

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte
Maestría en Arquitectura



UACJ

Título de la tesis:

Evaluación del contexto urbano del conjunto habitacional de vivienda vertical FOVISSSTE Chamizal, en términos de islas de calor en ciudad Juárez, Chihuahua.

Alumno:

Arq. Jorge Omar Nava Sotelo

Director de tesis:

Dr. José Luis Sandoval Granados

Asesor Externo:

Dr. Pavel Raúl Ruiz Torres

Asesor Interno:

Dr. Luis Carlos Herrera Sosa

Tutor Académico:

Dr. Héctor Rivero

Ciudad:

Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Año:

2021

Índice

Listado de figuras	2
Listado de tablas	4
Resumen	5
1 Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Justificación	7
1.3 Problemática	9
1.4 Hipótesis	10
1.5 Objetivo General	10
1.6 Objetivos Particulares	10
2 Capítulo 2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Concepto de vivienda vertical	11
2.2 Analogía entre el concepto de vivienda vertical y vivienda horizontal.....	12
2.3 Definición de la ciudad compacta.....	14
2.4 La ciudad compacta y la vivienda vertical	15
2.5 Concepto de sostenibilidad en el diseño urbano.....	16
2.5.1 Sostenibilidad.....	16
2.5.2 Diseño urbano	17
2.5.3 Aspectos ambientales	19
2.6 Enfoque desde el bioclimatismo urbano	23
2.6.1 Relación bioclimática del entorno urbano y el rango de confort humano	24
2.6.2 Evaluación imágenes térmicas.....	27
2.6.3 Islas de calor urbano (ICU)	28
2.6.4 Propiedades térmicas de materiales	32
2.6.5 Impactos ambientales en los edificios	33
2.6.6 Acondicionamiento urbano.....	36
2.6.7 Relación de las islas de calor, la materialidad y el diseño urbano	39
2.6.8 Software de modelación térmica	41
3 Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1 Enfoque metodológico	42
3.2 Análisis del caso de estudio.....	43
3.2.1 Normativa.....	43
3.3 Metodología	44
3.3.1 Preparación de la campaña de medición.	45
3.3.2 Fase 1: Análisis del contexto urbano inmediato	48
3.3.3 Fase 2: Recopilación de datos	51
3.3.4 Fase 3: Análisis de gráficos numéricos	54
3.3.5 Fase 4: Análisis de resultados	94
4 Capítulo 4. CONCLUSIONES	120
4.1 Conclusiones finales	120
Anexos	123
Anexo A: Base de información climática.....	123
Anexo B: Sensores de temperatura.....	125
Bibliografía	127

Listado de figuras

Figura 1 Gráfica de temperaturas mensuales	20
Figura 2 Gráfica de oscilación térmica	20
Figura 3 Gráfica de humedades relativas mensuales.....	21
Figura 4 Gráfica de precipitación pluvial.....	21
Figura 5 Gráfica de viento dominante en Ciudad Juárez.....	22
Figura 6 Diagrama del método de diseño bioclimático, Gómez Azpeitia.	26
Figura 7 Modelos de temperatura superficial del suelo del 2010 en Ciudad Juárez, Chihuahua.	30
Figura 8 Edificio y su envolvente, con proyección de sol y sombras.....	33
Figura 9 Velocidad del viento sobre los edificios en área urbana y suburbio.	34
Figura 10 Diagrama de estimación de temperatura neutra y rangos de confort térmico con el método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica.....	37
Figura 11 Esquema de capa superior urbana mostrando como se generan las ICU.....	40
Figura 12 Esquema del flujo de trabajo para el procesamiento de datos de temperatura superficial.	41
Figura 13 Diagrama de la perspectiva metodológica para la evaluación de las islas de calor.	42
Figura 14 Mapa de localización de FOVISSSTE Chamizal (Ave. Plutarco Elías Calles y Hermanos Escobar).....	43
Figura 15 Esquema de la metodología en cuatro fases.....	45
Figura 16 Mapa de la distancia del área de estudio y la estación meteorológica IIT-01.	46
Figura 17 Fotografías del sensor HOBO data logger con cubierta.	47
Figura 18 Fotografía de edificio de vivienda vertical en FOVISSSTE Chamizal.	48
Figura 19 Fotografía de edificio de vivienda vertical en FOVISSSTE Chamizal, en estado de deterioro.....	49
Figura 20 Mapa de ubicación comercial en el conjunto de vivienda FOVISSSTE Chamizal.....	50
Figura 21 Plano 2D de la ubicación de los 8 sensores de temperatura.....	51
Figura 22 Imágenes 3D de la ubicación de los 8 sensores de temperatura.	52
Figura 23 Mapa de conjunto con 8 secciones de 150m de largo.	53
Figura 24 Grafica de temperatura y humedad relativa de los sensores en marzo a las 02:00.	56
Figura 25 Grafica promedio de temperatura y humedad relativa de los sensores en marzo a las 16:00.	58
Figura 26 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 1 a las 02:00 y 16:00 horas.	59
Figura 27 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 2 a las 02:00 y 16:00 horas.	61
Figura 28 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 3 a las 02:00 y 16:00 horas.	63
Figura 29 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 4 a las 02:00 y 16:00 horas.	65
Figura 30 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 5 a las 02:00 y 16:00 horas.	67
Figura 31 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 6 a las 02:00 y 16:00 horas.	69
Figura 32 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 7 a las 02:00 y 16:00 horas.	71
Figura 33 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 8 a las 02:00 y 16:00 horas.	73
Figura 34 Grafica del promedio de temperatura y humedad de los sensores en Junio a las 02:00.	75
Figura 35 Grafica del promedio de temperatura y humedad de los sensores en junio a las 16:00.	77
Figura 36 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 1 a las 02:00 y 16:00 horas.	78
Figura 37 Ubicación y gráficas de la temperatura y HR: en la sección 2 a las 02:00 y 16:00 hrs.	80
Figura 38 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 3 a las 02:00 y 16:00 horas.	82
Figura 39 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 4 a las 02:00 y 16:00 horas.	84
Figura 40 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 5 a las 02:00 y 16:00 horas.	86
Figura 41 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 6 a las 02:00 y 16:00 horas.	88

Figura 42 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la s. 7 a las 02:00 y 16:00 hrs.....	90
Figura 43 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 8 a las 02:00 y 16:00 horas.	92
Figura 44 Ficha de imagen térmica A-01, con vista aérea a 50 ml.....	94
Figura 45 Ficha de imagen térmica A-02, con vista aérea a 50 ml.....	95
Figura 46 Ficha de imagen térmica A-03, con vista aérea a 20 ml.....	96
Figura 47 Ficha de imagen térmica C-01, con vista panorámica a 49 ml.	97
Figura 48 Ficha de imagen térmica C-02, con vista superior a 50 ml.....	98
Figura 49 Ficha de imagen térmica C-03, con vista superior a 50 ml.....	99
Figura 50 Ficha de imagen térmica C-04, con vista superior a 49 ml.....	100
Figura 51 Ficha de imagen térmica C-05, con fachada al Norte.....	102
Figura 52 Ficha de imagen térmica C-06, con fachada al Sur.....	103
Figura 53 Ficha de imagen térmica C-07, con fachada al Este.	104
Figura 54 Ficha de imagen térmica C-08, con fachada al Oeste.....	105
Figura 55 Ficha de imagen térmica C-09, con fachada al Noroeste.	106
Figura 56 Ficha de imagen térmica C-10, con fachada al Sur.....	107
Figura 57 Ficha de imagen térmica C-11, con fachada al Este.	108
Figura 58 Ficha de imagen térmica A-04, con vista aérea a 20 ml.....	110
Figura 59 Ficha de imagen térmica A-05, con vista aérea a 50 ml.....	111
Figura 60 Ficha de imagen térmica A-06, con vista aérea a 20 ml.....	112
Figura 61 Ficha de imagen térmica B-01, con vista frontal a 20 ml.	113
Figura 62 Ficha de imagen térmica B-02, con vista frontal a 20 ml.	114
Figura 63 Ficha de imagen térmica B-03, con vista frontal a 20 ml.	115
Figura 64 Ficha de imagen térmica B-04, con vista frontal.	116
Figura 65 Ficha de imagen térmica B-05, con vista frontal a 10ml.	117
Figura 66 Ficha de imagen térmica B-06, con vista frontal a 5 ml.	118

Listado de tablas

Tabla 1 Datos meteorológicos de ciudad Juárez.	23
Tabla 2 Estadísticas de la configuración del conjunto habitacional para las 8 secciones.	31
Tabla 3 Tipos de radiación.	32
Tabla 4 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo cálido.	38
Tabla 5 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo de transición. ...	38
Tabla 6 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo frío.	39
Tabla 7 Estadísticas de la configuración del conjunto habitacional de las 8 secciones.	55
Tabla 8 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 02:00 horas.	56
Tabla 9 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 16:00 horas.	57
Tabla 10 Estadísticas de la configuración de la sección 1.	60
Tabla 11 Estadísticas de la configuración de la sección 2.	62
Tabla 12 Estadísticas de la configuración de la sección 3.	64
Tabla 13 Estadísticas de la configuración de la sección 4.	66
Tabla 14 Estadísticas de la configuración de la sección 5.	68
Tabla 15 Estadísticas de la configuración de la sección 6.	70
Tabla 16 Estadísticas de la configuración de la sección 7.	72
Tabla 17 Estadísticas de la configuración de la sección 8.	74
Tabla 18 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 02:00 horas.	75
Tabla 19 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 16:00 horas.	76
Tabla 20 Estadísticas de la configuración de la sección 1.	79
Tabla 21 Estadísticas de la configuración de la sección 2.	81
Tabla 22 Estadísticas de la configuración de la sección 3.	83
Tabla 23 Estadísticas de la configuración de la sección 4.	85
Tabla 24 Estadísticas de la configuración de la sección 5.	87
Tabla 25 Estadísticas de la configuración de la sección 6.	89
Tabla 26 Estadísticas de la configuración de la sección 7.	91
Tabla 27 Estadísticas de la configuración de la sección 8.	93
Tabla 28 Análisis de imágenes térmicas en periodo frío.	101
Tabla 29 Análisis de imágenes térmicas en periodo de transición.	109
Tabla 30 Estadísticas de la configuración de la sección 8.	119
Tabla 31 Información climática de la estación IIT-01, 02/05/2020.	123
Tabla 32 Información climática de la estación IIT-01, 06/06/2020.	123
Tabla 33 Información climática de la estación IIT-01, 09/26/2020.	124
Tabla 34 Temperatura y humedad relativa a las 02:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de transición.	125
Tabla 35 Temperatura y humedad relativa a las 16:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de transición.	125
Tabla 36 Temperatura y humedad relativa a las 02:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de verano.	126
Tabla 37 Temperatura y humedad relativa a las 16:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de verano.	126

Resumen

El crecimiento de las ciudades ha generado preocupación en el ambiente internacional por las crecientes islas de calor urbano, debido a las consecuencias negativas en el medio ambiente (UNOHABITAT, 2009). Por ello, programas como el de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas establece que “los países del mundo deben trabajar más en desarrollar ciudades compactas para mitigar diversos problemas relacionados con el medio ambiente, esto con relación a cuestiones globales como las crecientes islas de calor y el calentamiento del suelo”(UNOHABITAT, 2009: 58). En México, ciudades como ciudad Juárez han crecido en población, demandando la expansión de su mancha urbana, teniendo pérdidas importantes en su calidad ambiental (Sánchez, 2012).

Esta investigación aborda la evaluación del contexto urbano del conjunto habitacional FOVISSSTE Chamizal en ciudad Juárez, Chih. En términos de islas de calor urbano, a partir de la evaluación de las temperaturas superficiales en relación con la distribución de los materiales y el confort humano. La metodología aborda desde la revisión bibliográfica, el uso de técnicas y tecnologías para la identificación de las islas de calor urbano con sensores tipo hobo de temperatura e imágenes térmicas, obtenida con cámara termográfica FLIR T-400, para el análisis de las superficies y los materiales. Por último, la relación de las fuentes adyacentes que propician las islas de calor urbano en el contexto urbano inmediato.

El estudio se realizó en un clima cálido seco extremo, en los periodos cálido y de transición, bajo una metodología de 4 fases con el análisis del contexto urbano inmediato, recopilación de datos, análisis de gráficos numéricos y análisis de resultados. Comparando los resultados del análisis con la información recabada en el conjunto habitacional y la información brindada por la estación climática IIT-01. De acuerdo con esto, las conclusiones de la evaluación son que el contexto urbano del conjunto habitacional genera condiciones para estar en el rango de confort humano en el espacio público.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La vivienda social enfrenta retos en la actualidad con el cambio climático, esto ha generado la necesidad de estudiar la regulación de la temperatura interna de la vivienda, buscando la reducción del consumo de energía con el uso de los principios del diseño pasivo, con ello, se reduciría el impacto en el medio ambiente que genera la vivienda (Parsons, 2001). Con el cambio climático, ha sido necesario reducir la tasa de crecimiento global de nuevos edificios, debido al consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la construcción, de lo contrario "existirán pocas esperanzas de enfrentar efectivamente el desafío del cambio climático global" (Parsons 2001:42).

La vivienda ha sido tema de conjunto interés internacional desde la creación de la ONU en 1945, debido a la demanda de vivienda después de la segunda guerra mundial, por ello, la vivienda social del tipo multifamiliar que se distribuye como vivienda vertical, surge con el funcionalismo en la arquitectura del movimiento moderno. Un ejemplo internacional es la Unité d'Habitation de Marsella, "construida entre 1947 y 1952, como respuesta a la necesidad de enfrentar el problema de la vivienda prioritaria masiva que corresponde con el nuevo estatuto de arquitectura colectiva del pueblo" (Mejía, 2011: 70). En México, a mediados del siglo XX, aparecen instituciones gubernamentales que fomentan la producción de vivienda, a causa de la gran demanda de vivienda a una población creciente y carente de recursos.

El movimiento moderno de arquitectura entro a México en 1949 con el multifamiliar Centro Urbano Presidente Miguel Alemán, proyectado por el arquitecto Mario Pani a finales de los años cuarenta, en respuesta al rápido crecimiento de la población en Ciudad de México, con la idea de "crear una ciudad dentro de una ciudad" (Sánchez, 2012). Con aforo para 1.080 apartamentos, los cuales fueron construidos en altura con el fin de no ocupar una superficie mayor al 25% del terreno. Además, en el diseño se pueden apreciar los ideales del arquitecto suizo Le Corbusier que son "la luz, el espacio y lo verde" (Sánchez, 2012: 52).

Para el año 1973, se creó el Fondo de la Vivienda del ISSSTE (FOVISSSTE) para otorgar créditos hipotecarios a los trabajadores, administrar las aportaciones de las dependencias y entidades públicas afiliadas al ISSSTE, destinadas al otorgamiento de créditos para la adquisición, reparación, ampliación o mejoramiento de las viviendas de los trabajadores del Estado (Sánchez, 2012).

En las décadas ochenta y noventa, se produjo una redefinición en la acción del Estado en materia de vivienda como resultado de un nuevo marco de reestructuración nacional y global en la economía mundial. Desde entonces, “la participación estatal en los programas de vivienda se ha restringido a la promoción y financiamiento habitacional, estimulando con ello la participación social y privada a fin de que construyan y financien la construcción de viviendas” (Sánchez, 2012: 19). Esto encamina “el crecimiento enorme de la mancha urbana y la carencia de una planeación de esa expansión provocó que el Gobierno aprobara programas como el Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) para mejorar la planeación y el control del crecimiento urbano para poder desarrollar otra vez mejores proyectos integrales. Por desgracia, hoy en día la mayoría de los proyectos de vivienda social todavía carece de un diseño integral y sobre todo de una densidad necesaria” (Sánchez, 2012: 19).

Todo esto llevó a que se comenzara a construir viviendas como “única forma de garantizar que se construirán de acuerdo con las mínimas condiciones higiénicas” (Benévolo, 1987: 3). La vivienda social estaba destinada a satisfacer las necesidades básicas de habitabilidad, sin embargo, “el pensamiento funcionalista llegó a reducir el concepto de vivienda social a vivienda mínima, por lo tanto, a vivienda barata, bajando la calidad de las condiciones de habitabilidad” (Narváez et al., 2015: 13). Actualmente, la vivienda social se entiende como “pisos que se sacan al mercado a un precio mucho menor del mismo y al que pueden acceder determinados colectivos de personas con un determinado nivel de ingresos” (Narváez, et al. 2015: 13).

El conjunto habitacional que se evaluó es del tipo vivienda social, la cual, consta de una serie de viviendas para personas de escasos recursos que son construidas o financiadas por gobiernos u organizaciones sociales no gubernamentales. La vivienda social tiene sus inicios en el siglo XIX en plena Revolución Industrial en Europa, esto surge a causa de la preocupación por las

condiciones de habitabilidad con que contaban las clases sociales con menos recursos (Narváez et al. 2015). En la declaración de Vancouver de Hábitat I, en 1974 se dijo que “la vivienda y los servicios adecuados constituyen un derecho humano básico que impone a los gobiernos la obligación de asegurar su obtención por todos los habitantes, comenzando por la asistencia directa a las clases más desfavorecidas mediante la orientación de programas de autoayuda y de acción comunitaria” (Miranda, 2018: 32).

1.2 Justificación

El estudio del contexto urbano inmediato en términos de islas de calor aportara conocimiento en el área de arquitectura bioclimática para el desarrollo de estrategias en el diseño de conjuntos habitacionales de vivienda vertical en ciudad Juárez, Chihuahua. Con ello, se evaluarán los factores que influyen en el confort humano, que permitan realizar una discusión en la composición del diseño urbano. Como menciona Sánchez (2012), con esto se pueden generar nuevas formas de arquitectura que generen mejores experiencias de vida para una población que seguirá creciendo, demandando mayores servicios y la satisfacción a sus necesidades básicas.

En cuanto a las condiciones físicas que influyen en la formación de islas de calor urbano (ICU), y la configuración del conjunto habitacional, se hará estudio en base al trabajo de Oke (2006) citado en Coseo (2013), los estudios que se realicen demostraran que la influencia de la configuración del edificio, las alturas de los edificios, la densidad, la disposición de los edificios y la orientación de la calle impactan en las temperaturas del lugar. Con ello, se logrará profundizar en la problemática de las crecientes islas de calor urbano en los desarrollos habitacionales. Debido al efecto de islas de calor urbano, las tasas de mortalidad han sido generalmente más altas en las zonas urbanas que en las rurales, y con el cambio climático futuro se prevé que las temperaturas nocturnas se calienten más rápido que las temperaturas diurnas. Con esto, se propone que el estudio resulte en un apoyo para la reducción de menos muertes “al estar expuestas al estrés por calor en áreas urbanas” (Dahl et al., 2019: 29).

1.3 Problemática

A nivel global uno de los mayores problemas de acuerdo con el programa UNOHABITAT de la ONU es “el desarrollo de ciudades dispersas por la creación de zonas marginales y desaprovechamiento de los centros urbanos” (UNOHABITAT, 2009: 58). En México existen ciudades que han aprovechado los perímetros de contención urbana para densificar con vivienda de alta densidad y aprovechar los servicios que brindan los centros urbanos ayudando a proteger áreas naturales del crecimiento de las ciudades.

Debido a los problemas que enfrentan las ciudades mexicanas en relación con el crecimiento de las ciudades y el medio ambiente, nos dice Sánchez (2012), que pensando en que se construirán casi 40 millones de viviendas más en los futuros treinta años, es donde está la problemática o la posibilidad de seguir haciendo las cosas como se hacen en la actualidad, los problemas de infraestructura, escasez de agua y territorio disponible, así como el alejamiento de los centros urbanos, se acrecentarán y se convertirán en un problema sin precedentes.

En el Norte de México, se cuenta con extensos territorios llanos que permiten desarrollar conjuntos habitacionales, donde el interés por construir vivienda social ha crecido la mancha urbana en los últimos treinta años con programas de financiamiento para la vivienda. En ciudad Juárez, esto ha permitido que se den una serie de problemas no solo medioambientales sino sociales y económicos, como el abandono y vandalismo en los nuevos desarrollos de vivienda social. Los problemas que resultan de las ICU según Coseo (2013), son el aumento de fallas en la infraestructura, sequías, amenaza de incendios, aumento del estrés de la vegetación urbana, cambio de los patrones de precipitación regional y disminución de la calidad del aire urbano.

En el contexto ambiental, la expansión de la superficie urbana afecta de manera crítica áreas naturales a causa de desarrollos de vivienda y comunidades, donde no se toma a consideración y paralelamente causa la erosión del suelo (Sánchez, 2012). El clima es un factor importante para problematizar en el diseño de la vivienda social, por lo que “la edificación será un elemento protector y regulador que rechace o transforme a la acción de los elementos ambientales naturales de un lugar” (Rodríguez, 2001: 13). En el contexto urbano construido del caso de

estudio se cuenta con materiales de la edificación y del mobiliario urbano, los cuales, inciden en la radiación del calor en las superficies, esto afecta directamente a la temperatura. La pregunta de investigación se plantea de la siguiente manera: ¿Cuál es el impacto que tienen las islas de calor en el ambiente del contexto urbano inmediato al conjunto habitacional de vivienda vertical?

1.4 Hipótesis

Al evaluar la relación de impacto de las islas de calor sobre el ambiente del contexto urbano inmediato al conjunto habitacional de vivienda vertical FOVISSTE Chamizal, se determinarán las condiciones prevalecientes en términos del rango de confort humano.

1.5 Objetivo General

Evaluar el impacto de las islas de calor sobre el contexto urbano inmediato al conjunto habitacional de vivienda vertical en términos de la definición del rango de confort humano.

1.6 Objetivos Particulares

- Determinar las condiciones de materialidad del contexto urbano inmediato al conjunto de vivienda vertical.
- Determinar las condiciones medioambientales del contexto urbano inmediato del conjunto de vivienda vertical.
- Evaluar la relación entre las islas de calor y la materialidad del contexto urbano inmediato al conjunto de vivienda vertical para definir el rango de confort humano existente.

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de vivienda vertical

La vivienda como tal, hace referencia a una vivienda producida en serie, envuelta en el término social. Dicho esto, se retoma a Haussmann, un funcionario francés que trabajó en el reordenamiento de París de 1850 a 1870, que nos dice "se comienza a construir viviendas destinadas a las clases más débiles económicamente por parte del estado, como única forma de garantizar que se construirán de acuerdo con las mínimas condiciones higiénicas". Más adelante en el Movimiento Moderno Internacional de Arquitectura, el arquitecto alemán Walter Gropius, fundador de la Bauhaus, dice que la vivienda mínima pueda definirse a priori y expone dos soluciones tradicionales que se siguen empleando en nuestros días, que son la vivienda unifamiliar y la vivienda colectiva (Benévolo, 1987: 3).

En las condiciones que se encontraba Alemania después de la primera guerra mundial, la vivienda unifamiliar la ocupa la clase media, mientras que la vivienda colectiva aparece como la forma más adecuada para la vivienda popular. En Alemania Walter Gropius señala que "el optimum se encuentra en un bloque de diez a doce pisos. De este razonamiento derivan dos líneas de estudio; ya que las casas altas constituyen un nuevo tipo edificatorio, es necesario demostrar con argumentos urbanísticos, que pueden sustituir a las habituales casas de tres a cinco pisos". Además, Gropius dice que los ciudadanos de un país tienen las mismas costumbres en el vivir y en el habitar, por ello, no comprende por qué los edificios no pueden someterse como los vestidos, coches o zapatos. (Benévolo, 1987: 38).

En México resulta interesante que la mayoría de los conjuntos multifamiliares o vivienda vertical de la época moderna siguen funcionando, debido a que proyectos similares en otros países causaron problemas, a causa de que se construyó un número pequeño de éstos y continúan como "islas dentro de la ciudad". Además de ofrecer vivienda para sus habitantes, logran la función de traer equipamiento a las zonas aledañas. Y se logró que en la mayoría de los conjuntos contaran con una buena diversidad social, que es uno de los factores más importantes para la seguridad y el bienestar de su población (Sánchez, 2012, 97).

La definición de vivienda vertical desde la gestión de eficiencia energética, María Villamizar menciona que son los edificios o proyectos con más de tres unidades de vivienda, con alturas que superan los 3 pisos. (Villamizar, 2016, 155). En el Programa Apoyo a la vivienda para el ejercicio fiscal 2017, publicado por el DOF, se definió a la vivienda vertical como “aquel grupo de viviendas cuya composición de espacios se integran en sobre posiciones para formar edificaciones de más de un nivel, la cual no considera un crecimiento a futuro, por lo tanto, todas aquellas edificaciones de tres o más niveles con tres o más viviendas construidas en un mismo predio, constituidas como propiedad en condominio o copropiedad.” Citado del Programa Nacional de Vivienda 2014-2018 en (Martínez, 2018: 20-21).

La vivienda vertical de interés social la define Martínez (2018), en el tema de edificaciones sustentables como “un modelo que puede ser replicable, de más de dos niveles de vivienda, cada una de ellas con una limitante en cuanto a metros cuadrados y precio, sin embargo, esta vivienda también requiere de acciones puntuales que se enfoquen en la sustentabilidad, ya que la edificación de las viviendas también debe contribuir a frenar la expansión urbana desmedida que implica también una devastación de las reservas ecológicas, al mismo tiempo que se debe disminuir el consumo de las energías generadas por la provisión de servicios para estos desarrollos tan distantes” (Martínez, 2018: 20-21). Con el recorrido teórico de la vivienda vertical se puede definir como el agrupamiento de más de 3 unidades de vivienda replicadas en tres o más niveles, dentro de un terreno en área urbana con la provisión de espacios públicos y servicios, en régimen de condominio.

2.2 Analogía entre el concepto de vivienda vertical y vivienda horizontal

Para entender ambos conceptos se debe iniciar en comprender la vivienda social, dado que es vista como un producto que ocupa el suelo, está vinculado a un sistema económico. Se habla sobre ella en la declaración de Vancouver de Hábitat I, en 1974 diciendo que “la vivienda y los servicios adecuados constituyen un derecho humano básico que impone a los gobiernos la obligación de asegurar su obtención por todos los habitantes, comenzando por la asistencia directa a las clases más desfavorecidas mediante la orientación de programas de autoayuda y de acción comunitaria” (Hernández, Treviño, y Becerril, 2018: 8).

En el diagnóstico se debe observar primero desde una escala urbana entre expansión y densificación, para entender su contexto. En el mundo occidental, más específicamente en ciudades europeas, se da la pérdida de población en los centros urbanos a causa de la suburbanización, es cuando la clase media es desplazada a los suburbios debido al costo elevado en rentas. “La gran ventaja de los espacios metropolitanos periféricos en todas las ciudades del mundo, tanto para la vivienda particular como para las empresas y las industrias, es no solamente el espacio, sino el espacio a un precio accesible” (Chavoya, Galván y Rendón, 2009: 39).

En México, existe la especulación sobre el valor del suelo en los terrenos periféricos y ejidales, además de los centros urbanos. Con este instrumento que dispone el sector público, puede influir sobre las tendencias decisivas en la creación de la forma espacial metropolitana. Un caso en especial es “la incorporación de tierra de propiedad particular en la periferia, generalmente dispersa en terrenos de poca superficie y con muchos propietarios, ofrece dificultades diferentes a los terrenos ejidales, porque con los ejidos se puede negociar como corporación, en tanto que con los particulares la negociación debe ser individual. Esto tiene consecuencias en la expansión espacial urbana” (Chavoya, Galván y Rendón, 2009: 39).

La comparación de la vivienda horizontal como individual y la vivienda vertical como colectiva, la podemos analizar desde la percepción de un sujeto, en el que lo individual puede significar calidad de vida, vivienda grande y entorno verde. Mientras que, en lo colectivo, calidad de vida puede significar acceso a los servicios y equipamientos, movilidad multiplicada. Con ello, se encuentra como diferencia la popularidad de vivir en los suburbios y por otro lado las políticas densificadoras (Chavoya, Galván, y Rendón, 2009: 43). Concluyendo con esta analogía, se determina que ambas tipologías deben ser equilibradas en el desarrollo urbano, contemplando la condición de un entorno sostenible.

2.3 Definición de la ciudad compacta

En México, la industrialización de los años 30's produjo el crecimiento de las grandes ciudades, y con ello, surgieron problemas que acompañaron a la vivienda como "el crecimiento demográfico, la migración descontrolada, el ineficaz sistema financiero, la inadecuada legislación y el deficiente sistema administrativo" (Sánchez, 2012: 9).

El estar cerca del lugar de trabajo o estudio permite a la población ahorrar tiempo y gastos de transporte, debido a ello, se minimiza el ruido y contaminación ambiental por la emisión de gases, de los medios tradicionales de transporte y el flujo constante de tránsito. Cuando se hable de ciudad compacta, se debe mencionar la densificación, en este concepto se distinguen dos corrientes ideológicas, una por los planificadores, donde se manifiestan a favor del modelo compacto de metrópoli y en contra están los neoliberales, que rechazan cualquier tipo de intervención pública y plantean el modelo expansionista de desarrollo urbano (Chavoya, Galván, y Rendón, 2009: 43).

La ciudad compacta se entiende como "un espacio urbano que implica edificios verticales, en un entorno favorable para fortalecer o recrear cierta urbanidad e interacción social. A diferencia de la vivienda establecida a partir de casas individuales horizontales, generalmente en condominios cerrados, y de la cual se suele salir y entrar en automóvil individual sin ni siquiera pisar el espacio público entre la casa y el centro comercial. "Este fenómeno es considerado positivo, al generar cierta mezcla social y funcional en una calle accesible" (Chavoya, Galván, y Rendón, 2009: 40-41). Como conclusión, se destaca que la ciudad compacta responde a cuestiones económicas del suelo y favorece la tipología de vivienda vertical. Además, crea una centralidad para el desarrollo urbano, el cual, resulta conveniente para brindar de servicios y generar una mezcla social en los espacios públicos.

2.4 La ciudad compacta y la vivienda vertical

La vivienda es una necesidad primordial de la población y es la causa principal de la expansión de la mancha urbana, generando el crecimiento con nuevos desarrollos en las periferias, ocupando grandes reservas territoriales que, en ocasiones, carecen de una planeación urbana integral y que se limitan a desarrollar productos con base a esquemas financieros y demanda. “La concepción de proyectos arquitectónicos debe tomar sutilmente en cuenta las formas y prácticas urbanas existentes, y a la vez alejarse de ellas, al contribuir a la creación de una nueva realidad urbana” (Chavoya, Galván, y Rendón, 2009: 42).

La vivienda social es un negocio que influye en la configuración de las ciudades, desde el enfoque económico. Según Pedro Abramo (2018), surgen externalidades de vecindad, estas ordenan a la población de acuerdo la capacidad de pago de la vivienda, creando ciudades segregadas. Aunado a esto, la cercanía a los centros urbanos ha sido sustituida por la ubicación de amplias zonas residenciales en la periferia de las ciudades, las cuales se apoyan en el continuo uso del automóvil y, al surgimiento de nuevos subcentros urbanos, que sirven de complemento a las zonas residenciales. (Aguirre, 2016: 234). La vivienda de colectiva genera un costo mayor por estar en centros urbanos, permitiendo la movilidad adecuada que a largo plazo brindara considerables ahorros en infraestructura, servicios como el agua, mantenimiento, vigilancia, recolección de basura, pavimentación de vialidades, alumbrado público y alcantarillado.

En el ámbito ambiental, la expansión de la superficie urbana afecta de manera crítica la deforestación por parte de desarrollos de vivienda, en los que no se toma a consideración y paralelamente causan la erosión del suelo (Sánchez, 2012: 101). Esto rompe con los ideales de la ciudad compacta, por ello, el concepto vertical constituye un motor para la innovación, en cuanto a técnicas de rehabilitación de edificios antiguos a costos que permitan la factibilidad financiera del proyecto, en mezclas armoniosas entre arquitectura moderna y arquitectura histórica e inclusión acorde al tejido urbano existente (Chavoya, Galván y Rendón, 2009: 42). Concluyo que el desarrollo de ciudades compactas, la verticalización de la vivienda impulsa el desarrollo sostenible, aunque no está exento de problemas como el encarecimiento del suelo.

2.5 Concepto de sostenibilidad en el diseño urbano

2.5.1 Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad es conocido como desarrollo sostenible por las Naciones Unidas, establecido en el informe de la Comisión de Brundtland de 1987 como “el proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”. Este concepto ha evolucionado hasta tener presentes el deterioro del medio ambiente, contemplando la calidad de vida las personas y los efectos del modelo económico (Salazar, 2011: 13-14). En el programa de comunidades modelo de Agenda 21, es definido como “el desarrollo que presta servicios sociales, económicos y ambientales básicos sin amenazar la viabilidad de los sistemas sociales, artificiales y naturales que permitan dichos servicios”. (Sánchez, 2012: 182).

El concepto de desarrollo sostenible puede dividirse en lo ambiental, económico y social, considerando el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la estabilidad económica. Con esto, “se impulsa a que el urbanismo y la arquitectura cumplan su condición de encontrar respuestas bioclimáticas y de bajo consumo energético” (Salazar, 2011: 13-14). La sociedad, los desarrolladores y el gobierno deben pensar en un mismo objetivo que promueva la justicia social, la viabilidad económica y el compromiso medioambiental de los nuevos desarrollos urbanos. Esta definición reconoce además que el concepto sustentabilidad se encuentra en equilibrio dinámico, es decir, es un estado que no puede alcanzarse ni mantenerse, “nosotros, los pueblos y ciudades, reconocemos que la sustentabilidad no es ni una visión, ni un estado inmutable, sino un proceso creativo local, que persigue el equilibrio y que afecta a todas las decisiones de carácter local” (Romero et al., 2004, 37).

En México, son pocos los desarrollos construidos bajo el concepto de sostenibilidad, debido a que es un país con gran demanda de vivienda; aun así, cuenta con el potencial para mejorar las condiciones de las personas y generar un impacto positivo en el ambiente. Sin embargo, esta ideología debe ser entendida como un bien común, parte de un conjunto mayor, no se puede considerar el desarrollo de conjuntos habitacionales ajenos a las situaciones económicas que

afectan al país y al mundo. Las acciones u omisiones del diseño urbano y arquitectónico tienen impacto en el medio ambiente, entorno social y en la calidad de vida.

2.5.2 Diseño urbano

El término diseño urbano surge a finales de los años cincuenta, en la conferencia de José Luis Sert, en la que se abordó la preocupación por la decadencia de los centros urbanos, con el interés del espacio construido como un lugar de múltiples actividades y funciones sociales, económicas, culturales y ambientales. Con ello, se ha logrado “mayor conciencia global respecto a los impactos ambientales y sociales del desarrollo, impulsando la movilidad no motorizada, la incorporación de infraestructuras verdes, una creciente demanda por integración social y participación ciudadana en la construcción de espacios” (Munizaga, 2014: 4). El diseño urbano puede entenderse como la organización del área urbana, con el fin de impulsar actividades en la ideología del desarrollo sostenible, para vitalizar el espacio y que no caiga en decadencia.

2.5.2.1 Clima urbano

Las condiciones climáticas dependen de diversos factores como temperatura, movimiento de aire, la radiación solar, contaminación y la humedad relativa. Esta última, “es una medida relativa, que no expresa la cantidad absoluta de vapor de agua en el aire. Más bien, es la cantidad de vapor de agua en el aire comparado a la cantidad máxima que el aire puede contener a su temperatura actual”. (U.S Environmental Protection Agency, 2016: 11). Y, para la evaporación se requieren los factores de temperatura del agua y de humedad relativa del aire. Ya que, “entre más caliente este el agua, más seco está el aire cerca de la superficie mojada, y entre más rápido pase el aire sobre la superficie mojada, en una superficie grande expuesta, más elevado es el índice de evaporación”.

En relación al espacio urbano, “se necesita más energía para evaporar agua de materiales porosos que de materiales impermeables porque las moléculas de agua están unidas más firmemente por fuerzas capilares y es difícil secarlas al aire, soplando aire de ventilación a través de muchos materiales de construcción porosos” (U.S Environmental Protection Agency, 2016: 28).

El espacio urbano construido influye en la formación de islas de calor urbano (ICU), esto se debe en gran medida a “los factores de cobertura de suelo, la configuración de los edificios del conjunto y las fuentes de calor adyacentes” (Coseo, 2013: 10). En el estudio del clima urbano se han identificado tres componentes de la atmósfera de las ciudades que son la capa límite planetaria, la capa límite urbana y la capa de dosel urbana. Dentro de la capa límite planetaria, ha identificado dos capas críticas para comprender el clima urbano, la capa límite urbana y la capa de cubierta urbana. Durante el día, la capa límite urbana se extiende desde la parte superior de los edificios (0.6 a 1.5 km) y disminuye por la noche (0.1 a 0.3 km), debido a una mayor estabilidad. (Coseo, 2013: 4). Se concluye que, en el estudio del clima urbano se pueden encontrar condiciones climáticas en relación con fuentes adyacentes de calor, que se encargan de modificar los microclimas, del contexto urbano.

2.5.2.2 Propiedades físicas de los materiales

Los materiales con que cuenta el espacio urbano son concretos, asfaltos, ladrillos, maderas, etc. Estos materiales presentan propiedades en la reflectividad y el balance energético de las cubiertas terrestres. En un inicio los materiales urbanos reflejan de 15 a 20% de radiación solar, de la radiación de onda corta entrante, mientras que el 80 a 85% restantes son absorbidos y almacenados por los materiales. “El asfalto tiene un valor de albedo de 0.05, absorbiendo cerca del 95% de la radiación entrante, mientras que los materiales urbanos alteran el balance energético de las cubiertas terrestres, mientras que los valores de emisividad del concreto, el asfalto y el ladrillo son de alrededor de 0.90” (Coseo, 2013:9).

La energía térmica almacenada en los materiales urbanos se emite en primer lugar como calor sensible, donde se eleva la temperatura del aire mediante el proceso de convección. En segundo lugar, por radiación de onda larga, donde se eleva la temperatura del aire, calentando el aire indirectamente a través del efecto invernadero. Por último, el calor latente, que se forma a través del proceso de evaporación, por medio de la energía térmica almacenada, este evapora la humedad y en el proceso se convierte en calor latente indetectable. Y sin la presencia de humedad, no se forma el calor latente y el calor se libera como radiación sensible. Por ello, la humedad del suelo y de las plantas juega un papel importante en el enfriamiento, esto causado por superficies impermeables que sellan la humedad del suelo y el reemplazo de la vegetación con materiales urbanos (Coseo, 2013:9).

2.5.3 Aspectos ambientales

El conjunto habitacional FOVISSSTE Chamizal, se localiza en Ciudad Juárez, Chihuahua; ciudad al norte de México en las coordenadas geográficas 31° 44'58'' N, 106° 26'34'' W, a 1135 metros sobre el nivel medio del mar, perteneciendo a una zona de clima cálido seco extremo con inviernos fríos (IMIP, 2016: 132). La clasificación de climas según Koppen133, identifica a la zona de tipo Bw_{kx'}(e'), que lo define así por su grado de humedad. Bw = Clima muy seco o desértico k = Templado, con verano cálido, temperatura media anual entre 12° y 18°C, con abundancia de días con sol durante el año; la del mes más frío es entre -3 y 18°C con un invierno frío, donde nieva y la del mes más caliente es mayor a 18°C con temperaturas extremas y humedad baja. x' = Régimen de lluvias intermedio entre verano y muy escasas en invierno. e' = Muy extremo, oscilación de temperatura mayor de 14°. Mientras que en primavera y otoño a pesar de haber una temperatura templada se producen tormentas de aire y las noches pueden ser muy frescas (IMIP 2016).

En relación con la temperatura de la región (Ver Figura 1), la temperatura máxima promedio anual es de 36.0°C, con un promedio de 19.2° y la mínima de 1.2°C. Con una oscilación promedio diaria de 15.50°C (Ver Figura 2). Y con humedad relativa máxima promedio de 68.46%, promedio de 45.75% y mínima de 26.8% (Ver Figura 3) (Sandoval & Herrera, 2020).

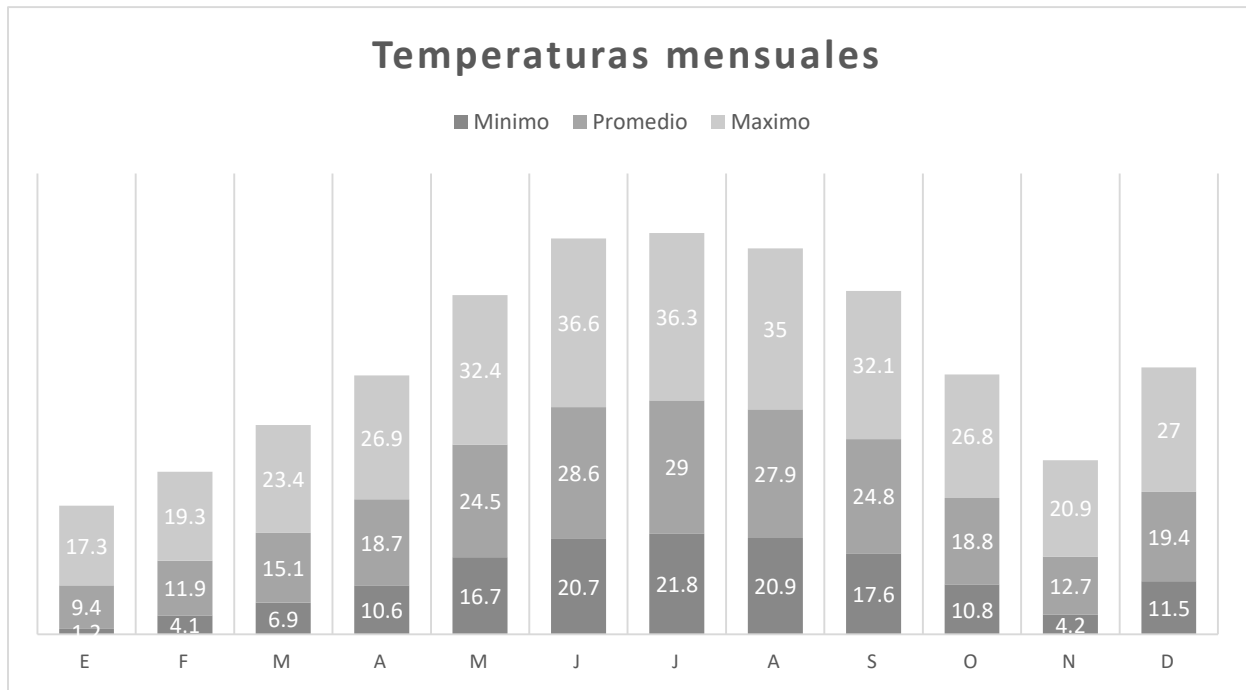


Figura 1 Gráfica de temperaturas mensuales

Fuente: Elaboración propia en base a el trabajo de (Sandoval y Herrera, 2020: 5).

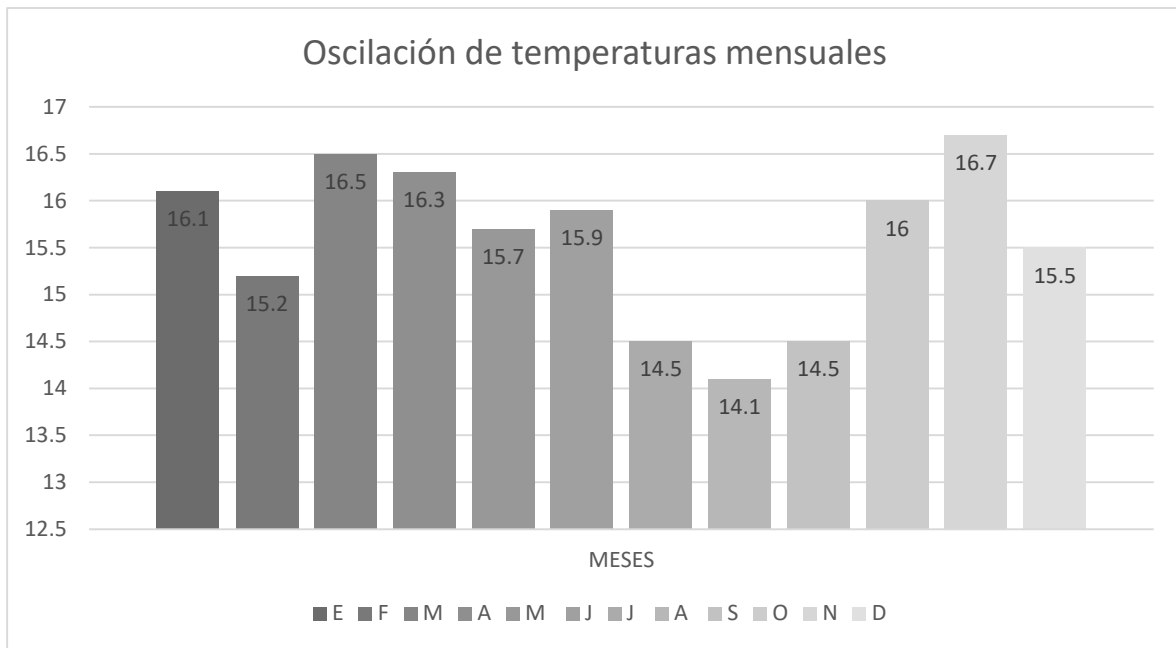


Figura 2 Gráfica de oscilación térmica

Fuente: Elaboración propia en base a el trabajo de (Sandoval y Herrera, 2020: 5).

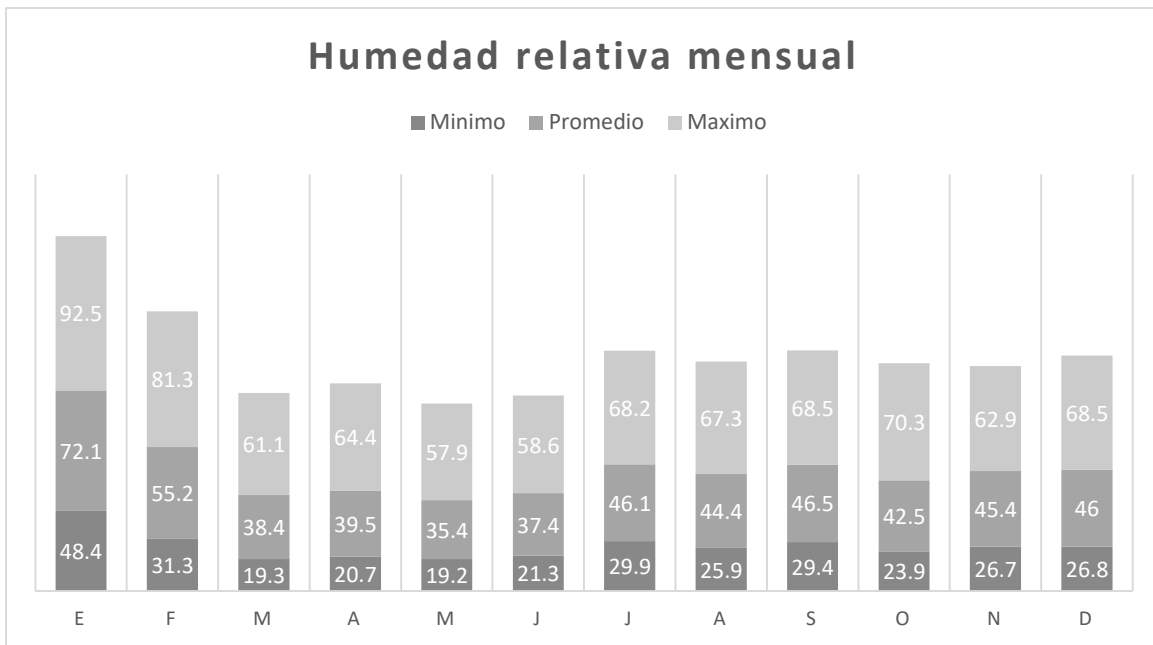


Figura 3 Gráfica de humedades relativas mensuales

Fuente: Elaboración propia en base a el trabajo de (Sandoval y Herrera, 2020: 6).

En relación a precipitación total de la región (Ver Figura 4), se consideran 143 mm anuales, y los meses de julio, agosto y septiembre, son los de mayor precipitación y nubosidad (Sandoval & Herrera, 2020).

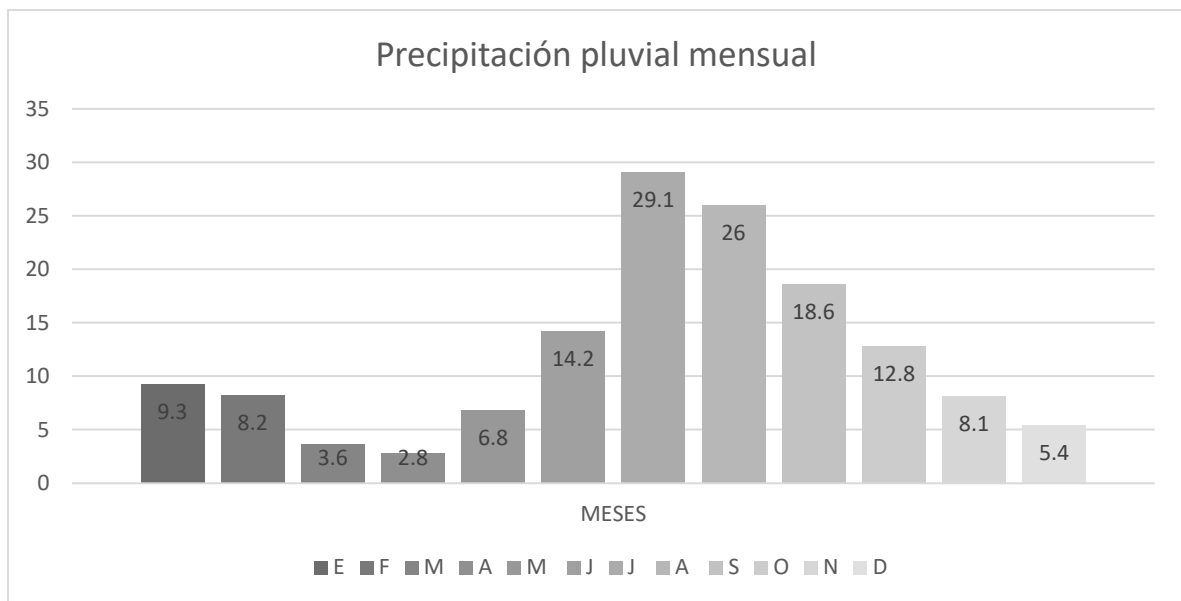


Figura 1 Gráfica de precipitación pluvial

Fuente: Elaboración propia en base a el trabajo de (Sandoval y Herrera, 2020: 6).

En relación a los vientos de la región (Ver Figura 5) tiene mayor frecuencia el viento del este, a partir del 26 de junio al 13 de octubre y el viento del oeste, a partir 13 de octubre al 26 de junio (Sandoval & Herrera, 2020).

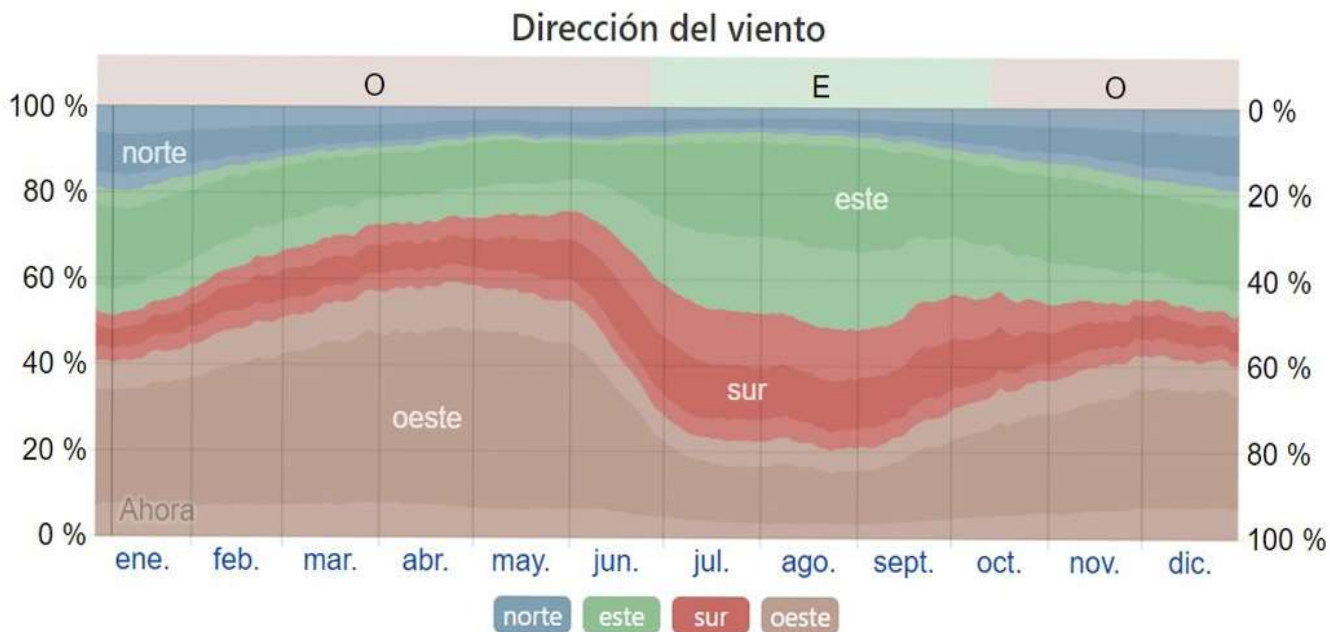


Figura 2 Gráfica de viento dominante en Ciudad Juárez

Fuente: Elaborado por (Weather Spark, 2020) consultado en (Sandoval & Herrera, 2020: 7).

La información climatológica de Ciudad Juárez indica que hay características de un clima cálido seco extremoso con inviernos fríos (Ver Tabla 1). En la región encontramos tres estaciones diferentes al año, siendo la primera la temporada verano que abarca los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre; la cual, se caracteriza como una estación de clima cálido seco. La segunda temporada es la de transición y abarca los meses de abril y octubre, se caracteriza como una estación de clima templado con vientos fuertes. Por último, la tercera temporada es de invierno que abarca los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; se caracteriza como una estación de clima frío y seco. Con relación a la temperatura de la localidad, en verano se presentan temperaturas mayores a los 38° C, teniendo un promedio anual de 25°C. La temperatura más alta en la región de 45.5° C, en 1994. Durante el invierno las temperaturas están por debajo de los 0°C, y se ha registrado que la temperatura más baja fue de -22° C en 1962 y se repitió en el 2011 (IMIP, 2019: 261).

Normales Climatológicas	Meses													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
Temperatura máxima	17.3	19.3	23.4	26.9	32.4	36.6	36.3	35	32.1	26.8	20.9	16.5	27.0	°C
Temperatura mínima	1.2	4.1	6.9	10.6	16.7	20.7	21.8	20.9	17.6	10.8	4.2	1.9	11.5	°C
Humedad relativa máxima	92.52	81.25	61.13	64.37	57.87	56.63	68.23	67.32	68.5	70.29	62.9	68.55	68.46	%
Humedad relativa mínima*	48.35	31.32	19.26	20.7	19.16	21.27	29.87	25.94	29.43	23.94	26.67	25.65	26.8	%
Humedad relativa promedio	72.1	56.2	38.4	39.5	35.4	37.4	46.1	44.4	46.5	42.5	45.4	46.0	45.75	%
Precipitación pluvial	9.3	8.2	1.6	2.8	6.8	14.2	29.1	26.0	18.6	12.8	8.1	5.4	143	mm
Velocidad de viento	4.2	3.7	4.1	4.6	3.7	3.3	3.9	3.4	3.0	3.0	2.7	3.0	3.6	m/s

Tabla 1 Datos meteorológicos de ciudad Juárez.

Fuente: Elaboración propia en base a la información de (Sandoval y Herrera, 2020: 7).

2.6 Enfoque desde el bioclimatismo urbano

La adaptación de la arquitectura vernácula a las condiciones ambientales, dieron lugar a lo que hoy se conoce como Arquitectura Bioclimática. “Se conoció con este nombre cuando a mediados de la década de los setenta del siglo XX la crisis del petróleo causaba estragos en el mundo desarrollado, y arquitectos, ingenieros y físicos sumaron esfuerzos para dar una propuesta diferente al modo de diseñar y construir en arquitectura. Surgiendo así el término Arquitectura Bioclimática como respuesta”. Como antecedentes de la Arquitectura Bioclimática se encuentra Víctor Olgyay, profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Princeton hasta 1970 y precursor de la investigación de la relación entre arquitectura y energía (Salazar, 2011: 9).

En 1967, el arquitecto israelí Baruch Givoni, enfatizó los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida y el clima en relación con el diseño bioclimático, mediante un método, basado en la carta Psicométrica, que se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos. Más adelante, fueron surgiendo otras definiciones, pero todas tratan de establecer la importancia del diseño basado en la relación hombre - naturaleza. La relación bioclimática se da mediante uso eficiente de la energía y los recursos, con la tendencia hacia la autosuficiencia de las edificaciones. Además de, preservar el medio ambiente, integrando al hombre a un ecosistema equilibrado a través de los espacios. En otras palabras, diseñar espacios arquitectónicos que se encuentran construido sosteniblemente, con ello, responderán de forma integral y armónica a la acción de los factores ambientales naturales del lugar (Salazar, 2011: 8-9).

Como conclusión, el enfoque de esta relación bioclimática va más que nada a la envolvente del edificio, la cual, debe ser diseñada como un agente dinámico que interactúe favorablemente entre el exterior e interior, es decir, “que actúe como un filtro selectivo hipotérmico, lumínico y acústico, capaz de modificar favorablemente la acción de los elementos naturales, admitiéndolos, rechazándolos y transformándolos cuando así se requiera” (Salazar, 2011: 8-9). La relación bioclimática aporta beneficios como el control de la energía y generación de energías alternativas, esta pérdida o ganancia de calor en la vivienda se da principalmente por las cubiertas, muros y aberturas, con esto se puede aprovechar en la vivienda y cumplir las condiciones ambientales de la región.

2.6.1 Relación bioclimática del entorno urbano y el rango de confort humano

La arquitectura bioclimática es una arquitectura saludable, adecuada al entorno y al clima. Bio significa respeto por la vida, hacia las personas que habitan en su interior y hacia el medio ambiente. Climática: se adapta a las condiciones ambientales de cada lugar, respeta los recursos naturales y se aprovecha de ellos. Entendida en términos conceptuales, se basa en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenidas durante el proceso del proyecto y ejecución de la obra. Parte del estudio de las condiciones climáticas y ambientales, y de la adecuación del diseño arquitectónico para protegerse y/o utilizar los distintos procesos naturales. (Salazar, 2011: 14-15).

David Morillón (1999) dice que el diseño de espacios que no requieren más climatización que el uso adecuado de materiales, la correcta orientación de vanos, la disposición de la envolvente arquitectónica y que por lo tanto sea compatible con su entorno, es una herramienta insustituible para adaptarse al medio ambiente o transformarlo en algo más propicio para la vida, conservando sus características benéficas y controlando con medios no contaminantes las adversas para la supervivencia no solo del hombre y su cultura, sino en general de equilibrio ecológico.

Un método importante que propone Gómez Azpeitia (2000) es que todo edificio debe ser sostenible, de esa forma será bioclimático. Y refiere que para ello se requiere un uso eficiente de la energía, utilizar las energías alternativas y lograr la autosuficiencia. Las etapas básicas del proceso de diseño son la recopilación y procesamiento de la información, diagnóstico, definición de estrategias de climatización, recomendaciones del diseño, anteproyecto, evaluación térmica, toma de decisiones y proyecto definitivo (Fuentes, 2002: 68). Se muestra en el método de diseño bioclimático (Ver Figura 6). Como conclusión, la arquitectura bioclimática está relacionada con el estudio de las condiciones ambientales, esto permite acercarnos a soluciones de los edificios o su contexto natural. Ya sea que tengan que ver con la sensación de confort térmico, en aspectos de temperatura y humedad.

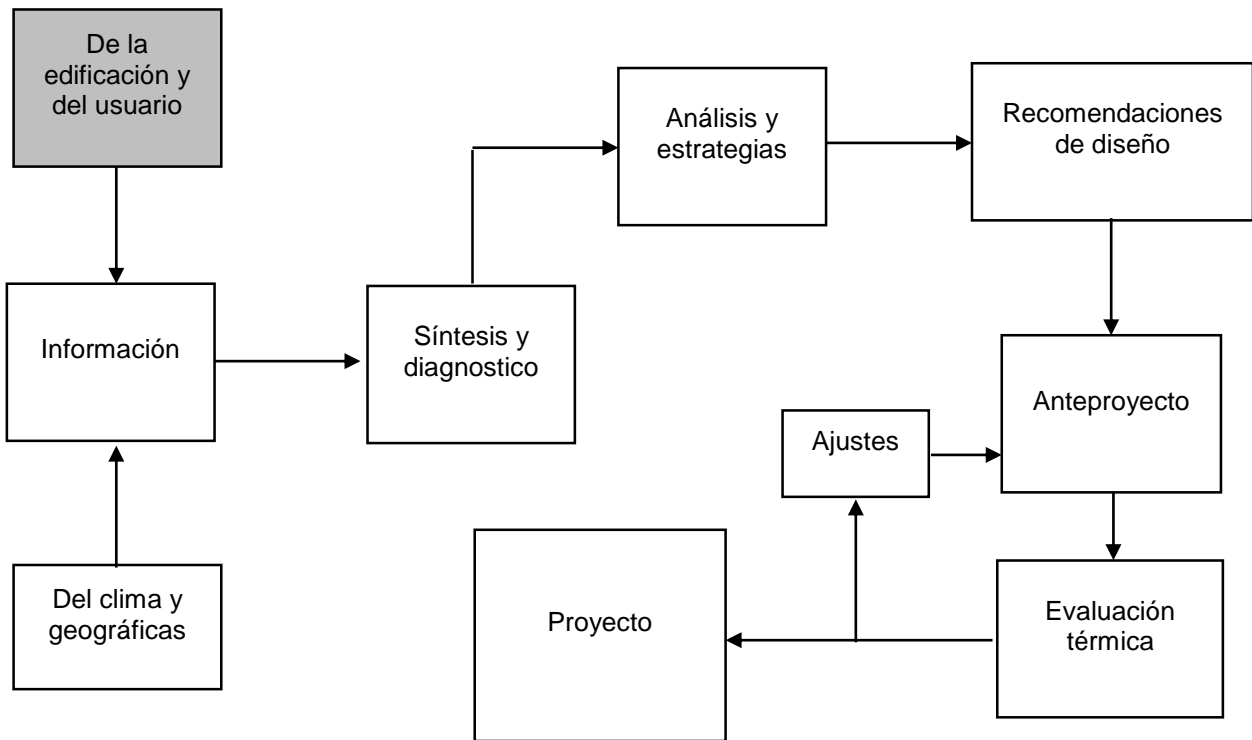


Figura 3 Diagrama del método de diseño bioclimático, Gómez Azpeitia.

Fuente: Elaboración propia en base a la metodología de Gomes Azpeitia.

Método de Víctor Olgyay (1963) dice que “el procedimiento deseable será trabajar con y no contra las fuerzas naturales y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida...El procedimiento para construir una casa climáticamente balanceada se divide en cuatro pasos, de los cuales el último es la expresión arquitectónica. La expresión debe estar precedida por el estudio de las variables climáticas, biológicas y tecnológicas” (Fuentes, 2002: 64). Inicia el método con el análisis de los elementos climáticos de una localidad, donde se analizan datos anuales de temperatura, humedad, radiación y efectos del viento; de ser necesario, los datos deberán ser adaptados al nivel habitable, y deben considerarse los efectos de las condiciones microclimáticas. En segunda instancia, se realiza la evaluación biológica basada en las sensaciones humanas, graficando datos climáticos en la carta bioclimática, con intervalos regulares mostrando el diagnóstico de la región, y se determinarán tablas de datos horarios.

En tercera instancia se deben buscar soluciones tecnológicas, para ello deberán realizarse cálculos de selección del sitio, orientación, determinación de sombras, forma de la casa movimientos de aire y balance de temperatura interior. Por último esta la expresión arquitectónica, que a través de los resultados obtenidos en los tres pasos anteriores, se deberá desarrollar los conceptos arquitectónicos y equilibrados de acuerdo a la importancia de los elementos (Fuentes, 2002: 64). La exactitud en el número de horas de confort térmico no es relevante, sino en cómo pueden estar dentro de un rango aceptable las bases para la selección de la implementación de estrategias de diseño bioclimático capaz de ofrecer buenas condiciones de confort térmico en escenarios futuros de cambio climático (Piña, 2018: 236).

2.6.2 Evaluación imágenes térmicas

Las imágenes térmicas permiten interpretar los datos infrarrojos térmicos, para ello, se necesitan datos de LST (temperatura de la superficie terrestre) y emisividad en clima urbano y estudios ambientales, principalmente para analizar patrones LST y su relación con las características de la superficie, para evaluar la isla de calor urbana (ICU), y para relacionar los LST con flujos de energía superficial para caracterizar las propiedades del paisaje, patrones y procesos. Se necesitan tres elementos de información para estimar flujos de energía en la superficie terrestre, primero las fuerzas impulsoras de energía, la cual, es incidente de energía solar, albedo y radiación neta resultante, después, la humedad del suelo, disponibilidad y la interacción vegetación con el suelo; y la tercera es la capacidad de la atmósfera para absorber el flujo, que depende de la superficie temperatura del aire, gradientes de presión de vapor y vientos superficiales (Weng, 2009).

La termografía es una técnica que permite obtener imágenes de la temperatura que se presenta en superficies, en la cual, se contempla la variable tiempo. La toma de datos de secuencia que sirve para una mejor comprensión del flujo de calor transitorio dentro de los elementos constructivos y encuadra el comportamiento de los materiales. (utiliza promedio de 24 horas por minuto de imágenes) (García, 2019: 85). La técnica de medición por termografía IR activa acentúa el contraste térmico, limitadas a estudios locales, con enfoque a propiedades de materiales. Para procesar la obtención de datos será de forma manual y semiautomática por dron manejado, los drones apoyan en el estudio secuencial termográficos que pueden ser

fusionados con información terrestre para generar estudios de envolvente térmica. En el análisis cuantitativo pueden ser valores puntuales con imágenes precisas (García, 2019: 87).

las temperaturas observadas son por la emisión de radiación infrarroja en los objetos, cualquier cuerpo con temperatura superior a 0 emite radiación térmica a lo largo del espectro, de acuerdo a la Ley de Wien ($\sigma_{max} = 0.002897/T$) y un cuerpo negro o gris se expresa en la Ley de Stefan Boltzmann $\phi = E \cdot \tau^4$ expresando la emisividad. Los cuerpos negros no absorben y emiten más radiación a la misma temperatura. Emisividad ratio entre la cantidad de radiación emitida por el objeto y la que emitiría un cuerpo negro a la misma temperatura, (García, 2019: 102).

2.6.3 Islas de calor urbano (ICU)

Una isla de calor urbana se refiere Voogt y Oke (2003) al exceso de calor de la atmósfera urbana en comparación con el entorno no urbanizado. Calor atmosférico las islas se expresan mejor en condiciones tranquilas y claras en noche cuando las diferencias de enfriamiento radiactivo se maximizan entre ubicaciones urbanas y rurales circundantes. A diferencia del cambio climático global, las ICU son causadas por la conversión de tierras rurales a cubiertas urbanas (Stone, 2012). Sin embargo, las islas de calor urbano agravan las condiciones de calor extremo (Coseo, 2013: 2).

En ciudades modernas se han alterado las características climáticas de los espacios urbanos a causa de diferentes estructuras, materiales y la falta general de la vegetación, esto especialmente en las partes centrales de las ciudades, que provocan un aumento de la temperatura urbana, conocido como efecto isla de calor urbano. “Esto puede causar condiciones climáticas locales desagradables e incluso poner en peligro la salud humana, especialmente en ciudades de climas con una estación particularmente cálida” (Acosta, 2011: 46).

El fenómeno de acumulación de calor en las áreas urbanas se origina por el calentamiento de las superficies construidas con materiales de bajo albedo, siendo que las superficies absorben el calor durante el día y liberándolo durante las horas nocturnas, esto dificulta el descenso de la temperatura. “En clima frío el efecto puede resultar en una ventaja, no obstante, puede provocar

vientos indeseados. Afecta la estrategia de inercia térmica en las edificaciones la cual se fundamenta en las variaciones de temperatura a lo largo del día las cuales deben ser mayores a 6° C” (Villamizar, 2016: 154).

Además, las ICU son calentamiento del aire causa de las propiedades físicas de las cubiertas urbanas y la ventilación alterada patrones debido a configuraciones de construcción. Las áreas urbanas generalmente tienen temperaturas del aire más cálidas en relación con las zonas rurales o suburbanas. Es importante diferenciar a los UHI de los efectos del calentamiento global, pero también para entender cómo estos los fenómenos interactúan. (Coseo, 2013). Efecto isla de calor Absorción de calor por superficies duras, como pavimentos y edificios oscuros y no reflectantes, y su radiación hacia zonas circundantes. Particularmente en zonas urbanas, otras fuentes pueden incluir los escapes de los vehículos, los aires acondicionados y el equipamiento urbano. El flujo de aire reducido de edificios altos y calles angostas exagera el efecto (U.S. Green Building Council, 2017: 109).

Las ICU son un fenómeno que puede ir desde pequeños puntos calientes en una calle hasta barrios enteros de una ciudad para comprender el rendimiento térmico de una ciudad a nivel de bloque o distrito, se debe realizar una simulación holística de todos los factores elementales y arquitectónicos. La difusión de vehículos aéreos no tripulados “drones”, más pequeños y flexibles, abre nuevas posibilidades para los estudios térmicos, por ejemplo, para la realización de estudios termográficos secuenciales a nivel de cubierta que puedan ser fusionados con información terrestre para generar estudios a nivel de envolvente térmica completa, pero con una mayor especialización de los resultados (García, 2019: 88)

En el trabajo de Oke (2006) citado en Coseo (2013), los estudios realizados demuestran que la influencia de la configuración del edificio, las alturas de los edificios, la densidad, la disposición de los edificios y la orientación de la calle impactan en las temperaturas del lugar. Para comprender las ICU se requiere aislar los efectos del calentamiento urbano de otras influencias del calentamiento, como el clima, los patrones de aire regionales, los cuerpos de agua. Las áreas urbanas contienen patrones complejos de ICU, por ello, al seleccionar estaciones meteorológicas base para describir la intensidad de las ICU de un área (Ver Figura 7), los

factores comunes que pueden afectar son la distancia de las áreas rurales a los vecindarios urbanos debido a las extensas regiones urbanizadas y los cambios en la topografía entre las ubicaciones rurales y urbanas. Por ello, puede ser necesario elegir estaciones meteorológicas urbanas que se encuentren más cerca de los vecindarios de interés para calcular la intensidad de las ICU (Coseo, 2013: 7).

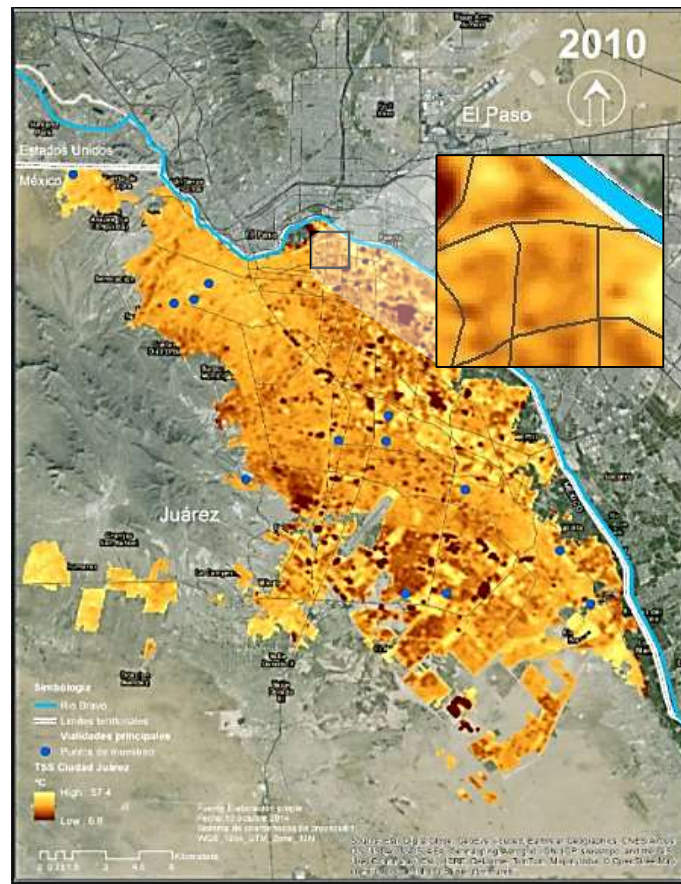


Figura 4 Modelos de temperatura superficial del suelo del 2010 en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes e información de (Sandoval, 2014: 124).

Las islas de calor urbano (ICU) se miden utilizando la temperatura de la superficie terrestre o la temperatura del aire entre dos o más ubicaciones, y la intensidad ICU se mide como la diferencia en la temperatura de la superficie o del aire entre una ubicación urbana y una rural (Coseo, 2013: 6). La tabla de estadísticas de la configuración de conjuntos habitacionales es una herramienta que ayuda a explicar las variables para el estudio y evaluación de las ICU (Ver Tabla 2).

Variable	Descripción
Densidad de vivienda	La ocupación del suelo con vivienda vertical es una variable para relacionar con la ocupación de suelo y las áreas permeables que se conservan.
Superficies impermeables (%)	El porcentaje de superficie impermeable se relaciona con el material que absorbe la energía térmica.
Techo por cubrir (%)	El porcentaje sirve para el estudio del conjunto habitacional, relacionando la densidad de vivienda con superficies permeables.
Árbol de pabellón (%)	La copa de los árboles desempeña un papel fundamental en la reducción de la liberación de calor sensible.
Proporción del cañón urbano	Impactan el acceso solar, la sombra y el enfriamiento por radiación. Una medida más sofisticada que la construcción de alturas es la relación del cañón urbano. La relación del cañón urbano es la altura de los edificios dividida por el ancho de la calle (h / w).
Altura promedio de construcción (ml)	El diseño del conjunto de vivienda vertical relaciona la altura de sus edificios con las condiciones ambientales de soleamiento y viento.
Calle orientada	La orientación del cañón urbano afecta principalmente el sombreado de los edificios y los patrones de ventilación.
Distancia al río (ml)	La relación de cuerpos de agua con la humedad relativa en el ambiente requiere de un rango de proximidad para influir en el.
Distancia ciudad – abajo (ml)	La relación de ciudad-abajo con la velocidad del viento, requiere de un rango de proximidad para influir en el.
Distancia a industrial (ml)	La relación de la industria con la temperatura en el ambiente requiere de un rango de proximidad para influir en el.
Distancia a autopista (ml)	La relación de la autopista con la temperatura en el ambiente requiere de un rango de proximidad para influir en el.
Distancia a estacionamiento (ml)	La relación del estacionamiento con la temperatura en el ambiente requiere de un rango de proximidad para influir en el.

Tabla 2 Estadísticas de la configuración del conjunto habitacional para las 8 secciones.

Fuente: Elaboración propia en base a información de (Coseo, 2013).

2.6.4 Propiedades térmicas de materiales

Los materiales del entorno urbano son analizados con una cámara que mide la radiación infrarroja, basado en la Ley de Stefan Boltzmann mediante cinco parámetros, humedad relativa, temperatura aire, temperatura reflejada, distancia al objeto y emisividad del objeto. La emisividad no se puede medir con exactitud, y por ello, se asume una emisividad menor que 1, como si todos fueran grises; aunque, puede presentar un error en la cantidad de radiación del objeto cuando los cuerpos presentan luminancia térmica diferente por el ángulo en que se encuentren. Algunos errores se dan por el ángulo de visión plana, estos efectos de reflexión son notables y cuando más distancia hay de ondas, estas se reflejan sin ser exacto (García, 2019: 105). Existen cuatro tipos de radiación incidente (Ver Tabla 3).

Tipo de radiación	Efecto	Letra griega	Propiedad del cuerpo
Emitida	Radiación emitida	ϵ	Emisividad
Absorbida	Radiación retenida	α	Absortividad
Reflejada	Radiación reflejada	ρ	Reflectividad
Transmitida	Radiación que pasa a través	τ	Transmisibilidad

Tabla 3 Tipos de radiación.

Fuente: Elaboración propia en base a (Melgosa, 2011: 58).

En el trabajo del termógrafo Miguel Carrera, citado en Melgosa (2011), nos dice que los cuerpos con temperatura mayor a -273.15°C se les conoce como 0 absoluto, y emiten radiación infrarroja solo captadas con onda larga, por medio de cámaras. La cámara no lee temperatura sino radiación infrarroja, es por esto por lo que se debe controlar las influencias ambientales, mientras que los materiales absorben el calor de diferente forma, ya controlado estos factores podremos determinar la temperatura superficial. La transmisión de calor en muros se da por radiación, convección y conducción; medido en condición estacionaria, se obtienen mejores mediciones de temperatura superficial instantáneas, pero si de un promedio en tiempo se requiere, se necesita el valor U = la transmisión de calor de un muro. La termografía se basa en la detección de gradientes térmicos anómalos en el momento de la inspección, comparándolo con un elemento similar en la misma condición.

2.6.5 Impactos ambientales en los edificios

El proceso constructivo de la vivienda vertical es un producto de carácter único y temporal, que presenta complicaciones a la hora de construir a diferentes alturas. Por ello, debe ajustarse a las condiciones mismas del sitio de construcción, de no hacerlo presentaría profundas implicancias para la salud humana, el medio ambiente y la economía (U.S. Green Building Council, 2017: 4). Los espacios habitables requieren sistemas de climatización, materiales de construcción eficientes en la envolvente arquitectónica y la compatibilidad con el entorno. El clima es uno de los factores más importantes en el diseño de los desarrollos de vivienda por la condición ambiental del lugar hará que “la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, cubiertas inclinadas o planas, con grandes o pequeños vanos donde la edificación sea un elemento protector y regulador que rechace o transforme a la acción de los elementos ambientales naturales de un lugar” (Rodríguez, 2001: 13).

Para optimizar el consumo de energía en un edificio y los servicios o funciones que en él se desarrollan, las estrategias se concentran en la consideración y optimización de los siguientes sistemas que interactúan entre sí: el sistema territorio donde se emplaza el edificio, determinado por las variables bioclimáticas y urbanas del lugar; los aspectos propios de edificio determinados por su diseño, su sistema constructivo, su envolvente y sus instalaciones (Ver Figura 8). Finalmente, el sistema de usuarios, determinado por los hábitos de uso y expectativas de confort térmico y calidad medio ambiental del residente de la vivienda (Villamizar, 2016: 44).

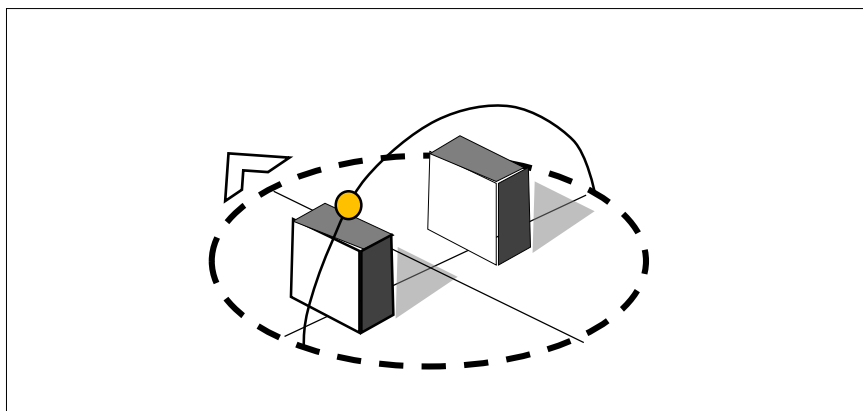


Figura 5 Edificio y su envolvente, con proyección de sol y sombras.

Fuente: Elaboración propia en base a (Villamizar Bermúdez 2016: 44).

La incidencia del viento sobre la edificación es relevante en la vivienda vertical el control apropiado del viento, ya que determina los niveles de bienestar higrotérmico de los usuarios en sus hábitat y sobre todo la salud de los mismos (Garcia y Fuentes, 1985: 13). El viento laminar es cuando la velocidad del viento se incrementa drásticamente con la altura, debido a la fricción que se origina entre las moléculas de aire más cercanas al suelo y las de las capas superiores de aire, ya que las primeras se desplazan más lentamente que las segundas, debido al grado de rugosidad de la superficie, el cual nos determina el factor de fricción superficial (Ver Figura 9). (Garcia y Fuentes, 1985: 37).

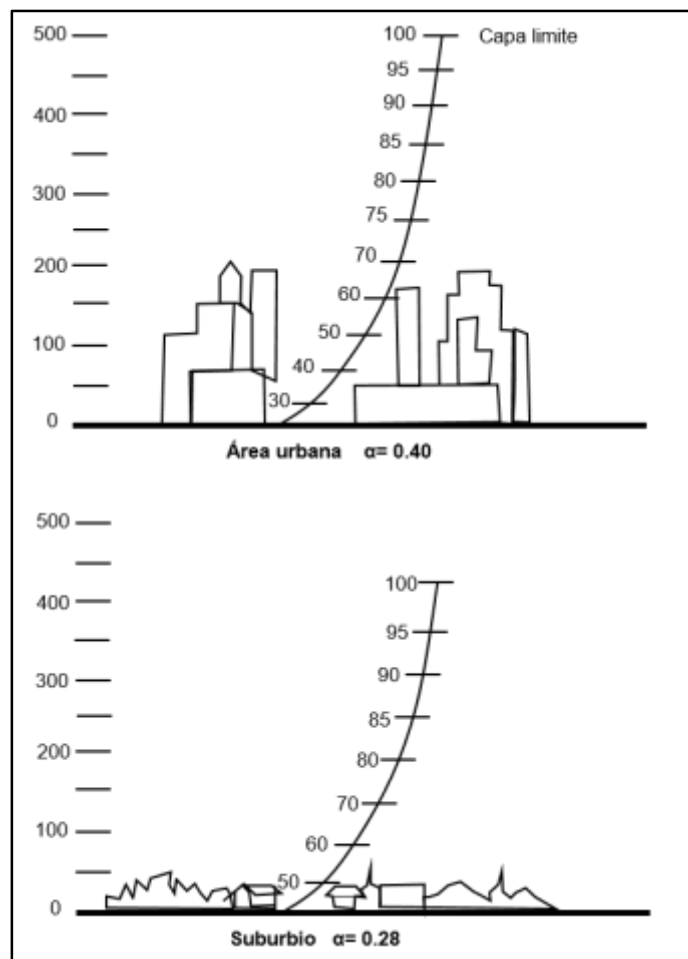


Figura 6 Velocidad del viento sobre los edificios en área urbana y suburbio.

Fuente: Elaboración propia en base a (Garcia y Fuentes, 1985: 37).

El viento puede modificar la distribución de temperaturas y se puede evitar realizar inspecciones con fuertes vientos, ya que puede dar un informe erróneo, el viento enfría más las zonas más calientes, variando la diferencia de temperatura (Melgosa, 2011: 53). La rosa de los vientos es fundamental para el estudio de la dirección de los vientos y la relación con lo construido para conocer la temperatura. Las medidas pasivas y activas corresponden a una serie de estrategias para el ahorro energético. “Las medidas pasivas son las que propenden a disminuir la demanda energética de la edificación para alcanzar confort térmico y lumínico, considerando las condiciones bioclimáticas del lugar, como vientos, lluvia y sol. Y las estrategias activas son estrategias relativas al mejoramiento del desempeño en eficiencia energética de las instalaciones, equipos y aparatos mecánicos, que funcionan con electricidad o con combustibles” (Villamizar, 2016: 154).

Se fundamentan en el control de las variables climáticas en el interior de los edificios mediante el uso racional de las formas y de los materiales utilizados en arquitectura, incidiendo fundamentalmente en la radiación solar, facilitando o limitando su incidencia y utilizando los aislamientos y la inercia térmica de los materiales como sistemas de control y amortiguamiento térmico. La elección de los vidrios y del material de construcción de los forjados, cerramientos, tabiquería y estructuras se supedita a la obtención de los resultados prefijados (Salazar, 2011: 16). Las medidas activas son estrategias relativas al mejoramiento del desempeño en eficiencia energética de las instalaciones, equipos y aparatos mecánicos, que funcionan con electricidad o con combustibles (Villamizar, 2016: 154).

Aplican directamente las nuevas tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables, como la solar, la energía eólica o la biomasa. En este sentido habría que hacer distinción entre las técnicas probadas y rentables en todas las condiciones, como es la energía solar para ACS (agua caliente sanitaria), o la energía eólica. También entrarían en este apartado todos aquellos sistemas de ahorro energético de equipos tradicionales y todos aquellos otros sistemas de control ambiental que necesitan un gasto inicial de energía para su correcto funcionamiento: sistemas móviles de parasoles, domótica, sistemas de iluminación, etc. (Salazar, 2011: 17).

2.6.6 Acondicionamiento urbano

Para conocer el confort térmico de las personas hay que conocer el calor que percibe la superficie corporal por medio de la convección, radiación y conducción. Además, el cuerpo humano produce un calor constante mediante el metabolismo, pero la persona puede sentirse cómoda si el cuerpo es capaz de disipar el calor que recibe del entorno, incluyendo el calor perdido por evaporación de la piel y de las vías respiratorias. Estudios demuestran las condiciones fisiológicas definen el límite superior e inferior del óptimo y comodidad deseable, a través, de sensaciones de comodidad llamado neutralidad térmica, debido a radiación asimétrica, corrientes de aire, suelos fríos y ropa no uniforme (Chalfoun, 2016: 31).

En 1970, P. Fanger presentó la obra "Thermal Comfort", con el método de valoración de intercambios térmicos hombre-medio ambiente, en el que interviene la sensación de confort. En el muestra el porcentaje de personas inconfortables en un ambiente determinado, primero debe haber un equilibrio térmico en los mecanismos fisiológicos de la termorregulación, llamadas ecuación del confort, donde se cumplen con las variables como características del vestido, tipo de trabajo y de lo ambiental (Castejón, 1983: 2).

Para el conocer el confort térmico en exteriores de climas cálidos y secos como el de Ciudad Juárez, se tomó como referencia los resultados del estudio del Dr. Gonzalo Bojórquez, para la ciudad de Mexicali, Baja California, México. Ciudad al noroeste de México, con latitud de 32° 39' 54" N y longitud de 115° 27' 21" O, con una altura sobre el nivel del mar de cuatro metros (Bojórquez, Gómez-Azpeitia, García-Cueto, Ruiz-Torres, & Luna, 2010: 137).

El estudio fue realizado a través de encuestas en base a la escala de sensaciones térmicas de ISO 10551, donde se midieron la temperatura de bulbo seco, temperatura de globo gris, humedad relativa y velocidad de viento. Se obtuvieron temperatura neutra y rangos de confort con el método de medias por intervalo de sensación térmica, donde la adaptación para su estudio se dividió en las categorías fisiológica y psicológica (Ver Figura 7); los resultados son de los periodos cálido, de transición y frío (Ver Tabla 4), (Ver Tabla 5) y (Ver Tabla 6).

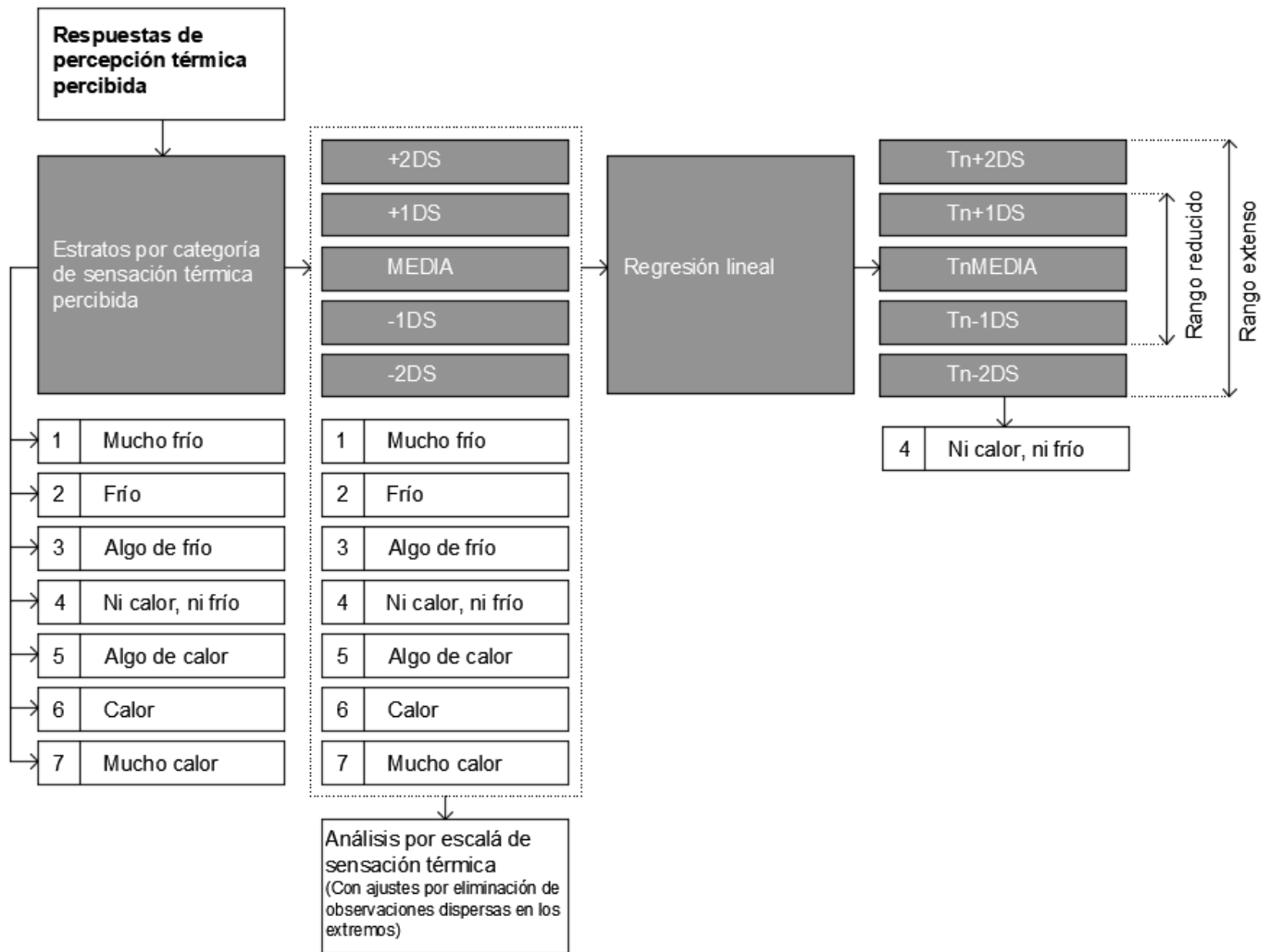


Figura 7 Diagrama de estimación de temperatura neutra y rangos de confort térmico con el método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica.

Elaboración propia en base al diagrama del Dr. Gonzalo Bojórquez (Bojórquez et al., 2010: 138).

Periodo cálido			
Características	Actividad pasiva (°C)	Actividad moderada (°C)	Actividad intensa (°C)
	389 Observaciones	257 Observaciones	177 Observaciones
TBSn+2DS	42.2	41.0	43.4
TBSn+1DS	38.5	37.0	39.3
TBSn Media	34.8	33.1	35.2
TBSn-1DS	31.1	29.1	31.2
TBSn-2DS	27.4	25.2	27.1
R2 (LRM)	0.9806	0.9843	0.9955

TBSn: Temperatura de bulbo seco neutral DS: Desviación estándar

R2 (LRM): Coeficiente de determinación de línea de regresión media

Tabla 4 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo cálido.

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de (G. Bojórquez, 2010: 241).

Periodo de transición			
Características	Actividad pasiva (°C)	Actividad moderada (°C)	Actividad intensa (°C)
	1284 Observaciones	485 Observaciones	423 Observaciones
TBSn+2DS	33.2	30.6	30.0
TBSn+1DS	29.7	27.5	26.7
TBSn Media	26.3	24.5	23.5
TBSn-1DS	22.8	21.5	20.2
TBSn-2DS	19.4	18.5	17.0
R2 (LRM)	0.9804	0.9780	0.9580

TBSn: Temperatura de bulbo seco neutral DS: Desviación estándar

R2 (LRM): Coeficiente de determinación de línea de regresión media

Tabla 5 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo de transición.

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de (G. Bojórquez, 2010: 241).

Periodo frío			
Características	Actividad pasiva (°C)	Actividad moderada (°C)	Actividad intensa (°C)
	449 Observaciones	219 Observaciones	195 Observaciones
TBSn+2DS	26.4	21.8	22.3
TBSn+1DS	22.9	19.2	19.2
TBSn Media	19.3	16.6	16.0
TBSn-1DS	15.7	14.1	12.9
TBSn-2DS	12.2	11.5	9.8
R2 (LRM)	0.9806	0.9843	0.9955

TBSn: Temperatura de bulbo seco neutral DS: Desviación estándar

R2 (LRM): Coeficiente de determinación de línea de regresión media

Tabla 6 Valor neutral y rangos de confort térmico por temperatura de bulbo seco para periodo frío.

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de (G. Bojórquez, 2010: 241).

2.6.7 Relación de las islas de calor, la materialidad y el diseño urbano

La ICU más influyente es la capa de dosel, que inicia desde el suelo hasta la parte superior de los techos, estas estimulan proyecciones térmicas en toda la ciudad. Dentro de las causas están la composición geométrica del diseño urbano, cañones urbanos que influyen en los vientos y las superficies impermeables que atrapan el calor. En estas superficies se tienen propiedades térmicas en los materiales que contribuyen a la creación de las ICU, al tener menor reflectancia, absorbe más y refleja menos energía, esto genera un aumento en la temperatura a nivel de la superficie. Los materiales como el asfalto, el ladrillo y concreto se caracterizan por esta propiedad, manteniendo gran cantidad de energía solar durante el día y la descargándola durante la noche. Mientras que, los factores antropogénicos son el calor generado por los vehículos o aparatos electromecánicos, estos tienen menos efecto en la formación de las ICU (Chalfoun, 2016: 71). Los estudios de ICU, generalmente se manejan de dos maneras principales que reflejan diferentes escalas. La capa de dosel urbano o la capa de límite urbano, el cual podemos observar (Ver Figura 11).

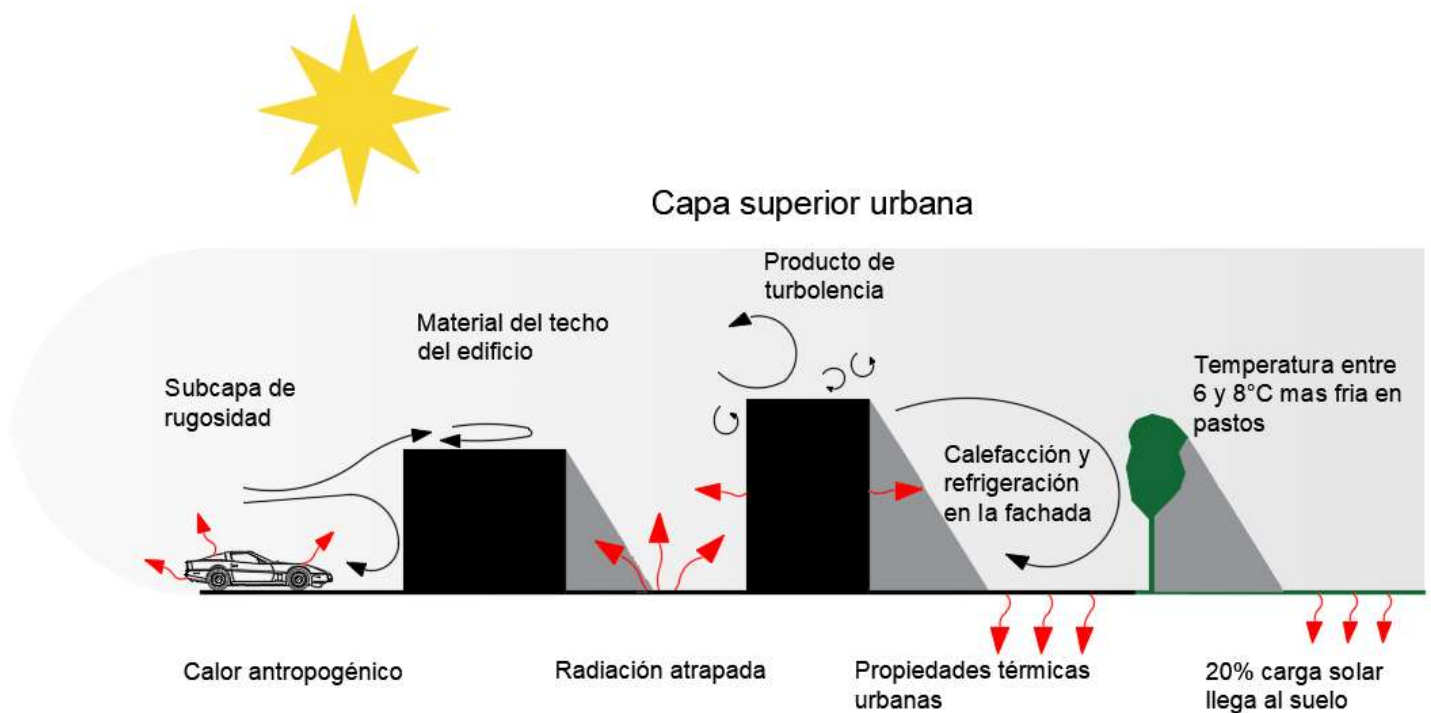


Figura 8 Esquema de capa superior urbana mostrando como se generan las ICU

Elaboración propia en base a (Saadallah, 2013: 2) y (Chalfoun, 2016: 71).

Entre los materiales urbanos que inciden en las ICU, se encuentran los pavimentos que cuentan con una indiscutible relevancia debido a su incidencia cuantitativa sobre el área urbana. Se puede observar en las tramas urbanas de la cuadrícula tradicional que “las vialidades ocupan aproximadamente el 16% del suelo urbano, y 23% en tramas rectangulares de conjuntos de viviendas sociales” (Correa, Flores Larsen, & Lesino, 2003: 25). Las temperaturas en la superficie y en el interior del pavimento se ubican siempre por encima de la temperatura ambiente exterior, lo cual indica que “existe absorción de radiación solar en una temperatura ambiente entre 11°C y 29°C”. Por ello, “la Absortancia es un factor relevante en la captación solar es el color de las superficies receptoras y su capacidad de reflectividad o albedo, que es “el porcentaje de la radiación incidente sobre una superficie y que es reflejada de nuevo hacia el exterior” (Fallas, 2016: 132). Si esto se analiza en el caso de los colores oscuros, se encontrarán con un alto grado de absorberencia y con gran capacidad de captación de energía. Para los materiales de construcción, “un albedo bajo es típico en comparación con algunos materiales y superficies naturales, es decir, 0.5 a 0.2 para asfalto, 0.10 a 0.35 para concreto, 0.20 a 0.35 para piedras” (Fallas, 2016: 132).

En cuanto a la capacidad de almacenaje del material, que constituye la superficie captora, esta se puede cuantificar a través de su masa térmica, como resultado del producto de su calor específico por su masa. “La captación de energía producto del color de la superficie se clasifica en color muy claro con Absortancia de 10% a 20%, claro con 50%, medio con 80%, oscuro con 90% y muy oscuro de 92% a 95%” (Fallas, 2016: 132).

2.6.8 Software de modelación térmica

El procesamiento de datos será con el software de las cámaras termográficas, que permite importar y visualizar imágenes, ajustar los parámetros ambientales y consultar las temperaturas puntuales o promedio de ciertas áreas de la imagen. Sin embargo, dichas funcionalidades están disponibles, generalmente, sólo para imágenes individuales. Dado que en este trabajo se analizarán las temperaturas superficiales, es necesario complementa con un procesador de imágenes para ajuste de color (Ver Figura 12) (García, 2019: 136).

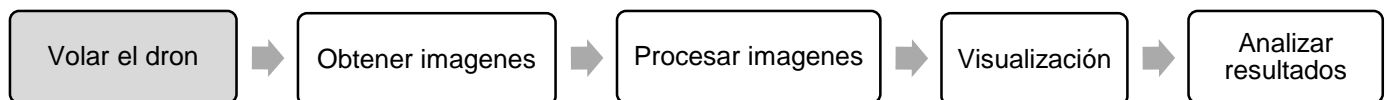


Figura 9 Esquema del flujo de trabajo para el procesamiento de datos de temperatura superficial.

Fuente: Elaboración propia.

La difusión de vehículos aéreos no tripulados (drones), más pequeños y flexibles, abre nuevas posibilidades para los estudios térmicos, por ejemplo, para la realización de estudios a nivel de envolvente térmica (García, 2019: 88). El proceso de trabajo se describe en los siguientes pasos: en primer lugar, se programó el vuelo del dron, para el reconocimiento, este paso se realiza para asegurar que el área que se va a mapear este siendo debidamente cubierta por el dron y evitar riesgos a los habitantes, instalaciones y al equipo mismo. Cuando finalice el vuelo, con ayuda del programa generado en este trabajo, capturar imágenes del video y guárdalas en una carpeta específica identificada por el usuario con datos del sitio y del vuelo. Procesamiento de las imágenes y visualización. Análisis de resultados: Dependiendo de los tonos amarillo y azul en la escala cromática de la imagen, se evaluará el calor térmico de los materiales y la relación del espacio que lo rodea, buscando la interacción de fenómenos climáticos relacionados con las ICU.

Capítulo 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Enfoque metodológico

En base al estudio de islas de calor urbano (ICU), para evaluar el impacto sobre el contexto urbano inmediato. Los métodos que conforman la metodología se basan en el estudio de islas de calor urbano (ICU), mediante la medición de temperaturas y el uso de imágenes térmicas con el uso de un Dron con cámara infrarroja. Resulta conveniente investigar este tema desde el enfoque cuantitativo, por el manejo de temperaturas e información climática, explicado en el diagrama de la perspectiva metodológica (Ver Figura 13).

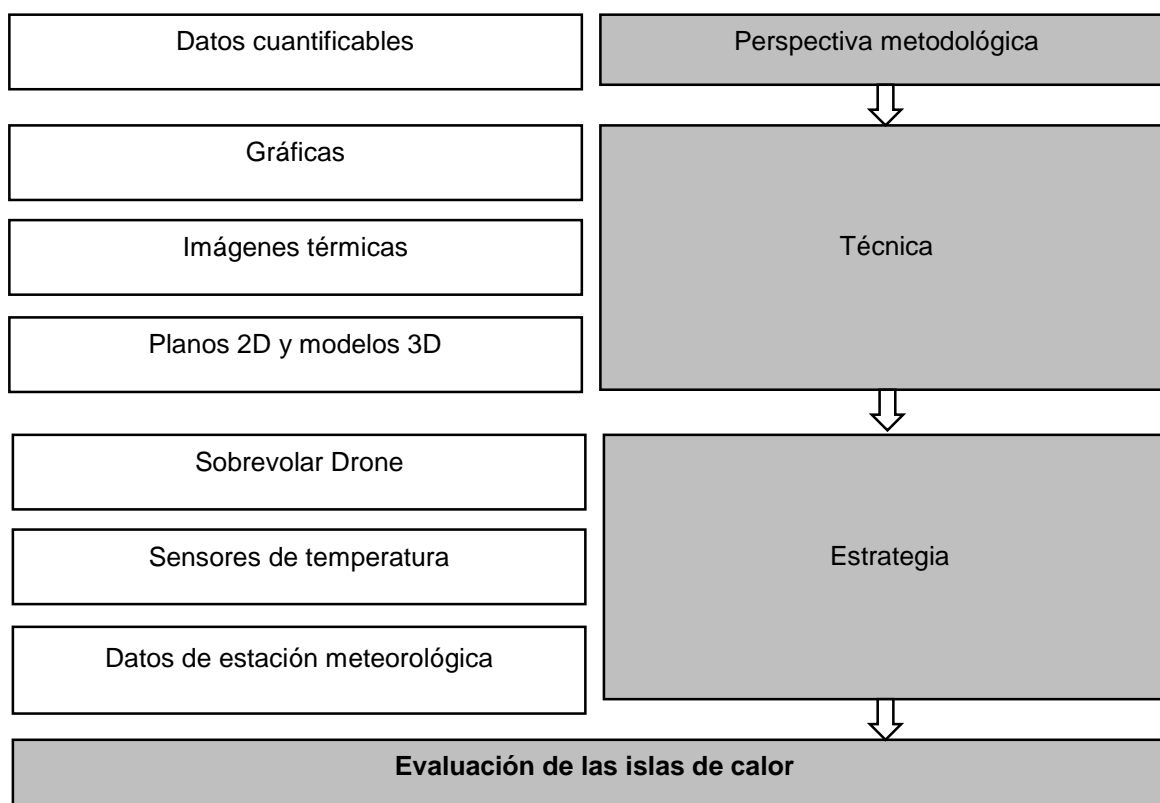


Figura 10 Diagrama de la perspectiva metodológica para la evaluación de las islas de calor.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Análisis del caso de estudio

La colonia FOVISSSTE Chamizal (Ver Figura 14), es una localidad del municipio Juárez, en Chihuahua, y abarca un área de 18 hectáreas. Donde viven alrededor de 1,900 personas en 632 hogares (MarketdataMexico, 2018).

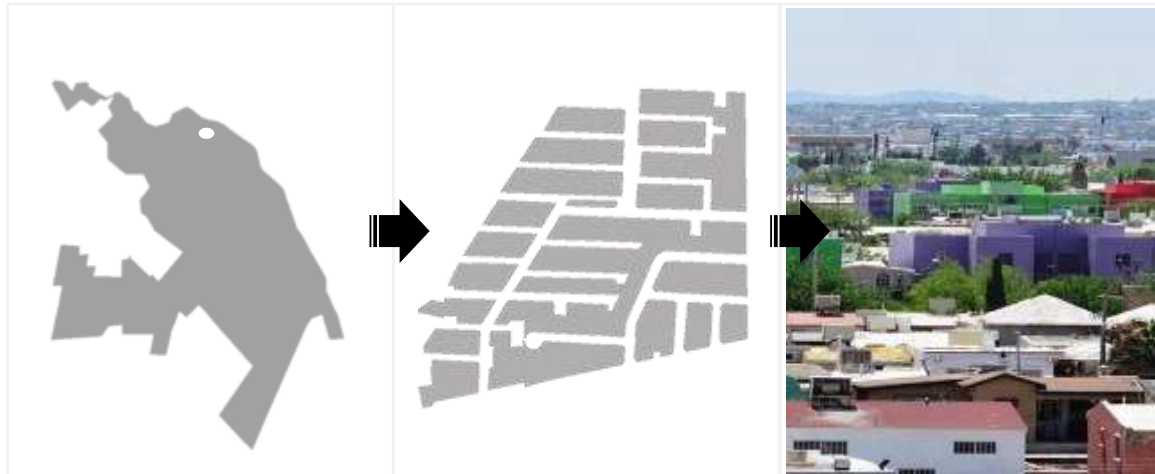


Figura 11 Mapa de localización de FOVISSSTE Chamizal (Ave. Plutarco Elías Calles y Hermanos Escobar).

Fuente: Elaboración propia con mapa de Google Earth.

3.2.1 Normativa

Norma NMX-AA-164-SCFI-2013

“Especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable para contribuir en la mitigación de impactos ambientales y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, sin descuidar los aspectos socioeconómicos que aseguran su viabilidad, habitabilidad e integración al entorno urbano y natural” (Secretaría de Economía, 2013: 3). En México, se desarrollan e implementan un conjunto de políticas para optimizar su mercado de viviendas, siendo las herramientas financieras el eje central de su estrategia, otorgando subsidios para los desarrolladores de vivienda que cumplan con criterios de sostenibilidad. También ha desarrollado códigos de construcción con criterios de sostenibilidad como el código de edificación de vivienda y ha fortalecido la capacidad gubernamental para hacer cumplir las leyes y mejorar la capacidad técnica de los agentes que intervienen en la producción de vivienda. Además, de contar con una reglamentación en cuanto a aislamiento térmico de las edificaciones en donde se establece los valores mínimos de resistencia térmica total (R) (Villamizar, 2016: 14).

ASHRAE estándar 55

Confort térmico temperatura, humedad y límites de flujo de aire dentro de los cuales la mayoría de las personas se siente más cómoda.

ISO 7726 (1998)

Ergonomía del entorno térmico, instrumentos para medir cantidades físicas.

ASHRAE 2005

Para las personas vestidas con ropa de invierno normal, temperaturas efectivas de 20 ° C a 23,3 ° C, medidas al 50% de humedad relativa, lo que significa que las temperaturas disminuyen ligeramente a medida que aumenta la humedad. El límite de humedad superior es de 17,8 ° C Bulbo húmedo y un punto de rocío inferior de 2,2 ° C. Si la gente está vestida con ropa liviana de verano, esta zona de confort cambia 2.8 ° C más cálida.

3.3 Metodología

El enfoque de la investigación es del tipo cuantitativo, en base a resultados numéricos, sin embargo, en el análisis de gráficos se interpretan condiciones perceptibles a la vista con el enfoque cualitativo (Ver Figura 15). Dentro de la metodología se implementan actividades dentro de estos dos enfoques, si bien debería ser mixto, el cualitativo ayuda a evaluar y consolidar enfoque cuantitativo.

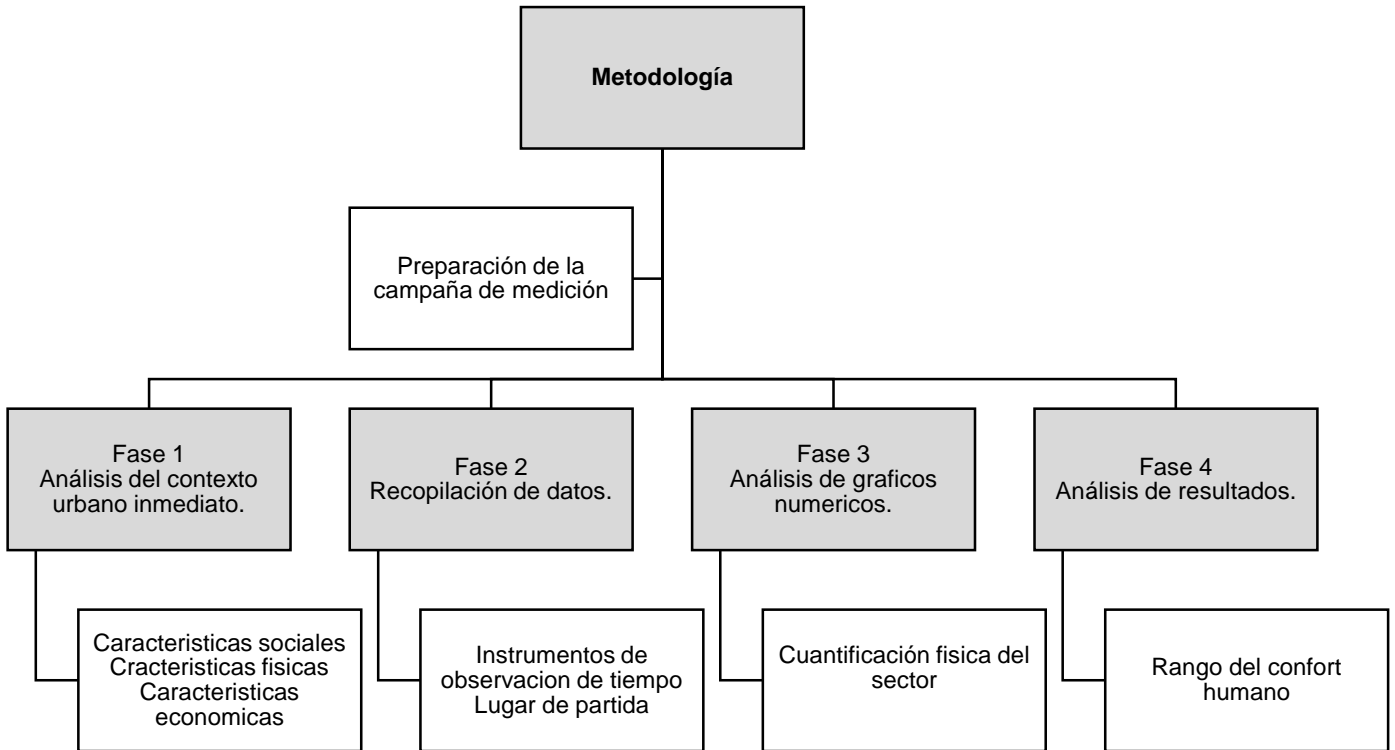


Figura 12 Esquema de la metodología en cuatro fases.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Preparación de la campaña de medición.

La información climática es obtenida de la estación IIT-01 (Ver

Figura 13), ubicado en Av. del Charro 402, Fraccionamiento Universitario 32584 Cd Juárez, Chihuahua. En el edificio "E" con coordenadas 31°44'35.74"N, 106°25'53.47"O. Es una estación Davis Vintage Pro, equipo utilizado para la medición (Cecatev, 2020).

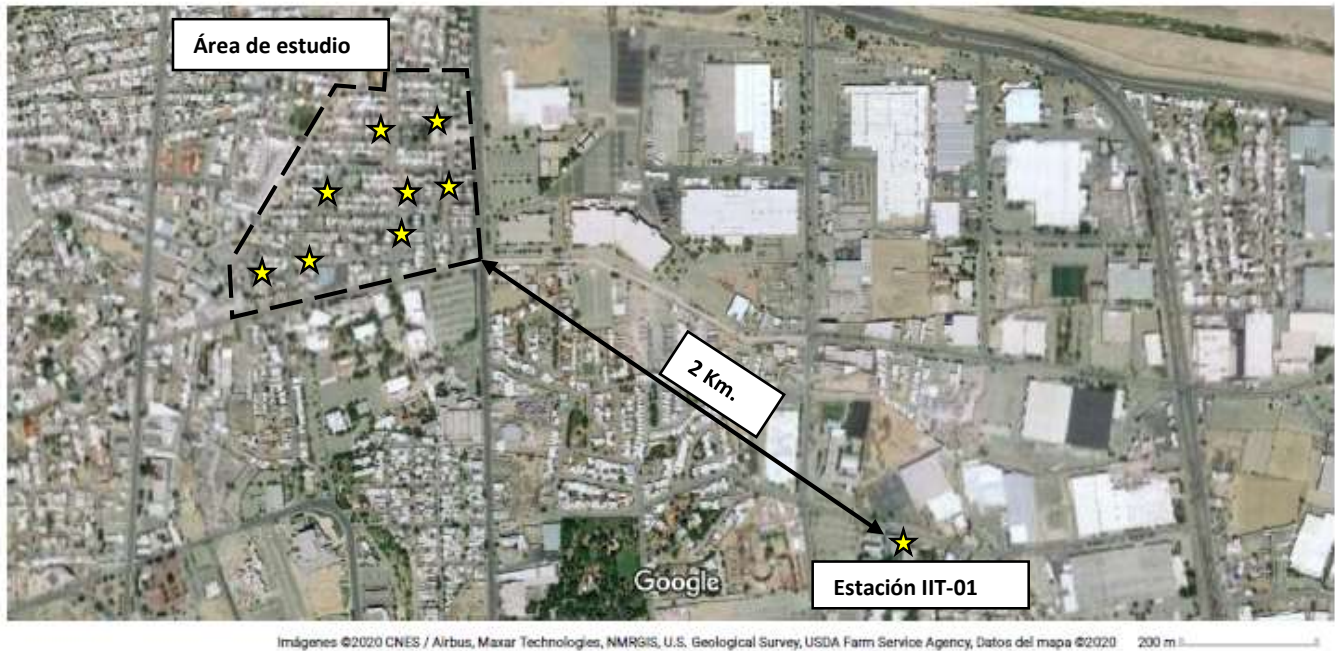


Figura 13 Mapa de la distancia del área de estudio y la estación meteorológica IIT-01.

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

A continuación, se muestra la instrumentación seleccionada para el estudio y las características:

Sensor de temperatura HOBO

Los datos de temperatura son registrados cada 15 minutos, con el sensor del HOBO Prov2 de intemperie para asegurar una rápida respuesta a las variaciones térmicas, los cuales tienen un puerto USB óptico para transferir los datos y un transportador a prueba de agua para manejo y recuperación de datos en campo, con un rango de temperatura de -40.0°C a $+70.0^{\circ}\text{C}$ y una precisión en temperatura de $\pm 0.20^{\circ}\text{C}$ en el rango de 00.0 a 50.0°C , con intervalos de muestreo de 1 segundo a 18 horas de intervalos fijos o múltiples de registros de datos, con hasta 8 intervalos de medidas y duraciones definidos por el usuario. El HOBO logra una precisión en su reloj 1 minuto/mes a 25.0°C , con una vida de batería de 3 años típica (Fuentes Pérez, 2015: 505).

Cámara térmica

Cámara térmica marca cámara termográfica Flir T-400, utilizada para obtener imágenes térmicas a nivel de piso de los materiales y texturas del espacio urbano.

Dron con cámara térmica

Es un dron Anafi thermal, marca Parrot con resistencia máxima al viento de 50 km/h, altitud máxima de trabajo 4500 metros sobre el nivel de mar, temperaturas de funcionamiento de -10°C a 40°C. El vuelo del dispositivo permite captar imágenes superiores del conjunto habitacional, y con la opción de obtener imágenes térmicas.

Las actividades comenzaron con la experimentación de 14:00 a las 16:00 horas con visita de campo y la toma de imágenes térmicas a 50 metros de altura, día nevado. Se inició con la calibración de los ocho dispositivos HOBO data logger, realizándoles cambio de batería y programando la lectura de temperatura y humedad relativa c/15 minutos, luego, se revisó la lectura de los ocho dispositivos HOBO data logger para comprobar que estuvieran en un margen de 95% acorde a los demás, todos en funcionamiento correcto, se realizó una cubierta para cada dispositivo HOBO data logger, de cartón, espuma seca, cintas de velcro y cinchos de plástico (Ver Figura 17).



Figura 14 Fotografías del sensor HOBO data logger con cubierta.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la programación de la lectura de temperatura y humedad relativa c/15 minutos, luego la instalación de los ocho dispositivos HOBO data logger en el área de estudio, se eligieron 8 postes de madera, de acuerdo con las secciones trazadas donde se colocaron los dispositivos con su respectiva cubierta a una altura de 3.5 metros del nivel de suelo. Además, se inicia el registro diario de nubosidad.

3.3.2 Fase 1: Análisis del contexto urbano inmediato

Características sociales

La colonia FOVISSSTE Chamizal (Ver

Figura 15), es una localidad del municipio Juárez, en Chihuahua, y abarca un área cercana a 18 hectáreas. Población. En FOVISSSTE Chamizal viven alrededor de 1,900 personas en 632 hogares. Se contabilizan 1,024 personas por km², con una edad promedio de 30 años y una escolaridad promedio de 12 años cursados. De las 2,000 personas que habitan en FOVISSSTE Chamizal, 300 son menores de 14 años y 600 tienen entre 15 y 29 años. Cuando se analizan los rangos etarios más altos, se contabilizan 700 personas con edades de entre 30 y 59 años, y 240 individuos de más de 60 años (MarketdataMexico, 2018).



Figura 15 Fotografía de edificio de vivienda vertical en FOVISSSTE Chamizal.

Fuente: Elaboración propia 2020.

Características físicas

En ciudad Juárez se han desarrollado seis conjuntos con esta tipología de vivienda, Dentro de los modelos de vivienda se encuentra FOVISSSTE Chamizal al norte y centro de la ciudad; es un desarrollo creado de 1980 a 1984 para trabajadores con crédito FOVISSSTE, sin embargo, este tipo de desarrollo no tuvo en la ciudad siendo un modelo de los años 50's; lo que se analizara es su desempeño frente a las condiciones ambientales de la región. Como antecedente se tiene un porcentaje entre el 10% y 20% de vivienda presenta abandono (Ver Figura 19) (Rodríguez, Sánchez, y García, 2019: 173).



Figura 16 Fotografía de edificio de vivienda vertical en FOVISSSTE Chamizal, en estado de deterioro.

Fuente: Elaboración propia 2013.

Los edificios de vivienda vertical cuentan con un área de construcción de 160m² y esta cuenta con seis viviendas en tres niveles, cada una cuenta con dos recamaras, sala-comedor, cocina y baño. Incluye área de estacionamiento para un auto, área común de escaleras. En la mayoría de este tipo predomina la orientación Norte-Sur, con muros de ladrillo recocido, aplanados y pintados en diversos colores, los entrepisos y cubierta con un sistema de losa de concreto aligerada. En algunos casos los habitantes modifican ampliando la planta baja, cerrando con cochera; se cuenta con banquetas de concreto, áreas de suelo natural y asfalto en estacionamientos y vialidades. La gran mayoría de los habitantes utiliza sistemas de aire acondicionado por las condiciones climáticas.

Características económicas

FOVISSSTE Chamizal se caracteriza por tener relativamente pocos establecimientos comerciales, y la mayoría de ellos operan en la actividad Gobierno, que reporta una planilla de empleados cercana a 100 personas. Según estimaciones de Market Data México, FOVISSSTE Chamizal tiene un output económico estimado en MXN \$250 millones anuales, de los cuales MXN \$210 millones corresponde a ingresos generados por los hogares y unos MXN \$47 millones a ingresos de los 17 establecimientos que allí operan. Adicionalmente, se estima que en la colonia laboran 80 personas, lo que eleva el total de residentes y trabajadores a 2,000. Empresas y empleo. En la colonia FOVISSSTE Chamizal se registran unos 17 establecimientos comerciales en operación. Entre las principales empresas con presencia en la colonia se encuentra MEXICANA ELECTRONICA INDUSTRIAL SA DE CV, junto a otras dos organizaciones emplean unas 43 personas, equivalente al 65% del total de los empleos en la colonia. En el mapa los puntos negros representan concentración empresarial y comercial (Ver Figura 20). (MarketdataMexico, 2018).



Figura 17 Mapa de ubicación comercial en el conjunto de vivienda FOVISSSTE Chamizal.

Fuente: Elaboración propia con mapa de Google Earth e información con información de (MarketdataMexico, 2018).

3.3.3 Fase 2: Recopilación de datos

Lugar de partida

Se realizan levantamiento del área de estudio en planos en AutoCAD en 2D (Ver Figura 21). y volúmenes en Sketch UP (Ver Figura 22). Se recuperan los dispositivos HOBO data logger y se descarga información en software HOBOWare, después se envía a formato de .XML. Excel Microsoft Office. Una vez exportada la información, se grafica el apartado de Fecha, Temperatura y Humedad Relativa; de las horas 02:00 y 16:00.



Figura 18 Plano 2D de la ubicación de los 8 sensores de temperatura.

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD 2016.

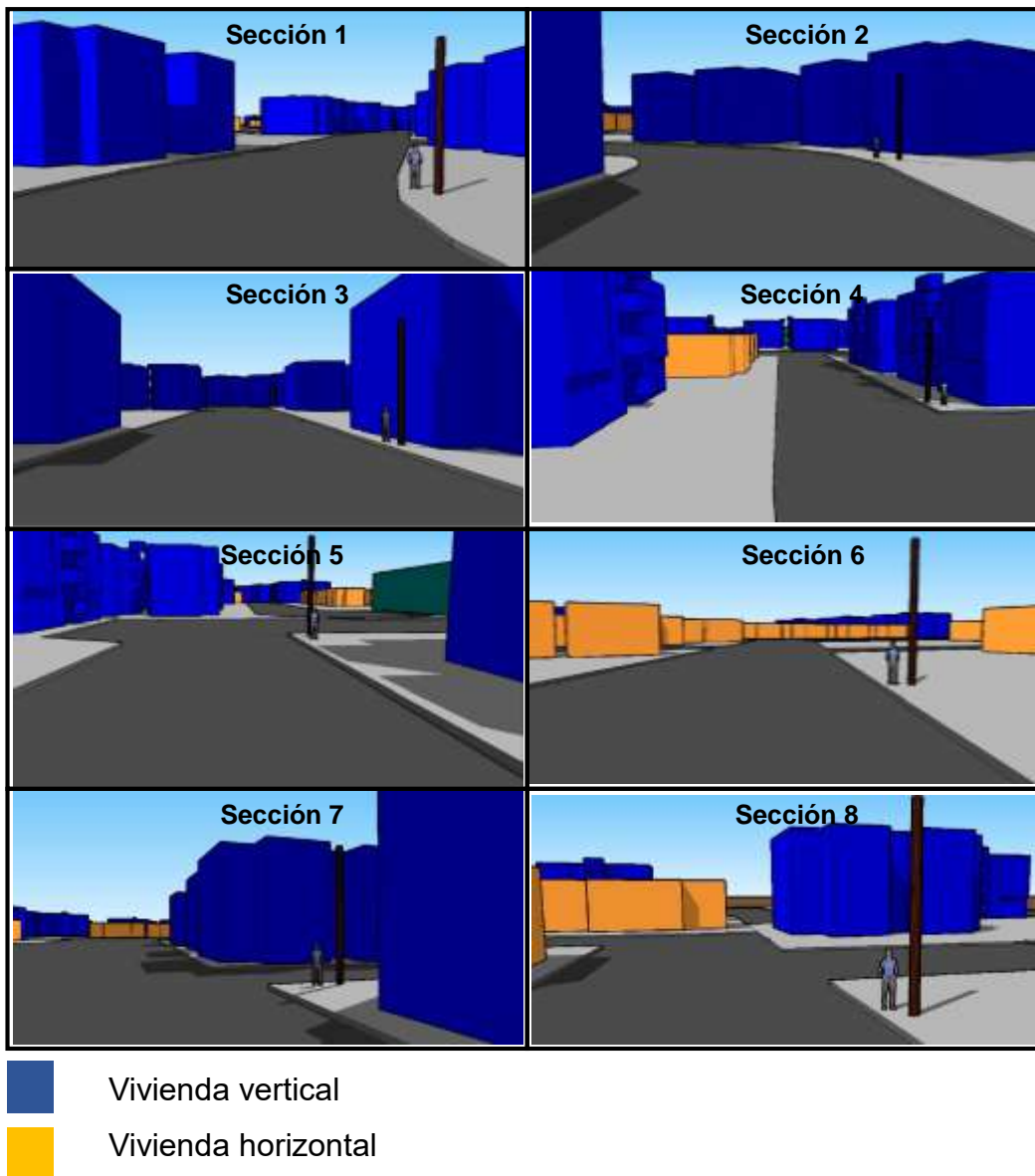


Figura 19 Imágenes 3D de la ubicación de los 8 sensores de temperatura.

Fuente: Elaboración propia en Sketch up Google.

Cuantificación física del sector

Se cuantifican áreas con AutoCAD (Ver Figura 23), para obtener fuentes de calor adyacentes, distancias de calles, estacionamientos, etc. Se recuperan los dispositivos HOBOWare data logger y se descarga información en software HOBOWare. Una vez exportada la información, se gráfica temperatura y humedad relativa, de las horas 02:00 y 16:00 horas.

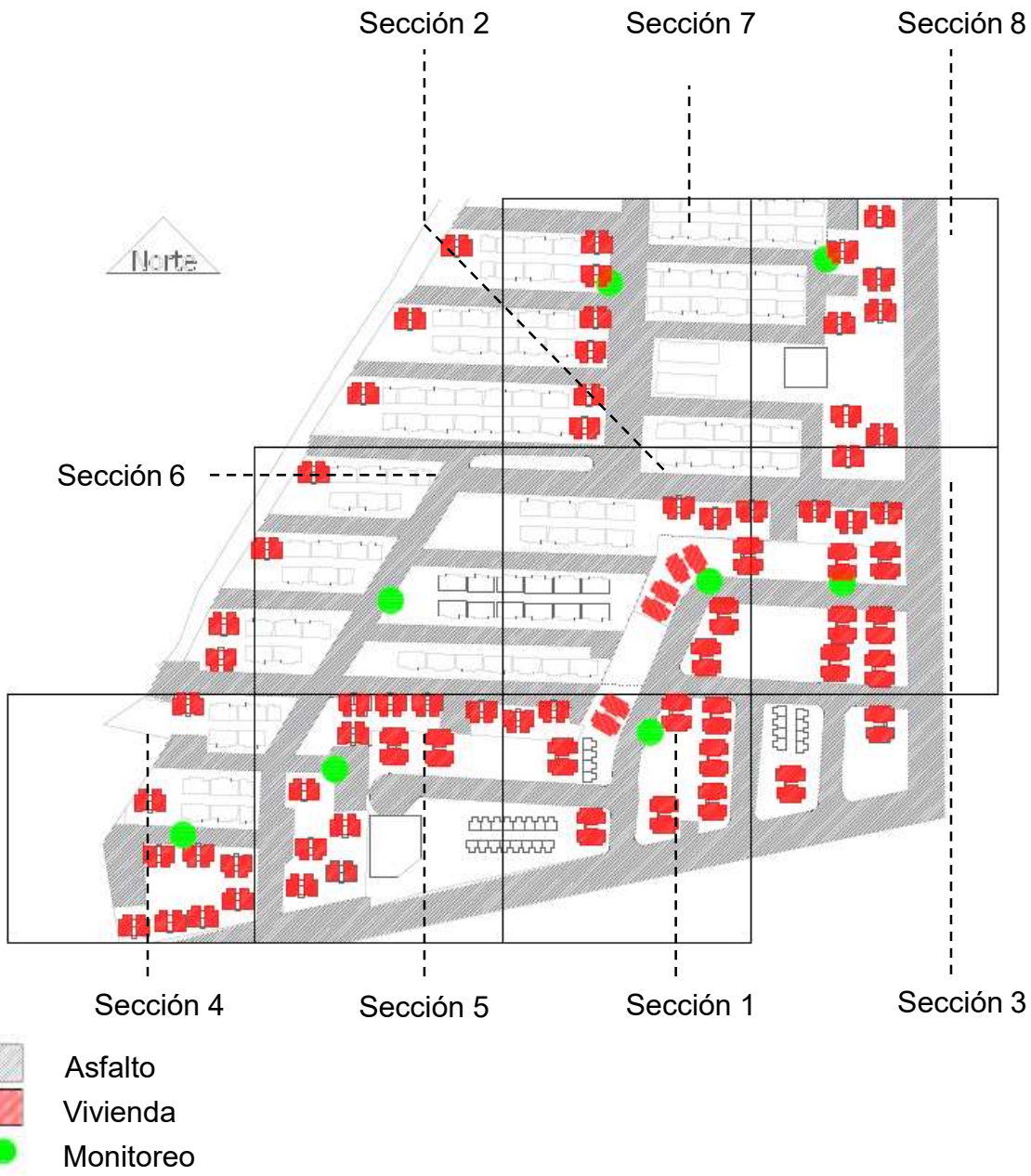


Figura 20 Mapa de conjunto con 8 secciones de 150m de largo.

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD 2016.

3.3.4 Fase 3: Análisis de gráficos numéricos

Se realizó una tabla con las estadísticas de la configuración del conjunto habitacional que son las que crean las ICU (Ver Tabla 7). Para ello, fue necesario realizar visitas de campo, revisar imágenes satelitales y usar el programa de AutoCAD.

Variable		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Densidad de vivienda		154	117	100	99	95	61	101	64
Ocupación	Superficie impermeable (%)	78	82.6	91.2	56.9	89.5	78	79.8	89.1
	Techo por cubrir (%)	18.1	28	16.4	18.8	24.1	20	34.8	19.9
	Árbol Pabellón (%)	9.4	11.6	8.9	10.7	9.8	15.6	13.4	10.3
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.42	0.62	0.58	0.48	0.42	0.09	0.75	0.56
	Altura promedio de construcción (ml)	7.7	6.3	7.7	6.5	7.5	5.3	5.5	6.6
	Calle orientada	N-S	E-O	E-O	E-O	E-O	N-S	E-O	N-S
	Distancia al río (ml)	900	800	800	1300	1200	1000	750	600
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
	Distancia a industrial (ml)	370	320	250	670	560	520	260	130
	Distancia a autopista (ml)	70	120	45	65	85	180	180	45
	Distancia a estacionamiento (ml)	150	250	50	400	250	300	250	180

La densidad se calculó por el número de viviendas en cada sección.

Los porcentajes de superficie impermeable, techo a cubrir y árbol de pabellón, se calcularon en base a mapa satelital.

La proporción del cañón urbano se obtuvo de multiplicar el alto del edificio por el ancho de la calle.

La altura promedio de construcción se calculó mediante el total de techo a cubrir, de acuerdo con el porcentaje de área por tipología de vivienda. Este porcentaje se multiplica por la altura y se dividió por el total.

La orientación es en base a la calle inmediata donde se instaló el sensor de temperatura.

Las distancias se calcularon por medio de un mapa de AutoCAD del municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua, trazando distancias al río, ciudad – abajo, industria, autopista y estacionamiento más próximo.

Tabla 7 Estadísticas de la configuración del conjunto habitacional de las 8 secciones.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia.

3.3.4.1 Análisis de gráficos – Temporada de clima de transición (19 marzo – 5 abril)

19 marzo - 5 abril 02:00						
Lugar	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Prom.	Húm. Max.	Húm. Min.	Húm Prom.
Sensor 1	19.93	7.14	14.25	68.69	26.34	39.17
Sensor 2	20.26	7.69	14.67	66.43	24.75	37.43
Sensor 3	20.41	7.79	15.13	66.77	25.26	36.99
Sensor 4	20	7.36	14.26	67.02	25.59	38.07
Sensor 5	20.34	7.67	14.84	67.07	25.04	37.86
Sensor 6	20.03	7.26	14.15	67.60	26.52	39.03
Sensor 7	19.98	7.51	14.53	70.77	33.31	44.30
Sensor 8	20.65	8.17	15.77	69.32	27.21	37.78
Estación	20.43	7.46	14.41	59.78	18.00	30.58

Tabla 8 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 02:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

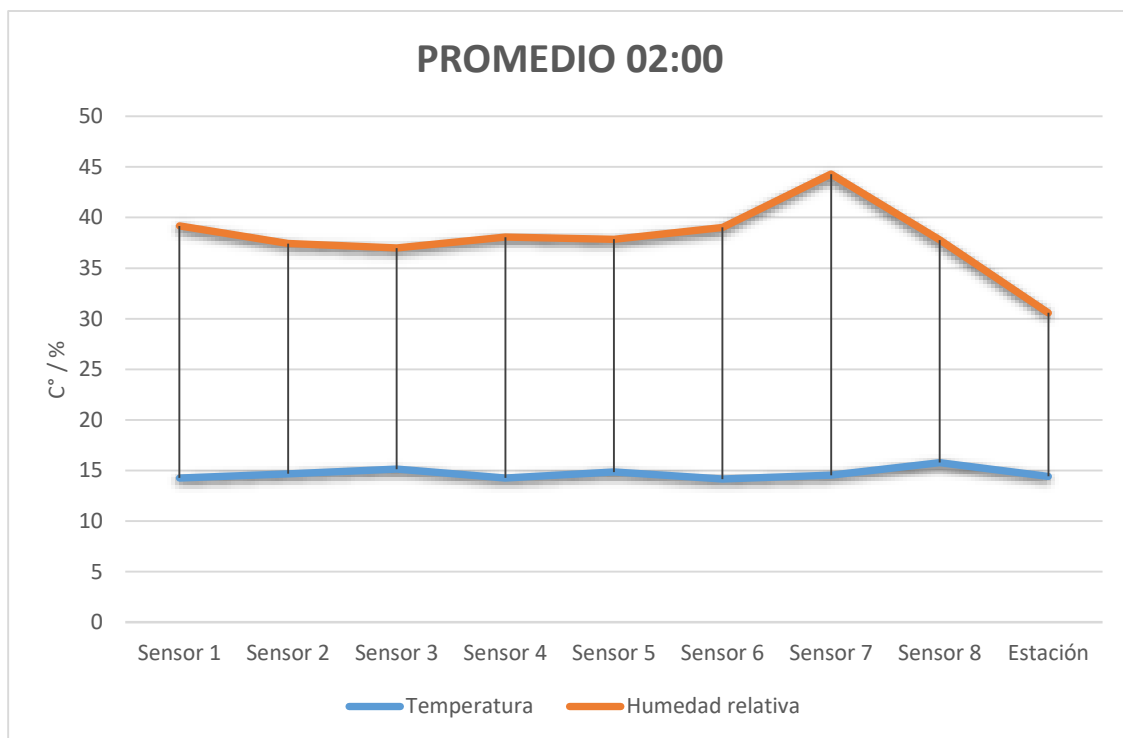


Figura 21 Grafica de temperatura y humedad relativa de los sensores en marzo a las 02:00.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

Resultados: La temperatura máxima en Ciudad Juárez es de 23.4°C a 26.9°C en los meses de marzo y abril, sin embargo, en los registros del área de estudio a las 02:00 horas rondan los 20°C. En cuanto a la temperatura promedio es de 15.1°C a 18.7°C en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda los 14°C. Por último, la temperatura mínima es de 6.9°C a 10.6°C en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda los 7°C. Los resultados en comparación con los registros de temperatura promedio de Ciudad Juárez de los meses de marzo y abril demuestran que se han registrado temperaturas más bajas en máximos y promedio, mientras los mínimos se encuentran en rango.

El porcentaje de humedad relativa máxima en Cd. Juárez es de 61.3% a 64.37% en los meses de marzo y abril (Ver Tabla 9), sin embargo, en los registros del área de estudio ronda de los 66% a los 70%. En cuanto a la humedad relativa promedio es de 38.4% a 39.5% en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda 36.99% a 44.3%. Por último, la humedad relativa mínima es de 19.26% a 20.7% en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda de 24% a los 33%. Los resultados en comparación con los registros de humedad relativa promedio de Ciudad Juárez de los meses de marzo y abril demuestran que se han registrado promedios más alto de humedad relativa, por lo que se entiende los registros de temperaturas más bajas en promedio en el área de estudio.

19 marzo - 5 abril 16:00						
Lugar	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Prom.	Húm. Max.	Húm. Min.	Húm Prom.
Sensor 1	31.68	20.17	26.62	32.74	12.99	18.99
Sensor 2	31.81	19.93	26.34	29.98	10.6	17.15
Sensor 3	32.58	20.77	27.29	26.94	12	17.15
Sensor 4	30.24	19.53	26.39	30.1	12.81	18.63
Sensor 5	31.48	19.19	26.78	29.45	11.75	17.71
Sensor 6	30.87	19.79	26.2	33.78	12.9	19.36
Sensor 7	30.62	19.38	25.73	38.61	21.13	26.79
Sensor 8	31.23	18.91	26.28	31.55	13.82	20.44
Estación	28.52	17.05	23.53	27	7	13.32

Tabla 9 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

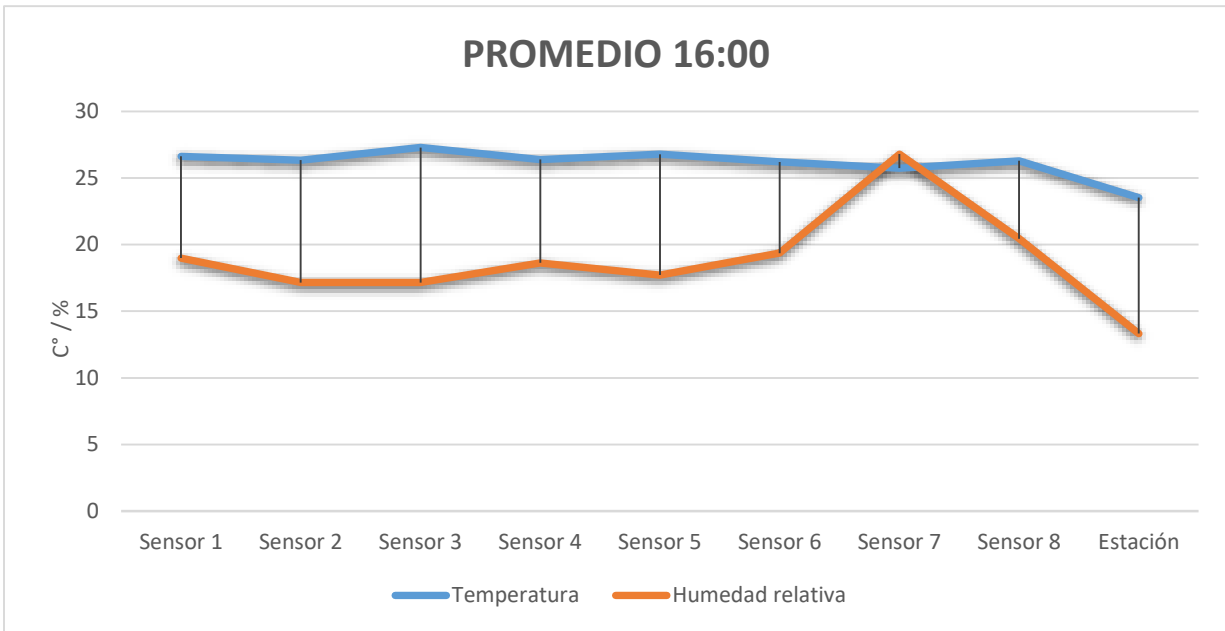


Figura 22 Grafica promedio de temperatura y humedad relativa de los sensores en marzo a las 16:00.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01

Resultados: La temperatura máxima en Ciudad Juárez es de 23.4°C a 26.9°C en los meses de marzo y abril, sin embargo, en los registros del área de estudio a las 16:00 rondan los 31°C. En cuanto a la temperatura promedio es de 15.1°C a 18.7°C en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda los 26°C. Por último, la temperatura mínima es de 6.9°C a 10.6°C en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda los 19°C. Los resultados en comparación con los registros de temperatura promedio de Ciudad Juárez de los meses de marzo y abril demuestran que se han registrado temperaturas más altas en máximos y mínimos, mientras el promedio se encuentra por abajo en el área de estudio.

El porcentaje de humedad relativa máxima en Cd. Juárez es de 61.3% a 64.37% en los meses de marzo y abril, sin embargo, en los registros del área de estudio ronda de 26.94% a los 33.61%. En cuanto a la humedad relativa promedio es de 38.4% a 39.5% en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda 36.99% 44.3%. Por último, la humedad relativa mínima es de 19.26% a 20.7% en los meses de marzo y abril, mientras en el registro ronda de 17.15% a los 26.79%. Los resultados en comparación con los registros de humedad relativa promedio de Ciudad Juárez de los meses de marzo y abril demuestran que se han registrado en los máximos menor porcentaje de humedad relativa, que demuestran porque se tienen temperaturas más altas en el área de estudio.

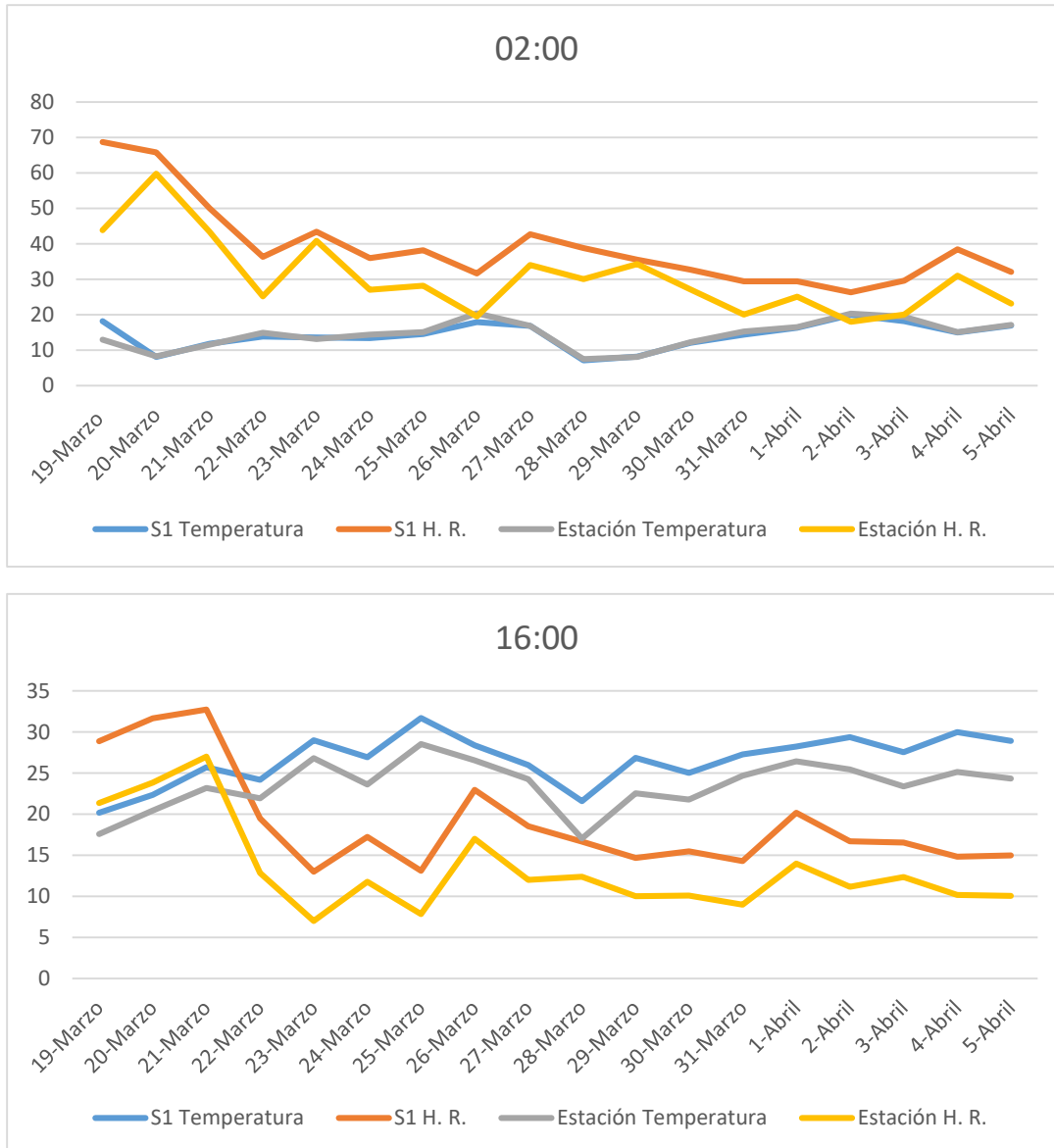
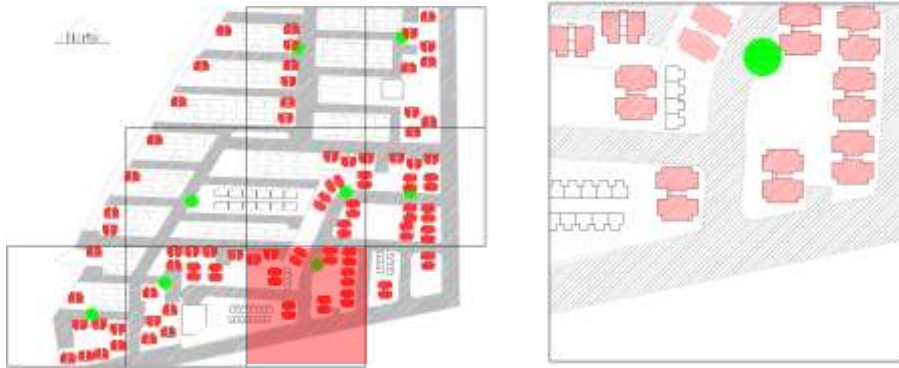


Figura 23 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 1 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 1
Densidad de vivienda		154
Ocupación	Superficie impermeable (%)	78
	Techo por cubrir (%)	18.1
	Árbol Pabellón (%)	9.4
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.42
	Altura promedio de construcción (ml)	7.7
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	900
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	370
	Distancia a autopista (ml)	70
	Distancia a estacionamiento (ml)	150

Tabla 10 Estadísticas de la configuración de la sección 1.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 1 y la estación meteorológica, se muestra irregularidad llegando como máximo hasta 10°C de diferencia, siempre es mayor en la sección 1, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 1 es mayor hasta 5°C de diferencia con la estación meteorológica y la humedad se mostró hasta 2% mayor en la sección 1. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 78% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.42 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor debido a sombras y velocidad de viento con orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 9.4% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.7 metros.

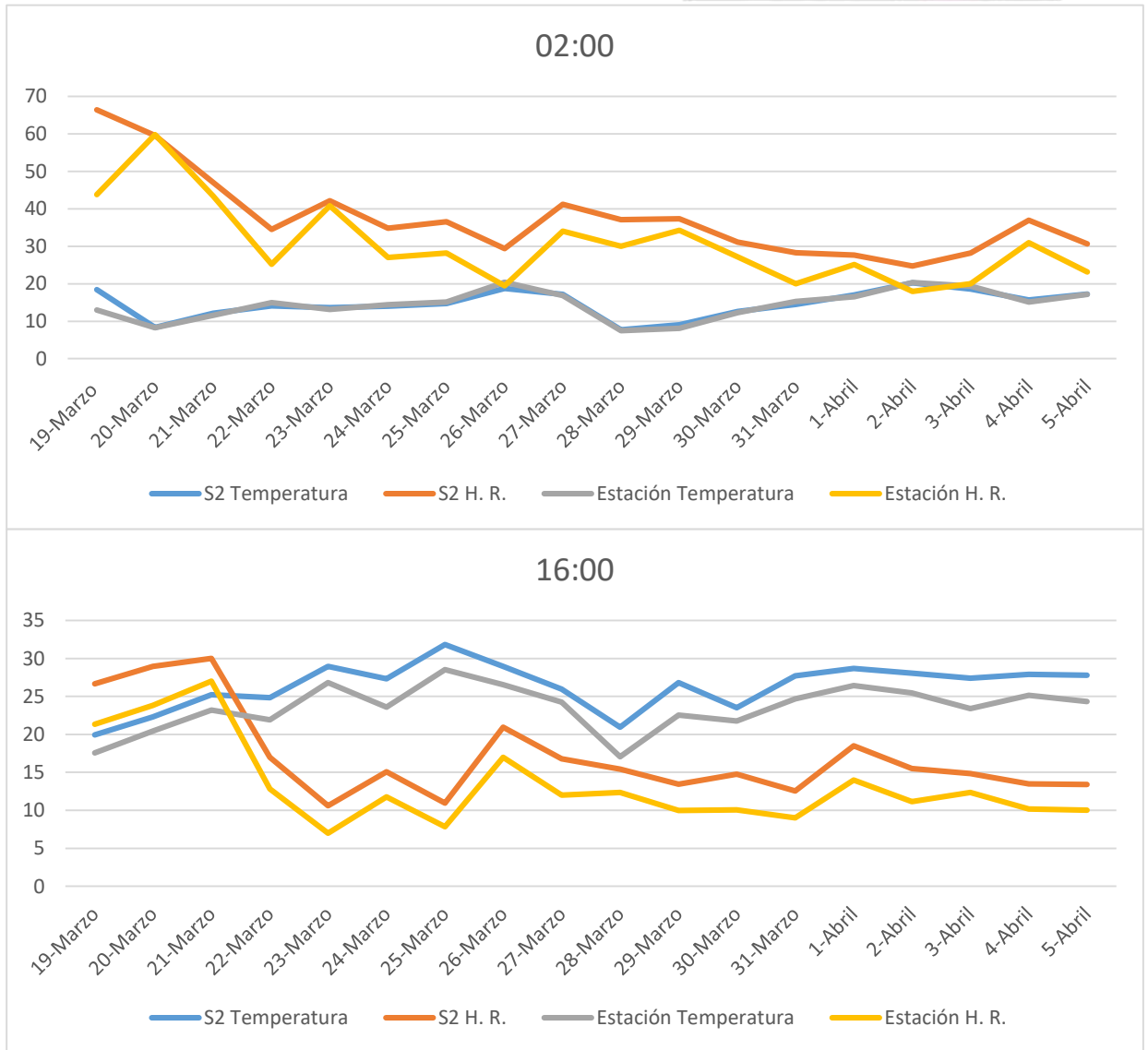
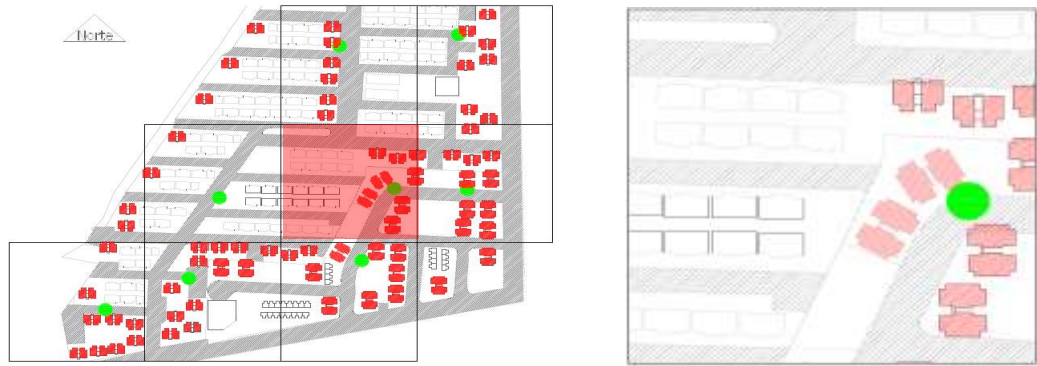


Figura 24 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 2 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 2
Densidad de vivienda		117
Ocupación	Superficie impermeable (%)	82.6
	Techo por cubrir (%)	28
	Árbol Pabellón (%)	11.6
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.62
	Altura promedio de construcción (ml)	6.3
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	800
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	320
	Distancia a autopista (ml)	120
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 11 Estadísticas de la configuración de la sección 2.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 2 y la estación meteorológica, se muestra irregularidad llegando como máximo hasta 10°C de diferencia, siempre es mayor en la sección 2, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 2 es mayor hasta 5°C de diferencia con la estación meteorológica y la humedad se mostró hasta 2% mayor en la sección 1. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 82.6% con suelos de y concreto, además de, la proporción 0.62 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor en porcentaje debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 11.6% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.3 metros.

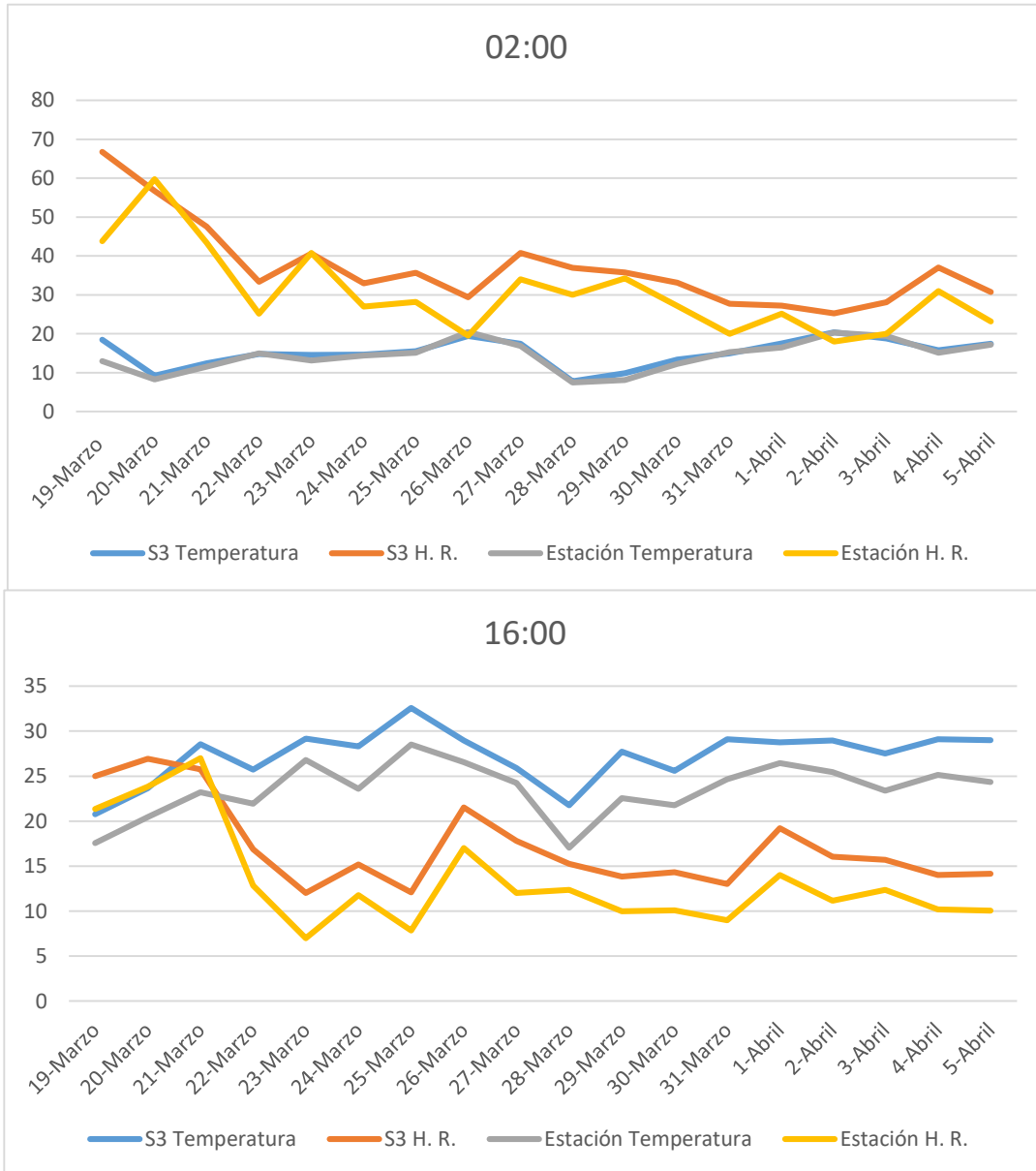
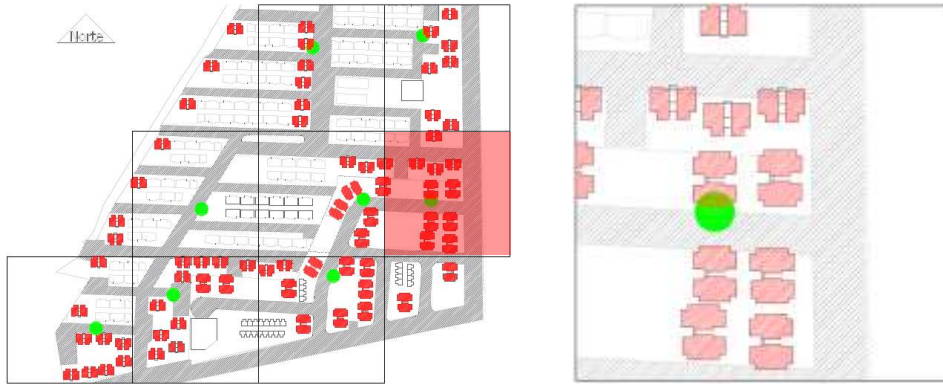


Figura 25 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 3 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 3
Densidad de vivienda		100
Ocupación	Superficie impermeable (%)	91.2
	Techo por cubrir (%)	16.4
	Árbol Pabellón (%)	8.9
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.58
	Altura promedio de construcción (ml)	7.7
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	800
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	250
	Distancia a autopista (ml)	45
	Distancia a estacionamiento (ml)	50

Tabla 12 Estadísticas de la configuración de la sección 3.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 3 y la estación meteorológica, se muestra uniforme y con mayor temperatura en la sección 3, manteniéndose en un margen de diferencia menor de hasta 10°C, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, se muestra regularidad con un máximo de diferencia de hasta 5°C mayor la sección 3 y la humedad se mostró hasta 3% mayor en la sección 3. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 91.2% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.58 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor en porcentaje debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 8.9% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.7 metros.

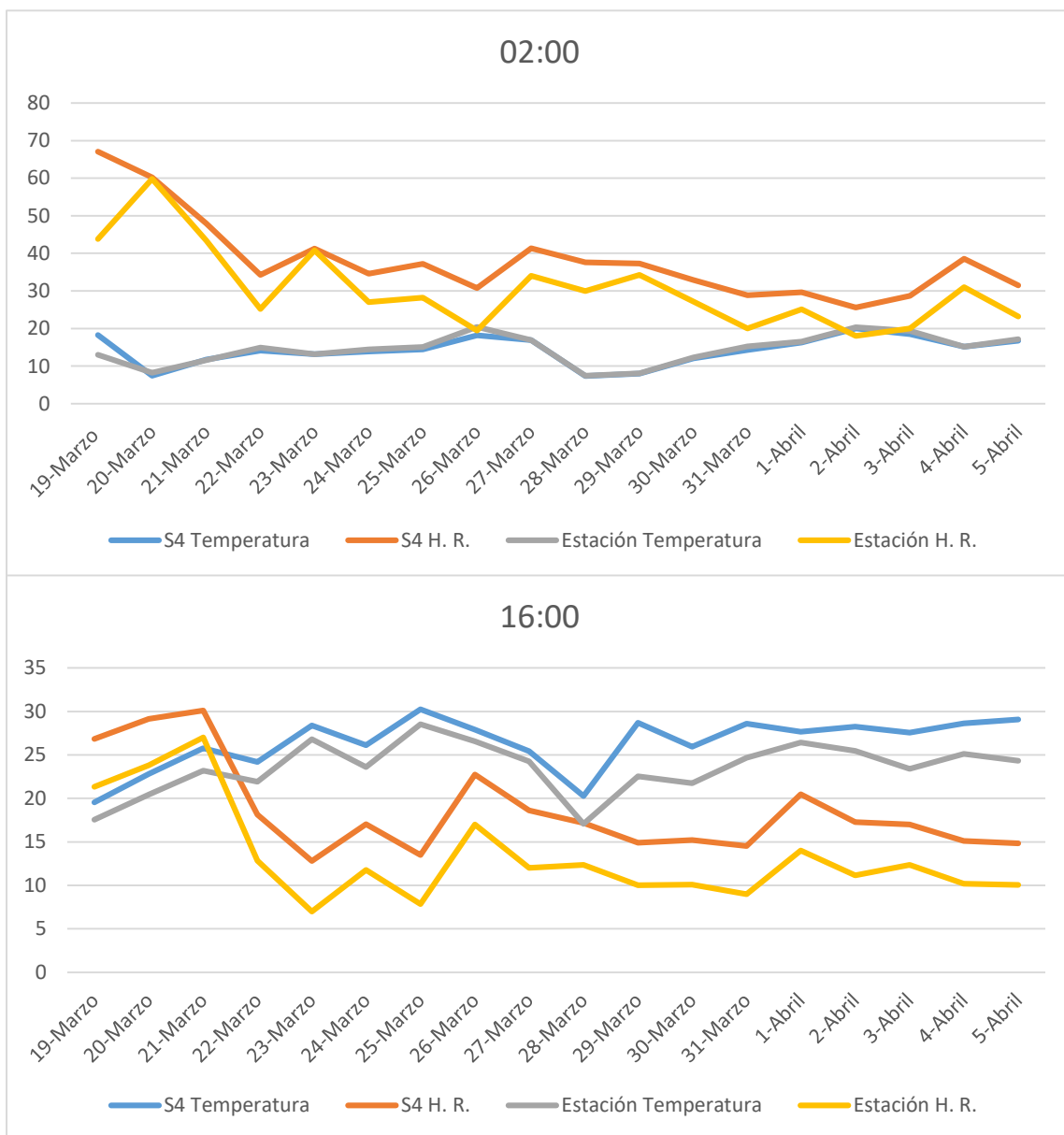


Figura 26 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 4 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 4
Densidad de vivienda		99
Ocupación	Superficie impermeable (%)	56.9
	Techo por cubrir (%)	18.8
	Árbol Pabellón (%)	10.7
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.48
	Altura promedio de construcción (ml)	6.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	1300
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	670
	Distancia a autopista (ml)	65
	Distancia a estacionamiento (ml)	400

Tabla 13 Estadísticas de la configuración de la sección 4.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 4 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 4, teniendo hasta 10°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 4 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 5°C mayor y la humedad se mostró hasta 6% mayor en un fenómeno climático en la sección 4, aunque siendo constante en 2% de diferencia. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 56.9% con suelos de asfalto y concreto, además de la proporción 0.48 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 10.7% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.5 metros.

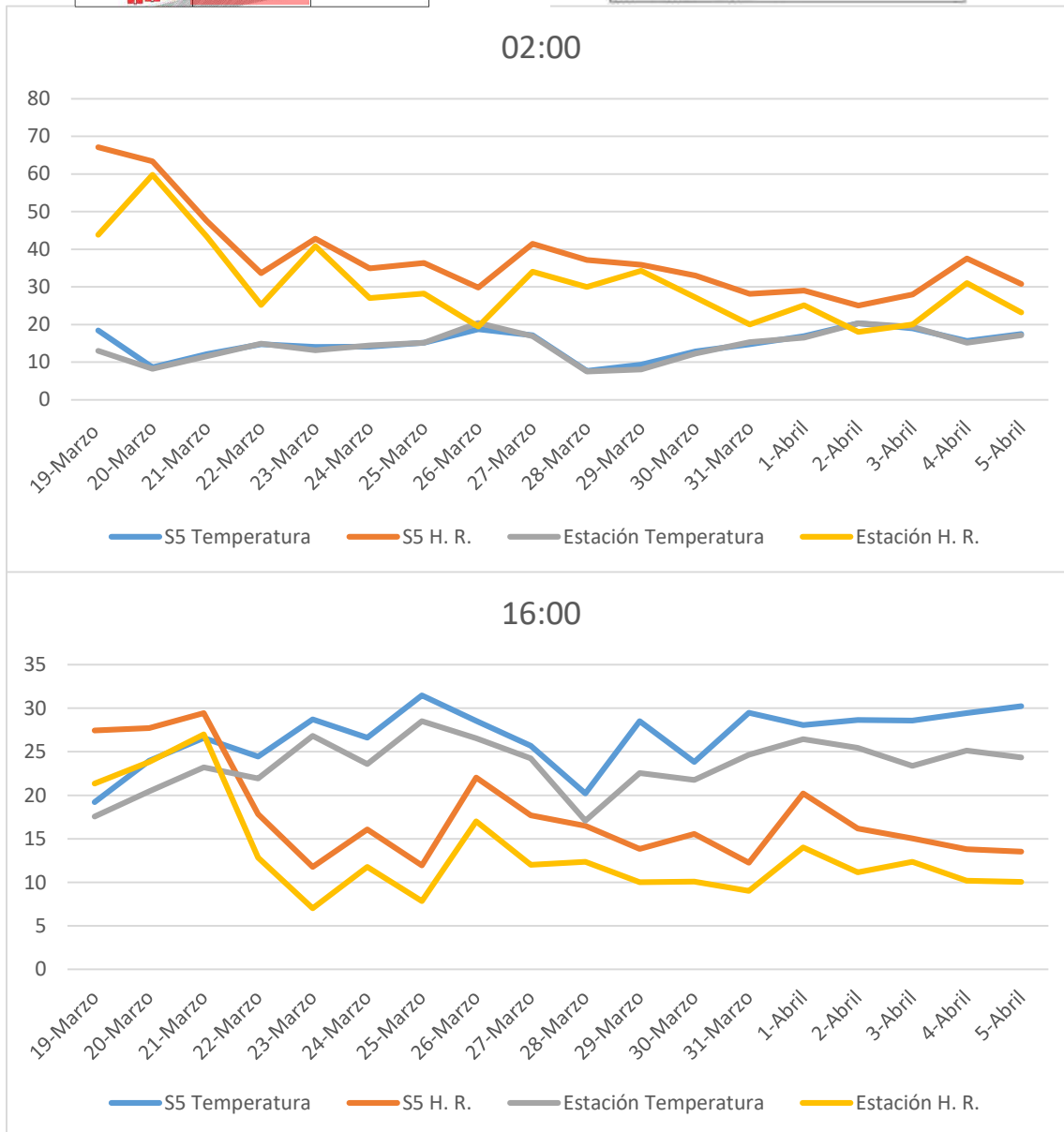
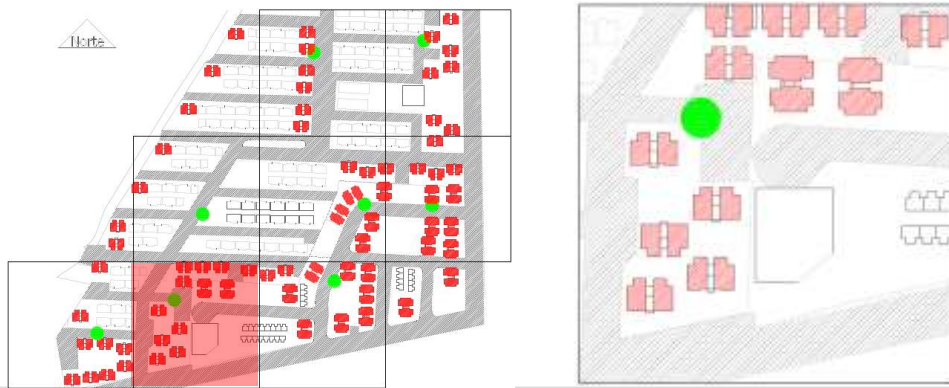


Figura 27 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 5 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 5
Densidad de vivienda		95
Ocupación	Superficie impermeable (%)	89.5
	Techo por cubrir (%)	24.1
	Árbol Pabellón (%)	9.8
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.42
	Altura promedio de construcción (ml)	7.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	1200
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	560
	Distancia a autopista (ml)	85
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 14 Estadísticas de la configuración de la sección 5.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 5 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 5, teniendo hasta 10°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 5 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 6°C mayor y la humedad se mostró hasta 6% mayor en un fenómeno climático en la sección 5, aunque siendo irregular en 2% o 3% de diferencia. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 89.5% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.42 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 9.8% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.5 metros.

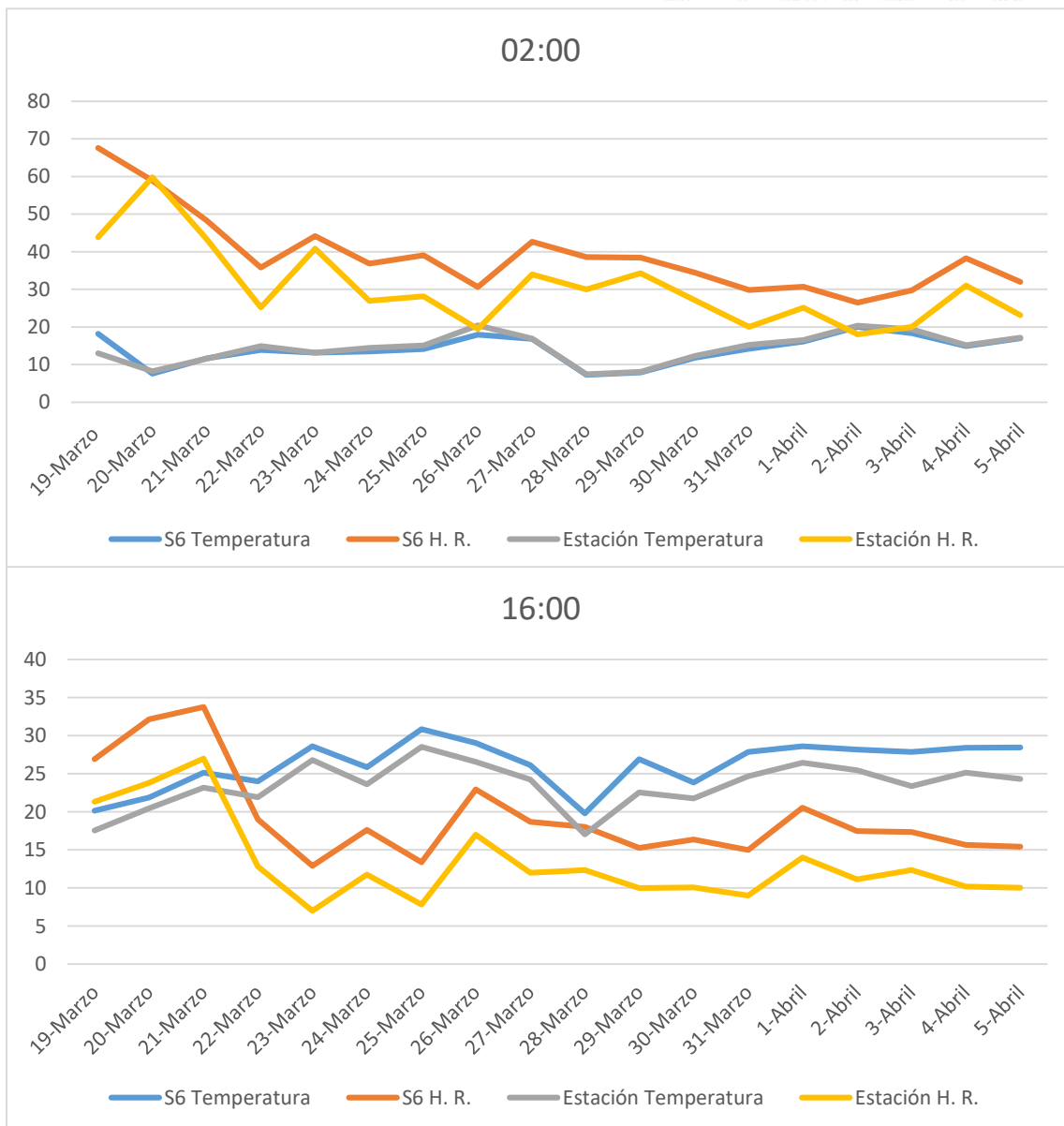


Figura 28 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 6 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 6
Densidad de vivienda		61
Ocupación	Superficie impermeable (%)	78
	Techo por cubrir (%)	20
	Árbol Pabellón (%)	15.6
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.09
	Altura promedio de construcción (ml)	5.3
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	1000
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	520
	Distancia a autopista (ml)	180
	Distancia a estacionamiento (ml)	300

Tabla 15 Estadísticas de la configuración de la sección 6.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 6 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 6, teniendo hasta 10°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 6 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 6°C mayor y la humedad se mostró hasta 5% mayor en un fenómeno climático en la sección 6, aunque siendo regular en 2% de diferencia. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 78% con suelos de asfalto y concreto, y con una casi nula proporción 0.09 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 15.6% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 5.3 metros.

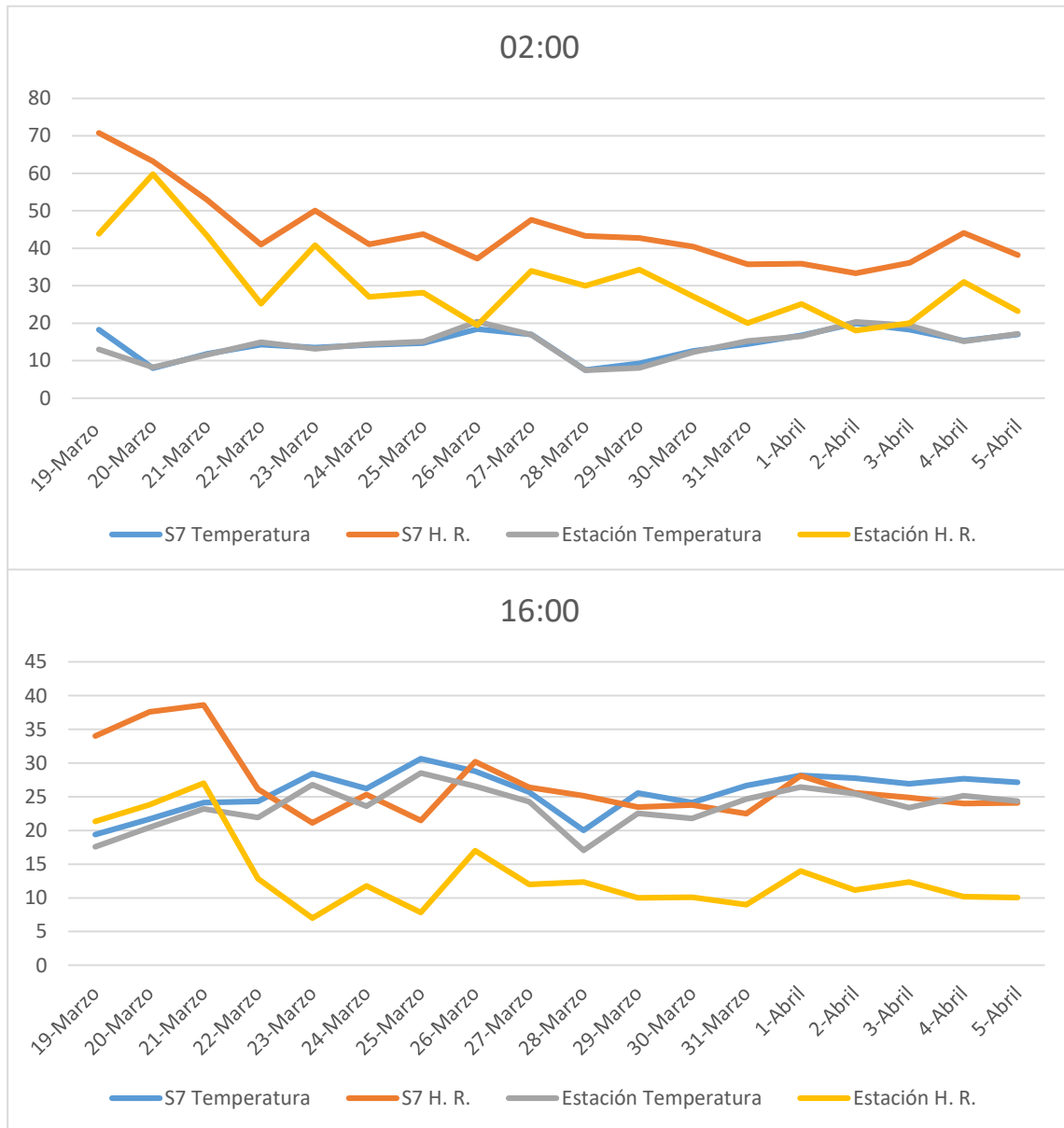
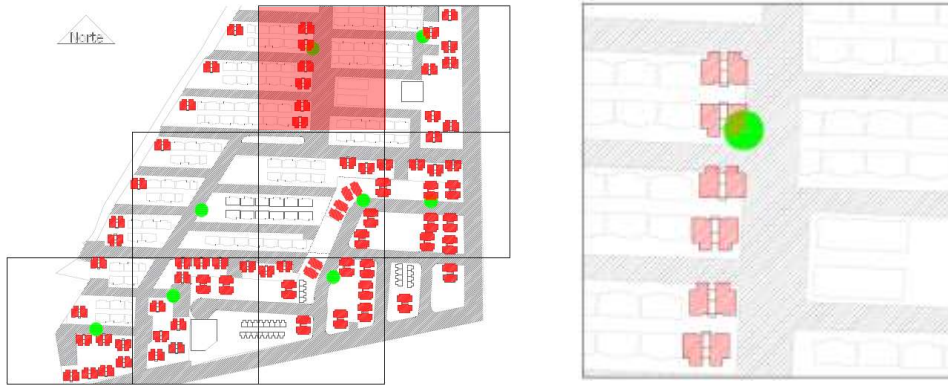


Figura 29 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 7 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 7
Densidad de vivienda		101
Ocupación	Superficie impermeable (%)	79.8
	Techo por cubrir (%)	34.8
	Árbol Pabellón (%)	13.4
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.75
	Altura promedio de construcción (ml)	5.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	750
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	260
	Distancia a autopista (ml)	180
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 16 Estadísticas de la configuración de la sección 7.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 7 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 7, teniendo hasta 16°C más de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 7 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 14°C mayor y la humedad se mostró hasta 2% mayor en la sección 7. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 79.8% con suelos de asfalto y concreto, y con una proporción 0.75 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 13.4% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 5.5 metros. Debido a la ubicación sin un edificio que genere sombra al sur y al este, el registro de temperatura fue mayor.

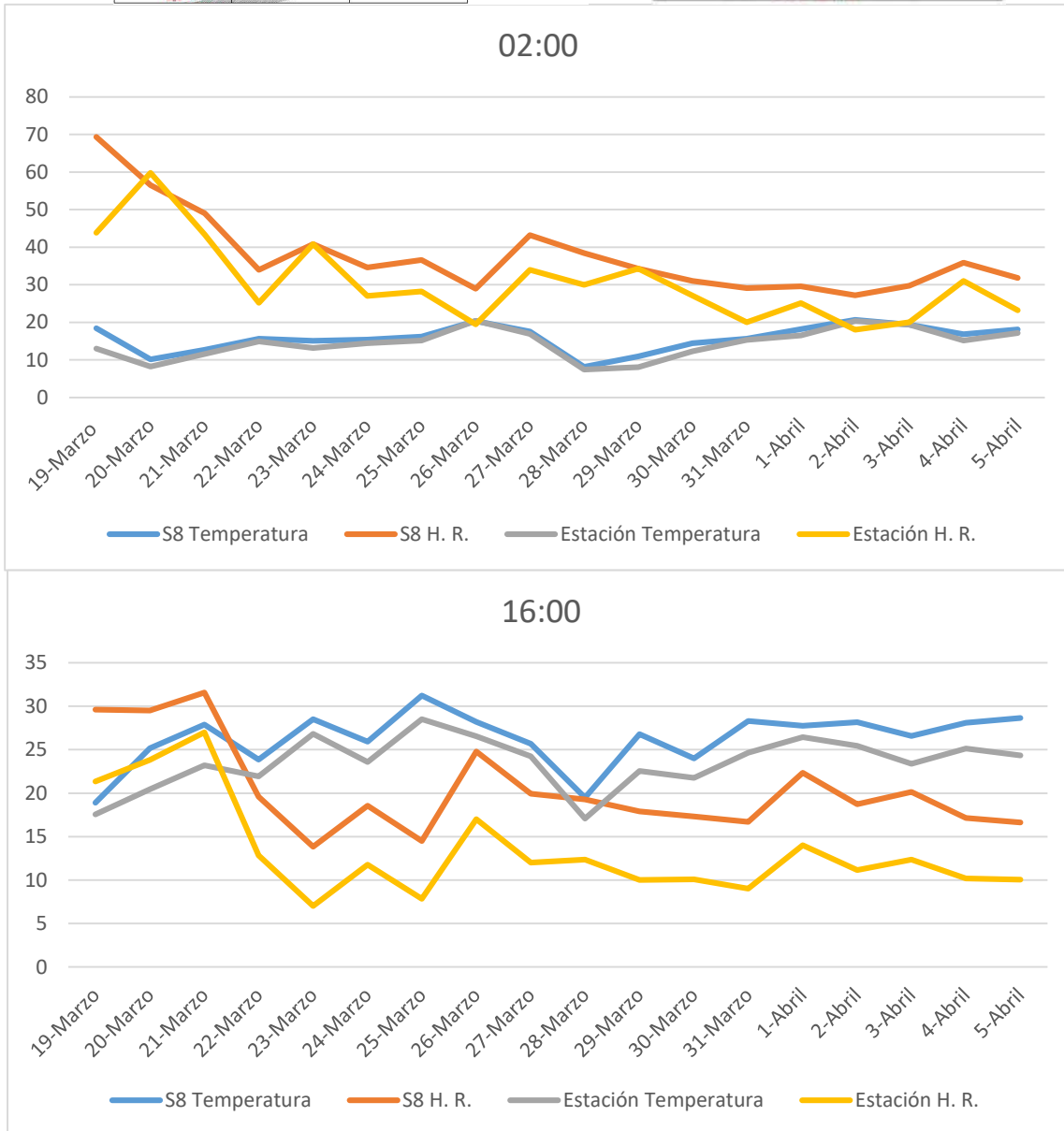
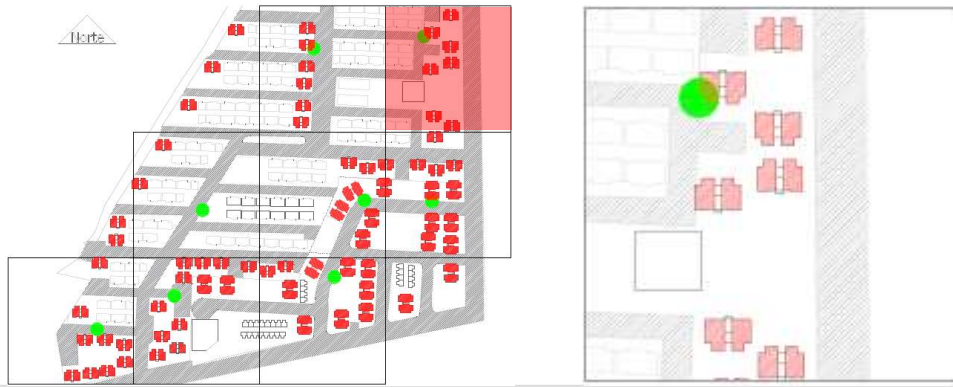


Figura 30 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 8 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 8
Densidad de vivienda		64
Ocupación	Superficie impermeable (%)	89.1
	Techo por cubrir (%)	19.9
	Árbol Pabellón (%)	10.3
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.56
	Altura promedio de construcción (ml)	6.6
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	600
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	130
	Distancia a autopista (ml)	45
	Distancia a estacionamiento (ml)	180

Tabla 17 Estadísticas de la configuración de la sección 8.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 8 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 8, teniendo hasta 10°C más de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 8 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 7°C mayor y la humedad se mostró hasta 4% mayor en la sección 8. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 89.1% con suelos de asfalto y concreto, y con una proporción 0.56 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran una autopista en la sección 8, industria y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 10.3% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.6 metros.

3.3.4.2 Análisis de gráficos – Temporada de clima de verano (6 junio – 24 junio)

6 junio - 24 junio 02:00						
Lugar	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Prom.	Hum. Max.	Hum. Min.	Hum Prom.
Sensor 1	30.04	19.15	25.75	75.94	15.49	29.60
Sensor 2	30.64	20.48	26.61	72.17	13.32	27.45
Sensor 3	30.11	19.88	26.05	66.86	15.51	29.12
Sensor 4	29.76	18.84	25.70	77.06	15.20	29.58
Sensor 5	30.14	19.72	25.84	80.65	14.69	29.59
Sensor 6	29.49	17.89	25.35	76.34	15.50	30.70
Sensor 7	29.96	19.22	25.62	74.11	23.44	36.80
Sensor 8	29.14	17.79	25.10	80.70	17.07	32.90
Estación	29.77	18.85	25.90	63.00	9.00	21.64

Tabla 18 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 02:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

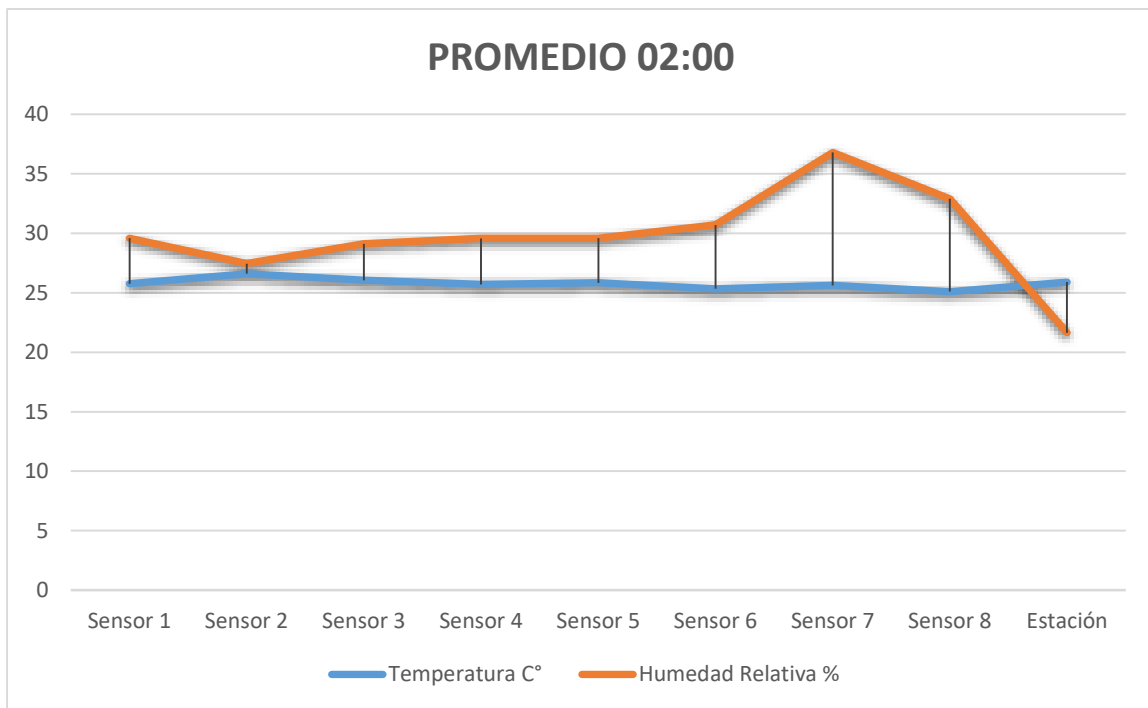


Figura 31 Grafica del promedio de temperatura y humedad de los sensores en Junio a las 02:00.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01

Resultados: La temperatura máxima en Ciudad Juárez es de 36.6°C en el mes de junio, sin embargo, en los registros del área de estudio a las 02:00 horas rondan los 30°C. En cuanto a la temperatura promedio es de 28.6°C en el mes de junio, mientras en el registro ronda los 25°C. Por último, la temperatura mínima es de 20.7°C en el mes de junio, mientras en el registro ronda los 19°C. Los resultados en comparación con los registros de temperatura promedio de Ciudad Juárez del mes de junio demuestran que se han registrado temperaturas más bajas en los tres rangos el área de estudio.

El porcentaje de humedad relativa máxima en Cd. Juárez es de 56.63% en el mes de junio, sin embargo, en los registros del área de estudio ronda de los 66.86% a los 80.70%. En cuanto a la humedad relativa promedio es de 37.4% en el mes de junio, mientras en el registro ronda 27.45% a 36.80%. Por último, la humedad relativa mínima es de 21.27% en el mes de junio, mientras en el registro ronda de 13.32% a los 23.44%. Los resultados en comparación con los registros de humedad relativa promedio de Ciudad Juárez del mes de junio demuestran que se han registrado máximos más alto de humedad relativa y similar en promedio y mínimo, dado que, la temperatura más baja se entiende al haber mayores máximos de humedad relativa.

6 junio - 24 junio 16:00						
Lugar	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Prom.	Hum. Max.	Hum. Min.	Hum Prom.
Sensor 1	46.25	34.38	41.72	21.06	9.65	14.98
Sensor 2	42	31.45	38.21	22.94	8.62	15.11
Sensor 3	41.29	30.24	36.94	26.21	11.08	17.61
Sensor 4	48.77	35.52	43.47	20.27	8.71	14.19
Sensor 5	43.76	31.51	39.70	22.61	8.6	15.26
Sensor 6	42.5	30.69	39.12	23.38	10.25	16.66
Sensor 7	41.88	30.74	37.37	32.98	19.63	25.54
Sensor 8	50.68	36.9	46.10	21.46	9.56	14.64
Estación	39.43	28.8	35.43	18.27	5.43	11.19

Tabla 19 Base de datos de la relación ambiental con el caso de estudio a las 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

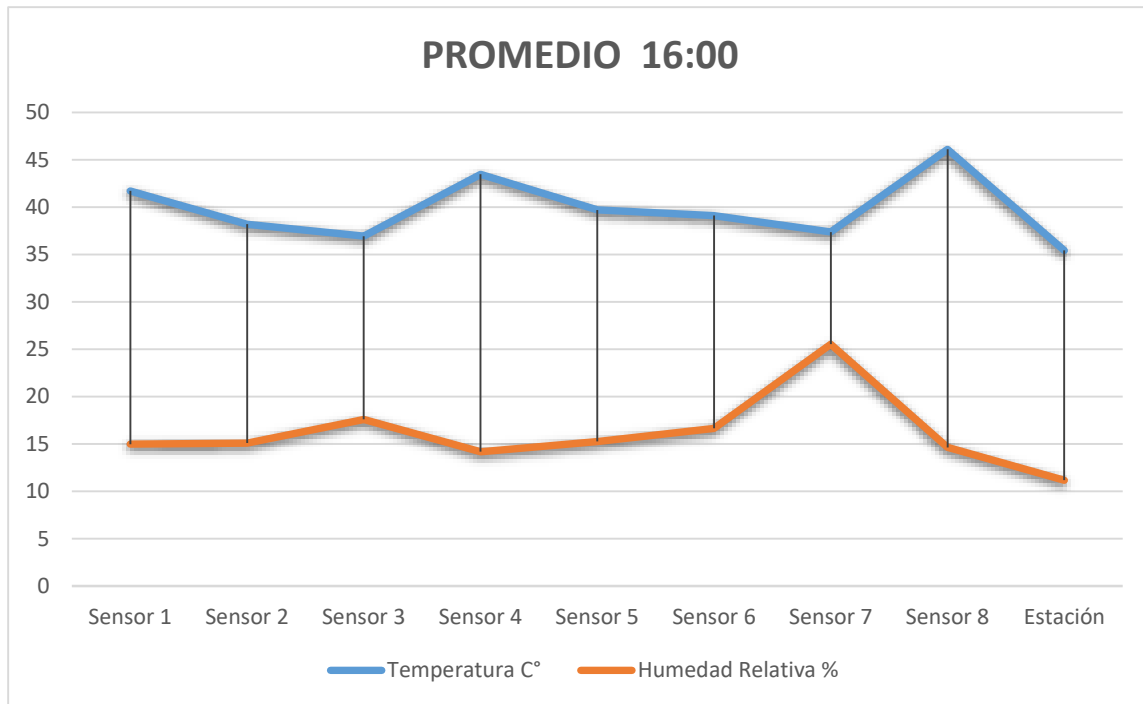


Figura 32 Grafica del promedio de temperatura y humedad de los sensores en junio a las 16:00.

Fuente: Elaboración propia en base a información propia y recabada por la estación meteorológica IIT-01.

Resultados: La temperatura máxima en Ciudad Juárez es de 36.6°C en el mes de junio, sin embargo, en los registros del área de estudio a las 16:00 horas rondan los 41.29°C a 50.68°C. En cuanto a la temperatura promedio es de 28.6°C en el mes de junio, mientras en el registro ronda los 37.37°C a 46.10°C. Por último, la temperatura mínima es de 20.7°C en el mes de junio, mientras en el registro ronda los 30.69°C a 36.9°C. Los resultados en comparación con los registros de temperatura promedio de Ciudad Juárez del mes de junio demuestran que se han registrado temperaturas más altas en máximo, promedio y mínimo, en el área de estudio.

El porcentaje de humedad relativa máxima en Cd. Juárez es de 56.63% en el mes de junio, sin embargo, en los registros del área de estudio ronda de los 21.06% a los 32.98%. En cuanto a la humedad relativa promedio es de 37.4% en el mes de junio, mientras en el registro ronda 14.19% a 25.54%. Por último, la humedad relativa mínima es de 21.27% en el mes de junio, mientras en el registro ronda de 8.6% a los 19.63%. Los resultados en comparación con los registros de humedad relativa máximo, promedio y mínimo de Ciudad Juárez del mes de junio demuestran el bajo porcentaje de humedad relativa, por lo que se entiende los registros de temperaturas más altos en el área de estudio.

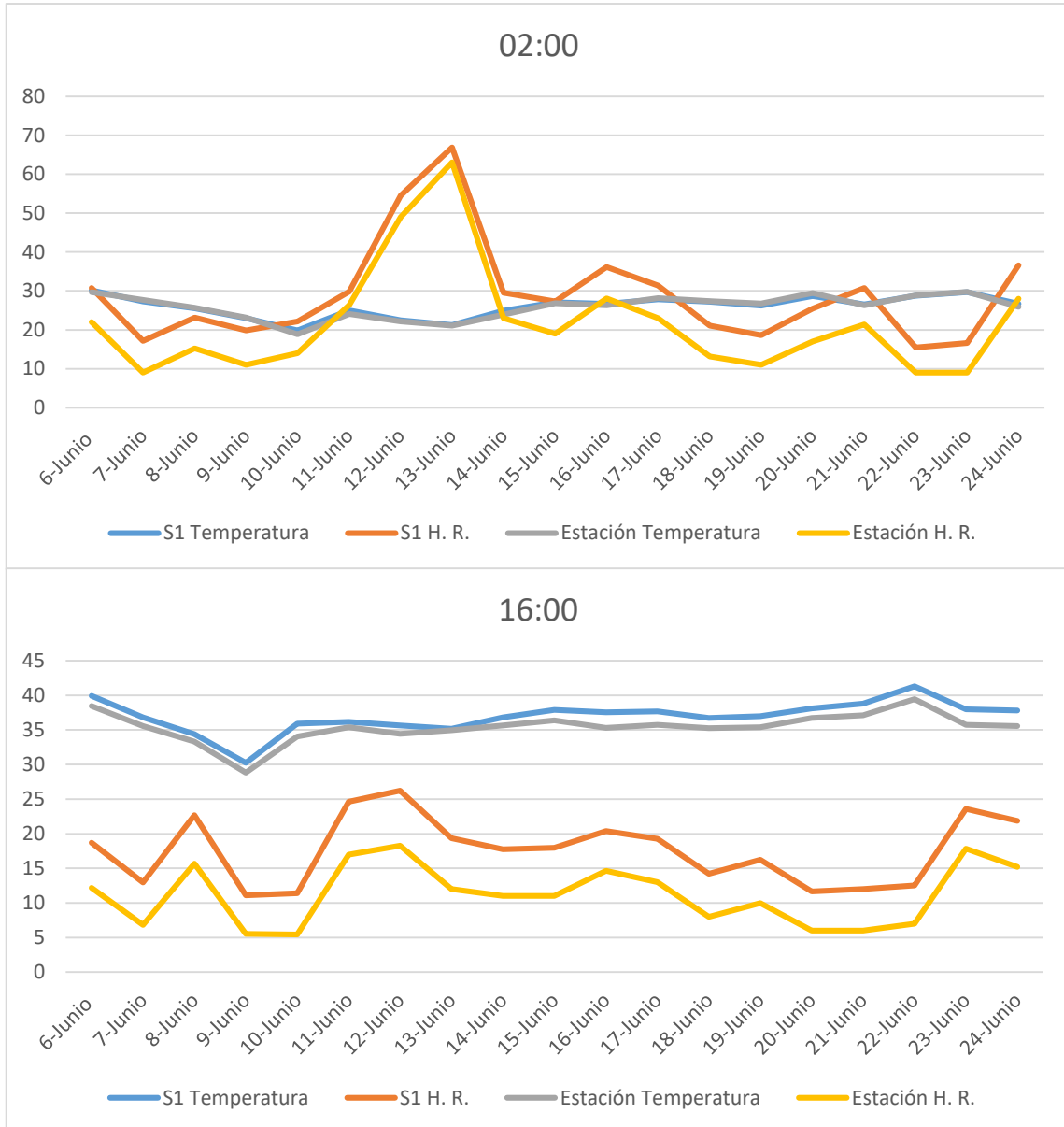
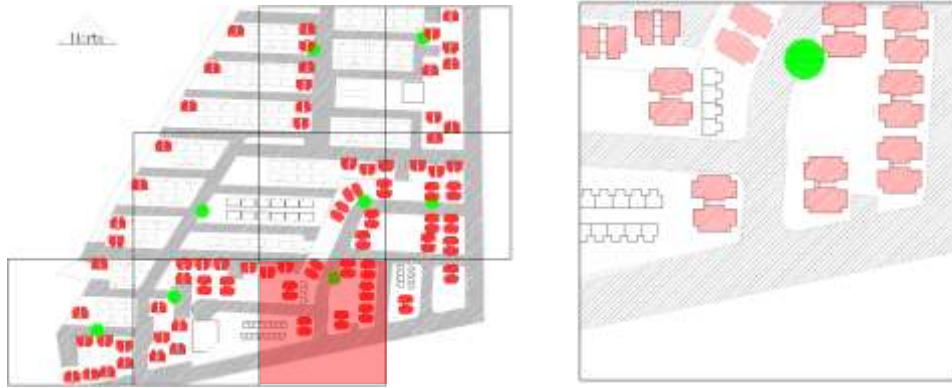


Figura 33 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 1 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 1
Densidad de vivienda		154
Ocupación	Superficie impermeable (%)	78
	Techo por cubrir (%)	18.1
	Árbol Pabellón (%)	9.4
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.42
	Altura promedio de construcción (ml)	7.7
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	900
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	370
	Distancia a autopista (ml)	70
	Distancia a estacionamiento (ml)	150

Tabla 20 Estadísticas de la configuración de la sección 1.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 1 y la estación meteorológica, se muestra irregularidad llegando como máximo hasta 5°C de diferencia, siempre es mayor en la sección 1, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 1 es mayor hasta 7°C de diferencia con la estación meteorológica y la humedad se mostró hasta 1% mayor en la sección 1. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 78% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.42 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es casi igual en orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 9.4% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.7 metros.

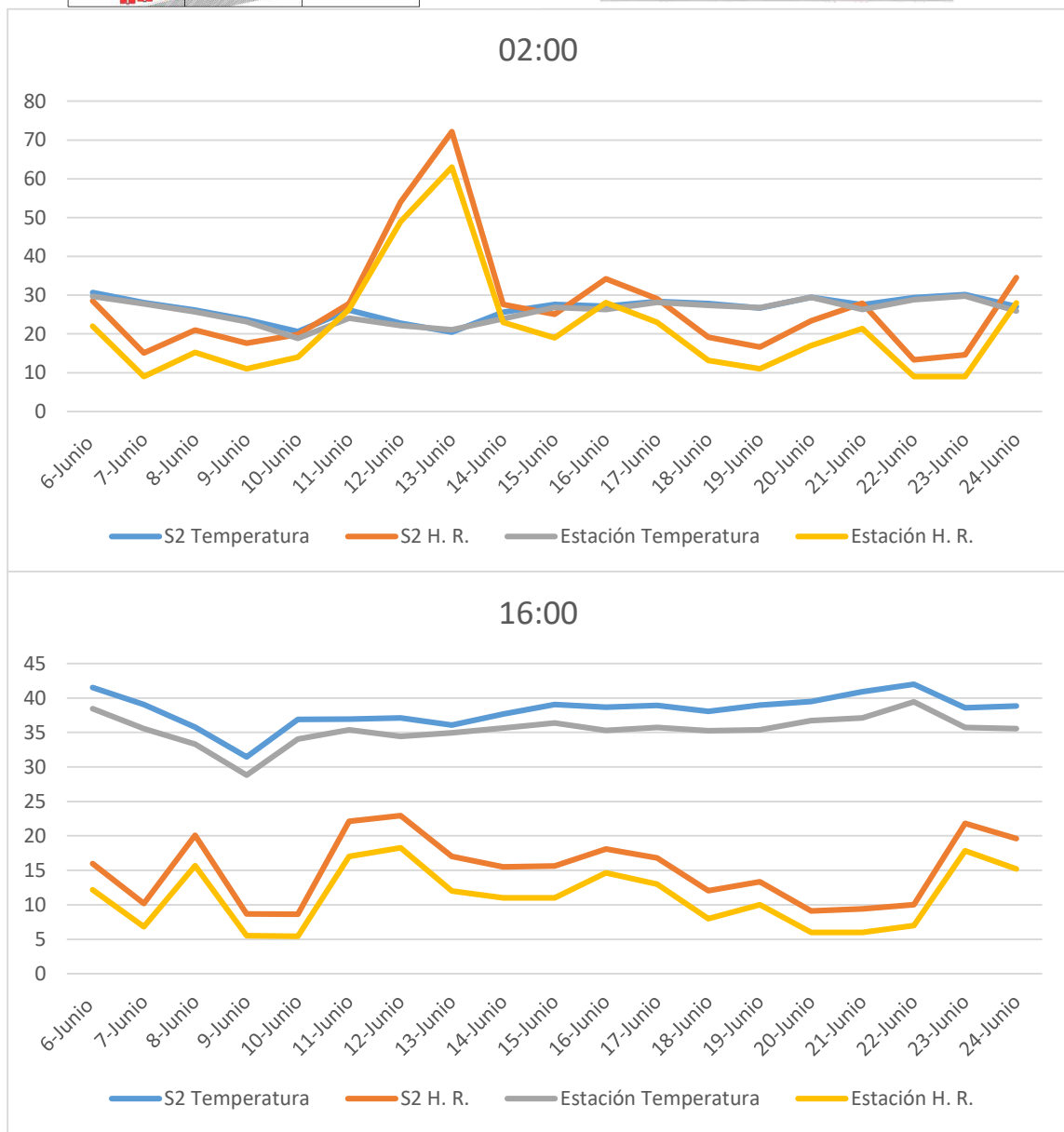
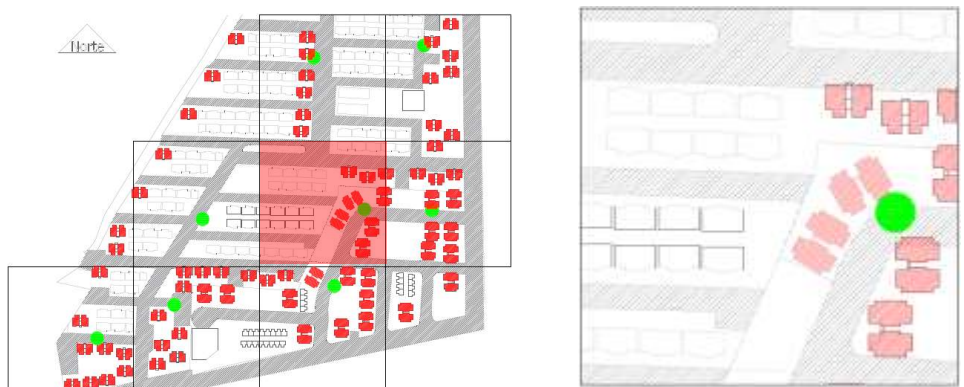


Figura 34 Ubicación y gráficas de la temperatura y HR: en la sección 2 a las 02:00 y 16:00 hrs.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 2
Densidad de vivienda		117
Ocupación	Superficie impermeable (%)	82.6
	Techo por cubrir (%)	28
	Árbol Pabellón (%)	11.6
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.62
	Altura promedio de construcción (ml)	6.3
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	800
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	320
	Distancia a autopista (ml)	120
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 21 Estadísticas de la configuración de la sección 2.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 2 y la estación meteorológica, se muestra irregularidad llegando como máximo hasta 5°C de diferencia, siempre es mayor en la sección 2, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 2 es mayor hasta 5°C de diferencia con la estación meteorológica y la humedad se mostró hasta 4% mayor en la sección 1. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 82.6% con suelos de y concreto, además de, la proporción 0.62 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor en porcentaje debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 11.6% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.3 metros.

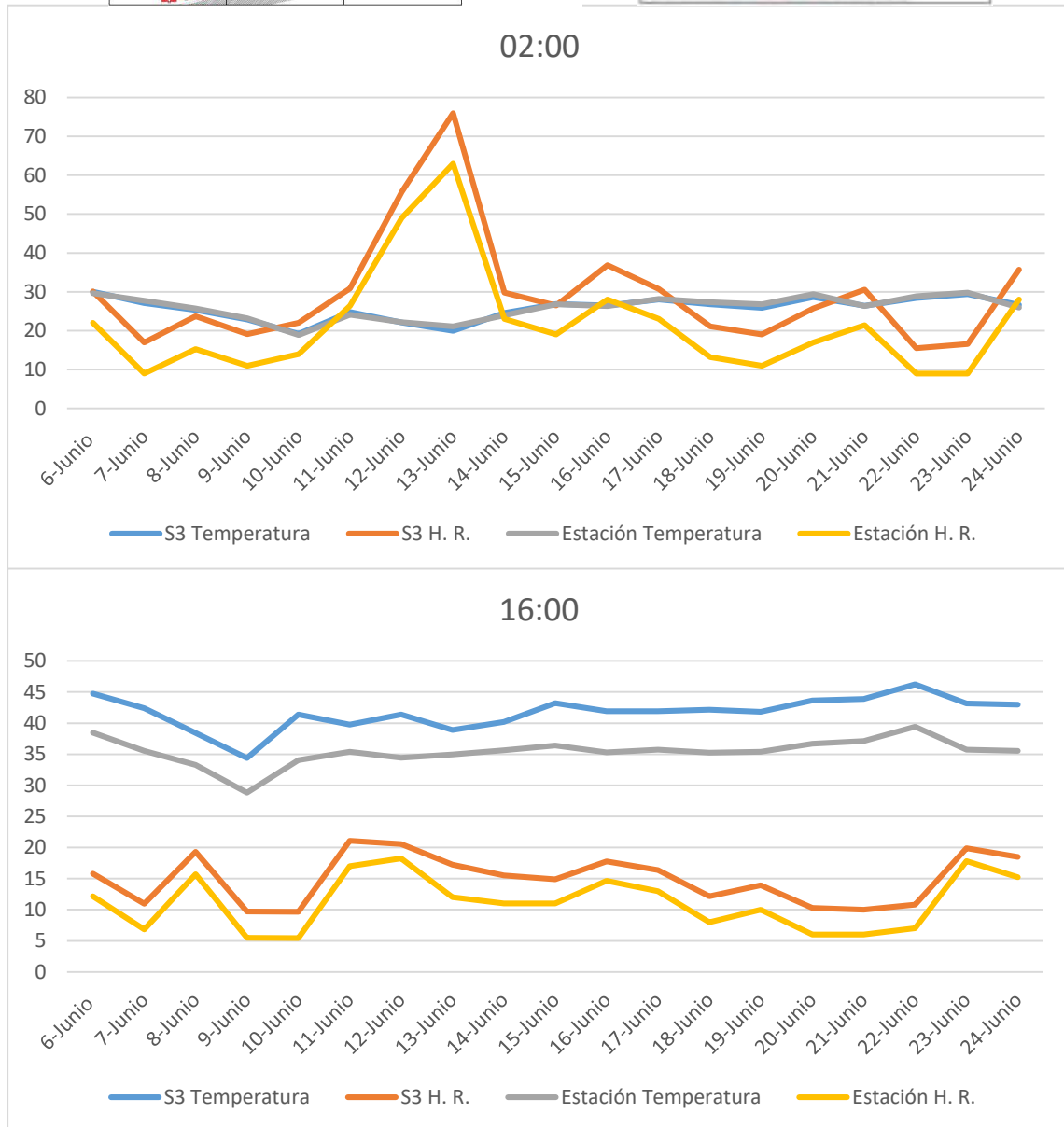
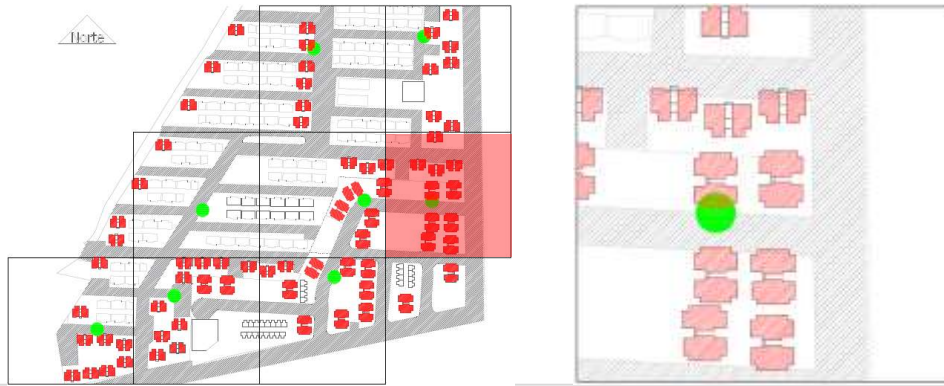


Figura 35 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 3 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 3
Densidad de vivienda		100
Ocupación	Superficie impermeable (%)	91.2
	Techo por cubrir (%)	16.4
	Árbol Pabellón (%)	8.9
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.58
	Altura promedio de construcción (ml)	7.7
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	800
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	250
	Distancia a autopista (ml)	45
	Distancia a estacionamiento (ml)	50

Tabla 22 Estadísticas de la configuración de la sección 3.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 3 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 3, manteniéndose en un margen de diferencia menor de hasta 10°C, mientras que la humedad es similar en todo momento. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, se muestra regularidad con un máximo de diferencia de hasta 5°C mayor la sección 3 y la humedad se mostró hasta 7% mayor en la sección 3. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 91.2% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.58 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor en porcentaje debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 8.9% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.7 metros.

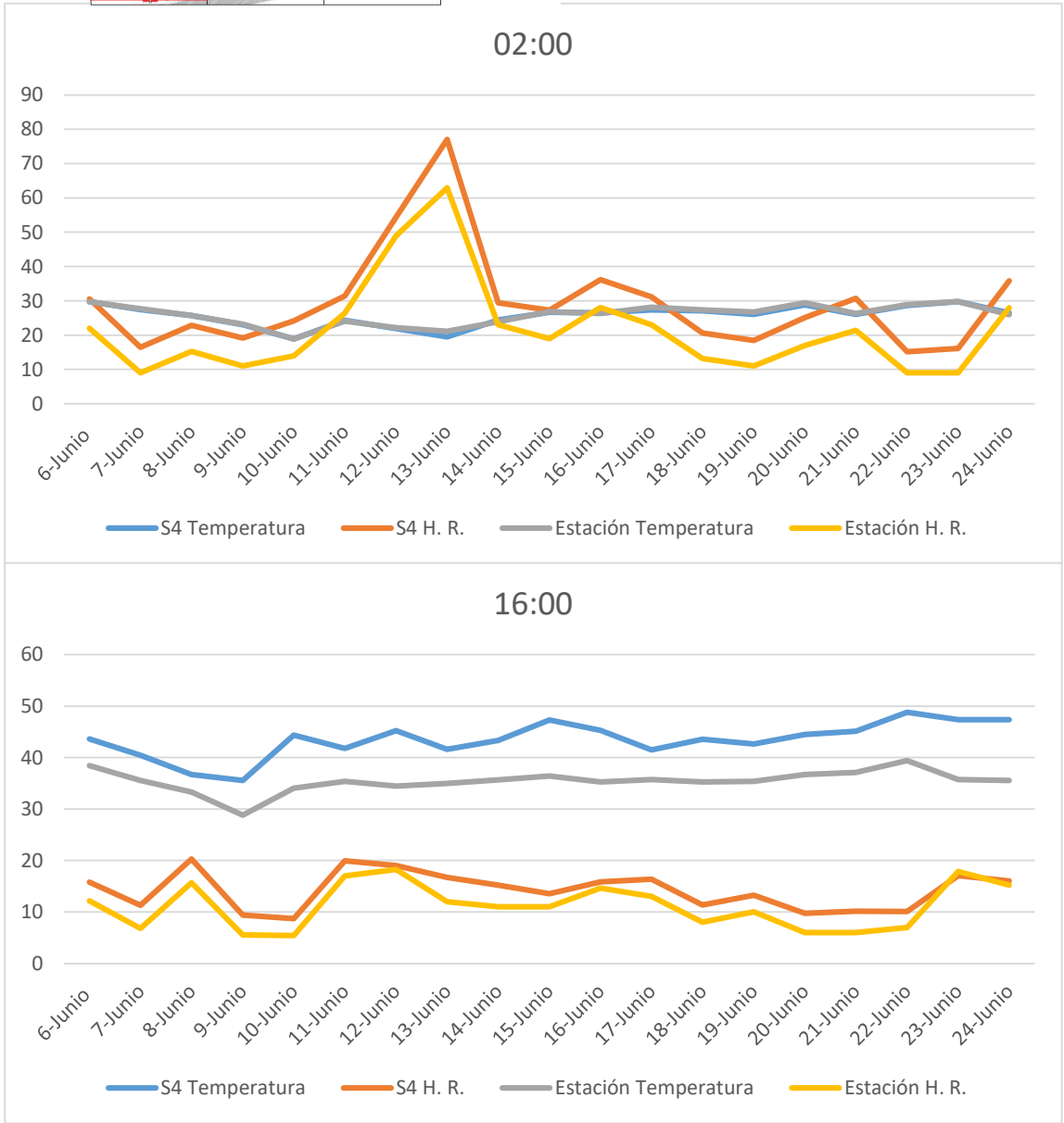


Figura 36 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 4 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 4
Densidad de vivienda		99
Ocupación	Superficie impermeable (%)	56.9
	Techo por cubrir (%)	18.8
	Árbol Pabellón (%)	10.7
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.48
	Altura promedio de construcción (ml)	6.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	1300
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	670
	Distancia a autopista (ml)	65
	Distancia a estacionamiento (ml)	400

Tabla 23 Estadísticas de la configuración de la sección 4.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 4 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 4, teniendo hasta 12°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 4 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 5°C mayor y la humedad se mostró hasta 10% mayor en la sección 4. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 56.9% con suelos de asfalto y concreto, además de la proporción 0.48 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 10.7% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.5 metros.

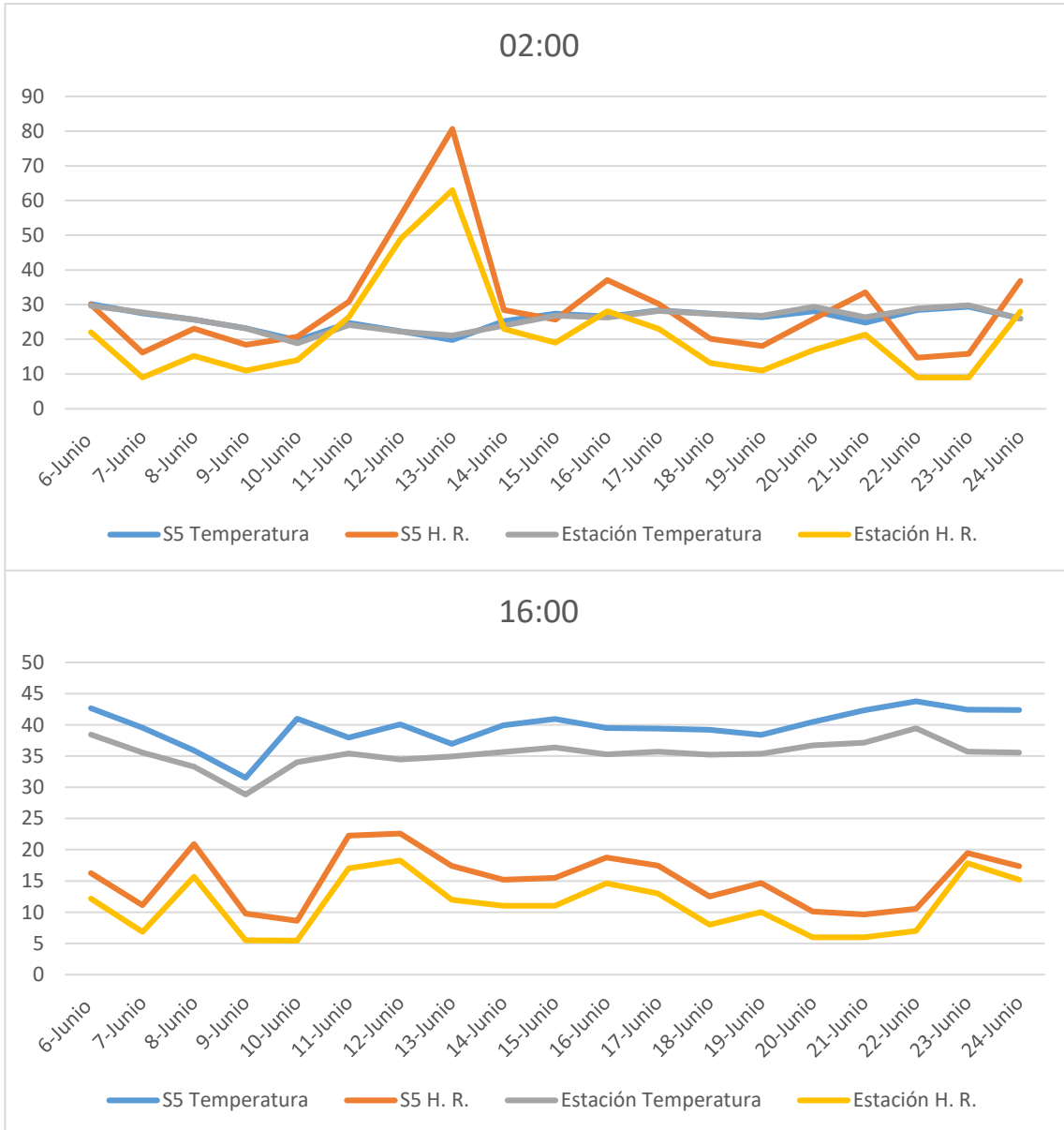
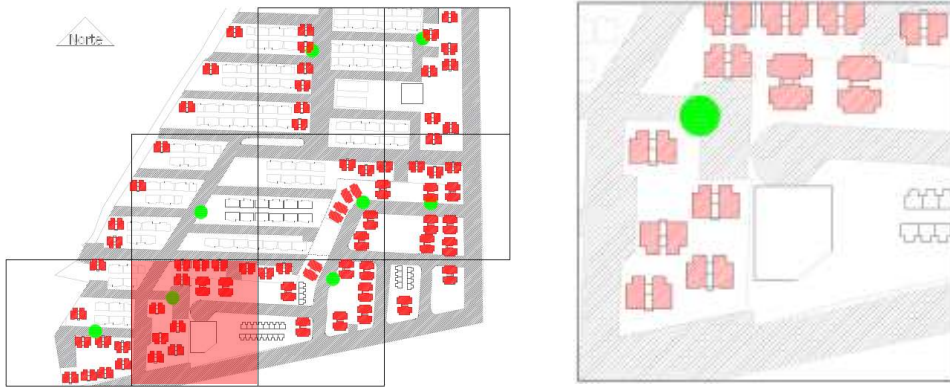


Figura 37 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 5 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 5
Densidad de vivienda		95
Ocupación	Superficie impermeable (%)	89.5
	Techo por cubrir (%)	24.1
	Árbol Pabellón (%)	9.8
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.42
	Altura promedio de construcción (ml)	7.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	1200
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	560
	Distancia a autopista (ml)	85
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 24 Estadísticas de la configuración de la sección 5.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 5 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 5, teniendo hasta 10°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 5 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 5°C mayor y la humedad se mostró hasta 5% mayor en la sección 5. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 89.5% con suelos de asfalto y concreto, además de, la proporción 0.42 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Mientras que, el porcentaje de humedad es mayor debido a las sombras y velocidad de viento con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 9.8% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 7.5 metros.

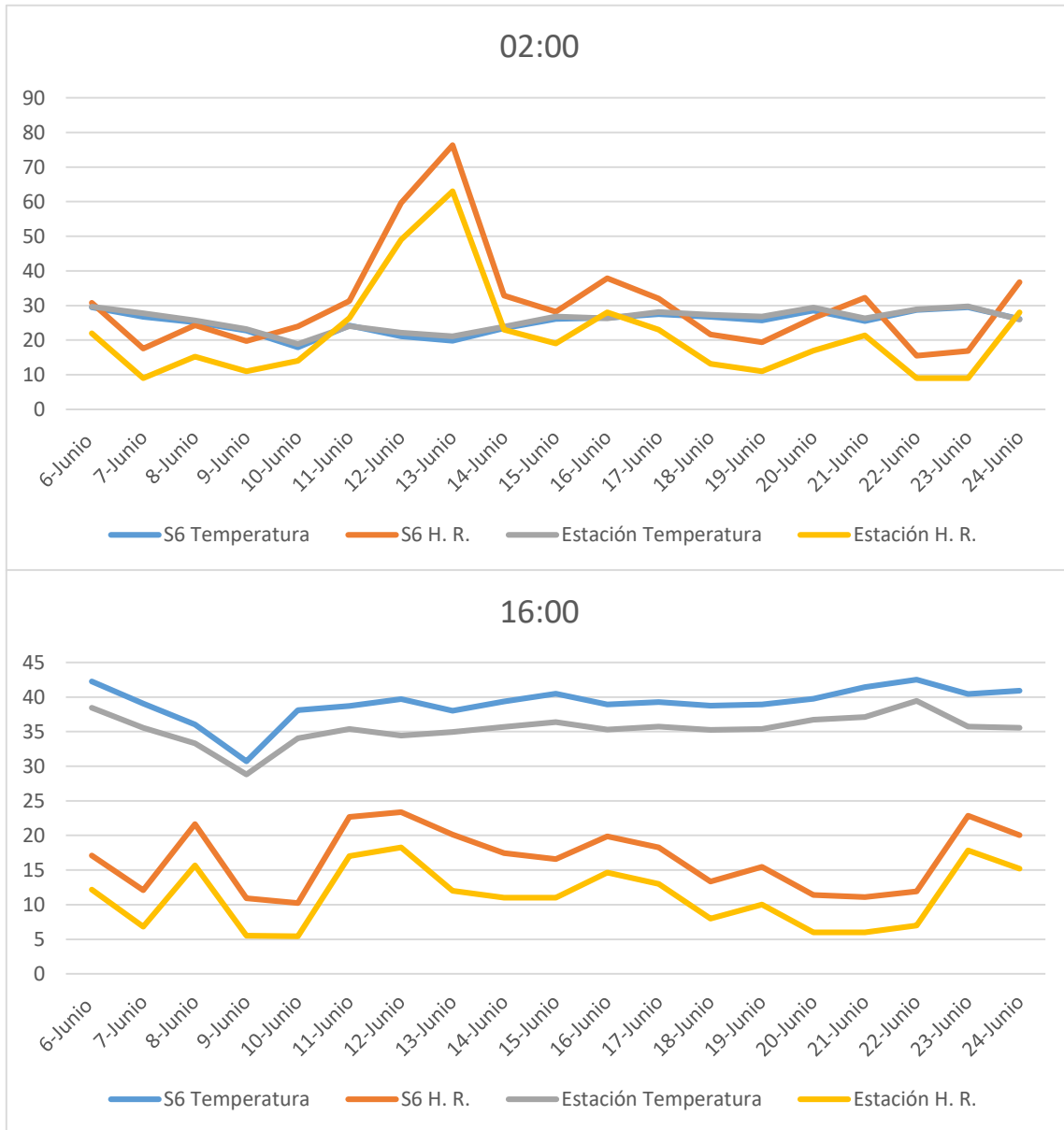
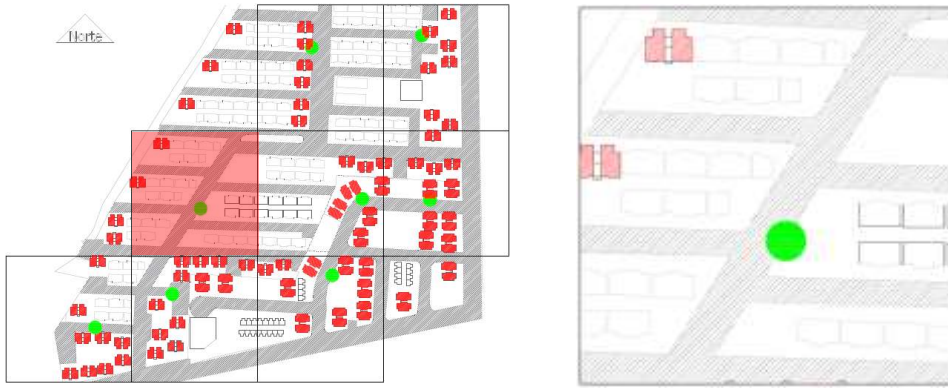


Figura 38 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 6 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 6
Densidad de vivienda		61
Ocupación	Superficie impermeable (%)	78
	Techo por cubrir (%)	20
	Árbol Pabellón (%)	15.6
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.09
	Altura promedio de construcción (ml)	5.3
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	1000
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	520
	Distancia a autopista (ml)	180
	Distancia a estacionamiento (ml)	300

Tabla 25 Estadísticas de la configuración de la sección 6.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 6 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 6, teniendo hasta 10°C de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 6 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 6°C mayor y la humedad se mostró hasta 5% mayor en la sección 6. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 78% con suelos de asfalto y concreto, y con una casi nula proporción 0.09 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran autopista y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 15.6% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 5.3 metros.

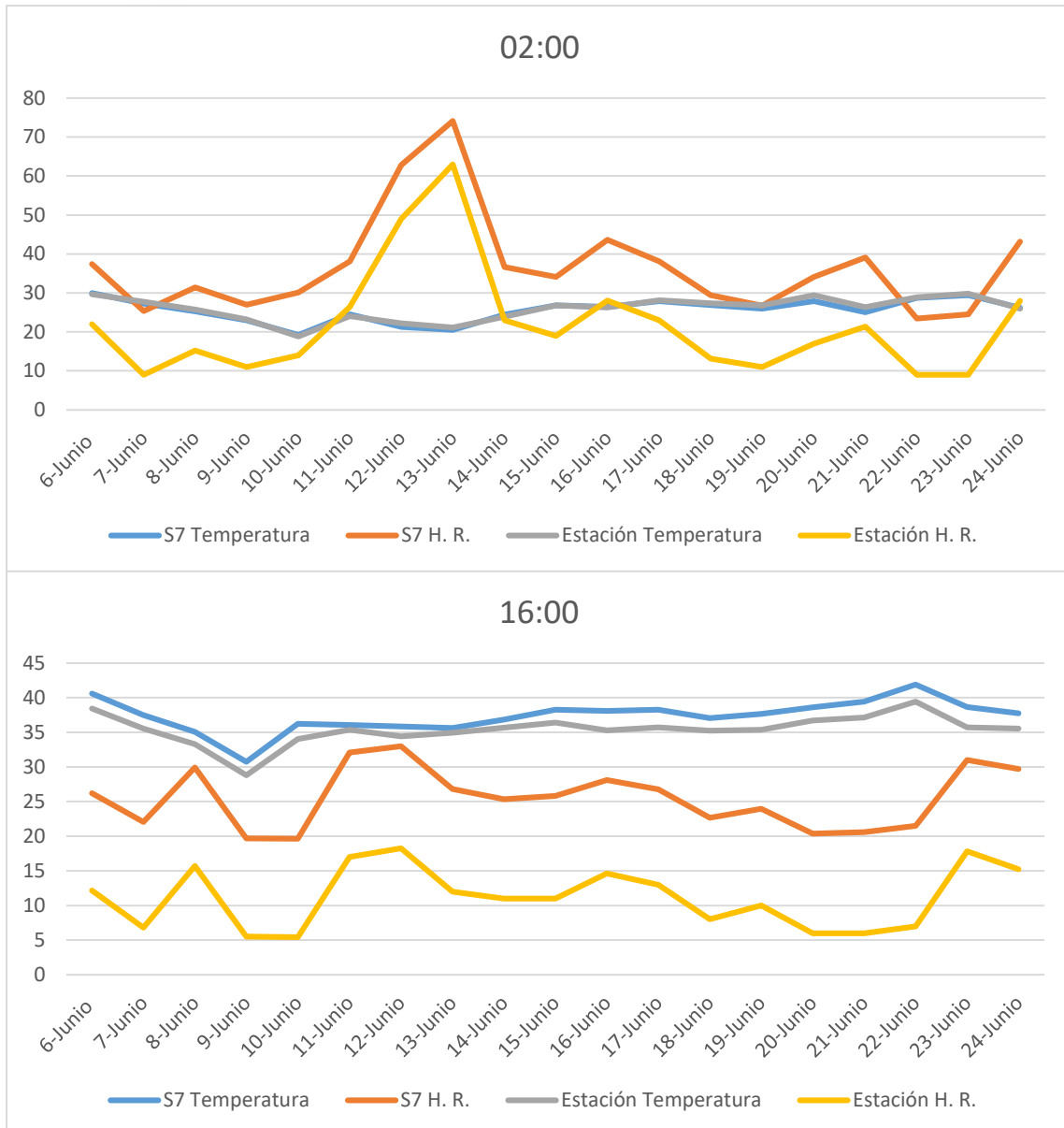
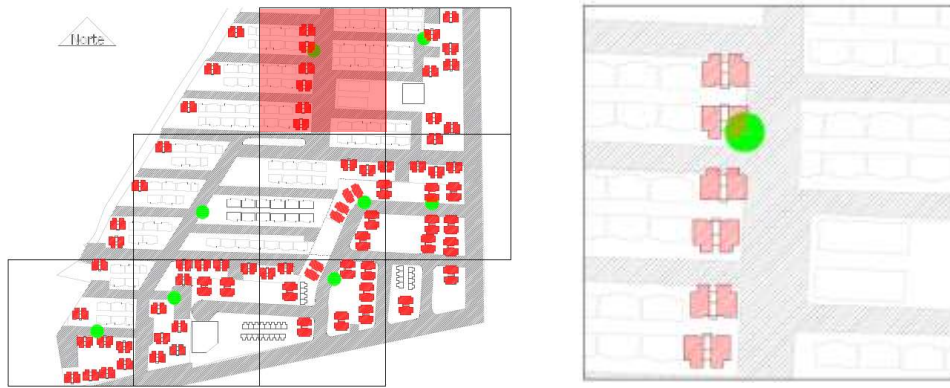


Figura 39 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la s. 7 a las 02:00 y 16:00 hrs.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 7
Densidad de vivienda		101
Ocupación	Superficie impermeable (%)	79.8
	Techo por cubrir (%)	34.8
	Árbol Pabellón (%)	13.4
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.75
	Altura promedio de construcción (ml)	5.5
	Calle orientada	E-O
	Distancia al río (ml)	750
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	260
	Distancia a autopista (ml)	180
	Distancia a estacionamiento (ml)	250

Tabla 26 Estadísticas de la configuración de la sección 7.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 7 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 7, teniendo hasta 16°C más de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 7 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 15°C mayor y la humedad se mostró hasta 2% mayor en la sección 7. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 79.8% con suelos de asfalto y concreto, y con una proporción 0.75 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran industria, autopista y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Este-Oeste, con un porcentaje de 13.4% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 5.5 metros. Debido a la ubicación sin un edificio que genere sombra al sur y al este, el registro de temperatura fue mayor.

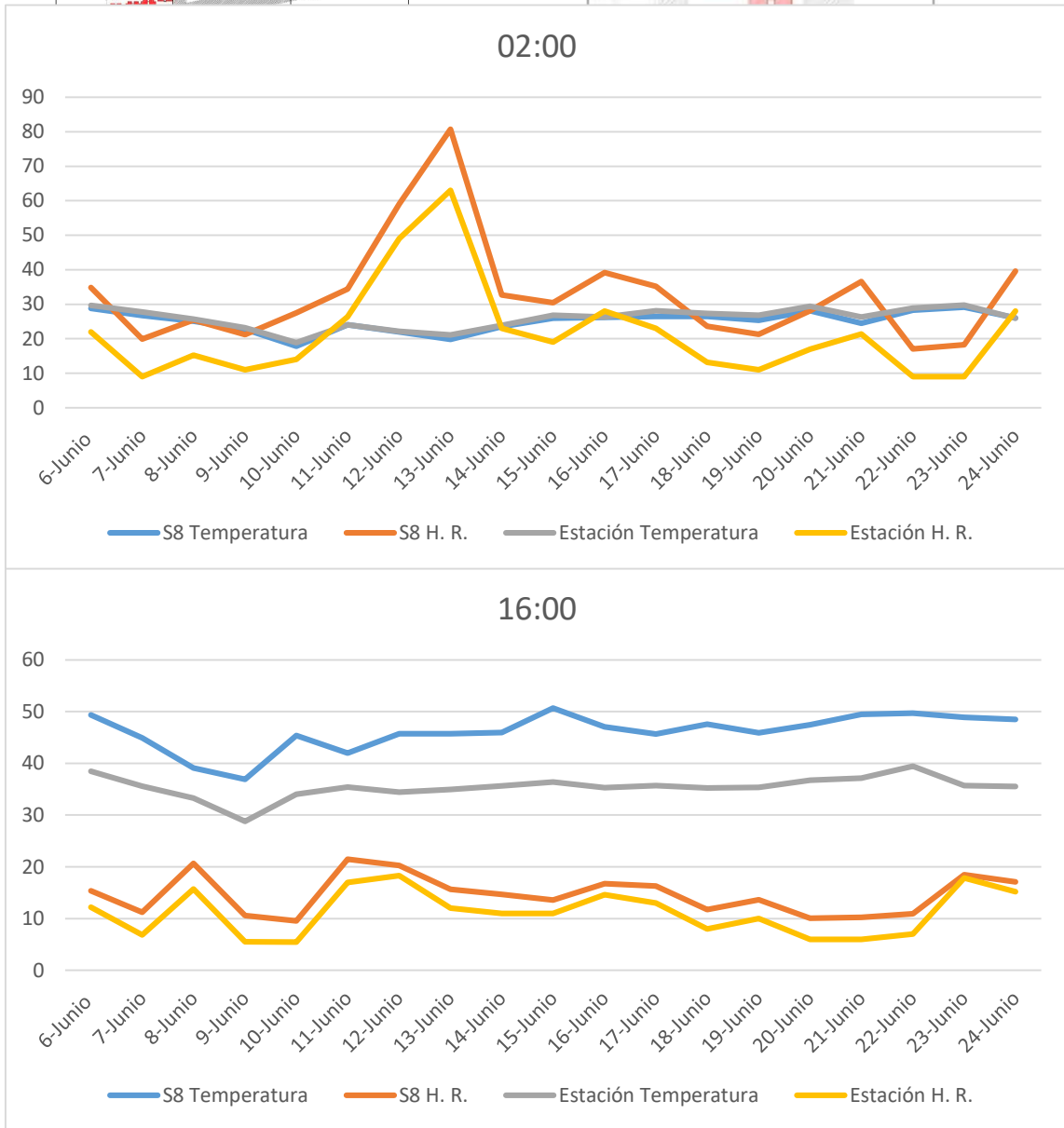


Figura 40 Ubicación y gráficas de la temperatura y humedad en la sección 8 a las 02:00 y 16:00 horas.

Fuente: Elaboración propia en base a información climatológica.

Variable		Sección 8
Densidad de vivienda		64
Ocupación	Superficie impermeable (%)	89.1
	Techo por cubrir (%)	19.9
	Árbol Pabellón (%)	10.3
Configuración del edificio	Proporción del cañón urbano	0.56
	Altura promedio de construcción (ml)	6.6
	Calle orientada	N-S
	Distancia al río (ml)	600
	Distancia ciudad - abajo (ml)	4000
	Distancia a industrial (ml)	130
	Distancia a autopista (ml)	45
	Distancia a estacionamiento (ml)	180

Tabla 27 Estadísticas de la configuración de la sección 8.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: La temperatura a las 2:00 horas en la sección 8 y la estación meteorológica, se muestra con mayor temperatura en la sección 8, teniendo hasta 10°C más de diferencia. Con la humedad ambos registros son lineales. En el registro de temperatura de las 16:00 horas, la sección 8 se muestra con un máximo de diferencia de hasta 2°C mayor y la humedad se mostró hasta 10% mayor en la sección 8. De acuerdo con las estadísticas, la superficie impermeable es del 89.1% con suelos de asfalto y concreto, y con una proporción 0.56 del cañón urbano; sumándole a esto, que en el rango de influencia de 500 metros se encuentran una autopista en la sección 8, industria y estacionamiento. Además, cuenta con orientación Norte-Sur, con un porcentaje de 10.3% con árbol de pabellón y la altura promedio de la altura de construcción de 6.6 metros.

3.3.5 Fase 4: Análisis de resultados

3.3.5.1 Periodo frío

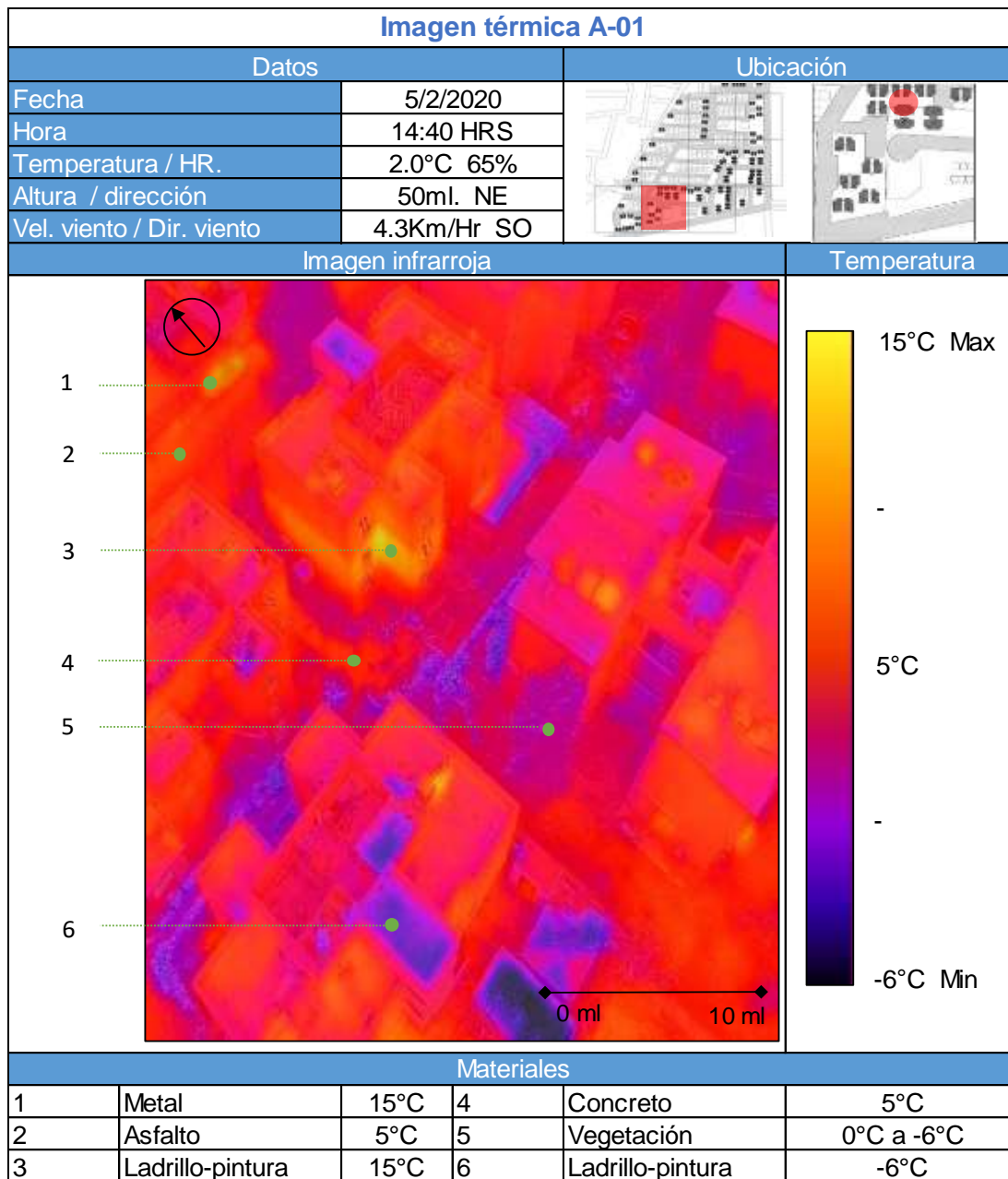


Figura 41 Ficha de imagen térmica A-01, con vista aérea a 50 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una serie de viviendas verticales con un pasillo de Oeste a Este en día nevado, con el contraste de energía térmica en materiales como los muros de un piso intermedio (15°C) y con los (5°C) que predominan en los edificios. Mientras que, el interior del cubo de escaleras revestidos de ladrillo con pintura (-6°C) cuenta con la temperatura mínima y la ambiental (2.0°C) con humedad relativa (65%), esto muestra una diferencia de hasta 8°C.

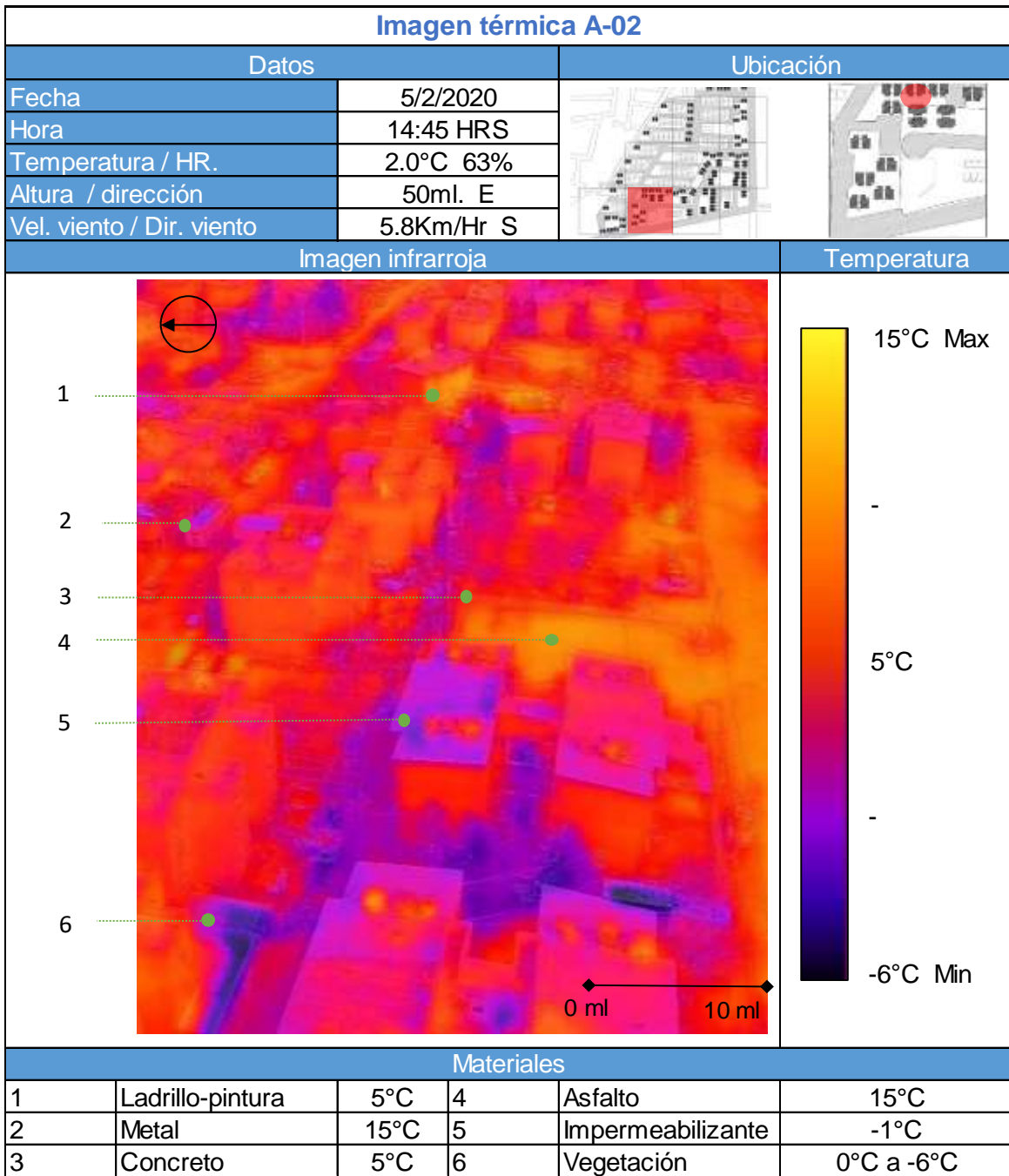


Figura 42 Ficha de imagen térmica A-02, con vista aérea a 50 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una serie de viviendas verticales con similares condiciones a la imagen anterior, donde se aprecia la energía térmica almacenada en materiales. Los vientos del Sur de 5.8 KM/h son limitados por la barrera de viviendas verticales influyendo en la temperatura ambiente de (2.0°C) y humedad relativa (63%), teniendo así el asfalto (15°C) con la temperatura máxima, donde influyo hasta 13°C menos en su temperatura.

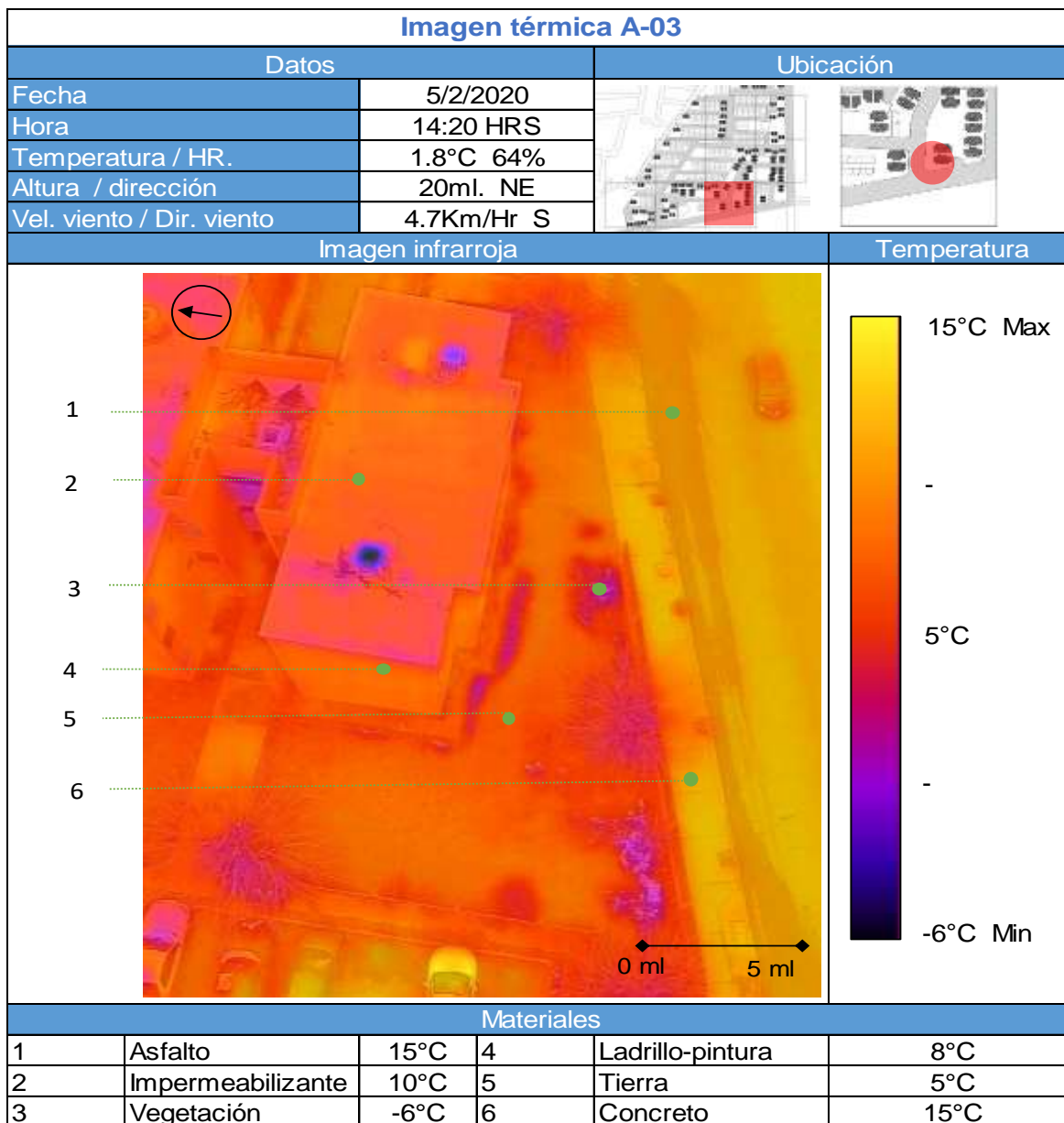


Figura 43 Ficha de imagen térmica A-03, con vista aérea a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa un edificio de vivienda vertical donde se aprecia la energía térmica almacenada en materiales. Lo que llama la atención son las 3 superficies de suelo, la de tierra (5°C), de concreto (15°C) y asfalto (15°C); se puede relacionar con la nieve que absorbe la tierra y la baja absorción de los materiales impermeables. Sin embargo, la vegetación (-6°C) registra a temperatura mínima, en un ambiente de 64% humedad relativa y 1.8°C en temperatura. Esto puede deberse a la pendiente de caída del agua, aun estando en orientación Sur, su temperatura es de 6.8°C menos.

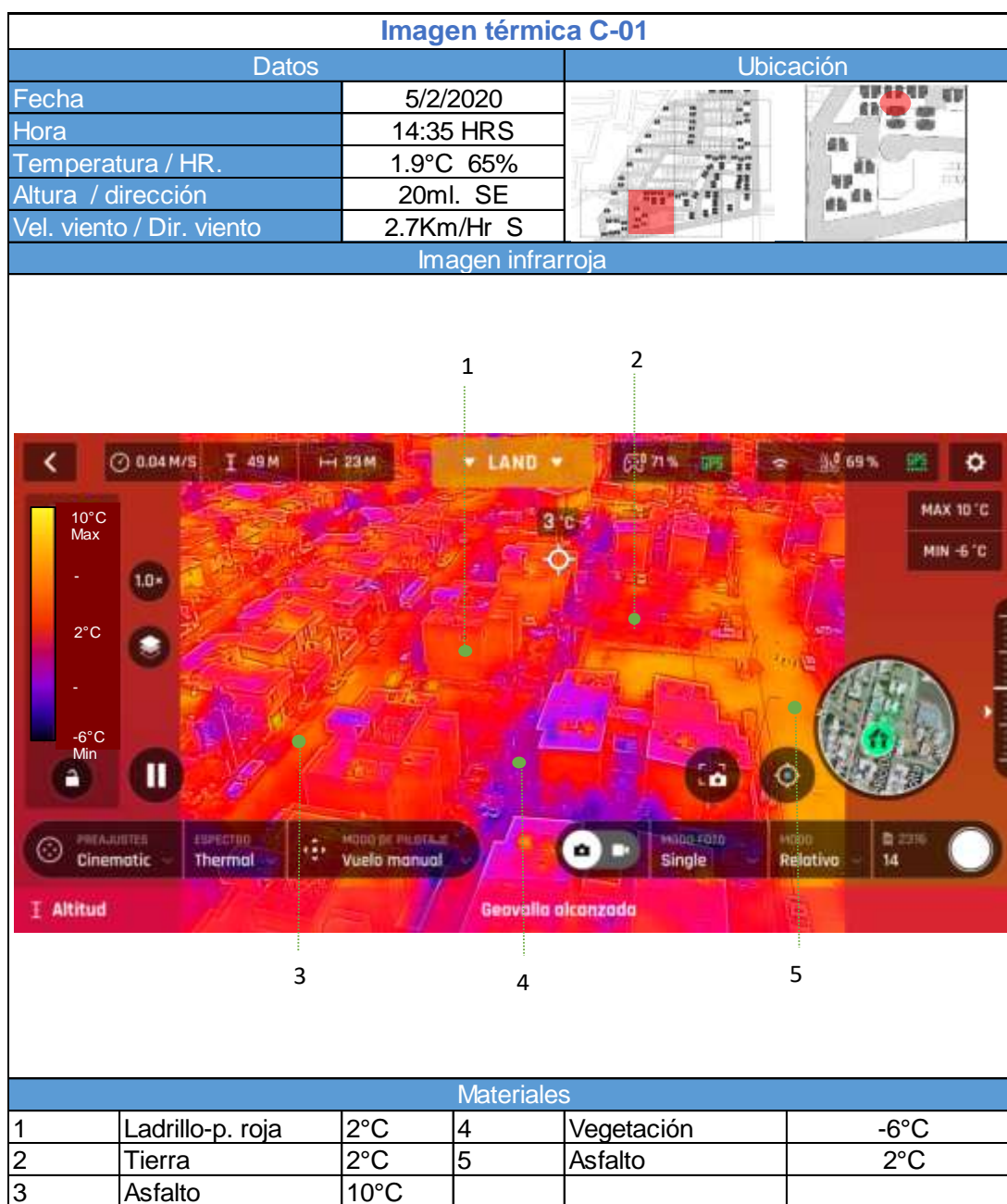


Figura 44 Ficha de imagen térmica C-01, con vista panorámica a 49 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observan viviendas horizontales, viviendas verticales y las vialidades en dirección al Sureste. El primer fenómeno en cuanto a la radiación térmica, se observan dos vialidades en el mismo sentido, pero con diferente cañón urbano; en el asfalto de la vialidad angosta (2°C) se encuentra 8°C menos que en la extensa que es de (10°C). Otro fenómeno es la condición de la vivienda vertical, donde la radiación térmica es uniforme, mientras en la vivienda horizontal observamos la diferencia en la radiación térmica.

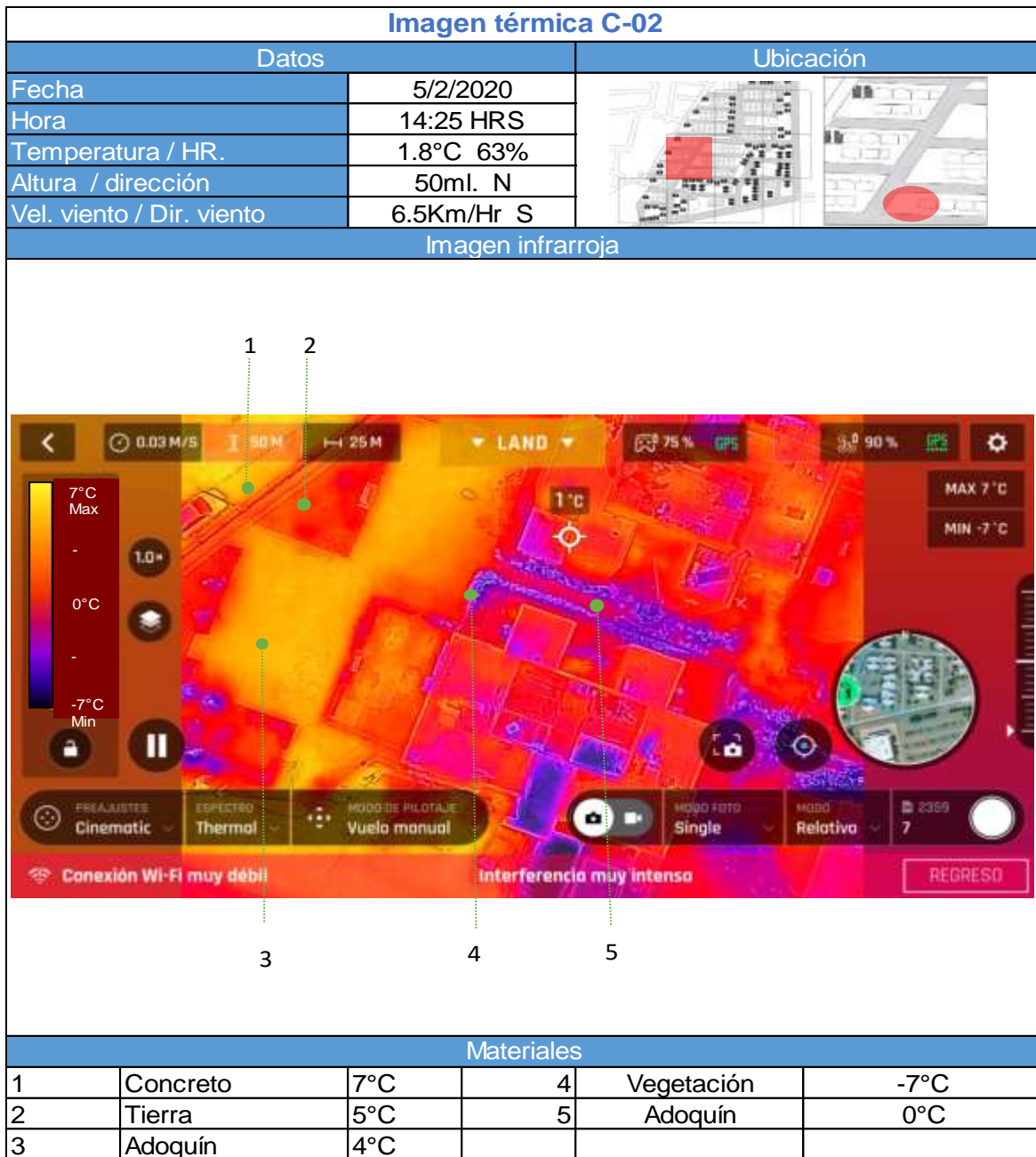


Figura 45 Ficha de imagen térmica C-02, con vista superior a 50 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observan dos viviendas verticales, un área verde y un corredor en dirección al Sureste, en un día nevado con temperatura ambiente de 1.8°C. La explanada de adoquín tiene (4°C); mientras que la vegetación (-7°C) cuenta con la mínima. El fenómeno que se observa es en cuanto a la superficie del adoquín, donde en el contorno de las viviendas se muestra como la temperatura va disminuyendo, debido a sombras y caídas de agua.

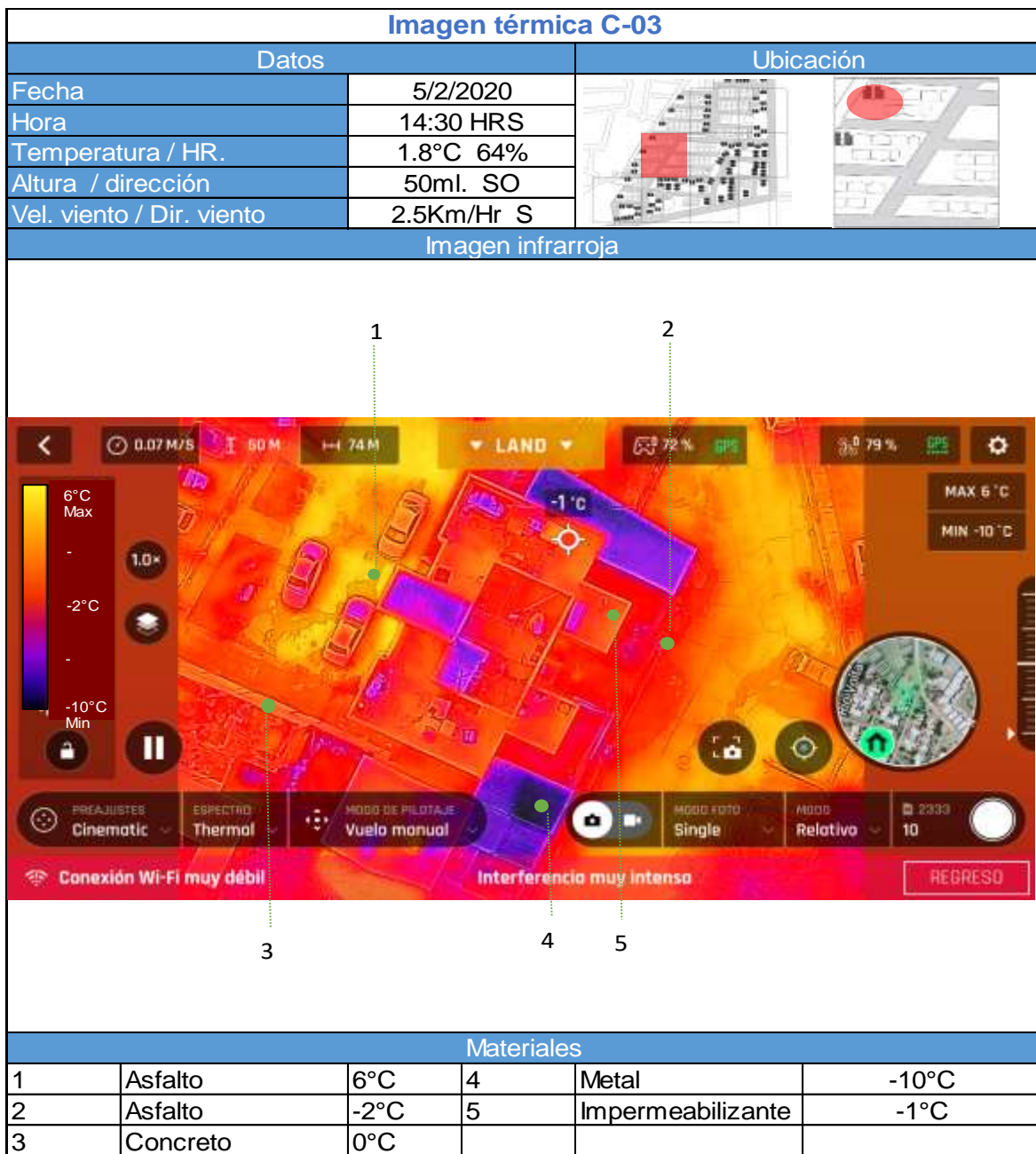


Figura 46 Ficha de imagen térmica C-03, con vista superior a 50 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una vivienda vertical, con estacionamiento en ambos lados en dirección al Suroeste, en un día nevado con temperatura ambiente de 1.8°C. El asfalto (6°C) cuenta con la temperatura máxima, seguido del concreto en baqueta (-2°C); mientras que las cubiertas de metal (-10°C) cuentan con la temperatura mínima. El fenómeno que se observa es en cuanto a las cubiertas, siendo la cubierta de metal menor hasta en 9°C menos que la impermeabilizante (-1°C), debido a la capacidad de absorción.

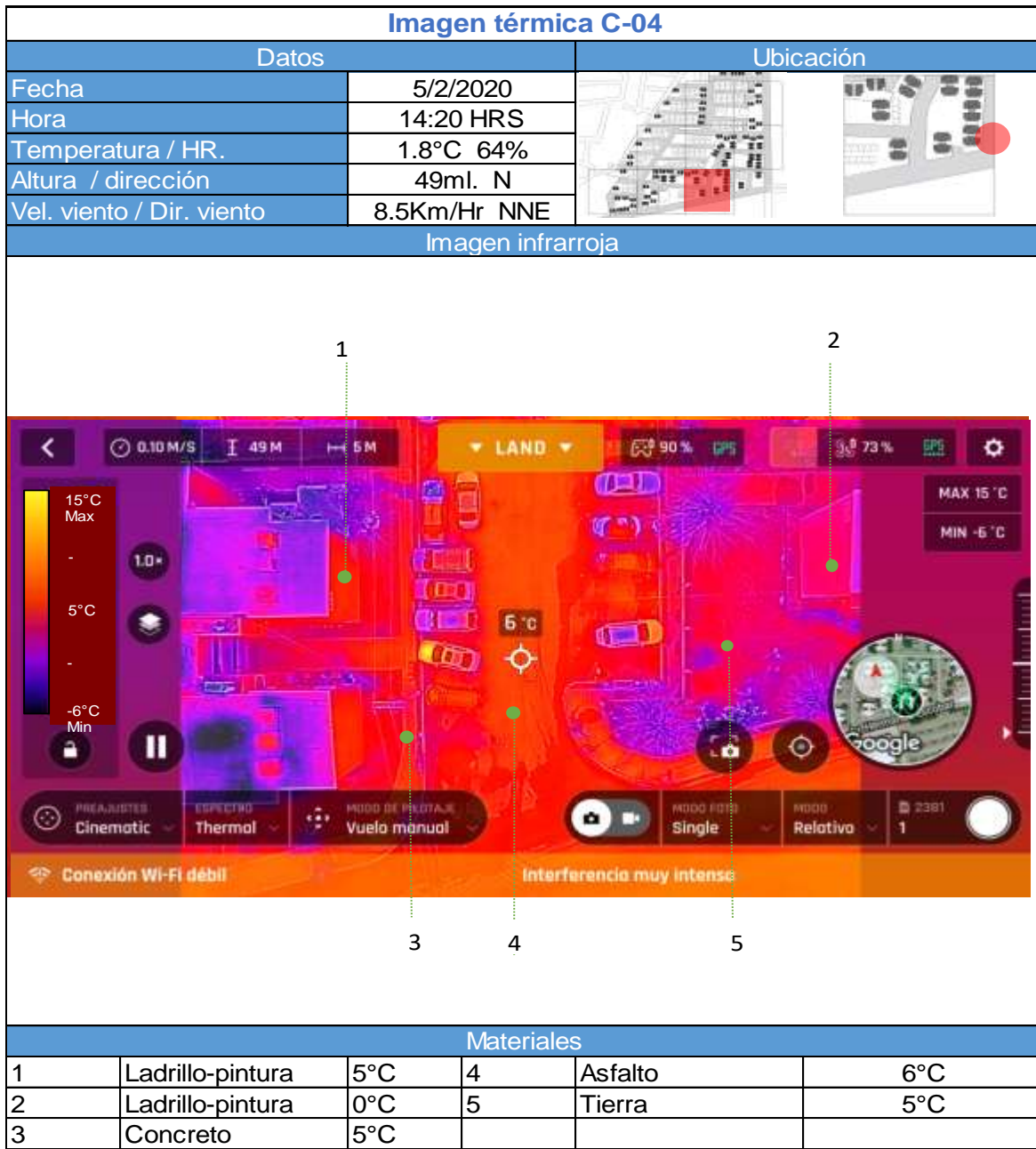


Figura 47 Ficha de imagen térmica C-04, con vista superior a 49 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una vialidad, estacionamiento, áreas verdes y vivienda vertical a los costados con dirección al Norte, en un día nevado con temperatura ambiente de 1.8°C. El asfalto (6°C) cuenta con la temperatura máxima, sin tomar en cuenta el calor antropogénico del vehículo. El fenómeno que se observa es en cuanto a los muros de ladrillo y pintura en el lado Oeste (5°C), mientras en el Este (0°C), siendo también visible en superficie de tierra (5°C) hasta de 5°C menos.

Periodo Frío							
	A-01 (2.0°C)	A-02 (2.0°C)	A-03 (1.8°C)	C-01 (1.9°C)	C-02 (1.8°C)	C-03 (1.8°C)	C-04 (1.8°C)
Temperatura actividad pasiva							
Temperatura actividad moderada							
Temperatura actividad intensa							

Simbología del rango de confort humano, de acuerdo con (Ver Tabla 6).





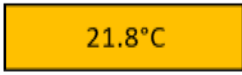

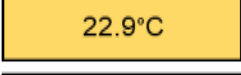
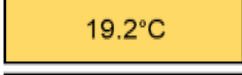
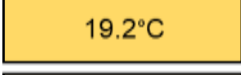

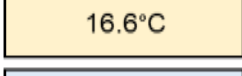
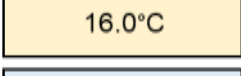

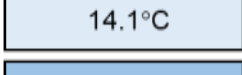
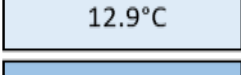






	Actividad pasiva	Actividad moderada	Actividad intensa
Fuera de rango			
Rango extenso			
Rango reducido			
Rango medio			
Rango reducido			
Rango extenso			
Fuera de rango			

Tabla 28 Análisis de imágenes térmicas en periodo frío.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: Se observa en la tabla de rango de confort humano, que las fichas de imágenes térmicas del periodo frío de las 14:20 a 14:50 horas. Se encuentran fuera del rango de confort humano en actividades pasiva, moderada e intensa.

3.3.5.2 Periodo de transición

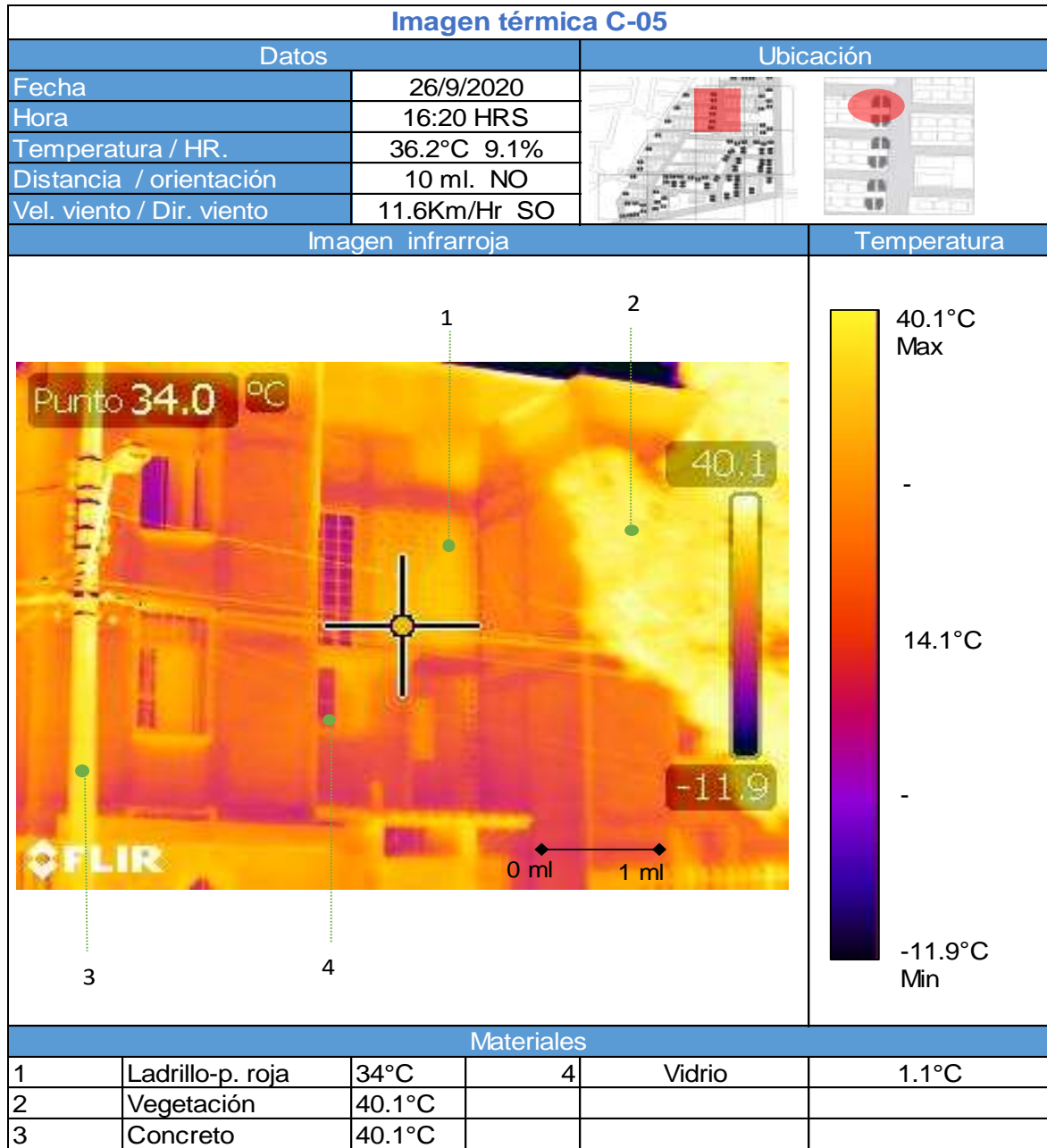


Figura 48 Ficha de imagen térmica C-05, con fachada al Norte.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada norte de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.2°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura roja (34°C) sombreados. El fenómeno que se observa en los entresijos son las nervaduras de la estructura (5°C) con menor temperatura que los muros de ladrillo (5°C), mientras que los elementos de vegetación y poste (40.1°C) cuentan con más energía térmica.

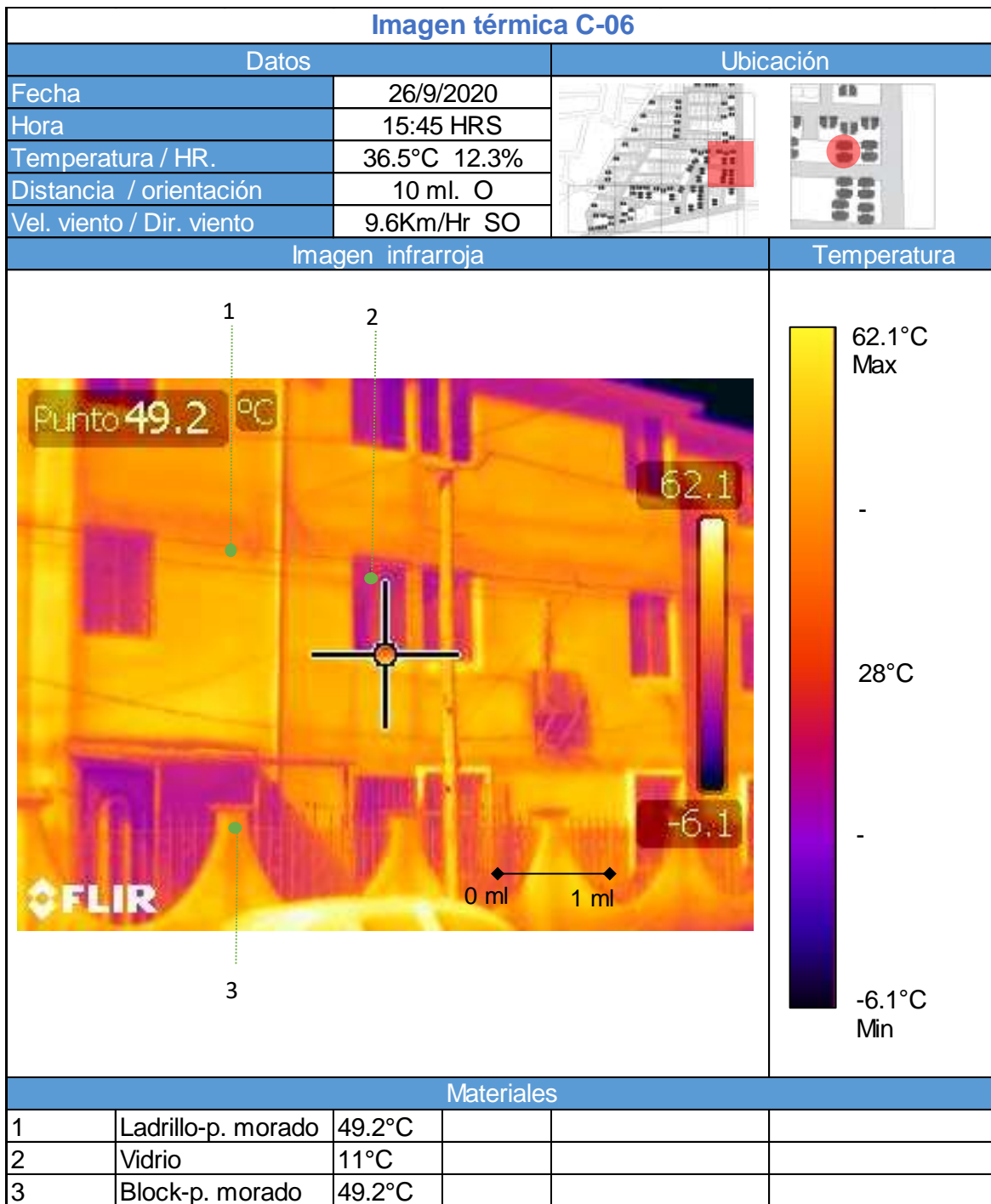


Figura 49 Ficha de imagen térmica C-06, con fachada al Sur.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada sur de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.5°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura morada (49.2°C). El fenómeno que se observa son los 38.2°C de diferencia entre el vidrio de las ventanas y el muro de ladrillo, la energía térmica almacenada en el vidrio es muy baja a comparación del muro de ladrillo.

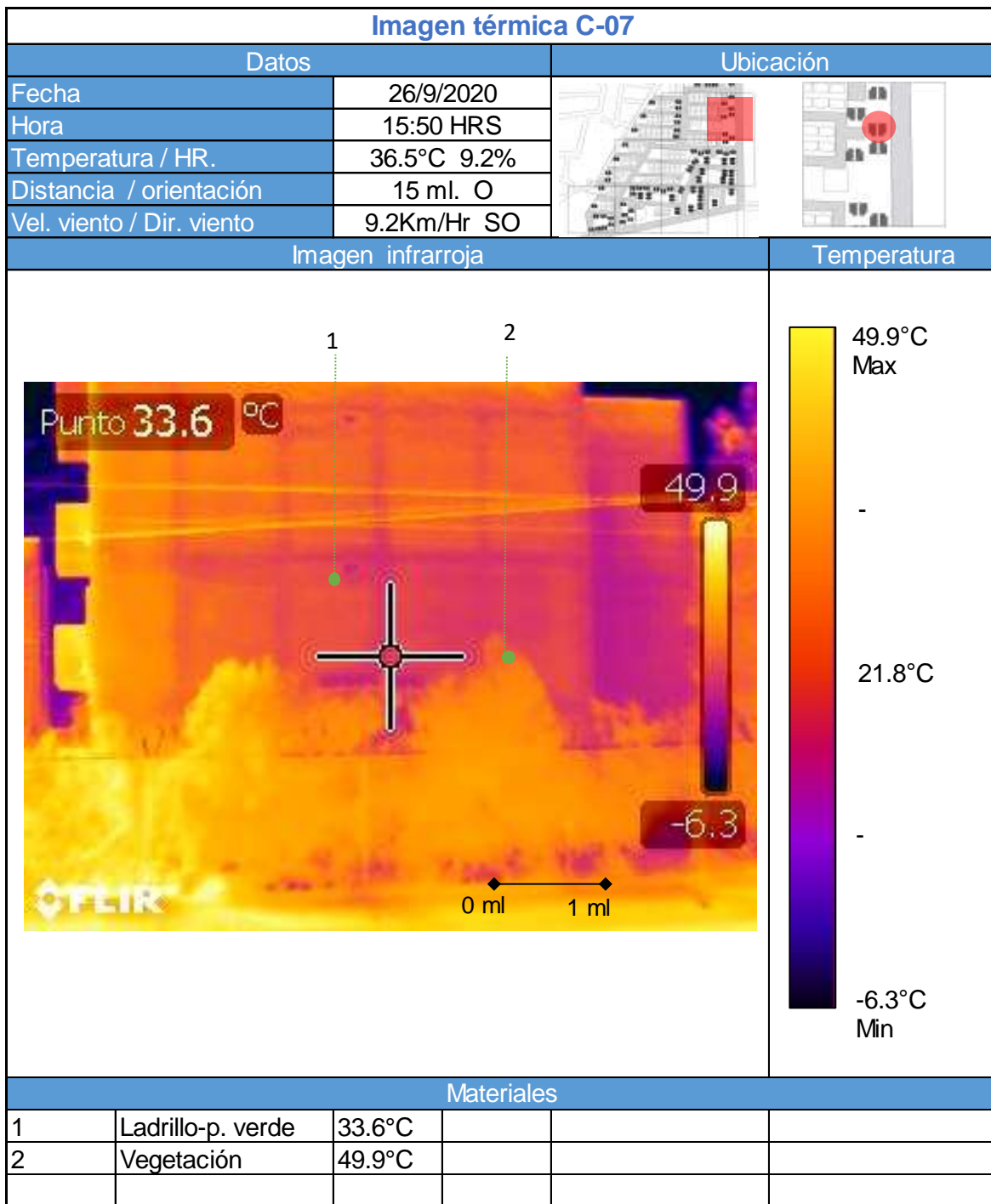


Figura 50 Ficha de imagen térmica C-07, con fachada al Este.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada Este de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.5°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura verde (33.6°C) sombreados. El fenómeno que se observa es en el cubo de escaleras con aproximadamente 10°C de diferencia del muro de ladrillo. Mientras la vegetación (49.9) mantiene más energía térmica.

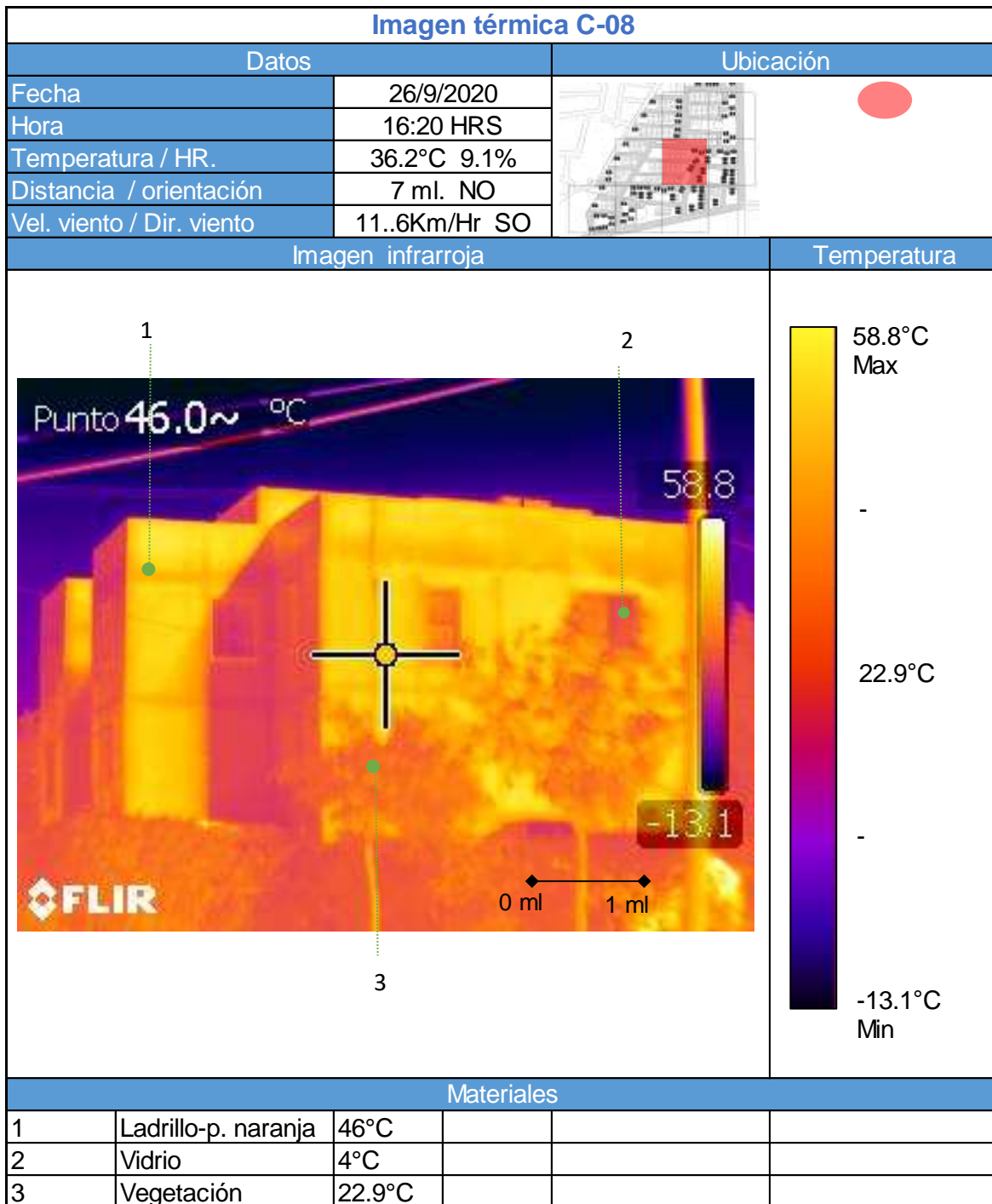


Figura 51 Ficha de imagen térmica C-08, con fachada al Oeste

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada Oeste de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.2°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura naranja (46°C). El fenómeno que se observa es el contraste de muro y la vegetación, la diferencia son 23°C, mientras que la diferencia con el vidrio de las ventanas es aproximadamente 42°C de diferencia.

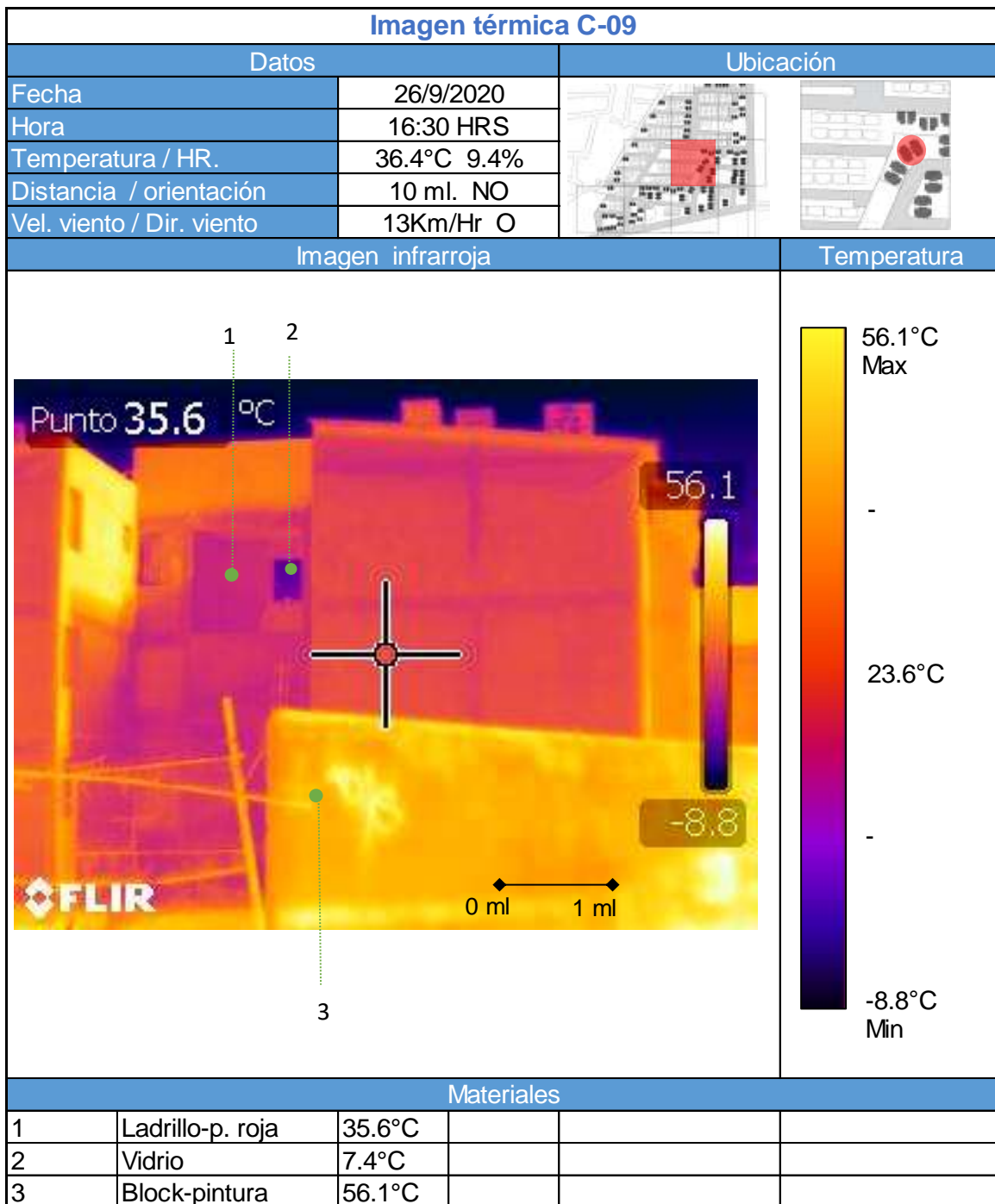


Figura 52 Ficha de imagen térmica C-09, con fachada al Noroeste.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada Noroeste de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.4°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura roja (35.6°C) sombreados. El fenómeno que se observa es en la barda de block (56.1°C) con orientación Oeste y el muro de ladrillo con pintura roja que contrastan 20°C de diferencia.

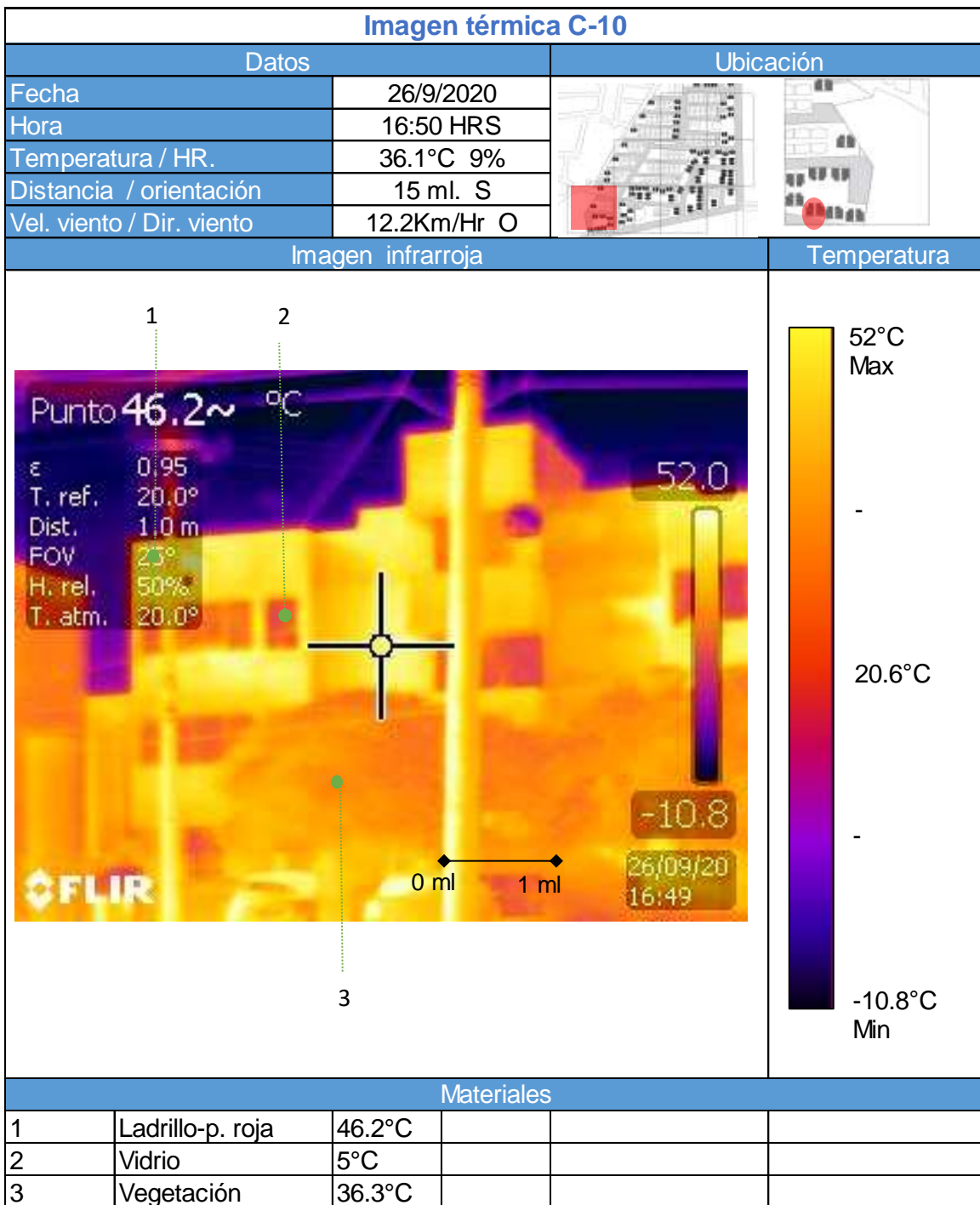


Figura 53 Ficha de imagen térmica C-10, con fachada al Sur.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada Sur de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.1°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura roja (46.2°C). El fenómeno que se observa es en los cubos de escalera, donde la temperatura va aproximadamente a los 5°C, mientras el muro de ladrillo ronda poco más de los 46.2°C, con una diferencia de 41.2°C.

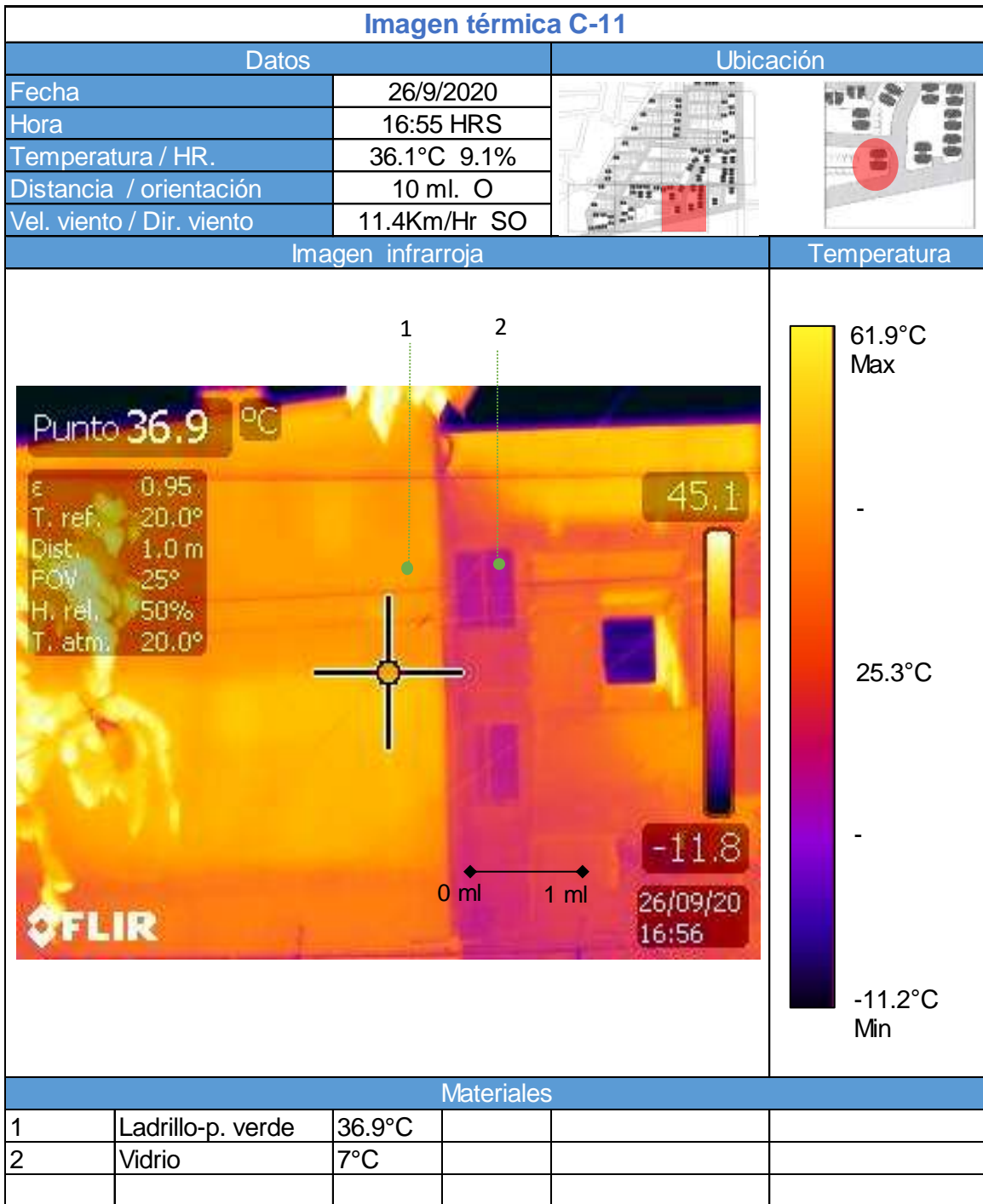


Figura 54 Ficha de imagen térmica C-11, con fachada al Este.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa la fachada Este de una vivienda vertical, con una temperatura ambiente de 36.1°C, donde vemos los muros de ladrillo con pintura verde (36.9°C). El fenómeno que se observa en los entresijos la energía térmica que puede variar hasta 10°C con el piso intermedio, mientras las ventanas en sombra proyectan hasta 30°C de diferencia con el muro de ladrillo.

Periodo de transición							
	C-05 (36.2°C)	C-06 (36.5°C)	C-07 (36.5°C)	C-08 (36.2°C)	C-09 (36.4°C)	C-10 (36.1°C)	C-11 (36.1°C)
Temperatura actividad pasiva							
Temperatura actividad moderada							
Temperatura actividad intensa							

Simbología del rango de confort humano, de acuerdo con (Ver Tabla 5).




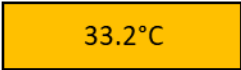
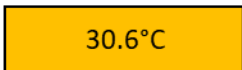


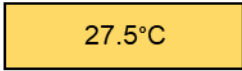
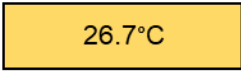
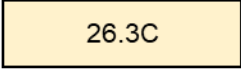
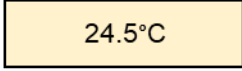
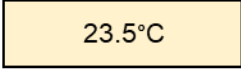
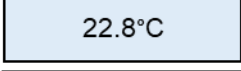
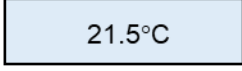
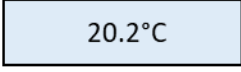
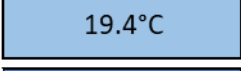
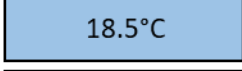




	Actividad pasiva	Actividad moderada	Actividad intensa
Fuera de rango			
Rango extenso			
Rango reducido			
Rango medio			
Rango reducido			
Rango extenso			
Fuera de rango			

Tabla 29 Análisis de imágenes térmicas en periodo de transición.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: Se observa en la tabla de rango de confort humano, que las fichas de imágenes térmicas del periodo de transición, en un horario de 15:35 a 17:00 horas. Se encuentran fuera del rango confort humano en actividades pasivas, moderadas e intensas.

3.3.5.3 Periodo cálido

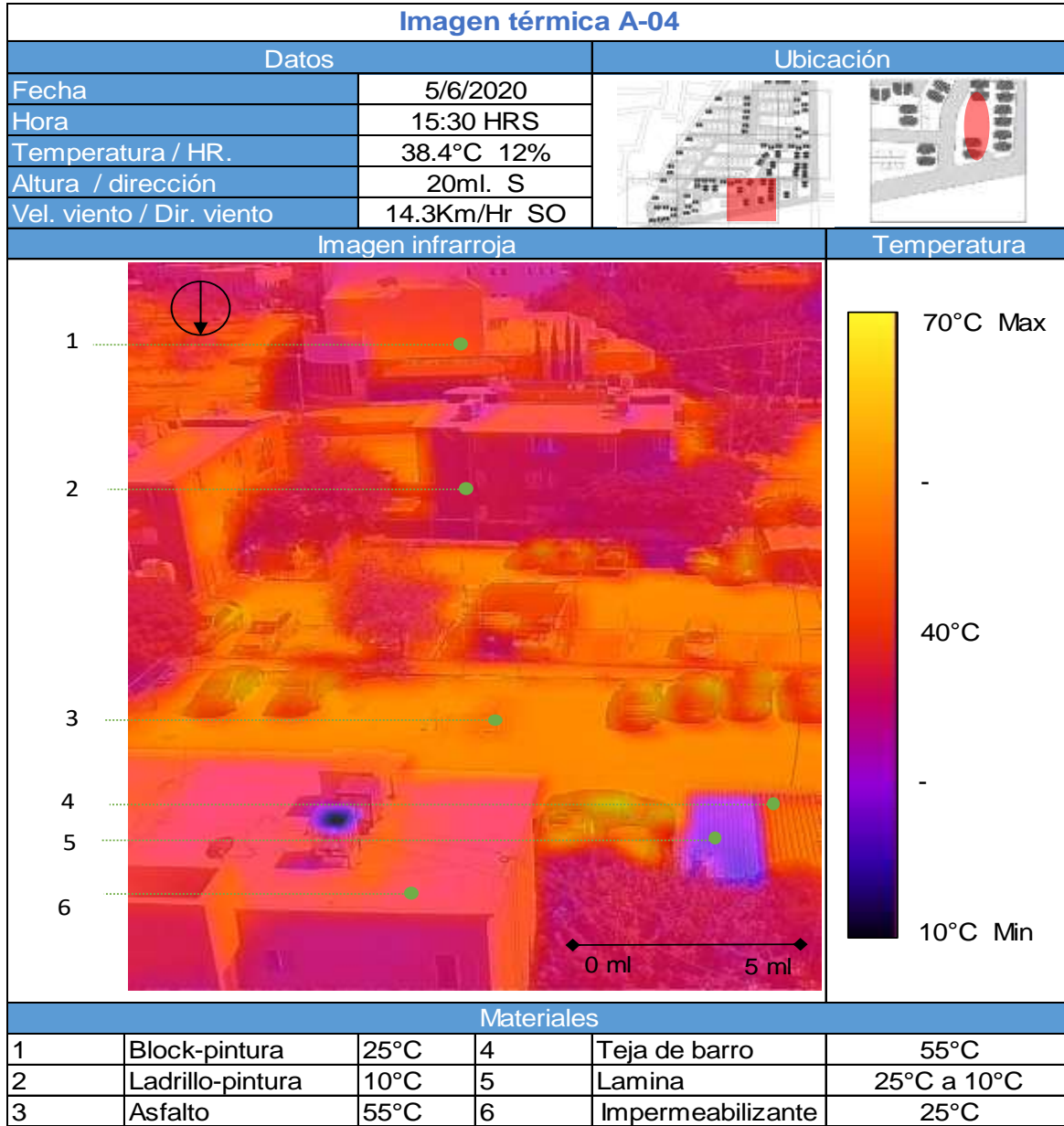


Figura 55 Ficha de imagen térmica A-04, con vista aérea a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa hacia el Sur un estacionamiento rodeado con vivienda vertical, con una temperatura de 28.9°C; el material con mayor influencia en la imagen es el asfalto (55°C), que contrasta con las cubiertas con impermeabilizante (25°C). Es interesante la cubierta de teja de barro (55°C) y de metal laminado (25°C - 10°C) resaltando la capacidad de reflejar la radiación solar. Además, dos superficies de muro de ladrillo y pintura clara (25°C) y oscura (10°C) en orientación Norte, lo que supone la influencia del color en la radiación de térmica.

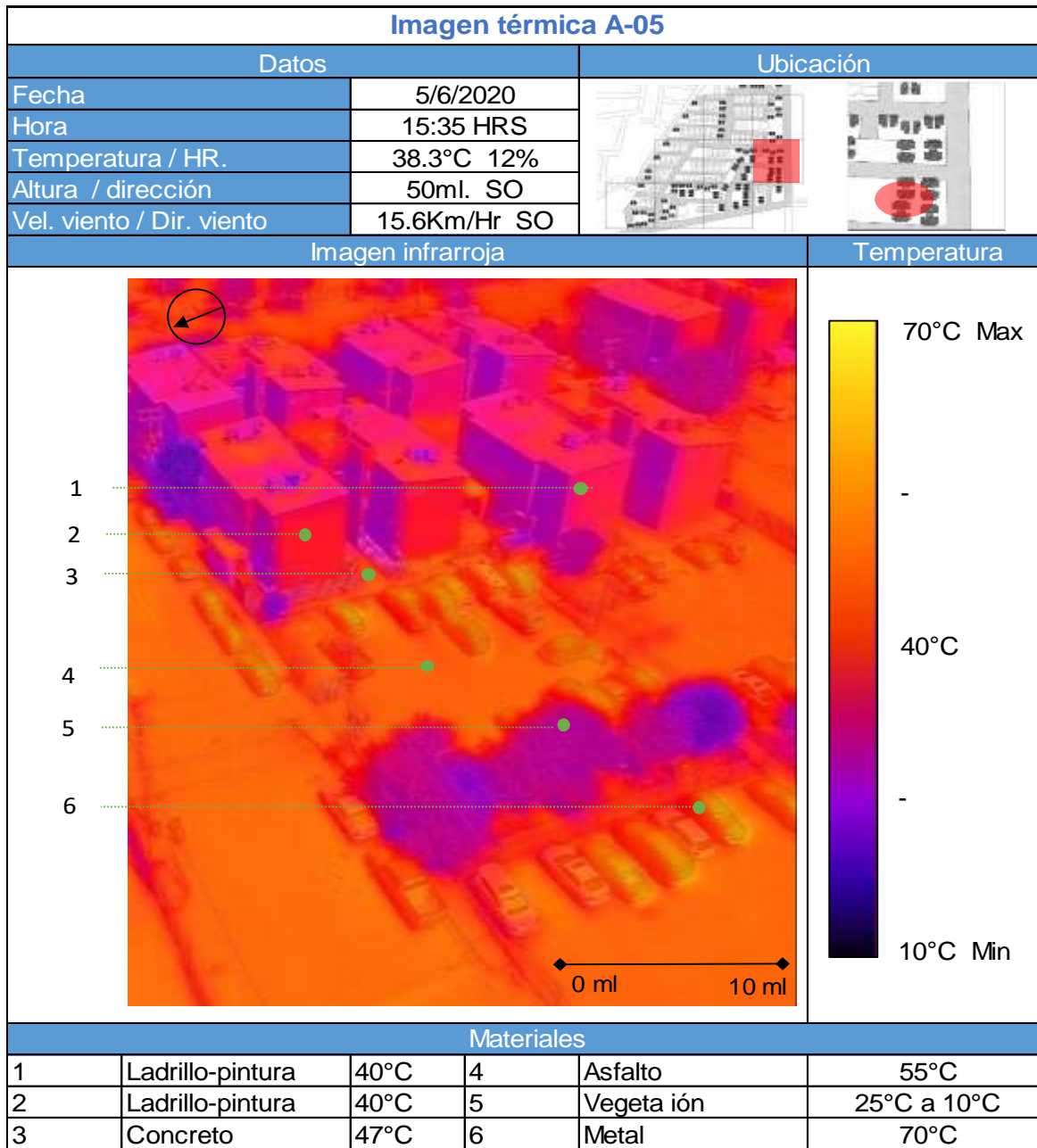


Figura 56 Ficha de imagen térmica A-05, con vista aérea a 50 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa hacia el Suroeste un estacionamiento seccionado, un grupo de viviendas verticales y una vialidad, todo en vista desde el Oeste. El asfalto (55°C) y el metal de los vehículos (70°C) muestran las temperaturas máximas, mientras que la vegetación (25°C - 10°C) muestran las temperaturas mínimas. Las sombras de las viviendas verticales se proyectan a escasos metros al Norte, generando así, solo su influencia como barreras de viento del Este-sur, acrecentando las condiciones para la formación de ICU.

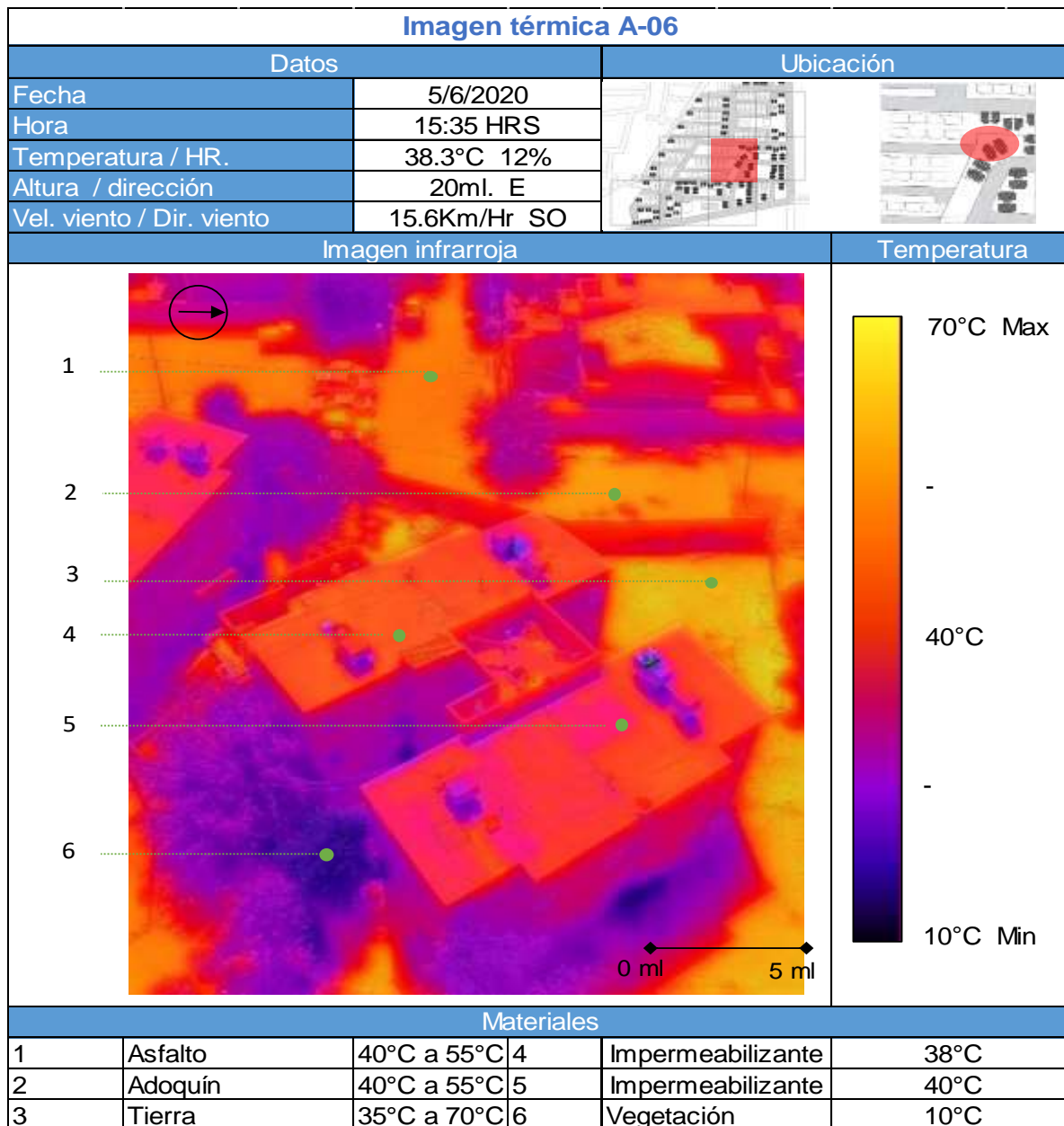


Figura 57 Ficha de imagen térmica A-06, con vista aérea a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa hacia el Este una vivienda vertical, espacios públicos y una vialidad, en una vista desde el Este. El suelo de tierra (35°C - 70°C) es el material con el máximo de temperatura, le sigue el adoquín (40°C - 55°C) y asfalto (40°C - 55°C); la temperatura en el suelo de tierra debido a la falta de sombras, y el contacto con la humedad de la vegetación. Mientras la vegetación (10°C) es la temperatura mínima, seguido de los muros de ladrillo y pintura (25°C), debido al color y orientación. Por último, las cubiertas con impermeabilizantes (40°C), se observan algunos tonos azulados, mostrando el enfriamiento interior.

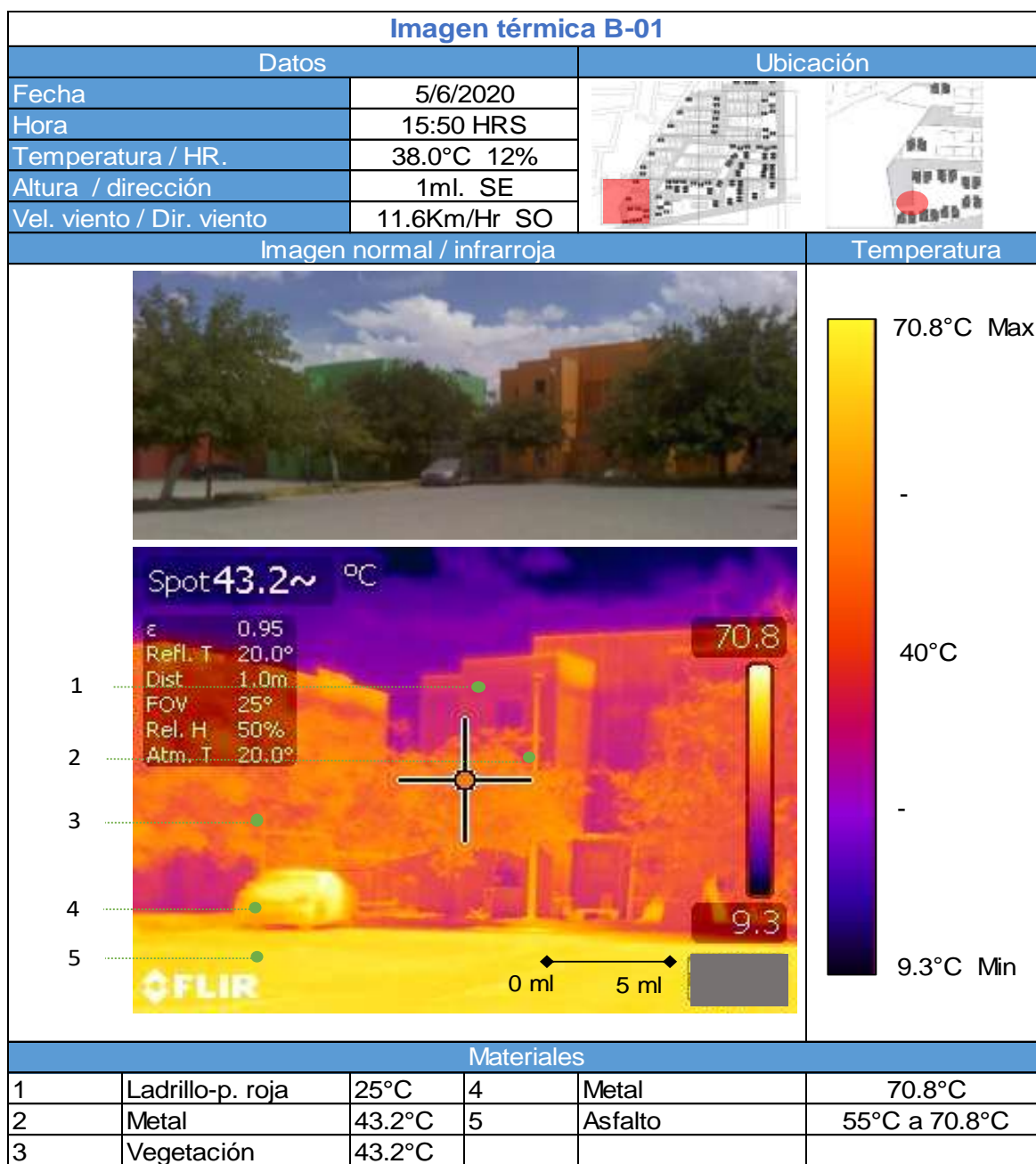


Figura 58 Ficha de imagen térmica B-01, con vista frontal a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa un edificio de vivienda vertical, árboles de pabellón y un vehículo; todo visto hacia el Sur, a 1 metro de distancia del suelo. La temperatura del metal del vehículo (70.8°C) es la máxima, seguida del asfalto (55°C - 70.8°C). En el ambiente se cuenta con humedad relativa (24%) y vientos (15.2 km/h) del Sureste, los cuales generan la temperatura ambiente (38°C), en estas condiciones se observa la necesidad de generar corredores en sentido Este-Oeste para el aprovechamiento de sombras.

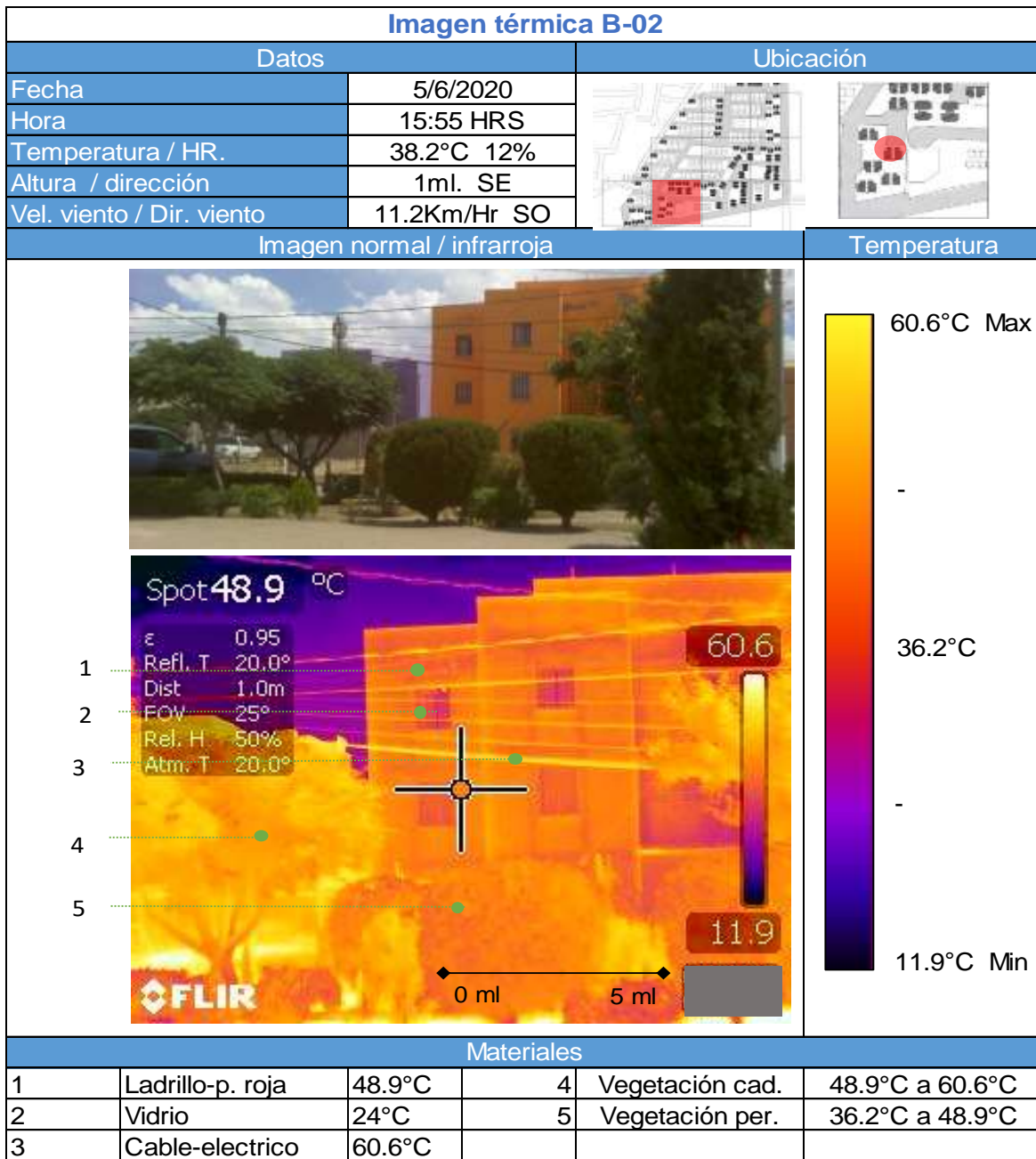


Figura 59 Ficha de imagen térmica B-02, con vista frontal a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa un edificio de vivienda vertical, vegetación y cable eléctrico; todo visto hacia el Sur, a 1 metro de distancia del suelo. El cable eléctrico (60.6°C), tienen la temperatura máxima. Sin embargo, el muro de ladrillo y pintura (48.9°C), aun con sombra tiene mayor temperatura mayor a la temperatura ambiente (38.2°C), dejando entre ver, un posible la importancia del color claro. Además, se muestra la radiación térmica sobre arbusto (36.2°C - 48.9°C) que es menor a la del árbol de pabellón (48.9°C - 60.6°C).

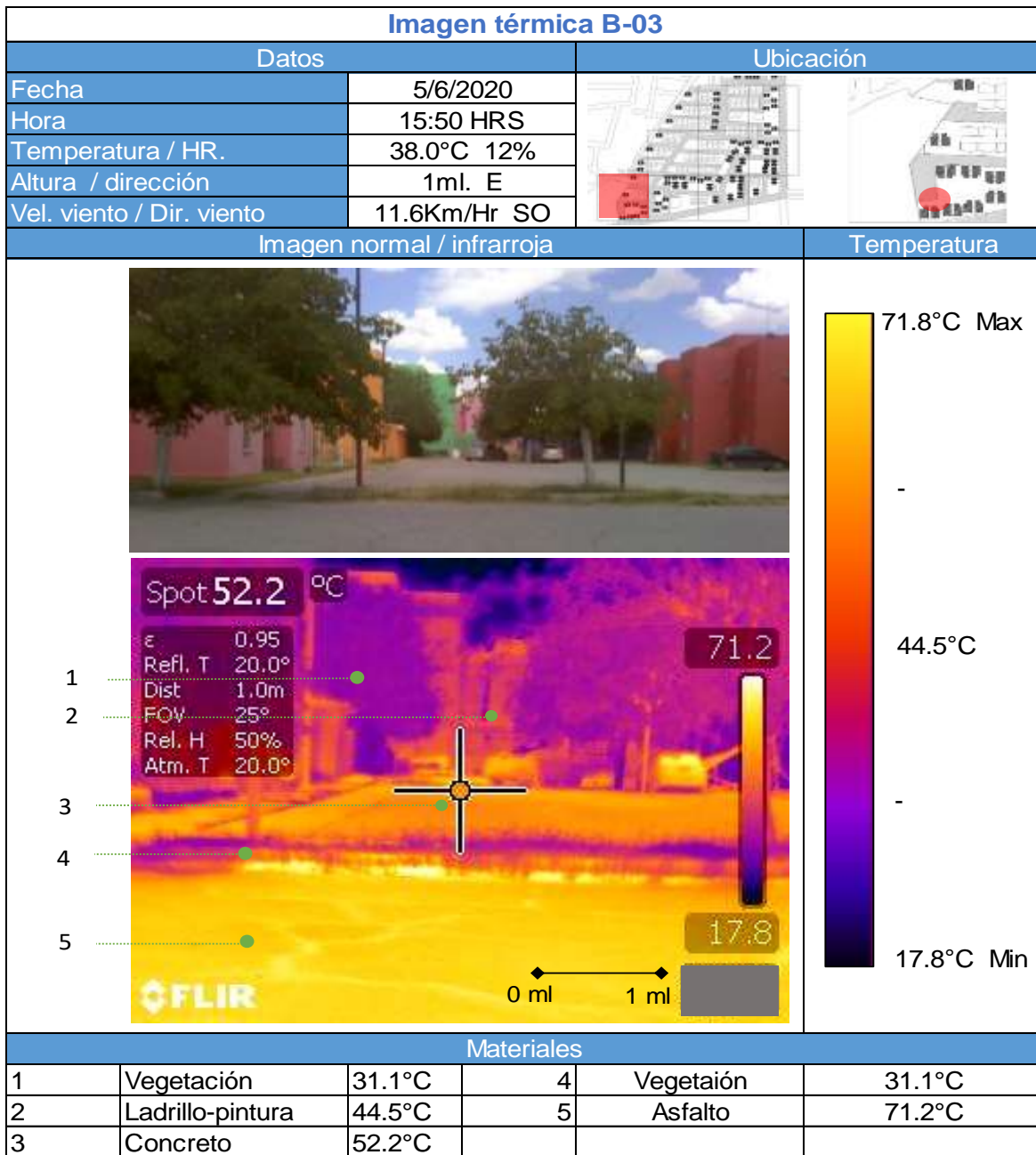


Figura 60 Ficha de imagen térmica B-03, con vista frontal a 20 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una explanada, un estacionamiento y alrededor vivienda vertical; todo visto hacia el Este, a 1 metro de distancia del suelo. El estacionamiento de asfalto (71.2°C) cuenta con la máxima temperatura, mientras que la vegetación (31.1°C) cuenta con la mínima temperatura. La relación de las superficies impermeables y los muros de ladrillo y pintura (44.5°C), muestran un contraste, en el cual, si la altura de la construcción fuera aun mayor, solo recibiría radiación solar y no radiación térmica.

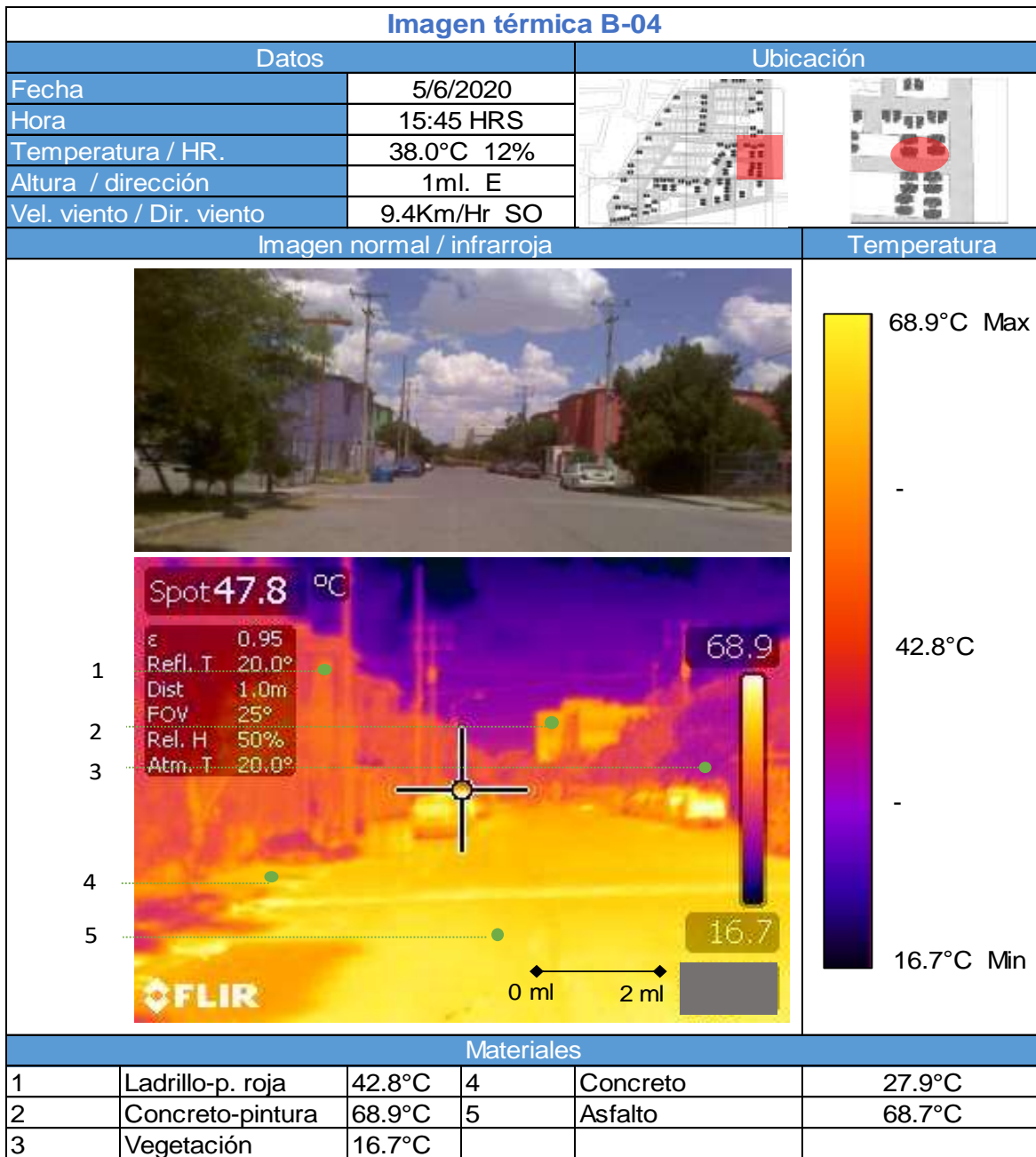


Figura 61 Ficha de imagen térmica B-04, con vista frontal.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa una vialidad, vehículos a los costados, igual que vivienda vertical y al fondo un edificio de industria; todo visto hacia el Este, a 1 metro de distancia del suelo. El asfalto cuenta con la temperatura máxima (68.9°C). Mientras que, la vegetación (16.7°C) cuenta con la temperatura mínima. La imagen muestra en el fondo un edificio de industria con una mayor radiación térmica que los muros de ladrillo y pintura (42.8°C), mostrando un mejor diseño urbano en vialidades en este sentido.

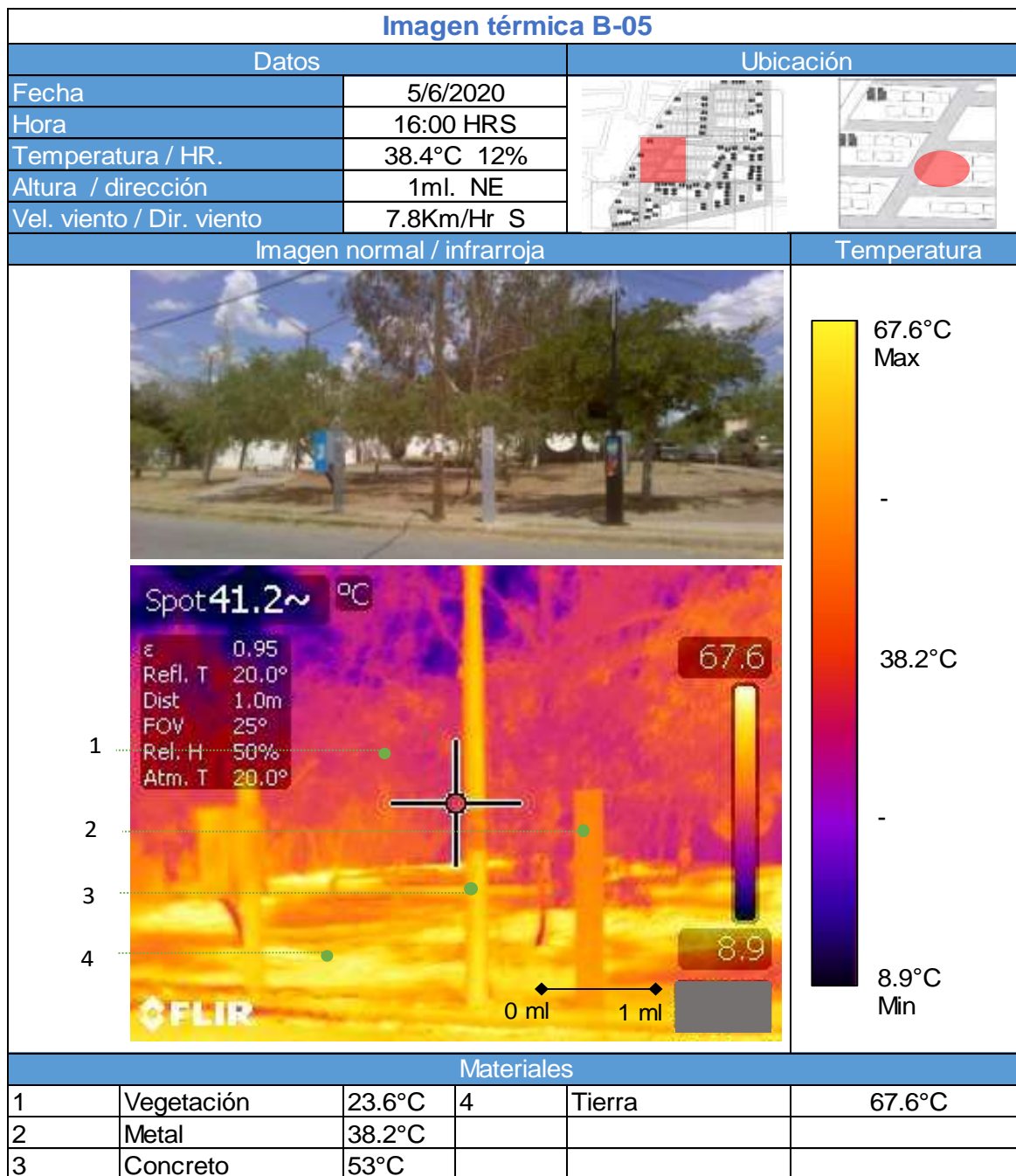


Figura 62 Ficha de imagen térmica B-05, con vista frontal a 10ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa un área verde, postes y arboles; todo visto hacia el Noreste, a 1 metro de distancia del suelo. El suelo de tierra (67.6°C) cuenta con la temperatura máxima. Mientras que, la vegetación (23.6°C) cuenta con la temperatura mínima. Es un espacio aislado de la vivienda vertical, con vialidades a los lados; donde la sombra de los árboles (38.2°C) cambia la temperatura hasta 30°C menos.

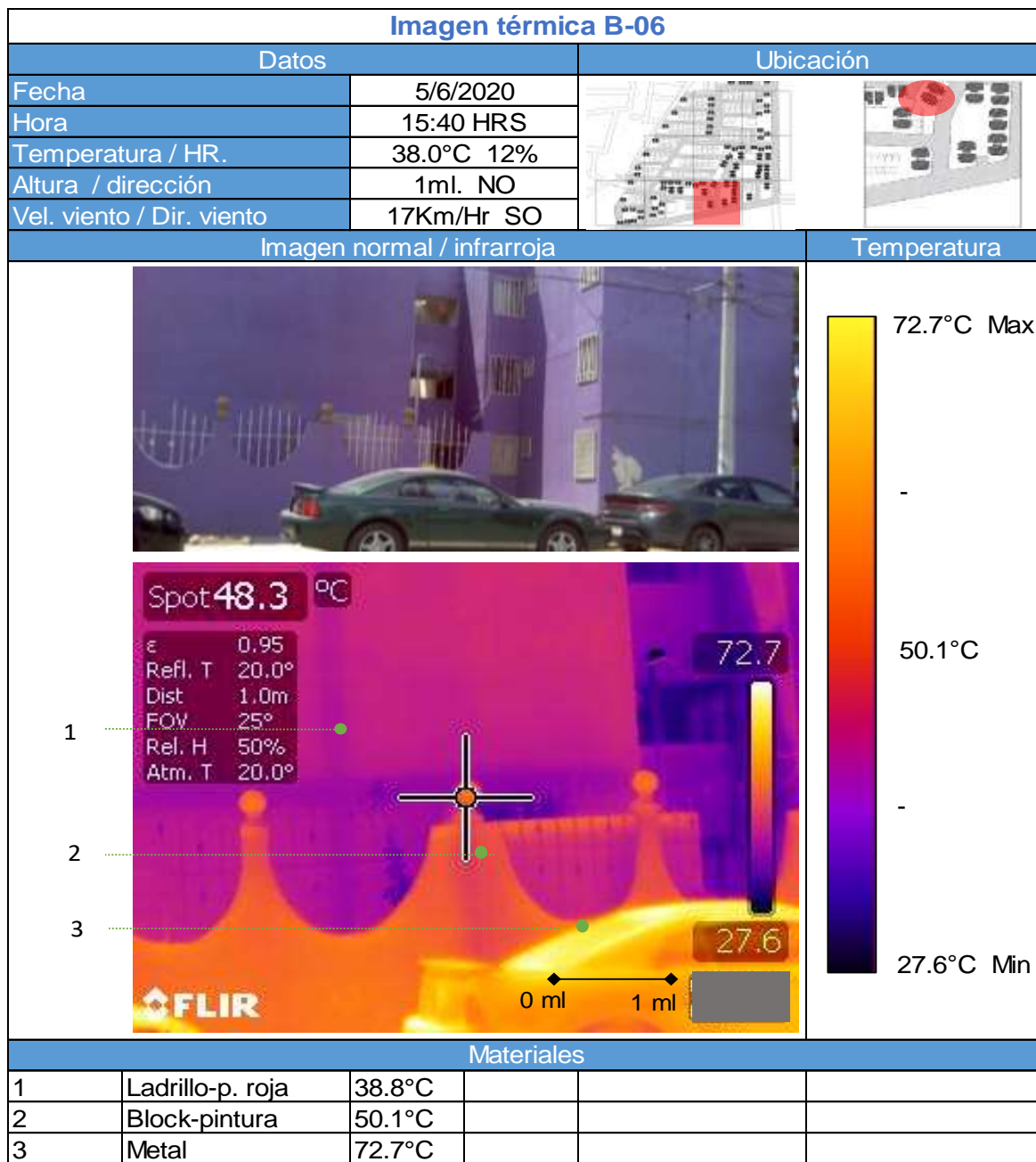


Figura 63 Ficha de imagen térmica B-06, con vista frontal a 5 ml.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen termográfica.

Resultados: Se observa el muro de vivienda vertical, una barda y un vehículo; todo visto hacia el Oeste, a 1 metro de distancia del suelo. El vehículo de metal (72.7°C) cuenta con la temperatura máxima. Mientras que el muro de ladrillo y pintura (38.8°C) cuenta con la temperatura mínima. La imagen muestra tres materiales, cuenta con menor temperatura en el interior. El resultado es una menor radiación del edificio de vivienda al exterior que materiales aislados.

Periodo cálido									
	A-04 (38.4°C)	A-05 (38.3°C)	A-06 (38.3°C)	B-01 (38.0°C)	B-02 (38.2°C)	B-03 (38.0°C)	B-04 (38.0°C)	B-05 (38.4°C)	B-06 (38.0°C)
Temperatura actividad pasiva									
Temperatura actividad moderada									
Temperatura actividad intensa									

Simbología del rango de confort humano, de acuerdo con (Ver Tabla 4).

	Actividad pasiva	Actividad moderada	Actividad intensa
Fuera de rango			
Rango extenso	42.2°C	41.0°C	43.4°C
Rango reducido	38.5°C	37.0°C	39.3°C
Rango medio	34.8°C	33.1°C	35.2°C
Rango reducido	31.1°C	29.1°C	31.2°C
Rango extenso	27.4°C	25.2°C	27.1°C
Fuera de rango			

Tabla 30 Estadísticas de la configuración de la sección 8.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: Se observa en la tabla de rango de confort humano, que las fichas de imágenes térmicas del periodo cálido de 15:30 a 16:00 horas. Se encuentran en rango reducido de confort humano en actividades pasiva, moderada e intensa.

Capítulo 4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones finales

La evaluación se llevó a cabo con dos técnicas de medición, la primera de ellas por medio de sensores de temperatura en los periodos de transición y cálido, la segunda con el uso de imágenes termográficas durante los periodos frío, de transición y cálido. Encontré que las secciones del conjunto habitacional muestran que la sección 1 tiene orientación vial Norte – Sur, y resalta por tener mayor densidad de viviendas con 154, con la mayor altura promedio de 7.7 metros, mientras que la comparación de temperaturas con la estación meteorológica 01-IIT en los periodos de transición y cálido, es mayor por 5°C a las 16:00 horas. La sección 2 tiene orientación vial Este – Oeste, cuenta con la diferencia de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición, es mayor por 3°C y en cálido por 2°C, a las 16:00 horas.

La sección 3 tiene orientación vial Este – Oeste, resalta por tener mayor superficie impermeable con 91%, menor cantidad de árboles de pabellón con 8.9% y con la mayor altura promedio de 7.7 metros. Cuenta con la diferencia de temperaturas con la estación meteorológica 01-IIT en el periodo de transición, es mayor de 2°C a 3°C y en cálido por 2°C, a las 16:00 horas. La sección 4 tiene orientación vial Este – Oeste, resalta por tener menor superficie impermeable con 56%, y las mayores distancias a la industria, rio y estacionamiento. Mientras que la comparación de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición es mayor de 1°C a 3°C y cálido de igual o mayor a 2°C a las 16:00 horas, siendo las temperaturas de menor diferencia con la estación climática.

La sección 5 tiene orientación vial Este – Oeste, cuenta con la diferencia de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición, es mayor de 1°C a 2°C y en cálido de 1°C a 3°C a las 16:00 horas. La sección 6 tiene orientación vial Norte – Sur, resalta por tener menor densidad, mayor cantidad de árbol de pabellón con 15.6%, menor porción de cañón urbano, menor altura promedio con 5.3 metros. Mientras que la comparación de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición es mayor de 2°C a 3°C y cálido de 4°C a 6°C a las 16:00 horas.

La sección 7 tiene orientación vial Norte – Sur, resalta por tener mayor densidad de viviendas con 154, y con la mayor altura promedio de 7.7 metros. Mientras que la comparación de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición es mayor de 10°C a 13°C y cálido 15°C de diferencia a las 16:00 horas, siendo las temperaturas de mayor diferencia con la estación climática. La sección 8 tiene orientación vial Norte – Sur, cuenta con la diferencia de temperaturas con la estación climática 01-IIT en el periodo de transición, es mayor de 4°C a 7°C y en cálido de 1°C 2°C a las 16:00 horas.

En el periodo frío se encontró que la temperatura ambiente está fuera de rango de confort humano en actividades pasivas, activas y moderadas. Esto debido a los hallazgos con la energía térmica almacenada en los materiales de la vivienda vertical y el equipamiento urbano, dentro de lo que destacan los cubos de escalera, donde la temperatura llega hacer hasta -8°C que la ambiental. La vivienda vertical llega a funcionar como barrera de viento para mantener la temperatura en el asfalto de 5°C, una banqueta de concreto con 15°C y la vegetación de -6°C. Además, se observó el contraste de la vivienda vertical con temperatura uniforme sobre la superficie de los muros y la vivienda horizontal con temperaturas irregulares, y en las vialidades se observó que una angosta tiene 8°C menos de temperatura que una vialidad ancha por la cuestión de sombras.

En la imagen de dos edificios con un pasillo en común se puede observar que el adoquín tiene una temperatura de 4°C y la vegetación cubre suelos puede llegar hasta 7°C. Y si observamos una vista superior tenemos una menor cantidad de energía almacenada en las azoteas por el impermeabilizante que llega a -1C, mientras el contraste de dos orientaciones de fachadas similares, tienen temperaturas de 0°C en Este y 5°C en Oeste.

En el periodo de transición se encontró que la temperatura ambiente está fuera de rango de confort humano en actividades pasivas, activas y moderadas. Esto debido a los hallazgos con la energía térmica almacenada en la vivienda vertical, donde destaca la temperatura en la fachada norte como el ladrillo recubierto tiene 34°C y la estructura de concreto 5°C; en la orientación Sur, en la fachada se tienen 49.2°C y las ventanas con 11.2°C. y en el Oeste se observa 46°C con vegetación con 22.9°C. Del lado Noroeste se observa una fachada y una barda

con 20°C más de temperatura, en orientación. En el Sur se observa un cubo de escalera con 40°C de diferencia a la temperatura de la fachada; por último, en la fachada Este se tiene una diferencia de temperatura del segundo piso con 10°C más que los pisos de bajo y arriba.

En el periodo cálido se encontró que la temperatura ambiente está dentro del rango reducido de confort humano en actividades pasivas, activas y moderadas. Esto debido a hallazgos como la temperatura de una superficie de block con 25°C y uno de ladrillo de 10°C. En el Suroeste se encuentra una manzana con viviendas verticales con un amplio estacionamiento de asfalto de temperatura de 55°C, mientras que se observa un área con suelo de tierra con hasta 70°C y una banqueta de adoquín de hasta 55°C. Otros elementos observados fueron el asfalto con temperatura de 55°C a 70°C y vehículos de 70°C, en cuanto a la vegetación se observó que un arbusto perenne tenía 36°C a 49°C y un árbol de hoja caduca 48°C a 60°C.

En una vialidad de Este – Oeste, se observó que la vivienda vertical en sus muros laterales cuenta con 42°C y un edificio de industria al fondo 68°C. En un área verde el suelo de tierra se observa que en sombra se tienen 30°C de diferencia; por último, en la fachada de una vivienda vertical al Noroeste, se observa 38.8°C, en la barda 50.1°C y un vehículo de metal 72.7°C.

Desde el punto de vista metodológico, encontré que el método implementado para el estudio de islas de calor urbano, constituyó una herramienta eficaz para determinar las condiciones medioambientales del contexto urbano inmediato del conjunto habitacional de vivienda vertical. En base a las 4 fases de análisis del contexto urbano inmediato, recopilación de datos, análisis de gráficos numéricos y análisis de resultados; se evaluó el impacto de las islas de calor sobre el contexto urbano inmediato al conjunto habitacional de vivienda vertical. Es importante no olvidar que la información del confort humano para espacios exteriores, es solo de referencia para llevar a cabo la metodología, ya que, no se cuenta con un estudio para ciudad Juárez, Chihuahua.

Durante la investigación surgieron preguntas que invitan a continuar con la evaluación. ¿Que resultados se pueden encontrar con una escala de secciones, del tamaño de conjuntos habitacionales?, ¿Cómo se determina el confort humano en un contexto urbano de vivienda

vertical, en Ciudad Juárez, Chih? y ¿Qué interpretación se puede realizar en el color de las superficies, mediante imágenes térmicas?

Anexos

Anexo A: Base de información climática

05 febrero 2020

Fecha	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Dirección del viento	Velocidad del viento
2/5/2020 14:20	64.51	1.83	189.00	4.74
2/5/2020 14:25	63.77	1.81	171.00	6.59
2/5/2020 14:30	64.77	1.82	171.00	2.56
2/5/2020 14:35	65.52	1.91	179.00	2.71
2/5/2020 14:40	65.52	2.05	202.00	4.32
2/5/2020 14:45	63.06	2.05	196.00	5.87
2/5/2020 14:50	62.34	2.01	196.00	2.37

Tabla 31 Información climática de la estación IIT-01, 02/05/2020.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

06 junio 2020

Fecha	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Dirección del viento	Velocidad del viento
6/6/2020 15:30	12.00	38.42	217.00	14.39
6/6/2020 15:35	11.48	38.30	217.00	15.67
6/6/2020 15:40	12.00	38.09	227.00	17.88
6/6/2020 15:45	12.00	38.05	227.00	9.49
6/6/2020 15:50	12.00	38.07	235.00	11.57
6/6/2020 15:55	12.00	38.26	235.00	11.21
6/6/2020 16:00	12.17	38.46	167.00	7.83

Tabla 32 Información climática de la estación IIT-01, 06/06/2020.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

26 septiembre 2020

Fecha	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Dirección del viento	Velocidad del viento
9/26/2020 15:35	10.00	36.50	285.21	9.67
9/26/2020 15:40	9.83	36.47	257.37	11.70
9/26/2020 15:45	9.66	36.51	258.73	12.33
9/26/2020 15:50	9.21	36.58	258.18	10.35
9/26/2020 15:55	8.67	36.50	246.87	8.97
9/26/2020 16:00	9.00	36.43	256.26	13.74
9/26/2020 16:05	9.00	36.19	236.21	14.64
9/26/2020 16:10	9.52	36.01	284.56	13.47
9/26/2020 16:15	9.50	36.09	280.32	12.48
9/26/2020 16:20	9.17	36.22	292.35	11.68
9/26/2020 16:25	9.62	36.16	274.53	8.30
9/26/2020 16:30	9.41	36.45	260.99	13.00
9/26/2020 16:35	9.05	36.50	271.36	9.03
9/26/2020 16:40	8.77	36.50	290.80	11.93
9/26/2020 16:45	9.00	36.40	288.74	13.25
9/26/2020 16:50	9.00	36.18	283.85	12.28
9/26/2020 16:55	9.17	36.11	267.34	11.41
9/26/2020 17:00	9.00	36.17	293.61	9.49

Tabla 33 Información climática de la estación IIT-01, 09/26/2020.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

Anexo B: Sensores de temperatura

Date Time, GMT-06:00	S1 Temp	S1 RH, %	S2 Temp	S2 RH, %	S3 Temp	S3 RH, %	S4 Temp	S4 RH, %	S5 Temp	S5 RH, %	S6 Temp	S6 RH, %	S7 Temp	S7 RH, %	S8 Temp	S8 RH, %	Estación Temp	Estación RH
6/6/2020 16:00	39.94	18.70	41.53	15.99	44.75	15.83	43.59	15.77	42.65	16.28	42.27	17.12	40.60	26.19	49.34	15.38	38.46	12.17
6/7/2020 16:00	36.80	12.95	39.07	10.21	42.39	10.97	40.46	11.29	39.55	11.10	39.07	12.11	37.48	22.07	44.91	11.23	35.56	6.83
6/8/2020 16:00	34.39	22.70	35.77	20.07	38.42	19.31	36.72	20.28	35.90	20.91	36.04	21.64	35.05	29.92	39.09	20.68	33.29	15.70
6/9/2020 16:00	30.24	11.08	31.46	8.67	34.39	9.72	35.53	9.36	31.51	9.77	30.70	10.91	30.75	19.70	36.91	10.56	28.81	5.51
6/10/2020 16:00	35.90	11.43	36.88	8.62	41.41	9.66	44.35	8.72	40.98	8.60	38.09	10.25	36.23	19.64	45.41	9.56	34.04	5.43
6/11/2020 16:00	36.17	24.61	36.93	22.11	39.77	21.07	41.80	19.96	37.98	22.25	38.70	22.67	36.04	32.10	41.97	21.47	35.39	17.00
6/12/2020 16:00	35.66	26.21	37.10	22.95	41.41	20.55	45.25	18.99	40.09	22.61	39.69	23.38	35.85	32.99	45.75	20.26	34.44	18.28
6/13/2020 16:00	35.16	19.35	36.07	17.03	38.92	17.25	41.59	16.69	36.96	17.38	38.03	20.12	35.61	26.80	45.72	15.64	34.95	12.00
6/14/2020 16:00	36.80	17.76	37.67	15.49	40.20	15.53	43.31	15.21	39.94	15.21	39.38	17.43	36.82	25.33	45.94	14.70	35.66	11.00
6/15/2020 16:00	37.89	17.97	39.04	15.63	43.22	14.89	47.29	13.57	40.95	15.49	40.46	16.60	38.25	25.80	50.68	13.56	36.39	11.00
6/16/2020 16:00	37.56	20.40	38.67	18.09	41.94	17.80	45.31	15.86	39.49	18.75	38.92	19.87	38.09	28.10	47.06	16.73	35.28	14.63
6/17/2020 16:00	37.67	19.26	38.92	16.79	41.91	16.40	41.47	16.37	39.38	17.43	39.26	18.28	38.25	26.77	45.66	16.27	35.71	13.00
6/18/2020 16:00	36.74	14.20	38.06	12.07	42.15	12.16	43.56	11.34	39.21	12.51	38.73	13.35	37.04	22.68	47.58	11.74	35.24	8.00
6/19/2020 16:00	36.99	16.23	38.98	13.36	41.83	13.96	42.62	13.25	38.39	14.66	38.92	15.47	37.65	23.96	45.88	13.63	35.38	10.00
6/20/2020 16:00	38.09	11.67	39.49	9.11	43.65	10.30	44.47	9.73	40.43	10.10	39.74	11.38	38.62	20.39	47.45	10.04	36.71	6.00
6/21/2020 16:00	38.81	12.02	40.92	9.40	43.89	9.99	45.12	10.11	42.33	9.61	41.41	11.09	39.43	20.59	49.45	10.23	37.12	6.00
6/22/2020 16:00	41.30	12.52	42.00	10.04	46.26	10.80	48.77	10.09	43.77	10.55	42.51	11.93	41.88	21.50	49.72	10.93	39.43	7.00
6/23/2020 16:00	37.98	23.61	38.59	21.83	43.16	19.88	47.35	17.06	42.42	19.45	40.43	22.86	38.67	31.01	48.91	18.48	35.71	17.83
6/24/2020 16:00	37.81	21.86	38.84	19.60	42.98	18.48	47.39	16.00	42.36	17.35	40.89	20.06	37.76	29.69	48.47	17.12	35.55	15.21
Promedio	36.94	17.61	38.21	15.11	41.72	14.98	43.47	14.19	39.70	15.26	39.12	16.66	37.37	25.54	46.10	14.64	35.43	11.19

Tabla 34 Temperatura y humedad relativa a las 02:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de transición

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

Date Time, GMT-06:00	S1 Temp	S1 RH, %	S2 Temp	S2 RH, %	S3 Temp	S3 RH, %	S4 Temp	S4 RH, %	S5 Temp	S5 RH, %	S6 Temp	S6 RH, %	S7 Temp	S7 RH, %	S8 Temp	S8 RH, %	Estación Temp	Estación RH
6/6/2020 2:00	30.12	30.75	30.65	28.55	30.04	30.09	29.77	30.57	30.14	29.96	29.49	30.77	29.97	37.41	28.79	34.88	29.67	22.00
6/7/2020 2:00	27.31	17.18	28.10	15.10	27.06	16.94	27.41	16.43	27.48	16.20	26.77	17.60	27.24	25.32	26.72	19.88	27.72	9.00
6/8/2020 2:00	25.53	23.16	26.16	20.99	25.33	23.73	25.67	22.88	25.65	23.09	25.21	24.31	25.28	31.41	25.09	25.46	25.71	15.24
6/9/2020 2:00	22.99	19.84	23.69	17.58	22.87	19.10	23.04	19.18	23.16	18.41	22.78	19.72	22.94	26.96	22.73	21.22	23.17	11.00
6/10/2020 2:00	19.89	22.17	20.65	19.85	19.15	22.01	18.84	24.12	19.72	20.74	17.89	23.95	19.22	30.13	17.80	27.49	18.85	14.00
6/11/2020 2:00	25.02	29.83	26.18	27.85	24.77	30.87	24.29	31.40	24.68	30.86	24.20	31.32	24.48	38.07	24.03	34.45	24.07	26.40
6/12/2020 2:00	22.49	54.54	22.73	54.04	22.11	55.66	21.87	54.39	22.27	55.71	21.13	59.62	21.29	62.83	21.96	59.03	22.17	48.99
6/13/2020 2:00	21.27	66.87	20.48	72.17	19.94	75.94	19.46	77.07	19.82	80.65	19.79	76.34	20.51	74.12	19.79	80.70	21.11	63.00
6/14/2020 2:00	24.94	29.54	25.57	27.59	24.56	29.76	24.44	29.43	25.23	28.42	23.42	32.86	24.46	36.63	23.55	32.66	23.91	23.00
6/15/2020 2:00	27.06	27.27	27.60	25.09	26.84	26.46	26.70	27.24	27.41	25.70	26.13	28.24	26.79	34.07	25.96	30.44	26.82	19.00
6/16/2020 2:00	26.70	36.15	27.16	34.18	26.50	36.83	26.52	36.21	26.57	37.11	26.43	37.89	26.43	43.61	26.18	39.20	26.29	28.05
6/17/2020 2:00	27.83	31.34	28.39	29.10	28.02	30.72	27.38	31.16	28.35	30.17	27.53	32.02	27.90	38.07	26.45	35.23	28.14	23.00
6/18/2020 2:00	27.21	21.06	27.83	19.16	26.77	21.10	27.11	20.64	27.38	20.18	26.74	21.62	26.92	29.41	26.48	23.59	27.35	13.17
6/19/2020 2:00	26.26	18.62	26.72	16.62	25.89	19.05	26.09	18.46	26.38	18.03	25.70	19.37	25.94	26.75	25.38	21.24	26.78	11.00
6/20/2020 2:00	28.69	25.50	29.44	23.35	28.67	25.75	28.82	25.07	28.12	25.97	28.54	26.36	27.90	34.10	28.12	28.14	29.42	16.98
6/21/2020 2:00	26.57	30.74	27.53	27.88	26.38	30.58	26.09	30.73	24.77	33.58	25.53	32.28	25.04	39.08	24.46	36.56	26.32	21.39
6/22/2020 2:00	28.77	15.51	29.39	13.32	28.37	15.49	28.69	15.20	28.39	14.69	28.69	15.51	28.74	23.45	28.30	17.08	28.87	9.00
6/23/2020 2:00	29.67	16.62	30.14	14.59	29.39	16.57	29.74	16.09	29.39	15.85	29.46	16.84	29.44	24.52	29.14	18.26	29.78	9.00
6/24/2020 2:00	26.67	36.60	27.09	34.52	26.62	35.73	26.48	35.79	25.99	36.85	26.13	36.79	26.23	43.19	26.01	39.59	25.94	28.00
Promedio	26.05	29.12	26.61	27.45	25.75	29.60	25.70	29.58	25.84	29.59	25.35	30.70	25.62	36.80	25.10	32.90	25.90	21.64

Tabla 35 Temperatura y humedad relativa a las 16:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de transición.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

Date Time, GMT-06:00	S1 Temp	S1 RH, %	S2 Temp	S2 RH, %	S3 Temp	S3 RH, %	S4 Temp	S4 RH, %	S5 Temp	S5 RH, %	S6 Temp	S6 RH, %	S7 Temp	S7 RH, %	S8 Temp	S8 RH, %	Estación Temp	Estación RH
3/19/2020 2:00	18.18	68.70	18.46	66.43	18.49	66.78	18.25	67.02	18.41	67.08	18.18	67.60	18.30	70.77	18.41	69.32	13.00	43.83
3/20/2020 2:00	8.15	65.81	8.37	59.58	9.19	56.72	7.44	60.25	8.64	63.38	7.62	58.88	8.00	63.19	10.10	56.54	8.25	59.78
3/21/2020 2:00	11.81	50.00	12.10	47.02	12.41	47.53	11.78	47.92	12.15	47.53	11.66	48.34	11.81	52.97	12.68	49.04	11.56	43.39
3/22/2020 2:00	13.81	36.33	14.12	34.48	14.84	33.40	14.12	34.28	14.79	33.60	13.86	35.84	14.29	40.94	15.68	33.95	14.94	25.20
3/23/2020 2:00	13.55	43.42	13.62	42.17	14.53	40.64	13.16	41.27	14.07	42.80	13.21	44.18	13.50	50.07	15.06	40.83	13.17	40.80
3/24/2020 2:00	13.43	35.96	14.05	34.81	14.65	32.97	13.91	34.60	14.12	34.89	13.50	36.87	14.19	41.06	15.39	34.64	14.42	27.00
3/25/2020 2:00	14.55	38.21	14.75	36.59	15.49	35.69	14.43	37.20	15.18	36.37	14.12	39.05	14.67	43.77	16.23	36.57	15.12	28.19
3/26/2020 2:00	17.94	31.62	18.77	29.43	19.46	29.38	18.22	30.74	18.75	29.81	17.99	30.65	18.41	37.26	20.37	28.96	20.43	19.49
3/27/2020 2:00	16.82	42.66	17.15	41.19	17.42	40.76	16.92	41.33	17.18	41.46	16.87	42.63	17.01	47.61	17.53	43.23	16.89	34.00
3/28/2020 2:00	7.14	38.84	7.70	37.11	7.80	36.99	7.37	37.60	7.67	37.10	7.27	38.56	7.52	43.32	8.17	38.46	7.47	30.00
3/29/2020 2:00	8.22	35.52	9.04	37.31	9.88	35.75	7.97	37.27	9.34	35.89	7.90	38.43	9.29	42.77	10.96	34.25	8.08	34.26
3/30/2020 2:00	12.12	32.68	12.63	31.12	13.33	33.09	12.10	32.91	12.87	32.98	11.81	34.47	12.63	40.40	14.46	31.04	12.28	27.15
3/31/2020 2:00	14.41	29.38	14.48	28.28	14.96	27.69	14.31	28.89	14.77	28.16	14.19	29.85	14.48	35.73	15.68	29.14	15.28	20.00
4/1/2020 2:00	16.34	29.40	16.99	27.64	17.51	27.26	16.27	29.64	16.92	29.03	16.13	30.70	16.77	35.88	18.22	29.56	16.52	25.13
4/2/2020 2:00	19.94	26.34	20.27	24.76	20.41	25.27	20.01	25.60	20.34	25.05	20.03	26.53	19.98	33.32	20.65	27.21	20.33	18.00
4/3/2020 2:00	18.18	29.62	18.56	28.18	18.77	28.13	18.49	28.67	18.96	28.00	18.37	29.74	18.27	36.10	19.37	29.72	19.41	20.00
4/4/2020 2:00	15.03	38.49	15.68	36.92	15.75	37.06	15.20	38.54	15.61	37.58	14.96	38.31	15.34	44.08	16.87	35.89	15.13	31.00
4/5/2020 2:00	16.92	32.08	17.25	30.66	17.44	30.71	16.75	31.51	17.44	30.74	17.03	31.95	17.01	38.19	18.13	31.77	17.17	23.17
Promedio	14.25	39.17	14.67	37.43	15.13	36.99	14.26	38.07	14.84	37.86	14.15	39.03	14.53	44.30	15.77	37.78	14.41	30.58

Tabla 36 Temperatura y humedad relativa a las 02:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de verano.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

Date Time, GMT-06:00	S1 Temp	S1 RH, %	S2 Temp	S2 RH, %	S3 Temp	S3 RH, %	S4 Temp	S4 RH, %	S5 Temp	S5 RH, %	S6 Temp	S6 RH, %	S7 Temp	S7 RH, %	S8 Temp	S8 RH, %	Estación Temp	Estación RH
3/19/2020 16:00	20.17	28.87	19.94	26.66	20.77	25.01	19.53	26.84	19.20	27.46	20.15	26.93	19.39	34.02	18.91	29.61	17.56	21.34
3/20/2020 16:00	22.35	31.65	22.32	28.97	23.67	26.94	22.80	29.15	23.95	27.71	21.89	32.17	21.68	37.59	25.16	29.52	20.45	23.83
3/21/2020 16:00	25.72	32.75	25.21	29.99	28.54	25.78	25.77	30.10	26.57	29.46	25.16	33.78	24.15	38.62	27.90	31.56	23.20	27.00
3/22/2020 16:00	24.17	19.47	24.85	16.97	25.74	16.87	24.20	18.13	24.44	17.85	24.00	19.01	24.29	26.12	23.86	19.60	21.92	12.83
3/23/2020 16:00	28.99	13.00	28.94	10.60	29.19	12.01	28.39	12.82	28.72	11.75	28.62	12.90	28.44	21.13	28.52	13.82	26.81	7.00
3/24/2020 16:00	26.94	17.23	27.31	15.06	28.30	15.18	26.11	17.04	26.62	16.09	25.87	17.63	26.23	25.32	25.94	18.56	23.60	11.78
3/25/2020 16:00	31.69	13.12	31.82	10.95	32.59	12.07	30.24	13.48	31.48	11.95	30.87	13.39	30.62	21.49	31.23	14.48	28.53	7.83
3/26/2020 16:00	28.37	22.98	28.97	20.94	28.97	21.54	27.90	22.76	28.54	22.03	29.07	22.95	28.79	30.21	28.20	24.80	26.56	17.00
3/27/2020 16:00	25.96	18.53	25.96	16.80	25.91	17.82	25.43	18.61	25.67	17.69	26.13	18.69	25.67	26.37	25.67	19.93	24.25	12.00
3/28/2020 16:00	21.60	16.65	20.94	15.42	21.77	15.24	20.27	17.17	20.22	16.50	19.79	18.03	20.01	25.13	19.48	19.27	17.06	12.36
3/29/2020 16:00	26.87	14.66	26.82	13.44	27.73	13.86	28.69	14.90	28.52	13.82	26.92	15.27	25.55	23.45	26.79	17.90	22.54	10.00
3/30/2020 16:00	25.04	15.48	23.52	14.76	25.57	14.33	25.94	15.22	23.83	15.57	23.86	16.36	24.12	23.80	24.00	17.30	21.76	10.08
3/31/2020 16:00	27.28	14.30	27.73	12.56	29.09	13.00	28.59	14.51	29.46	12.25	27.88	15.01	26.67	22.50	28.30	16.70	24.67	9.00
4/1/2020 16:00	28.25	20.15	28.67	18.49	28.77	19.21	27.65	20.49	28.07	20.22	28.62	20.55	28.17	28.11	27.75	22.35	26.44	14.00
4/2/2020 16:00	29.39	16.68	28.07	15.51	28.97	16.05	28.25	17.26	28.64	16.19	28.20	17.49	27.75	25.58	28.17	18.73	25.46	11.15
4/3/2020 16:00	27.53	16.55	27.41	14.84	27.53	15.71	27.55	17.00	28.57	15.04	27.85	17.36	26.92	24.86	26.60	20.13	23.39	12.34
4/4/2020 16:00	29.99	14.81	27.90	13.49	29.12	14.00	28.62	15.12	29.44	13.79	28.42	15.65	27.68	24.00	28.10	17.14	25.14	10.18
4/5/2020 16:00	28.92	14.98	27.78	13.40	29.02	14.15	29.09	14.84	30.22	13.51	28.44	15.42	27.14	24.07	28.64	16.64	24.34	10.04
Promedio	26.62	18.99	26.34	17.16	27.29	17.15	26.39	18.64	26.79	17.71	26.21	19.36	25.74	26.80	26.29	20.45	23.54	13.32

Tabla 37 Temperatura y humedad relativa a las 16:00 horas de los 8 sensores de temperatura y la estación IIT-01, en periodo de verano.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la estación IIT-01.

Bibliografía

- Acosta, Á. (2011). *Sistemas vegetales verticales: Estudio de los efectos de la integración arquitectónica de sistemas vegetales verticales y propuestas de uso como técnica pasiva de ahorro de energía en el clima continental mediterráneo*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Aguirre, E. (2016). Espacio público residencial en Baja California. La construcción social de lo urbano entre lo informal y lo institucional. En U. N. A. de México (Ed.), *Aproximaciones a la historia del urbanismo popular* (Vol. 53, pp. 231–248).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Benévolo, L. (1987). *Historia de la Arquitectura Moderna - 6ª Edición ampliada*.
- Bojórquez, G. (2010). Confort térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo. Recuperado de
http://www.uco.mx/interpretos/pdfs/909_inpret1009.pdf
- Bojórquez, G., Gómez-Azpeitia, L., García-Cueto, O., Ruiz-Torres, R., & Luna, A. (2010). Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido en clima cálido seco. *Ambiente Construido*, 10(2), 133–146. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212010000200009>
- Castejón, E. (1983). Documentación NTP 74 : Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. *Notas Técnicas de Prevención. INSHT*, 1–14.
- Cecatev. (2020). Centro de Ciencias Atmosféricas y Tecnologías Verdes. Recuperado el 25 de junio de 2020, de Recursos electrónicos uacj website:
<http://cecatev.uacj.mx/Estacion101/csv/>
- Chalfoun, N. (2016). Appropriate energy design guidelines for new desert housing in Egypt: “A case study for cluster houses at Sadat City”. *The University of Arizona*. Recuperado de
<http://hdl.handle.net/10150/184741>
- Chavoya, J., Galván, J., & Rendón, H. (2009). Una reflexión sobre modelo urbano : Ciudad dispersa - ciudad compacta. In *5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2, 3 and 4 June. Centre de Política de Sòl i Valoracions.*, 37–50. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2099/11342>
- Correa, E. N., Flores Larsen, S., & Lesino, G. (2003). Isla de calor urbana: Efecto de los

- pavimentos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7(2), 25–30.
- Coseo, P. J. (2013). *Evaluating neighborhood environments for urban heat island analysis and reduction*. University of Michigan.
- Dahl, K., Spanger-Siegfried, E., Licker, R., Caldas, A., Abatzoglou, J., Mailloux, N., ... Worth, P. (2019). *Killer Heat in the United States Climate Choices and the Future of Dangerously Hot Days*. Recuperado de www.ucsus.org
- Fallas, A. (2016). Pavimentos especiales y materiales para suelos en espacios públicos urbanos. *Repertorio Científico*, 19(2), 127–133. <https://doi.org/10.22458/rc.v19i2.2443>
- Fuentes, V. (2002). *Metodología de diseño bioclimático: el análisis climático*.
- García, E. (2019). Termografía del cañón urbano : uso de la perspectiva para una evaluación térmica global de la calle. Recuperado de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/666702>
- García, J. R., & Fuentes, V. (1985). *Arquitectura Bioclimática y Energía Solar : Viento y Arquitectura* (U. A. Metropolitana, Ed.).
- Guía de conceptos básicos de edificios verdes y LEED*. (Segunda, Vol. 2). (2017). Recuperado de [http://www.spaingbc.org/files/Core Concepts Guide_ES.pdf](http://www.spaingbc.org/files/Core%20Concepts%20Guide_ES.pdf)
- Hernández, E., Treviño, R., & Becerril, H. (2018). El acceso a la vivienda adecuada en México y los planteamientos de la nueva Agenda Urbana. Reflexiones hacia la construcción de una sociedad postcapitalista. *XV Coloquio Internacional de geocrítica, Las ciencias sociales y la edificación de una sociedad post-capitalista*, 7–12. Barcelona.
- IMIP. *Plan de Desarrollo Urbano Sostenible*. , (2016).
- IMIP. (2019). Mapa interactivo de Ciudad Juárez, Chihuahua.
- MarketdataMexico. (2018). Colonia FOVISSSTE Chamizal, Juárez, Chihuahua. Recuperado de MarketdataMexico website: <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Colonia-Fovissste-Chamizal-Juarez-Chihuahua>
- Martínez, L. (2018). *Prototipo vertical de vivienda de interés social intraurbana sustentable para Guadalajara*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11117/5754%0A>
- Munizaga, G. (2014). *Diseño urbano: Teoría y Método*. (Tercera ed; E. UC., Ed.).
- Narváez, M., Pascuale, N., Pacuale, S., & Prieto, J. (2015). *Vivienda de interes social: El proceso de diseño participativo aplicado en contextos vulnerables*. UNL.
- Parsons, S. (2011). *Masa térmica y termorregulación : un estudio de confort térmico en residenciales de clima templado edificios*. Universidad de Tasmania.

- Piña, E. (2018). Prototipo de vivienda vertical social sustentable, enfoque en resistencia al cambio climático. *Revista INVI*, 33(92), 213–237. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582018000100213>
- Rodríguez, M., Sánchez, E., & García, G. (2019). Vivienda vertical social en la frontera norte de México: criterios para una densificación sustentable. *Revista INVI*, 34(95), 167–194. <https://doi.org/10.4067/s0718-83582019000100167>
- Rodriguez, V. (2001). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática* (LIMUSA, Ed.).
- Romero, G., Mesias, R., Enet, M., Oliveras, R., Garcia, L., Coipel, M., & Osorio Danieal. (2004). *La participación en el diseño urbano y arquitectónico en la producción social del hábitat*. México.
- Saadallah, D. (2013). Modelando las interacciones entre el calor urbano, isla y geometría urbana. *Revista Bau: Planificación de la salud urbana y el bienestar humano*.
- Salazar, S. (2011). *Construcción y desarrollo sostenible “arquitectura bioclimática”*. Universidad de Almería.
- Sánchez, J. (2012). *La vivienda social en México: pasado - presente - futuro* (JSA, Ed.). México.
- Sandoval, J. (2014). *Efectos del crecimiento urbano sobre el sistema ambiental en la región Paso del Norte*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Sandoval, L., & Herrera, L. C. (2020). *Evaluación Bioclimática Bosch*. Juárez.
- Secretaría de Economía. (2013). *Nmx-Aa-164-Scfi-2013*. 158.
- U.S Environmental Protection Agency. (2016). *Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones*. 156. Recuperado de https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2016-07/documents/moisture_control_guidance_spanish_april_2016_508_final.pdf
- UNOHABITAT. (2009). *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human*. Recuperado de <http://www.unhabitat.org/grhs/2009>
- Villamizar, M. (2016). *Modelo de gestión y valoración de la eficiencia energética en proyectos de vivienda multifamiliar de costo medio en Colombia* (Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/54646/1/52157619.2016.pdf> <http://www.bdigital.unal.edu.co/54646/>