radiación del sol y por ello era raramente estudiado, hoy con los avances en programa de emulación atmosférico se pueden estudiar los espacios urbanos exteriores. Mediante el programa ENVI-met se pueden estudiar las interacciones entre aire-plantas-construcciones (Sigalit, Abranham Yezioro, & Arieih, 2012). Este programa provee una manera de hacer cálculo confort en exterior de una manera sistemática con un consumo bajo de recursos de la computadora. (FAZIA ALI-TOUDERT & HELMUT MAYER, 2006)

De esta manera la climatología urbana recopila las condiciones atmosféricas y las características del espacio, con estos datos se puede generar un modelo atmosférico en ENVI-met, más los datos aportados por la bioclimatología sobre el usuario se puede sacar un balance energético entre modelo atmosférico y usuario, uno puede estudiar esta relación mediante un índice confort térmico.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.14 *Diagrama de relación entre climatología urbana y bioclimatología.*

Capitulo II: El Método

2.1 METODOLOGIA

Se parte del hecho de que el ambiente térmico de la Península de Yucatán, en donde se encuentra al ciudad de Mérida, tiene condiciones por encima del bienestar térmico, muy incómodas. Además que en la ciudad se eleva la temperatura natural del aire, y más en el centro histórico (Canto, 2008). En caso del ambiente térmico de éste sector de Mérida hay que considerar que las otras variables que afectan la sensación térmica también se modifican de manera negativa, esto es, la humedad, la temperatura media radiante y la velocidad del viento, como reporta la bibliografía especializada.

El centro histórico es la zona de la ciudad en la que más se encuentran presentes las características morfológicas que alteran el ambiente térmico. Ahí los espacios se encuentran más confinados que en el resto de la zona urbana, por lo que existe más influencia de la envolvente. Si bien las fachadas proyectan sombra hacia el las calles, las mismas evitan el enfriamiento por radiación de onda larga la estratósfera, lo que es una de las principales causas del calentamiento urbano. Éste es resultado del almacenamiento de calor que repercute en la sensación térmica al calentar el aire y emitir radiación de onda larga que se suma, incluso a la sombra, a la de onda corta difusa y reflejada del sol por las paredes. La comparación de las condiciones térmicas a la sombra es conveniente para evaluar las aportaciones por la morfología del centro, puesto que la radiación solar directa causaría, por sí sola, el mismo efecto en la zona semiurbana que en las calles.

Además de las aportaciones de temperatura media radiante por la envolvente de las vialidades, también se afecta negativamente la sensación de confort por la disminución de la velocidad del aire.

Con respecto a la humedad, ésta disminuye en un ambiente como el de las calles del centro histórico, con lo que debe aumenta la eficiencia de la evaporación del sudor; sin embargo, esa disminución de humedad se debe a que los materiales impermeables con los que se recubre el suelo, evita la evapotranspiración del subsuelo y consecuentemente el enfriamiento del ambiente.

Con las consideraciones anteriores, el método que se propone para la demostración de la hipótesis y alcanzar los objetivos contempla evaluar las condiciones térmicas de tres sitios: la periferia de la ciudad (ambiente semiurbano), de las calles del centro histórico y de los patios que se encuentran dentro de las manzanas bordeadas de construcciones.

Las condiciones de esos tres sitios se comparan entre sí en este trabajo. El semiurbano se eligió como el más cercano a las condiciones naturales; el de las calles es el ambiente que se está estudiando, y el de los patios se consideró por encontrarse en el mismo sector y muy cercano a las calles, pero con diferentes características ambientales, semejantes a las del medio semiurbano.

Del medio semiurbano se eligieron dos sitios en función que ahí se realizan mediciones y se encuentran en puntos relativamente opuestos de la ciudad, con la conciencia de la variedad de condiciones en las zonas urbanas debidas al desplazamiento del aire recorriendo superficies con diferentes temperaturas. En donde entra a la ciudad tendrá menor temperatura y se irá calentando a lo largo de su recorrido.

Para establecer las variaciones de las condiciones térmicas de la zona centro respecto de las condiciones naturales, y la relación de esas variaciones con la morfología de la zona, se obtuvieron datos de ambos sitios, se compararon y posteriormente se analizó la relación entre las diferencias encontradas con relación a las características morfológicas. Los datos de las condiciones naturales se obtuvieron de organismos ocupados en la medición de esos éstos como parte de su función de seguimiento de las condiciones del tiempo. En el caso de los datos del centro, se monitorearon sitios identificados como representativos. Para elegir los sitios de medición se definieron las características morfológicas que se considerarían típicas, mediante el análisis de 49 manzanas tomando la plaza principal como la central. Si bien la traza primigenia fue de 25 manzanas, con la plaza principal al centro, se consideran otras tantas en función del plan crecimiento.

Esta decisión es acorde con el “carácter urbano híbrido maya-español, derivado de la refundación de T’Hó, nombre de la original ciudad maya para convertirse en Mérida, la ciudad española” (Paredes & Ligorred, 2016). Independientemente de la descripción

que estos autores hacen de irregularidades respecto de un trazo ideal, bien orientada, bien alineado, de retícula con manzanas y calles de dimensiones uniformes, los cual es completamente comprobable¹, también es cierto que, en términos generales, las calles y centros de manzanas tienen características tipificables.

En el caso de las calles la traza es ortogonal, orientada acorde con los puntos cardinales, con una desviación que varía entre 10° y 13° en el sentido de las manecillas del reloj. Las envolventes de su espacialidad son fachadas con alturas semejantes, de materiales pétreos y alineadas sin permeabilidad desde y hacia el ambiente de los centros de manzanas; el suelo de asfalto o concreto, es impermeable a la lluvia y a la evaporación del agua del subsuelo.

Los patios están bordeados de construcciones, quedando aislados de las calles y de los patios de otras manzanas, aunque no necesariamente de los de otras construcciones de la misma, debido a que las bardas que separan los predios no son suficientemente altos para eso. Por otra parte, muchos patios cuentan con vegetación, a veces abundante, aunque otros han sido saturados de construcciones.

Además del criterio de representatividad morfológica para elegir las calles que se monitorearon, se tomó en cuenta la seguridad de los instrumentos y su accesibilidad a los mismos.

Una vez definidas las características morfológicas a considerar típicas, se eligieron los sitios y se colocaron los instrumentos, de acuerdo con los lineamientos planteados en OMM. (Oke, 2006) para medir condiciones climáticas urbanas. Las variables medidas fueron la temperatura y la humedad relativa, importantes indicadores de la sensación térmica de un ambiente, en especial sombreado como en interiores de edificios que nos dan una primera idea de las diferencias entre un sitio y otro, pero que en el espacio urbano como el de las calles pueden resultar insuficientes por el papel de la energía radiante directa, reflejada o difusa del sol, y de fachadas o pisos calientes;

¹ Hacen la siguiente descripción de la traza fundacional de Mérida "su orientación coincide con la declinación que, respecto al norte geográfico, tuvo la ciudad de T'Ho y sus caminos, las manzanas fueron de dimensión y forma geométrica variable, el trazo de las calles no guarda un alineamiento estricto, la retícula en general contiene irregularidades de forma y, aún hoy, se observan algunas rupturas en el trazo de las calles que persisten desde su trazo en el siglo XVI"

también la velocidad del viento debe considerarse si se quiere una adecuada evaluación de las condiciones térmicas.

La medición de la temperatura y la humedad se hicieron simultáneamente en las dos aceras de calles representativas de las dos orientaciones de la trama urbana de la zona central; estas posiciones se pensaron en función de la orientación de la traza y de los recorridos del sol durante los días, a lo largo del año. Respecto de los patios, se escogieron dos con vegetación y con piso de tierra, en función de tener aspectos completamente contrastantes con las condiciones de las calles. El tiempo de duración aprovechable del monitoreo, en términos de que todos los instrumentos estuviesen midiendo correctamente fue de 10 días de un período representativo de la estación cálida húmeda de la región. Las inferencias que se realizan tienen en cuenta esta limitante.

Los datos obtenidos de cada estación fueron organizados en tablas donde se calcularon los promedios diarios horarios por sitio de medición para trabajar con estos y facilitar la comparación entre los diferentes sitios (ver Anexo).

Los promedios diarios horarios de cada estación también fueron organizados en tablas para facilitar su procesamiento, calculando promedios, máximas, mínimas, la oscilación, y gráficas para facilitar la interpretación. Esta última muestra las máximas diferencias de cada hora durante el día promedio. Se hicieron procesamientos parciales y generales. Los primeros fueron comparaciones entre sitios del mismo tipo: condiciones naturales con condiciones naturales, ambiente de la calle con los otros ambientes de la calle, y de patios con patios. En los procesamientos generales se relacionaron dos sitios o todos los sitios a la vez. Una vez encontradas las diferencias entre los diferentes sitios se procedió a analizar la relación entre esas diferencias y las características morfológicas en las que se dan esas condiciones. Para relacionar la morfología con las diferencias de las condiciones térmicas de los distintos sitios se analizaron ambos aspectos bajo el marco de la clasificación morfológica y los impactos de esas morfologías (Oke, 2006).

Para evaluar las condiciones térmicas en los sitios en función de confort o estrés térmico se utilizó el programa ENVI-met, que, a partir de los datos medidos, la morfología y características materiales del sitio, y de datos de usuarios tipificados

calcula las variables no medidas que afectan la sensación, y las condiciones térmicas en términos de parámetros de sensación de calor.

El parámetro de sensación que utiliza el programa ENVI-met, en su versión disponible, fue el PMV, que se usa tanto para espacios interiores como exteriores, y es de gran aceptación y uso internacional.

A manera de reflexión final, con base en las conclusiones obtenidas y los planteamientos teóricos del método de diseño bioclimático aportados por Olgyay, Givoni, la experiencia de la Exposición Universal de Sevilla del 92 y experiencias posteriores hasta la fecha, se determinan estrategias de diseño posibles para el centro de Mérida. Igualmente, se muestran algunos ejemplos específicos llevados a cabo en otros sitios.

2.2 INSTRUMENTAL

Para la investigación se ocuparon registradores digitales tipo HOBO Pro y HOBO Pro Serie 2, de la marca Onset de temperatura y humedad relativa. Ambos equipos ofrecen altos Niveles de precisión de temperatura y humedad relativa. Ambos equipos se encuentran diseñados para su uso exterior con sus debidos protectores solares.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.1 *Datalogger en exterior con su protector solar autoría propia.*

Estos equipos cuentan con una gran fidelidad al momento de registrar los datos, el sensor de temperatura interno tiene un rango de operación de -40° a 70°C , con exactitud de $\pm 0.21^{\circ}\text{C}$ de 0° a 50°C y resolución de 0.02°C a 25°C . El sensor de humedad tiene rango de operación de 0-100% de humedad relativa de -40° to 70°C .

Estos equipos se colocaron a 2.5 metros de altura del nivel de la calle lo cual va con los lineamiento de OMM para la medición en condiciones urbanas, para estudiar cañones urbanos.

2.3 SOFTWARE DE SIMULACIÓN

El ENVI-met v4 Es un programa de modelado microclimático que se diseñó para simular la superficie, las interacciones del aire con el entorno urbano con resolución típica menor de 0.5 m de altura y 1 a 5 segundos en tiempo. Las áreas típicas de aplicación son Arquitectura, Arquitectura de Paisaje, Planeamiento Medioambiental, entre otros. ENVI-met es un programa basado en las leyes fundamentales de termodinámica y dinámica de fluidos.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.2 *Logo de ENVI-met.*

Los pasos utilizados para usar el ENVI-met para la evaluación condiciones térmicas mediante índices de confort térmico son los siguientes:

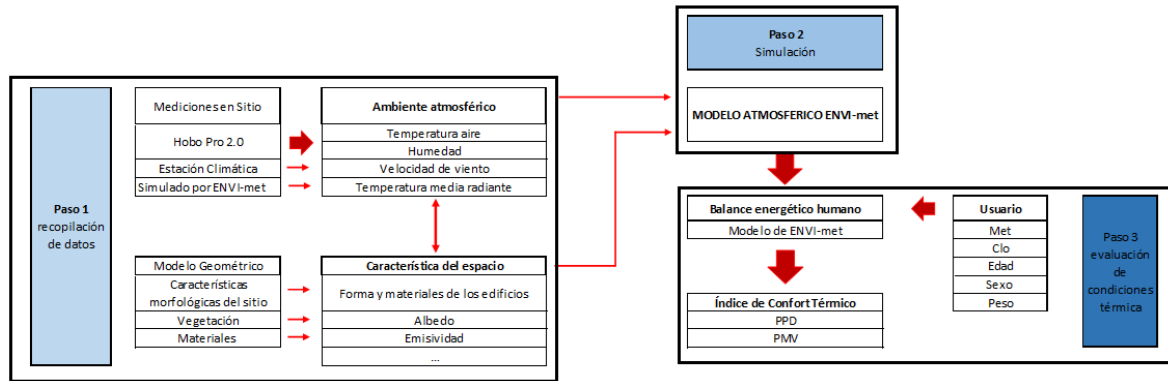
- Paso 1: Corresponde a la recopilación de dato atmosférico y del sitio. En los datos atmosféricos se recolectaron la temperatura del aire y la humedad relativa del sitio, para el caso de la temperatura media radiante se deja que ENVI-met la calcule considerando un día despejado. Los datos atmosféricos recolectados son introducido a ENVI-met colocando la temperatura aire la máxima y la mínima, en que horario estas ocurren, lo mismo sucede para la humedad relativa. Para el

cálculo de la temperatura media radiante entra en consideración la fecha en que se realizó la medición.

Lo datos recolectados del sitio como son la ubicación geográfica, las dimensiones de calles y edificios, la orientación del sitio y los materiales utilizado en ellos. Y la identificación de vegetación en el área estudiada. Con estos datos se construye un modelo geométrico que sirve como modelo sitio en donde se van a dar las interacciones con los valores atmosféricos.

- Paso 2: este paso es la simulación atmosférica con relación al espacio construido, ya con los valores atmosféricos introducidos en ENVI-met y el modelo geométrico generado. Se procede a simular las interacciones que se dan ahí, uno puede definir extensión de la simulación como cada cuanto tiempo se quiere una medición. Una vez que el programa termina de hacer los cálculos interacciones del sitio y los datos atmosféricos, se tiene un modelo atmosférico de ENVI-met el cual sirve en el siguiente paso como base para el cálculo de confort térmico.

Paso 3: por último la evaluación ya obtenido el modelo atmosférico de ENVI-met se procede a generar un balance energético humano para ello se define la una serie de datos del usuario como su actividad metabólica (met), su arropamiento (clo), su edad, peso y sexo. Con estos datos más el modelo atmosférico se puede calcular el Balance energético humano mediante BioMet que es una extensión de ENVI-met. Ya obtenido ese balance energético humano ENVI-met puede asignar un índice de confort térmico para el modelo atmosférico.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.3 Pasos para la utilización de ENVI-met.

Capitulo III: Contexto de los sitios estudiados

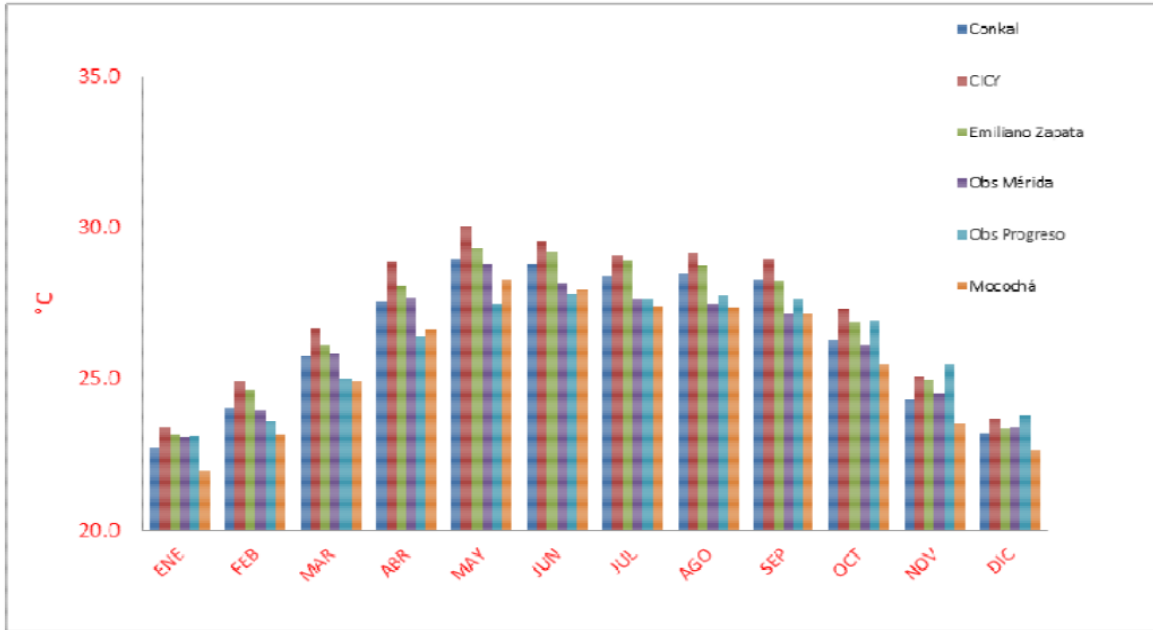
En esta sección se describen y analiza el clima natural de la zona en la que se ubica Mérida, lugar donde se altera conformando el mesoclima o clima urbano. También se describe y analiza la morfología del área de la zona central, que tiene características homogéneas que permiten plantear la hipótesis de que conforma una condición térmica propia dentro del clima urbano restante. Y las características de los sitios de estudio.

3.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS NATURALES

En Yucatán, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, utilizada oficialmente por el INEGI, prevalecen dos grupos de clima: el Tropical Lluvioso (A) y el Seco (B). La gran mayoría de la superficie del estado es del subtipo Tropical Lluvioso Subhúmedo (Aw), y una pequeña porción, ubicada en la costa es del subtipo seco (Bs) (García, 1973). Se hace la observación de que esta clasificación se debe al régimen de lluvias y no a la cantidad de humedad en el aire, que es la que principalmente interesa desde el punto de vista de la sensación térmica.

Particularmente, en el caso de Mérida, predomina el subtipo Awo, que es el más seco (menor precipitación) de los Aw, con régimen de lluvias en verano, y una oscilación térmica entre 5 y 7 grados °C. Entre el mes más cálido y el mes más frío existe un sequía corta (canícula), (García, 1973). De acuerdo a esto, la Zona Metropolitana de Mérida (ZMM) y su entorno regional se caracterizan desde el punto de vista físico, por la dominancia de condiciones climáticas de la región tropical.

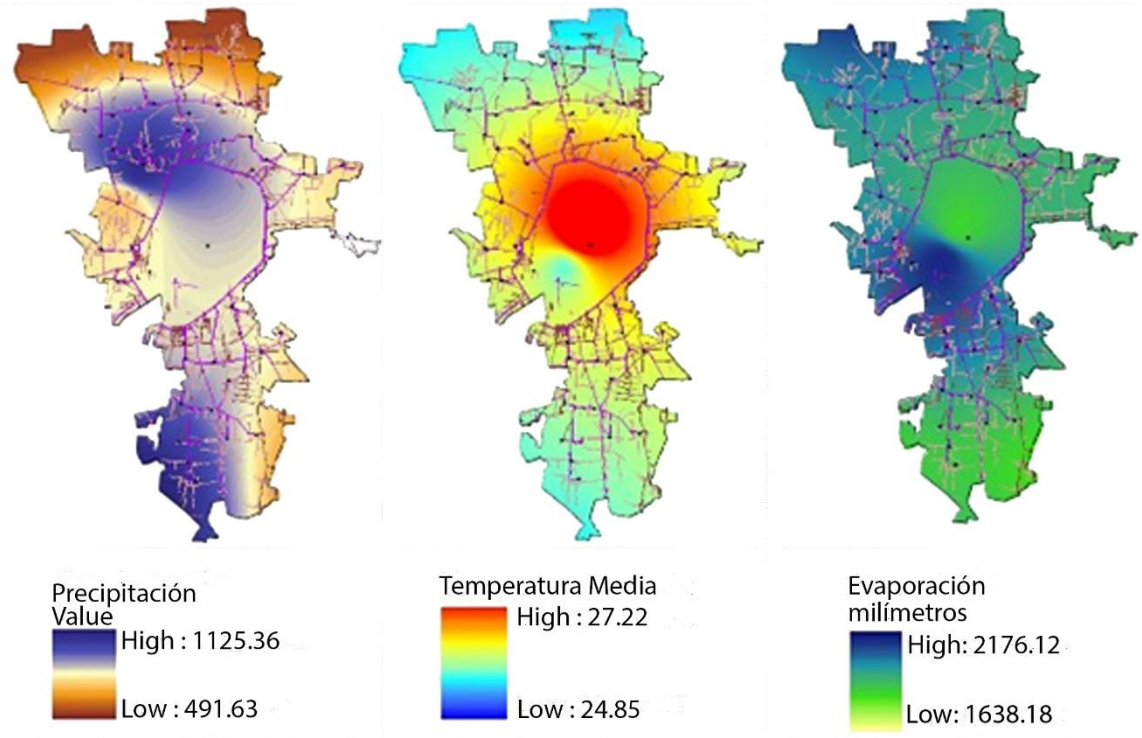
De acuerdo a registros proporcionados por la CONAGUA, los elementos climáticos en la región que rodea Yucatán varían a través de los meses del año, según se puede observar en las gráficas 3.1.



Fuente: CONAGUA

Gráfica 3.1 Yucatán, zona metropolitana de Mérida: tempraturas medias reegistradas en el período 1976 a 2010

Para el municipio de Mérida y la ciudad de Mérida, su capital, se tienen estudios de mayor precisión, como se puede apreciar en los mapas digitales que muestran las zonas diferenciales de acuerdo a la temperatura, la precipitación y evaporación, los cuales forman parte del Programa de Ordenamiento Territorial de Mérida en elaboración y que se citan en este documento (Imágenes 3.1, 3.2 y 3.3)



Fuente: Programa de Ordenamiento Territorial de Mérida

Imágenes 3.1, 3.2 y 3.3 *Mapas de isocurvas de lluvia, temperatura media y evaporación en el municipio de Mérida.*

La distribución espacial de los parámetros de temperatura muestra un gradiente térmico con temperaturas menores a 32° C en zonas cerca de la costa, pero en general es bastante homogéneo en toda la zona. La temperatura promedio en ella se ha conservado en el rango de 26°C a 28°C, sin llegar nunca a los 30 °C y sin bajar de 20, de acuerdo a los registros de la CONAGUA durante el período que se gráfica, donde también se observa que las temperaturas máximas se han registrado en los meses de abril y mayo y las mínimas en enero y diciembre.

Sin embargo, en la región de Mérida y otras cercanas se han registrado temperaturas máximas muy elevadas: en 1998, 43.1 °C; en 1999 42.9 °C, y en 2005 de 42.6 °C. Igualmente, se han alcanzado temperaturas relativamente muy bajas: en 1997, 2°; en 2001, 3°, 8° en 1994.

Por su parte, los vientos dominantes en la ZMM provienen del sureste y noroeste, casi en 75% de los días del año, y son considerados vientos débiles. La ubicación de la

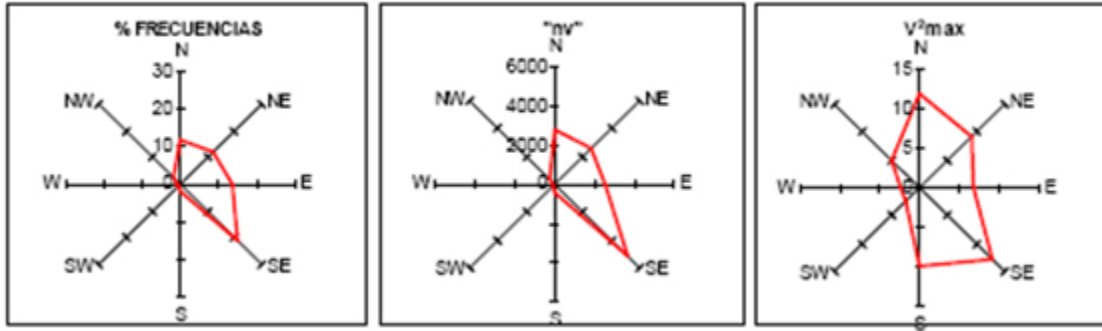
Zona con respecto al mar y la prevalencia de los vientos, le permite mantenerse fresca casi todo el año. En el período de septiembre a febrero son comunes los "nortes", denominados así por la predominancia de vientos provenientes de esa dirección, a causa de la presencia de masas de aire de origen polar. Por su cercanía con la costa, la humedad relativa puede alcanzar más de 75%.

Gran importancia tiene los llamados vientos Alisios, que son desplazamientos de grandes masas de aire provenientes de la celda anticiclónica o de alta presión. Giran en el hemisferio norte en el sentido de las manecillas del reloj por efecto del movimiento de rotación del planeta, recorren la porción central del Atlántico y el Mar Caribe cargándose de humedad. El sobrecalentamiento del mar en el verano ocasiona que estos vientos se saturen de nubosidad y se enfríen relativamente al chocar contra los continentes, y gracias a este efecto, se generan las lluvias de verano. Penetran con fuerza en la Península de Yucatán entre los meses de mayo a octubre y son la principal contribución de lluvia estival. (Gobierno del Estado de Yucatán, n.d.)

El Servicio Meteorológico Nacional identifica que, para la región, en el invierno el viento con mayor porcentaje de incidencia es desde las direcciones SE, E Y NE y el dominante es de la dirección S. En cambio durante la primavera, el viento con mayor porcentaje de incidencia es desde la dirección SE y el dominante es el proveniente de las direcciones SE, S y NE.

A su vez, durante el verano el viento con mayor porcentaje de incidencia es desde las direcciones SE y E, con dominancia de las direcciones SE, NW y E. Para el otoño se registra que el viento con mayor porcentaje de incidencia es desde las direcciones N, NE y E y el viento es el proveniente de las direcciones SE, NW y SE.

En un resumen anual de los registros, como se observa en las gráficas correspondientes que el viento con mayor porcentaje de incidencia es desde las direcciones E, NE y N, con dominancia de las direcciones SE, S y NE. (Gobierno del Estado de Yucatán, n.d.)



Fuente: CONAGUA.

Imagen 3.4 Resumen anual de dirección de vientos en la región.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta sección se hace una descripción y análisis de la zona de estudio, la zona central de Mérida, y de sus características morfológicas, particularmente de las que conforman la espacialidad de sus calles y patios ajardinados. También se fundamentan los criterios de elección y la elección de los sitios en los que se realizó el monitoreo.

La zona central de la ciudad de Mérida se desarrolla a partir del plano fundacional de 1542, elaborado por el Adelantado Francisco de Montejo. Ese plano estableció las características generales que sirvieron de directriz al crecimiento de la ciudad hasta fines del siglo XIX. Aun cuando originalmente sólo se contemplaban las primeras 25 manzanas, las ideas iniciales no fueron cambiadas durante todo ese tiempo. Inicialmente las características más relevantes fueron el crecimiento en retícula con base en dos ejes principales –pervivencia de la antigua ciudad maya sobre la que se asienta Mérida– ejes aproximadamente orientados en la dirección norte-sur. Por otra parte, el establecimiento se hizo con base en un patrón de expansión y densificación, construyendo más manzanas a la vez que densificando las existentes, repitiendo este patrón en cada etapa. Otro hecho que resulta relevante en la conformación de la morfología de la zona central, es el uso de una tipología edilicia española con pocas variantes volumétricas, en la que se adoptan por completo los materiales de la región. Las características físicas resultantes hasta fines del siglo XIX y que prevalecen hasta la fecha como rasgos que identifican la zona central, son fachadas continuas en torno a

las manzanas y alturas semejantes, conformando lo que se conoce en los estudios de clima urbano como “cañones urbanos”, que son las espacialidades continuas que se forma entre dos fachadas y el pavimento.

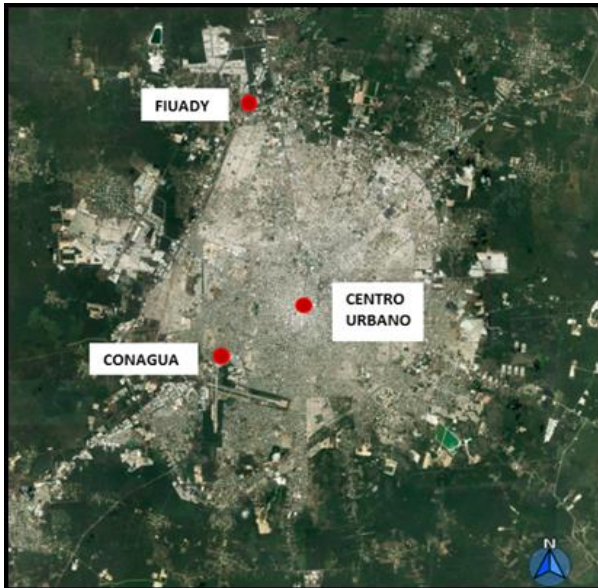
La homogeneidad descrita permite establecer la premisa de trabajo de que los cañones urbanos del Centro de Mérida, en la extensión de éste, tienen características de variabilidad térmica semejante, tipificables en función de su orientación y de la época del año. Lo mismo se puede decir de los patios interiores de las manzanas. Esto nos lleva a plantear que la tipificación se puede lograr a través de casos de estudio en los que se dé una representatividad clara y objetiva de esos espacios: calles de las dos orientaciones prevalecientes, continuidad en las fachadas, mismos materiales, misma relación macizo vano, semejantes alturas y distancias entre fachadas. Determinados estos parámetros también se eligió medir en aceras opuestas en función del tiempo de incidencia solar en una y otra. Otro criterio de elección fue la accesibilidad a los sitios, permisos para colocar los instrumentos y la seguridad de los mismos. Debido a las limitaciones de tiempo para el desarrollo del trabajo, no se consideró medir las variaciones relativas al calor antropogénico, pero importantes estudios plantean que no es un factor comparable con las aportaciones por asoleamiento. La cantidad de energía solar depositada por metro cuadrado, no es comparable a la generada por la actividad corporal por metro cuadrado en un espacio abierto, por tiempo de ocupación; por otra parte, la generación de energía de los vehículos entre la cantidad de metros cuadrados que ocupan tampoco es comparable. Desde luego; su efecto en términos de calentamiento global por la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera sí es de graves repercusiones. En todo caso, este trabajo puede considerarse exploratorio y válido para los sitios comunes a los que acá se monitorearon. Además, el fenómeno como aquí se estudió sería válido en términos generales para los sitios de mayor generación de calor antropogénico, agregando éste.

Los sitios de medición de cañones urbanos escogidos en la Zona Centro de Mérida fueron la calle 59 entre 52 y 54, la calle 63 entre 54 y 56 y la calle 52 entre 57 y 61, en ambas aceras. Los patios de manzanas escogidos fueron el del edificio principal de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán (FAUADY), ubicado en la calle 50 entre 57 y 59, y el edificio alterno de la misma facultad que llamaremos

FAUADY2, ubicado en la calle 59 x 52. Como sitios de comparación, tomados como representativos de las condiciones naturales se solicitaron las lecturas del Observatorio Meteorológico del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) perteneciente a la CONAGUA, ubicado al sur de Mérida, en la Av. Aviación, dentro del anillo periférico, en terrenos federales ocupados también por el Aeropuerto Internacional “Crescencio Rejón” de la Ciudad de Mérida; Igual como sitio de comparación representativo de las condiciones naturales, se obtuvieron datos del Observatorio Climatológico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY), ubicada en el Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías de la UADY, al noroeste de la ciudad fuera, pero contiguo al anillo periférico.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN

A continuación, se hace una descripción de los sitios de medición: primeramente de los alrededores no urbanos, el observatorio de CONAGUA, y el de la FIUADY; a continuación los de las calles de la Zona Centro de Mérida, la 59 entre 52 y 54, la 52 entre 57 y 61, y de la 63 entre 54 y 56; finalmente, de los patios interiores de las manzanas, el de la FAUADY y de la FAUADY2 (imagen 3.x.1). En el caso de la Calle 63 se midió la sección norte buscando variaciones de temperatura ocasionadas por la densidad constructiva.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.5 y 3.6 *Ubicación de los sitios periféricos y de la zona central, respectivamente. CONAGUA y FIUADY son dos sitios de medición de condiciones naturales; los círculos muestran los dos patios interiores de las manzanas, el 1 es FAUADY y el 2 FAUADY2; con la numeración del reticulado y las marcas en forma de estrellas se pueden ubicar las de los cañones, 59 entre 52 y 54 (aceras norte y sur); 52 entre 57 y 59 (acera oriente); 52 entre 59 y 61 (acera poniente); 63 entre 54 y 56, acera norte. Las imágenes son de Google Earth, modificadas por el autor.*

3.3.1. ALREDEDORES NO URBANOS. OBSERVATORIO CLIMATOLÓGICO

El observatorio climatológico de la CONAGUA se encuentra en el suroeste de la ciudad, contiguo al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Mérida Manuel “Crescencio Rejón”, y tienen la función de registrar las condiciones naturales presentes en el clima del sitio elegido como representativo de la región (Comisión Nacional del Agua, 2010). El Observatorio está montado de acuerdo a las normas que rigen los observatorios de superficie de la OMM, en un terreno amplio con poca construcción, en el que se encuentran distribuidos los instrumentos sobre pasto corto, sin construcciones cercanas al instrumental. Sin embargo, el área urbana ha crecido a su alrededor y aunque aún hay baja densidad de construcción, lo más probable es que las condiciones se encuentren ya alteradas. Los datos utilizados en esta investigación corresponden al mismo período que los datos monitoreados para la misma, y se recabaron en el año 2016 solicitándolos directamente a la CONAGUA (Ver imagen 3.7 y 3.8).



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.7 y 3.8 Ubicación del Observatorio Meteorológico del SMN de la CONAGUA, y el módulo de medición de temperatura y humedad de la estación de medición. La imagen satelital es de Google Earth modificada por el autor, y la fotografía es del autor.

3.3.2 ALREDEDORES NO URBANOS. OBSERVATORIO DE LA FIUADY

La estación de la FIUADY se encuentra ubicada en el Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, al norte de la ciudad, fuera del anillo periférico. Es una zona de muy baja densidad de construcción que se encuentra en un proceso claro de densificación, sin que esta sea la condición prevaleciente todavía. Tiene al sur el Fraccionamiento Francisco de Montejó, de mucha densidad de construcción, y el resto de sus alrededores se encuentra en proceso de ocupación. Es probable que Las variables climáticas tengan algún grado de alteración por factores urbanos, aunque la oscilación nocturna, que puede considerarse un indicador de posibles alteraciones, aún se conserva alta. Esto puede indicar que de haber alteraciones estas todavía no son elevadas.



Fuente: Elaboración propia

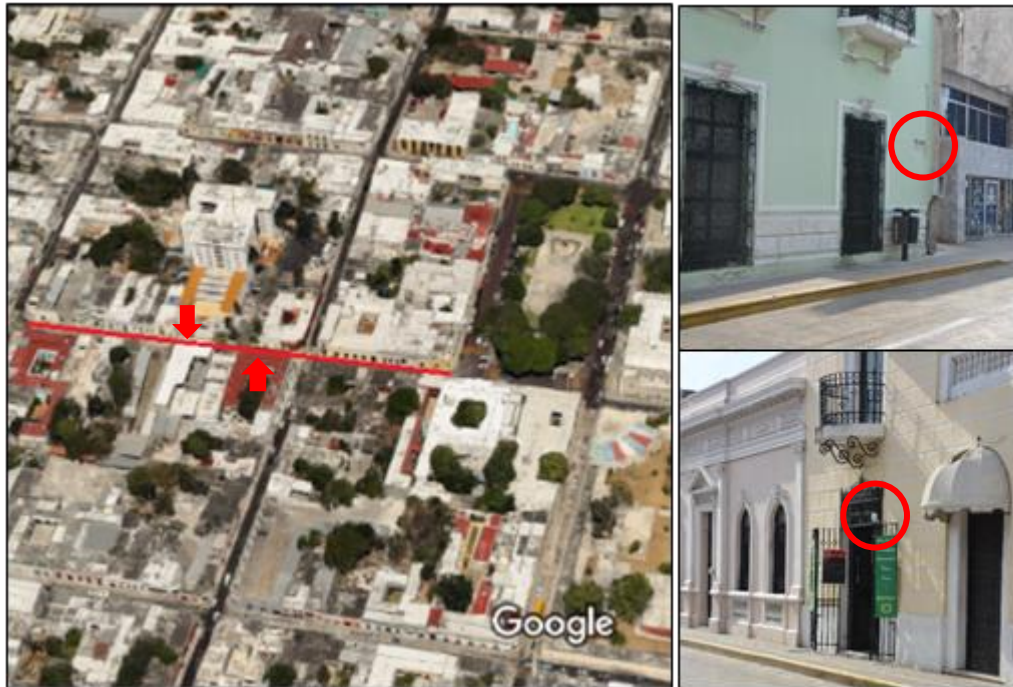
Imágenes 3.9 y 3.10 *Imagen satelital de la ubicación de la estación FIUADY y fotografía de la estación de medición. La imagen satelital es de Google Earth modificada por el autor, y la fotografía es del autor.*

3.3.3. CAÑONES URBANOS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA. CALLE 59 ENTRE 52 Y 54

ORIENTACIÓN ESTE-OESTE

Toda la retícula del centro histórico esta girada con relación a los ejes cardinales, aproximadamente 10° en el sentido de las manecillas del reloj, pero para fines prácticos se hará referencia a la orientación de las calles como si no existiese dicho giro.

Como representativas de las calles orientadas en el sentido este-oeste se escogió el tramo de la calle 59 entre 52 y 54 en las que se conservan las características que acá se han definido como típicas. Las edificaciones establecen una barrera entre el ambiente de los patios arbolados y el de la calle. En el tramo de monitoreo el ancho del cañón la calle es de 9.5 m y los edificios tienen alturas semejantes que van de 9 a 14 metros; el piso es de concreto estampado y los edificios son en su mayoría de mampostería. Los instrumentos digitales de medición de temperatura y humedad se colocaron en las aceras opuestas, con protectores contra la radiación solar, a 2.5 m de altura. Se adoptó el criterio de Tim Oke (Oke, 2006) que plantea que entre esa altura y 1.5 m no existen diferencias significativas de temperatura, desde el punto de vista de la sensación térmica. El tránsito vehicular y de peatones es moderado debido a que no se encuentra en el mero centro comercial y de servicios, aunque sí cercano. Este tramo de calle también se caracteriza por la completa ausencia de vegetación, que es la condición típica en la zona central.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.11, 3.12 y 3.13 *Satelital del tramo de la calle 59 entre 52 y 54, con orientación este oeste, donde se colocó el instrumental, que se representa con flechas en la imagen satelital y con los círculos rojos en las fachadas. Imagen satelital de Google Earth modificada por el autor, y fotografía tomada por el autor.*

3.3.4. CAÑONES URBANOS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA. CALLE 52 ENTRE 57 Y 61

ORIENTACIÓN NORTE-SUR.

Como representativa de las calles con orientación norte-sur se escogieron dos tramos de la calle 52. El tramo entre 57 y 59 en donde se ubicó el instrumento de medición en la acera oriente, y el tramo de la 59 a la 61, a 50 m del anterior, en donde se colocó en la acera poniente. Estos dos sitios también se escogieron por su representatividad. El cañón urbano se encuentra muy bien conformado. Las fachadas están alineadas, con alturas más o menos uniformes de entre 9 y 14 m, el ancho del cañón es de 9.5 m. El piso es de asfalto, y los edificios son en su mayoría de mampostería. Los instrumentos digitales de medición de temperatura y humedad se colocaron con protectores contra la radiación solar, a 2.5 m de altura. El tránsito vehicular y de peatones es moderado debido a que no se encuentra en el mero centro

comercial y de servicios, aunque sí cercano. Este tramo de calle también se caracteriza por la completa ausencia de vegetación, que es la condición típica en la zona central.



Fuente: Elaboración propia

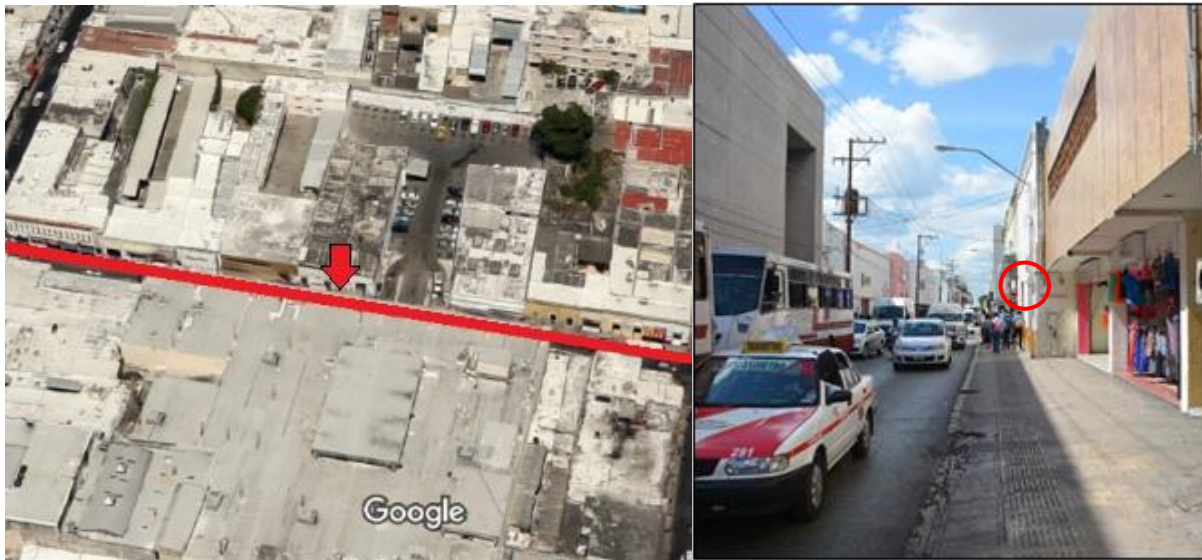
Imágenes 3.14, 3.15 y 3.16 En la imagen aérea se representa el cañon urbano del tramo de la calle 52 entre 57 y 61, que va de norte a sur, y la ubicación de los instrumentos. En las fotografías de la derecha, con círculos se muestran en las fachadas. Arriba 52 entre 57 y 59 (acera este), y abajo 52 entre 59 y 61 (acera oeste). Imagen satelital de Google Earth modificada por el autor, y fotografía tomada por el autor.

3.3.5. CAÑONES URBANOS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA. CALLE 63 ENTRE 54 Y 56

ORIENTACIÓN ESTE-OESTE

También representativo de las calles con orientación oriente poniente se seleccionó el tramo de la calle 63 entre 54 y 56, pero en este caso sólo se midió sólo sobre la acera norte. También, como en los otros casos se conservan las características definidas previamente como típicas. Las edificaciones establecen una barrera entre el ambiente de los patios arbolados y el de la calle. En el tramo de monitoreo el ancho del cañón la calle es de 9.5 m y los edificios tienen alturas semejantes que van de 9 a 14 metros; el piso es de asfalto y los edificios son en su

mayoría de mampostería. Los instrumentos digitales de medición de temperatura y humedad se colocaron en las aceras opuestas, con protectores contra la radiación solar, a 2.5 m de altura. Una diferencia marcada de esta muestra es que el tránsito vehicular y de peatones es bastante más intenso que en los otros sitios pues es una zona muy comercial y de recorrido de la zona centro. No existe vegetación en la vialidad.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.17, 3.18 y 3.19 *En la imagen aérea se representa el cañon urbano del tramo de la calle 63 entre 54 y 56 que va de este a oeste, y la ubicación del instrumento sobre la fachada norte. En las fotografías de la derecha, con círculos se muestran en las fachadas. Imagen satelital de Google Earth modificada por el autor, y fotografía tomada por el autor.*

3.3.6. PATIOS INTERIORES CON VEGETACIÓN. PATIO DEL EDIFICIO DE LA FAUADY

La espacialidad de los patios interiores de las manzanas con vegetación, fuera de casos particulares, queda separada del de las calles por las edificaciones que rodean dichas manzanas, por lo que conforman dos ambientes con características térmicas diferentes. El flujo del aire se canaliza por las calles o por arriba de las azoteas, pero de acuerdo a los estudios de comportamiento de flujo de viento, no se mezclan entre sí,

por lo que deben tener condiciones térmicas diferentes. Uno de los patios escogidos para este estudio es el del edificio de la FAUADY.

Se trata del patio del Ex Convento de la San Francisco del barrio de la Mejorada, rodeado de construcciones de mampostería muy gruesa, de cal y piedra caliza, aproximadamente de 14 m de altura hacia el oeste y sur, y de 8 a 10 m hacia las otras orientaciones. El patio cuenta con abundante vegetación, algunos son árboles de gran porte; el piso en buena parte es de tierra, salvo la superficie de una cancha de basquetbol. El instrumento de medición se colocó contiguo a la cancha de básquet (ver imagen 3.20 y 3.21).



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.20 y 3.21 *Imagen aérea de la manzana del convento y las contiguas, y fotografía del instrumento en el patio. Con un círculo y una circunferencia se muestra el instrumental. La imagen es Google Earth y la foto del autor.*

3.3.7. PATIOS INTERIORES CON VEGETACIÓN. PATIO DEL EDIFICIO FAUADY2

Este patio interior de manzana FAUADY2, pertenece a un edificio alternativo de la FAUADY, cercano al Ex Convento, sobre la calle 59 entre 52 y 54. Se trata de un patio interior enclaustrado en tres lados por el edificio, de dos pisos, con altura total de 10.8 m. El piso de este patio es de tierra y cuenta con mucha vegetación plantada simultáneamente hace 5 años aproximadamente. Se trata de plantas medianas, pero

por la competencia por la luz han crecido hacia arriba, más que hacia los lados, alcanzando la altura de los edificios y sombreando completamente el patio. Aunque la manzana cuenta con bastante superficie con construcciones, existen otros patios colindantes separados por bardas relativamente bajas que no son obstáculo para que las condiciones térmicas se homogenicen (ver imagen 3.22 y 3.23).



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 3.22 y 3.23 *Imagen aérea de la manzana del convento y las contiguas, y fotografía del instrumento en el patio. Con un círculo y una circunferencia se muestra el instrumental. La imagen es Google Earth y la foto del autor.*

CAPÍTULO 4. Alteraciones de la temperatura y humedad en la zona central

En esta sección se analizan los datos de las variables microclimáticas de la zona centro de la ciudad de Mérida obtenidos de las mediciones hechas para esta investigación, comparándolos con los datos de dos estaciones existentes de otras dependencias que tienen el propósito de medir las condiciones naturales que prevalecerían sin las alteraciones del medio urbano. La descripción de los sitios de medición se hizo en el Capítulo III, las tablas y gráficas de todos los registros obtenidos se presentan en el Anexo al final de este trabajo.

Las mediciones se realizaron en la zona periférica no urbana y en calles y patios de la zona central de la ciudad. Dos instrumentos fueron colocados en la zona periférica, cinco en calles y dos en patios. De estos, utilizamos dos en la zona no urbana, dos en patios ajardinados, y cinco en calles. Nueve sitios o estaciones en total.

Esta parte del trabajo se divide en etapas en las que se combina el análisis cuantitativo con el cualitativo, consistiendo el primero en la comparación numérica de las variables climáticas, y el segundo en la asociación de los resultados numéricos con las características del contexto físico correspondiente. Las etapas son las siguientes:

- a) análisis de los resultados de cada uno de los sitios estudiados, a saber, zona periférica o alrededores no urbanos, calles de la zona central, patios ajardinados de interiores de manzanas de la zona central;
- b) comparación de las combinaciones posibles de cada dos sitios, esto es, alrededores no urbanos con patios ajardinados interiores de manzanas del centro histórico, alrededores no urbanos con calles de la zona centro y patios ajardinados con calles de la zona centro.
- c) la comparación de todos los sitios a la vez.

4.1 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS MONITOREADOS. TEMPERATURA Y HUMEDAD

4.1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ALREDEDORES NO URBANOS

Como primer paso, acá se presenta la comparación entre las estaciones que servirán de parámetro para medir las alteraciones urbanas, la de la CONAGUA y la de FIUADY, cuyo propósito es registrar condiciones naturales de la zona en la que se ubica Mérida.

La de la CONAGUA es la estación que oficialmente registra las condiciones naturales de Mérida y sus alrededores siguiendo la normatividad de la OMM. En el caso de la estación de la FIUADY, perteneciente a la Universidad Autónoma de Yucatán, se adoptó el mismo propósito y también sigue normatividad de la OMM.

La tabla 4.1 y la gráfica 4.1 presentan los promedios horarios de los días monitoreados. Como se mencionó previamente, en ambos sitios se sigue la normatividad de los observatorios meteorológicos de superficie: el piso de material natural con pasto sin riego, alturas estándar de colocación del instrumental, espacio despejado en el entorno, etc. El comportamiento de ambos sitios es semejante, con diferencias claras a partir de la salida del sol, aunque presentando condiciones homogéneas cuando el astro está ausente. La mayor diferencia es de 2.1 °C más en la estación de la CONAGUA que en la de la FIAUDY, y se presentó a las 13:00 h, pero la diferencia promedio es de .6 °C (tabla 4.1).

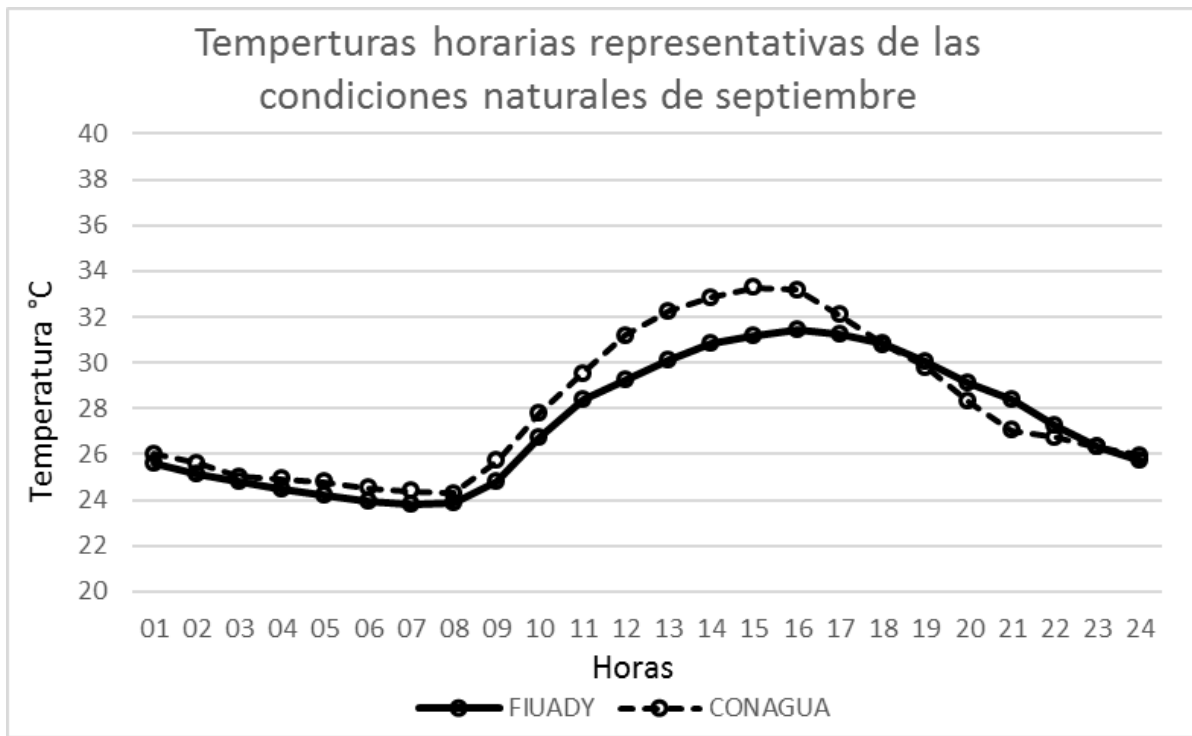
Por el horario en que se dan las mayores diferencias, de la salida del sol hasta poco antes de su puesta, lo más probable es que se deban a los diversos elementos artificiales y vegetales que proporcionan más sombra en el entorno de la estación de la FIUADY, con más presencia de vegetación en su entorno.

Las diferencias de las condiciones registradas por estas estaciones podrían deberse a la procedencia del aire antes de llegar a esos sitios, así como a las condiciones actuales de su ubicación.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
FIUADY	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	25.7	27.4
CONAGUA	26.0	26	25.0	24.9	24.8	24.5	24.4	24.3	25.7	27.8	29.5	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	26.0	28.0
PROM	25.8	25.4	24.9	24.7	24.5	24.2	24.1	24.1	25.2	27.3	28.9	30.2	31.2	31.8	32.2	32.3	31.7	30.8	29.9	28.7	27.7	27.0	26.3	25.8	27.7
MAX	26.0	25.6	25.0	24.9	24.8	24.5	24.4	24.3	25.7	27.8	29.5	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	26.0	28.0
MIN	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	25.7	27.4
OSC	0.4	0.5	0.2	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.9	1.1	1.2	2.0	2.1	2.0	2.1	1.7	0.8	0.1	0.3	0.8	1.3	0.5	0.0	0.2	0.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.1 *Temperaturas horarias, a colores, representativas de las condiciones naturales*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.1 *Temperaturas horarias representativas de las condiciones naturales*

4.1.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE LAS CALLES DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA

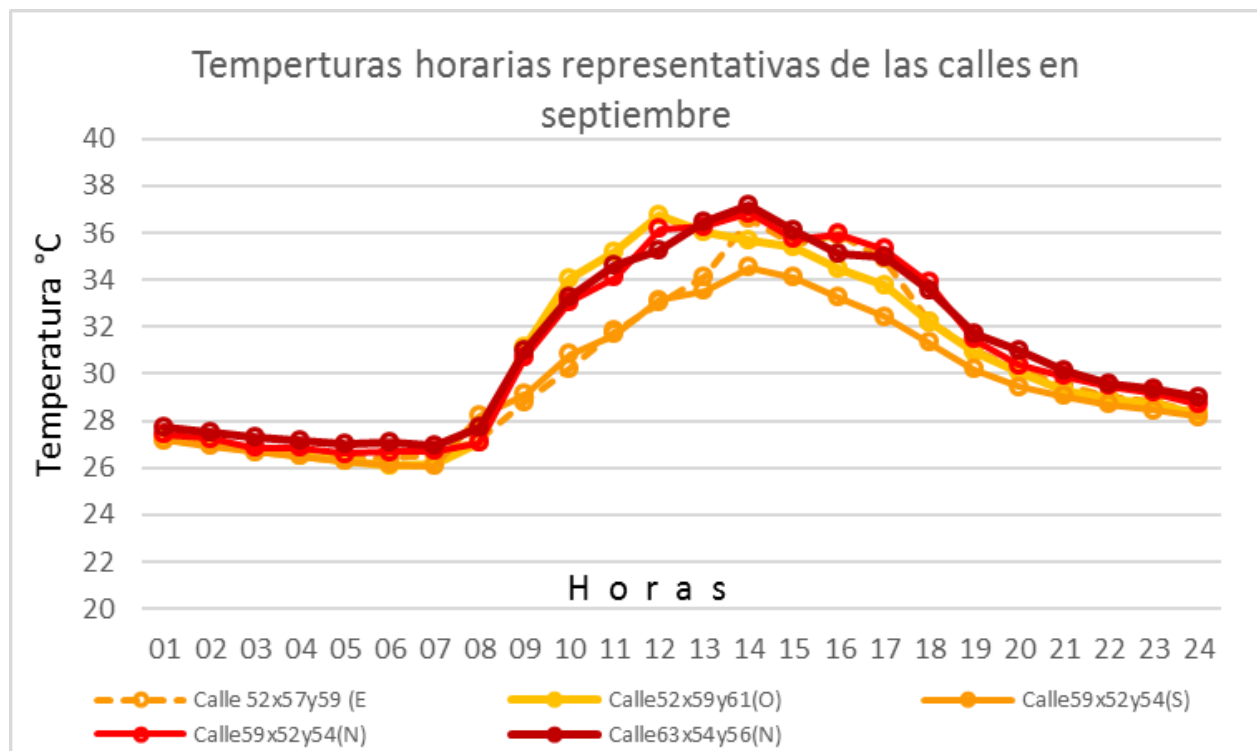
Como se mencionó previamente, se consideró que la relativa homogeneidad de la morfología de la zona central de Mérida impacta las condiciones térmicas de manera también semejante en toda su extensión, pero que se producen diferencias microclimáticas en las calles debido a dos condiciones cambiantes, aunque dependientes de la orientación: las particularidades de la incidencia del sol y del viento. Por tal razón, los instrumentos se ubicaron en calles de las dos orientaciones de la zona, y en las aceras opuestas de cada una. Desde luego, debe haber otro tipo de diferencias en los cruces de las calles y en desembocaduras a plazas, parques y espacios semejantes, pero estas no son motivo de este trabajo.

Las tablas y gráfica 4.2 muestran los promedios horarios de los días monitoreados. Las temperaturas representadas por las curvas son muy semejantes en el período nocturno, pero hay diferencias a partir de la salida del sol, seguramente debidas al calentamiento de las superficies en las que desde temprano incide el sol, las cuales aumentan, a su vez, la temperatura del aire. Esto es evidente, pues las curvas con las temperaturas más elevadas corresponden precisamente las fachadas sur de las aceras norte, en donde se recibe el sol durante todo el día en las fechas de medición (Imagen 4.1), así como en las fachadas este de las aceras oeste que reciben el sol poco a poco por las alturas de las fachadas de enfrente a partir de la salida del sol (Imagen 4.3); en estas fachadas las temperaturas no disminuyen por la tarde. En la gráfica puede verse que en la acera oeste (Imagen 4.4) se inicia la elevación de la temperatura cuando empieza a recibirse el sol, poco después del mediodía.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
Calle 52x57y59 (E)	27.3	27.1	26.7	26.6	26.4	26.4	26.6	27.2	28.8	30.2	31.8	33.1	34.2	36.6	35.5	35.9	34.9	32.2	31.0	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	30.2
Calle52x59y61(O)	27.2	27.0	26.7	26.5	26.3	26.1	26.2	27.1	31.1	34.0	35.2	36.8	36.0	35.7	35.4	34.5	33.8	32.2	31.0	30.1	29.3	28.9	28.7	28.3	30.6
Calle59x52y54(S)	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.7
Calle59x52y54(N)	27.4	27.3	26.9	26.8	26.6	26.7	26.7	27.1	30.7	33.1	34.1	36.1	36.3	36.8	35.7	36.0	35.3	33.9	31.5	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	30.9
Calle63x54y56(N)	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	27.7	31.0	33.2	34.6	35.3	36.4	37.2	36.1	35.1	35.0	33.5	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
PROM	27.4	27.2	26.8	26.7	26.5	26.5	26.5	27.5	30.1	32.3	33.5	34.9	35.3	36.2	35.4	34.9	34.3	32.6	31.1	30.2	29.6	29.1	28.9	28.5	30.5
MAX	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	28.2	31.1	34.0	35.2	36.8	36.4	37.2	36.1	36.0	35.3	33.9	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
MIN	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	27.1	28.8	30.2	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.7
OSC	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	10	0.9	12	2.3	3.8	3.5	3.7	2.9	2.7	2.0	2.7	2.9	2.6	15	15	11	0.9	0.9	0.8	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2. *Temperaturas horarias, a colores, representativas de las calles de la Zona Central*

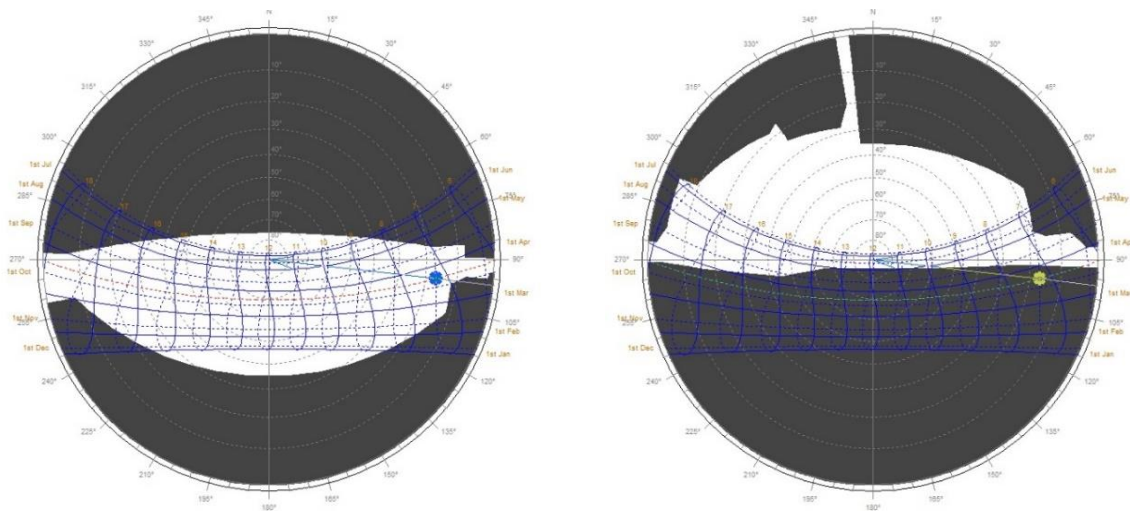


Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.2. *Temperaturas horarias representativas de las calles de la Zona Central.*

La mayor diferencia entre las temperaturas registradas en las calles es de 3.8 grados °C, y se da a las 10:00h entre las temperaturas de la acera oeste de la calle 52 x 59 y 61 y la acera este de la calle 52 x 57 y 59. La diferencia promedio es de 1.4 grados

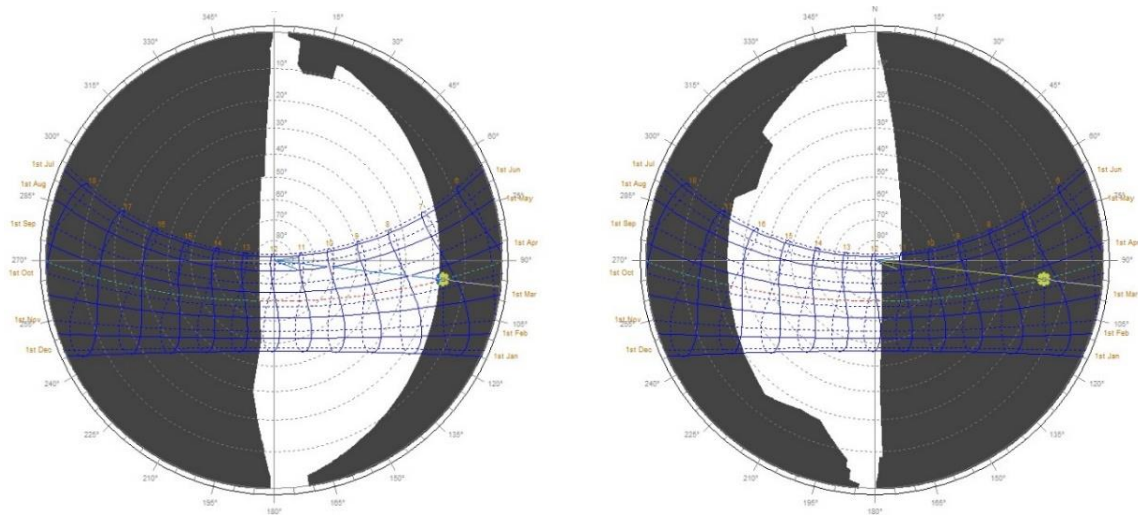
°C. Es importante tener presente que esta diferencia es dependiente de la incidencia solar de las fechas de medición.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.1 y 4.2 Respectivamente, máscaras de sombra del punto de ubicación del instrumento de medición, en la acera norte de la calle 59 x 52 y 54, y máscara de sombra del ubicado en la acera de enfrente, sur, en la 59 x 52 y 54.

Nótese la desigualdad de la exposición a los recorridos del sol. La Máscara de sombra en la ubicación del instrumento de la calle 53 x 54 y 56 es semejante al primero (acera norte).



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.3 y 4.4 Respectivamente, máscaras de sombra del punto de ubicación del instrumento de medición, en la acera oeste de la calle 52 x 59 y 61, y máscara de sombra del ubicado en la acera de enfrente, este, en la 52 x 59 y 57.

4.1.3 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE ESPACIOS INTERIORES AJARDINADOS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA

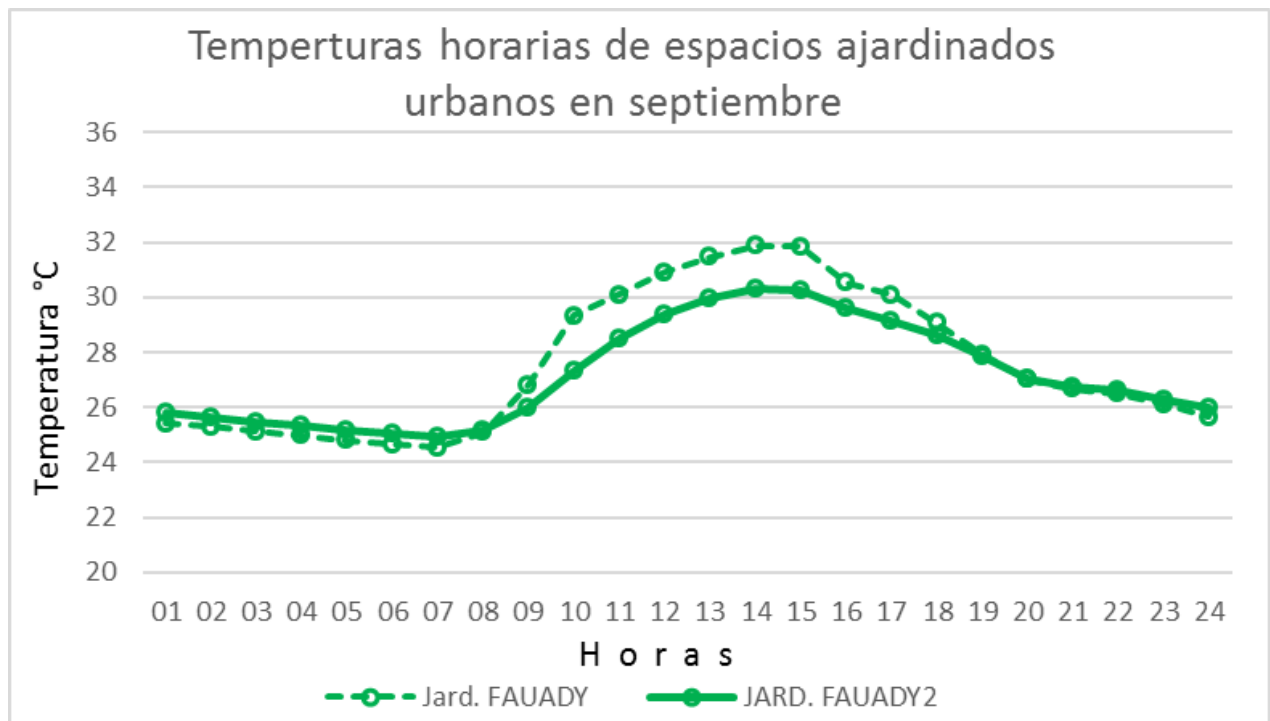
Análisis de espacios ajardinados, también monitoreados específicamente para esta investigación, y que igualmente se encuentran dentro de la zona central; estos sitios se seleccionaron por ser la antítesis del ambiente de la calle en cuanto a su conformación, por lo que su impacto debe ser menor que el de las calles.

Estos sitios se caracterizan por la gran cantidad de árboles, que brindan abundante sombra a las paredes y el piso, por el suelo de tierra permeable a la absorción y la evaporación del agua del subsuelo. De tal manera, el aire no se calienta por roce con superficies calientes, además que la evapotranspiración de las plantas y la evaporación del agua del subsuelo deben reducir la temperatura.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
JARD. CONV.	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.8	29.3	30.1	30.9	31.5	31.9	31.8	30.5	30.1	29.1	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.6
JARD. EDIF.A	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.8	26.6	26.3	26.0	27.2
PROM	25.6	25.5	25.3	25.1	25.0	24.8	24.7	25.1	26.4	28.3	29.3	30.1	30.7	31.1	31.0	30.1	29.6	28.8	27.9	27.0	26.7	26.6	26.2	25.8	27.4
MAX	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.8	29.3	30.1	30.9	31.5	31.9	31.8	30.5	30.1	29.1	27.9	27.0	26.8	26.6	26.3	26.0	27.6
MIN	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.2
OSC	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.0	0.8	2.0	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3 Temperaturas horarias, a colores, representativas de las zonas interiores ajardinadas de la Zona Central

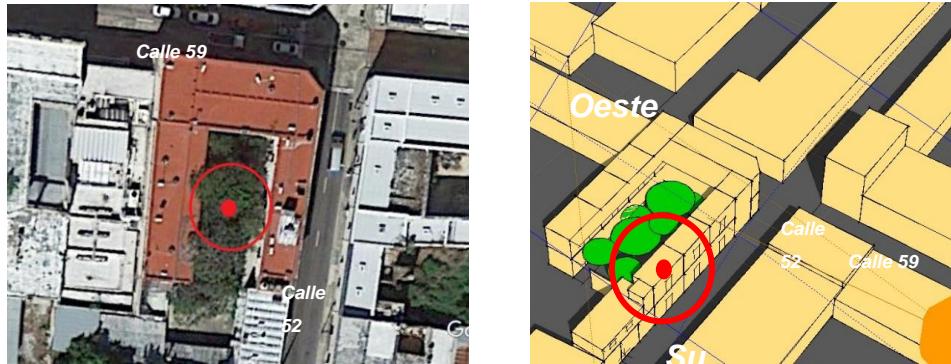


Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.3 Temperaturas horarias representativas de las áreas interiores ajardinadas de la zona central

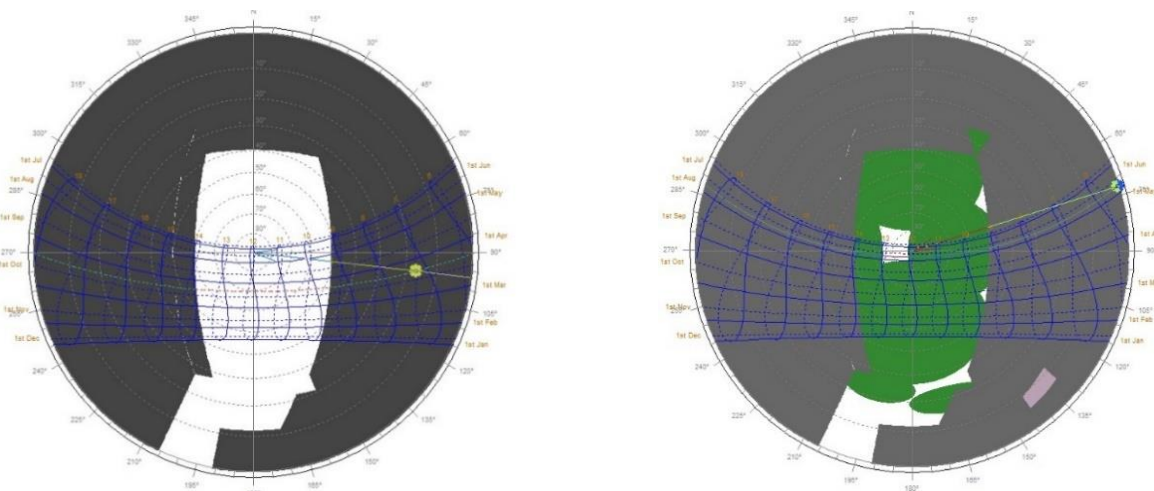
La tabla y gráficas 4.3 presentan los promedios horarios de los días monitoreados. Las condiciones térmicas en ambos sitios son prácticamente iguales durante la noche, pero a partir de la salida del sol se presentan diferencias de hasta 2 °C. La diferencia promedio es de .4 °C. La diferencia diurna se debe a que en el jardín del edificio de la

59 presenta más protección contra la radiación solar (imágenes. 4.5 y 4.6), además que el jardín del Ex Convento recibe sol precisamente en las primeras horas del día (Imágenes. 4.9 a 4.12).



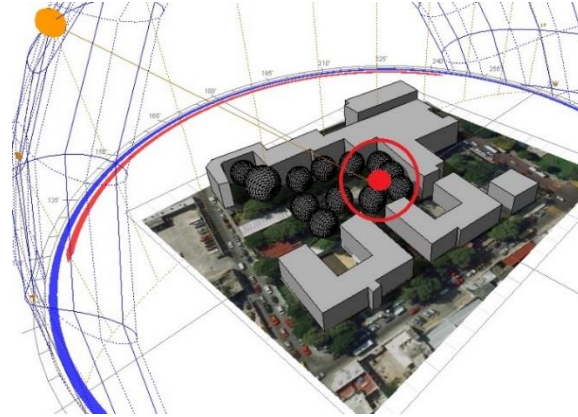
Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.5 y 4.6 Respectivamente, imagen satelital del Jardín del edificio anexo de la FAUADY, y volumetría virtual del mismo. Los círculos y puntos rojos representan la posición del instrumento. La imagen satelital es de Google modificada por el autor. La imagen 4.6 fue dibujada por el autor por medio del programa Ecotect.



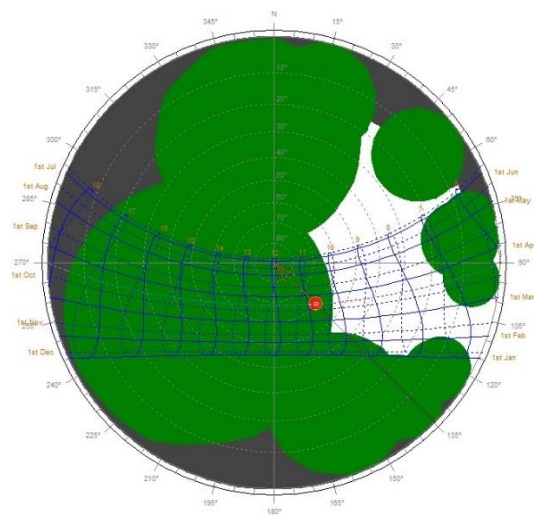
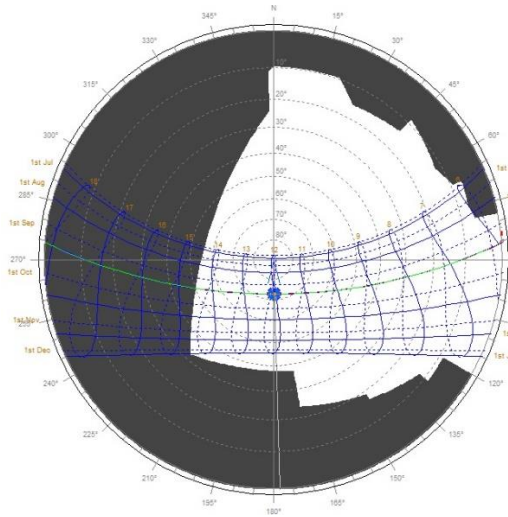
Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.7 y 4.8 Máscara de sombra del jardín del edificio de la calle 59, calculada para el punto en que se encuentra el sensor. A la izquierda la máscara de sombra sin árboles y a la derecha con árboles.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.9 y 4.10 Respectivamente, imagen satelital del Jardín FAUADY y maqueta virtual del mismo edificio, ilustrando como se asolea el área del instrumento en las primeras horas del día. La imagen satelital es Google modificada por el autor.



Fuente: Elaboración propia

Imágenes 4.11 y 4.12 Máscara de sombra del jardín FAUADY desde el punto en que se encuentra el sensor. A la izquierda la máscara de sombra sin árboles y a la derecha con árboles.

4.2 COMPARACIÓN DE LAS COMBINACIONES DE A DOS SITIOS

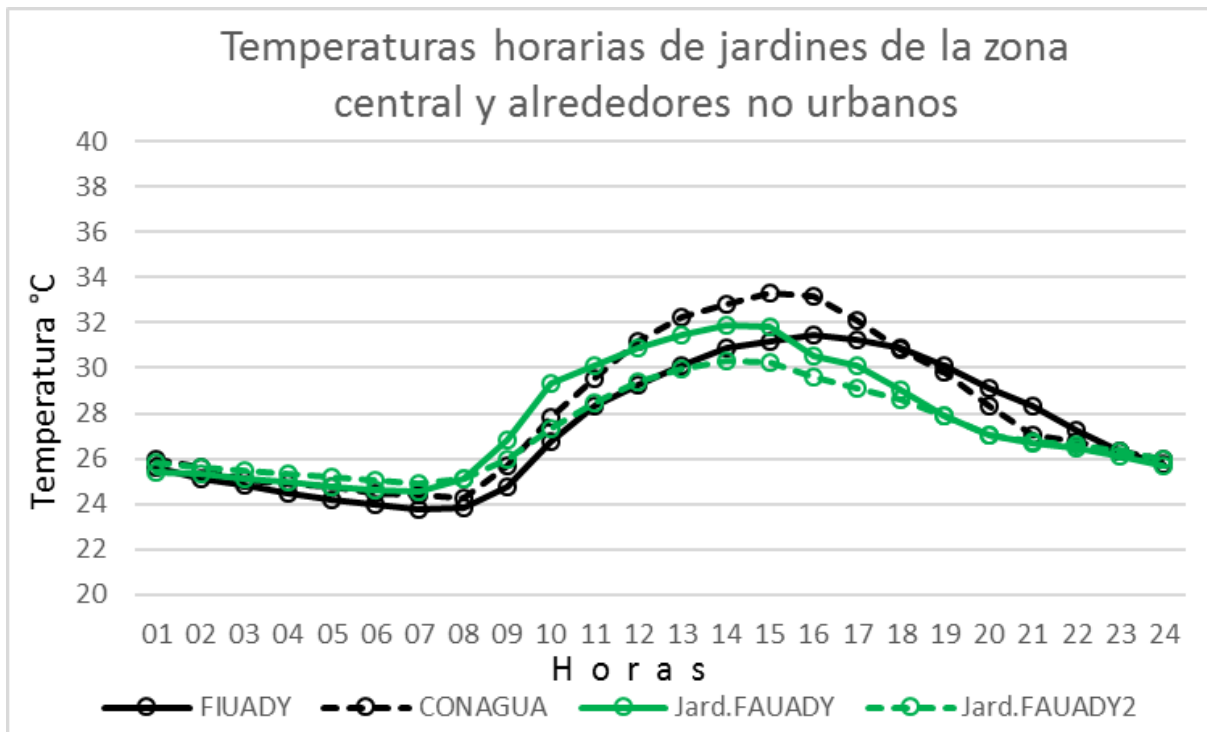
Los alrededores no urbanos con patios ajardinados interiores de manzanas del centro histórico; alrededores no urbanos con calles de la zona central; alrededores no urbanos con calles de la zona central.

4.2.1 COMPARACIÓN DE LOS SITIOS DE CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS CON LAS DE LOS PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA ZONA CENTRAL DE MÉRIDA

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
FIUADY	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	25.7	27.4
CONAGUA	26.0	25.6	25.0	24.9	24.8	24.5	24.4	24.3	25.7	27.8	29.5	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	26.0	28.0
Jard.FAUADY	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.8	29.3	30.1	30.9	31.5	31.9	31.8	30.5	30.1	29.1	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.6
Jard.FAUADY2	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.8	26.6	26.3	26.0	27.2
Promedio	25.7	25.4	25.1	24.9	24.7	24.5	24.4	24.6	25.8	27.8	29.1	30.2	31.0	31.5	31.6	31.2	30.6	29.8	28.9	27.9	27.2	26.8	26.3	25.8	27.5
Máximo	26.0	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.8	29.3	30.1	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	26.0	28.0
Mínimo	25.4	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.2
Ocilación	0.6	0.5	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	1.3	2.0	2.6	1.7	2.0	2.3	2.5	3.0	3.6	3.0	2.3	2.2	2.1	1.7	0.8	0.2	0.3	0.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 *Temperaturas horarias, a colores, representativas de los alrededores no urbanos y de los patios ajardinados interiores de la zona central de Mérida*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.4 *Temperaturas horarias representativas de los alrededores no urbanos y de los patios ajardinados interiores de la zona central de Mérida*

Durante el horario nocturno la evolución de las condiciones es semejante en las cuatro estaciones, sin diferencias importantes (no mayores de un grado), pero a partir de la salida del sol empiezan a variar de manera diferente; en ambos tipos de zona hay comportamientos diferentes. Otro rasgo común entre las de la zona periférica comparada con los patios ajardinados del centro es que las primeras tienen retardo térmico con respecto a las del centro², por lo que en las primeras horas de la noche permanecen más caliente, pero la de la FIUADY llega a enfriarse incluso más que en los patios ajardinados. Esto se puede deber al calor del resto de la ciudad al mezclarse con el del jardín. Las mayores temperaturas se alcanzan en la estación CONAGUA, en donde la diferencia llega a ser hasta de 3.6 °C más elevada que la del jardín de FAUADY 2. En promedio la mayor diferencia es de .8 °C. Lo más destacable es que en el jardín FAUADY 2 las temperaturas permanecen notoriamente más bajas desde poco después de la salida del sol hasta terminar el día.

4.2.2 COMPARACIÓN DE LOS SITIOS DE CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS ALREDEDORES NO URBANOS CON LAS DE LAS CALLES DE LA ZONA CENTRAL DE MÉRIDA

En las definiciones clásicas de isla de calor se plantea que es la diferencia de temperatura entre los alrededores no urbanos y los urbanos y que es un fenómeno que se presenta después de la puesta del sol, que es más intenso en noches en que prevalece la calma (Jauregui, E....). Como podemos apreciar en la tabla 4.5 y gráfica 4.5 hay claras diferencias entre los ambientes de las calles monitoreados y los alrededores no urbanos, atribuibles a las causas conocidas de las islas de calor, pero evidentemente el caso específico que estamos estudiando no es solamente un fenómeno nocturno, ya que las diferencias se dan durante las 24 horas del día, incluso llegando a ser más elevadas alrededor del mediodía. La máxima diferencia llega a ser hasta de 7.5 grados °C a las 12:00 p.m., entre la estación de la FIUADY y la de la acera oeste (fachada oriente) de una calle norte-sur. La máxima diferencia promedio es de 3.7

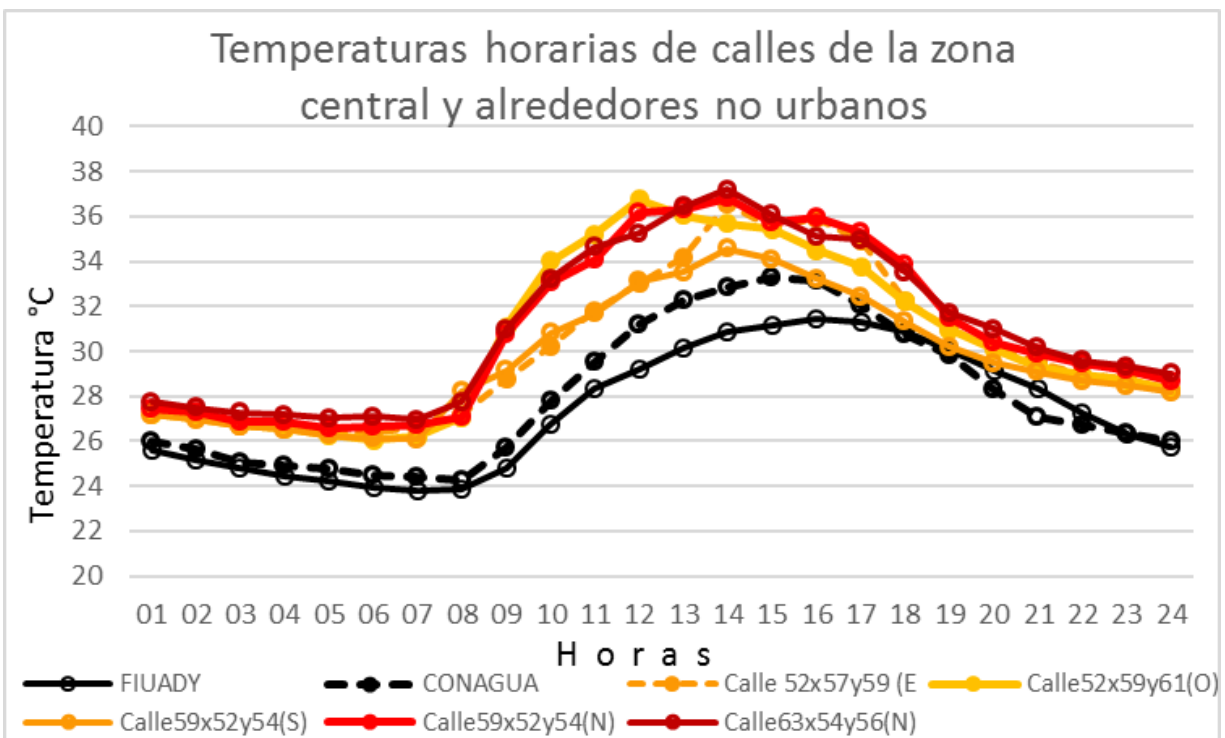
² Retardo térmico es la diferencia de tiempo en que se presentan las temperaturas extremas entre un sitio y otro.

grados °C. Es de llamar la atención las grandes diferencias que se dan en las horas de mayor actividad que significan una carga fuerte de calor dentro del centro urbano. Además, esta carga seguramente se incrementa por la reflexividad y radiación infrarroja de las paredes, que en este trabajo no se midió, que seguramente tienen fuerte impacto en la sensación térmica.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
FIUADY	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	25.7	27.4
CONAGUA	26.0	25.6	25.0	24.9	24.8	24.5	24.4	24.3	25.7	27.8	29.5	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	26.0	28.0
Calle 52x57y59 (E)	27.3	27.1	26.7	26.6	26.4	26.4	26.6	27.2	28.8	30.2	31.8	33.1	34.2	36.6	35.5	35.9	34.9	32.2	31.0	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	30.2
Calle52x59y61(O)	27.2	27.0	26.7	26.5	26.3	26.1	26.2	27.1	31.1	34.0	35.2	36.8	36.0	35.7	35.4	34.5	33.8	32.2	31.0	30.1	29.3	28.9	28.7	28.3	30.6
Calle59x52y54(S)	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.7
Calle59x52y54(N)	27.4	27.3	26.9	26.8	26.6	26.7	27.1	30.7	33.1	34.1	36.1	36.3	36.8	35.7	36.0	35.3	33.9	31.5	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	28.7	30.9
Calle63x54y56(N)	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	27.7	31.0	33.2	34.6	35.3	36.4	37.2	36.1	35.1	35.0	33.5	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
Promedio	26.9	26.7	26.3	26.1	25.9	25.8	25.8	26.5	28.7	30.8	32.2	33.5	34.1	34.9	34.5	34.2	33.5	32.1	30.7	29.8	29.0	28.5	28.2	27.7	29.7
Máximo	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	28.2	31.1	34.0	35.2	36.8	36.4	37.2	36.1	36.0	35.3	33.9	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
Mínimo	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	25.7	27.4
Ocilación	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.1	3.2	4.4	6.3	7.3	6.9	7.5	6.3	6.4	4.9	4.5	4.0	3.1	1.9	2.7	3.1	2.8	3.0	3.3	3.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5 *Temperaturas horarias representativas de condiciones térmicas de los alrededores no urbanos y de las calles de la zona central de Mérida*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.5 *Curvas de la evolución de la temperatura de un día promedio. En negro la de los alrededores no urbanos y en anaranjado y rojo las de las calles.*

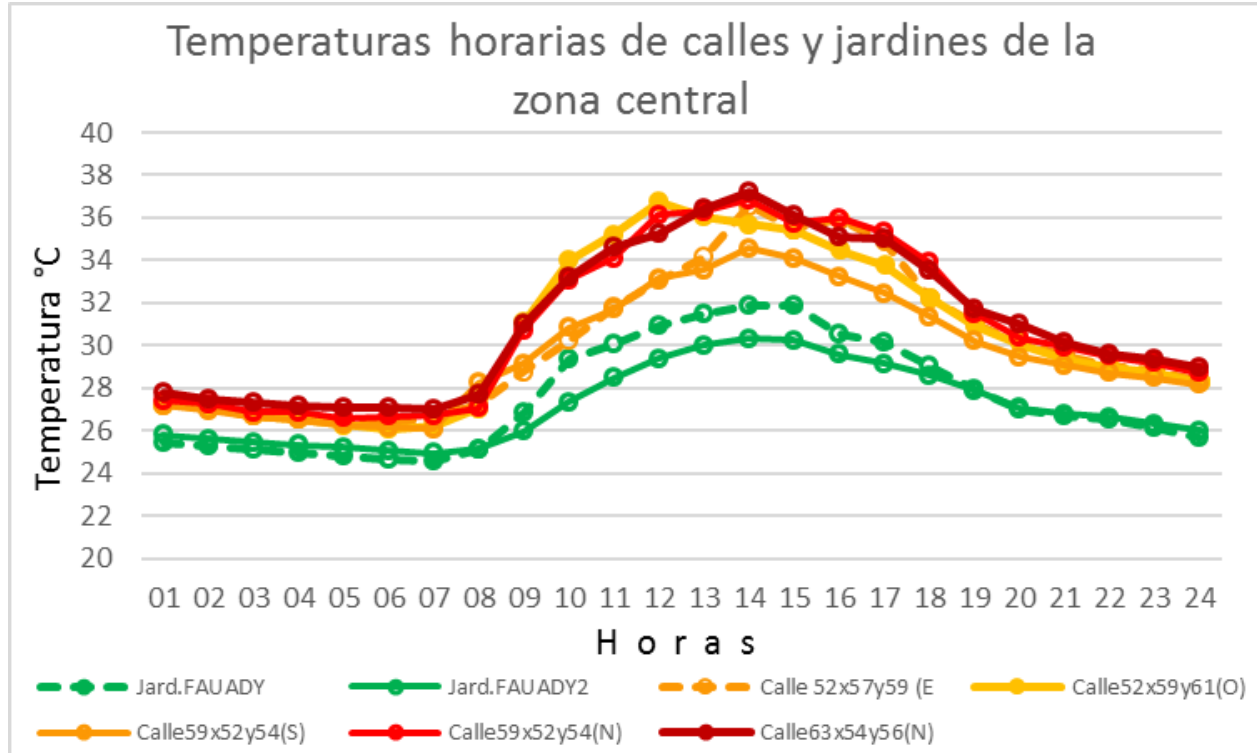
4.2.3 COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE CALLES DE LA ZONA CENTRAL CON LAS DE PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE LA MISMA ZONA

Aquí se comparan dos ambientes contrastantes de la misma zona central, el de las calles y el de los patios ajardinados interiores de las manzanas. La descripción de ambos sitios se realizó previamente en el Capítulo III. Nuevamente, la tabla y gráfica 4.6 son muy explícitas, y se puede apreciar la clara diferencia entre los dos tipos de ambientes. En el intervalo nocturno las diferencias son menores a partir de la salida del sol hasta su ocaso. La máxima diferencia llega a 7.4 grados °C a las 12:00 p.m., y la diferencia máxima promedio es de 3.9 grados °C. Las causas son varias: en las calles se recibe más energía solar, hay menos evapotranspiración de plantas y del suelo y hay más almacenamiento de calor en fachadas y pavimento. Nuevamente llaman la atención las grandes diferencias que se dan a partir de la salida del sol, en las horas de mayor actividad; acá también hay que considerar que la carga térmica se ve incrementada por la reflexividad y radiación infrarroja de las paredes, que deben ser un significativo aumento en la sensación térmica, pero en este caso es en la misma zona central por lo que se puede pensar que hay medidas posibles de mitigación de las condiciones de los ambientes de las calles céntricas.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
Jard.FAUADY	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.8	29.3	30.1	30.9	31.5	31.9	31.8	30.5	30.1	29.1	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.6
Jard.FAUADY2	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.8	26.6	26.3	26.0	27.2
Calle 52x57y59 (E)	27.3	27.1	26.7	26.6	26.4	26.4	26.6	27.2	28.8	30.2	31.8	33.1	34.2	36.6	35.5	35.9	34.9	32.2	31.0	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	30.2
Calle 52x59y61(O)	27.2	27.0	26.7	26.5	26.3	26.1	26.2	27.1	31.1	34.0	35.2	36.8	36.0	35.7	35.4	34.5	33.8	32.2	31.0	30.1	29.3	28.9	28.7	28.3	30.6
Calle 59x52y54(S)	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.7
Calle 59x52y54(N)	27.4	27.3	26.9	26.8	26.6	26.7	26.7	27.1	30.7	33.1	34.1	36.1	36.3	36.8	35.7	36.0	35.3	33.9	31.5	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	30.9
Calle 63x54y56(N)	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	27.7	31.0	33.2	34.6	35.3	36.4	37.2	36.1	35.1	35.0	33.5	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
Promedio	26.9	26.7	26.4	26.3	26.1	26.0	26.0	26.8	29.1	31.1	32.3	33.5	34.0	34.7	34.1	33.5	32.9	31.5	30.2	29.3	28.8	28.4	28.1	27.7	29.6
Máximo	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	28.2	31.1	34.0	35.2	36.8	36.4	37.2	36.1	36.0	35.3	33.9	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
Mínimo	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.2
Ocilación	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	3.1	5.1	6.7	6.7	7.4	6.5	6.9	5.8	6.4	6.2	5.3	3.8	4.0	3.5	3.1	3.2	3.3	3.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6 *Temperaturas horarias representativas de condiciones térmicas de calles de la zona central y de patios ajardinados interiores de la misma zona.*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.6 *Temperaturas horarias representativas de condiciones térmicas de calles de la zona central y de patios ajardinados interiores de la misma zona.*

4.3 COMPARACIÓN DE TODOS LOS SITIOS O ZONAS

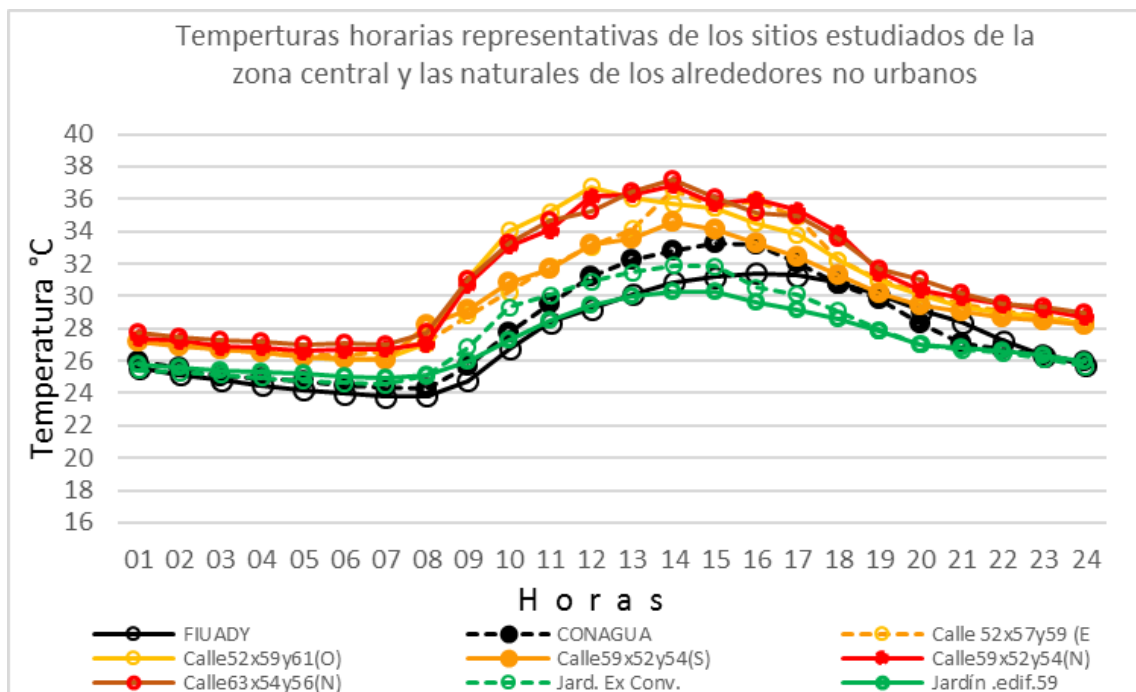
En este apartado se comparan todos los datos previamente analizados por tipo de sitio condiciones naturales, calles de la zona central y patios ajardinados en los interiores de las manzanas de la zona central. También se conjuntan las explicaciones planteadas en su momento para cada sito, y se planean las explicaciones posibles para

las diferencias térmicas encontradas entre los diferentes tipos de zona.

Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROM
FIUADY	25.6	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.1	30.9	31.2	31.4	31.3	30.9	30.1	29.1	28.4	27.3	26.3	25.7	27.4
CONAGUA	26.0	25.6	25.0	24.9	24.8	24.5	24.4	24.3	25.7	27.8	29.5	31.2	32.2	32.8	33.3	33.2	32.1	30.8	29.8	28.3	27.0	26.7	26.3	26.0	28.0
Calle 52x57y59 (E)	27.3	27.1	26.7	26.6	26.4	26.4	26.6	27.2	28.8	30.2	31.8	33.1	34.2	36.6	35.5	35.9	34.9	32.2	31.0	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	30.2
Calle52x59y61(O)	27.2	27.0	26.7	26.5	26.3	26.1	26.2	27.1	31.1	34.0	35.2	36.8	36.0	35.7	35.4	34.5	33.8	32.2	31.0	30.1	29.3	28.9	28.7	28.3	30.6
Calle59x52y54(S)	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.7
Calle59x52y54(N)	27.4	27.3	26.9	26.8	26.6	26.7	26.7	27.1	30.7	33.1	34.1	36.1	36.3	36.8	35.7	36.0	35.3	33.9	31.5	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	30.9
Calle63x54y56(N)	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	27.7	31.0	33.2	34.6	35.3	36.4	37.2	36.1	35.1	35.0	33.5	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
Jard. Ex Conv.	25.4	25.3	25.1	25.0	24.8	24.6	24.5	25.1	26.8	29.3	30.1	30.9	31.5	31.9	31.8	30.5	30.1	29.1	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.6
Jardín .edif.59	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.1	24.9	25.1	26.0	27.3	28.5	29.4	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.8	26.6	26.3	26.0	27.2
PROMEDIO	26.6	26.4	26.1	25.9	25.7	25.6	25.6	26.2	28.2	30.3	31.5	32.8	33.4	34.1	33.7	33.3	32.7	31.4	30.1	29.2	28.5	28.1	27.7	27.3	29.2
MAXIMAS	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	28.2	31.1	34.0	35.2	36.8	36.4	37.2	36.1	36.0	35.3	33.9	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1
MINIMAS	25.4	25.1	24.8	24.5	24.2	24.0	23.8	23.9	24.8	26.7	28.4	29.2	30.0	30.3	30.2	29.6	29.1	28.6	27.9	27.0	26.7	26.5	26.1	25.7	27.2
OSCILACIÓN	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	3.1	3.2	4.4	6.3	7.3	6.9	7.5	6.5	6.9	5.8	6.4	6.2	5.3	3.8	4.0	3.5	3.1	3.2	3.3	3.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 *Temperaturas horarias representativas de calles y patios ajardinados estudiados de la zona central, y las naturales de los alrededores no urbanos*



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.7 *Temperaturas horarias representativas de calles y patios ajardinados estudiados de la zona central, y las naturales de los alrededores no urbanos. En negro las condiciones de los alrededores, en verde los patios ajardinados interiores y en rojos y naranjas las calles. La estratificación es clara.*

La tabla 4.7 y la gráfica 4.7 presentan los promedios de las Temperaturas horarias representativas de los sitios estudiados de la zona central y las naturales de los alrededores no urbanos de los días monitoreados. En la gráfica, se han representado en negro las curvas de los sitios de los alrededores no urbanos, en verde las de los patios ajardinados interiores de la zona central y en rojos y naranjas los de las calles también de la zona central.

La estratificación es clara. Las temperaturas más elevadas se dan en las calles de la zona central, mientras que en la periferia y los patios ajardinados de interiores de manzanas las temperaturas son menores y semejantes; las menores se registran en uno de los patios ajardinados interiores, Jardín FAUADY2, cuyo FCV en Imagen 4.7 es nulo, por el pleno sobrecalentamiento por construcciones perimetrales y por árboles que además de sombrear seguramente refrescan el ambiente por evapotranspiración (Imagen 4.7); además el suelo es permeable a la evaporación del subsuelo. Las estaciones periféricas sólo tienen en común con el Jardín FAUADY 2 el suelo desnudo, pero no tienen arbolado en una superficie más o menos amplia en torno a los instrumentos, lo que hace que se eleve la temperatura del suelo y, con esto, convectivamente, las temperaturas del aire que registran sus termómetros.

Por el contrario, entre los tipos de zonas estudiadas, en los patios ajardinados de los interiores de las manzanas se registran las menores temperaturas; en promedio la diferencia encontrada fue de 3.9 grados, pero se alcanzan diferencias máximas de, incluso, hasta 7.5 grados, tan sólo en la temperatura del aire. Con relación a la sensación térmica de las personas la diferencia es seguramente mayor en ambos tipos de ambientes, pues en las calles hay más aportación térmica por reflexión y radiación infrarroja de las superficies de fachadas y pavimentos, además de las generadas por el desplazamiento, en un clima en el que la humedad relativa prácticamente no baja de 50% en los momentos más cálidos.

En las calles del centro en todo momento se registró mayor temperatura que en los otros sitios; sin embargo, se encontraron variaciones en función de la orientación de su eje y del lado de la calle en que se ubicó el instrumento. En las calles con ejes norte sur, transversal al recorrido del sol (Imágenes 4.3 y 4.4), la acera de mayores

temperaturas es la poniente, lo que puede interpretarse por el hecho de que comienza a recibir sol directo desde temprano, y cuando deja de recibirlo directamente no se enfría debido a que todo el ambiente se ha caldeado; para esta orientación de calles no existe razón para pensar que en otro período del año sucedería algo diferente, debido a que la cantidad relativa de asoleamiento de una y otra fachada no varía. Para del período de monitoreado, se encontró que, en las calles orientadas en el otro sentido, oriente-poniente, se alcanzan las mayores temperaturas en las aceras norte, seguramente porque en esa orientación reciben sol durante todo el día (Imágenes 4.1 y 4.2). En las calles con esta orientación el asoleamiento si cambia según el período del año por lo que las condiciones seguramente también deben ser cambiantes, lo cual se plantea en las conclusiones con más detalle.

CAPÍTULO 5. Determinación de temperatura media radiante, velocidad del aire y condiciones de confort

En esta sección se calculan las variables faltantes que afectan la sensación de las personas (temperatura media radiante y viento) por medio del programa ENVI-met. Con éstas y la temperatura y humedad previamente monitoreadas, se determinó, con el mismo software, el índice de confort PMV de los sitios estudiados, representativos de la generalidad de las calles de la zona central.

5.1 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA MEDIA RADIANTE Y VELOCIDAD DE VIENTO CON ENVIMET

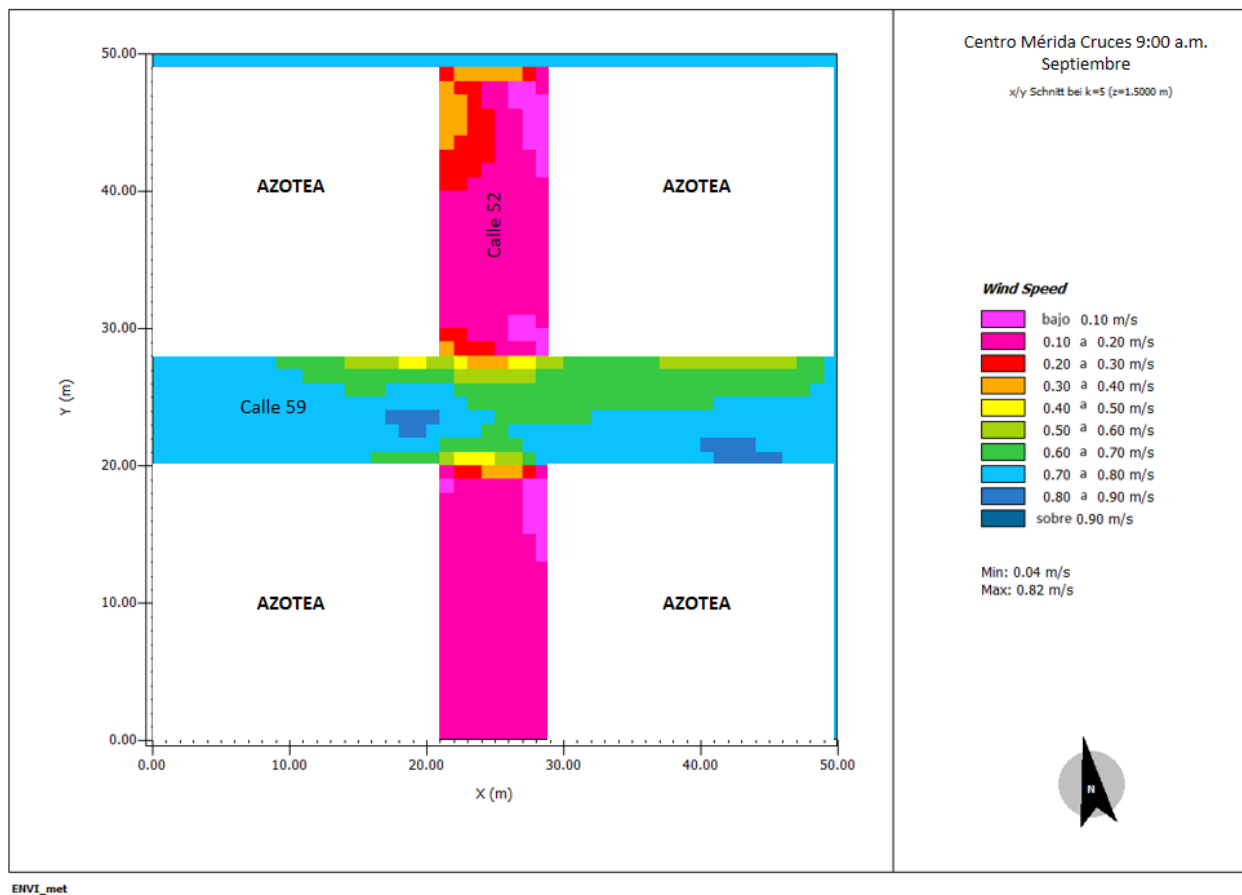
5.1.1 VELOCIDAD DE VIENTO

La velocidad del viento utilizada fue tomada de los registros de la estación climatológica del CINVESTAV, cuya altura de medición es de 9 m sobre el terreno natural. La velocidad correspondiente al período durante el cual se realizó el monitoreo de la temperatura y humedad fue 9 m/s en dirección este (CINVESTAV, 2016). Utilizando esa velocidad se realizó la simulación para el día completo con ENVI-met obteniendo la distribución que se muestran en las Imágenes 5.1 a 5.4.

Descuerdo a esos datos obtenidos, en la Calle 52 las velocidades del viento son 0.10 m/s a 0.30 m/s, a una altura de 1.5 m sobre el terreno. Estas velocidades son lógicas debido a que los edificios obstaculizan su circulación a esa altura, por encontrarse en sentido transversal al flujo más común en esta región. Por el contrario, en la calle 59 las velocidades son más perceptibles puesto que se alcanzan velocidades de 0.50 m/s a los 0.85 m/s, ya que la orientación de la calle se encuentra en la dirección del flujo de aire. En la Imagen 5.1 a 5.4 puede se presentan las velocidades y distribución de viento simuladas, las cuales son muy similares.

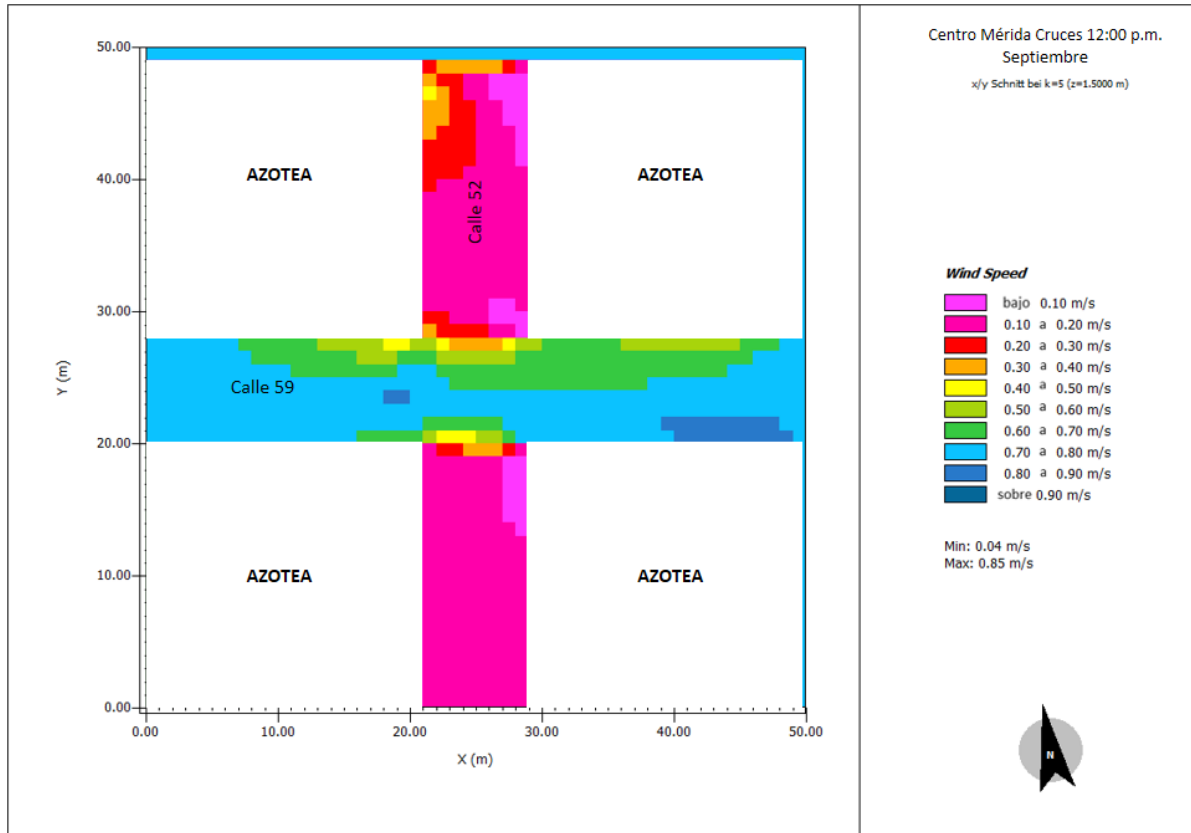
Desde el punto de vista de las reacciones subjetivas promedio, las velocidades medias de viento en las calles norte no son perceptibles, mientras que en las calles orientadas de este a oeste sí lo son (Andris Auliciems & Steven V. Szokolay, 2007, p. 14). Desde el punto de vista de la sensación térmica, velocidades perceptibles de aire con temperaturas iguales o superiores a las de la superficie de la piel acelerarán el

proceso de evaporación, y por tanto el enfriamiento de las personas, siempre y cuando el aire no esté saturado de humedad. En el caso de estarlo, todos los elementos de la ecuación del equilibrio térmico serán positivos y puede presentarse un golpe de calor (Koenigsberger, 2011, p. 62). En Mérida, en los momentos que el aire y los objetos alcanzan las temperaturas más elevadas la humedad alcanza sus niveles más bajos, por lo que la velocidad de aire siempre ayudará a la evaporación del sudor del cuerpo, esto es, será positiva.



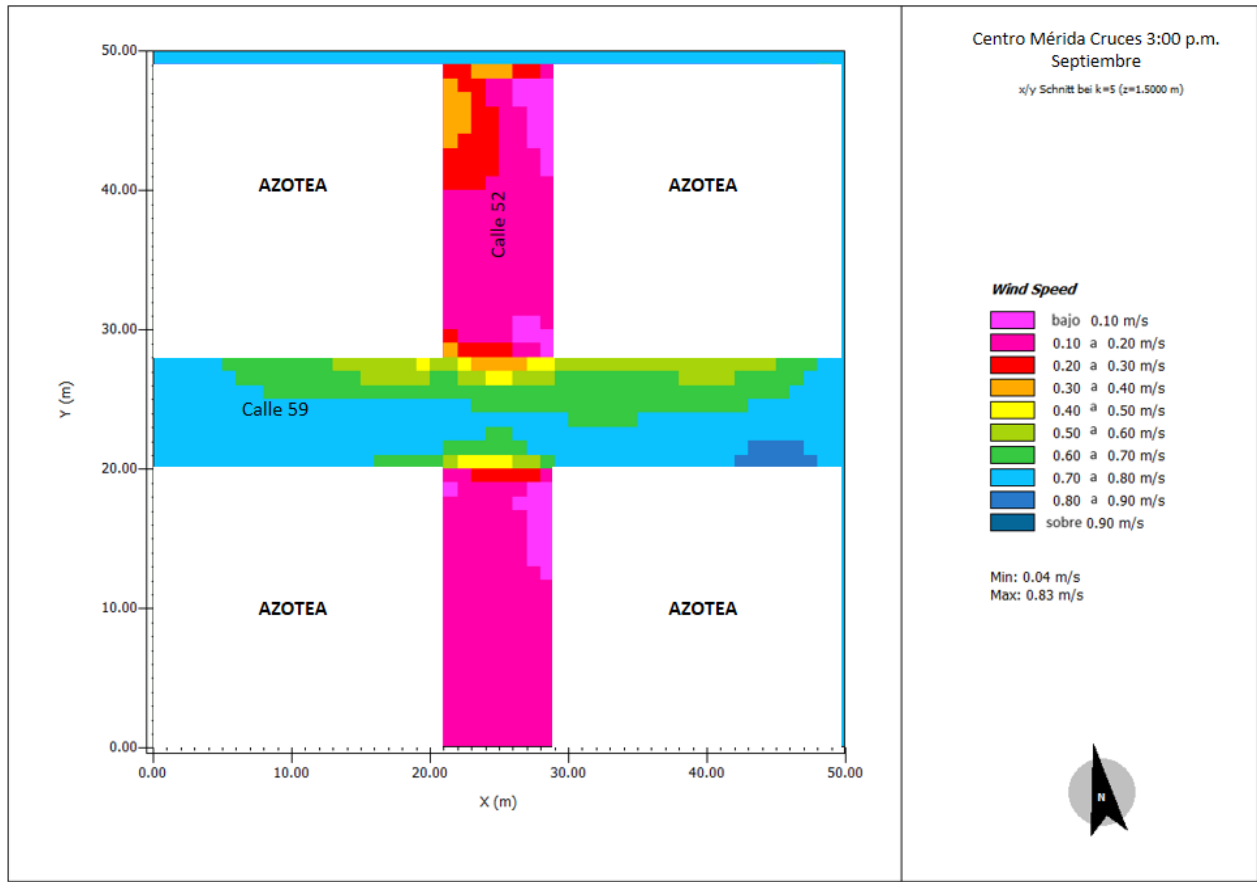
Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.1 Velocidad del aire emuladas en ENVI-met a las 9 a.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.



Fuente: Elaboración propia

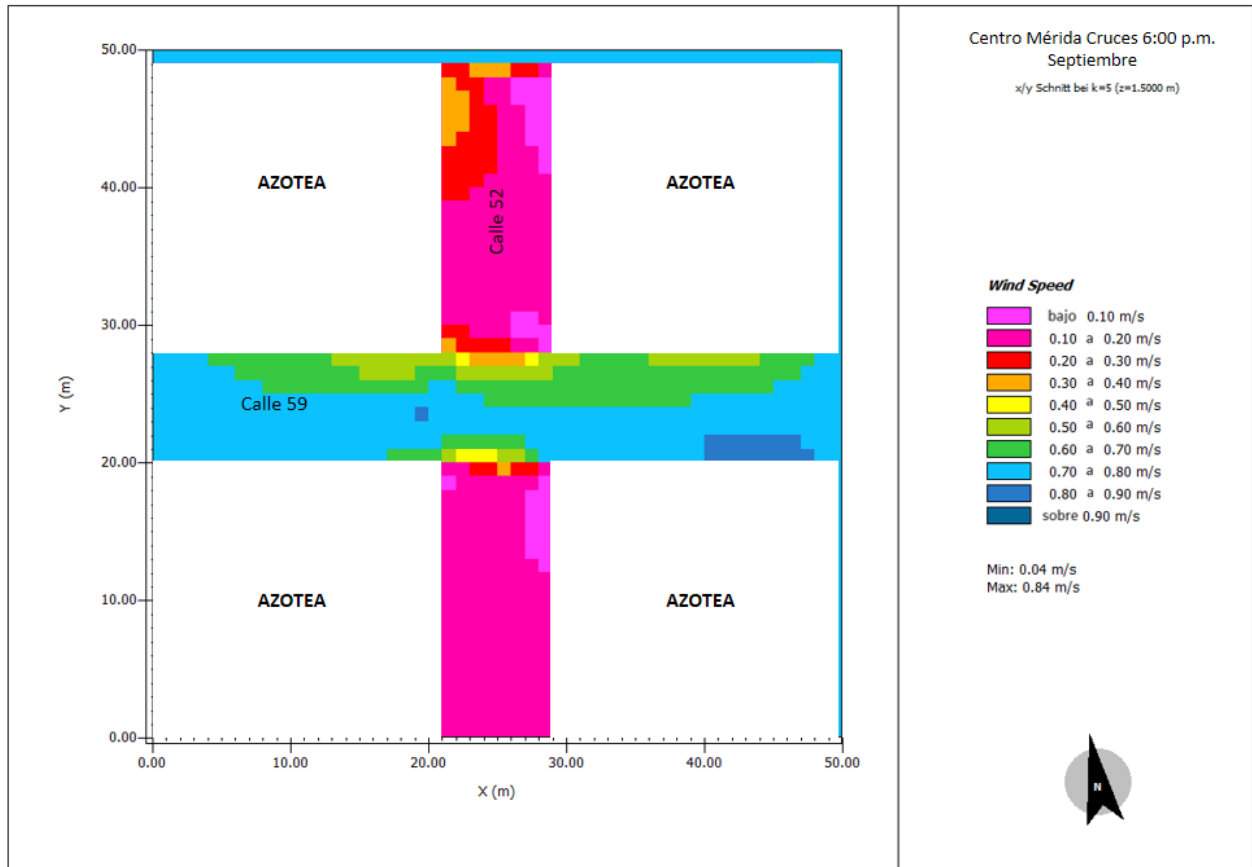
Imagen 5.2 *Velocidad del aire emuladas en ENVI-met a las 12 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*



ENVI_met

Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.3 Velocidad del aire emuladas en ENVI-met a las 3 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m



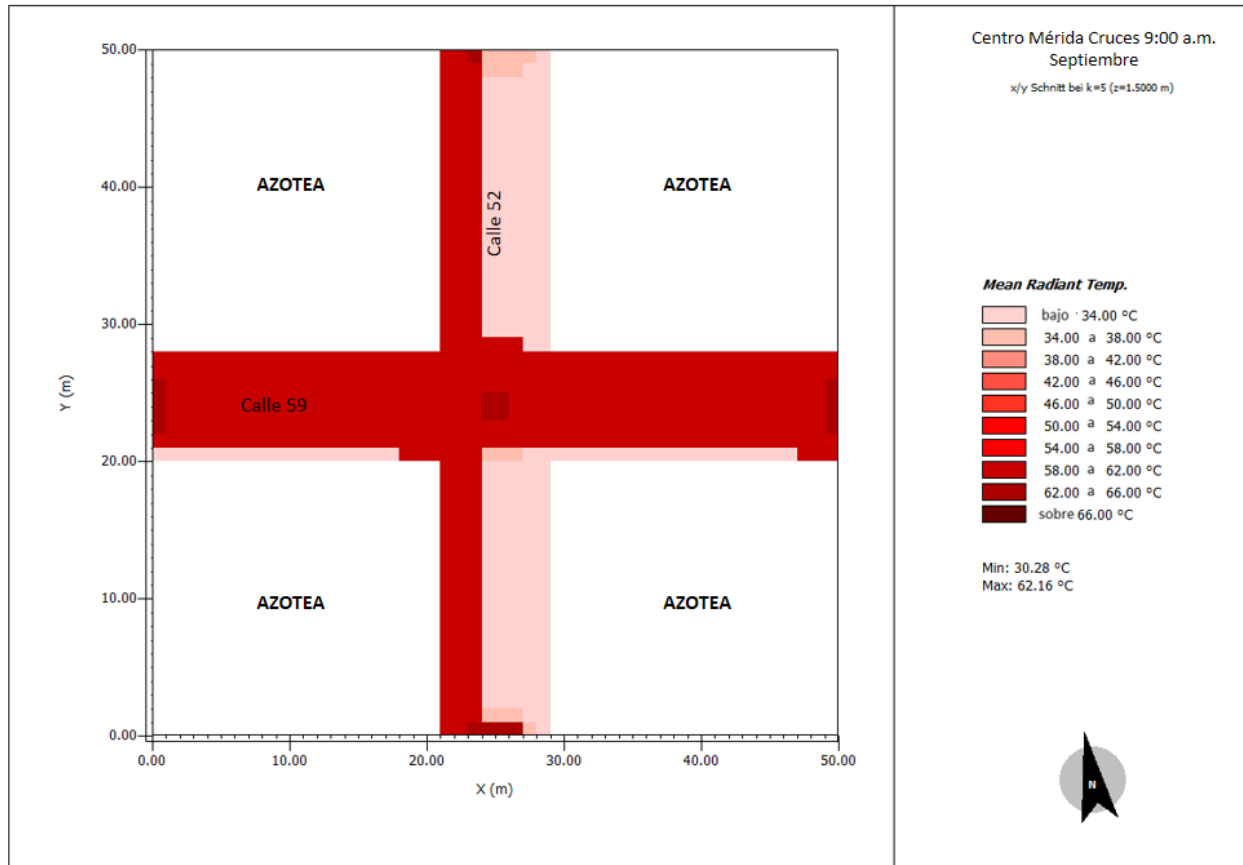
Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.4 Velocidad del aire emuladas en ENVI-met a las 6 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.

5.1.2. TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

Finalmente, con ENVI-met se calculó la temperatura media radiante (T_{mr}) para un día representativo de septiembre, alimentando el programa con las temperaturas y humedades relativas monitoreadas. La simulación se realizó con los datos geográficos de Mérida y la nubosidad se consideró de cero por ciento, o sea, día despejado. Se obtuvieron datos promedio horarios de un día representativo del periodo de estudio. Imagen 5.5 para las 9 a.m., 5.6 para las 12 p.m., 5.7 para las 3 p.m. y 5.8 para las 6 p.m.

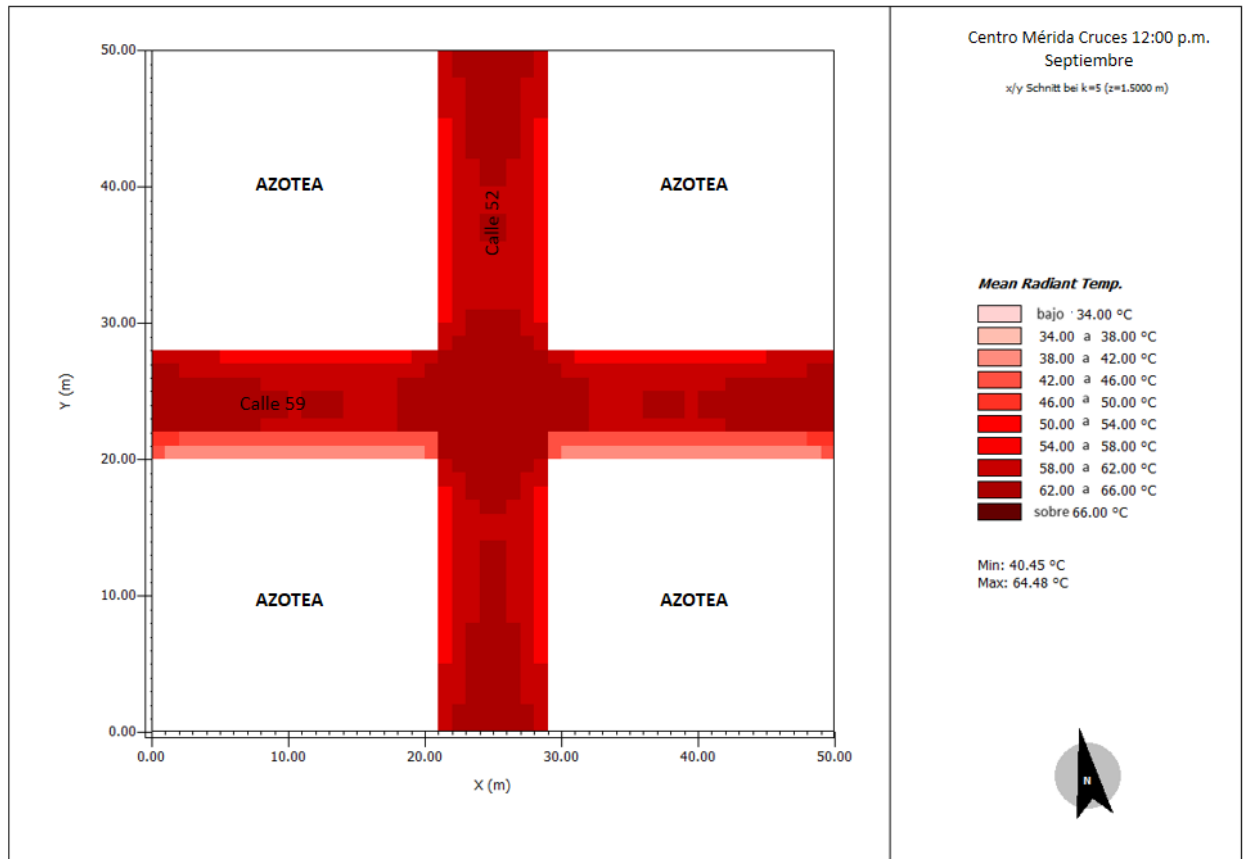
En la Imagen 5.5 podemos ver el inicio del calentamiento de las calles a las 9 a.m., cuando la calle 59 está recibiendo mayor carga energética que genera una temperatura media radiante 54°C a los 62°C , aunque en una parte de la acera sur presenta menor T_{mr} debido a que se reduce la energía recibida en ese punto por la pequeña sombra que genera los edificios de ese lado. Simultáneamente, la calle 52 se encuentra recibiendo energía en su lado oeste debido a la inclinación del sol, alcanzado 54°C a 62°C de T_{mr} , mientras los lados sombreados alcanzan 34°C de T_{mr} .



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.5 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 9 a.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

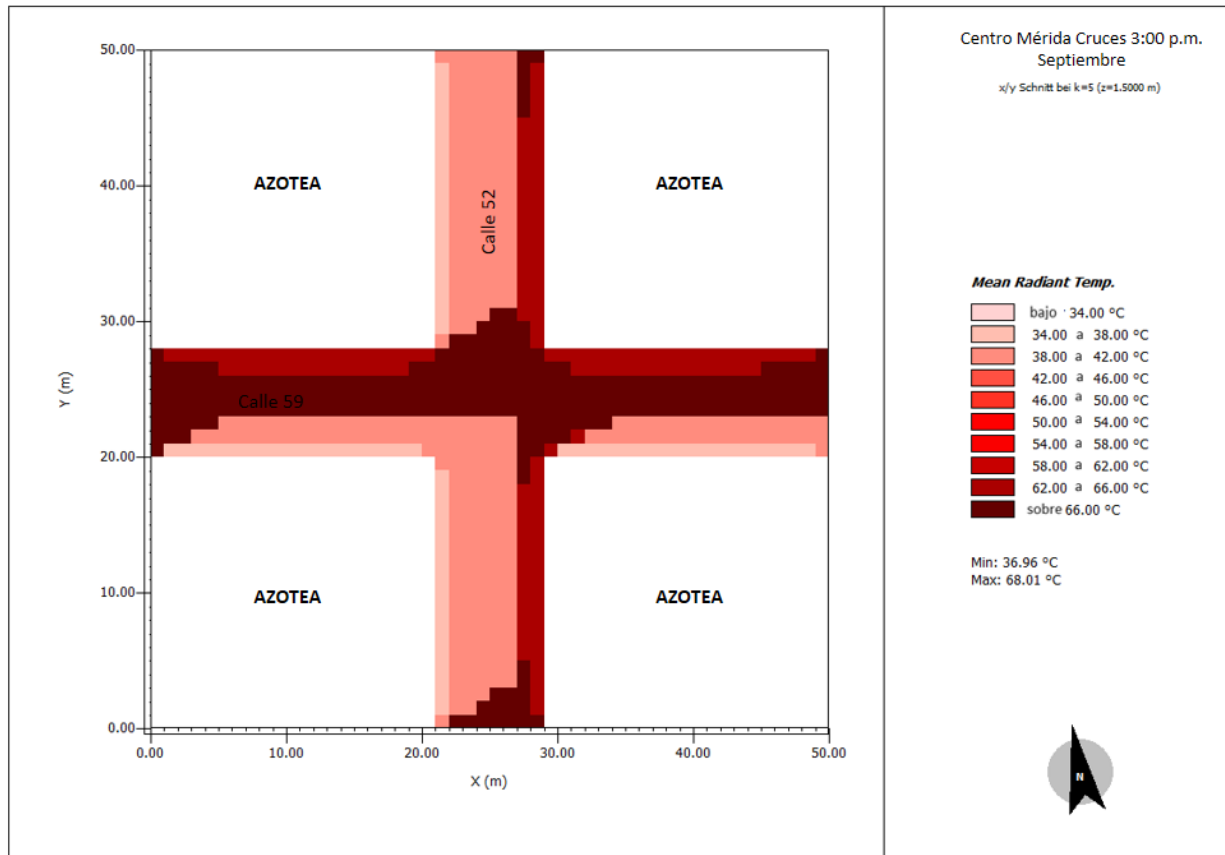
En la Imagen 5.6, con los datos calculados de las 12, al medio día, podemos observar que la Tmr se ha concentrado homogéneamente en las calles de los dos sentidos debido a que el sol en ese horario se encuentra en su punto más alto, alcanzando de 62°C a 66°C de Tmr.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.6 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 12 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

En la Imagen 5.7 podemos ver ya las condiciones a las 3:00 p.m. cuando el sol ya pasó su punto más alto. Se comienza a presentar el enfriamiento de algunas secciones de las calles, y se puede ver que en la 52 el lado oeste se encuentra enfriándose debido a las sombras generadas por los edificios, al que igual en la sección sur de la calle 59. En las zonas que siguen recibiendo la luz del sol la Tmr es de 62°C.



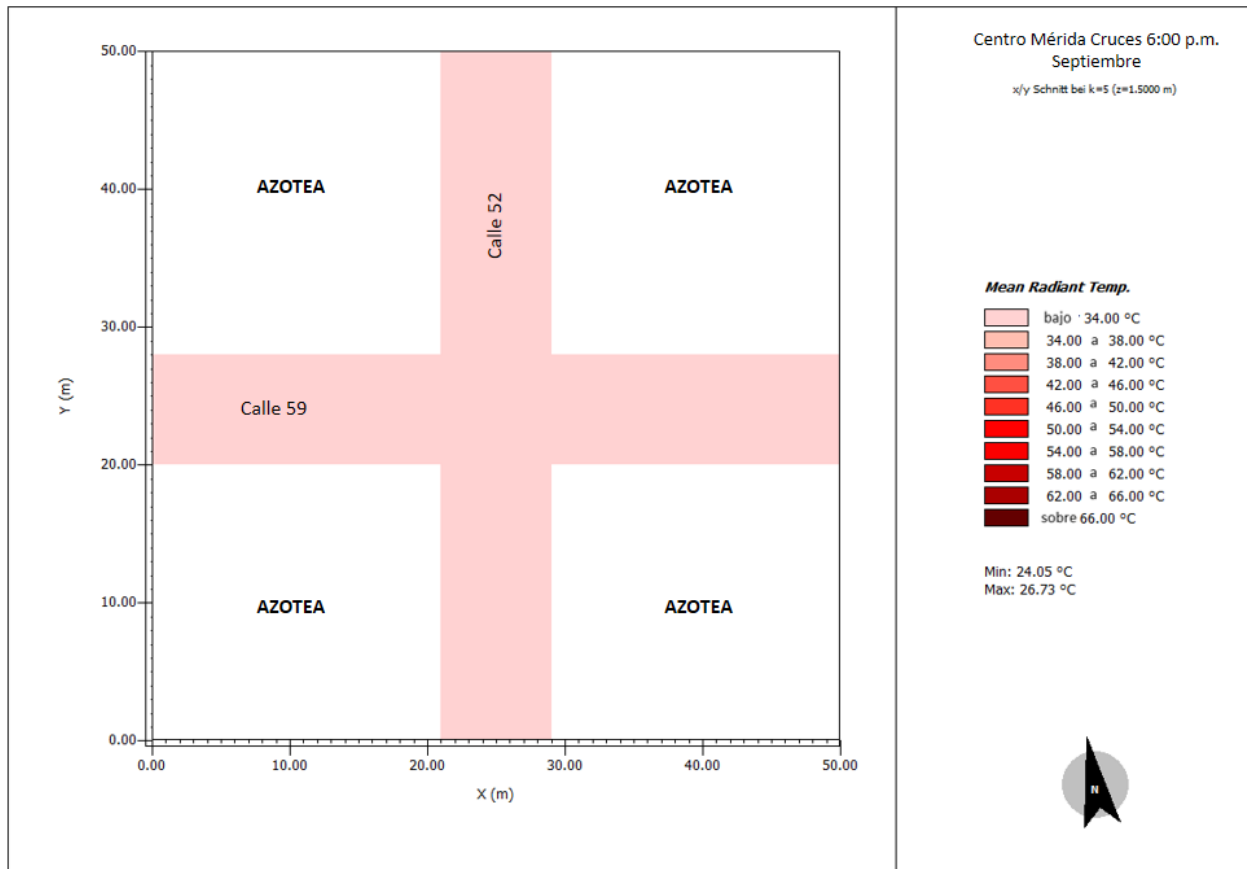
Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.7 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 3 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

En la Imagen 5.8 a las 6:00 p.m., cuando ha obscurecido en esa época del año, se puede apreciar una drástica disminución de la temperatura media radiante hasta los 34°C. De esto puede deducirse que la muy alta Tmr que se presenta en los horarios de sol, es producto más que de la temperatura radiante de las superficies, ya que sólo ha transcurrido una hora, de que el sol se ha ocultado.

A las condiciones de incomodidad que producirían tan solo la temperatura y humedad del aire registradas a través del monitoreo, se suman las de la Tmr que por sí solas las superarían. Esto en los horarios de sol y en áreas expuestas a su radiación, principalmente alrededor del mediodía. Tales condiciones deben evitarse pues son

negativas para el funcionamiento del organismo humano. El efecto conjunto de las cuatro variables se evalúa en la siguiente sección.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.8 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 6 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

5.2 LAS CONDICIONES TÉRMICAS EN LA ZONA CENTRAL

Con los datos monitoreados de temperatura y humedad, y los simulados de viento y temperatura media radiante, se procedió al cálculo con ENVI-met de la sensación térmica en los sitios y momentos estudiados por medio del índice Predicted Mean Vote (PMV). Para el cálculo del PMV se hicieron consideraciones que pueden generalizarse para personas de edades entre 18 y 48 años, con actividad metabólica de 164 watt correspondiente a una persona caminando rápido (Imagen1.9) y vestimenta equivalente

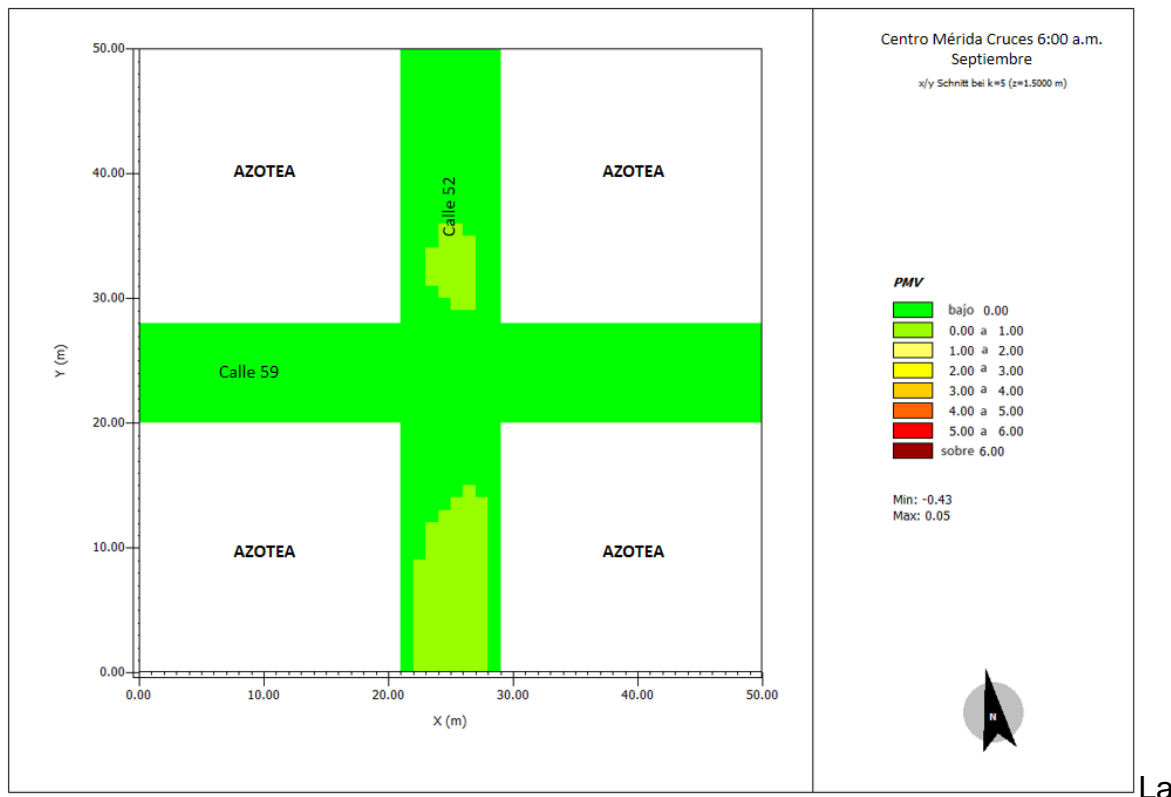
a 0.50 clo que corresponde a pantalón y camisa corta (Imagen 1.8). Los valores posibles de PMV se presentan en la tabla 5.1.

PMV en area estudiada						
PMV	0	1	2	3	4	5
Sensación	confort	ligeramente calido	calido	caliente	muy caliente	extremadamente caliente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.1 Índices PMV y sus sensaciones relativas al confort térmico.

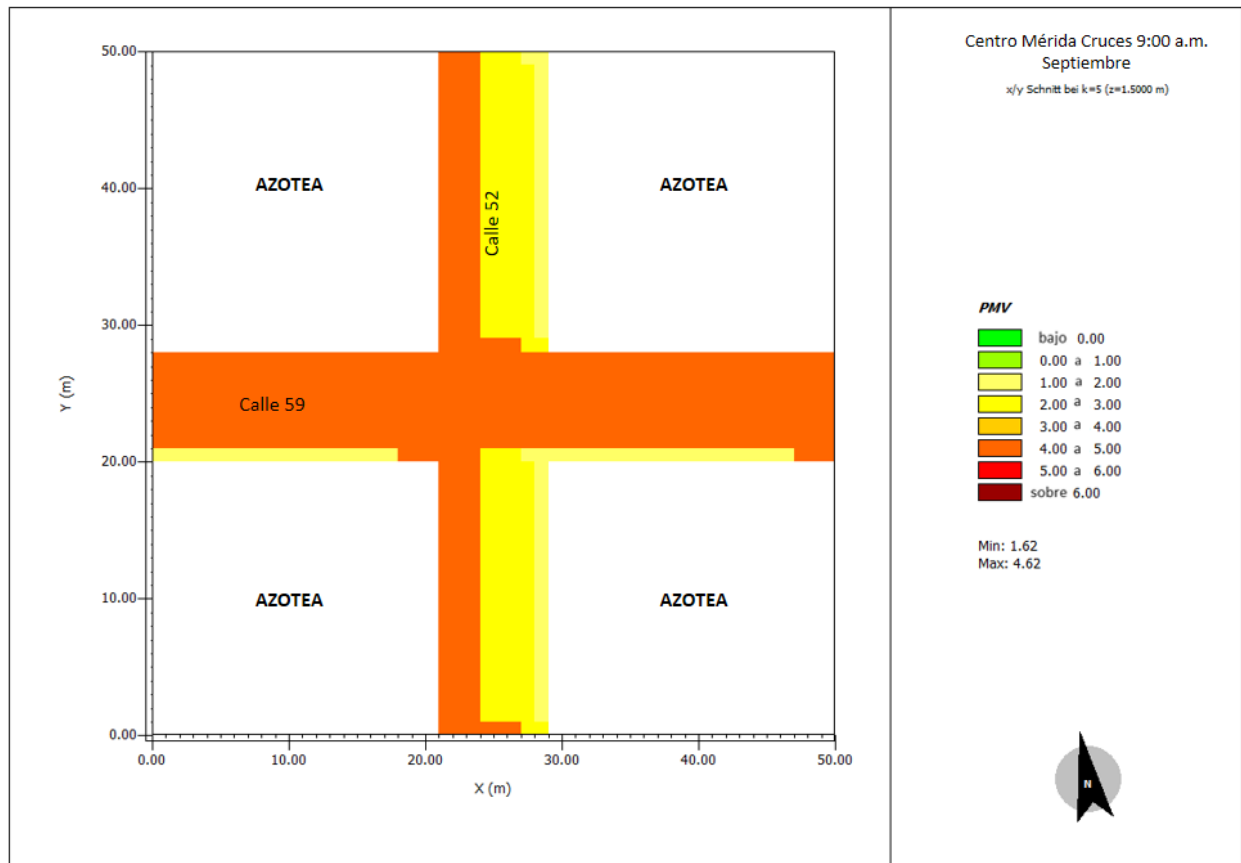
Imagen 5.9 muestra el PMV correspondiente a las 6 a.m. En ésta podemos ver que las condiciones térmicas de las calles son de confort térmico.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.9 Índice de confort en PMV calculado en ENVI-met a las 6 a.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.

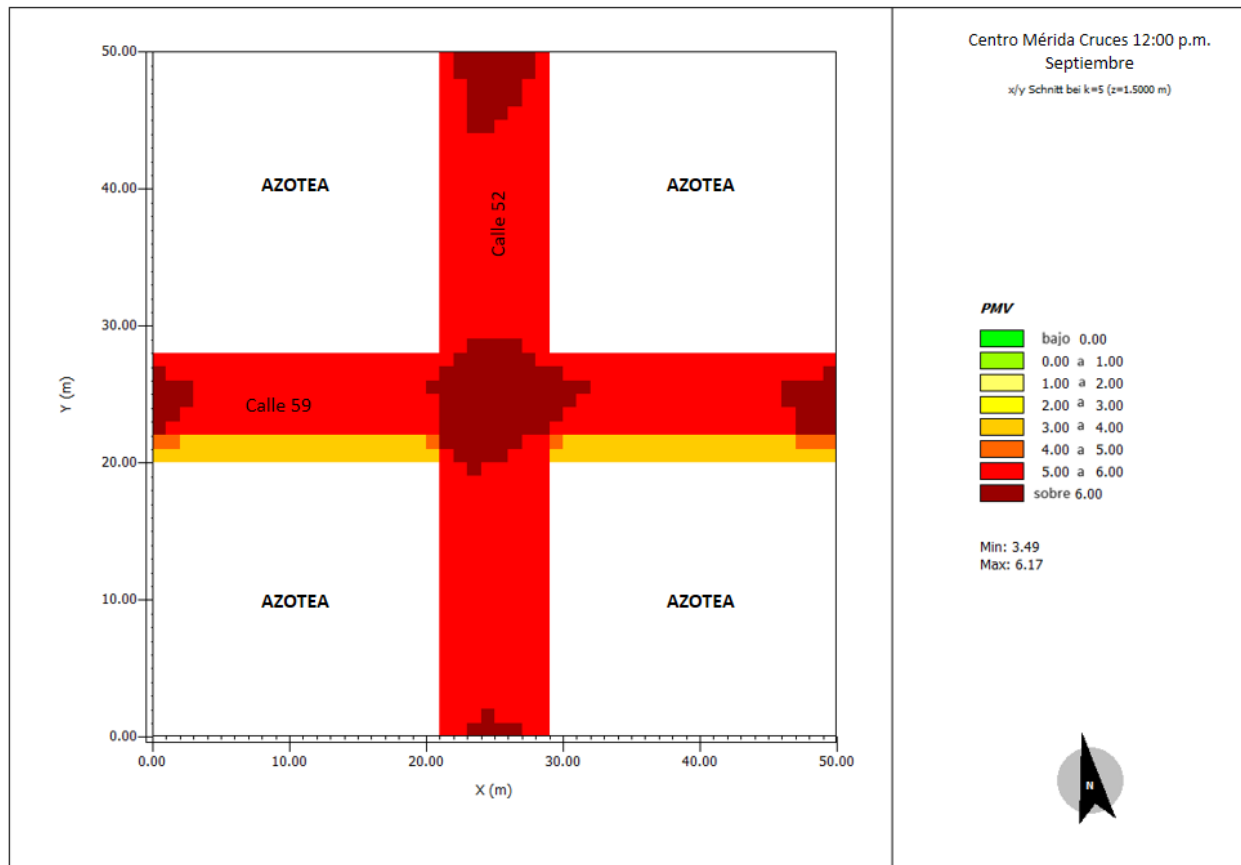
La Imagen 5.10 muestra el valor del PMV a las 9 a.m. donde podemos ver que la sensación ha cambiado a cálido (PMV +2) y a caliente (PMV +3), pero en las áreas con sombra podemos ver espacios menos incómodos.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.10 Índice de confort en PMV calculado en ENVI-met a las 9 a.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.

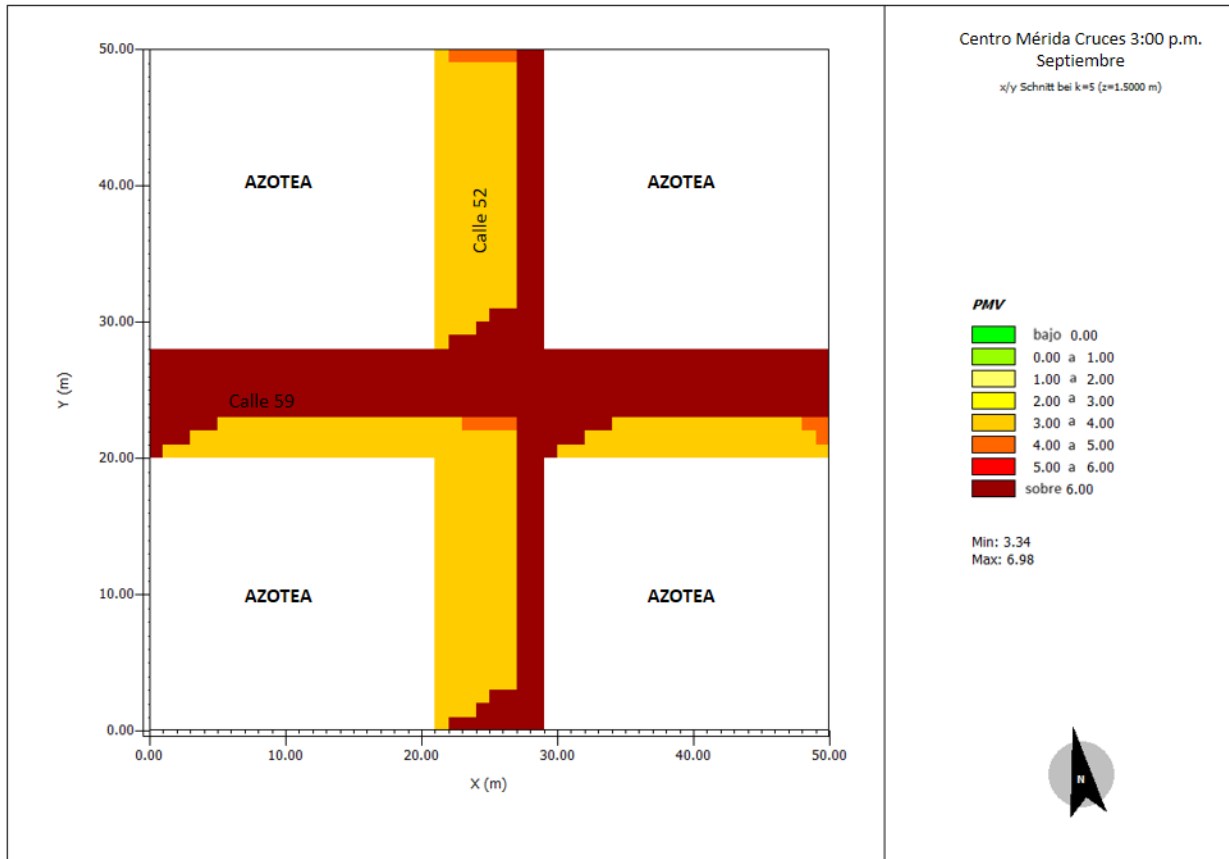
Imagen 5.11 muestra el PMV a las 12 a.m. cuando las sensaciones perceptibles en el espacio son de calientes (3.5) a extremadamente calientes (6.17), esto es, de estrés térmico, y ya no hay sitios con condiciones de confort.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.11 *Índice de confort en PMV calculado en ENVI-met a las 12 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

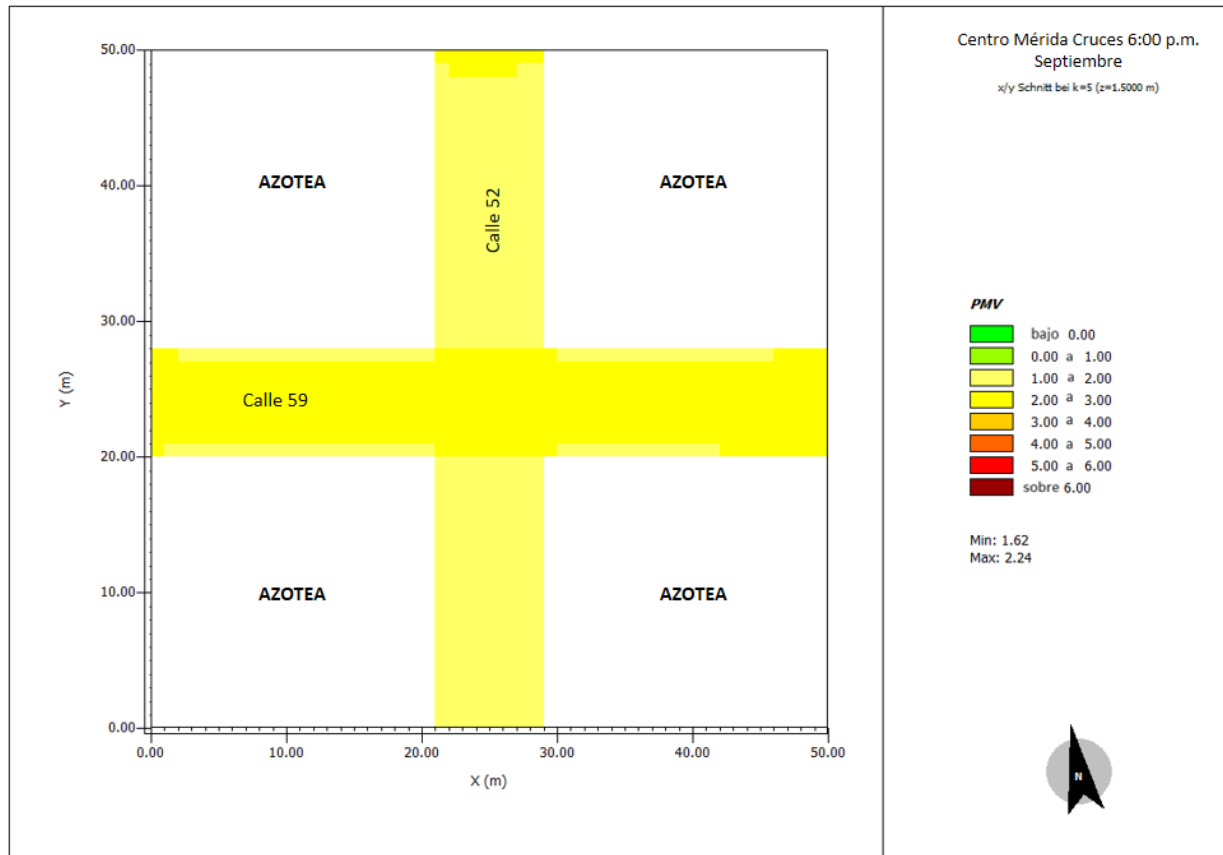
Imagen 5.12 muestra el PMV calculado a las 3 p.m. las sensaciones perceptibles en el espacio van de calientes (PMV+3.3) a extremadamente calientes (PMV+7), esto es, estrés térmico. Los valores de PMV se encuentran en el rango de 3.3 a 7 lo cual indica que siguen prevaleciendo condiciones de estrés térmico.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.12 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 3 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

Imagen 5.13 muestra el PMV a las 6 p.m. las sensaciones percibidas son tolerables. El rango del PMV se encuentra entre 1.62 a 2.24, debido al enfriamiento del espacio en el horario del ocaso.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.13 *Temperatura media radiante emulada en ENVI-met a las 6 p.m. para un día representativo de septiembre a 1.5 m.*

5.3 EVALUACIÓN PMV

Como pudimos apreciar en las Imágenes 5.9 a 5.13 la evolución de las condiciones de confort térmico es un fenómeno que tiene una relación directa con la Temperatura media radiante (T_{mr}). A medida que esta va aumentando las condiciones de incomodidad térmica aumentan.

En la Imagen 5.9, se puede apreciar que a las 6:00 se presentan condiciones de confort debido al ciclo de enfriamiento de la ciudad durante la noche. Las temperaturas más bajas se registran alrededor de esa hora en la que las calles en ambas orientaciones presentan condiciones de confort térmico.

En la Imagen 5.10 a las 9 a.m. podemos ver el aumento del PMV de la calle 59, orientada de este a oeste, y en la acera oeste de la calle 52. Esto va relacionado con el aumento de la temperatura media radiante, en las secciones de la calle donde se genera sombra se tienen condiciones mejoradas, pero lejos del confort.

En la Imagen 5.11 a las 12 p.m. el PMV se encuentra en niveles de estrés térmico en las calles 59 y 50. Esto debido a que el sol se encuentra en el punto más alto, por lo que es el momento del día cuando mayor cantidad de radiación solar es recibida y por ello la temperatura media radiante se eleva. En este horario en la calle 52 no se produce sombra alguna, por lo que se presentan en condiciones de estrés térmico en toda la calle. Cabe remarcar que la exposición prolongada a estas condiciones será dañina para la salud.

En la Imagen 5.12 a las 3 p.m. el PMV aún presenta altos valores aunque podemos ver ya el enfriamiento en algunas partes por la sombra que se ha generado. Aunque cabe destacar que en la calle 59 en su sección norte los valores de PMV registran los valores más altos.

En la Imagen 5.13 a las 6 p.m. los altos índices registrados anteriormente han disminuido al reducirse la temperatura media radiante debido al ocaso. Ya desde este momento las condiciones empezarán a mejorar a medida que avanza la noche.

Con base en la descripción anterior de los niveles de confort encontrados en los diferentes horarios, se puede destacar que los niveles de PMV registrados en los momentos de mayor uso de las calles del centro histórico son condiciones de incómodas a de estrés térmico, por lo que en ese lapso la exposición por un tiempo prolongado puede resultar contraproducente para la salud.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En Mérida y en Yucatán en general, pueden diferenciarse tres períodos climáticos. Uno relativamente templado, más o menos cómodo, y dos muy calurosos diferenciados por la cantidad de humedad en el ambiente. Los datos empleados en este trabajo corresponden al mes de septiembre, del período caluroso con mayor humedad, con temperaturas poco menores que el caluroso seco, pero supondremos equivalentes las condiciones, ya que la mayor humedad entorpece la evaporación del sudor elevando la sensación térmica. De tal manera el estudio podría considerarse acertado para el período caliente más húmedo y aproximado para el caliente que lo es menos. Esto es, prácticamente válido para los dos tercios del año que son los incómodos o más incómodos en la ciudad. Se sabe que la variable temperatura del aire en el medio urbano es en general más elevada que en el campo, en este estudio se partió del supuesto de que especialmente en el centro histórico, por su morfología, las cuatro variables del clima que afectan el confort se alteran más desfavorablemente que en el resto de la ciudad.

La temperatura del aire fue más elevada en las calles del centro histórico que en los alrededores semiurbanos. Esa mayor temperatura es imputable al mayor calentamiento de las superficies de la envolvente del ambiente de las calles, lo que se infiere porque el aire se calienta por rozamiento con superficies calientes y por el hecho de que las temperaturas en los patios de los interiores de las manzanas medidos a 30 y 200 m de las calles, con mucha presencia de vegetación, suelo natural y sin la presencia en primer plano de superficies artificiales, fueron semejantes a las de los alrededores semiurbanos. Por las razones anteriores, al ser mayor la temperatura de las paredes éstas emiten ondas electromagnéticas propias y reflejan las directas y difusas del sol, elevando la temperatura media radiante. La velocidad del aire no se midió, pero los edificios son obstrucción al flujo del aire y más en una configuración como la del centro urbano. En general, los estudios en zonas urbanas muestran la disminución de su velocidad.

Cabe señalar que los incrementos de temperaturas del aire fueron mayores en las horas de más calor y uso ciudadano de las calles. Esto es, cuando la temperatura

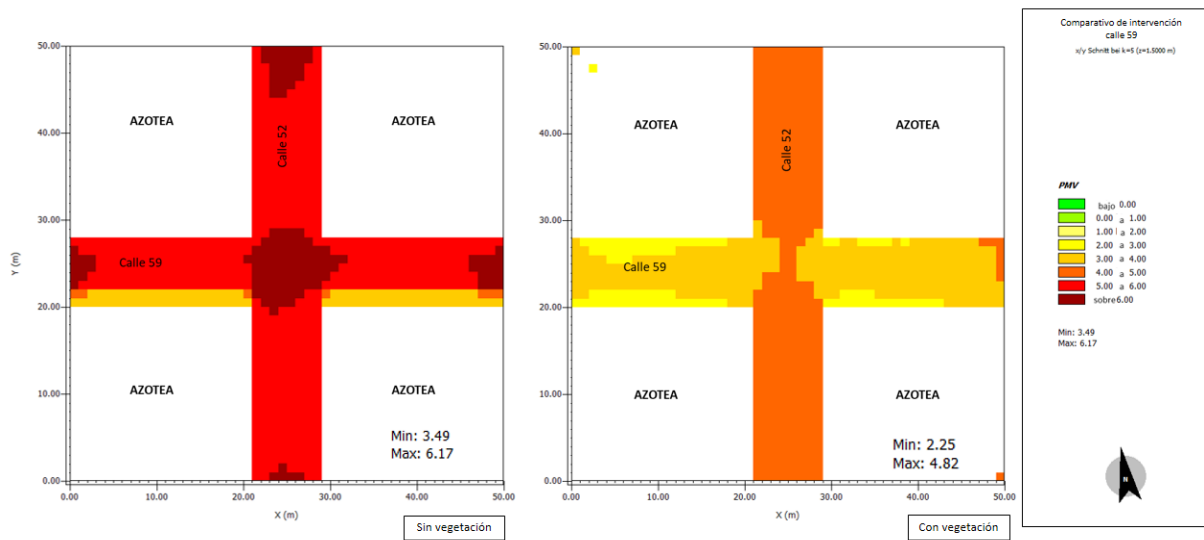
media radiante esté más elevada: el sol se encuentra en su culminación, con mayor potencia energética, y las superficies habrán alcanzado su mayor calentamiento. Las consideraciones anteriores se refieren solamente al efecto de variables del clima. Pero hay que considerar que las personas en las calles se encuentran realizando actividades que conllevan producción de calor metabólico igual o superior a las de estado sedentario; además, debido a la falta de elementos de sombreado, es difícil sustraerse del efecto de la energía directa del sol cuando más alumbra el total del espacio de las calles.

Con lo anterior, los incrementos en la temperatura del aire y la media radiante, así como la disminución de la velocidad del aire que hacen las condiciones térmicas muy incómodas para la termorregulación del cuerpo humano en las calles del centro histórico, se alcanzaron los objetivos y demostró la hipótesis de este trabajo.

Cabe agregar, también como conclusión, que la evaluación de la sensación térmica de las condiciones de confort presentes durante el día en las calles del centro histórico, realizada mediante el programa Envi-met, y con la utilización del índice PMV, muestra que existen dos momentos contrastantes: a) uno de incomodidad y estrés térmico que se da, de 7 a.m. a las 8 p.m., horario de mayor uso de las calles de la zona central; b) el otro, de confort térmico que se da de 9 p.m. a 6 a.m. cuando hay menor actividad. Considerando la gran cantidad de actividades y usuarios durante el día, y los altos índices de incomodidad y estrés térmico prevalecientes, estos resultan preocupantes debido a que estas condiciones pueden dañar la salud si hay una exposición prolongada. Una forma de mejorar esas condiciones sería eliminar la energía radiante del sol y de las superficies calientes, y la eliminación de ambas se puede lograr mediante vegetación o techumbres. Al evitar que se calienten las superficies también se evita el calentamiento convectivo del aire.

Para el diseño bioclimático en climas cálidos húmedos como el de Mérida, la sombra y el viento son los principales aliados para mejorar la sensación térmica de las personas. La integración de sombra en las calles sería más factible si primero se peatonalizan, y la mejor opción de sombreado es la vegetación. Actualmente se prioriza el flujo vehicular sobre el de los peatones. Quienes, deben desplazarse en aceras pequeñas

ocupadas por puestos ambulantes y en las condiciones térmicas descritas. Si se quiere una mejor ciudad, hay que ser más equitativo en la priorización del uso de los espacios público y mejorar las condiciones térmicas por medio de sombra y la ventilación. La Imagen 6.1 muestra la simulación de las condiciones térmicas entre un espacio intervenido con vegetación y otro sin ésta. Las condiciones ambientales mejoran muchos en el área intervenida, pues se logra bajar el índice del PMV en dos puntos los cual es una ganancia significativa en términos de confort.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 6.1 *Diferencias entre un espacio sin vegetación y con vegetación.*

Con el crecimiento y la expansión de las ciudades viene un proceso de deforestación lo cual trae un impacto climático, el cual se puede ver en las diferencias de temperaturas entre ciudades y las áreas rurales, donde la temperatura en las ciudades puede ser 3.5 a -4.5 °C más cálidos La principal recomendación para mejorar las condiciones climáticas al interior de una ciudad es aumentar población de árboles, a respuesta al cambio climático y al desarrollo urbano, agencias de gobierno y comunidades locales en Australia, Estados Unidos, Europa y Asia se movilizan a incrementar población de árboles para aumentar el servicio ecosistema proporcionado con la vegetación y con ello disminuir el calentamiento urbano. Ello debido a que uno de los principales efectos

de los arboles es generada sombra, el enfriamiento ambiente (evapotranspiración) y alteración del movimiento del aire.

BIBLIOGRAFÍA

- Andris Auliciems, & Steven V. Szokolay. (2007). Thermal Comfort, Design Tools and Techniques. *Passive and Low Energy Architecture International, in Association with the University of Queensland Dept. of Architecture, Brisbane, Australia.*
- Arnfield, A. John. (2003). Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island. *International Journal of Climatology, 23.*
- Asimakopoulos, D. (2013). *Passive Cooling of Buildings.* (M. Santamouris, Ed.) (1 edition). Routledge.
- Caijun Zhao. (n.d.). Urban planning indicators, morphology and climate indicators: A case study for north-south transect of Beijing, China.
- Canto, R. (2008). *Evaluación de las diferencias, características y Alteraciones por factores urbanos de las condiciones térmicas de una ciudad de clima cálido y húmedo. La ciudad de Mérida como caso de estudio.* (Programa Interinstitucional de Doctorado). Universidad de Colima, Universidad de Guanajuato, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Comisión Nacional del Agua. (2010). Manual Teórico Práctico del Observador Meteorológico de Superficie. Comisión Nacional del Agua.
- FAZIA ALI-TOUDERT, & HELMUT MAYER. (2006). 45 EFFECTS OF STREET DESIGN ON OUTDOOR THERMAL COMFORT.
- Fernández-González Alfredo. (2003). Historia de los Índices de confort térmico. *Estudios de Arquitectura Bioclimática, V.*

- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México,.
- Glossary of Meteorology. (2009). *American Meteorological Society*.
- Gobierno del Estado de Yucatan. (n.d.). Programa Integral de Desarrollo Metropolitano.
- Gut, P., & Ackerknecht, D. (1993). *Climate responsive building* (1st ed). St. Gallen, Switzerland: SKAT.
- Haider, T. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. *Energy and Building*, 2(25), 99–103.
- Haider, T., R, R., & D, S. (1992). “Causes and effects of heats islands: sensitivity to surface parameters and anthropogenic heat.” *Lawrence Berkeley Lab*.
- Humphreys M,A, & Nicol J.F. (1998, October 1). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA (United States)*.
- Koenigsberger, O. H. (2011). *Manual of Tropical Housing and Building: Climate Design*. Hyderabad, India: Universities Press.
- Matzarakis A., Ruts F., & Mayer H. (2000). Modelling of Mean Radiant Temperature in Urban Structures – Calculation of thermal indices. University of Freiburg. Freiburg, Germany.
- Mazo, J. (2013, February 7). The influence of thermal discomfort on the attention index of teenagers: an experimental evaluatio. *International Journal of Biometeorology*©, 13.
- Moreno García, M. del C. (1997). Una propuesta de terminología castellana en climatología urbana. *Investigaciones Geográficas*, 17, 89–97.

- Oke, T. R. (1982). The Energetic Basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24.
- Oke, T. R. (2006). INITIAL GUIDANCE TO OBTAIN REPRESENTATIVE METEOROLOGICAL OBSERVATIONS AT URBAN SITES. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Retrieved from <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>
- Oke, T. R. (2009). *Boundary layer climates* (2. ed., reprinted). London: Routledge.
- Olesen B.W., & Brager G.S. (2004, August 1). A better way to predict comfort: the new ASHRAE standard 55-2004. *ASHRAE Journal*, (Agosto).
- Oliver, J. E., & Hidore, J. J. (2002). *Climatology: an atmospheric science* (2nd ed). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Paredes, B., & Ligorred, J. (2016). Configuración urbana de Mérida-T´Hó Siglos XVI y XVII. *Academia*, 12, 95–107.
- SENSOY Serhat, & DEMIRCAN Mesut. (2010). Mesut DEMİRCAN CLIMATOLOGICAL APPLICATIONS IN TURKEY. *MINISTRY OF ENVIRONMENT and FORESTRY TURKISH STATE METEOROLOGICAL SERVICE*, 5.
- Sigalit, B., Abranham Yezioro, & Arie, B. (2012). Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. *Solar Energy*, 86(5), 1173–1186.
- Svensson, M. K. (2004). Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences.
- UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme. (n.d.). Retrieved September 11, 2016, from <http://unhabitat.org/>

Youle, T., & Parsons, K. (2009). The Thermal ENVlroment. British Occupational Hygiene Society.

ANEXOS

A1. TABLAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LOS SITIOS ESTUDIADOS

A1. Condiciones de los alrededores no urbanos

A1.1 DATOS DE TEMPERATURA DEL OBSERVATORIO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN) DE LA CONAGUA

Los datos del Observatorio Meteorológico fueron adquiridos por medio de solicitud a esa dependencia del SMN

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	26.6	26.5	26.2	25.8	25.4	24.6	26.6	28.8	30.4	31.6	32.6	32.6	34.0	33.6	33.4	32.6	31.6	30.2	29.2	28.9	28.4	28.1	27.8	26.8	29.3
20	25.4	25.4	25.2	24.9	25.4	25.3	26.8	28.7	30.2	31.6	32.6	33.0	32.2	30.8	26.2	24.5	24.6	25.1	25.2	25.4	25.6	26.3	26.4	25.6	27.2
21	25.4	25.2	25.0	24.2	23.8	23.5	26.1	27.8	29.0	30.8	31.6	31.8	33.6	33.8	34.4	31.7	31.0	28.8	27.8	27.1	26.8	26.4	25.9	25.6	28.2
22	25.4	25.2	24.4	23.5	23.2	23.4	25.8	28.0	29.7	30.8	31.8	33.3	32.8	34.4	33.9	32.6	31.3	30.2	24.1	24.3	24.3	24.2	23.9	24.2	27.7
23	24.4	24.2	24.0	23.8	23.9	23.6	25.3	27.2	29.1	30.4	31.9	32.7	33.8	34.3	34.5	32.5	26.2	25.6	25.4	25.8	25.6	25.1	24.7	24.6	27.4
24	25.0	25.0	25.0	24.6	24.5	24.4	26.1	27.6	29.2	30.6	31.6	31.8	32.1	32.7	32.5	28.4	28.2	27.4	26.7	25.3	24.9	24.6	23.9	23.7	27.3
25	23.6	23.4	23.6	23.8	23.9	24.0	25.0	26.1	28.4	31.4	32.0	32.5	30.0	26.4	27.2	28.1	27.8	27.3	26.2	26.0	25.8	25.6	25.2	25.1	26.6
26	25.0	24.9	24.8	24.5	24.2	24.1	24.6	25.5	27.5	29.8	31.4	31.2	32.0	32.4	24.5	24.4	24.9	24.6	24.3	24.1	23.8	23.4	23.5	23.3	25.9
27	24.0	24.0	24.2	23.8	23.8	23.8	24.4	27.1	28.6	30.5	32.2	32.6	33.6	34.3	34.0	32.6	30.5	29.8	28.6	27.9	27.7	26.8	25.9	25.8	28.2
28	25.3	25.2	25.0	24.5	24.2	23.8	25.1	27.3	29.2	31.2	31.8	32.2	34.0	34.0	34.3	34.4	34.2	30.7	28.9	28.2	27.7	26.8	26.6	26.3	28.8
29	25.9	25.7	25.3	25.0	24.8	24.7	25.8	28.2	32.0	32.2	32.8	33.0	34.6	34.4	33.2	32.4	32.0	28.4	25.8	25.2	24.6	24.4	23.9	23.2	28.2
30	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.7	25.0	27.6	29.7	31.2	33.0	33.5	34.0	33.5	32.6	32.0	30.5	29.6	28.6	28.1	28.0	25.7	24.6	23.8	27.7
Prom	24.9	24.8	24.6	24.2	24.1	24.0	25.6	27.5	29.4	31.0	32.1	32.5	33.1	32.9	31.7	30.5	29.4	28.1	26.7	26.4	26.1	25.6	25.2	24.8	27.7
Max.	26.6	26.5	26.2	25.8	25.4	25.3	26.8	28.8	32.0	32.2	33.0	33.5	34.6	34.4	34.5	34.4	34.2	30.7	29.2	28.9	28.4	28.1	27.8	26.8	29.3
Min.	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.7	24.4	25.5	27.5	29.8	31.4	31.2	30.0	26.4	24.5	24.4	24.6	24.6	24.1	24.1	23.8	23.4	23.5	23.2	25.9
Osc.	4.1	4.1	3.8	3.5	3.2	2.6	2.4	3.3	4.5	2.4	1.6	2.3	4.6	8.0	10.0	10.0	9.6	6.1	5.1	4.8	4.6	4.7	4.3	3.6	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A1 Estación CONAGUA. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	97.7	97.7	97.6	97.6	98.4	98.4	92.3	86.2	81.3	73.6	76.4	83.9	74.6	72.1	71.5	71.7	76.0	76.1	89.1	89.1	88.3	93.3	93.2	95.4	29.3
20	98.4	99.2	98.4	99.2	96.8	97.6	90.1	92.6	89.3	82.4	75.8	77.8	83.8	84.1	93.8	97.6	98.4	92.9	97.6	96.8	96.0	94.6	93.0	98.4	27.2
21	98.4	97.6	96.8	100.0	100.0	99.2	90.7	89.6	85.6	80.8	82.4	86.3	83.0	78.1	73.1	74.2	77.0	84.9	89.6	90.9	93.1	93.8	94.5	94.5	28.2
22	98.4	96.8	97.6	99.2	100.0	98.3	89.1	89.6	100.0	100.0	100.0	78.5	71.8	74.2	72.3	71.7	77.8	73.5	92.7	95.1	95.9	95.9	95.9	95.1	27.7
23	95.9	97.5	97.5	97.5	98.3	98.3	92.9	89.4	88.4	84.6	81.8	82.1	71.1	72.5	74.3	78.9	96.1	96.8	96.8	95.3	98.4	98.4	99.2	98.4	27.4
24	97.6	97.6	98.4	98.4	98.4	98.4	91.5	89.5	92.7	90.1	79.8	82.4	83.2	79.6	78.3	87.6	90.4	88.8	90.8	95.2	96.0	92.8	95.9	96.7	27.3
25	97.5	97.5	95.9	95.1	93.5	93.5	95.2	96.1	89.7	84.9	77.4	74.0	82.5	96.9	96.2	88.2	86.7	92.4	93.8	93.7	94.5	94.5	96.0	96.0	26.6
26	96.0	96.0	96.8	96.8	97.5	95.9	92.0	92.1	88.1	91.4	86.2	86.2	89.7	87.8	98.4	95.1	98.4	92.8	92.7	93.5	94.3	98.3	96.7	98.3	25.9
27	93.5	96.7	95.1	98.3	98.3	97.5	94.3	89.4	84.1	91.5	83.2	76.5	78.1	75.9	75.8	77.7	82.7	86.5	91.2	88.9	89.5	87.9	91.4	93.7	28.2
28	96.8	97.6	97.6	98.4	98.4	98.3	93.6	89.5	85.7	84.8	82.4	82.5	77.0	74.1	77.7	80.7	81.3	80.8	90.5	86.8	88.1	90.1	93.1	90.7	28.8
29																									28.2
30	100.0	99.1	99.1	99.1	100.0	96.6	87.4	88.1	83.7	90.2	81.5	75.0	84.3	79.8	77.7	79.3	78.1	81.7	89.7	91.8	92.5	97.6	95.2	99.2	27.7
Prom	24.9	24.8	24.6	24.2	24.1	24.0	25.6	27.5	29.4	31.0	32.1	32.5	33.1	32.9	31.7	30.5	29.4	28.1	26.7	26.4	26.1	25.6	25.2	24.8	27.7
Max.	26.6	26.5	26.2	25.8	25.4	25.3	26.8	28.8	32.0	32.2	33.0	33.5	34.6	34.4	34.5	34.4	34.2	30.7	29.2	28.9	28.4	28.1	27.8	26.8	29.3
Min.	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.7	24.4	25.5	27.5	29.8	31.4	31.2	30.0	26.4	24.5	24.4	24.6	24.6	24.1	24.1	23.8	23.4	23.5	23.2	25.9
Osc.	4.1	4.1	3.8	3.5	3.2	2.6	2.4	3.3	4.5	2.4	1.6	2.3	4.6	8.0	10.0	10.0	9.6	6.1	5.1	4.8	4.6	4.7	4.3	3.6	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A2 Estación CONAGUA. Humedades medidas en porcentaje, de 9 días del mes de septiembre.

A1.2 DATOS DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN (FIUADY)

Los datos de la FIUADY, al igual que los Observatorio Meteorológico fueron adquiridos por medio de solicitud a esa dependencia.

fecha	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
d19	25.1	24.7	24.4	24.2	24.2	24.4	24.2	24.1	25.6	28.9	30.0	30.3	31.6	33.5	32.5	32.0	31.3	30.1	28.6	27.4	26.8	26.4	26.2	25.9	27.9
d20	25.6	25.2	24.8	24.5	24.2	23.9	24.0	25.3	28.4	30.3	31.6	32.1	32.5	27.1	26.7	26.3	26.2	25.8	25.2	24.9	25.1	25.2	24.7	24.8	26.7
d21	24.8	24.5	24.1	23.8	23.6	23.3	23.2	24.4	26.7	28.9	30.1	31.8	32.3	33.3	33.7	26.9	27.9	29.4	27.2	26.1	25.5	25.4	25.1	24.7	27.3
d22	24.7	24.1	23.6	23.2	22.8	22.7	22.6	23.8	27.4	29.6	31.1	32.6	33.3	33.3	32.5	31.9	31.3	30.0	28.7	24.9	24.2	24.0	23.9	23.7	27.7
d23	23.7	23.4	22.9	22.9	22.9	22.9	22.8	24.7	28.7	30.0	30.5	31.7	33.7	32.9	33.7	31.6	28.0	25.0	25.6	25.2	24.9	24.7	24.3	23.9	27.1
d24	23.8	23.4	23.3	23.2	23.1	23.1	23.1	24.3	26.3	29.3	30.8	31.7	32.4	33.7	31.6	27.9	26.8	26.5	25.6	25.5	25.2	24.4	24.2	24.1	26.8
d25	24.1	24.2	24.1	23.9	23.7	23.6	23.6	24.1	25.3	27.9	30.4	30.9	31.8	32.0	32.7	27.7	22.7	23.8	23.6	23.1	23.1	23.1	22.9	22.9	26.2
d26	24.1	24.2	24.1	23.9	23.7	23.6	23.6	24.1	25.3	27.9	30.4	30.9	31.8	32.0	32.7	27.7	22.7	23.8	23.6	23.1	23.1	23.1	22.9	22.9	26.2
d27	22.9	22.6	22.7	22.7	22.5	22.4	22.3	23.5	25.6	28.8	31.0	32.2	33.2	33.7	34.5	34.4	30.5	29.6	28.2	26.9	26.1	25.3	24.9	24.4	27.5
d28	24.2	23.9	23.7	23.9	23.8	23.8	23.4	24.2	27.3	29.6	31.8	33.2	33.6	34.1	35.2	35.4	35.2	30.8	28.6	27.6	26.7	25.7	24.8	25.1	28.7
d29	24.1	23.7	23.7	23.3	23.2	23.2	22.8	23.8	26.6	29.2	31.7	32.5	33.7	35.1	32.5	27.6	30.6	29.8	28.3	26.8	24.8	24.6	23.6	23.3	27.6
d30	23.1	22.7	22.3	22.1	21.8	21.7	21.8	22.8	26.5	28.7	31.2	31.9	29.6	31.1	32.2	31.8	30.4	29.4	27.9	26.8	26.2	25.7	25.6	25.7	26.8
Prom.	24.2	23.9	23.6	23.5	23.3	23.2	23.1	24.1	26.6	29.1	30.9	31.8	32.5	32.7	32.5	30.1	28.6	27.8	26.8	25.7	25.1	24.8	24.4	24.3	27.2
Max.	25.6	25.2	24.8	24.5	24.2	24.4	24.2	25.3	28.7	30.3	31.8	33.2	33.7	35.1	35.2	35.4	35.2	30.8	28.7	27.6	26.8	26.4	26.2	25.9	28.7
Min.	22.9	22.6	22.3	22.1	21.8	21.7	21.8	22.8	25.3	27.9	30.0	30.3	29.6	27.1	26.7	26.3	22.7	23.8	23.6	23.1	23.1	23.1	22.9	22.9	26.2
Osc.	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.7	2.4	2.5	3.4	2.4	1.8	2.9	4.1	8.0	8.5	9.1	12.5	7.0	5.1	4.5	3.7	3.3	3.3	3.0	2.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla A3 Estación FIUADY. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre

Los datos de la estación FIUADY de humedad (Tabla A4) siguen un patrón extraño por lo que la tabla no se usará en esta investigación.

A2. CONDICIONES DE PATIOS AJARDINADOS INTERIORES DE MANZANAS DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA: JARDÍN FAUADY Y JARDÍN FAUADY 2

A2.1 DATOS DE JARDÍN FAUADY EN EL INTERIOR DE LA MANZANA EN LA QUE SE UBICA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN. ES EL EX CONVENTO DE MEJORADA UBICADO EN LA CALLE 50 X 57 Y 59, CENTRO.

Los datos del Jardín FAUADY fueron monitoreados especialmente para este trabajo.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	26.7	26.7	26.3	26.0	26.0	25.6	25.2	26.0	27.9	30.7	30.3	311	319	32.3	32.8	319	315	30.7	29.5	29.1	28.7	28.3	27.9	27.9	29.3
20	27.1	26.7	26.3	26.3	26.3	26.0	26.0	26.3	27.9	29.9	29.5	30.7	319	319	30.7	24.8	25.6	24.8	24.8	25.2	25.6	26.0	26.0	25.6	27.2
21	25.2	25.2	24.8	24.8	24.4	24.4	24.0	24.4	26.0	29.5	29.9	30.3	30.7	311	319	319	30.7	29.9	28.3	27.1	27.1	26.7	26.3	26.0	28.2
22	25.6	25.2	25.2	24.8	24.4	24.4	24.0	25.2	26.7	29.5	29.9	311	315	32.3	32.8	32.8	315	30.7	27.1	24.0	24.4	24.4	24.8	24.8	27.7
23	24.4	24.8	24.4	24.4	24.4	24.0	24.0	24.8	26.7	29.1	29.9	30.7	315	32.3	319	319	311	25.6	25.2	24.8	25.2	25.2	25.2	24.8	27.4
24	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.4	24.4	25.2	26.7	29.1	29.9	30.3	30.7	311	311	30.7	26.7	27.1	26.7	26.3	25.6	25.6	24.8	24.4	27.3
25	24.0	24.0	24.0	24.0	23.6	24.0	24.0	24.4	25.6	27.9	29.9	30.3	315	30.7	25.2	26.0	27.1	26.7	26.3	26.0	25.6	25.2	25.2	24.8	26.6
26	24.8	24.8	24.8	24.8	24.4	24.0	24.0	24.4	25.2	26.7	28.7	29.5	29.9	30.3	30.3	25.2	23.6	23.6	23.6	24.0	23.6	23.6	23.6	23.6	25.9
27	24.0	24.0	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	24.0	26.0	28.7	29.5	30.7	311	315	319	319	315	30.3	29.5	28.3	27.5	27.1	26.3	25.6	28.2
28	25.2	25.2	24.8	24.8	24.4	24.0	24.0	24.8	26.3	29.1	29.9	30.7	315	319	319	32.3	32.3	319	29.9	28.7	27.9	27.1	26.0	25.6	28.8
29	24.8	24.8	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	26.3	29.9	30.7	315	319	32.3	32.8	319	319	311	28.3	26.7	25.6	26.0	25.2	24.8	28.2
30	24.8	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.0	24.4	26.7	29.5	30.3	30.7	311	315	319	315	315	30.3	29.1	28.3	27.9	27.9	26.7	25.6	27.7
Prom	25.1	25.0	24.8	24.8	24.6	24.4	24.3	24.9	26.5	29.1	29.9	30.6	313	316	313	30.2	29.6	28.6	27.4	26.5	26.2	26.1	25.7	25.3	27.7
Max.	27.1	26.7	26.3	26.3	26.3	26.0	26.3	27.9	30.7	30.7	315	319	32.3	32.8	32.8	32.3	319	29.9	29.1	28.7	28.3	27.9	27.9	29.3	
Min.	24.0	24.0	23.6	23.6	23.6	23.6	24.0	25.2	26.7	28.7	29.5	29.9	30.3	25.2	24.8	23.6	23.6	23.6	24.0	23.6	23.6	23.6	23.6	25.9	
Osc.	3.1	2.7	2.7	2.7	2.7	2.3	2.3	2.3	2.7	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	7.6	8.0	8.7	8.3	6.3	5.1	5.1	4.7	4.3	4.3	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5 Estación Jardín FAUADY. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	87.3	89.5	89.0	90.3	91.1	91.5	92.3	90.3	81.9	67.9	66.9	61.2	56.1	51.9	58.1	57.6	60.7	66.3	71.9	78.2	81.5	82.9	84.7	85.6	29.3
20	87.3	89.9	91.1	91.1	88.2	89.0	90.7	88.6	83.3	74.3	73.8	67.9	62.3	62.3	71.9	93.9	97.3	96.9	96.9	97.6	97.6	96.9	94.7	95.1	27.2
21	95.8	96.6	96.2	95.8	96.6	96.6	96.6	96.6	91.5	79.6	75.3	71.9	67.9	64.3	58.7	58.7	67.9	66.9	68.4	76.8	79.1	80.1	83.3	85.6	28.2
22	86.9	88.6	88.6	88.2	89.5	91.5	91.1	89.0	85.1	76.3	70.4	65.3	62.8	55.0	51.4	60.7	63.8	66.3	72.4	92.3	89.9	89.0	87.3	86.4	27.7
23	87.8	86.0	88.2	88.6	90.3	91.5	93.1	90.7	85.6	76.3	69.9	64.3	56.6	56.6	54.0	55.5	65.8	91.5	95.1	94.7	94.7	92.3	89.9	90.7	27.4
24	91.5	92.3	92.7	92.3	93.5	93.9	94.3	92.7	89.0	79.1	74.8	74.3	67.9	66.9	65.8	66.9	92.3	89.0	84.7	86.4	90.3	86.0	86.0	89.5	27.3
25	91.5	91.5	91.5	91.1	91.9	91.1	90.3	89.9	90.3	77.7	70.4	70.4	64.8	62.8	92.7	90.7	81.5	80.6	82.9	87.3	88.2	88.6	89.0	90.7	26.6
26	92.3	91.1	91.1	88.6	89.5	89.9	89.9	89.5	88.2	84.2	79.1	77.2	77.7	73.8	73.8	89.0	91.9	95.8	91.5	92.3	93.1	93.9	93.5	94.3	25.9
27	93.5	91.1	92.7	93.1	92.7	92.7	94.3	93.9	86.4	76.8	74.8	70.4	67.9	63.3	62.8	61.7	63.3	75.8	75.8	76.8	74.8	77.7	80.6	83.8	28.2
28	86.9	89.0	90.7	92.3	92.3	93.9	94.7	93.5	89.5	76.3	72.4	70.4	65.3	60.2	60.2	56.1	56.6	65.3	75.8	82.4	71.9	72.9	91.1	93.5	28.8
29	92.7	93.1	93.9	93.5	94.3	95.4	95.8	96.6	92.3	80.6	72.4	66.3	62.8	61.2	57.6	67.4	65.3	63.8	73.4	80.1	85.1	80.6	84.2	85.1	28.2
30	84.2	85.1	86.4	86.9	85.6	85.6	86.9	86.0	83.8	76.3	73.4	66.3	61.7	58.1	57.6	57.6	63.3	62.3	72.9	80.1	81.5	82.9	84.7	82.4	27.7
Prom	89.8	90.3	91.0	91.0	91.3	91.9	92.5	91.4	87.2	77.1	72.8	68.8	64.5	61.4	63.7	68.0	72.5	76.7	80.1	85.4	85.6	85.3	87.4	88.6	27.7
Max.	95.8	96.6	96.2	95.8	96.6	96.6	96.6	96.6	92.3	84.2	79.1	77.2	77.7	73.8	92.7	93.9	97.3	96.9	96.9	97.6	97.6	96.9	94.7	95.1	29.3
Min.	84.2	85.1	86.4	86.9	85.6	85.6	86.9	86.0	81.9	67.9	66.9	61.2	56.1	51.9	51.4	55.5	56.6	62.3	68.4	76.8	71.9	72.9	80.6	82.4	25.9
Osc.	116	115	9.8	8.9	11.0	11.0	9.7	10.6	10.4	16.3	12.2	16.0	216	219	413	38.4	40.7	34.6	28.5	20.8	25.7	24.0	14.1	12.7	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A6 Estación Jardín FAUADY. Humedad medida en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre

A2.2 DATOS DE JARDÍN FAUADY2, EN EL INTERIOR DE LA MANZANA EN LA QUE SE UBICA EL EDIFICIO 2, EDIFICIO ALTERNATIVO, DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN. ESTÁ UBICADO TAMBIÉN EN EL BARRIO DE LA MEJORADA, EN LA CALLE 59 X 52, CENTRO.

Los datos del Jardín FAUADY2 igualmente fueron monitoreados especialmente para este trabajo.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	27.1	26.7	26.7	26.3	26.3	26.0	25.6	26.0	26.7	28.3	28.7	29.9	30.3	30.7	30.7	30.7	30.7	30.3	29.5	29.1	28.7	28.3	28.3	27.9	29.3
20	27.5	27.1	26.7	26.7	26.7	26.3	26.3	26.3	27.1	27.9	28.7	29.5	30.7	30.7	30.7	26.0	25.6	25.2	24.8	25.2	25.6	26.0	25.6	25.6	27.2
21	25.6	25.6	25.2	25.2	24.8	24.8	24.8	24.8	25.6	26.3	27.9	29.1	29.1	29.5	29.9	30.3	29.5	29.5	28.7	27.5	27.1	27.1	26.7	26.3	28.2
22	26.0	26.0	25.6	25.2	25.2	24.8	24.8	24.8	26.0	27.5	28.7	29.5	30.3	30.3	30.7	30.7	30.7	30.3	28.3	24.8	24.8	24.8	25.2	25.2	27.7
23	25.2	25.2	25.2	24.8	24.8	24.8	24.4	24.8	26.0	27.5	27.9	29.1	29.9	30.7	30.3	30.3	30.3	26.3	25.2	25.2	25.6	25.6	25.6	25.6	27.4
24	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	24.8	24.8	25.2	26.0	27.1	28.3	29.1	29.9	29.9	29.9	29.5	26.7	26.7	26.3	26.0	26.0	25.6	25.2	24.8	27.3
25	24.4	24.4	24.0	24.0	24.0	24.4	24.4	24.4	25.2	26.3	27.9	29.1	29.9	30.3	25.2	25.6	26.0	26.3	26.3	26.0	25.6	25.6	25.2	25.2	26.6
26	25.2	25.2	24.8	24.8	24.8	24.4	24.4	24.4	24.8	26.0	27.5	27.9	28.7	29.1	29.1	26.7	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.4	24.4	24.4	25.9
27	24.4	24.4	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	25.2	26.3	27.9	29.1	29.5	29.9	30.3	30.3	29.9	29.5	29.1	28.3	27.5	27.5	26.7	26.3	28.2
28	26.0	25.6	25.2	25.2	24.8	24.8	24.4	24.8	25.6	27.1	28.7	29.5	30.3	30.3	30.3	30.7	30.7	30.3	29.9	28.7	28.3	27.5	26.3	25.6	28.8
29	25.2	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	25.6	27.1	28.3	29.1	29.9	30.7	30.7	30.7	30.3	30.3	29.1	27.1	26.3	26.0	25.6	25.2	28.2
30	25.2	24.8	25.2	24.8	24.8	24.8	24.4	24.8	25.6	27.1	28.7	29.5	29.9	29.5	29.9	29.9	30.3	29.9	29.1	28.7	27.9	27.9	27.1	26.0	27.7
Prom	25.6	25.4	25.2	25.1	25.0	24.9	24.8	24.9	25.8	27.1	28.3	29.2	29.9	30.1	29.8	29.3	28.7	28.2	27.5	26.7	26.4	26.3	26.0	25.7	27.7
Max.	27.5	27.1	26.7	26.7	26.7	26.3	26.3	26.3	27.1	28.3	28.7	29.9	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.3	29.9	29.1	28.7	28.3	28.3	27.9	29.3
Min.	24.4	24.4	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.8	26.0	27.5	27.9	28.7	29.1	25.2	25.6	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.4	24.4	24.4	25.9
Osc.	3.1	2.7	2.7	2.7	2.7	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	12	2.0	2.0	16	5.5	5.2	6.7	6.3	5.9	5.1	4.7	3.9	3.9	3.5	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A7 Estación Jardín FAUADY2. Temperaturas en grados Celsius, de 10 días del mes de septiembre

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	86.0	88.6	87.3	88.6	90.7	911	915	90.7	88.6	78.2	73.8	65.3	63.3	57.6	63.3	63.3	63.3	65.3	70.3	76.7	80.1	815	84.2	84.6	29.3
20	85.5	88.6	89.4	89.4	86.4	87.7	88.6	89.4	89.0	819	77.7	68.8	64.3	64.3	71.3	89.8	99.0	99.0	99.0	99.7	99.7	99.7	99.7	98.7	27.2
21	98.3	98.7	98.0	96.5	96.5	96.2	97.3	97.6	97.3	93.9	86.4	76.2	74.3	70.3	64.8	64.3	71.8	67.3	64.8	74.3	77.7	79.1	819	83.7	28.2
22	85.5	86.4	86.0	86.0	87.7	89.4	89.4	915	90.7	84.6	77.2	71.3	67.3	62.2	60.7	65.8	67.3	66.8	66.8	88.6	88.1	87.3	85.5	84.6	27.7
23	86.4	85.5	86.0	87.3	89.0	90.3	919	93.1	911	84.6	77.2	68.8	61.7	62.7	60.2	60.2	68.8	89.8	96.2	96.2	95.0	919	89.0	89.4	27.4
24	90.3	919	93.1	92.7	93.9	93.9	93.9	95.4	94.3	89.4	810	78.2	70.8	69.3	70.8	78.6	93.9	95.8	87.7	87.7	919	88.1	86.0	89.4	27.3
25	911	915	915	915	911	90.3	89.8	90.7	93.5	86.9	78.2	73.3	70.3	61.2	92.7	92.7	88.6	86.0	84.6	89.0	89.4	89.0	89.0	911	26.6
26	919	919	911	89.0	89.4	89.4	90.7	90.7	89.8	88.1	84.6	82.8	79.1	79.1	77.2	819	919	96.9	90.7	93.1	93.1	92.7	93.1	94.3	25.9
27	92.3	90.7	92.7	93.5	92.7	92.7	94.3	95.0	93.1	85.1	810	75.8	74.3	67.8	67.8	67.3	66.8	76.7	77.2	74.8	73.3	76.7	78.2	810	28.2
28	84.6	87.7	90.3	915	92.3	93.5	94.7	95.4	93.5	86.0	76.7	73.8	67.8	63.3	63.8	60.7	59.7	61.2	75.3	810	68.8	69.3	89.0	95.8	28.8
29	93.1	93.9	93.9	93.9	95.0	95.8	96.5	97.6	98.0	93.5	815	74.3	68.3	64.3	62.2	70.8	70.8	66.3	69.3	76.7	810	79.1	815	82.8	28.2
30	815	82.4	84.2	84.6	83.7	83.3	84.2	85.5	88.6	84.6	78.6	69.3	65.8	67.3	65.8	65.3	67.8	65.3	70.8	77.7	79.6	82.4	83.3	80.1	27.7
Prom	88.9	89.8	90.3	90.4	90.7	911	919	92.7	92.3	86.4	79.5	73.2	68.9	65.8	68.4	717	75.8	78.0	79.4	84.6	84.8	84.7	86.7	88.0	27.7
Max.	98.3	98.7	98.0	96.5	96.5	96.2	97.3	97.6	98.0	93.9	86.4	82.8	79.1	79.1	92.7	92.7	99.0	99.0	99.0	99.7	99.7	99.7	99.7	98.7	29.3
Min.	815	82.4	84.2	84.6	83.7	83.3	84.2	85.5	88.6	78.2	73.8	65.3	61.7	57.6	60.2	60.2	59.7	61.2	64.8	74.3	68.8	69.3	78.2	80.1	25.9
Osc.	16.8	16.3	13.8	119	12.8	12.9	13.1	12.1	9.4	15.7	12.6	17.5	17.4	215	32.5	32.5	39.3	37.8	34.2	25.4	30.9	30.4	215	18.6	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A8 Estación Jardín FAUADY2. Humedad en porcentajes, de 10 días del mes de septiembre

A3. CONDICIONES DE CALLES (CAÑONES URBANOS) DE LA ZONA CENTRO DE MÉRIDA

Los datos de las calles de la zona central de Mérida fueron monitoreados específicamente para esta investigación

A3.1 DATOS DE LA ESTACIÓN DE LA ACERA ORIENTE DE LA CALLE 52 X 57 Y 59

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	27.3	27.1	26.7	26.6	26.4	26.4	26.6	27.2	28.8	30.2	31.8	33.1	34.2	36.6	35.5	35.9	34.9	32.2	31.0	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	29.3
20	27.8	27.3	27.1	27.2	27.2	27.0	27.1	27.8	28.9	29.9	31.0	32.6	34.7	35.4	32.3	26.3	26.6	26.5	26.6	26.9	26.7	27.2	27.1	26.9	27.2
21	26.6	26.1	25.6	25.5	25.4	25.5	25.6	26.2	27.5	28.9	30.5	31.9	32.6	34.8	36.2	35.2	34.3	31.5	29.9	29.0	28.2	27.9	27.1	26.8	28.2
22	26.7	26.3	26.1	25.5	25.4	25.4	25.5	26.6	28.1	29.6	31.1	32.3	34.0	36.4	36.5	37.2	34.8	32.3	28.4	26.2	26.0	26.1	26.0	25.6	27.7
23	25.4	25.6	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	26.1	27.8	29.1	30.2	32.3	34.0	36.3	36.3	36.0	32.4	27.0	27.2	27.6	27.4	27.1	26.7	26.3	27.4
24	26.2	25.8	25.6	25.4	25.3	25.0	25.2	26.3	27.8	29.6	30.8	31.9	33.0	34.0	35.0	32.7	28.3	28.4	27.5	27.1	26.5	26.4	25.6	25.3	27.3
25	24.7	24.6	24.6	24.5	24.4	24.7	24.8	25.4	26.6	29.2	30.9	32.1	33.7	30.4	28.1	28.4	28.4	27.9	26.8	26.3	26.1	25.7	25.4	25.1	26.6
26	25.0	25.1	25.1	25.2	24.8	24.8	25.1	25.5	26.4	28.1	30.2	31.4	31.7	32.6	33.4	26.8	25.1	26.2	25.4	25.0	25.2	25.2	25.0	25.1	25.9
27	25.1	24.6	24.3	24.3	24.2	24.5	24.6	25.1	27.0	28.7	30.5	32.1	32.9	34.8	36.4	35.9	34.1	31.4	30.6	29.2	28.8	27.9	26.9	26.2	28.2
28	25.8	25.6	25.4	25.3	25.1	24.8	25.2	25.9	27.3	29.5	30.9	32.6	31.1	34.9	35.3	36.7	36.8	34.0	31.1	29.5	28.9	27.5	27.1	26.7	28.8
29	25.9	25.8	25.6	25.3	25.3	25.4	25.5	25.9	27.7	29.5	31.6	33.2	34.3	35.3	37.1	34.1	34.9	32.5	29.1	27.9	26.9	27.1	26.2	25.9	28.2
30	25.7	25.7	25.6	25.5	25.3	25.3	25.4	26.2	28.1	29.6	31.3	32.4	33.0	34.8	36.3	34.3	34.2	31.9	30.3	29.4	28.9	28.8	27.4	26.1	27.7
Prom	26.0	25.8	25.6	25.5	25.3	25.3	25.5	26.2	27.7	29.3	30.9	32.3	33.3	34.7	34.9	33.3	32.1	30.1	28.7	27.8	27.4	27.2	26.6	26.2	27.7
Max.	27.8	27.3	27.1	27.2	27.2	27.0	27.1	27.8	28.9	30.2	31.8	33.2	34.7	36.6	37.1	37.2	36.8	34.0	31.1	30.1	29.5	29.0	28.8	28.3	29.3
Min.	24.7	24.6	24.3	24.3	24.2	24.5	24.6	25.1	26.4	28.1	30.2	31.4	31.1	30.4	28.1	26.3	25.1	26.2	25.4	25.0	25.2	25.2	25.0	25.1	25.9
Osc.	3.1	2.7	2.8	2.8	3.0	2.5	2.5	2.6	2.4	2.2	1.6	1.7	3.6	6.2	9.0	10.9	11.7	7.9	5.6	5.2	4.3	3.8	3.8	3.2	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A9 Estación de la acera oriente de la calle 52 x 57 y 59. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	83.3	85.0	85.5	86.1	87.2	85.8	84.4	82.4	77.2	68.7	61.7	55.0	50.9	43.5	52.0	49.8	52.2	61.5	66.1	72.4	76.4	77.9	79.9	81.3	29.3
20	82.9	84.4	84.7	84.9	81.8	82.9	83.3	81.1	78.0	72.9	66.7	59.3	55.1	50.5	66.1	89.2	89.1	88.1	89.2	88.9	89.7	89.5	87.3	86.6	27.2
21	87.0	90.5	90.3	89.9	90.6	89.4	88.6	86.9	83.4	77.3	70.9	64.3	60.2	51.0	46.7	50.8	57.7	61.9	65.6	68.9	73.1	74.6	78.6	79.7	28.2
22	80.6	82.2	81.6	82.9	83.4	83.7	82.9	79.9	78.8	73.5	65.5	60.6	55.1	45.6	45.2	49.7	54.6	61.5	69.2	80.8	79.5	78.7	79.5	80.5	27.7
23	82.1	81.0	83.3	83.9	85.3	84.8	85.4	82.5	78.6	73.9	66.9	56.4	51.3	46.6	45.9	45.2	61.8	85.5	82.7	80.6	81.6	81.0	80.4	82.1	27.4
24	83.5	85.3	87.1	87.4	88.5	88.8	87.8	85.3	81.8	76.7	69.1	67.4	59.5	55.7	53.7	62.1	85.7	81.0	78.9	81.2	84.0	81.4	81.0	84.5	27.3
25	86.8	86.6	86.2	86.6	86.8	85.2	84.7	85.0	83.6	71.9	65.7	63.3	57.8	62.1	75.6	76.1	76.3	76.3	79.9	83.5	84.1	85.0	85.0	87.5	26.6
26	88.4	87.5	86.9	84.1	85.7	85.1	83.8	83.3	80.7	76.1	72.1	67.0	67.2	63.9	59.5	79.6	85.1	83.3	81.2	85.2	83.7	84.6	85.8	85.8	25.9
27	84.9	86.0	88.0	88.5	87.4	87.0	87.4	86.9	79.2	73.6	70.2	64.2	59.5	53.9	49.1	49.1	55.9	69.8	70.3	71.8	69.5	73.1	76.4	79.7	28.2
28	82.9	85.1	86.4	87.0	87.8	88.9	87.7	86.8	82.8	73.8	67.7	62.0	68.9	51.6	49.6	45.8	45.5	59.8	70.1	76.7	67.2	69.7	84.9	85.0	28.8
29	85.4	85.4	86.4	88.8	89.3	89.8	89.9	88.5	84.2	77.3	67.5	59.9	56.2	52.0	45.6	59.9	56.9	59.9	70.0	74.0	78.0	74.4	78.6	78.9	28.2
30	78.4	78.2	80.0	80.9	79.9	79.3	79.2	76.7	76.3	73.3	66.7	59.5	54.6	49.8	47.9	51.7	55.7	58.2	67.7	74.4	75.6	76.8	80.8	78.4	27.7
Prom	83.8	84.8	85.5	85.9	86.1	85.9	85.4	83.8	80.4	74.1	67.6	61.6	58.0	52.2	53.1	59.1	64.7	70.6	74.2	78.2	78.5	78.9	81.5	82.5	27.7
Max.	88.4	90.5	90.3	89.9	90.6	89.8	89.9	88.5	84.2	77.3	72.1	67.4	68.9	63.9	75.6	89.2	89.1	88.1	89.2	88.9	89.7	89.5	87.3	87.5	29.3
Min.	78.4	78.2	80.0	80.9	79.9	79.3	79.2	76.7	76.3	68.7	61.7	55.0	50.9	43.5	45.2	45.2	45.5	58.2	65.6	68.9	67.2	69.7	76.4	78.4	25.9
Osc.	10.0	12.3	10.3	9.0	10.7	10.5	10.7	11.8	7.9	8.6	10.4	12.5	18.0	20.5	30.4	44.0	43.6	29.9	23.5	20.0	22.5	19.8	10.9	9.1	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A10 Estación de la acera oriente de la calle 52 x 57 y 59. Humedades en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre.

A3.2 Datos de la estación de la acera poniente de la calle 52 x 59 y 61

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.3
20	27.7	27.2	27.0	27.0	27.0	26.6	26.4	27.7	29.1	30.4	31.5	33.0	34.7	34.6	31.9	25.9	26.5	26.3	26.3	26.6	26.6	27.0	27.0	26.7	27.2
21	26.5	26.1	25.7	25.4	25.3	25.1	25.4	26.2	27.7	29.6	31.2	32.6	32.9	34.0	34.9	33.8	32.2	30.9	29.0	28.2	27.6	27.6	26.8	26.6	28.2
22	26.6	26.2	25.9	25.5	25.2	24.9	25.0	26.5	28.2	29.4	31.3	32.6	33.7	34.6	34.7	34.4	32.7	31.5	28.2	25.4	25.4	25.6	25.8	25.5	27.7
23	25.4	25.6	25.2	25.1	25.0	24.8	24.9	26.5	28.3	29.8	31.1	32.3	33.9	33.9	34.2	33.9	31.8	26.3	26.9	27.0	26.9	26.7	26.4	26.3	27.4
24	26.0	25.7	25.4	25.3	25.2	24.8	24.8	26.2	27.6	29.6	31.3	31.6	32.7	33.1	33.9	32.0	27.9	28.2	27.3	27.1	26.5	26.3	25.6	25.3	27.3
25	24.6	24.6	24.5	24.4	24.3	24.5	24.4	25.2	26.6	29.3	31.1	32.1	33.4	31.1	28.1	28.5	28.4	27.8	26.8	26.2	26.1	25.7	25.4	25.2	26.6
26	25.1	25.3	25.1	25.2	25.0	24.8	24.7	25.4	26.4	28.4	30.7	31.9	32.2	32.9	33.4	26.6	24.4	25.6	25.5	24.7	25.2	25.0	24.9	25.0	25.9
27	25.2	24.5	24.3	24.2	24.2	24.2	24.1	24.8	27.4	29.1	31.1	32.4	33.2	33.9	35.1	35.2	32.9	30.7	29.9	28.5	28.3	27.6	26.7	26.1	28.2
28	25.8	25.6	25.4	25.1	25.0	24.8	24.7	25.6	27.7	30.0	31.5	32.7	31.0	33.8	34.5	35.1	34.6	33.0	30.3	29.1	28.3	27.1	26.7	26.5	28.8
29	25.9	25.6	25.6	25.3	25.2	25.0	25.0	25.3	27.6	29.9	31.6	33.1	33.5	33.9	34.5	32.7	32.8	31.7	29.1	27.5	26.8	26.8	25.9	25.9	28.2
30	25.6	25.5	25.3	25.1	25.0	25.0	24.8	25.8	27.8	29.8	31.1	32.7	32.7	33.4	34.0	33.3	32.5	31.2	29.7	28.8	28.4	28.4	27.1	26.0	27.7
Prom	26.0	25.7	25.5	25.4	25.2	25.1	25.0	26.1	27.8	29.7	31.2	32.5	33.1	33.6	33.6	32.0	30.8	29.5	28.3	27.4	27.1	26.9	26.4	26.1	27.7
Max.	27.7	27.2	27.0	27.0	27.0	26.6	26.4	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	34.7	34.6	35.1	35.2	34.6	33.0	30.3	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.3
Min.	24.6	24.5	24.3	24.2	24.2	24.2	24.1	24.8	26.4	28.4	30.7	31.6	31.0	31.1	28.1	25.9	24.4	25.6	25.5	24.7	25.2	25.0	24.9	25.0	25.9
Osc.	3.1	2.7	2.6	2.7	2.8	2.4	2.3	3.4	2.7	2.4	10	16	3.7	3.5	7.0	9.3	10.1	7.4	4.8	4.8	3.9	3.7	3.6	3.2	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A11 Estación de la acera poniente de la calle 52 x 59 y 61. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	84.6	86.4	86.3	87.2	88.2	87.4	87.1	79.6	76.1	67.2	62.3	55.0	53.3	48.8	55.6	56.9	58.9	65.1	69.3	75.5	78.7	79.8	81.8	82.5	29.3
20	84.3	85.5	86.2	86.2	83.6	85.0	86.6	82.8	77.2	71.5	65.4	58.1	55.0	52.8	67.2	87.6	90.0	88.6	90.0	90.7	90.0	90.1	87.6	87.2	27.2
21	88.3	91.3	90.6	90.8	91.3	91.4	90.3	87.5	83.4	75.2	69.6	62.5	59.6	54.1	49.8	53.9	64.0	63.9	67.5	72.0	75.3	76.2	80.0	81.5	28.2
22	81.6	83.3	82.9	83.5	85.1	86.5	85.4	81.7	78.8	74.5	65.7	60.4	55.5	50.2	49.3	56.4	60.8	64.4	70.4	82.6	82.1	80.6	80.4	81.6	27.7
23	82.8	81.9	83.8	84.7	85.9	87.4	88.1	82.3	77.8	72.3	64.5	56.9	51.6	52.7	50.7	49.6	64.1	86.5	83.7	83.1	83.5	83.4	82.2	83.1	27.4
24	84.7	86.4	88.5	88.2	89.5	90.2	90.6	87.2	83.5	77.2	68.1	68.2	60.4	59.9	56.7	63.9	85.9	81.4	79.5	81.5	84.9	82.4	82.1	84.9	27.3
25	88.2	87.4	87.0	87.7	88.1	86.6	86.7	86.3	84.2	71.5	65.6	63.4	58.4	60.3	74.8	74.7	75.3	76.0	79.7	83.7	84.6	85.2	85.6	87.8	26.6
26	88.6	87.5	87.5	85.0	85.9	85.9	86.0	84.0	81.1	75.4	71.3	66.1	65.8	63.8	60.7	79.9	86.3	84.9	81.6	86.5	84.6	85.9	86.6	87.0	25.9
27	85.2	87.0	88.5	89.4	88.2	88.9	90.2	88.7	78.2	73.5	68.3	63.8	59.1	57.0	52.7	51.9	59.0	72.4	73.4	75.0	71.3	74.8	77.6	80.8	28.2
28	83.5	85.7	87.0	88.4	88.9	89.5	90.3	88.4	82.1	72.8	66.2	62.0	69.1	54.7	52.0	49.3	50.2	63.3	73.5	78.6	69.4	71.5	86.1	85.2	28.8
29	85.3	86.0	87.0	88.9	90.2	91.9	92.6	91.8	84.8	77.0	67.8	60.9	58.2	56.1	52.3	64.7	63.0	62.6	70.2	76.0	79.1	75.6	80.0	79.7	28.2
30	79.5	79.6	81.6	82.8	81.4	81.0	82.3	79.0	78.1	73.3	68.9	58.8	56.5	52.8	53.7	54.6	59.9	60.9	70.5	77.2	78.2	79.0	82.5	79.4	27.7
Prom	84.7	85.7	86.4	86.9	87.2	87.6	88.0	84.9	80.4	73.5	67.0	61.3	58.5	55.3	56.3	62.0	68.1	72.5	75.8	80.2	80.1	80.4	82.7	83.4	27.7
Max.	88.6	91.3	90.6	90.8	91.3	91.9	92.6	91.8	84.8	77.2	71.3	68.2	69.1	63.8	74.8	87.6	90.0	88.6	90.0	90.7	90.0	90.1	87.6	87.8	29.3
Min.	79.5	79.6	81.6	82.8	81.4	81.0	82.3	79.0	76.1	67.2	62.3	55.0	51.6	48.8	49.3	49.3	50.2	60.9	67.5	72.0	69.4	71.5	77.6	79.4	25.9
Osc.	9.1	11.8	9.0	8.1	9.8	10.9	10.3	12.8	8.8	10.0	9.0	13.2	17.5	15.1	25.6	38.3	39.9	27.7	22.5	18.7	20.6	18.6	10.0	8.4	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A12 Estación de la acera poniente de la calle 52 x 59 y 61. Humedades en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre.

A3.3 DATOS DE LA ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 59 X 52 Y 54

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	27.4	27.3	26.9	26.8	26.6	26.7	26.7	27.1	30.7	33.1	34.1	36.1	36.3	36.8	35.7	36.0	35.3	33.9	315	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	29.3
20	28.1	27.4	27.3	27.4	27.4	27.3	27.1	27.7	30.5	32.0	33.0	35.2	36.6	36.4	32.4	26.1	26.8	26.4	26.7	27.3	27.1	27.6	27.6	27.3	27.2
21	26.8	26.4	25.9	25.8	25.8	25.8	25.6	26.3	28.9	31.7	33.1	34.6	35.2	35.4	35.9	35.2	34.9	32.6	30.4	29.4	28.7	28.4	27.7	27.2	28.2
22	26.8	26.6	26.2	26.0	25.7	25.7	25.7	26.6	29.7	31.8	33.2	34.8	35.9	37.0	36.4	38.1	35.7	33.8	28.3	26.5	26.6	26.6	26.3	26.1	27.7
23	26.2	26.0	25.5	25.4	25.4	25.5	25.5	25.9	29.4	30.6	32.8	35.2	36.6	36.8	36.1	36.6	32.6	27.4	27.4	28.0	27.9	27.5	27.1	26.7	27.4
24	26.5	26.2	25.8	25.6	25.6	25.3	25.5	26.6	29.2	31.4	32.7	33.3	34.5	34.7	35.4	32.8	28.7	28.9	27.9	27.2	26.9	26.7	25.9	25.6	27.3
25	25.1	24.8	24.8	24.8	24.5	24.8	24.9	25.6	27.0	30.0	32.9	32.7	34.4	31.1	27.4	28.7	29.0	28.3	27.2	26.7	26.5	26.1	25.7	25.4	26.6
26	25.3	25.4	25.2	25.4	25.1	24.9	25.1	25.5	26.5	28.8	31.2	32.1	32.0	32.8	34.2	26.1	25.3	26.3	25.6	25.3	25.4	25.6	25.3	25.5	25.9
27	25.5	24.7	24.5	24.4	24.4	24.8	24.8	25.3	28.8	31.4	33.2	33.9	34.5	35.8	36.3	36.5	34.4	31.5	30.8	29.5	29.3	28.3	27.2	26.4	28.2
28	26.1	25.7	25.6	25.3	25.3	25.1	25.3	26.1	29.4	31.4	32.8	33.4	31.5	35.9	35.8	37.7	38.1	35.0	31.4	30.0	29.4	27.7	27.3	26.9	28.8
29	26.3	26.1	25.9	25.6	25.6	25.7	25.9	25.9	29.9	32.7	34.4	35.9	36.3	36.6	37.0	34.5	35.6	33.6	29.4	28.2	27.1	27.3	26.6	26.2	28.2
30	25.9	25.9	25.9	25.7	25.7	25.6	25.6	26.3	29.5	31.9	34.2	34.8	34.1	35.7	36.5	34.5	34.7	33.0	30.7	29.8	29.4	29.2	27.2	26.0	27.7
Prom	26.3	26.1	25.8	25.7	25.6	25.6	25.6	26.2	29.1	31.4	33.1	34.3	34.8	35.4	34.9	33.6	32.6	30.9	29.0	28.2	27.9	27.6	26.9	26.5	27.7
Max.	28.1	27.4	27.3	27.4	27.4	27.3	27.1	27.7	30.7	33.1	34.4	36.1	36.6	37.0	37.0	38.1	38.1	35.0	31.5	30.4	29.9	29.5	29.2	28.7	29.3
Min.	25.1	24.7	24.5	24.4	24.4	24.8	24.8	25.3	26.5	28.8	31.2	32.1	31.5	31.1	27.4	26.1	25.3	26.3	25.6	25.3	25.4	25.6	25.3	25.4	25.9
Osc.	3.1	2.7	2.9	2.9	3.0	2.5	2.2	2.4	4.2	4.3	3.3	4.1	5.2	5.9	9.6	12.0	12.8	8.7	5.8	5.1	4.5	3.9	3.9	3.3	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A13 Estación de la acera norte de la calle 59 x 52 y 54. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	85.1	86.8	87.3	87.8	89.2	87.4	86.4	85.5	71.4	59.1	54.3	45.2	44.9	41.9	49.6	47.7	49.9	56.1	64.8	72.3	76.1	77.4	80.2	81.8	29.3
20	83.8	86.2	86.5	86.4	83.6	84.2	85.9	83.7	73.5	66.3	59.9	49.8	48.2	47.0	65.2	90.9	90.0	90.6	91.9	90.5	90.4	90.6	88.6	87.0	27.2
21	88.9	92.3	92.1	91.7	91.5	91.5	92.0	89.5	80.4	68.3	62.7	55.1	51.1	49.0	46.0	48.9	54.7	58.0	62.2	68.1	72.0	73.8	77.8	80.2	28.2
22	81.7	83.0	83.1	83.5	84.7	85.1	84.8	82.3	74.1	66.1	59.1	52.4	48.4	43.1	43.5	45.3	50.9	56.1	69.2	80.6	78.2	78.2	79.8	79.8	27.7
23	80.8	81.4	84.0	85.0	86.0	86.2	87.4	86.1	74.3	69.4	57.8	46.9	43.0	44.3	44.6	43.1	59.9	86.9	83.8	81.0	81.1	81.4	80.5	82.8	27.4
24	84.4	86.2	88.6	88.8	89.8	90.4	89.8	87.2	78.6	71.1	62.9	62.7	54.5	53.9	51.9	63.5	86.3	79.9	77.9	82.5	84.4	82.1	82.1	85.2	27.3
25	87.9	88.4	88.3	88.0	89.0	87.5	86.9	86.2	84.6	70.1	59.1	61.2	54.6	58.6	79.2	74.9	73.6	74.3	79.1	83.6	84.3	85.5	86.0	89.0	26.6
26	90.2	89.2	89.1	85.9	87.2	87.6	86.2	85.6	82.5	75.2	69.9	65.5	66.3	63.7	57.9	83.8	85.0	84.8	82.2	86.2	85.7	85.7	87.1	87.2	25.9
27	86.1	88.1	90.1	90.8	89.6	89.2	89.6	88.9	74.0	65.6	60.7	57.9	54.2	50.6	48.5	46.7	53.8	69.9	70.8	71.8	68.3	72.8	76.7	81.0	28.2
28	84.0	86.8	88.4	89.8	90.0	90.6	90.3	88.8	76.8	68.0	61.2	59.0	69.6	48.4	47.4	41.5	40.7	55.8	69.6	76.1	65.7	69.5	86.4	87.5	28.8
29	85.4	85.3	87.5	89.4	91.0	91.4	91.4	91.3	78.0	66.3	57.9	51.2	48.9	47.5	45.5	58.5	53.8	56.4	69.2	74.1	78.8	74.9	78.4	79.2	28.2
30	79.4	78.7	80.5	81.6	80.3	79.8	80.3	78.2	72.6	66.4	57.5	51.3	51.0	46.4	46.0	50.2	53.0	54.7	66.6	73.8	75.1	76.4	83.4	80.8	27.7
Prom	84.8	86.0	87.1	87.4	87.7	87.6	87.6	86.1	76.7	67.7	60.3	54.8	52.9	49.5	52.1	57.9	62.6	68.6	73.9	78.4	78.3	79.0	82.2	83.5	27.7
Max.	90.2	92.3	92.1	91.7	91.5	91.5	92.0	91.3	84.6	75.2	69.9	65.5	69.6	63.7	79.2	90.9	90.0	90.6	91.9	90.5	90.4	90.6	88.6	89.0	29.3
Min.	79.4	78.7	80.5	81.6	80.3	79.8	80.3	78.2	71.4	59.1	54.3	45.2	43.0	41.9	43.5	41.5	40.7	54.7	62.2	68.1	65.7	69.5	76.7	79.2	25.9
Osc.	10.8	13.6	11.6	10.1	11.2	11.7	11.7	13.1	13.2	16.2	15.6	20.3	26.6	21.8	35.7	49.5	49.2	35.9	29.7	22.4	24.7	21.1	11.8	9.8	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A14 Estación de la acera norte de la calle 59 x 52 y 54. Humedades en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre.

A3.4 Datos de la estación de la acera sur de la calle 59 x 52 y 54

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.1	26.1	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	33.5	34.5	34.1	33.2	32.4	31.3	30.2	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.3
20	27.7	27.2	27.0	27.0	27.0	26.6	26.4	27.7	29.1	30.4	31.5	33.0	34.7	34.6	31.9	25.9	26.5	26.3	26.3	26.6	26.6	27.0	27.0	26.7	27.2
21	26.5	26.1	25.7	25.4	25.3	25.1	25.4	26.2	27.7	29.6	31.2	32.6	32.9	34.0	34.9	33.8	32.2	30.9	29.0	28.2	27.6	27.6	26.8	26.6	28.2
22	26.6	26.2	25.9	25.5	25.2	24.9	25.0	26.5	28.2	29.4	31.3	32.6	33.7	34.6	34.7	34.4	32.7	31.5	28.2	25.4	25.4	25.6	25.8	25.5	27.7
23	25.4	25.6	25.2	25.1	25.0	24.8	24.9	26.5	28.3	29.8	31.1	32.3	33.9	33.9	34.2	33.9	31.8	26.3	26.9	27.0	26.9	26.7	26.4	26.3	27.4
24	26.0	25.7	25.4	25.3	25.2	24.8	24.8	26.2	27.6	29.6	31.3	31.6	32.7	33.1	33.9	32.0	27.9	28.2	27.3	27.1	26.5	26.3	25.6	25.3	27.3
25	24.6	24.6	24.5	24.4	24.3	24.5	24.4	25.2	26.6	29.3	31.1	32.1	33.4	31.1	28.1	28.5	28.4	27.8	26.8	26.2	26.1	25.7	25.4	25.2	26.6
26	25.1	25.3	25.1	25.2	25.0	24.8	24.7	25.4	26.4	28.4	30.7	31.9	32.2	32.9	33.4	26.6	24.4	25.6	25.5	24.7	25.2	25.0	24.9	25.0	25.9
27	25.2	24.5	24.3	24.2	24.2	24.2	24.1	24.8	27.4	29.1	31.1	32.4	33.2	33.9	35.1	35.2	32.9	30.7	29.9	28.5	28.3	27.6	26.7	26.1	28.2
28	25.8	25.6	25.4	25.1	25.0	24.8	24.7	25.6	27.7	30.0	31.5	32.7	31.0	33.8	34.5	35.1	34.6	33.0	30.3	29.1	28.3	27.1	26.7	26.5	28.8
29	25.9	25.6	25.6	25.3	25.2	25.0	25.0	25.3	27.6	29.9	31.6	33.1	33.5	33.9	34.5	32.7	32.8	31.7	29.1	27.5	26.8	26.8	25.9	25.9	28.2
30	25.6	25.5	25.3	25.1	25.0	25.0	24.8	25.8	27.8	29.8	31.1	32.7	32.7	33.4	34.0	33.3	32.5	31.2	29.7	28.8	28.4	28.4	27.1	26.0	27.7
Prom	26.0	25.7	25.5	25.4	25.2	25.1	25.0	26.1	27.8	29.7	31.2	32.5	33.1	33.6	33.6	32.0	30.8	29.5	28.3	27.4	27.1	26.9	26.4	26.1	27.7
Max.	27.7	27.2	27.0	27.0	27.0	26.6	26.4	28.2	29.1	30.8	31.7	33.1	34.7	34.6	35.1	35.2	34.6	33.0	30.3	29.5	29.1	28.7	28.5	28.2	29.3
Min.	24.6	24.5	24.3	24.2	24.2	24.2	24.1	24.8	26.4	28.4	30.7	31.6	31.0	31.1	28.1	25.9	24.4	25.6	25.5	24.7	25.2	25.0	24.9	25.0	25.9
Osc.	3.1	2.7	2.6	2.7	2.8	2.4	2.3	3.4	2.7	2.4	10	16	3.7	3.5	7.0	9.3	10.1	7.4	4.8	4.8	3.9	3.7	3.6	3.2	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A15 Estación de la acera sur de la calle 59 x 52 y 54. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre.

fech	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	84.6	86.4	86.3	87.2	88.2	87.4	87.1	79.6	76.1	67.2	62.3	55.0	53.3	48.8	55.6	56.9	58.9	65.1	69.3	75.5	78.7	79.8	81.8	82.5	29.3
20	84.3	85.5	86.2	86.2	83.6	85.0	86.6	82.8	77.2	71.5	65.4	58.1	55.0	52.8	67.2	87.6	90.0	88.6	90.0	90.7	90.0	90.1	87.6	87.2	27.2
21	88.3	91.3	90.6	90.8	91.3	91.4	90.3	87.5	83.4	75.2	69.6	62.5	59.6	54.1	49.8	53.9	64.0	63.9	67.5	72.0	75.3	76.2	80.0	81.5	28.2
22	81.6	83.3	82.9	83.5	85.1	86.5	85.4	81.7	78.8	74.5	65.7	60.4	55.5	50.2	49.3	56.4	60.8	64.4	70.4	82.6	82.1	80.6	80.4	81.6	27.7
23	82.8	81.9	83.8	84.7	85.9	87.4	88.1	82.3	77.8	72.3	64.5	56.9	51.6	52.7	50.7	49.6	64.1	86.5	83.7	83.1	83.5	83.4	82.2	83.1	27.4
24	84.7	86.4	88.5	88.2	89.5	90.2	90.6	87.2	83.5	77.2	68.1	68.2	60.4	59.9	56.7	63.9	85.9	81.4	79.5	81.5	84.9	82.4	82.1	84.9	27.3
25	88.2	87.4	87.0	87.7	88.1	86.6	86.7	86.3	84.2	71.5	65.6	63.4	58.4	60.3	74.8	74.7	75.3	76.0	79.7	83.7	84.6	85.2	85.6	87.8	26.6
26	88.6	87.5	87.5	85.0	85.9	85.9	86.0	84.0	81.1	75.4	71.3	66.1	65.8	63.8	60.7	79.9	86.3	84.9	81.6	86.5	84.6	85.9	86.6	87.0	25.9
27	85.2	87.0	88.5	89.4	88.2	88.9	90.2	88.7	78.2	73.5	68.3	63.8	59.1	57.0	52.7	51.9	59.0	72.4	73.4	75.0	71.3	74.8	77.6	80.8	28.2
28	83.5	85.7	87.0	88.4	88.9	89.5	90.3	88.4	82.1	72.8	66.2	62.0	69.1	54.7	52.0	49.3	50.2	63.3	73.5	78.6	69.4	71.5	86.1	85.2	28.8
29	85.3	86.0	87.0	88.9	90.2	91.9	92.6	91.8	84.8	77.0	67.8	60.9	58.2	56.1	52.3	64.7	63.0	62.6	70.2	76.0	79.1	75.6	80.0	79.7	28.2
30	79.5	79.6	81.6	82.8	81.4	81.0	82.3	79.0	78.1	73.3	68.9	58.8	56.5	52.8	53.7	54.6	59.9	60.9	70.5	77.2	78.2	79.0	82.5	79.4	27.7
Prom	84.7	85.7	86.4	86.9	87.2	87.6	88.0	84.9	80.4	73.5	67.0	61.3	58.5	55.3	56.3	62.0	68.1	72.5	75.8	80.2	80.1	80.4	82.7	83.4	27.7
Max.	88.6	91.3	90.6	90.8	91.3	91.9	92.6	91.8	84.8	77.2	71.3	68.2	69.1	63.8	74.8	87.6	90.0	88.6	90.0	90.7	90.0	90.1	87.6	87.8	29.3
Min.	79.5	79.6	81.6	82.8	81.4	81.0	82.3	79.0	76.1	67.2	62.3	55.0	51.6	48.8	49.3	49.3	50.2	60.9	67.5	72.0	69.4	71.5	77.6	79.4	25.9
Osc.	9.1	11.8	9.0	8.1	9.8	10.9	10.3	12.8	8.8	10.0	9.0	13.2	17.5	15.1	25.6	38.3	39.9	27.7	22.5	18.7	20.6	18.6	10.0	8.4	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A16 Estación de la acera sur de la calle 59 x 52 y 54. Humedades en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre.

A3.5 DATOS DE LA ESTACIÓN DE LA ACERA NORTE DE LA CALLE 63 X 54 Y 56.

fecha	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Med	Max	Min
d19	27.8	27.5	27.3	27.2	27.0	27.1	27.0	27.7	31.0	33.2	34.6	35.3	36.4	37.2	36.1	35.1	35.0	33.5	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1	37.2	27.0
d20	28.4	27.6	27.6	27.5	27.8	27.8	27.8	28.3	31.0	33.0	32.9	35.2	36.0	36.7	31.9	27.0	26.3	26.6	27.1	27.1	27.1	27.6	27.8	27.5	29.3	36.7	26.3
d21	26.9	26.5	26.3	25.9	26.0	25.9	26.1	26.7	29.7	30.7	33.1	34.2	34.9	35.6	36.6	35.6	34.2	32.6	30.7	29.9	29.4	28.9	28.2	27.7	30.1	36.6	25.9
d22	27.2	27.0	26.7	26.3	25.9	26.2	26.1	27.2	30.4	32.4	33.5	34.1	36.1	37.3	36.1	36.1	34.0	33.4	29.5	27.1	27.0	27.1	27.0	26.5	30.0	37.3	25.9
d23	26.1	26.3	25.8	25.8	25.9	25.9	25.9	26.6	30.5	31.7	33.6	35.3	36.4	36.9	37.0	36.4	33.4	27.9	27.9	28.4	28.2	28.0	27.5	27.1	29.8	37.0	25.8
d24	26.9	26.5	26.2	26.1	26.1	26.0	26.1	27.3	29.6	32.2	33.0	34.6	35.4	35.2	35.9	32.5	28.9	29.3	28.6	28.0	27.4	27.0	26.4	26.0	29.2	35.9	26.0
d25	25.3	25.2	25.1	25.0	24.8	25.1	25.4	26.1	27.3	29.9	33.5	33.5	34.7	31.9	28.7	29.4	29.5	28.9	27.7	27.2	26.9	26.6	26.2	25.9	27.9	34.7	24.8
d26	25.6	25.7	25.6	25.8	25.7	25.6	25.7	26.3	27.3	29.3	31.2	32.5	32.6	33.6	33.6	27.9	25.8	26.7	26.5	26.0	25.6	25.8	25.5	25.6	27.6	33.6	25.5
d27	25.9	25.0	24.8	24.8	24.8	25.2	25.2	25.7	29.4	31.9	34.5	34.7	34.8	36.8	36.5	36.6	34.5	32.0	31.2	30.2	29.8	28.6	27.7	27.0	29.9	36.8	24.8
d28	26.5	26.3	26.0	25.7	25.8	25.6	25.7	26.6	29.7	32.0	34.6	34.3	31.8	36.3	36.8	36.7	36.4	35.6	31.6	30.4	29.8	28.5	27.7	27.2	30.3	36.8	25.6
d29	26.7	26.4	26.3	26.0	26.0	26.2	26.2	26.4	30.2	32.7	34.7	34.9	36.3	36.0	37.5	34.3	34.9	33.4	30.0	28.5	27.6	27.8	27.0	26.5	30.1	37.5	26.0
d30	26.4	26.1	25.9	25.9	25.7	26.1	25.9	26.5	29.9	32.8	34.4	35.3	34.8	36.3	36.6	34.3	33.7	32.3	30.8	29.9	29.6	29.6	27.6	26.3	30.1	36.6	25.7
Prom.	26.6	26.3	26.1	26.0	26.0	26.1	26.1	26.8	29.7	31.8	33.6	34.5	35.0	35.8	35.3	33.5	32.2	31.0	29.4	28.7	28.2	27.9	27.3	26.9	29.6	36.4	25.8
Max.	28.4	27.6	27.6	27.5	27.8	27.8	27.8	28.3	31.0	33.2	34.7	35.3	36.4	37.3	37.5	36.7	36.4	35.6	31.7	31.0	30.1	29.6	29.3	29.0	31.1	37.5	27.0
Min.	25.3	25.0	24.8	24.8	24.8	25.1	25.2	25.7	27.3	29.3	31.2	32.5	31.8	31.9	28.7	27.0	25.8	26.6	26.5	26.0	25.6	25.8	25.5	25.6	27.6	33.6	24.8
Osc.	3.1	2.6	2.8	2.8	3.0	2.7	2.6	2.6	3.7	3.9	3.5	2.8	4.6	5.5	8.8	9.8	10.5	9.0	5.2	5.0	4.5	3.8	3.9	3.3	3.5	3.8	2.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla A17 Estación de la acera norte de la calle 63 x 54 y 56. Temperaturas en grados °Celsius, de 10 días del mes de septiembre

fecha	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom
19	817	83.5	83.3	83.9	84.7	83.5	83.4	80.2	69.0	58.2	52.8	48.8	45.2	40.7	49.8	51.0	52.0	57.3	63.9	69.4	74.1	75.8	77.9	78.7	29.3
20	80.6	83.1	83.2	83.5	80.0	80.1	80.6	79.3	69.5	61.3	59.5	49.2	49.9	46.9	71.0	84.0	87.3	83.6	86.7	87.4	88.4	86.5	84.1	83.9	27.2
21	86.2	88.5	87.6	88.3	87.7	87.5	86.4	84.8	75.1	69.8	59.7	55.2	51.5	47.9	42.6	49.1	56.4	58.4	60.8	65.7	68.5	70.9	74.4	76.4	28.2
22	78.5	79.5	78.9	79.7	81.7	81.0	81.0	78.0	69.6	63.2	57.5	53.2	48.8	41.9	45.4	51.3	56.3	58.1	64.1	77.2	76.0	75.9	75.6	77.1	27.7
23	79.1	78.3	81.0	81.5	82.1	82.5	83.4	80.8	68.5	64.8	55.4	48.9	43.4	44.6	42.6	43.8	58.4	81.8	77.8	77.3	78.0	77.5	77.4	79.3	27.4
24	80.3	83.5	84.9	84.6	85.3	85.3	84.6	81.9	74.5	66.9	60.8	56.8	52.1	52.0	50.3	66.1	81.9	76.6	74.5	77.0	81.4	79.2	78.5	81.7	27.3
25	84.7	84.4	84.1	84.8	85.0	83.6	82.4	81.9	81.0	68.9	56.9	57.9	54.1	56.7	71.6	71.9	70.7	71.5	75.6	79.2	80.8	81.1	82.1	84.4	26.6
26	86.0	85.2	85.1	82.4	82.7	82.3	81.7	79.7	76.8	71.0	67.5	62.9	63.6	60.4	58.0	74.1	79.7	78.8	77.2	80.7	81.3	81.8	84.0	83.0	25.9
27	81.8	84.0	86.0	86.7	85.0	84.5	85.6	84.5	69.3	62.2	56.0	55.0	55.0	47.0	47.6	47.3	53.6	67.2	68.1	68.0	65.2	71.1	73.7	76.7	28.2
28	80.2	82.5	84.1	85.5	85.4	85.8	85.6	83.6	73.0	63.6	55.4	56.9	62.2	47.5	45.8	43.9	45.0	53.6	67.9	73.5	64.1	65.8	82.2	83.5	28.8
29	82.9	84.1	84.2	86.1	86.8	86.5	86.8	87.0	75.0	66.1	57.3	54.3	48.5	49.0	44.3	58.6	56.0	57.3	66.7	72.1	74.2	71.9	74.9	76.2	28.2
30	76.4	76.2	78.3	78.9	78.6	76.8	77.0	75.7	69.9	62.2	55.2	51.3	49.0	45.9	45.6	50.3	55.9	57.2	65.9	72.2	73.2	73.7	80.0	77.7	27.7
Prom.	24.9	24.8	24.6	24.2	24.1	24.0	25.6	27.5	29.4	31.0	32.1	32.5	33.1	32.9	31.7	30.5	29.4	28.1	26.7	26.4	26.1	25.6	25.2	24.8	27.7
Max.	26.6	26.5	26.2	25.8	25.4	25.3	26.8	28.8	32.0	32.2	33.0	33.5	34.6	34.4	34.5	34.4	34.2	30.7	29.2	28.9	28.4	28.1	27.8	26.8	29.3
Min.	22.5	22.4	22.4	22.3	22.2	22.7	24.4	25.5	27.5	29.8	31.4	31.2	30.0	26.4	24.5	24.4	24.6	24.6	24.1	24.1	23.8	23.4	23.5	23.2	25.9
Osc.	4.1	4.1	3.8	3.5	3.2	2.6	2.4	3.3	4.5	2.4	1.6	2.3	4.6	8.0	10.0	10.0	9.6	6.1	5.1	4.8	4.6	4.7	4.3	3.6	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla A18 Estación de la acera norte de la calle 63 x 54 y 56. Humedades en porcentaje, de 10 días del mes de septiembre.