



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CAÑÓN
URBANO Y DE FACHADA: PROPUESTA PARA
MEJORAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN
VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE MACHALA, ECUADOR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTA**

AUTOR: EVELYN DENNISSE ALVAREZ MALLA

DIRECTOR: ARQ. MGS. JEFFERSON TORRES QUEZADA

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL CAÑÓN URBANO Y DE
FACHADA: PROPUESTA PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO
TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE MACHALA
ECUADOR

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTA**

AUTOR: EVELYN DENNISSE ALVAREZ MALLA

DIRECTOR: ARQ. MGS. JEFFERSON TORRES QUEZADA

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Evelyn Dennisse Álvarez Malla portador/a de la cédula de ciudadanía N° **0705076800**.
Declaro ser el autor/a de la obra: **“Caracterización morfológica del cañón urbano y de fachada: propuesta para mejorar el comportamiento térmico en viviendas de la ciudad de Machala, Ecuador”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **11 de enero de 2022**



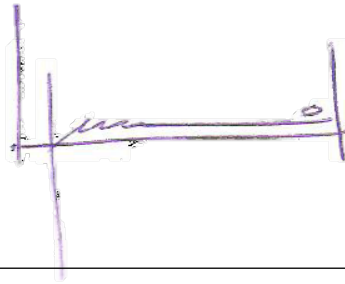
F:

Evelyn Dennisse Álvarez Malla
0705076800

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: “*Caracterización morfológica del cañón urbano y de fachada: Propuesta para mejorar el comportamiento térmico en viviendas de la ciudad de Machala, Ecuador*” ha sido elaborado por la Br. **Evelyn Dennisse Álvarez Malla**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Arq. Mgs. Jefferson Torres Quezada

Dedicatoria

A Dios y mi familia, principalmente a mis padres por ser las personas que han guiado cada uno de mis pasos y haberme formado como un ser humano integro. También se lo dedico a mis hermanos por ser ese apoyo incondicional durante mi vida y mi carrera, sin restarle importancia al apoyo que he recibido durante mi formación universitaria por parte de mi esposo. A todos ellos y aquellas personas que han aportado en mi vida y formación profesional dedico este logro el cual les aseguro que es el primero de varios que me he establecido.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las oportunidades que ha puesto en mi camino y por darme la inteligencia para saber aprovecharlas e ir cumpliendo mis sueños.

A mis amados padres, gracias por estar ahí sin importar las circunstancias y guiarme siempre con sabiduría para que no desfallecería durante cada uno de mis pasos.

A mis hermanos, por extenderme su mano cuando los necesitaba y brindarme palabras de aliento para que siguiera adelante durante todos estos años de estudio.

A mi amado esposo, quien ha sido uno de los pilares fundamentales durante toda la formación de mi carrera profesional. Gracias porque a pesar de que las cosas se ponían difíciles seguías luchando para que pudiera cumplir una de las metas más anheladas en mi vida.

A mi estimado tutor, el Arquitecto Jefferson Torres quien siempre tuvo el ánimo para guiarme durante lo que fue la elaboración del presente trabajo de titulación.

Y, por último, gracias a la Universidad Católica de Cuenca y a todos aquellos que sirven en esta honorable institución por compartir cada uno de sus conocimientos conmigo ya que sin todos Uds. trabajando como un equipo este logro no sería posible.

A todos ustedes, mis más sinceros agradecimientos.

Resumen

El efecto cañón urbano es una problemática generada por la acción del hombre sobre su entorno. El incremento de temperatura del aire es el efecto de cañón urbano que afecta al confort térmico del hombre, por lo cual, varios autores proponen estrategias bioclimáticas para contrarrestar los aumentos de temperatura a nivel de calle y edificaciones, además, de los consumos energéticos por refrigeración necesarios para brindar confort térmico.

Considerando dar solución al efecto del cañón urbano que causa discomfort térmico, este trabajo propone definir el mejor modelo de relación H/W y de ventana-fachada para un clima cálido-húmedo como el de Machala - Ecuador. Para cumplir el objetivo de investigación, se abordaron cuatro fases. Primeramente, se desarrolló la recopilación bibliográfica para conocer los conceptos de morfología urbana y de proporción ventana-fachada que afectan al confort térmico del usuario. La segunda parte fue la identificación de referentes que proponen estrategias de accesibilidad solar en función de la morfología del cañón urbano y la ventana. La tercera parte fue el reconocimiento de la zona de estudio y variables. Finalmente, se dio paso a simulaciones digitales y la obtención de resultados sobre la temperatura interior y consumos energéticos por refrigeración.

En base a los resultados se determinó que la mejor relación H/W es de 2 para todos los casos de cañones urbanos que fueron analizados y la mejor proporción ventana-fachada es de 40 %. Por lo tanto, para Machala la opción más óptima sobre la morfología urbana para el bienestar térmico del usuario sería la densificación vertical.

Palabras clave: cañón urbano, relación h/w, proporción ventana-fachada, temperatura interior, consumo energético

Abstract

The urban canyon effect is a problem generated by the action of man on his environment. The increase of air temperature is the urban canyon effect that affects the thermal comfort of man; therefore, several authors propose bioclimatic strategies to counteract the temperature increases at street and building levels, in addition to the energy consumption for cooling necessary to provide thermal comfort. Considering the solution to the urban canyon effect that causes thermal discomfort, this work proposes to define the best H/W ratio and window-façade model for a hot-humid climate such as that of Machala-Ecuador. To meet the research objective, four phases were undertaken. First, a bibliographic compilation was carried out to learn about the concepts of urban morphology and the window-façade ratio that affect the thermal comfort of the user. The second part was the identification of references that propose solar accessibility strategies according to the urban canyon and window morphology. The third part was the recognition of the study area and variables. Finally, digital simulations were carried out and results were obtained on the interior temperature and energy consumption for cooling. Based on the results it was determined that the best H/W ratio is 2 for all the cases of urban canyons that were analyzed, and the best window-façade ratio is 40 %. Therefore, for Machala, the most optimal option for the urban morphology for the thermal comfort of the user would be vertical densification.

Keywords: urban canyon, h/w ratio, window-façade ratio, interior temperature, energy consumption

Índice de Contenidos

Declaración	IV
Certificación	V
Dedicatoria	VI
Agradecimientos	VII
Resumen	VIII
Abstract	IX
Índice de Contenidos	X
Lista de Figuras	XIII
Lista de Tablas	XVII
Introducción	XIX
Problemática	XXI
Objetivos	XXIV
Justificación	XXV
Metodología	XXVII
1. Marco teórico	1
1.1. La ciudad y el cambio climático	1
1.2. Confort térmico	3
1.2.1. Parámetros de confort térmico	7
1.2.2. Confort térmico a escala urbana	11

1.3.	Microclima urbano	12
1.4.	Isla de calor y cañón urbano	14
1.4.1.	El cañón urbano en climas cálidos	17
2.	Estado del arte	19
2.1.	Funcionamiento térmico del cañón urbano sobre el confort de los usuarios al exterior e interior de las edificaciones	19
2.2.	Variables modificadoras del microclima a nivel de cañón urbano	21
2.2.1.	Morfología del cañón urbano	21
2.2.2.	Orientación del cañón urbano	23
2.2.3.	Relación de aspecto (H/W)	28
2.2.4.	El Objeto arquitectónico: la fachada como moderador del confort térmico del usuario	31
3.	Caso de estudio	34
3.1.	Descripción de la ciudad	34
3.2.	Características climáticas	35
3.3.	Características urbanas	41
3.4.	Generalidades de zonas de estudio	45
3.4.1.	Caracterización de cañones urbanos más relevantes	48
3.4.2.	Resumen de características morfológicas de cañones urbanos más relevantes	51
3.4.3.	Características materiales de cañones urbanos más relevantes	52
3.5.	Método para caso de estudio	53
3.5.1.	Determinación de instrumento de análisis	54
3.5.2.	Modelo de estudio y variables para simulación	54
3.6.	Parámetros y periodos de medición	62
3.6.1.	Temperatura del aire	62
3.6.2.	Consumo energético por refrigeración	62
3.6.3.	Periodos	63
4.	Resultados	64
4.1.	Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre la tai en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %	64
4.1.1.	Cañón urbano 1: sentido norte-sur	64
4.1.2.	Cañón urbano 2: sentido este-oeste	65
4.1.3.	Cañón urbano 3: sentido noreste-suroeste	66
4.1.4.	Cañón urbano 4: sentido noroeste-sureste	67

4.2.	Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %	69
4.2.1.	Cañón Urbano 1: Sentido Norte-Sur	69
4.2.2.	Cañón Urbano 2: Sentido Este-Oeste	70
4.2.3.	Cañón Urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste	71
4.2.4.	Cañón Urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste	73
4.3.	Análisis mensual influencia de la proporción WWR (100 %-75 %-50 %-40 %) en cañones urbanos con H/W=2	74
4.3.1.	Cañón Urbano 1: Sentido Norte-Sur	74
4.3.2.	Cañón Urbano 2: Sentido Este-Oeste	75
4.3.3.	Cañón Urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste	77
4.3.4.	Cañón Urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste	78
4.4.	Parámetros obtenidos	79
4.5.	Aplicabilidad de resultados	80
4.5.1.	Modelo 1	80
4.5.2.	Modelo 2	82
4.5.3.	Modelo 3	83
4.5.4.	Modelo 4	85
4.5.5.	Resumen de modelos recomendados	86
5.	Conclusiones y recomendaciones	88
5.1.	Conclusiones	88
5.2.	Recomendaciones	89
	Referencias bibliográficas	93
	Referencias	93
6.	Anexos	97

Lista de Figuras

1.1. Tipos de confort en la arquitectura	3
1.2. Temperatura del cuerpo en un ambiente caluroso	4
1.3. Temperatura del cuerpo en un ambiente frío	5
1.4. Temperatura del cuerpo en un ambiente templado	5
1.5. Diagrama psicométrico de Givoni	9
1.6. Representación de la escala regional según Oke	12
1.7. Representación de la escala local según Oke	13
1.8. Representación de la microescala según Oke	13
1.9. Clasificación de las escalas atmosféricas según Oke, capa de domo urbano .	14
1.10. Clasificación de las escalas atmosféricas según Oke, capa de dosel urbano .	15
1.11. Representación de elementos que conforman un cañón urbano	15
1.12. Cañón urbano de tipo homogéneo	16
1.13. Cañón urbano de tipo heterogéneo	16
1.14. Relación de aspecto del cañón urbano	17
1.15. Exposición solar en cañones urbanos en sentido N-S y E-O	18
2.1. Cañones urbanos con distinta orientación	21
2.2. Relación de aspecto de un cañón urbano	22
2.3. Factor de vista cielo	22
2.4. Representación planimétrica de la antigua ciudad de Olynthus	24
2.5. Fotografía del pueblo de Acoma en 1941	25
2.6. Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano	26
2.7. Cañón urbano orientación norte-sur	26

2.8. Cañón urbano orientación este-oeste	27
2.9. Relación de aspecto H/W de un cañón urbano	28
2.10. Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de H/W=0	29
2.11. Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de H/W=1	30
2.12. Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de H/W=4	30
2.13. Valores de típicos de U para elementos de la envolvente de una edificación	33
3.1. Ubicación de la ciudad de Machala en el mapa del Ecuador y la provincia de El Oro	35
3.2. Gráfica de temperaturas promedio, máximas, medias y mínimas de la ciudad de Machala	36
3.3. Humedad relativa del aire de la ciudad de Machala	36
3.4. Análisis de la zona de confort en una vivienda situada en Machala mediante diagrama psicométrico de Givoni	37
3.5. Comportamiento anual de la dirección y velocidad del viento en Machala	38
3.6. Vista del cielo de la ciudad de Machala	39
3.7. Nivel de nubosidad anual de la ciudad de Machala	39
3.8. Radiación solar global de Machala	40
3.9. Valores mensuales de la radiación solar en Machala	41
3.10. Regeneración urbana en varios sectores de la ciudad de Machala	42
3.11. Área urbana de la ciudad de Machala	43
3.12. Variabilidad de sentidos viarios en algunos sectores de la ciudad de Machala	44
3.13. Características urbanas de distintas zonas de la ciudad de Machala	45
3.14. División político administrativa de la ciudad de Machala	46
3.15. Ubicación general de las zonas de estudio en Machala	47
3.16. Ubicación y representación de cañón urbano 1	48
3.17. Ubicación y representación de cañón urbano 2	49
3.18. Ubicación y representación de cañón urbano 3	50
3.19. Ubicación y representación de cañón urbano 4	51
3.20. Características materiales de cañones urbanos 1, 2, 3 y 4	53

3.21. Cañones urbanos con distinta orientación respecto al norte	55
3.22. Representación gráfica de proporciones de cañones urbanos	56
3.23. Plantas arquitectónicas de modelo de vivienda	58
3.24. Perspectiva de modelo de vivienda	58
3.25. Modelo de simulación visto desde el interior del cañón urbano	59
3.26. Modelo de simulación arquitectónico y de cañón urbano	60
3.27. Proporción ventana-fachada	61
3.28. Modelo arquitectónico y variación de las relaciones H/W	61
4.1. Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano norte-sur	65
4.2. Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste	66
4.3. Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste	67
4.4. Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste	68
4.5. Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	70
4.6. Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	71
4.7. Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	72
4.8. Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	73
4.9. Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	75
4.10. Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	75
4.11. Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	76
4.12. Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	76

4.13. Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	77
4.14. Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	77
4.15. Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	78
4.16. Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %	79
4.17. Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 1	81
4.18. Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 1 .	81
4.19. Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 3	82
4.20. Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 3 .	83
4.21. Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 2	83
4.22. Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 2 .	84
4.23. Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 4	85
4.24. Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 4 .	86

Lista de Tablas

1.1. Parámetros de confort térmico	8
1.2. Valores y clasificación de la sensación térmica de Fanger	10
3.1. Resumen de características morfológicas de cañones urbanos más relevantes	52
3.2. Variables de especificación sobre modelo urbano de simulación	56
3.3. Variables de especificación sobre modelo arquitectónico	57
3.4. Definición de características materiales de la envolvente del modelo de vivienda	59
3.5. Relación del modelo arquitectónico con respecto a las variantes de morfología urbana	61
3.6. Resumen general sobre parámetros y periodos de medición	63
4.1. Resumen de resultados obtenidos sobre la proporción H/W y proporción WWR	79
4.2. Comparativa de resultados obtenidos y normativa nacional	80
4.3. Resumen de resultados obtenidos sobre la proporción H/W y proporción WWR	87
6.1. Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido N-S	97
6.2. Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido N-S	98
6.3. Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido N-S	98
6.4. Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido N-S	99
6.5. Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido E-O	99
6.6. Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido E-O	100
6.7. Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido E-O	100
6.8. Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido E-O	101

6.9. Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	101
6.10. Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	102
6.11. Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	102
6.12. Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	103
6.13. Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	103
6.14. Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	104
6.15. Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	104
6.16. Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	105
6.17. Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido N-S	105
6.18. Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido N-S	106
6.19. Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido N-S	106
6.20. Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido N-S	107
6.21. Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido E-O	107
6.22. Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido E-O	108
6.23. Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido E-O	108
6.24. Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido E-O	109
6.25. Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	109
6.26. Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	110
6.27. Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	110
6.28. Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO	111
6.29. Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	111
6.30. Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	112
6.31. Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	112
6.32. Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE	113
6.33. Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2	114
6.34. Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2	115
6.35. Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2	116
6.36. Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2	117

Introducción

El presente trabajo se origina en base a los diferentes estudios desarrollados a escala mundial que abordan la problemática de los incrementos en los índices de temperatura a nivel urbano con respecto a la zona rural como consecuencia de la interacción del clima local y las características edilicias del contexto construido. A partir de la problemática expuesta se decide evaluar los índices de temperatura en la ciudad de Machala a micro-escala como forma de valorar los efectos de cañón urbano y la medida en que este afecta al confort del usuario al interior de las viviendas.

Por lo tanto, el objetivo principal del caso de estudio es el definir las características morfológicas del cañón urbano y de diseño de proporción ventana-fachada que permitan mejorar la calidad de vida del usuario desde el aspecto del comportamiento térmico en la vivienda. Para lograr cumplir la finalidad del estudio se ha trazado un proceso compuesto por cuatro pasos específicos.

El primer paso se constituye por la revisión y recopilación bibliográfica como proceso de aprendizaje e identificación de variables y factores que comprenden al clima, microclima, cañón urbano, morfología del cañón urbano y confort térmico.

El punto posterior se desarrolla como complemento al paso uno, en donde se evidencia el estado del arte, que corresponde a la citación de referentes que responden a temáticas sobre el cañón urbano, morfología del cañón urbano-orientación solar, radiación solar-incidencia en fachada, temperatura y confort térmico edilicio, además, de estrategias sobre proporción de ventana-fachada en zonas cálidas. El análisis de referentes es primordial en la comprensión de cómo actúan las distintas fuentes de calor sobre el comportamiento térmico de una edificación.

La siguiente fase se realiza mediante el uso del software de modelado y simulación DesignBuilder, el cual permite realizar análisis de la variación de la temperatura del aire y demandas energéticas por refrigeración de una vivienda con distinta proporción de ventana-fachada ubicada en 4 tipos de cañones urbanos con diferente sentido con respecto al norte y varias relaciones de aspecto (H/W).

La parte final del análisis concierne al registro de resultados sobre las variaciones de temperatura del aire y demanda energética por refrigeración, además, de la definición de criterios de diseño sobre la morfología del cañón urbano y de proporción de ventana-fachada en relación a la disminución de los índices térmicos hacia el espacio interno de los edificios.

La hipótesis en la que se fundamenta la necesidad de análisis del comportamiento térmico de las viviendas en la ciudad de Machala con respecto a la relación con su entorno construido es por sus características climáticas, las temperaturas del aire que alcanza el clima la clasifica como de tipo cálido y en consecuencia las ciudades de climas cálidos como efecto de la isla de calor tienden a calentarse aún más en épocas de verano por lo que esta condición significaría que la temperatura del aire al interior de las edificaciones se incrementaran con relación a la temperatura exterior por lo que causa condiciones de discomfort térmico en las viviendas.

Formulación del problema

A través de los años varias ciudades en el mundo han experimentado un proceso de acelerada urbanización que ha influido en las condiciones ambientales, ya que se han visto modificadas. Entre los principales impactos ambientales ocasionados por el rápido crecimiento de las ciudades está el cambio climático. En las urbes el cambio climático se expresa de manera intensificada por el aumento de la temperatura consecuyente de un diseño urbano que no ha considerado las relaciones clima-ciudad.

El aumento del índice de temperaturas en la zona urbana supone gran preocupación para muchos profesionales por lo que [Cordero \(2014, pág. 7\)](#), afirma que el aumento de energía térmica en las ciudades es un fenómeno que tiene un impacto directo en la habitabilidad del espacio público y sobre la demanda energética por refrigeración de los edificios para lograr el confort térmico.

Para [Cabras \(2014\)](#) la alteración del microclima en las zonas urbanas se origina por la modificación del balance energético e hídrico con respecto al campo; lo que induce al aumento de temperatura y una reducción de la oscilación térmica diaria en las ciudades con respecto a las zonas rurales. Particularmente el aumento de temperatura en las áreas urbanas se ve intensificada en verano y produce mayores problemas de bienestar térmico en zonas que presentan climas cálidos.

Además, [Salas et al. \(2019\)](#) señalan que la determinación de la isla de calor urbana puede verse acrecentada por la interacción del clima por distintitos factores que comprenden la ciudad, como; las propiedades térmicas de las superficies urbanas, la sustitución de la vegetación por superficies impermeables, el calor que se genera por los factores antropogénicos, la morfología y tamaño de la ciudad, además de las características climáticas propias de cada región.

Tomando en cuenta que los centros urbanos particularmente se ven afectados por el aumento de temperatura debido al efecto isla de calor y que en verano esta temperatura usualmente se intensifica se cree de importancia el estudio de la ciudad de Machala. El caso de estudio presenta características climáticas, edificatorias y de morfología urbana que según [Salas et al. \(2019\)](#) tenderían a incrementar la temperatura o calentar el espacio público y privado con lo que se afectaría al usuario al sacarlo de su zona de confort y también implicaría un gasto energético en acondicionamiento para refrigerar las viviendas.

Delimitación del problema

Debido a que las variables morfológicas del cañón urbano tienen un papel fundamental sobre el balance energético del cuerpo humano se ve necesaria la aplicación de sus condicionantes de determinación para contrarrestar el efecto de acumulación de calor que este genera a nivel de calle y al interior de las edificaciones.

La ciudad de Machala presenta una temperatura territorial que oscila entre 21°C y 26,9°C, mostrando una temperatura máxima del aire en los meses de marzo y abril de 32°C y su temperatura mínima del aire en los meses de agosto a octubre con 22,5°C (GAD Municipal de Machala, 2018, pág. 36). Estos índices de temperatura son mayores si se considera la relación del clima con el contexto construido ya que esta tiende a aumentar la temperatura en promedio de 1°C a 3°C (Bounoua et al., 2015, pág. 13) lo cual afectaría el confort térmico del usuario debido a que en un ambiente cerrado los índices de confort deberían estar entre los 18°C a 26°C (NEC, 2011, pág. 13).

Tomando en cuenta los antecedentes de la ciudad de Machala y la problemática del aumento de temperatura que estos representan para el ser humano se ve necesario su análisis en términos de clima- ciudad. Para determinar cuáles son las estrategias necesarias para contrarrestar las elevadas temperaturas que causan sensación de desconfort térmico al usuario a nivel de la edificación será preciso el análisis de las variables morfológicas del cañón urbano. Las variables morfológicas del cañón urbano y su relación directa con el albedo son reconocidas como modificadoras principales de la temperatura debido a que tienden a calentar el volumen de aire contenido en la geometría urbana.

En efecto la comprensión de las condicionantes que contribuyen al aumento de temperatura en la ciudad de Machala estará centrado en el análisis de las variables morfológicas del cañón urbano ya que su estudio es el más recomendando si se pretende mejorar el confort del usuario. Las variables morfológicas del cañón urbano consideran generalmente el estudio de; la orientación de la trama urbana, la relación de aspecto (H/W) y el factor de vista de cielo (SVF) que por lo general se usa para valorar la incidencia solar en el espacio público, pero en el caso de estudio solo se tomaran como referencia la relación de aspecto (H/W) y la orientación de la trama urbana porque lo que se pretende evaluar son los niveles de temperatura del aire contenido en los edificios.

La relación de aspecto (H/W) y la orientación de la trama urbana permitirán comprender el comportamiento de incidencia de la radiación solar en las fachadas de los edificios, el cual se ve determinado por zonas de radiación solar directa o difusas las que aportan menor o mayor energía térmica hacia el interior de las edificaciones. Dependiendo de los factores de radiación solar, la energía térmica de los edificios y las temperaturas que estos generen se podrá realizar la proposición de la estrategia de simetría adecuada para la relación ventana-fachada que pretende aportar una reducción de calor al interior de las edificaciones y de tal manera mejorar el balance térmico del cuerpo humano.

Definición de la zona de estudio

El cantón Machala se ubica en la zona sur de la región litoral del Ecuador, se localiza a orillas del océano Pacífico y a una altitud de 6 msnm. Es considerada como la capital de la

provincia del Oro y cuenta con una extensión aproximada de 37.275,23 ha, que equivale al 6,49 % de la superficie total de la provincia (GAD Municipal de Machala, 2018, pág. 19). Este cantón limita al norte con el cantón el Guabo, al sur con la parroquia rural el Retiro y este con el cantón Pasaje, mientras que al oeste colinda con el canal de Jambelí (GAD Municipal de Machala, 2018, pág. 20).

El cantón es considerado como el más poblado a nivel de la provincia del Oro y octavo con relación al país. Según el Censo 2010 la zona urbana de Machala cuenta con una población aproximada de 231.260 habitantes (GAD Municipal de Machala, 2018, pág. 87).

Con respecto al clima es de tipo cálido-húmedo y presenta una temperatura territorial que oscila entre 21^oC Y 26,9^oC, mostrando una temperatura máxima del aire en los meses de marzo y abril de 31^oC y temperatura mínima en los meses de agosto a octubre con 22,5^oC (GAD Municipal de Machala, 2018, pág. 36).

De manera específica la zona que será estudiada del cantón de Machala estará representada por la urbe debido a que son las zonas de mayor consolidación y en consecuencia presenta un compacto contexto construido con mayores probabilidades de aumentos de temperatura por aspectos morfológicos del cañón urbano.

Objetivos

General

- Proponer las características morfológicas del cañón urbano y de fachada para reducir el sobrecalentamiento interior de las viviendas en la ciudad de Machala.

Específicos

- Realizar una recopilación bibliográfica sobre las variables más representativas que influyen en el comportamiento térmico de las edificaciones y su relación con el cañón urbano.

- Analizar la accesibilidad solar y el comportamiento térmico de los actuales cañones urbanos de mayor relevancia en la ciudad de Machala, con respecto a su orientación y proporción ventana-fachada, a través de simulaciones digitales.

- Definir estrategias morfológicas para las diferentes orientaciones del cañón urbano y de fachada con el propósito de reducir el sobre calentamiento al interior de las viviendas.

Justificación

El confort térmico en la vida cotidiana no puede ser descalificada ya sea en relación con los espacios exteriores o interiores del contexto urbano. La sensación de disconfort térmico en un ambiente influye directamente en el balance térmico del cuerpo del ser humano. Un espacio con condiciones térmicas desfavorables puede llegar a afectar las condiciones físicas de los usuarios e incluso pueden afectar la salud, por lo tanto, es necesario dar respuesta a las condiciones de disconfort térmico que se producen en el escenario donde habita el ser humano.

Las condiciones de sensación térmica con relación al interior de las edificaciones se ven afectadas de manera directa por el microclima urbano. Cuando se habla de microclimas se hace referencia al clima a nivel local el cual se ve codificado por las características edilicias de la misma zona. Es decir, que en una misma localidad pueden existir varios microclimas por lo cual la sensación de confort al interior de las edificaciones no será la misma en todos los sectores de la ciudad. Sin embargo, se puede realizar el análisis de confort térmico a microescala por medio de las variables morfológicas del cañón urbano.

El cañón urbano es un fenómeno que en varias investigaciones se analiza como causa fundamental del incremento de temperaturas con relación a la zona construida exterior e interior. Debido a que el cañón urbano se identifica como causa de generación de incrementos de temperatura en las ciudades es que se ha tomado como referencia principal para su aplicación al análisis de la ciudad de Machala.

Actualmente existen varios análisis del fenómeno de cañón urbano en ciudades del Ecuador, pero la mayoría se ha realizado en ciudades pertenecientes a la región de la sierra, mientras que para la región costa del país se tiene poco conocimiento acerca de cómo actúa el efecto de cañón urbano sobre el confort térmico de las viviendas. En consideración a estos antecedentes y tomando en cuenta que la ciudad de Machala presenta un clima cálido- húmedo se origina la necesidad del análisis de la ciudad de Machala ya que su temperatura en relación con el efecto de cañón urbano será aún mayor.

Estas temperaturas influirán o ya están influyendo directamente en el bienestar de las personas en el entorno urbano y sus edificaciones. Como una observación de forma empírica se puede decir que la ciudad ya experimenta el efecto de cañón urbano por las temperaturas perceptibles al interior de las viviendas que causan disconfort térmico generando sudoración excesiva si no se posee de un sistema de enfriamiento como el aire acondicionado en las viviendas, la necesidad de un sistema de enfriamiento aumenta las demandas energéticas perjudicando económicamente al usuario por el incremento de costos en su planilla de luz.

En respuesta a las necesidades de enfriamiento de la vivienda por falta de confort en su interior se busca entender los efectos del cañón urbano a través del análisis de sus variables morfológicas, fundamentalmente sobre la relación de aspecto H/W y la orientación urbana. Todas estas condicionantes se relacionan con la forma en que la radiación solar influye sobre la fachada de las viviendas las cuales emiten la energía térmica hacia el ambiente interno de la edificación.

De acuerdo a la relación radiación solar- fachada sería posible proponer estrategias pasivas de confort térmico en la vivienda, como en el caso de estudio se ha considerado la hipótesis que la mejor respuesta ligada a la morfología urbana y su correlación con la incidencia solar sería el proponer una adecuada proporcionalidad en las dimensiones de relación H/W y porcentaje entre ventana-fachada. La hipótesis se ve apoyada en el comentario de las autoras [Curreli y Coch Roura \(2010, pág. 5\)](#) quienes afirman que el diseño de las ciudades contemporáneas debe plantearse en relación a las oportunidades de explotación solar. Este tipo de propuesta es una estrategia de confort térmico pasivo debido a que se consideran las características existentes en el entorno para evitar la influencia directa del sol hacia la edificación y de esta manera sería posible reducir el impacto térmico del interior de las viviendas.

Debido a que el trabajo de titulación se basa en el estudio de las características morfológicas del cañón urbano y de proporción ventana-fachada como estrategias de mitigación del aumento de temperatura en viviendas se considera que también podría servir como base para futuras propuestas de modelos de planificación urbana que consideren las relaciones del clima-ciudad que permitan brindar bienestar al usuario desde la primera etapa de proyección de las ciudades.

Además, otro punto a favor sobre la caracterización del efecto del cañón urbano en el comportamiento térmico de las viviendas de la ciudad de Machala- Ecuador es que no existen estudios previos sobre los efectos del mismo en esta localidad por lo que también el trabajo servirá como una pauta para estudios posteriores o la proposición de estrategias de diseño bioclimáticas.

Metodología

El desarrollo del presente trabajo comprende 4 fases fundamentales que permiten llegar a una conclusión sobre cuál es la mejor estrategia de diseño sobre la morfología del cañón urbano y de proporción de ventana-fachada para mejorar el confort térmico en viviendas situadas en la ciudad de Machala.

La primera fase se origina mediante la revisión y recopilación bibliográfica sobre textos que brindan información general que permiten entender cuáles son las características de clima-ciudad que afectan en la generación del microclima y posteriormente dan paso al efecto de cañón urbano que actúa sobre el confort térmico del usuario.

La segunda fase hace referencia al estado del arte el cual es un método cualitativo llevado a cabo por medio del análisis bibliográfico de distintos textos que contienen trabajos sobre el estudio del efecto del cañón urbano y su relación con el confort térmico en el contexto urbano y arquitectónico, este método de análisis bibliográfico permite la determinación y caracterización de variables específicas de la morfología del cañón urbano y características arquitectónicas que son necesarias en la obtención de resultados sobre el confort térmico del usuario en la edificación.

La tercera parte corresponde al análisis detallado del contexto urbano, arquitectónico y climático de la ciudad de Machala que sirve como una forma de acercamiento y reconocimiento de las zonas más relevantes de donde se tomaran 4 tipos de cañones urbanos con distinto sentido con respecto al norte y además se determinaran las características arquitectónicas típicas de las viviendas de la ciudad de Machala. En este apartado también se definen los cañones urbanos más relevantes que serán tomados como modelo de estudio, específicamente, en este apartado se definen los modelos urbanos y arquitectónicos de simulación.

La cuarta fase está constituida por el proceso de simulación y emisión de resultados sobre el comportamiento térmico de una edificación con 3 tipos de diseño en la proporción de ventana-fachada y relación H/W, ubicada en 4 diferentes tipos de cañón urbano con respecto a su orientación. En esta etapa, el comportamiento térmico del edificio es determinada de manera cuantitativa mediante los resultados de temperatura del aire y demanda energética por refrigeración lo cuales son obtenidos por los cálculos de simulación desarrollados en el software Designbuilder.

La última fase de este trabajo se compone por la emisión de conclusiones sobre cuáles son las mejores estrategias de diseño bioclimático a nivel de cañón urbano y proporción ventana-fachada para disminuir la temperatura del aire en la edificación y los consumos de energía por refrigeración, con lo cual se cumpliría el objetivo general de mejorar las

condiciones de confort térmico del usuario en viviendas para la ciudad de Machala.

1.1. La ciudad y el cambio climático

Durante las últimas décadas el mundo ha experimentado un crecimiento poblacional acelerado que ha ido modificando las características del entorno natural debido a la intervención del hombre en el territorio. Las Naciones Unidas (2017) en la Conferencia sobre la Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, reconoce a las ciudades y sus asentamientos humanos como modelos insostenibles de consumo y producción que amenazan a la estabilidad climática (pág. 22). El constante desarrollo de las urbes impacta de manera evidente al equilibrio del planeta, las actividades de producción y consumismo contribuyen a intensificar los efectos del cambio climático, tal como el calentamiento global. Dos son las actuaciones más importantes que contribuyen con el calentamiento: la primera, tiene que ver con el cambio de uso de suelo, que modifica los balances de radiación entre la superficie y la atmósfera; mientras que el segundo, son las emisiones derivadas de combustibles fósiles, que incrementan los gases de efecto invernadero (García, 2009).

La transformación del uso de suelo de un territorio es trascendental debido a la variación en el comportamiento climático que puede generar. Generalmente el hombre para cubrir sus necesidades de protección, movilización, trabajo, ocio, etc., altera su entorno mediante la adaptación del mismo con la construcción de distintos elementos arquitectónicos. La edificación de viviendas, plazas, parques y vías representan el reemplazo de la capa vegetal por distintas materialidades como el asfalto y concreto que inducen al incremento de temperatura por la modificación de los niveles de radiación, además, de que los elementos construidos se constituyen como una barrera que no permiten disipar el calor con facilidad.

Cuando el entorno no admite la disipación de calor por el deficiente intercambio de energía entre la superficie y la atmósfera se produce un incremento en los niveles de temperatura del aire, esta reacción comúnmente se da en las zonas urbanas y es imperceptible en el área rural. Al aumento de temperatura en la zona urbana con respecto al campo se le conoce como efecto de isla de calor el cual afecta directamente al confort térmico de la población tanto en el espacio público como al interior de las edificaciones. De acuerdo con García (2009), el efecto de isla de calor se manifiesta como un clima local diferente al clima regional que interviene en la composición del aire y la temperatura, además, estos efectos son imperceptibles en la zona rural.

Existen ciertas particularidades por la que el área rural no manifiesta los efectos del fenómeno de las islas de calor, estas características se relacionan directamente con la baja densidad poblacional del territorio, además, de los índices de pobreza y falta de infraestructura. Por ejemplo, si existe menor número de personas en un territorio las demandas de consumo de energía son bajas en comparación con las zonas urbanas, por lo cual se desprende un limitado índice de calor desde la superficie terrestre, lo que hace que se desvanezca en menor tiempo en la atmósfera. El transporte público y privado también desprenden calor en su funcionamiento, además, de que expiden CO₂ que modifica la composición del aire formando un cielo más espeso o nublado, por lo que es una ventaja para las zonas del campo tener un escaso número de vehículos a su disposición.

Son varios los factores que contribuyen en la formación de la isla de calor, sin embargo, son las características morfológicas y materiales del entorno construido aquellas en las que el profesional urbanista puede intervenir para disminuir los efectos de la isla de calor. La altura de los edificios, la orientación de la trama urbana y la proporción de vía son los parámetros principales de la morfología urbana para el control del almacenamiento de calor en la superficie terrestre.

La morfología urbana en contacto con los rayos solares e influenciado por las características térmicas de los materiales del entorno actúa de doble manera. Primero los materiales de calles y edificaciones en contacto con el sol tienden a retener energía calorífica para luego expulsarla periódicamente hacia el entorno, luego el calor que se va desprendiendo de los distintos materiales del entorno difícilmente se dispersan hacia el cielo debido a que las edificaciones se constituyen como murallas que retienen por mayor tiempo el calor entre la superficie comprendida entre la altura de las calles y techo de las edificaciones.

Teniendo en cuenta que las zonas urbanas sin importar su clima natural tienden a tener mayores temperaturas que sus zonas rurales por el almacenamiento de calor que su morfología condiciona, se piensa que este efecto es más preocupante en zonas cálidas debido a que su temperatura sería influenciada por la materialidad del entorno construido y forma, los niveles de temperatura serían perjudiciales en la habitabilidad de la población en especial en su comodidad térmica.

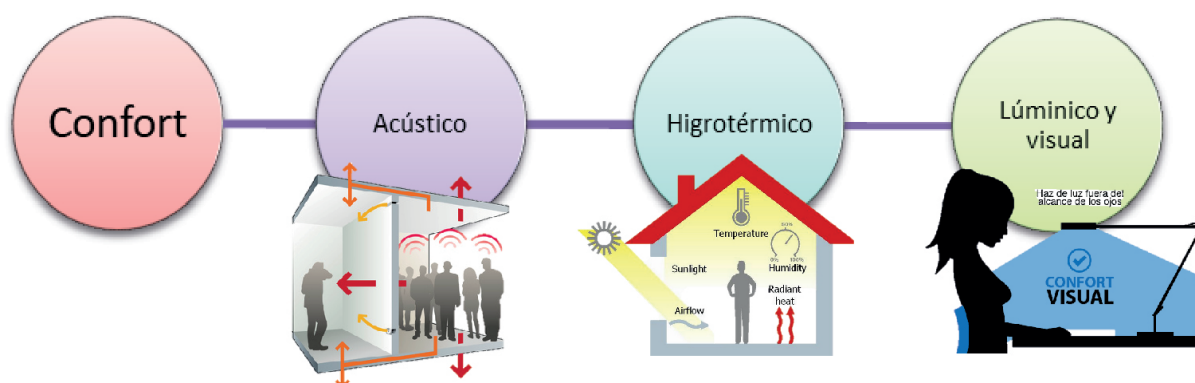
Conducidos por la premisa de que las zonas urbanas con climas calurosos serían los que en mayor medida afrontarían las consecuencias de la isla de calor, los autores [Arboit, Mesa, Basso, Fernández, y Rosa \(2005\)](#), expresan su preocupación por hallar soluciones para controlar los aumentos de temperatura por medio del aprovechamiento de los modos de energía brindados por el sol y el viento. Una de las maneras de aprovechar la energía brindada por el sol es el manejo del diseño de las características morfológicas urbanas, reduciendo la captación de rayos solares y facilitando la liberación del calor hacia el cielo ([Arboit et al., 2005](#)).

1.2. Confort térmico

Cuando se habla de confort inmediatamente se viene a la mente las palabras comodidad y bienestar, que sin duda alguna son las mejores asignaciones para el término del confort en cualquier ámbito de la vida. Es así, que el confort en espacios construidos puede ser definida como la sensación de bienestar física y mental del usuario condicionado por las características ambientales y físicas del entorno construido.

En los espacios arquitectónicos, los estímulos captados por los sentidos son; son la luz, los sonidos, temperatura y humedad. Dependiendo de la calidad de los estímulos a nivel físico y psicológico el cuerpo humano tendrá sensaciones de placer o malestar y de tal modo una persona puede calificar a un lugar como cómodo o no. Cuando se habla de confort en espacios interiores, debe existir un equilibrio de bienestar en todos los sentidos, generando confort lumínico, confort visual, confort acústico y confort higrotérmico (Figura 1.1).

FIGURA 1.1: Tipos de confort en la arquitectura



Nota. Las distintas imágenes han sido tomadas de varias fuentes PAE (2015), gruppe (s.f.) y Ergológico (2016).

El confort lumínico e higrotérmico pueden ser manejados sustentablemente en los procesos de planificación y diseño de las ciudades por lo cual siempre han ocasionado un especial interés en estudios urbanísticos y arquitectónicos. El confort lumínico en una edificación se da cuando los niveles de iluminación son ideales para la visión del espacio y facilitan las actividades humanas, es posible mejorar naturalmente las condiciones de confort lumínico de un espacio, tal como la correcta proporción de ventanas y orientación de las mismas con respecto al sol. El diseño adecuado de la iluminación natural evitara el consumo de energía por aparatos de iluminación como focos durante el día, y de esta manera se reducirán las fuentes de calor en el espacio que significan un agravante para elevar los niveles de temperatura en las áreas habitacionales.

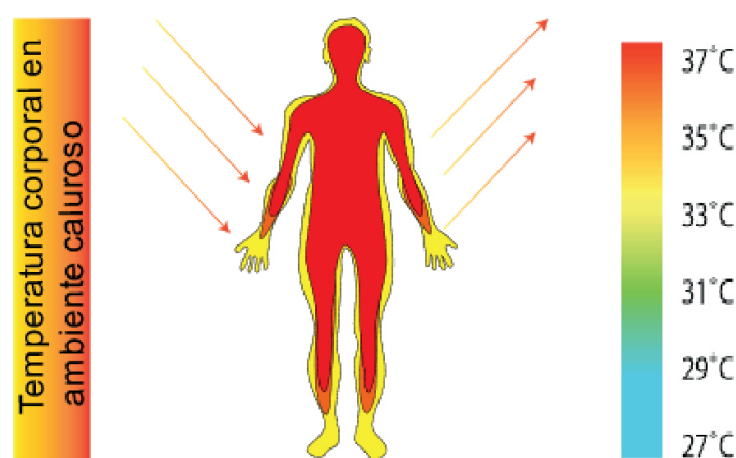
El excesivo consumo de energía en espacios habitacionales genera desprendimiento de calor hacia el aire convirtiéndose en uno de los factores que favorecen al desequilibrio de los niveles de temperatura en un ambiente. Cuando los niveles de temperatura no son

los adecuados existe incomodidad térmica en el cuerpo humano, el llegar a un punto de equilibrio en los rangos de temperatura térmica se denomina confort térmico. El confort térmico es uno de los principales objetivos que persigue la arquitectura debido a que se relaciona con todas las actividades de consumo del ser humano.

A continuación, nos centraremos en las conceptualizaciones del confort térmico y parámetros necesarios para lograr la disminución de los efectos de la isla de calor. El autor, [Orrego López \(2019\)](#), define al confort térmico o higrotérmico como un grado de satisfacción física y psicológica en relación con el ambiente que rodea al individuo. Se considera que cuando las ganancias y pérdidas de calor del cuerpo llega a ser nulo se está preservando la temperatura corporal y de tal manera se logra el balance térmico.

Por ejemplo, ante un ambiente caluroso el cuerpo humano reacciona contrarrestando los efectos de calor al tratar de refrescarse activando el proceso de vasodilatación que desencadena la pérdida de líquidos mediante la piel o también conocido como el sudor. El sudor es un método efectivo del cuerpo para perder el calor excesivo en el organismo y tratar de ponerse en equilibrio con el ambiente. De acuerdo con [Chávez Del Valle \(2002, pág. 23\)](#) para que el cuerpo humano se salga de su zona de confort en un entorno caluroso deberá tener una temperatura mayor a 37°C (Figura 1.2).

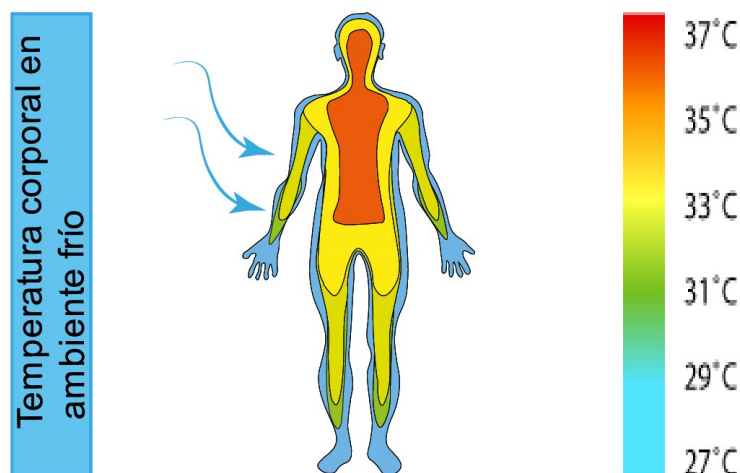
FIGURA 1.2: Temperatura del cuerpo en un ambiente caluroso



Nota. La gráfica representa el comportamiento térmico del cuerpo humano al estar bajo condiciones ambientales de tipo caluroso. Tomado de [H2O Tek \(2021\)](#), (<https://n9.cl/hy82l>).

En el caso contrario, cuando un ambiente es demasiado frío el cuerpo pierde rápidamente calor y la acción más común en el ser humano es manifestar posturas de encorvamiento o de titiriteo, la falta de calor usualmente se busca solucionar con sistemas de calefacción o el uso de gruesas prendas de vestir. [Chávez Del Valle \(2002, pág. 23\)](#) expresa que cuando un ambiente hace que la temperatura corporal este bajo los 34°C significa que el individuo se somete a condiciones de baja temperatura (Figura 1.3).

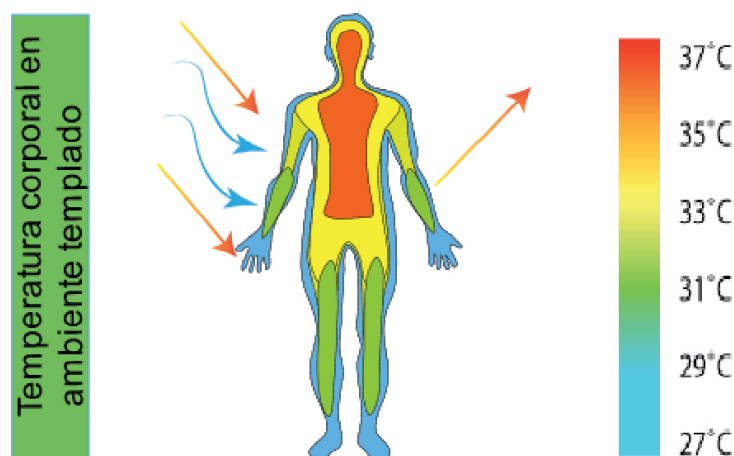
FIGURA 1.3: Temperatura del cuerpo en un ambiente frío



Nota. La gráfica representa el comportamiento térmico del cuerpo humano al estar bajo condiciones ambientales de tipo frío. Tomado de H2O Tek (2021), (<https://n9.cl/hy82l>).

Pero al momento que el cuerpo humano se enfrenta a condiciones de temperatura adecuada no existen molestias ya que el organismo está en equilibrio, sin demasías o faltas de calor. Se considera que un ambiente es confortable o templado cuando permite que el cuerpo se mantenga dentro de un rango de temperatura entre 36°C a 37°C (Figura 1.4) (Chávez Del Valle, 2002, pág. 23).

FIGURA 1.4: Temperatura del cuerpo en un ambiente templado



Nota. La gráfica representa el comportamiento térmico del cuerpo humano al estar bajo condiciones ambientales de tipo templado. Tomado de H2O Tek (2021), (<https://n9.cl/hy82l>).

La temperatura de un ambiente es adecuada para conservar el equilibrio de temperatura corporal cuando está entre los 23,5°C a 27°C (Bravo, 2014, pág. 39). Hay que tomar

en consideración que el confort térmico de un ambiente estará influenciado por factores ambientales y su acción sobre el elemento edilicio.

El establecer las condiciones adecuadas de temperatura ambiente es complejo, sin embargo, con el paso del tiempo se han determinado parámetros que permiten cuantificar la temperatura. Los parámetros establecidos para medir los rangos de temperatura en una edificación son; temperatura radiante, temperatura del aire, humedad y velocidad del aire (Chávez Del Valle, 2002).

La temperatura del aire, humedad y velocidad del aire son parámetros concretos del clima de una región y antes de actuar sobre el confort térmico del individuo pasa por 2 procesos. El primero tiene que ver con el entorno que rodea al elemento edilicio, los elementos urbanos actúan como barreras ante la velocidad del aire y la temperatura del aire. La altura de las edificaciones y la disposición de las calles generan un efecto de choque sobre la brisa disminuyendo la cantidad y velocidad del aire que ingresa hacia la zona urbana. Por otra parte, la altura de los edificios y su relación con la proporción de calles tienden a incrementar los niveles de temperatura contenidas en la zona urbana por la falta de intercambio de energía entre la superficie y la atmósfera.

La temperatura radiante también influye en el aumento de temperatura en el área urbana, la temperatura radiante es aquella energía solar o radiación que se ve reflejada de la superficie de los elementos construidos y se ve expulsada hacia el entorno. Cuando hablamos sobre el confort térmico al interior de las edificaciones una cantidad de la temperatura radiante se almacena en la materialidad de las edificaciones y luego se transfiere hacia las habitaciones.

El segundo proceso se refiere a la edificación como un único componente, es decir, en esta parte el edificio se expone a las condiciones ambientales que le ofrece el exterior tras el primer proceso citado. Ahora las características de forma y materialidad de la edificación jugarán un papel importante en el impacto de las condiciones externas hacia su interior. La temperatura del aire interno dependerá de la cantidad de energía radiante recibida por la envolvente del edificio, mientras que los niveles de aire que ingresan estarán relacionados a la proporción de ventana y dirección de las mismas con respecto al sol.

Como se aprecia, el control de temperatura adecuada para brindar confort térmico en un ambiente interior es un proceso más complejo de lo que se piensa, y por tal motivo es importante conocer cómo se generan las condiciones adecuadas de temperatura. El papel de los planificadores urbanistas en la proyección de las ciudades es de suma importancia en el confort térmico de las ciudades y el generar las estrategias correctas sirven para que arquitectos e ingenieros encuentren las características correctas en el entorno para el diseño de las edificaciones.

Es importante mencionar que el presente documento busca optimizar las condiciones de temperatura al interior de las edificaciones basándose en el modelo urbano para brindar mejores condiciones exteriores y así el lograr diseños sustentables con estrategias de confort térmico que sean más eficaces.

1.2.1. Parámetros de confort térmico

En este apartado se analizarán las conceptualizaciones y forma de actuación de los parámetros del confort térmico a mayor profundidad. Son 4 los principales parámetros que sirven para establecer las condiciones de confort a nivel térmico:

- La temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Humedad
- Velocidad del aire

La temperatura del aire es una magnitud ambiental cuantificable que puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, prácticamente es un factor de tipo climático el cual no puede ser modificado por el hombre mediante estrategias. Forma parte de los factores ambientales atmosféricos que se ven definidos por la latitud y altitud, además, puede variar en un mismo punto geográfico de acuerdo a como pasan las horas, así que no será igual en el día y la noche. Generalmente es percibido por el hombre como sensación de frío si la temperatura baja y sensación de calor si la temperatura sube.

Mientras, la temperatura radiante se toma como la cantidad de calor que es emitido por radiación de los elementos que conforman el entorno, generalmente su medición puede ser realizada mediante el uso de un termómetro de bulbo metálico que puede ser colocado en un ambiente endógeno o exógeno absorbiendo la máxima radiación y anular el efecto de la temperatura del aire. Se podría decir, que la temperatura radiante es un parámetro que el hombre tiene la posibilidad de regular desde la primera fase de diseño de un espacio porque se puede elegir la materialidad a utilizar para mejorar el confort de su habitad.

La humedad es otro de los factores ambientales que intervienen en el confort térmico, se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera, existen lugares que presentan mayor humedad que otros lo cual depende del proceso de evaporación del lugar ([González, s.f.](#)). Es importante conocer los niveles de humedad de una región ya que este parámetro interviene en la generación del fenómeno de calor. El autor [Alberich \(2003\)](#), afirma que la humedad está directamente relacionada con la temperatura del aire, ya que para generarse la temperatura y generar calor esta utiliza el vapor de agua que toma de su entorno inmediato.

El cuarto parámetro es la velocidad del aire la cual condiciona las corrientes o movimientos del viento que permiten refrescar y renovar el aire de un ambiente ([González, s.f.](#)), por lo tanto, este factor es de suma importancia al diseñar un objeto arquitectónico, al tener la capacidad de quitar el calor; lo cual, se debe considerar de manera diferente en épocas de verano e invierno. Además, la velocidad del aire puede ayudar a dimensionar las aberturas de ventanas con el propósito de generar confort térmico.

Tabla 1.1: Parámetros de confort térmico

Factor	Simbología	Magnitud
Temperatura del aire	Ta	°C
Temperatura media radiante	Tr	°C
Velocidad del aire	Va	m/s
Humedad	Pa	Pa

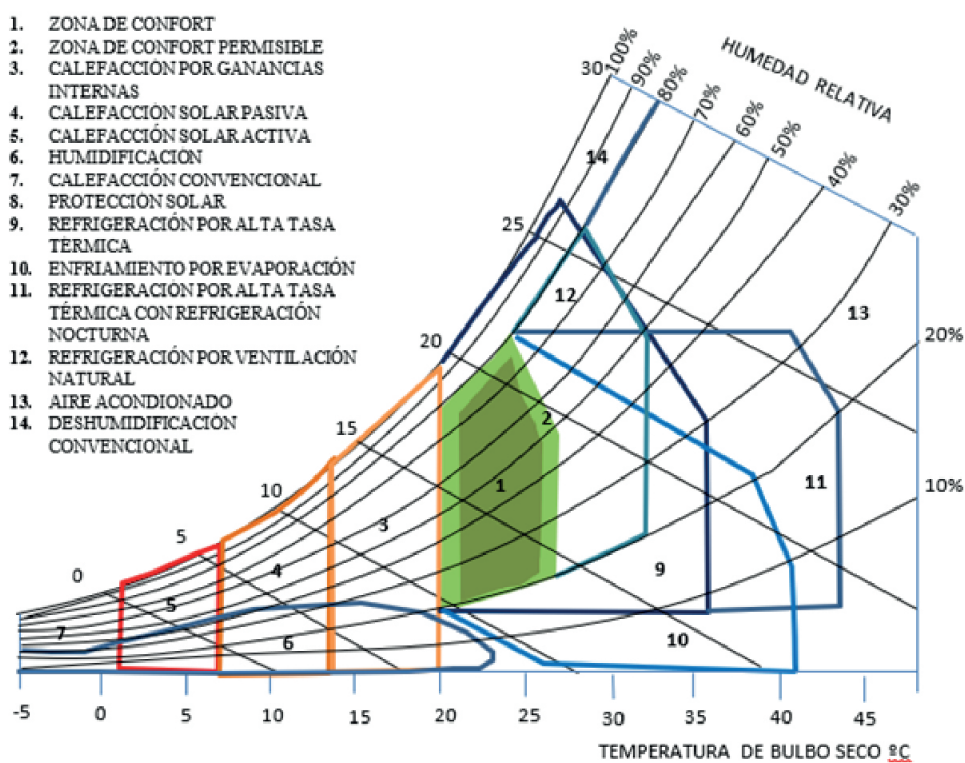
Nota. La tabla contiene la simbología y unidades más comunes que se usan sobre los 4 principales parámetros de confort térmico.

Gracias a los parámetros cuantificables del confort térmico se han logrado proporcionar herramientas que guían a los profesionales en el diseño de estrategias para brindar condiciones de temperatura adecuada en la zona urbana y al interior de las edificaciones en diferentes épocas del año.

La carta bioclimática de Givoni es una de las herramientas de control térmico que se han propuesto a lo largo del tiempo y que hasta la actualidad siguen siendo utilizadas. El diagrama sirve para dar una idea sobre las necesidades térmicas del ambiente interno de un edificio utilizando como variables las condiciones exteriores ambientales. Supone que el diagrama interpone al edificio entre las condiciones exteriores e interiores con el objetivo de crear un ambiente interno que este dentro de la zona de bienestar térmico.

De acuerdo al diagrama de Givoni un ambiente es confortable térmicamente cuando la temperatura del aire esta entre los 20°C y 27°C, con porcentajes de humedad relativa de 20 % a 80 %. En caso de que las condiciones del clima del lugar estén fuera de la zona de confort será necesario el uso de estrategias pasivas las cuales han sido prescritas por Givoni al margen izquierdo de su diagrama (Figura 1.5).

FIGURA 1.5: Diagrama psicrométrico de Givoni



Nota. La grafica representa el aporte del diagrama psicrométrico de Givoni en donde se representan varias áreas de acuerdo a la temperatura del aire y la humedad relativa. Tomado del sitio web Arquitectura eficiente, por Hernández (s.f.), 2014 (<https://n9.cl/10261>).

Otra forma de evaluar el confort térmico de un elemento edilicio es el método propuesto por Fanger, el cual contempla las distintas variables que influyen en la valoración del ambiente térmico, es importante mencionar que este método comúnmente es utilizado para entornos laborales, por lo que, además de tomar los 4 parámetros de evaluación para el confort térmico, también relaciona la temperatura de un espacio con las características de vestimenta del individuo y el nivel de actividad del mismo (Diego-mas, 2015)

Fanger ha dividido el método de dos maneras, por medio del cálculo “de un voto medio estimado” y el “porcentaje de personas insatisfechas”. El cálculo de voto medio de Fanger (PMV) valora la sensación térmica global de un ambiente determinado por medio de la recolección de datos de los parámetros de temperatura del aire, temperatura radiante media, humedad relativa y velocidad del aire relativa, además, de las características del individuo como la tasa metabólica, temperatura de la superficie de la ropa. Con los datos obtenidos se desarrolla una ecuación (Ecuación 1) que permite obtener valores entre +3 a 0 y -1 a -3, estos valores estarán expuestos en una tabla (Tabla 1.2) la cual indicara la sensación térmica percibida por un individuo según los parámetros indicados.

Ecuación 1: Cálculo para obtener el valor de la sensación térmica de Fanger

$$PMV = [0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028] \cdot \{(M - V) - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6.99 \cdot (M - V) - p_a] - 0.42[(M - V) - 58.15] - 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

En la que:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M - V) - I_{cl} \{3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

$$h_{cl} = \begin{cases} 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1\sqrt{v_{ar}} \\ 12.1\sqrt{v_{ar}} & \text{si } 2.38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1\sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290 \cdot l_{cl} & \text{si } l_{cl} \leq 0.078 \frac{m^2}{w} \\ 1.05 + 0.645 \cdot l_{cl} & \text{si } l_{cl} > 0.078 \frac{m^2}{w} \end{cases}$$

Tabla 1.2: Valores y clasificación de la sensación térmica de Fanger

PMV	Sensación térmica
3	Muy caluroso
2	Caluroso
1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Como se puede apreciar el método de Fanger es una forma más completa para determinar los niveles de sensación térmica en un ambiente, sin embargo, debido a la consideración de las variables del hombre, como la cantidad de consumo de energía del cuerpo en ciertas actividades y el tipo de vestimenta que se usa en el ambiente se podría interpretar como un método para idear estrategias de confort en una edificación que ya ha sido construida, mientras que Givoni presenta un método que puede ser utilizado en la fase inicial del proyecto o de planificación.

Diego-mas (2015) expresa que los resultados de Fanger así como los de Givoni se basan en características climáticas globales, es decir, sin tomar en cuenta las condiciones del entorno urbano lo cual modificaría las variables y por lo tanto daría como resultado un clima local para lo cual sería necesario el uso de métodos para determinar la incomodidad térmica a nivel local o de acuerdo al caso de estudio a “nivel urbano”.

1.2.2. Confort térmico a escala urbana

En la actualidad el brindar confort térmico en los espacios urbanos y arquitectónicos se ha vuelto una prioridad ya que el deber de los planificadores y constructores se basa en la satisfacción de las necesidades de los usuarios sean estas; sociales, psicológicas, físicas, lumínicas, climáticas y de equilibrio ambiental. Por lo tanto, los profesionales del campo de la construcción tienen la responsabilidad de responder eficazmente a cada una de las necesidades expuestas con anterioridad.

Los autores [Therán, Rodríguez, Mouthon, y Manjarres De León \(2019\)](#), afirman que la concepción del diseño urbano ha variado con el tiempo y que el generar equilibrio entre el hombre, el paisaje natural y urbano, el clima local y las regulaciones urbanas forman parte del nuevo urbanismo y arquitectura. La ciudad se ha vuelto más que edificaciones situadas en algún punto cardinal, esta constituye un ecosistema, y crea sus propias condiciones ambientales independientemente de las características del entorno y de sus características particulares.

La temperatura del aire, la temperatura radiante, humedad y velocidad del aire son parámetros ambientales que a escala de ciudad se ven afectados por diversas características como: la orientación de las calles, la altura de las edificaciones, los materiales de construcción y el reemplazo de la arborización, creando sus propias condiciones climáticas (microclima). Es así que, los autores manifiestan que la configuración de los elementos dispuestos en las ciudades actúa como barreras aprisionadoras de energía que causan variabilidad en los niveles de energía térmica.

Generalmente, el hombre en el espacio público es capaz de asimilar de mejor modo las condiciones climáticas adversas, mientras, que en ambientes cerrados el cuerpo humano se vuelve más susceptible a los cambios de temperatura ya que la mente espera mejores condiciones de confort.

Para lograr bienestar térmico en los espacios urbanos y mejorar las condiciones del clima local hay que considerar estrategias de soleamiento (orientación solar, anchura de calles, altura de las edificaciones y tipología edificatoria), conocer la dirección de los vientos para evitar obstruir las corrientes de aire, además, de tener conocimiento de las características térmicas de los materiales y elegir los que más se adapten según el ambiente.

[Mínguez, Martí, Vera, y Meseguer \(2013\)](#), precisan que cuando se diseñan elementos arquitectónicos que conforman el espacio urbano hay que garantizar la correcta exposición solar, acondicionando los espacios para cada una de las estaciones del año, de tal manera, deberán proyectarse espacios de sombra en verano y zonas debidamente protegidas para brindar calor en invierno. Según los autores, ASHARE establece que un ambiente confortable en invierno se da con una temperatura de 23°C en invierno y en verano la temperatura corresponde a 25°C, y con 50 % de humedad relativa.

Los valores estipulados por ASHARE sobre el confort térmico son valores que no consideran el clima a nivel local o también llamado microclima, sino que se basan en investigaciones desarrolladas con las características climáticas globales, por lo que el autor [Diego-mas \(2015\)](#), aclara que para conseguir valores sobre los niveles de confort térmico a

escala urbana es necesario tomar en cuenta una serie de factores que actúan modificando las condiciones del clima global dando resultados más específicos sobre las condiciones del microclima el cual actúa sobre los niveles de confort térmico al interior de las edificaciones.

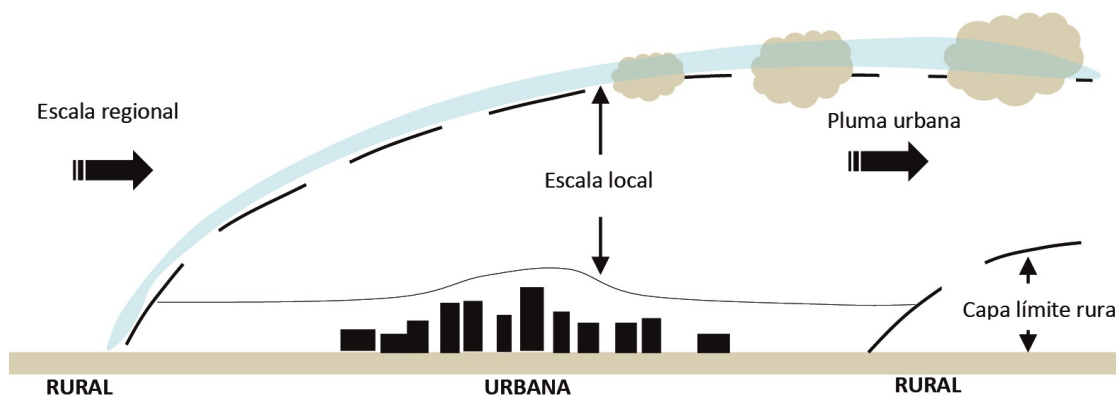
1.3. Microclima urbano

Las diferentes características de la ciudad, como la altura de las edificaciones, materialidad de sus envolventes, el tejido urbano, proporción de las calles, la elección del sitio, etc., son características propias de las ciudades que originan cambios climáticos en el área local.

Cordero (2014), define al microclima urbano como un fenómeno que resulta de la interacción de los distintos tejidos y los parámetros ambientales, para entender mejor la conceptualización de microclima, la autora dispone de tres escalas espaciales que ayudan a reconocer la manera en la cual se producen los fenómenos climáticos en distintos rangos de composición, sea vertical u horizontal de la atmósfera urbana.

Según la clasificación de escalas atmosféricas, Oke, expone la primera escala, como una escala horizontal que corresponde al estudio del clima de la ciudad en una superficie de radio entre los 10km a 200km (escala regional) (Figura 1.6).

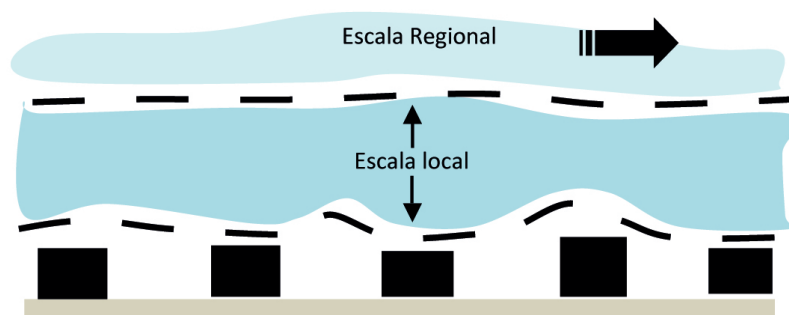
FIGURA 1.6: Representación de la escala regional según Oke



Nota. La gráfica representa la escala regional expuesta por Oke. Tomado de efectos de la morfología de las calles en el fenómeno de la isla de calor urbana en la ciudad de Barcelona, Cabras (2014, pág. 14), (<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/23641>).

Luego, el segundo se refiere al fenómeno de escala local que está entre 1km a 50km (escala local), en sí la escala local se sitúa entre la altura de los techos de las edificaciones y el límite de la escala regional (Figura 1.7), generalmente este rango es útil en el estudio de los tejidos homogéneos y dinámicas del aire verticalmente. Además, esta escala comprendería el área de análisis sobre los efectos de la isla de calor.

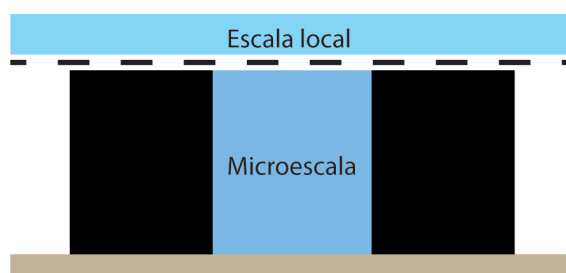
FIGURA 1.7: Representación de la escala local según Oke



Nota. La gráfica muestra los elementos que forman parte de la escala local y el límite de la escala regional.

La última escala, corresponde al área situada entre 1cm a 1km(microescala), es decir, se ubica al nivel de calle y la altura del techo de las edificaciones (Figura 1.8). En este rango se genera el conocido “microclima urbano” que es usado para analizar con mayor precisión la variabilidad del clima urbano por medio del volumen de aire contenido a nivel de calle.

FIGURA 1.8: Representación de la microescala según Oke



Nota. La gráfica representa los elementos urbanos a nivel de microescala en donde se produce el fenómeno micro climático.

Tumini (2014) expresa que uno de los efectos más conocidos debido a la urbanización son los aumentos de calor a escala local que modifican aún más las características del microclima, por lo que se puede expresar que los aumentos de temperatura a nivel de microescala serán mayores que a escala local y que sus niveles son más significativos en las épocas de verano y en lugares caracterizados por su clima cálido.

La razón por la cual los niveles de temperatura a nivel de microescala son más preocupantes se da debido a la forma en la que influyen las características geométricas y de materialidad del entorno construido. Por ejemplo, la microescala comprende una pequeña parte de la ciudad conformada por una calle y las edificaciones que limitan a la misma, es así que se forma un espacio que se lo relaciona con un cañón que por sus cualidades no permite la salida del calor producido por el atrapamiento del mismo.

Es de suma importancia comprender el concepto de microclima urbano en el estudio del confort térmico en ambientes externos e internos en áreas urbanas, debido a que es el microclima urbano el que influye directamente sobre la comodidad térmica del usuario. Para poder diseñar una edificación que sea confortable térmicamente entonces hay que considerar las características de la ciudad a microescala y su microclima, la herramienta que permite desarrollar un estudio que comprenda estas dos variables es el efecto de cañón urbano.

1.4. Isla de calor y cañón urbano

En los centros urbanos el confort térmico del usuario se ve marcado por los efectos de la isla de calor (ICU), la cual se da como un fenómeno caracterizado por las diferencias de temperatura entre las zonas urbanas y zonas rurales, generalmente se da un aumento de calor en el entorno urbano con relación a las zonas rurales. La autora, Cabras (2014), clasifica a la isla de calor urbana en dos tipos: la isla de calor superficial y atmosférica, inmediatamente, distingue también dos subdivisiones para la isla de calor atmosférica: la capa de domo urbano y la capa de dosel urbano.

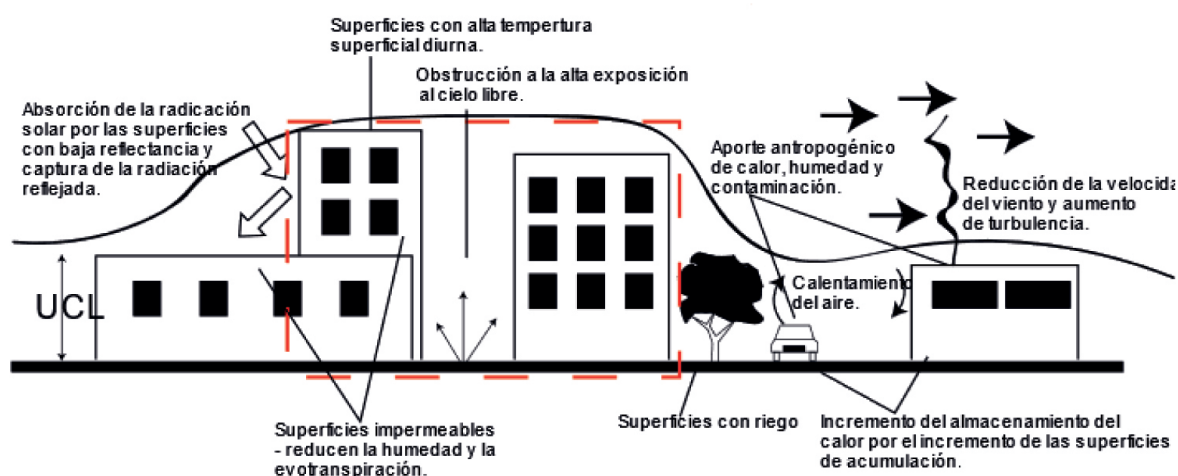
La capa de domo urbano se refiere a la diferencia de temperatura del aire que se ubica desde la altura de los techos hacia arriba, 1,5km generalmente (Figura 1.9). Mientras que la capa de dosel urbana es la diferencia de temperatura en las zonas urbanas desde el punto de vista del usuario, capa de aire contenida desde la medida de los techos hasta el suelo (Figura 1.10).

FIGURA 1.9: Clasificación de las escalas atmosféricas según Oke, capa de domo urbano



Nota. La gráfica representa los elementos urbanos que se encuentran dentro de la capa de domo urbano. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracias, Barcelona (p.15), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

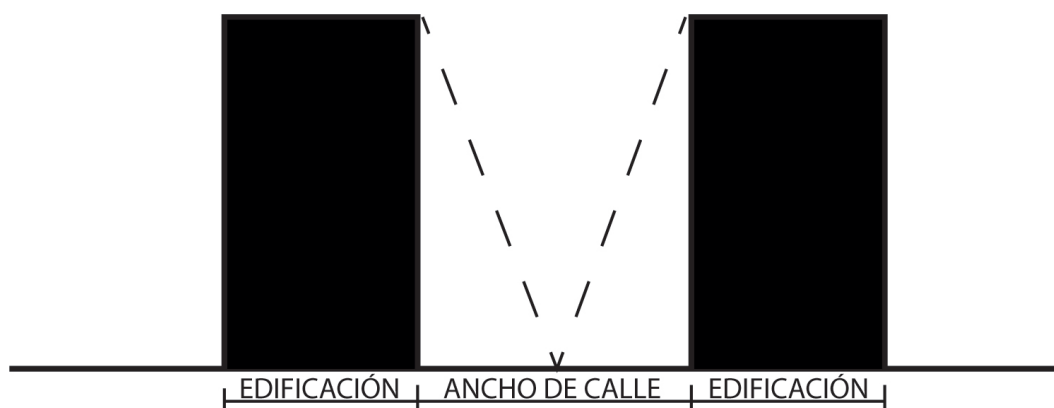
FIGURA 1.10: Clasificación de las escalas atmosféricas según Oke, capa de dosel urbano



Nota. La gráfica representa los elementos urbanos que se encuentran dentro de la capa de dosel urbano y la manera que los elementos influyen sobre el ambiente. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracias, Barcelona (p.15), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

La capa de dosel urbano es usada para reconocer las modificaciones de la temperatura que afectan directamente al usuario. La escala de dosel urbano nos acerca más al concepto de cañón urbano (CU) ya que este se percibe desde la microescala. Concretamente el concepto de cañón urbano se refiere a la dinámica del aire contenida entre una calle y edificios a ambos lados de manera continua (Figura 1.11).

FIGURA 1.11: Representación de elementos que conforman un cañón urbano



Varios autores coinciden en que el término cañón urbano supone a un conjunto de edificaciones de una misma altura que bordean una calle por ambos lados, sin embargo, actualmente se desarrollan análisis mediante el cañón urbano utilizando distintas tipologías, es decir, que la altura de las edificaciones no necesariamente deben ser homogéneas.

Las autoras [Alchapar y Correa \(2016\)](#) señalan que la interacción sobre los niveles de temperatura dentro de un cañón urbano está sujeto a su geometría, de ahí que resulta conveniente evaluar un cañón urbano según su relación de aspecto. De tal manera, se puede tener cañones urbanos de distintas morfologías, por ejemplo, un cañón urbano homogéneo en donde todas las edificaciones que se encuentren ubicadas a ambos lados de la calle sean continuas y de la misma altura (Figura 1.12). Otro configurado por edificaciones que no tengan las mismas alturas o mismo número de pisos, es decir, que será un cañón urbano de tipo heterogéneo (Figura 1.13).

FIGURA 1.12: Cañón urbano de tipo homogéneo

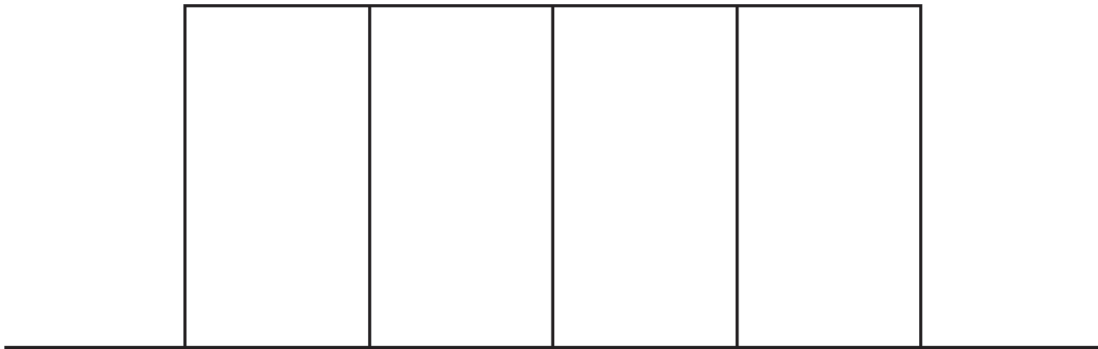
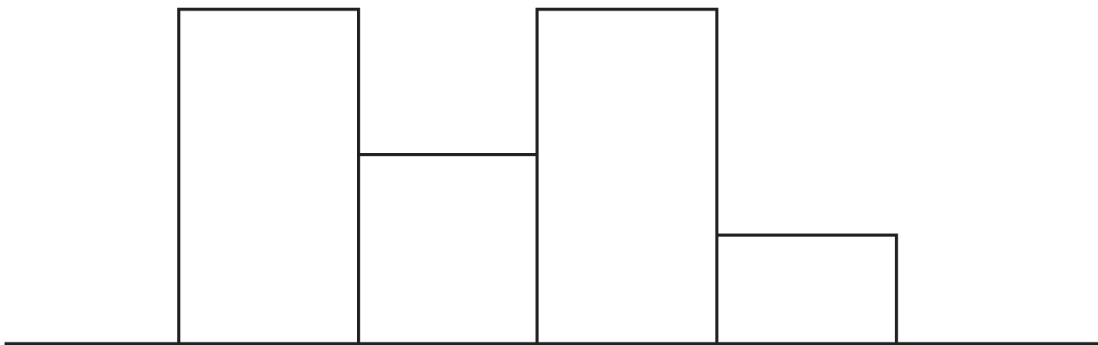
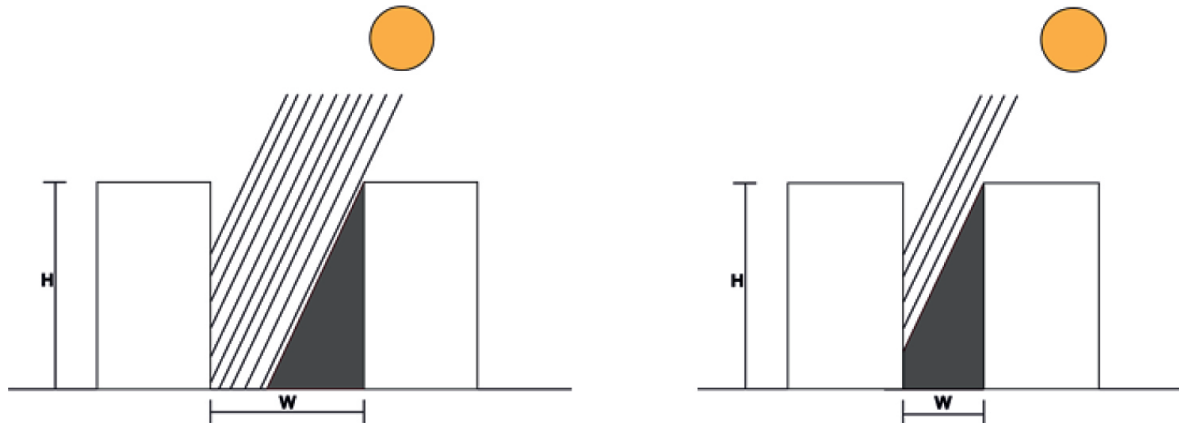


FIGURA 1.13: Cañón urbano de tipo heterogéneo



De acuerdo a [Alchapar y Correa \(2016\)](#), el cañón urbano será definido mediante dos parámetros principales: la altura máxima de los edificios(H) y el ancho de la calle(W), en donde su relación conforma el parámetro de aspecto H/W del cañón urbano (Figura 1.14).

FIGURA 1.14: Relación de aspecto del cañón urbano



Nota. Influencia de la relación de H/W en la captación de radiación solar en las superficies del cañón urbano. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona (p.15), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

Además, para la evaluación de las distintas tipologías de cañones urbanos hay que tomar en cuenta los niveles de reflectancia de los materiales de las envolventes de los edificios y la orientación del cañón urbano. Estos aspectos se los relaciona directamente con la radiación solar en superficies, la cual se define por la materialidad de las edificaciones y la cantidad de radiación solar que reciben. La cantidad de radiación solar que reciben las superficies puede variar de acuerdo a la forma del cañón urbano, la dirección en que las edificaciones estén dispuestas, otros como el espesor de los materiales, el tipo de materialidad e incluso el color de los acabados.

En resumen, el aspecto de relación H/W , radiación en superficies y orientación solar son aspectos que definen y están contenidos como aspectos de la morfología urbana los que sirven para desarrollar directamente estudios sobre el confort térmico de los usuarios en espacios públicos y edificaciones en conjunto con los parámetros ambientales, los cuales fueron estudiados en los apartados anteriores.

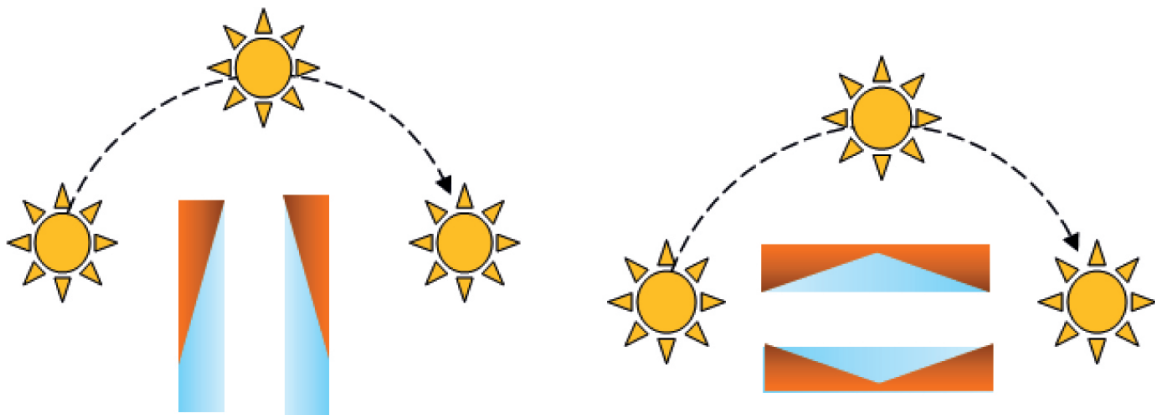
1.4.1. El cañón urbano en climas cálidos

El aumento de temperatura en zonas urbanas como efecto del cañón urbano es perceptible tanto en climas cálidos como fríos. Por una parte, en climas fríos el aumento de la temperatura puede ser favorable por lo que reduciría las demandas energéticas por el uso de calefacción. Sin embargo, en climas cálidos el efecto del cañón urbano es realmente preocupante debido a que el aumento de temperatura incrementa el calor que percibe el usuario y por lo tanto se perjudica al confort térmico, además, de que las demandas de refrigeración en los edificios aumentan.

Por lo tanto, para un clima cálido es fundamental conocer bien las proporciones sobre la relación de aspecto H/W para lograr que su influencia aumente en mínimo las ganancias térmicas por radiación en las edificaciones. Según el estudio de [Tumini \(2014\)](#) sobre el caso de Madrid el aumento de temperatura del aire se da por la cantidad de radiación que pega sobre las superficies de las fachadas de las edificaciones, por lo tanto, las mejores estrategias sobre el confort térmico en ciudades de climas calurosos está en la protección de las superficies de la radiación, por lo tanto, propone que las calles deberían ser estrechas haciendo que los edificios generen la mayor cantidad de sombra y de esta manera se reducen las ganancias de temperatura por influencia de la radiación.

Otra estrategia para controlar la cantidad de calor recibida por los edificios que menciona [Tumini \(2014\)](#) está basada en la orientación y disposición de los elementos edilicios, donde la autora explica, que cuando las calles se orientan en sentido este-oeste estas tienen una exposición al sol por más tiempo y por lo tanto presentaran mayor temperatura que aquellas que se encuentran en cañones urbanos orientados en sentido norte-sur (Figura 1.15).

FIGURA 1.15: Exposición solar en cañones urbanos en sentido N-S y E-O



De manera general [Tumini \(2014\)](#) recomienda que para ciudades de condiciones climáticas calurosas una óptima disposición para los edificios es de 45° con respecto a la dirección dominante de los vientos y que la orientación de las calles junto con su relación H/W para la generación de sombras es primordial en el diseño de edificios bioclimáticos.

2.1. Funcionamiento térmico del cañón urbano sobre el confort de los usuarios al exterior e interior de las edificaciones

Al diseñar una edificación hay que considerar su envolvente y los factores externos que influyen sobre el comportamiento térmico del edificio. El bienestar térmico al interior de la edificación dependerá de su relación con los parámetros externos, como; factores ambientales, morfología urbana y materialidad, además, de las particularidades propias de la edificación que serán de suma importancia para determinar el confort del usuario en su interior.

Uno de los métodos que varios autores utilizan como base en sus investigaciones sobre el confort térmico del usuario a nivel urbano es el concepto del cañón urbano. El cañón urbano permite definir variables necesarias para hallar los cambios que se producen en las características climáticas al relacionarse con el entorno construido desde la perspectiva de un usuario.

El rango en el que actúa el efecto de cañón urbano corresponde a la capa de aire contenida desde el nivel de un usuario situado en la calle hasta la altura límite de los techos de las edificaciones. [TAREB \(2004\)](#) por su parte afirma que las variables del cañón urbano afectan directamente al balance de la radiación que incide sobre las fachadas y una pequeña parte del suelo por lo que las características de un cañón urbano son las responsables de las diferencias de temperatura dentro de la zona urbana.

La altura de las edificaciones y la amplitud entre fachadas son los elementos que constituyen al cañón urbano. Por un lado, la altura de las edificaciones son las que intervienen como elementos que regulan la cantidad de radiación incidente sobre las superficies, mientras, que la relación de amplitud entre fachadas será responsable sobre el tiempo que transcurre para que el calor salga del cañón urbano y se disipe hacia la atmósfera.

Fundamentalmente los elementos que conforman el cañón urbano son dos, pero estos elementos no determinan solos el comportamiento térmico en su interior. Principalmente es la radiación solar la que incide sobre las superficies de las fachadas y suelo, y al considerar a la radiación solar como una variable climática que afecta al comportamiento térmico de

la zona urbana se toma a la orientación del cañón urbano con respecto al sol como una característica para determinar los balances de energía al interior del mismo.

A pesar de que el cañón urbano sea una manera de establecer las condiciones de temperatura que afectan a los usuarios a nivel de calle hay que recordar que la temperatura no solo afecta al individuo en el espacio público, sino que también influye en las condiciones de confort térmico en espacios internos, debido a que las condiciones exteriores se filtran hacia las edificaciones por medio de su envolvente.

García Nevado (2019) en su tesis termografía del cañón urbano investiga el comportamiento térmico de los edificios desde dos perspectivas: el ambiente térmico o el clima a nivel de calle y el comportamiento térmico de las superficies del cañón urbano con respecto a la reflectividad en fachadas. La autora, García Nevado (2019), afirma que el análisis de las condiciones de confort de los usuarios al interior de las edificaciones debe ejecutarse desde el plano urbano y a través del estudio de las características energéticas del elemento arquitectónico ya que la envolvente trabaja como una pantalla de comunicación desde el exterior con el interior de la edificación.

De acuerdo con el párrafo anterior el confort térmico de los usuarios dentro de un edificio no solo se determina por las características de la envolvente, sino que se toma en cuenta las características del entorno que influyen sobre el edificio. De esta manera se hace énfasis en las variables del cañón urbano que corresponden a la relación entre la altura de las edificaciones y la amplitud entre fachadas, la orientación del cañón urbano con respecto al sol.

Una vez determinadas las variables del cañón urbano se podría pasar a analizar las características que forman las superficies de las fachadas que serán las responsables de regular las condiciones externas hacia los ambientes habitables de las edificaciones. Cuando se menciona a las características de la envolvente encargada del paso de energía desde el exterior hacia el interior se refiere principalmente a la propiedad térmica del material que regula el paso de calor.

A través de todo este apartado se ha manifestado como el entorno construido afecta al confort térmico del usuario y es necesario aclarar que las condiciones del cañón urbano fundamentalmente aumentan la temperatura del aire, además, de que las superficies de la fachada generan más calor, por lo cual, se torna preocupante el estudio del efecto de cañón urbano en territorios que normalmente tienen climas calurosos.

Considerando que la zona de estudio propuesta en esta tesis es la ciudad de Machala y que esta presenta clima cálido, se ha sentido la necesidad del estudio de sus condiciones climáticas sometidas a la influencia de las variables del cañón urbano y comprender en qué medida estas variables afectan a los niveles de energía en los espacios habitables. Entonces, en los apartados posteriores de este capítulo se irán definiendo de manera más concreta cada una de las variables necesarias para el desarrollo del estudio del comportamiento térmico del cañón urbano sobre el confort térmico en las edificaciones.

El orden de numeración de las variables irá desde el plano urbano hasta el enfoque térmico de la edificación, estas variables posteriormente servirán para que el estudio so-

bre la ciudad de Machala permita establecer estrategias de diseño arquitectónico en la proporción de ventana-fachada ya habiendo considerado las características del entorno y de esta manera optimizar el confort térmico del usuario de manera bioclimática.

2.2. Variables modificadoras del microclima a nivel de cañón urbano

El microclima se encuentra entre el nivel del suelo y la altura de las edificaciones (nivel de cañón urbano), además, se refiere a las condiciones climáticas de un territorio que se modifican por los elementos que conforman un entorno construido. Las variables responsables de la generación del microclima fundamentalmente son las características de las superficies y la morfología que constituyen al cañón urbano ya que su relación está estrechamente ligada al aumento de temperatura por la acción de la radiación solar.

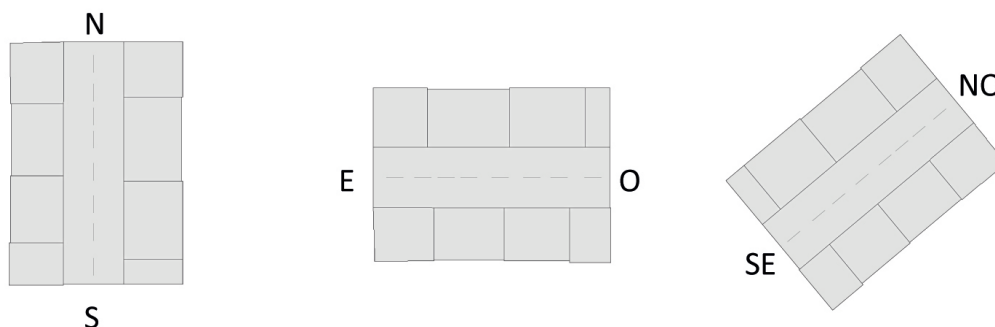
2.2.1. Morfología del cañón urbano

Los parámetros del ambiente a nivel de cañón urbano se caracterizan por la modificación de sus niveles debido a la morfología urbana. Algunas ciudades pueden presentar un mayor incremento térmico en comparación con otras porque sus características climáticas se ven influenciadas por diferentes orientaciones de la trama urbana, altura de las edificaciones y su relación con el ancho de la sección de calle.

Un inadecuado diseño de la morfología urbana tiene como consecuencia la afectación del confort térmico de los usuarios a nivel de calle y en ambientes internos de las edificaciones. Sobre las variables morfológicas a nivel de cañón urbano que afectan al confort térmico del usuario se consideran las siguientes:

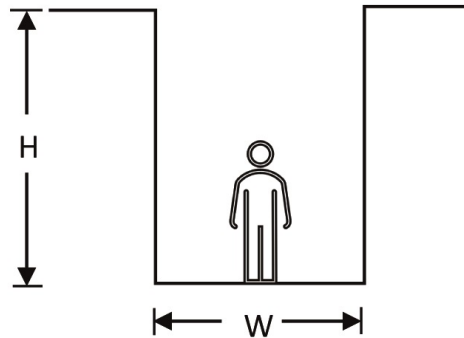
- Orientación del cañón urbano (Figura 2.1): Es el sentido con respecto al norte que siguen las edificaciones y calles.

FIGURA 2.1: Cañones urbanos con distinta orientación



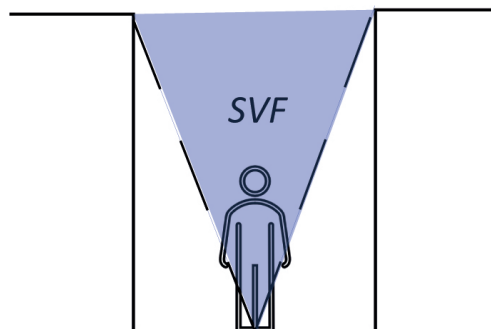
- La relación de aspecto (H/W) (Figura 2.2): Se refiere a la proporción entre la altura de los edificios (H) y la amplitud existente entre fachadas (W).

FIGURA 2.2: Relación de aspecto de un cañón urbano



- El factor de vista cielo (SVF) (Figura 2.3): [Cordero \(2014\)](#), expresa que el SVF es la medida que se usa para definir la cantidad de radiación difusa que se recibe desde un punto horizontal situado a la mitad de un cañón urbano. Debido a que el SVF ayuda a determinar la luz en un punto medio del cañón urbano este no será tomado como parámetro para el estudio de confort térmico de la vivienda ya que no influye sobre la radiación que recibe la envolvente de la misma.

FIGURA 2.3: Factor de vista cielo



Las dos primeras variables (orientación del cañón urbano y relación de aspecto H/W) sobre la morfología del cañón urbano trabajan estrechamente como modificadoras del microclima, por lo tanto, se consideran las principales para lograr determinar los niveles de confort térmico en el espacio urbano. Las variables morfológicas de un cañón urbano pueden variar en la trama de una ciudad debido a que la ciudad está formada por barrios y parroquias que muchas veces presentan distintas orientaciones por lo que varía su interacción con el sol, al mismo tiempo existen secciones viales de distintas proporciones y con edificaciones de distintas alturas, cada una de estas variaciones juegan con los niveles de temperatura que afectan en mayor o menor medida a determinados sectores de la ciudad.

Tomando en cuenta que la ciudad cuenta con elementos de características complejas se definen a las variables morfológicas del cañón urbano como los elementos más significativos que influyen en los cambios de temperatura que se generan en las ciudades.

2.2.2. Orientación del cañón urbano

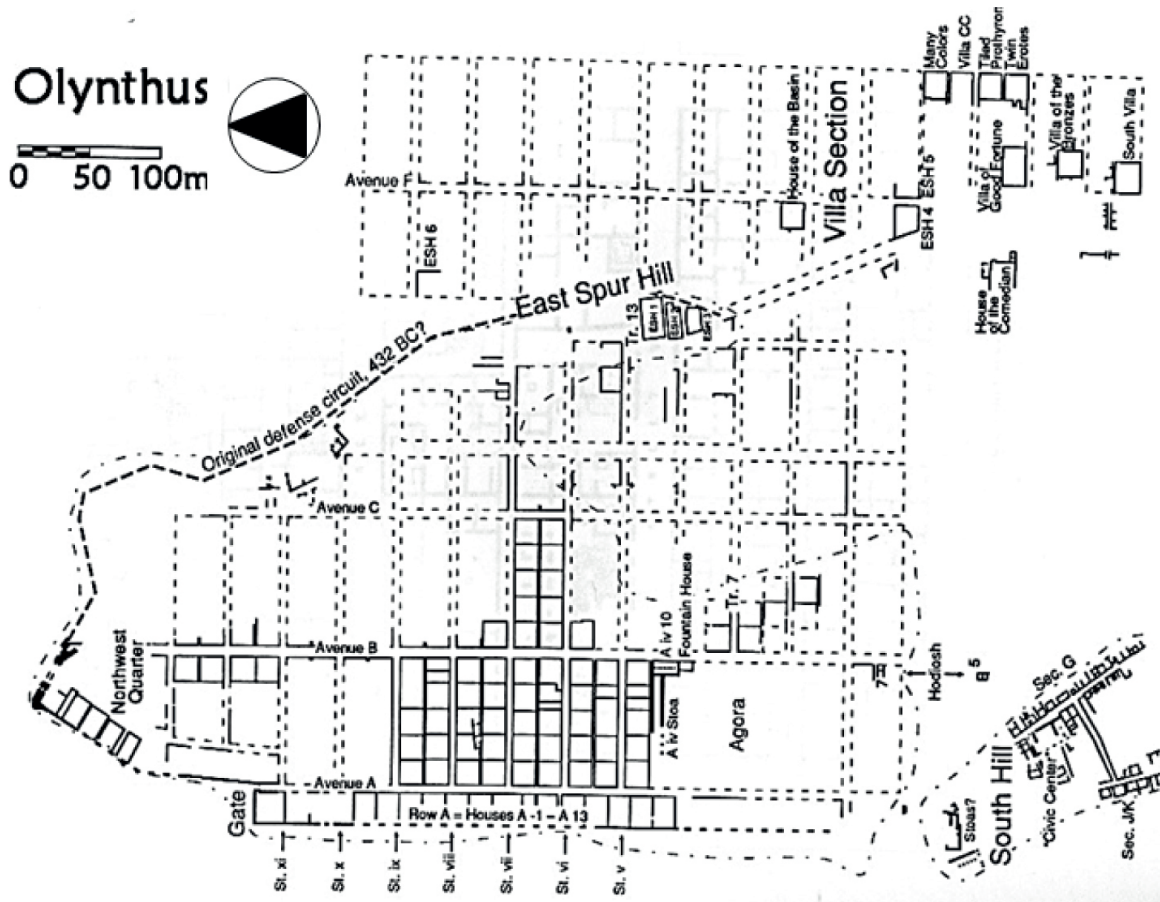
Bracco et al. (2013) en su libro sobre acondicionamiento natural cita a Vitrubio sobre su publicación en los diez libros de la arquitectura acerca de la importancia en la disposición de las edificaciones de acuerdo al clima y el sol, en donde textualmente cita “ los edificios estarían bien dispuestos si desde el principio se tendría en cuenta la orientación y el clima en que se van a construir; porque está fuera de duda que habrán de ser diferentes las edificaciones que se hagan en Egipto de las que se efectúen en España. . . ”

De acuerdo con el texto citado anteriormente se puede entender que desde la antigüedad el ser humano ya tenía conocimiento acerca de los efectos de la radiación solar en la habitabilidad de las personas al considerar en que punto debería ir orientada la edificación. Se conoce que en la época de Vitrubio existían conocimientos básicos de diseño basados en la orientación de las aberturas del edificio, como, por ejemplo, Vitrubio expresa que en zonas frías a las que él se refiere como septentrionales, las aberturas de las habitaciones deberían ser pequeñas e ir orientadas a los puntos cálidos del cielo, mientras que, para lugares cálidos se deberían realizar grandes aberturas esquivando la exposición a los efectos de calor o el sol y de tal manera evitar la acumulación de calor en la vivienda.

En la época de Vitrubio se tenía conocimiento de algunas estrategias pasivas para mejorar la habitabilidad del usuario, pero estas no contemplaban el plano urbano y no es hasta que las poblaciones comienzan a densificarse que se analizan ciertos comportamientos sobre la orientación de la trama en los elementos edilicios.

En el periodo de la antigüedad, en Grecia, sus civilizaciones entendieron la trayectoria de los rayos solares de acuerdo con las estaciones y de tal manera aprendieron sobre la correcta orientación de las aberturas y habitaciones para generar calor en invierno y refrescar la vivienda en verano, estos conocimientos posteriormente fueron utilizados en la ciudad de Olynthus, la cual fue la primera comunidad densamente poblada. El diseño de la ciudad de Olynthus consistió en un trazado de calles perpendiculares en donde las viviendas estarían dispuestas de norte a sur y de oriente a occidente, con el fin de que todas las casas tuvieran exposición solar al sur calentado la mayor parte en la época de invierno, cabe recalcar que los recursos para calentar los espacios en la comunidad de Olynthus eran prácticamente escasos por lo cual se trataba de manejar el diseño urbano con criterios de aprovechamiento solar pasivo.

FIGURA 2.4: Representación planimétrica de la antigua ciudad de Olynthus



Nota. La fotografía representa la disposición de las viviendas en la trama de la antigua ciudad de Olynthus. Tomada de Institute for the visualization of history, 2012, (<http://www.vizin.org/projects/olynthus/setting.html>).

Mientras que, en Norteamérica, en Nuevo México se reconoce un asentamiento que data del siglo XI, específicamente se trata de Acoma, el que cuenta con un diseño urbano eficiente, su trama consta de filas de viviendas que están escalonadas y su orientación hacia el sur como estrategia de disposición para responder hacia el clima desértico del lugar (Figura 2.5: Fotografía del pueblo de Acoma en 1941). De acuerdo al análisis de Franco y Bright (2016), la ciudad de Acoma se adapta estratégicamente al clima, en invierno los rayos del sol son bajos y dan contra los gruesos muros de las viviendas en donde la energía se almacena en el día y es liberada durante las noches calentando los espacios que se vuelven particularmente fríos, mientras que en verano, los rayos solares se levantan golpeando hacia los techos y terrazas construidas en madera y caña los cuales son materiales que no permiten la transferencia de energía solar con eficacia.

FIGURA 2.5: Fotografía del pueblo de Acoma en 1941

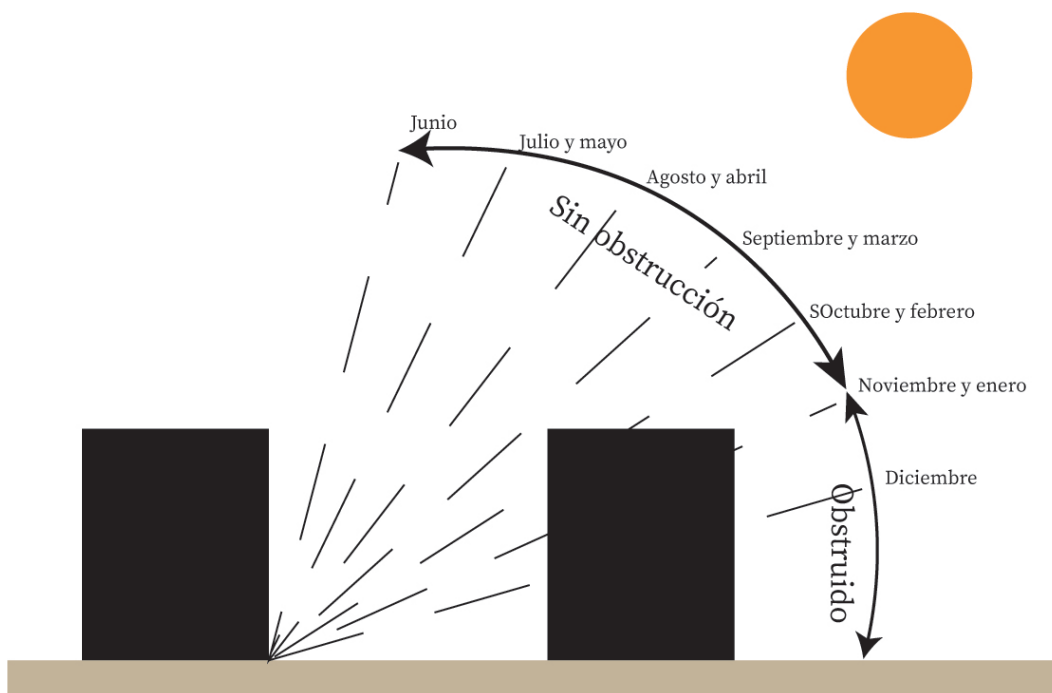


Nota. La fotografía representa la relación de la orientación de la ciudad de Acoma y los rayos solares. Tomada de National Archives, por Adams (1941), (<https://n9.cl/fmmt9>).

En el ejemplo de Acoma además de la disposición de las viviendas con respecto al sol como estrategia de confort también se puede comprender que tenían conocimiento acerca de las características térmicas de los materiales como variable de importancia al momento de construir y poder contrarrestar los efectos del microclima, mejorando el ambiente térmico en las edificaciones.

En siglos posteriores, el ser humano se fue preocupando más por conocer el comportamiento de las variables climáticas y su relación con el entorno construido, por lo cual, se pueden encontrar algunas investigaciones sobre los efectos del cañón urbano con respecto a su orientación. Por ejemplo, en la tesis de Cordero (2014) se analizan los efectos del cañón urbano y se toman modelos de estudio con diferente orientación con el fin de obtener resultados sobre los cambios en los balances de energía en tramas de distintas orientaciones. En consecuencia, a los resultados obtenidos por Cordero (2014) se evidencia que las mayores ganancias de energía se dieron en cañones con baja proyección de sombra, es decir, que en tramas con orientación de este a oeste se registraron elevadas temperaturas sobre todo en los meses de verano debido a que las fachadas este- oeste son las que reciben la radiación durante el día mientras que las fachadas norte-sur se mantienen en sombra (Figura 2.6: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano).

FIGURA 2.6: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano



Nota. Influencia del sol sobre elementos de un cañón urbano. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona (p.22), por Cordero (2014), (<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23637/XimenaCordero>).

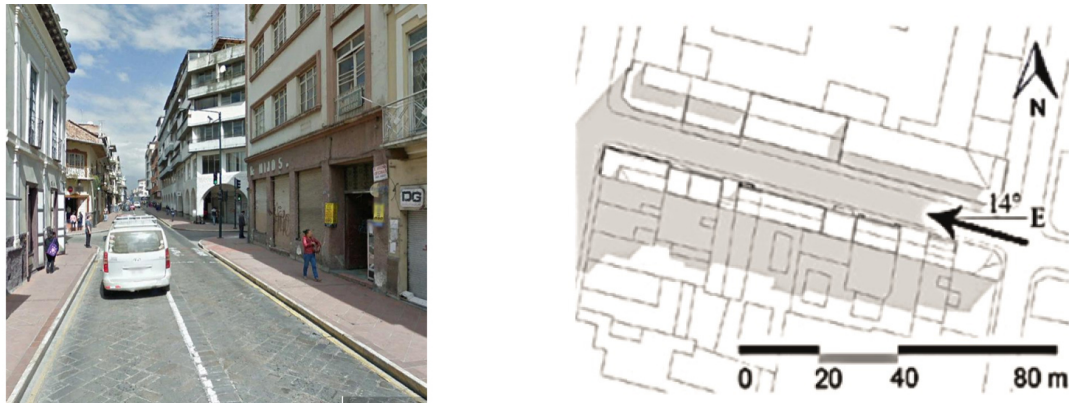
Para poder controlar la cantidad de energía recibida por las fachadas de una edificación estas deberán disponerse en la trama en dos sentidos, una que estará definida por su situación de sombra y otra será enfocada a una situación de sol, sobre este aspecto se puede mencionar a Campoverde (2021) sobre el estudio del cañón urbano en la ciudad de Cuenca, donde se analizan cañones urbanos a dos disposiciones de norte a sur (Figura 2.7: Cañón urbano orientación norte-sur) y de este a oeste (Figura 2.8: Cañón urbano orientación este-oeste).

FIGURA 2.7: Cañón urbano orientación norte-sur



Nota. Se observa un cañón urbano de tipo homogéneo con dirección norte-sur que se ubica en la ciudad de Cuenca. Tomado de caracterización del viento y temperatura aparente de los cañones urbanos del centro histórico de Cuenca (p. 96-97), por [Campoverde \(2021\)](#), Conservar patrimonio, 1(36).

FIGURA 2.8: Cañón urbano orientación este-oeste



Nota. Se observa un cañón urbano de tipo homogéneo con dirección este-oeste que se ubica en la ciudad de Cuenca. Tomado de caracterización del viento y temperatura aparente de los cañones urbanos del centro histórico de Cuenca (p. 96-97), por [Campoverde \(2021\)](#), Conservar patrimonio, 1(36).

De acuerdo a los resultados de [Campoverde \(2021\)](#) los cañones urbanos emplazados de norte a sur llegan a presentar una variabilidad de -2°C durante del día debido a que los rayos solares en esta dirección no dan de manera directa por las sombras que se generan por la orientación de la trama con respecto a la influencia del sol, mientras que, en el caso de aquellos cañones urbanos situados de este a oeste presentaban una variabilidad de $+2^{\circ}\text{C}$ cada 6 horas, ya que la dirección de los vientos está en contraposición a la disposición de las edificaciones las cuales actúan como barreras ante el viento, y en aquellos lugares donde las edificaciones son bajas existe mayor exposición solar permitiendo un mayor calentamiento de los cañones urbanos.

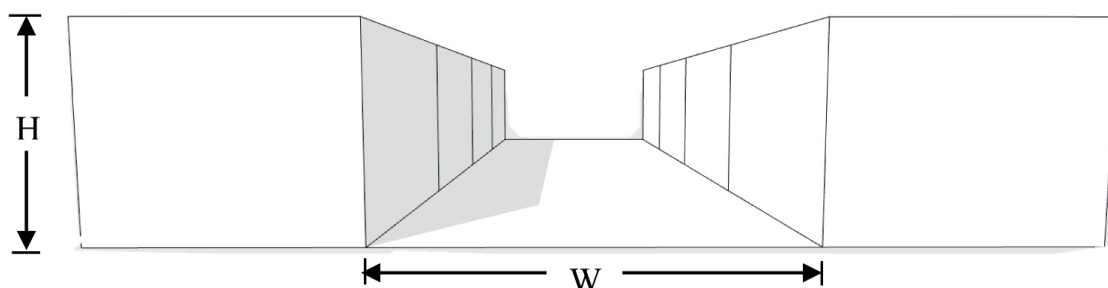
Existen varias investigaciones sobre los efectos del cañón urbano con relación a su orientación en la región Sierra de Ecuador, sin embargo, no se encontró documentación que se centre en el análisis de la orientación del cañón urbano y sus efectos sobre el confort térmico del usuario en la región costa del Ecuador. Es cierto, que existen algunos estudios sobre el cañón urbano en Guayaquil y otras ciudades de la costa del Ecuador, pero estas se basan en la obtención de resultados sobre la modificación de los niveles de temperatura a nivel urbano por lo que tampoco existen resultados específicos sobre cómo actúa el efecto de cañón urbano en el comportamiento térmico de las edificaciones.

2.2.3. Relación de aspecto (H/W)

La relación de aspecto forma parte de las variables de la morfología del cañón urbano y determina la cantidad de radiación solar incidente dentro del mismo. La relación H/W hace referencia a la proporción existente entre dos de las variables de mayor importancia que conforman las ciudades.

La inicial H ha sido tomada del inglés (high) y simboliza la altura de las edificaciones existentes en el perímetro viario, mientras que (W) es la letra tomada de la palabra width que significa ancho y representa la medida de la sección de calle situada entre fachada y fachada de las edificaciones de un cañón urbano (Figura 2.9).

FIGURA 2.9: Relación de aspecto H/W de un cañón urbano



Cabras (2014) manifiesta que la relación de aspecto (H/W) tiene un gran impacto en los niveles de radiación solar incidente y los niveles de temperatura del aire debido a que la radiación solar actúa sobre los elementos del cañón urbano en 2 sentidos fundamentales; una parte de la radiación solar es reflejada, mientras que otra cantidad de la radiación solar es almacenada por los materiales de las superficies y luego devuelta al ambiente. La manera en que la radiación solar reflejada y absorbida se manifiesta es como energía calorífica que aumenta la temperatura del aire.

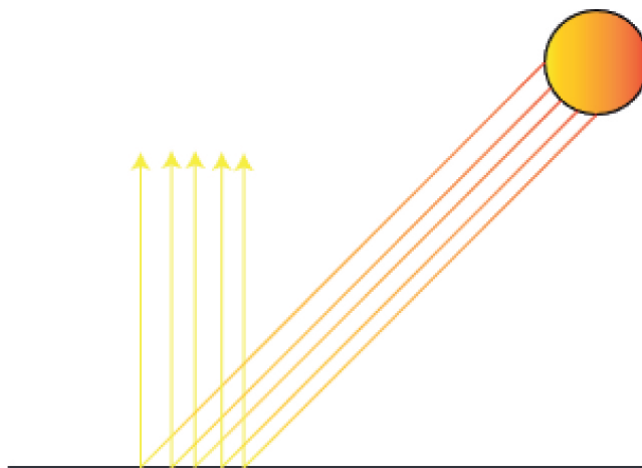
En las ciudades es imposible suprimir los aumentos de temperatura del aire como consecuencia de los efectos del cañón urbano, sin embargo, es posible tratar de adaptar el diseño urbano como manera de aprovechar las condiciones que ofrece el clima y que de esta manera los aumentos de temperatura del aire a nivel de cañón urbano sean mínimos.

Una de las estrategias a nivel de cañón urbano para el control térmico del mismo es el diseño sobre la relación de aspecto (H/W). Para comprender como funcionaria la relación de H/W como estrategia para el confort térmico del usuario primero es necesario ilustrar su funcionamiento térmico mediante la presentación de 3 cañones urbanos de diferente relación H/W que fueron analizados por Cordero en su tesis sobre la influencia de la morfología del cañón urbano en el confort térmico del usuario.

El primer cañón urbano corresponde a la relación de aspecto $H/W=0$, sobre esta relación H/W representa un campo sin obstrucciones porque no existen edificaciones. En este caso, la radiación solar incide directamente sobre el suelo y como se encuentra en un campo abierto el calor se disipa inmediatamente hacia la atmosfera por lo cual el

microclima no tendría gran variación con respecto a las condiciones climáticas (Figura 2.10: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de $H/W=0$).

FIGURA 2.10: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de $H/W=0$

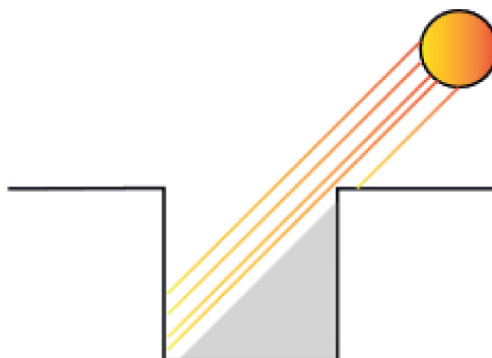


Nota. Distribución de radiación solar incidente en un cañón urbano de relación $H/W=0$. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona (p.23), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

La segunda, muestra una proporción de $H/W=1$, en este aspecto existe la presencia de edificaciones, esta condición urbana puede ser vista como favorable o no, por ejemplo, en lo que se refiere a la disipación de calor hacia la atmosfera esta tendrá un periodo de tiempo mayor que aquella relación de $H/W=0$, por lo que la temperatura del aire que normalmente tiene el clima se verá afectada al incrementar sus niveles de temperatura dada por el albedo de los elementos construidos y porque las edificaciones se vuelven aprisionadoras de calor.

Sin embargo, si consideramos a las edificaciones como estratégicas para el aprovechamiento solar pasivo la condición de $H/W=1$ en una zona cálida llega a ser favorable. La razón de que $H/W=1$ pueda ser útil para una zona cálida se fundamenta en el uso de las edificaciones como barreras de obstrucción de los rayos solares, es decir, que la proyección de sombra de una edificación sobre otra se vuelve primordial en el confort térmico de los usuarios debido a que las sombras disminuyen las ganancias térmicas por radiación a través de la envolvente que conforma la fachada (Figura 2.11: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de $H/W=1$).

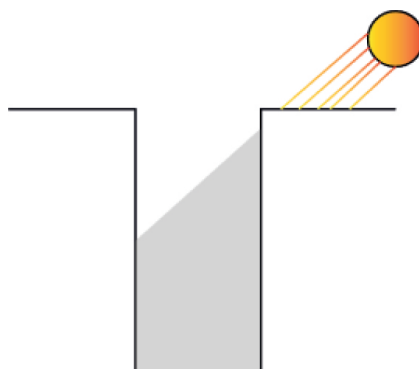
FIGURA 2.11: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de $H/W=1$



Nota. Distribución de radiación solar incidente en un cañón urbano de relación $H/W=1$. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona (p.23), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

El tercero, representa la relación $H/W=4$, al analizar esta relación se puede ver que la altura de las edificaciones es aproximadamente 3 veces mayor a la amplitud de calle, lo que le convierte en un cañón urbano estrecho y que sobre el confort térmico del usuario a nivel de calle es visto como uno de los modelos menos favorecedores ya que la disipación de calor al interior de este tipo de cañón es más lenta y por lo tanto se asume que la temperatura del aire incrementa. Pero, sobre el confort térmico del usuario en viviendas que se encuentran en regiones calurosas el tipo de relación $H/W=4$ resultaría conveniente debido a que el ancho de calle es estrecho y por lo tanto las edificaciones pueden generar una mayor proyección de sombra entre si logrando disminuir en cierto porcentaje las ganancias térmicas por radiación hacia el elemento arquitectónico (Figura 2.12).

FIGURA 2.12: Comportamiento de la radiación solar sobre un cañón urbano de $H/W=4$



Nota. Distribución de radiación solar incidente en un cañón urbano de relación $H/W=4$. Tomado de Microclima y confort térmico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona (p.23), por Cordero (2014), (<https://n9.cl/ih915>).

En cuanto a la relación de aspecto (H/W) el autor [Cedano \(2013\)](#) concluye lo siguiente; la cantidad de acceso solar en un cañón urbano depende de las proporciones de la relación de aspecto (H/W), mientras mayor sea el ancho del cañón en comparación con el alto de las edificaciones mayor será el acceso solar. Según lo expresado por el autor se puede considerar que si el valor de H/W aumenta se tendrán menos ganancias de energía por radiación mientras que si los valores de H/W disminuyen existirán mayores ganancias de radiación por lo que aumentarán los niveles de temperatura del aire en las edificaciones.

Debido a la importancia del entorno construido sobre el confort térmico de la vivienda, la NEC ha establecido un aparatado de aprovechamiento solar pasivo como estrategia para la eficiencia energética de las edificaciones en donde se menciona a la sombra como el principal aliado para la disminución de temperaturas del aire en viviendas ubicadas en las zonas cálidas del Ecuador. La [NEC \(2011, pág. 21\)](#) establece que una buena relación de una edificación con su entorno se da cuando los elementos edilicios colindantes brindan a la fachada de la vivienda una proyección de sombra mínima del 30 %, considerando como optimo a la proyección del 50 %.

A pesar de que la relación de aspecto sea fundamental para el estudio del comportamiento térmico en los cañones urbanos hay autores como [Cordero \(2014\)](#) y [Arnfield \(1988\)](#) que esclarecen que el definir la variabilidad de la temperatura del aire a escala urbana no sería posible si esta no se relaciona directamente con la influencia de la orientación del cañón con respecto al sol. Por tal motivo, se pueden encontrar distintas investigaciones que analizan el confort del usuario a nivel de cañón urbano tomando como base calles con diferente orientación y relaciones de aspecto.

Por su parte [Arnfield \(1988\)](#) en sus estudios reconoce que la orientación de las calles influye más en la cantidad de energía solar que reciben las paredes, mientras que la relación de aspecto tiene un papel fundamental en la energía solar que incide en el suelo. Sin embargo, como en esta tesis lo que se pretende es analizar como el entorno construido afecta a las condiciones de confort térmico al interior de las edificaciones no se puede despreciar las variables de orientación y relación de aspecto ya que son estas las que influyen sobre las ganancias térmicas por radiación que actúan sobre el confort térmico de los usuarios al interior de las edificaciones.

2.2.4. El Objeto arquitectónico: la fachada como moderador del confort térmico del usuario

Debido a que los principales parámetros de la morfología del cañón urbano que fueron revisados con anterioridad son capaces de intervenir en la cantidad de radiación que actúa sobre la fachada de las edificaciones, se define a este elemento como base de contacto entre las condiciones externas generadas por el cañón urbano y la regulación en el confort térmico de la edificación.

La fachada entonces representa el elemento material de la edificación que capta los estímulos térmicos externos y delimita sus efectos sobre el confort térmico del usuario.

La fachada como tal es el plano vertical de la edificación conformada por materiales opacos (muros) y transparentes (ventanas), los mismos que están provistos de propiedades térmicas que tienen la capacidad de regular las ganancias o pérdidas de energía.

De acuerdo a la [NEC \(2011, pág. 20\)](#) la superficie vidriada de la fachada es aquella que produce mayores ganancias térmicas por radiación solar, por tal motivo la normativa aborda ciertas pautas que ayudan a controlar la cantidad de radiación que incide sobre las ventanas, para lugares cálidos la normativa recomienda la generación de sombras mediante elementos constructivos y el uso de vidrios de bajo coeficiente de transmisión.

Otro punto que también incluye la [NEC \(2011, pág. 21\)](#) como factor de importancia en la regulación térmica del edificio es el porcentaje de ventana-fachada de acuerdo a la zona climática en la que se vaya a emplazar la edificación, recomendando de esta manera para la zona de Machala un porcentaje máximo de 40 % en la relación ventana-fachada, aunque se pueden ampliar las proporciones del porcentaje en el caso de que el entorno le brinde a la edificación en estudio una proyección de sombras mínimas del 30 %, siendo óptimo el 50 %.

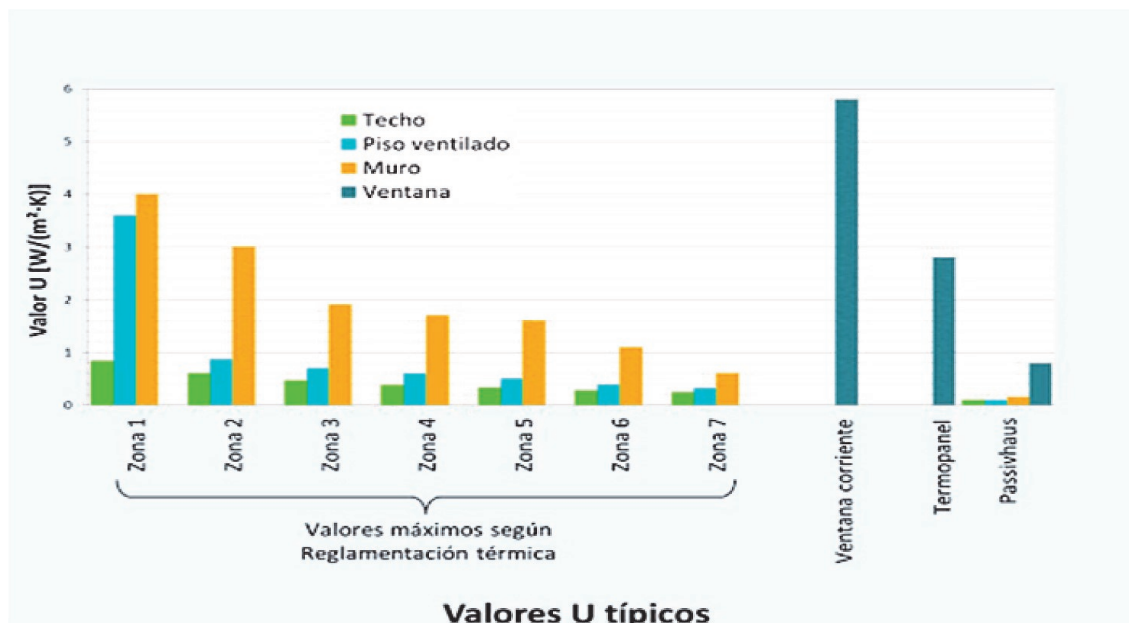
En el trabajo de [Díaz \(2017\)](#) también se analiza a la variación del porcentaje de ventana-fachada como responsable del comportamiento térmico de la edificación, debido a que el autor expresa que el uso excesivo de vidrio en la fachada llega a generar en la época de verano un efecto invernadero en las áreas internas del elemento edilicio, de tal manera, en su análisis se muestran distintos porcentajes de ventana en un mismo diseño de vivienda y de esta manera se determina la mejor proporción de ventana-fachada que le permite disminuir la temperatura del aire y así mejorar las condiciones térmicas de la edificación en estudio.

Tanto la *Nec* como *Diaz* consideran que el motivo por el cual la variación sobre la proporción de ventana-fachada afecta al comportamiento térmico del edificio se da debido a la propiedad de transmisión térmica que poseen los materiales. Se suelen identificar mayores niveles de temperatura del aire en viviendas con gran porcentaje de ventana-fachada puesto que la ventana generalmente actúa como un elemento de gran capacidad de transmisión térmica.

La transmisión térmica es la capacidad que tiene un material para dejar pasar calor de un medio a otro, de acuerdo con [Lago \(2012\)](#) el manejo de la materialidad en las fachadas es indispensable sobre el acondicionamiento térmico de una edificación y el valor de su transmitancia determina la cantidad de calor que un cuerpo deja pasar.

Los valores de transmitancia térmica de los materiales que conforman las fachadas están entre 0 W/m²K y 6 W/m²K, siendo el valor de 0 un material con alta transmitancia de calor y 6 un material de baja transmitancia ([Blender, 2015](#)). Generalmente los elementos acristalados de las fachadas son de alta transmitancia térmica, sin embargo, al igual que emiten calor hacia un espacio también lo pierden por lo cual se consideran como buenos.

FIGURA 2.13: Valores de típicos de U para elementos de la envolvente de una edificación



Nota. La grafica establece la relación entre los valores típico de U para distintos materiales que conforman típicamente la envolvente de las edificaciones. Tomado de Arquitectura y energía, por Blender (2015), (<http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificaciÓn/>).

Una de las estrategias utilizadas en el confort térmico es el control sobre el diseño de las aberturas en las fachadas, sin embargo, hay que tener cuidado en su proporción y ubicación. Las ventanas pueden ser una ventaja sobre el diseño bioclimático, pero, si su diseño no es bien estudiado considerando las características microclimáticas y morfología del cañón urbano esta podría ser contraproducente, aún más en zonas urbanas de climas cálidos por la incomodidad que generaría, además, del incremento de consumo energético por el uso de sistemas de refrigeración.

En resumen, son varios los factores que ejercen cambios en el comportamiento térmico de una vivienda, pero ya que la transmitancia térmica indica el efecto de la radiación solar sobre las superficies de la envolvente está considerada como variable en la propuesta de estrategias de diseño de proporción ventana-fachada para mejorar el confort térmico en viviendas de la ciudad de Machala.

3.1. Descripción de la ciudad

Machala es una ciudad que durante muchos años se mantuvo excluyente de la presión social sobre su territorio, pero a partir del siglo XX sufre un acelerado crecimiento urbano consecuencia de 2 etapas importantes; la primera la adquisición de capitalidad por un intenso cultivo de cacao y la segunda el boom bananero de los años 50 (Prada-Trigo, 2015). A medida que Machala se establecía como un territorio productivo y se asentaba en el sistema capitalista del país se dieron varios desplazamientos en el territorio provocando un crecimiento acelerado y desordenado.

La invasión de terrenos fue una de las características fundamentales en la evolución de la ciudad y hasta el año 2005 no existió un control de la planificación para el ordenamiento territorial, por lo cual el paisaje urbano y natural sufrieron un gran deterioro. Con la elección de Carlos Falquez Batallas se genera un proyecto urbanístico para la recuperación de la ciudad con medidas de progreso económico, social y medioambiental, el cual se caracterizó por los trabajos a pequeña escala de intervenciones urbanísticas.

Debido al abandono que había sufrido la ciudad tras años la urbe perdió identidad, la cual se ha tratado de establecer con la reestructuración de barrios y de la forma urbana. Actualmente la municipalidad de Machala sigue en la lucha por instituir en los ciudadanos sentido de respeto por las ordenanzas y leyes urbanísticas, sin embargo, el aumento de la población y la pobreza no se detienen por lo que aún existen y se siguen conformando barrios suburbanos en los cuales no se alcanzan las leyes de planificación en su construcción.

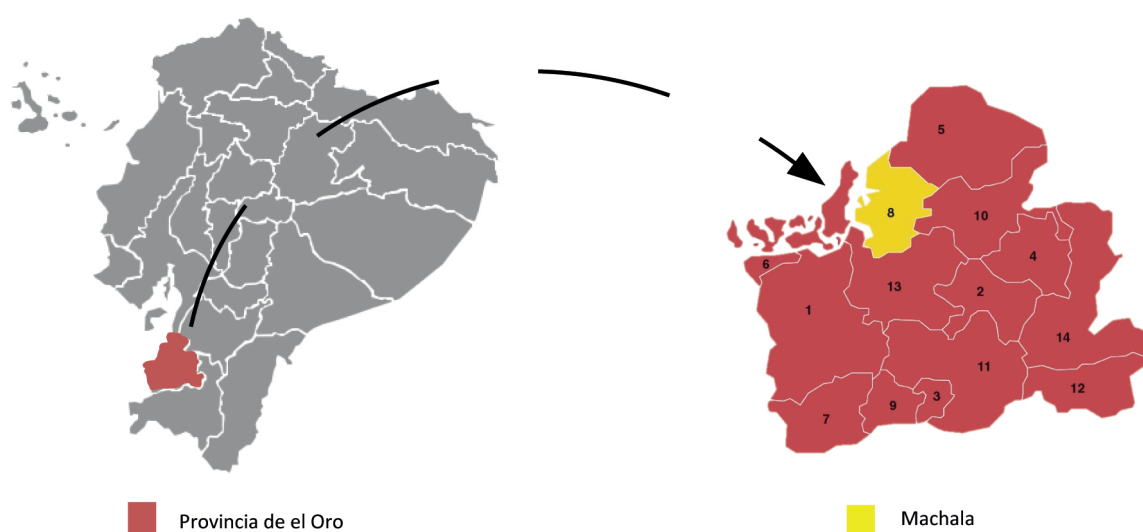
Además, a partir del año 2010 existió una clara presencia de la construcción de varias zonas residenciales o urbanizaciones en los límites de la ciudad que se han ido adaptando como parte del territorio y por estos cambios que se han generado con el pasar de los años es que debe existir una marcada preocupación acerca de las ordenanzas y normativas que dirigen la ocupación del suelo y tipología de las viviendas.

La pregunta es si la forma en la cual se construyeron y se construyen los nuevos espacios urbanos es la correcta para brindar confort a los usuarios o debería existir un nuevo modelo que dirija la construcción de las edificaciones para lograr el objetivo de confort.

3.2. Características climáticas

Para el análisis de cañón urbano en la ciudad de Machala es necesario conocer las características generales del clima y forma urbana, debido a que son componentes que actúan en conjunto como modificadores de la temperatura del aire. Machala pertenece a la provincia de el Oro y se sitúa al sur de la región del litoral, a orillas del océano Pacífico, presentando una latitud de $3^{\circ}15'31''\text{S}$ $79^{\circ}57.632'\text{O}$ y una altitud de 6m.s.n.m (Figura 3.1).

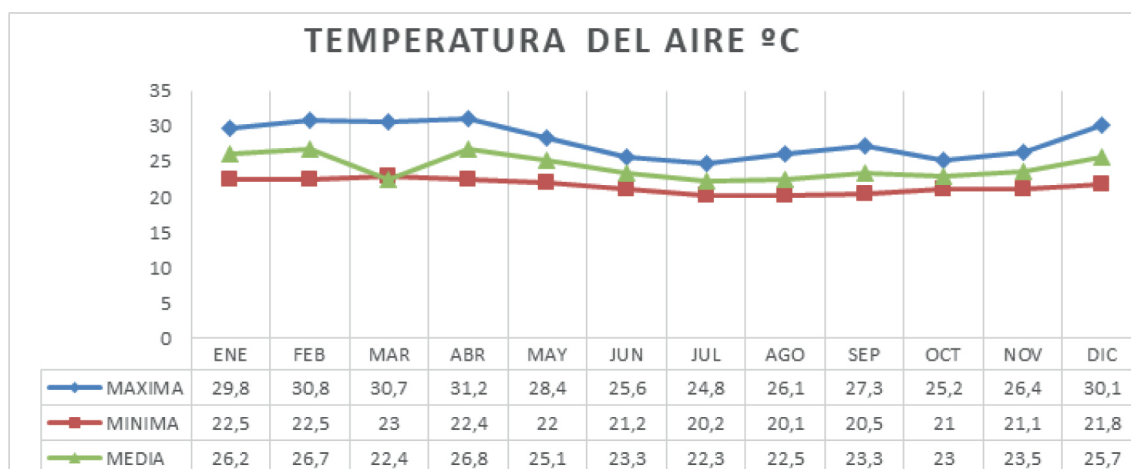
FIGURA 3.1: Ubicación de la ciudad de Machala en el mapa del Ecuador y la provincia de El Oro



Machala es una de las ciudades pertenecientes a la región Costa del Ecuador, en general las ciudades pertenecientes a esta región se caracterizan por poseer un clima cálido húmedo. De acuerdo al mapa de climas de Koppen Geiger Machala presenta un clima tropical monzónico y según la INAMHI se lo clasifica como un clima subhúmedo.

La temperatura promedio de la media anual en Machala es de $24,6^{\circ}\text{C}$, sin embargo, durante el año se pueden presentar temperaturas máximas promedio de hasta 31°C , estas temperaturas se las puede observar registradas en los meses que van desde diciembre a mayo, la que podría considerarse como los periodos calurosos del año. La temporada que se podría definir como fresca va desde el mes de junio hasta noviembre, la temperatura mínima promedio se da en el mes de agosto con $21,1^{\circ}\text{C}$ y temperatura máxima promedio de $27,3^{\circ}\text{C}$ en septiembre (Figura 3.2).

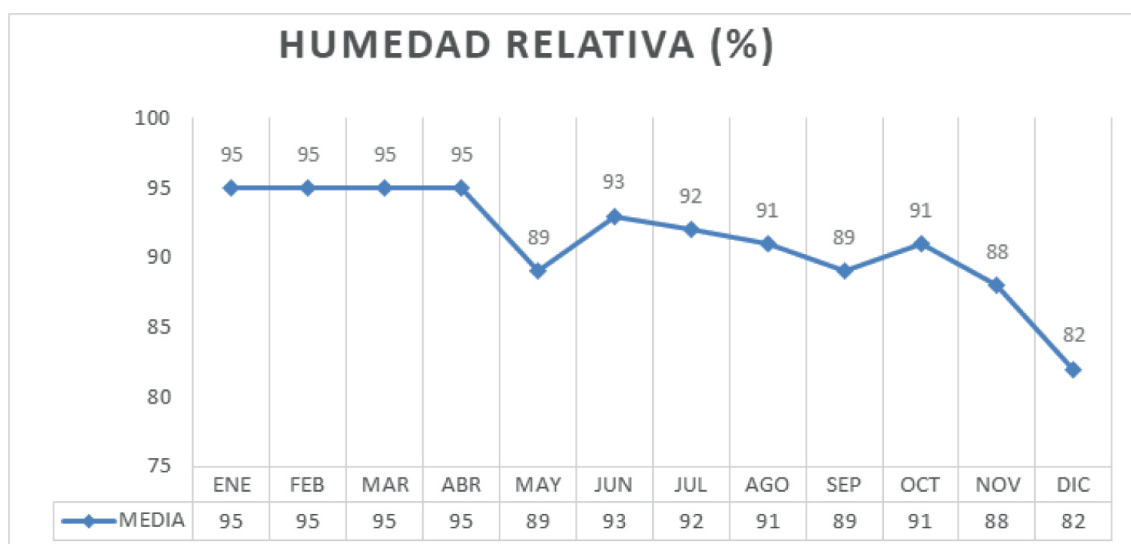
FIGURA 3.2: Gráfica de temperaturas promedio, máximas, medias y mínimas de la ciudad de Machala



Nota. Niveles de la temperatura del aire media, máxima y mínima durante todo un año. Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, por Servicio Meteorológico INAMHI (2013), (<https://n9.cl/41jzr>).

Los altos niveles de humedad en la ciudad de Machala es un rasgo de característico, en los meses de enero, febrero, marzo y abril se presenta un 95 % de humedad relativa media mientras que en los meses posteriores el nivel de humedad relativa media puede estar entre el 93 % y 82 % (Figura 3.3).

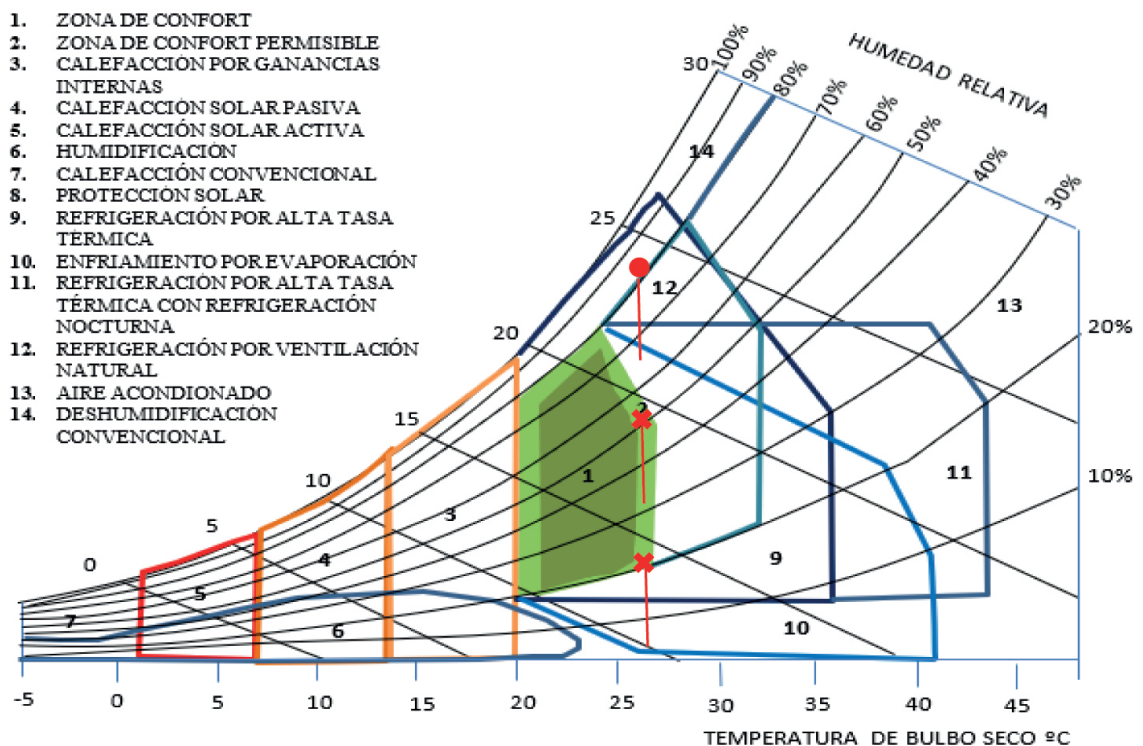
FIGURA 3.3: Humedad relativa del aire de la ciudad de Machala



Nota. Temperatura del aire día más frío del año en la ciudad de Machala. Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, por Servicio Meteorológico INAMHI (2013), (<https://n9.cl/41jzr>).

En el diagrama psicrométrico de Givoni se puede observar que para una vivienda que se ubica en una región con temperatura media anual de 26°C se necesita mantener la humedad relativa entre 20 % a 50 %, mientras que si los niveles de humedad son del 82 % como lo es el caso de la ciudad de Machala se requerirá mantener el ambiente a una temperatura del aire como máximo de 26°C para estar en una zona permisible de confort térmico, pero los niveles óptimos de confort térmico se darían cuando la temperatura de la edificación este entre los 20 a 24°C (Figura 32). Por lo cual, se deduce que las viviendas en la ciudad de Machala con un clima de temperatura media anual de 26°C y humedad de 82 % está fuera de los rangos de confort y por esta razón se precisa implementar estrategias de acondicionamiento bioclimático.

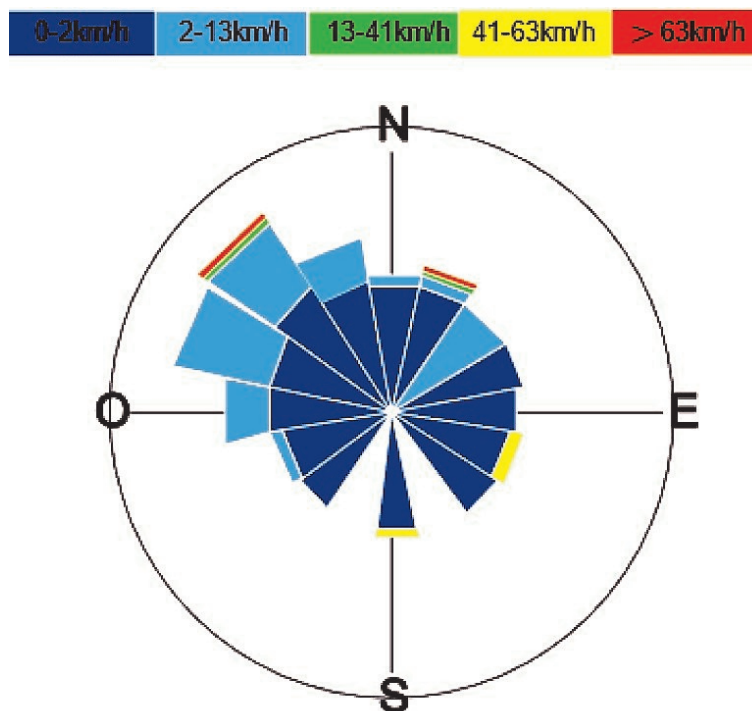
FIGURA 3.4: Análisis de la zona de confort en una vivienda situada en Machala mediante diagrama psicrométrico de Givoni



Nota. Diagrama psicrométrico de Givoni. Tomado de Arquitectura Eficiente, por Hernández (s.f.), 2014, (<https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>)

La dirección del viento predominante durante todo el año es desde el noroeste, esta prevalencia se da por la influencia del océano pacífico. La velocidad del viento la mayor parte del año puede llegar hasta los 13km/h y muy pocas veces la velocidad del viento puede ser mayor a 13km/h (Figura 3.5).

FIGURA 3.5: Comportamiento anual de la dirección y velocidad del viento en Machala



Nota. Grafica sobre el comportamiento anual de la dirección y velocidad del viento Machala. Tomado de predicciones del viento, el oleaje y del tiempo, por Windfinder (2020), (<https://n9.cl/jhnd9>).

Otro factor importante sobre el clima es identificar la nubosidad del cielo, de acuerdo a lo manifestado por Torres (2018) los niveles de nubosidad del cielo están determinados por el contenido de humedad en la atmósfera. Un cielo de menor nubosidad tendrá menos obstrucción al paso de radiación solar y al mismo tiempo poseerá alta capacidad de enfriamiento radiativo.

El autor Torres (2018) también expresa que de forma general la nubosidad del cielo está condicionada por la latitud de cada región, en latitudes bajas existen cielos de mayor nubosidad por lo tanto el cielo es menos azul y existe obstrucción de radiación solar, mientras que, en latitudes medias existen niveles de nubosidad de menor intensidad permitiendo mayor paso de radiación solar.

En el caso de la ciudad de Machala el cielo puede clasificarse con un tipo de nubosidad alta (Figura 3.6) que está influenciada por su baja latitud y altos índices de humedad. Cuando se presentan casos de nubosidad media y altas temperaturas las condiciones de confort térmico del lugar se vuelven preocupantes debido a que la presencia de nubes impedirá que el calor se disipe hacia la atmósfera con facilidad, por lo tanto, el calor se mantendrá almacenado por mayor tiempo.

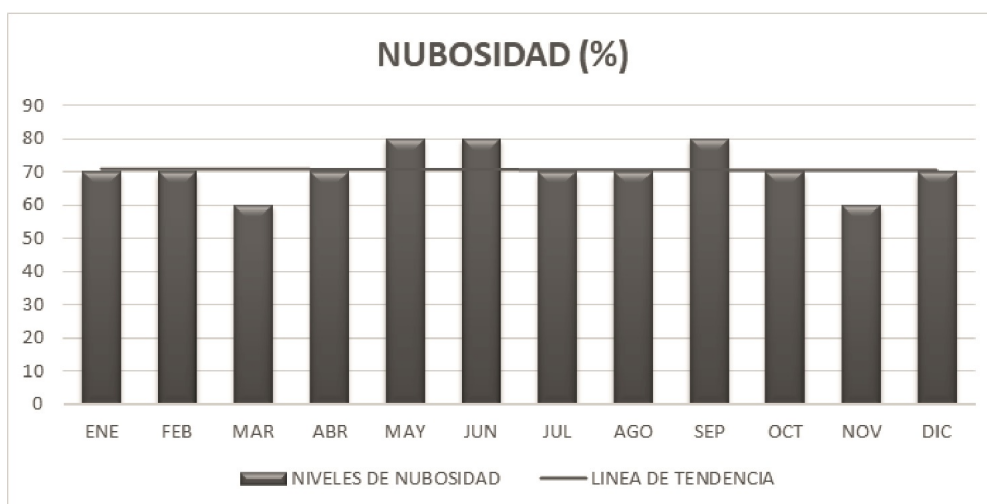
FIGURA 3.6: Vista del cielo de la ciudad de Machala



Nota. Fotografías del cielo de la ciudad de Machala en diferentes horas 9am, 12pm y 6pm.

El porcentaje o nivel de nubosidad de la ciudad está entre el 75 % a 80 % la mayor parte del año, los menores porcentajes de nubosidad son del 60 % que representan solo 2 meses del año (Figura 3.7).

FIGURA 3.7: Nivel de nubosidad anual de la ciudad de Machala

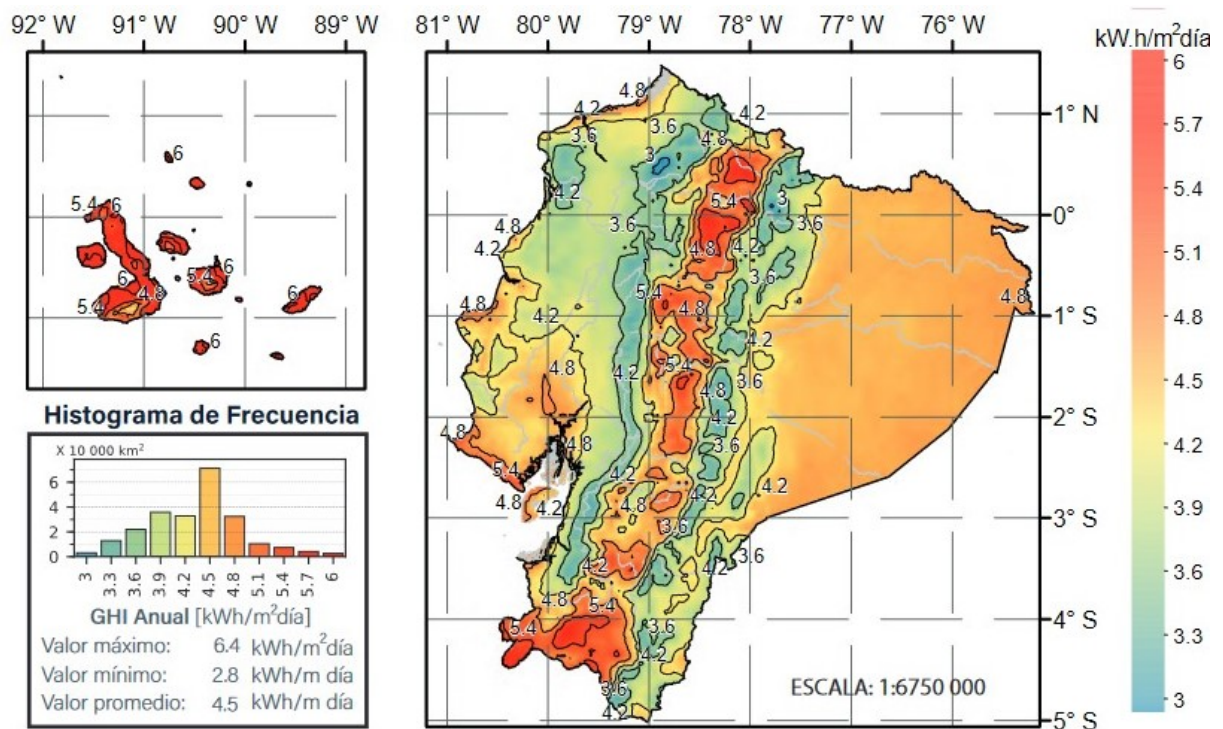


Nota. Grafica de porcentajes de nubosidad en la ciudad de Machala. Fuente: Información estadística tomada de anuario meteorológico INAMHI (2013).

El último factor climático de importancia es la radiación solar. Debido a la ubicación geográfica de la ciudad y su cercanía a la latitud 0°, los rayos solares se manifiestan casi perpendicularmente con el plano horizontal durante el año, por lo tanto, no existe gran variación en el ángulo de incidencia solar con respecto al plano horizontal durante las distintas estaciones del año.

Lo valores correspondientes de los datos de radiación solar engloban a Machala en una zona con valores de radiación solar global en promedio de 4.5 kWh/m² día, sin embargo, en la misma zona se pueden diferenciar oscilaciones que pueden llegar hasta los 6kWh/m² (Figura 3.8).

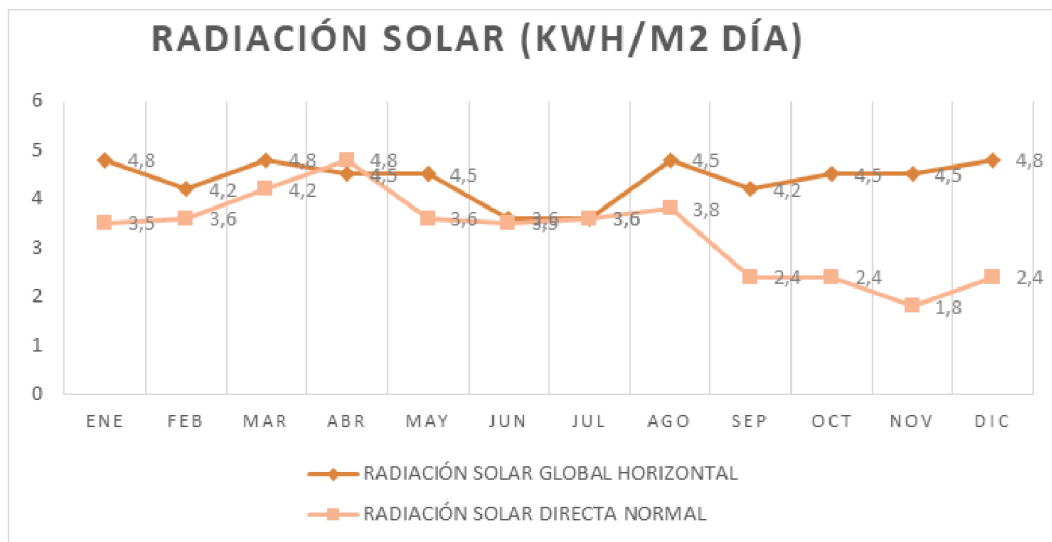
FIGURA 3.8: Radiación solar global de Machala



Nota. Niveles de radiación solar a nivel del Ecuador en donde Machala registra niveles anuales de radiación solar global de 4.5 KWH/m² a 6 KWH/m². Tomado de mapa solar del Ecuador, por [Vaca-Revelo y Ordóñez \(2019\)](https://n9.cl/pzpop), (<https://n9.cl/pzpop>).

De acuerdo a los mapas presentados en el atlas solar del Ecuador (2019) se han obtenido los valores mensuales promedio de radiación solar en Machala. Los valores de radiación solar están comprendidos entre los 4.2KWh/m² a 4.8KWh/m². Los meses de mayor radiación se comprenden en los meses de verano o calurosos que van desde diciembre a mayo, mientras que los menores meses de radiación están entre junio hasta noviembre, considerados como los meses frescos del año (Figura 3.9).

FIGURA 3.9: Valores mensuales de la radiación solar en Machala



Nota. Valores mensuales de la radiación solar. Tomado de mapa solar del Ecuador, por Vaca-Revelo y Ordóñez (2019), (<https://n9.cl/pzpop>)

Todos los datos climáticos de la ciudad de Machala que han sido citados con anterioridad presentan niveles preocupantes sobre el confort térmico de una ciudad. Las altas temperaturas del aire con relación a los porcentajes de humedad y radiación solar, sumada a la actuación de la nubosidad hacen que los rangos de inconformidad del usuario con el ambiente puedan resultar alarmantes, además, hay que considerar que los niveles de inconformidad térmica serán mayores al relacionarse con las características del entorno urbano.

3.3. Características urbanas

La ciudad de Machala fue fundada en 1824, pero desde el año de su fundación no existen datos sobre su evolución urbana. La escasa información que se posee sobre los inicios de la ciudad son relatos de los moradores de antaño, memorias que se han recopilado en distintos textos, en donde todos coinciden que el acelerado crecimiento de la urbe se dio a partir de 1900 con el boom cacaotero y bananero. En el año 2015 se estableció la división político-administrativa de la ciudad con 6 parroquias urbanas las cuales no estaban bien delimitadas.

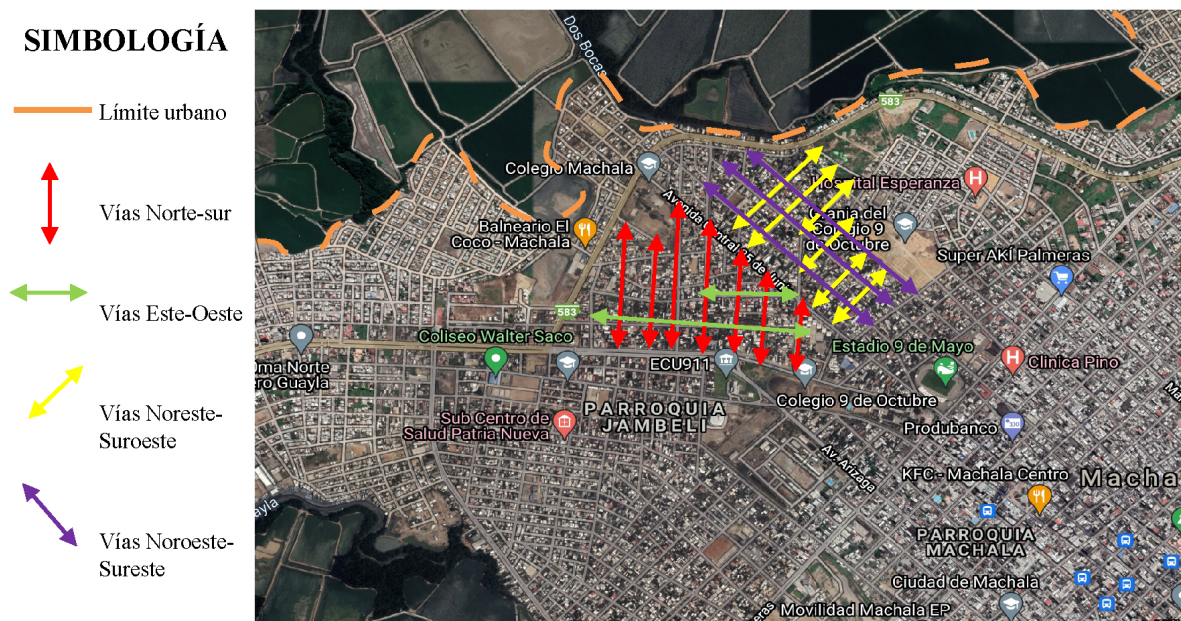
FIGURA 3.10: Regeneración urbana en varios sectores de la ciudad de Machala



Nota. Intervenciones de regeneración en la ciudad de Machala sobre varios sectores de la ciudad y asfaltado de la vía pública. Tomado de Twitter.com, por Falquez (2015), (mobile.twitter.com/CarlosFalquezA).

Con el plan de ordenamiento de 2015 se comienza con la regeneración de la ciudad mediante intervenciones a pequeña escala (Figura 3.10). El darle una nueva forma a la ciudad era imposible porque la mayor parte del territorio ya había sido consolidado, sin embargo, se pretendía reestructurar la forma de las manzanas en caso de ser necesario. Con la reestructuración de manzanas se lograba dar continuidad a los ejes viales permitiendo la comunicación fluida de movilidad en la zona urbana, además, se mejoraba la infraestructura de los barrios urbanos con el objetivo de brindar una vida digna a sus habitantes.

FIGURA 3.12: Variabilidad de sentidos viarios en algunos sectores de la ciudad de Machala



Nota. Muestra de distinta morfología sobre la orientación de las calles en un sector de la ciudad de Machala. Imagen adaptada de [Google Earth \(2021\)](https://n9.cl/r8l4y), (<https://n9.cl/r8l4y>).

Los rasgos edilicios también constituyen parte de las características urbanas de una ciudad, en Machala se hallan zonas variadas que podrían ser distinguidas por el diseño de sus edificaciones, pero sobre todo por la altura de las mismas. En el centro de la ciudad se emplazan el conjunto de edificaciones de mayor altura de la zona urbana debido a que es el área de mayor importancia comercial, mientras que en las áreas que forman las zonas de vivienda comúnmente existen construcciones de 1 a 2 plantas, pero eso no significa que no existan construcciones de hasta 3 plantas en estas zonas, lo que si se da de manera escasa. Al ingreso de la ciudad se ubican el mayor número de urbanizaciones de la ciudad, pero también se identifica por la variedad de edificaciones de uso comercial y terrenos sin construcción (Figura 3.13).

FIGURA 3.13: Características urbanas de distintas zonas de la ciudad de Machala



Nota. Tipología edificatoria de varias zonas de la ciudad de Machala. Tomada de Google Earth (2021), (<https://earth.google.com/web/>).

Cada una de las particularidades de la ciudad de Machala como el sentido de calles y altura de las edificaciones que fueron explicados anteriormente son fundamentales en el estudio del cañón urbano de la ciudad debido a que forman parte de la morfología urbana y esta sumada a los parámetros ambientales del territorio permitirán determinar los efectos que la zona urbana ejerce sobre el confort térmico del usuario al interior de las edificaciones.

3.4. Generalidades de zonas de estudio

En el apartado de las características urbanas de Machala se pudieron apreciar algunas particularidades morfológicas de la ciudad como la variación de sentido en las vías y la altura de las edificaciones. Estas características morfológicas son un indicio de la complejidad de los cañones urbanos que conforman esta ciudad, sin embargo, faltan establecer otros elementos de la morfología urbana para que se pueda desarrollar una selección apropiada de ejemplares que permitan enriquecer los posteriores resultados.

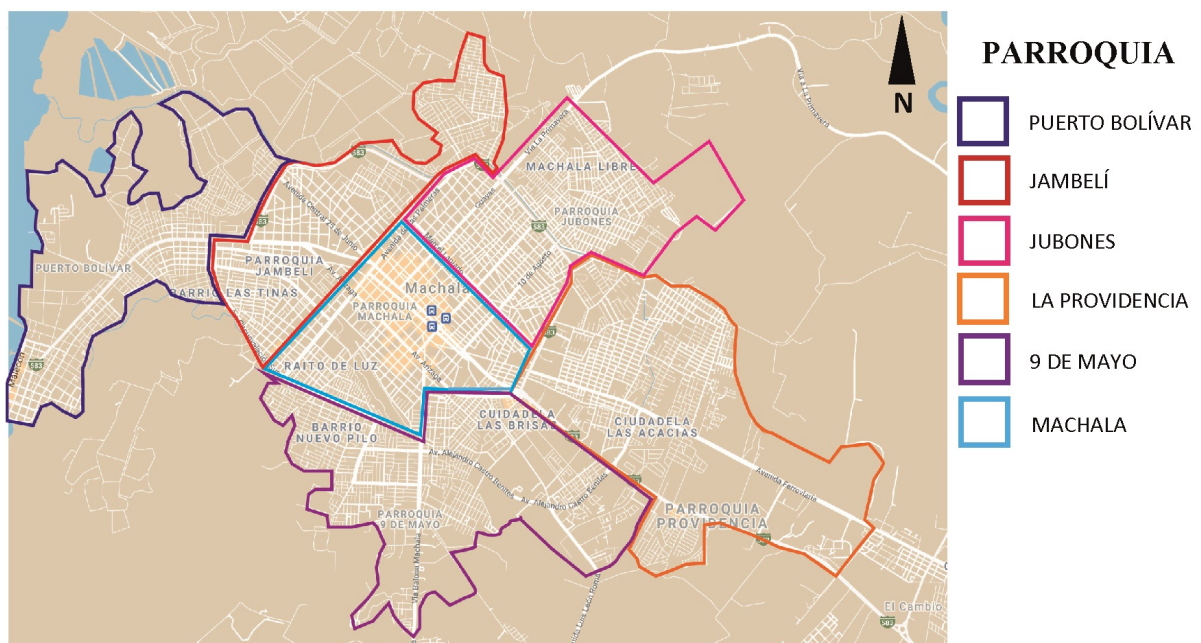
En resumen, la elección de los diferentes cañones urbanos estará basada en todas las características morfológicas que presenten, como las citadas a continuación:

- Sentido de las calles con respecto al sol

- Proporción vial (espacio entre fachada y fachada)
- Altura de las edificaciones (homogeneidad o heterogeneidad)

Una vez concretadas las variables, se puede proceder a la identificación del entorno en el que se ubican los cañones urbanos ya que este paso permitirá reconocer con mayor facilidad los sectores más relevantes de la ciudad y cuáles son las características que generalmente adoptan los cañones urbanos. De tal manera se ha procedido a dividir la ciudad en 6 partes que corresponden a las parroquias de la ciudad según la división político-administrativa (Figura 3.14).

FIGURA 3.14: División político administrativa de la ciudad de Machala



Nota. Parroquias urbanas de la ciudad de Machala. Imagen adaptada de [Google Earth](https://earth.google.com/web/) (2021), (<https://earth.google.com/web/>).

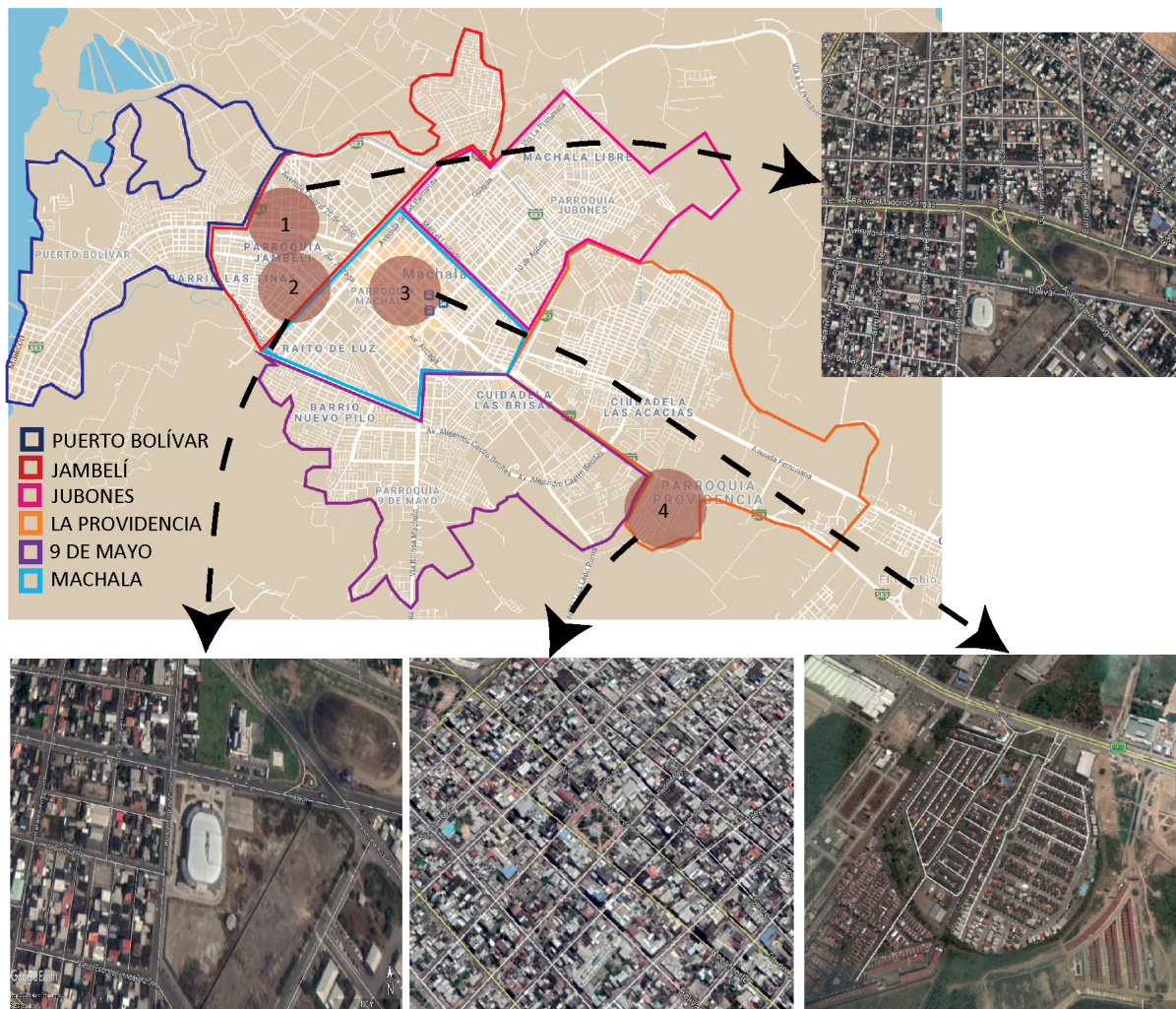
Como se puede observar en el mapa anterior ninguna de las parroquias dispone de una forma y extensión homogénea por lo que las vías se adaptan siguiendo los distintos sentidos de la forma territorial. La irregularidad en el sentido viario será la base para la selección de áreas de donde se tomarán los ejemplares de cañón urbano que servirán para extraer ciertas particularidades que permitirán determinar los modelos para las posteriores simulaciones.

En el siguiente mapa se encuentra la ciudad de Machala dividida por parroquias y dentro de estas parroquias se marcan zonas que disponen una trama urbana con sentidos de direccionalidad viarios distintos (Figura 3.15).

- La primera, ubicada en la parroquia Jambelí en la cual el sentido de calles va de norte a sur y de este a oeste.

- La segunda, se emplaza dentro de la parroquia Jambelí, en esta área existen vías que siguen el sentido noreste a suroeste y perpendiculares a estas vías noroeste a sureste.
- La tercera zona, ubicada en el centro de la ciudad en la parroquia Machala tiene sus vías en sentido noreste a suroeste y noroeste al sureste.
- La cuarta, situada al ingreso de la ciudad en la parroquia la providencia, esta área forma parte de una de las urbanizaciones más conocidas de la urbe y sus calles manifiestan el mismo sentido que los ejemplares 2 y 3.

FIGURA 3.15: Ubicación general de las zonas de estudio en Machala



Nota. Selección general de zonas de estudio desde distintas parroquias de la ciudad de Machala Imagen adaptada de Google Earth (2021), (<https://earth.google.com/web/>).

Con base en las áreas seleccionadas se procederá a la identificación de los cañones urbanos y descripción morfológica de los mismos, porque a pesar de que compartan singularidades sobre direccionalidades viales serán todas sus particularidades morfológicas las que las diferenciarán y darán sentido.

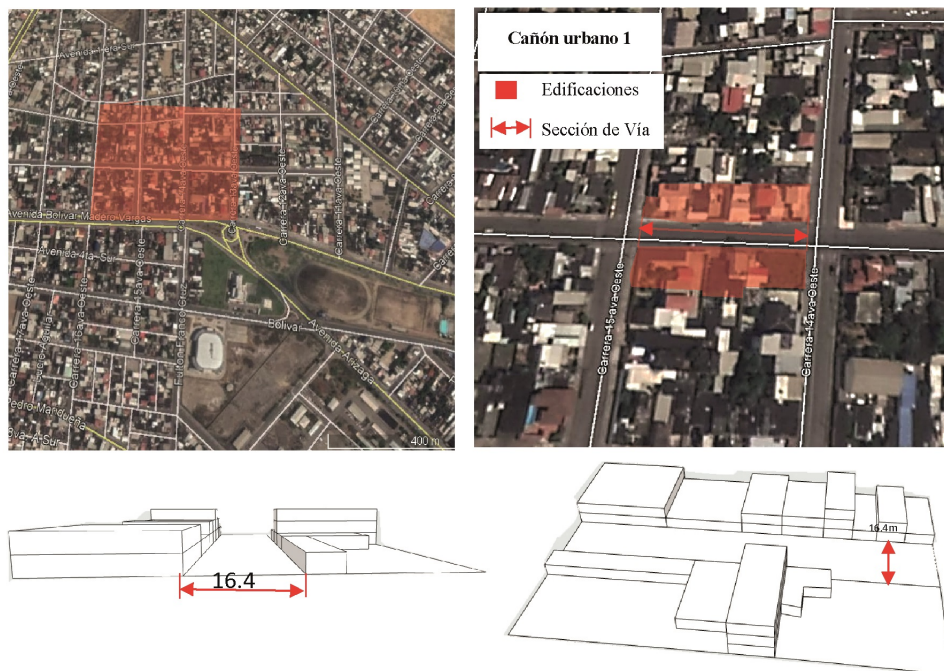
3.4.1. Caracterización de cañones urbanos más relevantes

En el siguiente apartado se describirán 4 modelos que representan las características morfológicas más comunes de los cañones urbanos que se pueden encontrar en la ciudad de Machala, a partir del análisis de los cañones urbanos que se mencionan a continuación será posible el definir los modelos exactos de simulación para el estudio sobre la influencia de los efectos del cañón urbano sobre el comportamiento térmico interior de un elemento edilicio.

Cañón urbano 1: El primer ejemplar se encuentra ubicado en la parroquia Jambelí en la zona 1 referenciada en la figura 41, las características morfológicas del cañón urbano seleccionado son (Figura 3.16):

- Situado en la avenida 405/3era sur entre carrera 14va Oeste y carrera 15va Oeste.
- Sentido de vía este a oeste.
- Ancho de cañón urbano de 16.40 (vía 14m y 1.20m por lado de acera).
- Altura de edificaciones de 1 a 3 plantas.
- Perfil de altura de edificaciones tipo heterogéneo.
- Valor de la relación de aspecto $H/W = 0,18$; $H/W = 0,36$ y $H/W = 0,54$ ($H = 3\text{m}/6\text{m}/9\text{m}$ y $W = 16,40\text{m}$).

FIGURA 3.16: Ubicación y representación de cañón urbano 1

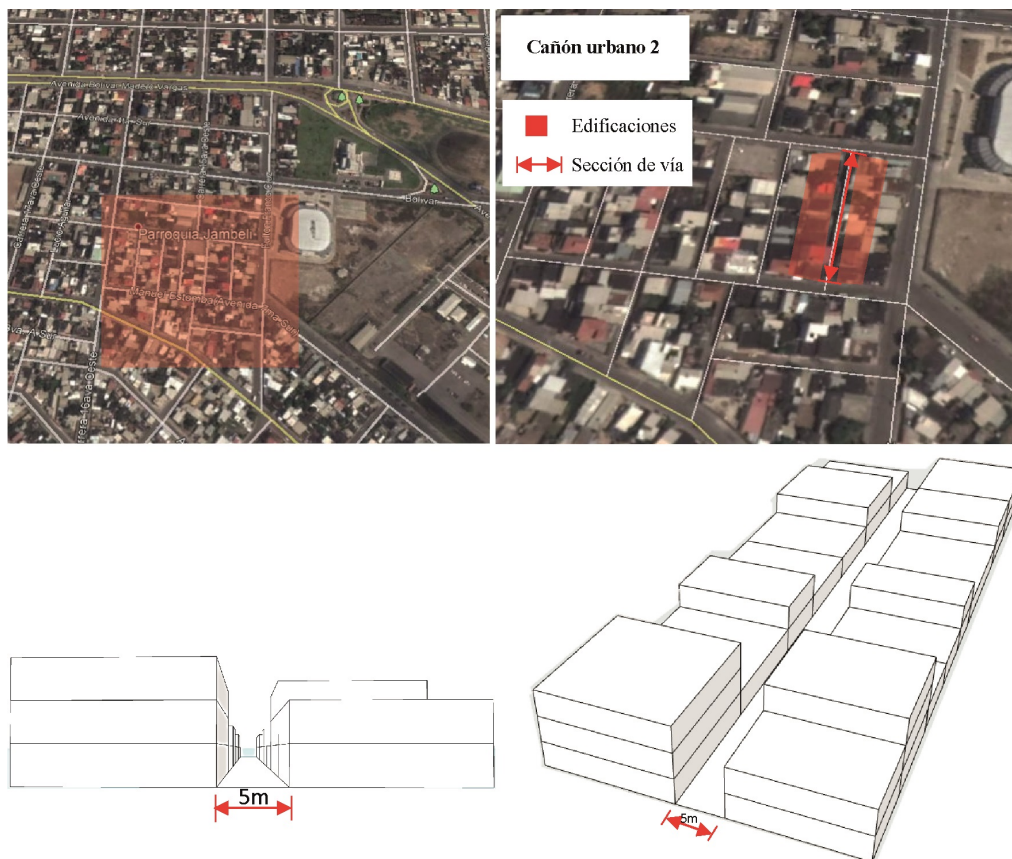


Nota. Zonificación y representación de cañón urbano 1. Ubicación adaptada de [Google Earth \(2021\)](https://n9.cl/r8l4y), (<https://n9.cl/r8l4y>) y configuración de modelos de elaboración propia.

Cañón urbano 2: El segundo cañón urbano (Figura 3.17) se ubica en la parte sur de la parroquia Jambelí y manifiesta un sentido distinto sobre la dirección de las vías con respecto al primer ejemplar, las características de este cañón son las siguientes:

- Situado entre la Av. 14va carrera Oeste entre las calles Manuel Estomba 7ma Oeste y Héctor Bravo Castillo.
- El sentido de vía es de norte a sur.
- El ancho de cañón urbano es de 5m (ancho de vía 3m y 1m por cada acera).
- La altura de las edificaciones va desde 1 planta a 3 plantas.
- Perfil de altura del cañón urbano de tipo heterogéneo.
- Valor de la relación de aspecto $H/W= 0,6$; $H/W=1,2$ y $H/W=1,8$ ($H=3m/6m/9m$ y $W=5m$)

FIGURA 3.17: Ubicación y representación de cañón urbano 2

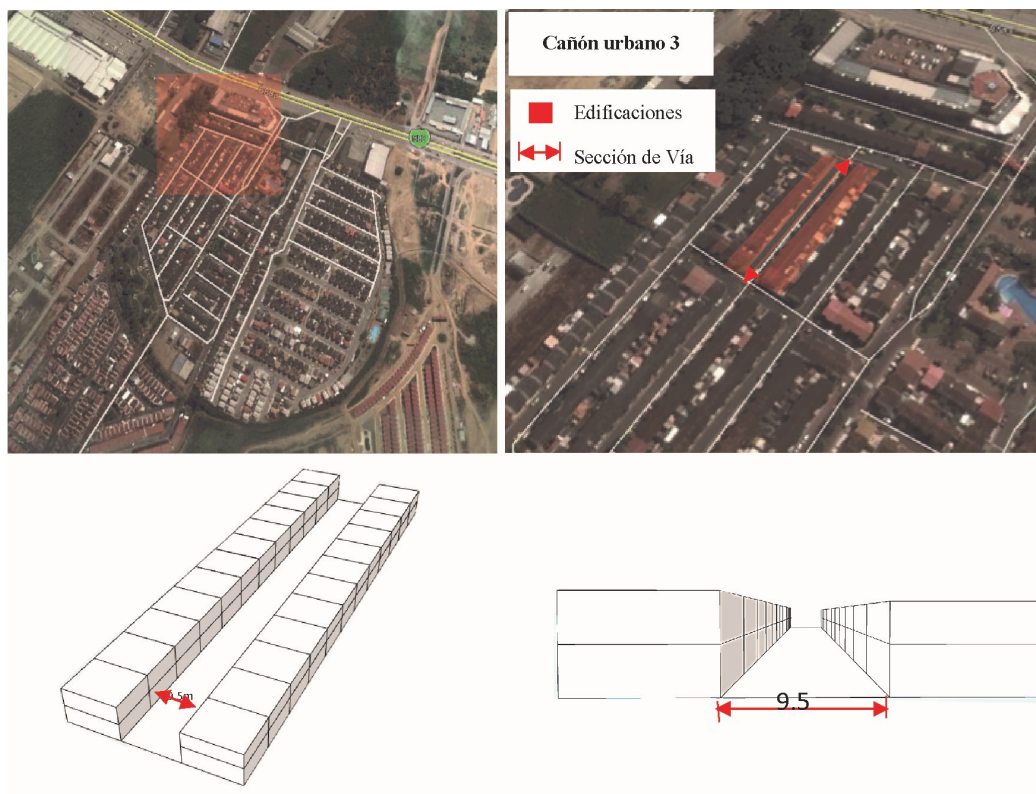


Nota. Zonificación y representación de cañón urbano 2. Ubicación adaptada de [Google Earth \(2021\)](https://n9.cl/r8l4y), (<https://n9.cl/r8l4y>) y configuración de modelos de elaboración propia.

Cañón urbano 3: Este cañón urbano (Figura 3.18) se ubica en la parroquia la Providencia, con ingreso desde la av. El periodista. Se lo encuentra dentro de la urbanización “Ciudad Verde” y cumple especificaciones morfológicas difíciles de encontrar fuera de este tipo de emplazamientos, ya que todo su diseño ha sido planificado, a continuación, se enuncian las características del cañón urbano 3:

- Situado en la urbanización “Ciudad Verde”, próximo al ingreso.
- Sentido de cañón urbano noreste a suroeste.
- Ancho de cañón urbano de 9.5m (4.5m de ancho de vía y 2.5 por lado de acera).
- Altura edilicia de 2 plantas.
- Tipo de perfil de cañón urbano homogéneo.
- Valor de la relación de aspecto $H/W=0,63$ ($H=6m$ y $W=9,5m$)

FIGURA 3.18: Ubicación y representación de cañón urbano 3

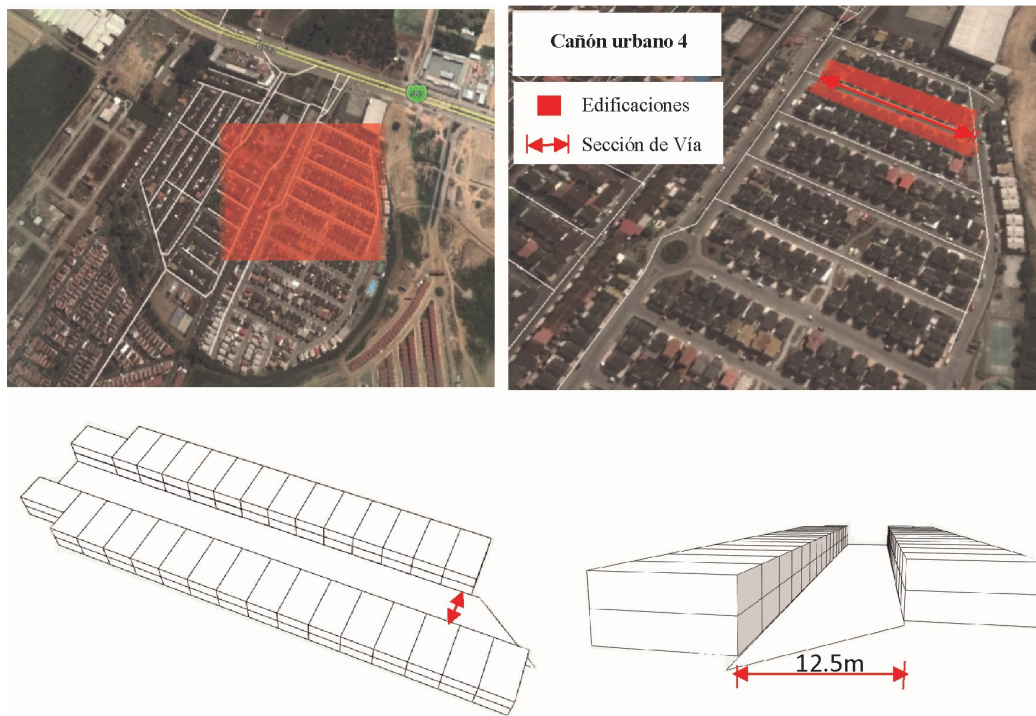


Nota. Zonificación y representación de cañón urbano 3. Ubicación adaptada de [Google Earth \(2021\)](https://earth.google.com/web/), (<https://earth.google.com/web/>) y configuración de modelos de elaboración propia.

Cañón urbano 4: El último cañón urbano (Figura 3.19) pertenece a la urbanización Santa Inés la que colinda con el sector en donde se emplaza el cañón urbano número 4, cumple con características análogas al ejemplar 3 las cuales son las siguientes:

- Dispuesta en la urbanización Santa Inés.
- Dirección viaria en sentido noroeste a sureste.
- Ancho de cañón urbano de 12.5m (7.5m de vía y 2.5m por lado de acera).
- Alto de edificaciones de 2 plantas.
- Perfil edilicio tipo homogéneo.
- Valor de la relación de aspecto $H/W=0,48$ ($H=6m$ y $W=12,5m$).

FIGURA 3.19: Ubicación y representación de cañón urbano 4



Nota. Zonificación y representación de cañón urbano 5. Ubicación adaptada de [Google Earth \(2021\)](https://earth.google.com/web/), (<https://earth.google.com/web/>) y configuración de modelos de elaboración propia.

3.4.2. Resumen de características morfológicas de cañones urbanos más relevantes

Con la información de los 4 cañones urbanos que fueron expuestos con anterioridad se logra establecer las características morfológicas más representativas que componen a

cada cañón, las mismas que se encuentran resumidas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Resumen de características morfológicas de cañones urbanos más relevantes

Ejemplar	Sentido	Altura de edificaciones	Sección de vía	Relación de aspecto
Cañón urbano 1	Norte-Sur	3	16,40	0,18
		6	16,40	0,36
		9	16,40	0,54
Cañón urbano 2	Este- Oeste	3	5	0,6
		6	5	1,2
		9	5	1,8
Cañón urbano 3	Noroeste-Sureste	6	9,5	0,63
Cañón urbano 4	Noreste-Suroeste	6	12,5	0,48

3.4.3. Características materiales de cañones urbanos más relevantes

El conocer los materiales que conforman las envolventes de las edificaciones de los cañones urbanos que se han mencionado es también de suma importancia para el análisis del confort térmico del usuario, debido a que es la fachada de la edificación la que se encuentra en contacto con las condiciones externas y estas generan cambios en el comportamiento térmico del elemento edilicio.

De los 4 cañones urbanos elegidos como referentes se identificarán los materiales predominantes que componen la envolvente vertical y horizontal de las edificaciones, además, se contrastará el análisis de materialidad identificado en el campo de estudio en conjunto con los datos brindados por el INEC (2016, pág. 19) sobre los materiales predominantes a ser utilizados en la construcción de edificaciones de la región Costa.

De acuerdo con lo que se pudo apreciar en los cañones urbanos 1,2,3 y 4 (Figura 3.20) las edificaciones en Machala se constituyen típicamente por un muro conformado por bloque que se ha enlucido de hormigón y que generalmente es coloreado por matices claros. Según los datos de la INEC (2016, pág. 19) el bloque es el material preferido en la construcción de mamposterías a nivel nacional y para la región Costa, por lo que el sistema constructivo con bloque para las paredes se podría adoptar como el más común para la zona en estudio.

Otro de los elementos de importancia que conforman la fachada de una edificación es la ventana ya que utiliza un porcentaje significativo en el diseño de la envolvente vertical, además, de que este elemento interviene en los intercambios de energía entre el exterior e interior del elemento edilicio. Sobre la materialidad de la ventana la NEC (2018, pág.

22) establece al vidrio como el componente principal de la misma, para las zonas cálidas y húmedas como lo es el caso de Machala expone el uso de vidrio con valores de U comprendidos entre 3,81 y 6,81. En correspondencia con la normativa y lo observado en el campo de estudio se define que el vidrio usado en ventanas en las zonas identificadas corresponde al vidrio de tipo simple y transparente con un espesor de 4mm ($U=5,70$) con lo que se estaría acatando a la normativa.

FIGURA 3.20: Características materiales de cañones urbanos 1, 2, 3 y 4



Nota. Cañones urbanos 1,2,3 y 4 respectivamente. Imágenes tomadas de [Google Earth \(2021\)](https://earth.google.com/web/), (<https://earth.google.com/web/>) y configuración de modelos de elaboración propia.

En cuanto al material que conforma la mayor parte del entorno urbano se puede asumir al asfalto como el más representativo, este material se encuentra formando las calles y este elemento es primordial en la morfología del cañón urbano, por tal motivo, no puede ser despreciado.

3.5. Método para caso de estudio

Posterior a la determinación de las características típicas arquitectónicas de viviendas situadas en Machala, además, de las características representativas sobre morfología de cañones urbanos se procede a describir la metodología que será aplicada durante el proceso de evaluación del comportamiento térmico de una edificación situada en el lugar de estudio. La evaluación sobre el comportamiento térmico se regirá en base al impacto de las ganancias térmicas por radiación sobre la envolvente (ventana-fachada) de la edifica-

ción en donde intervienen las características del medio urbano (Orientación y relación de aspecto H/W del cañón urbano).

Específicamente el método planteado para la obtención de resultados sobre el comportamiento térmico de la vivienda serán las simulaciones Digitales, pero previamente a la obtención de resultados por medio de las simulaciones digitales será necesario el establecer algunos pasos previos, correspondientes a; Determinación de instrumento de análisis, Determinación del modelo de estudio, Definición de variables, Medidas, Parámetros de análisis y Periodos de medición.

3.5.1. Determinación de instrumento de análisis

Para obtener resultados validos sobre el comportamiento térmico de una edificación de diferente proporción de ventana-fachada y distinta relación de H/W es necesario establecer un modelo simulación que permita llevar a cabo una serie de experimentaciones mediante el uso del software DesignBuilder.

DesignBuilder es un software de modelado y simulaciones energéticas que admiten obtener resultados cuantitativos avanzados y que están respaldados en el motor de cálculo Energy Plus. El programa relaciona una serie de datos de entrada y un modelo de estudio que haya sido implantado por el usuario para luego hacer posible las simulaciones y emitir valores sobre los cambios de temperatura en la edificación en base a las variables que se han establecido como datos de entrada.

Para el ejercicio de simulaciones se deberán configurar algunos datos relacionados con el aspecto climatológico del lugar, diseño del modelo urbano y arquitectónico, además, de las propiedades térmicas de los materiales utilizados en la edificación que haya sido determinada como “típica” para la ciudad de Machala.

La obtención de datos de diseño para el modelo urbano y arquitectónico se configuran en el programa DesignBuilding de acuerdo a las características que fueron observadas en el campo de estudio y datos brindados por la INEC. Sobre la configuración de los datos climatológicos se asignan valores de acuerdo a la información brindada por el sitio [Climate One Building \(2021\)](#) en donde se encontró el archivo EPW (EnergyPlus Weather Format), cabe recalcar que los datos climatológicos del archivo EPW se contrastó con los datos climatológicos dados por la INAMHI (valores expuestos en el numeral 3.2).

3.5.2. Modelo de estudio y variables para simulación

Este apartado se refiere específicamente a las características de los ejemplares de simulación que serán modelados en el software DesignBuilder. Debido a que el estudio propone la identificación de características de diseño urbano y arquitectónico para mejorar las condiciones de confort térmico en las edificaciones de vivienda situadas en Machala es necesario establecer los modelos de simulación desde el plano urbano y arquitectónico.

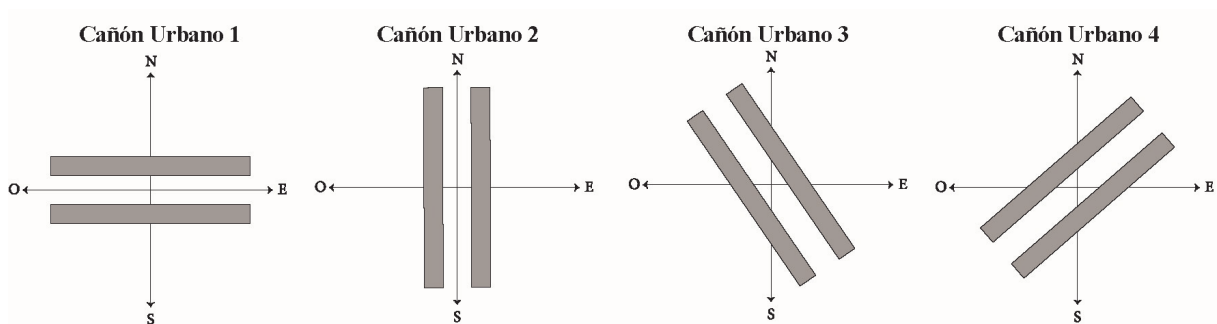
Modelo urbano de simulación: Orientación y relación de aspecto

Las especificaciones sobre el modelo urbano corresponden a la orientación y relación de aspecto (H/W) que son parte de las variables morfológicas del cañón urbano y se consideran fundamentales sobre el control de radiación solar que capta la fachada de las viviendas que se encuentran dentro del mismo.

Para la orientación que adoptaran los modelos de simulación se ha tomado como base las disposiciones típicas de los cañones urbanos de Machala que se analizaron en el apartado 3.4. De tal manera sobre la orientación de los cañones urbanos se identifican 4 sentidos con respecto al norte, en donde se determinan las siguientes direcciones:

- Cañón urbano 1, se emplaza en sentido este-oeste.
- Cañón urbano 2, sigue el sentido norte-sur.
- Cañón urbano 3, muestra la dirección de noroeste-sureste.
- Cañón urbano 4, en dirección noreste-suroeste.

FIGURA 3.21: Cañones urbanos con distinta orientación respecto al norte



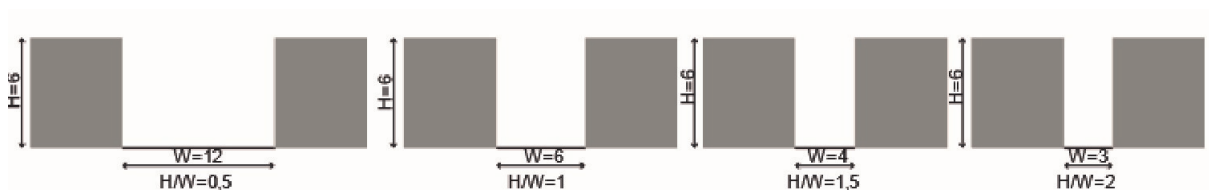
A más de determinar la orientación del modelo de cañón urbano, también se define la relación de aspecto H/W para cada cañón urbano. La altura (H) de las edificaciones del cañón urbano serán de tipo homogéneo estableciendo 2 plantas como altura máxima para los elementos edificios, se decide adoptar esta altura basados en los casos de estudio mostrados en el numeral 3.4. de este capítulo. Sobre el ancho (W) del cañón urbano se determina el uso de 4 variaciones que se fundamentan en la tendencia de los cañones urbanos más relevantes para la ciudad de Machala que fueron expuestos con anterioridad, asignando de esta manera los valores para W de 12mts, 6mts, 4mts y 3mts que corresponderían respectivamente a las relaciones de $H/W=0,5$; $H/W=1$; $H/W=1,5$ y $H/W=2$.

La variabilidad sobre los valores en la relación de aspecto permitirá analizar la influencia de la morfología del cañón urbano sobre el confort térmico en el modelo de simulación.

Tabla 3.2: Variables de especificación sobre modelo urbano de simulación

Modelo urbano de simulación				
Cañón urbano	Sentido	H	W	H/W
1	E-O	6	12	0.5
			6	1
			4	1.5
			3	2
2	N-S	6	12	0.5
			6	1
			4	1.5
			3	2
3	NO-SE	6	12	0.5
			6	1
			4	1.5
			3	2
4	NE-SO	6	12	0.5
			6	1
			4	1.5
			3	2

FIGURA 3.22: Representación gráfica de proporciones de cañones urbanos



Modelo arquitectónico de simulación: tipo, forma y materiales

Una vez que han sido definidas las características morfológicas del modelo de cañón urbano se le da paso a la selección de características arquitectónicas sobre la edificación a analizar.

Los datos de la [INEC \(2016, pág. 21\)](#) establecen que la vivienda es el tipo de edificación de mayor influencia en el país de acuerdo con los registros de los permisos de construcción según el uso de edificación, por lo tanto, el modelo de análisis seleccionado para las

simulaciones será la vivienda. El modelo de vivienda se basa en una planta tipo que corresponde a un ejemplar unifamiliar de la “Urbanización Santa Inés” la que ha sido alterada mínimamente por razones prácticas, el motivo por el que se ha definido como ejemplar para la simulación se da debido a que reúne los rasgos que normalmente se presentan en las viviendas contemporáneas de la ciudad, además, que sus medidas dan al usuario el espacio de confort para desarrollar sus actividades con normalidad.

La vivienda está diseñada para acoger a una familia de 4 personas y cuenta con las áreas esenciales para la realización de actividades cotidianas, siendo estos espacios; sala, comedor, cocina, baño y dormitorios. La edificación es de 2 plantas y tiene una altura en total de 6mts, con altura de 2,80mts de piso a cielo raso.

Sobre las dimensiones generales de la vivienda se proyecta una forma simple y regular, correspondiendo a las dimensiones sobre el plano $X=7\text{mts}$, $Y=6,55\text{mts}$ y sobre el eje $Z=6\text{mts}$, sufriendo una sustracción de la forma en la esquina izquierda de la vista frontal derecha (sustracción rectangular de $1,20\text{m} \times 2,23\text{m}$). El área total de ocupación de la vivienda por piso es de $43,17\text{m}^2$, dando un total de $86,34\text{m}^2$.

Tabla 3.3: Variables de especificación sobre modelo arquitectónico

Modelo arquitectónico para simulación								
Tipo	Planta n°	Espacios	Ocupación	Áreas (m ²)	Dimensión General (m)			Área total (m ²)
					X	Y	Z	
Vivienda	1	Sala	Ocupado	15,17	7	6,55	6	43,17
		Comedor	Ocupado	11,02				
		Cocina	Ocupado	10,90				
		Baño 1	Sin Ocupación	2,35				
		Escalera	Sin Ocupación	6,08				
	2	Dormitorio Máster	Ocupado	10,92				43,17
		Dormitorio 1	Ocupado	9,10				
		Dormitorio 2	Ocupado	9,80				
		Baño 2	Sin Ocupación	4,30				
		Escalera	Sin Ocupación	6,08				
		Pasillo	Sin Ocupación	2,97				

FIGURA 3.23: Plantas arquitectónicas de modelo de vivienda

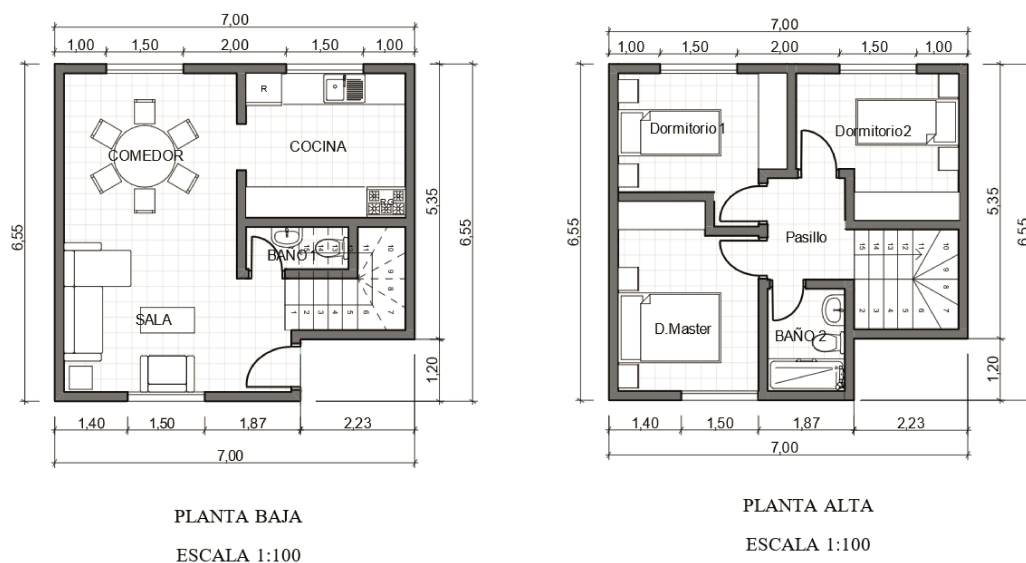
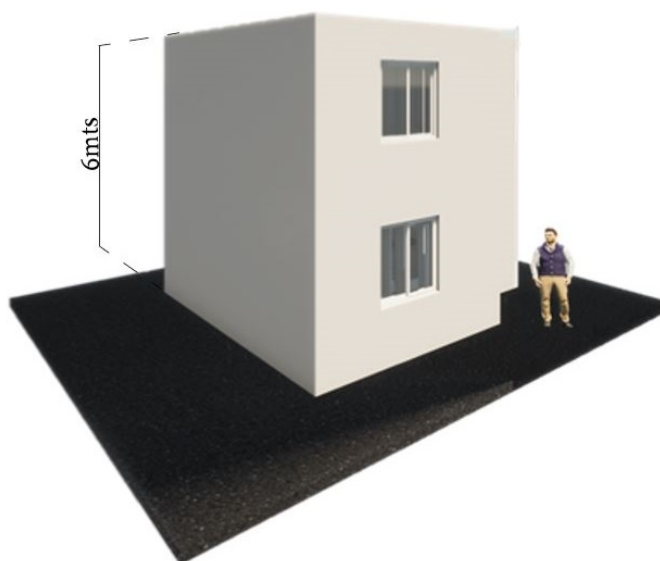


FIGURA 3.24: Perspectiva de modelo de vivienda



En general los espacios de la vivienda se configuran como zonas ocupadas, sin embargo, durante el proceso de simulación las áreas de baños y escaleras al no ser áreas que se usen con frecuencia llegan a determinarse como espacios sin ocupación y por lo tanto sin actividad ninguna, siendo excluyentes sobre los valores de comportamiento térmico de la edificación.

El definir las características materiales de la envolvente de la vivienda también es importante sobre el cálculo del comportamiento térmico de la misma, de tal modo, se han tomado los materiales de uso común en viviendas contemporáneas para la ciudad de Machala que han sido identificadas en el punto 3.4.2 de este capítulo.

Tabla 3.4: Definición de características materiales de la envolvente del modelo de vivienda

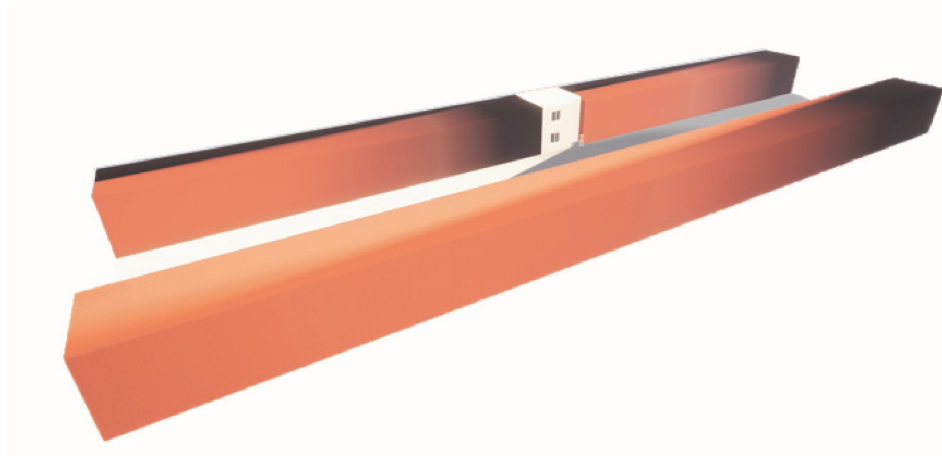
Elementos principales de envolvente			
Elemento	Descripción	Observación	Valor U (W/m ² K)
Muros	- Bloque - Enlucido de hormigón - Empaste de yeso blanco	Espesor de muro de 18cm	5,53
Piso	- Hormigón - Bóndex - - Porcelanato 30cm*30cm	Espesor de piso de 20cm	3,46
Contrapiso	- Bloque - Fundación de hormigón - Bóndex - Porcelanato 30*30cm (acabado de piso) - Empaste de yeso blanco (Cielo raso)	Espesor de 20cm	1,52
Cubierta	- Bloque - Fundación de hormigón - Impermeabilización de membrana asfáltica - Empaste de yeso blanco (Cielo raso)	Cubierta plana de 20cm	3,88
Ventanas	- Vidrio - Marco metálico	Vidrio sencillo claro de 4mm	5,70
Puertas	- Marco y hoja de madera	Dimensiones variables, no se estima su valor U en los cálculos de las simulaciones	—

En las Figuras 3.25 y 3.26 se muestra el modelo de simulación final en donde se puede observar la vivienda que se considera como objeto de estudio y el plano urbano circundante que esta conformado por componentes que representan a las edificaciones que conforman el modelo de cañón urbano.

FIGURA 3.25: Modelo de simulación visto desde el interior del cañón urbano



FIGURA 3.26: Modelo de simulación arquitectónico y de cañón urbano



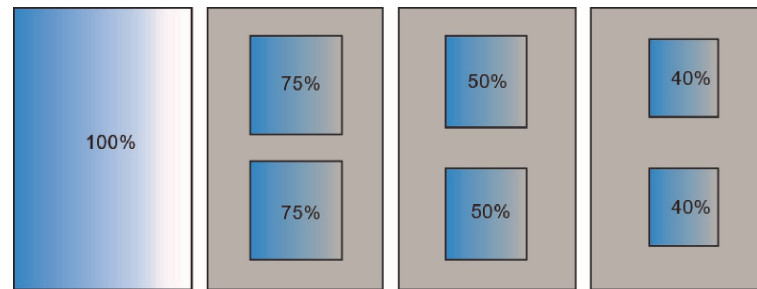
Proporción ventana-fachada

Las ganancias o pérdidas solares que determinan el comportamiento térmico de una vivienda dependen del diseño de la envolvente que siempre está en contacto con el medio externo, de tal manera, el cálculo adecuado entre superficies opacas (muros) con respecto a la ventana es de vital importancia al momento de minimizar las necesidades energéticas de climatización (NEC, 2011, pág. 20). Debido a que la fachada es el medio principal por el que la vivienda se comunica con el entorno se toma a la proporción entre ventana-fachada como variante morfológica para determinar las ganancias o pérdidas de energía en la misma al ser sometida a distintas circunstancias morfológicas de su medio externo inmediato (limitada al impacto de la captación solar en una vivienda en cada una de las variaciones sobre la orientación del cañón urbano, pero principalmente del cambio de relación de aspecto H/W).

La proporción de ventana sobre la fachada se tomará como el medio material dotado de propiedades térmicas que permitirán cuantificar los valores de comportamiento térmico de la vivienda al ser eje regulador de la cantidad de radiación solar que se transmite hacia el espacio habitable de la vivienda.

Las variantes asignadas en este apartado se establecen por 4 porcentajes específicos de estudio que corresponden al 100 %, 75 %, 50 % y 40 % (Figura 3.27). A pesar de que la NEC (2011, pág. 21) establezca que el porcentaje máximo de ventana-fachada (vivienda con ventanas de vidrio de sencillo de 4mm) debe ser de 40 % también se determinan valores superiores ya que la misma normativa exime la cláusula de que si se generan sombras sobre la fachada de alrededor del 50 % se permite aumentar el valor del 40 % de ventana-fachada.

FIGURA 3.27: Proporción ventana-fachada



La Figura 3.27 muestra el diseño arquitectónico sobre las variantes adoptadas en la proporción ventana-fachada, mientras que la Tabla 3.6 y Figura 3.28 especifican la relación del modelo arquitectónico y su relación con las variantes morfológicas del cañón urbano

FIGURA 3.28: Modelo arquitectónico y variación de las relaciones H/W

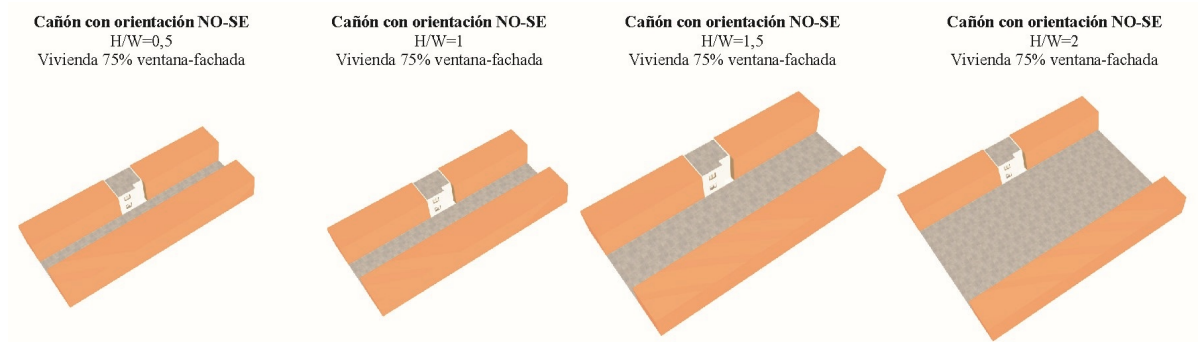


Tabla 3.5: Relación del modelo arquitectónico con respecto a las variantes de morfología urbana

Orientación de cañón urbano	Relación de aspecto H/W	Proporción ventana-fachada (%)			
		100	75	50	40
E-O	0,5	100	75	50	40
	1				
	1,5				
	2				
N-S	0,5	100	75	50	40
	1				
	1,5				
	2				
NO-SE	0,5	100	75	50	40
	1				
	1,5				
	2				
NE-SO	0,5	100	75	50	40
	1				
	1,5				
	2				

3.6. Parámetros y periodos de medición

Los parámetros de medición se refieren a aquellos valores cuantitativos que permiten establecer el comportamiento térmico de una edificación, mientras que los periodos de medición comprenden la medida de tiempo en la que serán desarrolladas las simulaciones.

3.6.1. Temperatura del aire

La temperatura del aire es uno de los parámetros que se utiliza en distintas investigaciones para medir el confort térmico del usuario en los espacios arquitectónicos, además, los métodos de Givoni, Fanger y la NEC establecen algunos rangos de confort térmico apoyados en resultados de la temperatura del aire. Debido a las razones citadas con anterioridad, la temperatura del aire se tomará como uno de los parámetros cuantitativos para constatar si los cambios sobre las proporciones de la relación de aspecto y proporción ventana-fachada en realidad representan mejoras en las condiciones de confort térmico y podrían ayudar a optimizar el comportamiento térmico de la vivienda de manera pasiva. Sobre los resultados de temperatura del aire se tomarán los valores de 20° a 24°C como rango óptimo de confort térmico y entre 24°C a 26°C como una zona permisible de confort, estos valores sobre rangos de confort se basan en los rangos establecidos por la NEC (18°C y 26°C) para edificaciones eficientes energéticamente, pero principalmente se obtienen del ábaco psicométrico de Givoni (20°C y 26°C) que se muestra en la Figura 3.4 de esta tesis.

3.6.2. Consumo energético por refrigeración

A pesar de que sea posible el mejorar las condiciones de temperatura del aire al aplicar estrategias bioclimáticas, en algunas ocasiones no basta con planificar un diseño sustentable pasivo y por esta razón también suele ser necesario la utilización de ciertas fuentes activas de climatización. Por lo tanto, además de considerar a la temperatura del aire como parámetro para determinar las condiciones térmicas también se tomará al consumo energético como parámetro cuantitativo esencial para identificar si los cambios sobre el diseño morfológico del cañón urbano son significativos en el confort térmico. La guía del [Consejo de la Construcción Ecológica de los Estados Unidos \(2009, pág. 19\)](#) se apoya sobre los consumos de energía por refrigeración para la aprobación de edificios térmicamente sustentables y considera que si la edificación que se estudia al ser sometida a ciertas estrategias de optimización térmica presenta ahorros energéticos mínimos del 5% están cumpliendo con el objetivo de la mejora de condiciones sobre el confort térmico y la sustentabilidad. Por lo tanto, para establecer cuál es el mejor diseño de relación H/W y proporción en ventana-fachada que optimice el confort térmico de viviendas situadas en distintos cañones urbanos de la ciudad de Machala se tomaran los resultados de menor consumo energético por refrigeración.

Sobre los consumos energéticos por refrigeración es necesario mencionar que el motor de cálculo Energyplus fue configurado para que el sistema de refrigeración de la vivienda

de estudio sea encendido una vez que la Temperatura del aire superara el rango óptimo de confort térmico correspondiente a 24°C.

3.6.3. Periodos

En cuanto a los periodos de medición que se refieren a la medida de tiempo en la cual se desarrollarán los cálculos de temperatura del aire y consumo energético por refrigeración, se establecen cálculos por mes que dan como resultado valores medios mensuales sobre el comportamiento térmico de la edificación que se analiza.

Tabla 3.6: Resumen general sobre parámetros y periodos de medición

Parámetros y periodos de medición				
Periodos de medición	Parámetros de medición	Símbolo	Unidades de cálculo	Normativa o guía
Meses del año	Temperatura del aire	Tai	°C	NEC (parámetros de eficiencia para edificios energéticamente sustentables) Ábaco psicométrico de Givoni.
Meses del año	Consumo energético por refrigeración	Cer	KWh	LEED AP (cálculos basados en ASHARE 55, 90.1)

Finalizada la etapa de configuración de los modelos de simulación, de los que se trató en el capítulo anterior, se da paso a la exposición de resultados obtenidos en los cálculos de temperatura del aire interior (T_{ai}) y consumo energético por refrigeración (C_{er}) para cada uno de los modelos de vivienda que se encuentran en los distintos cañones urbanos.

4.1. Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre la T_{ai} en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

A continuación, se muestran los resultados por mes de la T_{ai} en viviendas con distinta proporción de ventana (WWR), en donde se analiza la influencia de cada uno de los cañones urbanos que fueron seleccionados para el estudio.

4.1.1. Cañón urbano 1: sentido norte-sur

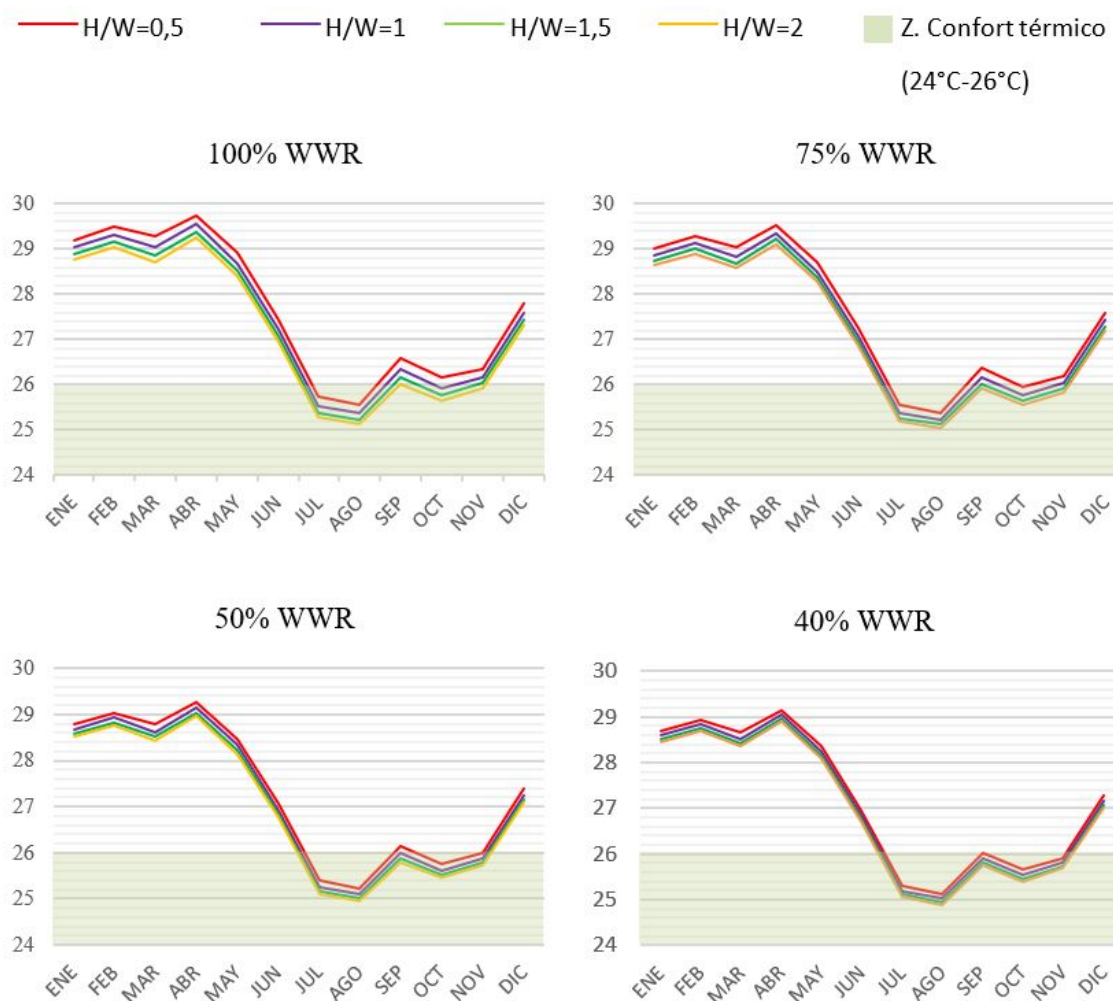
La Figura 4.1 corresponde a los resultados de análisis de la T_{ai} de los modelos de vivienda de distinta WWR que se ubicaron en un cañón urbano de dirección norte-sur con 4 variaciones sobre su relación de aspecto (H/W).

En las gráficas de las viviendas con distinta proporción WWR se observa que existen variaciones en la T_{ai} al cambiar las dimensiones del ancho de calle (H/W) del cañón urbano. A medida que la calle se vuelve estrecha (H/W aumenta su valor) los niveles de T_{ai} decrecen, por lo tanto, se mejoran las condiciones de confort térmico en cada una de las viviendas.

Cada vez que el ancho del cañón urbano decrece ($H/W=0,5$ a $H/W=1$, etc) se da una disminución de T_{ai} en promedio de $0,16^{\circ}\text{C}$, siendo de esta manera que el cañón más amplio ($H/W=0,5$) es el de mayores T_{ai} durante todo el año, mientras que el más estrecho ($H/W=2$) es aquel que mejores condiciones de confort térmico brinda al presentar las menores T_{ai} durante todos los meses del año.

En general, durante los meses comprendidos entre enero a junio no se llega a alcanzar rangos de confort térmico para ninguno de los modelos de vivienda. Pero en los meses de julio a noviembre aquellas viviendas que se ubicaron en el cañón de mayor proporción de calle ($H/W=2$) se encuentran en la zona de confort térmico, sobre todo aquellos modelos de vivienda de 40 % WWR.

FIGURA 4.1: Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano norte-sur



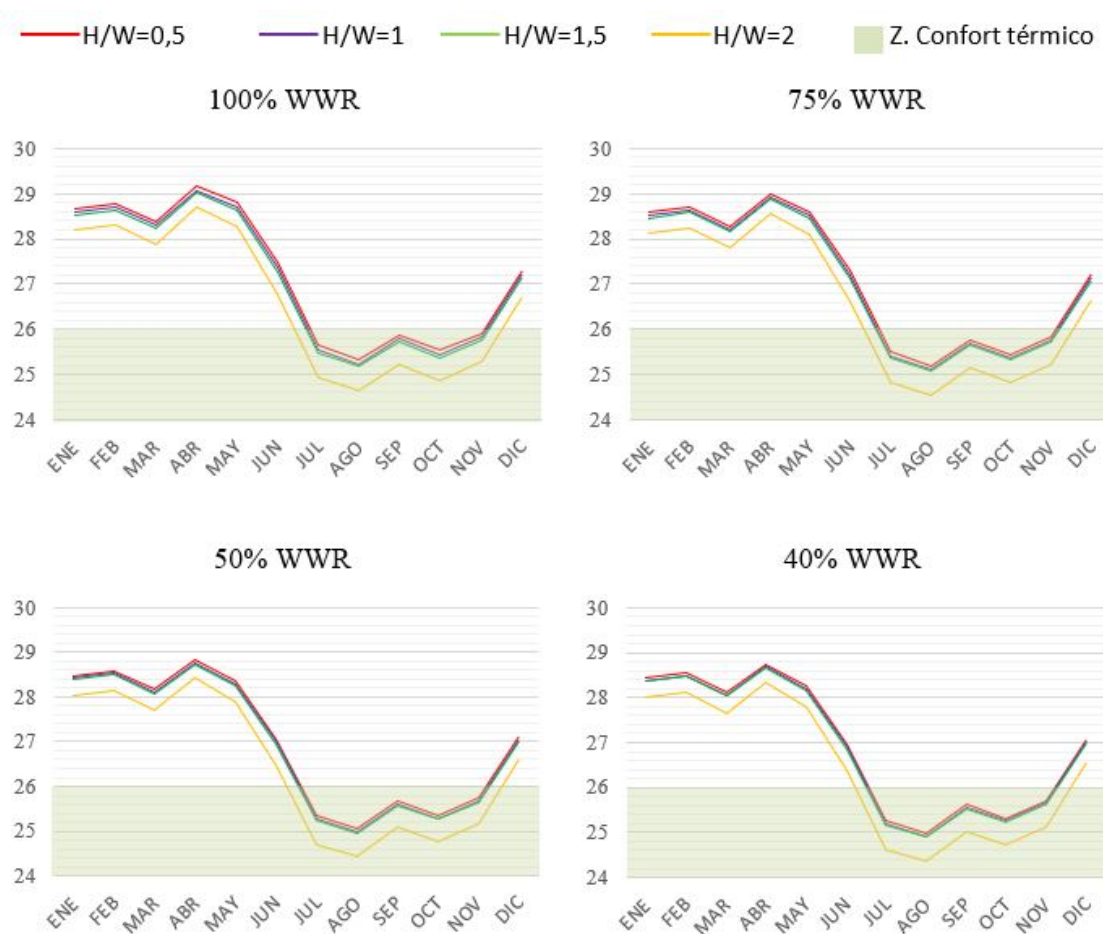
4.1.2. Cañón urbano 2: sentido este-oeste

La Figura 4.2 que se presenta a continuación, corresponde a los resultados de análisis de la Tai de los modelos de vivienda de distinta WWR que se ubicaron en un cañón urbano de dirección este-oeste con 4 variaciones sobre su relación de aspecto (H/W).

En las viviendas que se ubicaron en el cañón este-oeste ha sido posible alcanzar niveles de confort térmico ($24^{\circ}\text{C}-26^{\circ}\text{C}$) en los meses que van desde junio a noviembre en todos los casos de variación de la proporción H/W , sin importar su proporción WWR.

El descenso de Tai aproximado en cada modelo de vivienda al variar la dimensión (aumento del valor de H/W) del cañón urbano es de 0,08°C, sin embargo, en este caso se observa un mayor descenso de la Tai cuando las viviendas pasan de estar en un cañón de relación H/W=1,5 a H/W=2, siendo de esta manera el cañón de menor dimensión en el ancho de calle(H/W=2) aquel que mejores condiciones de Tai presentan.

FIGURA 4.2: Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste



4.1.3. Cañón urbano 3: sentido noreste-suroeste

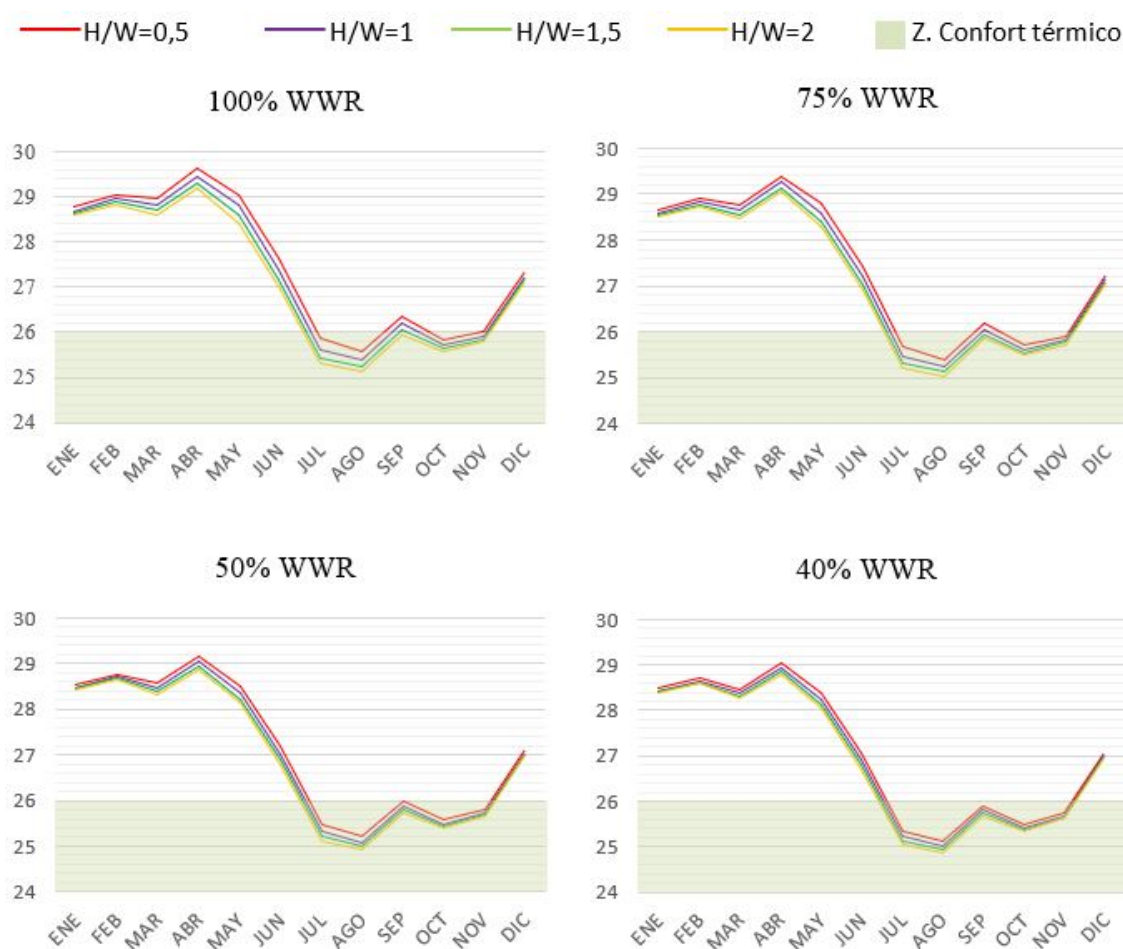
La Figura 4.3 que se expone corresponde a los resultados de análisis de la Tai de los modelos de vivienda con distinta WWR que se ubicaron en un cañón urbano de dirección noreste-suroeste con 4 variaciones sobre su relación de aspecto (H/W).

En el caso de viviendas que se situaron en un cañón de sentido noreste-suroeste se puede notar la diferencia de la Tai al existir cambios en la configuración del cañón urbano, es decir, cuando se dan cambios sobre las dimensiones en el ancho del cañón (valor de H/W).

La Tai va disminuyendo a medida que el cañón se vuelve estrecho (paso de H/W de 0,5 a 1, etc). Se puede decir que la razón por la cual las condiciones de Tai mejoran al estrechar el cañón urbano se da porque existe mayor protección solar de la edificación en estudio debido a la sombra que las edificaciones del entorno proyectan sobre la misma.

Al igual que en los casos anteriores (Figura 4.1 y Figura 4.2) se llega a alcanzar niveles de confort térmico en los meses que van desde julio a agosto, siendo las viviendas que se encontraban en el cañón de relación H/W=2 las que mejores condiciones de confort térmico brindaban debido a que son las de menores Tai durante el año.

FIGURA 4.3: Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste



4.1.4. Cañón urbano 4: sentido noroeste-sureste

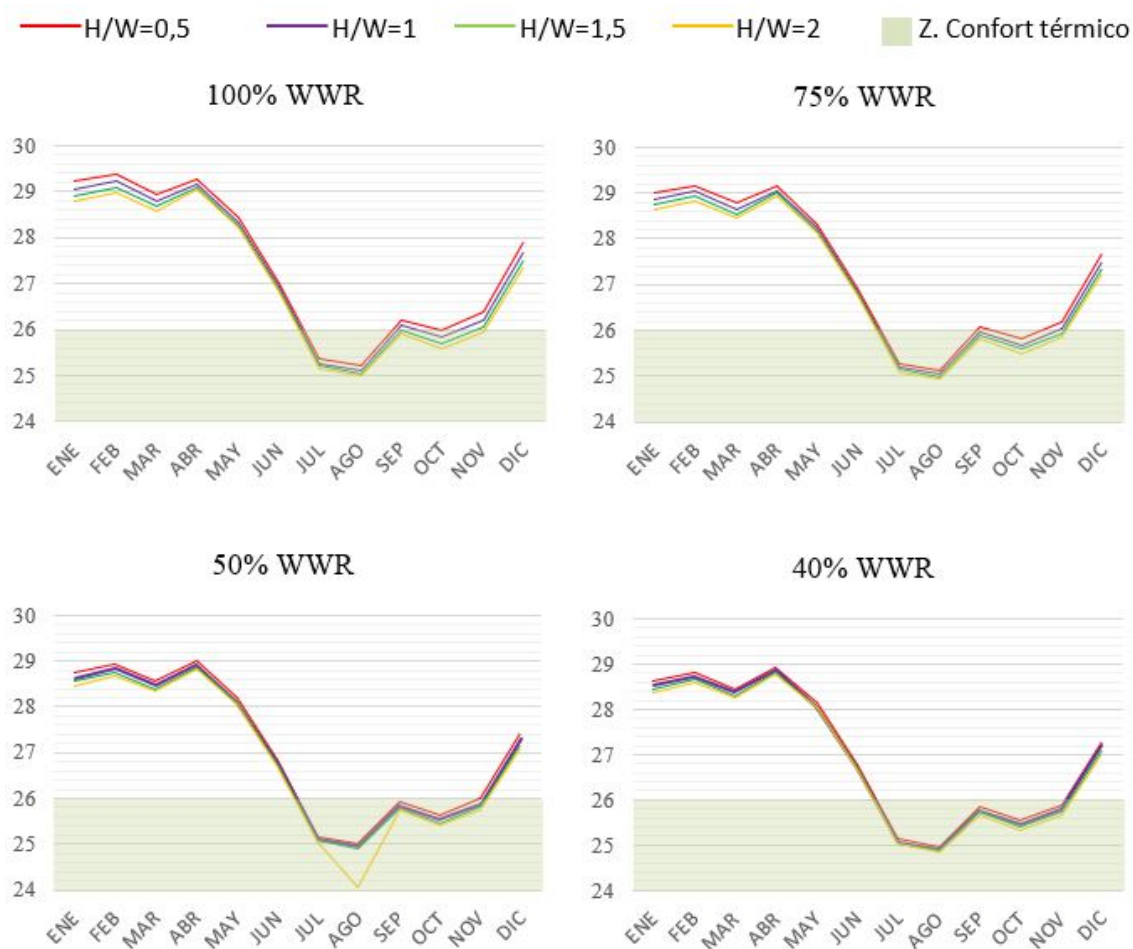
La Figura 4.4 que se presenta a continuación, corresponde a los resultados de análisis de la Tai de los modelos de vivienda de distinta WWR que se ubicaron en un cañón urbano de dirección noroeste-sureste con 4 variaciones sobre su relación de aspecto (H/W).

Las viviendas que se ubicaron en el cañón noroeste-sureste muestran definitivamente la importancia en el diseño de la configuración del cañón urbano al momento de querer brindar confort térmico al usuario en un espacio habitable.

Al disminuir el ancho de calle (aumento en el valor de H/W) en un cañón urbano se comprueba que la sombra o protección solar de una vivienda juega el papel de regulador solar en un lugar cálido al ayudar a reducir las Tai, por lo que mejoran las condiciones de confort térmico sin la necesidad de sistemas de refrigeración o aire acondicionado.

En las gráficas que se presentan en la Figura 4.4 se da un descenso de Tai aproximado de 0,17°C al ir disminuyendo (paso de H/W de 0,5 a 1, etc.) las proporciones del ancho del cañón urbano, siendo de esta manera que el cañón de menor amplitud (H/W=2) es el que está más cerca de cumplir con el estado óptimo de confort térmico (24°C), sobre todo en aquel modelo de vivienda de 40 % WWR.

FIGURA 4.4: Análisis de viviendas con distinta proporción WWR en cañón urbano este-oeste



4.2. Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

A continuación, se muestran los resultados mensuales sobre el consumo energético por refrigeración (Cer) en viviendas con distinta proporción de ventana (WWR), en donde se analiza la influencia de cada uno de los cañones urbanos que fueron seleccionados para el estudio.

En los resultados que se exhiben, se configuró el motor de simulación para que el sistema de refrigeración sea activado una vez que la vivienda experimente Tai mayores a 24°C que corresponde al índice óptimo de Tai que permite brindar confort térmico al usuario.

4.2.1. Cañón Urbano 1: Sentido Norte-Sur

La Figura 4.5 corresponde a los resultados del análisis de Cer en los modelos de vivienda de WWR 100 %, 75 %, 50 % y 40 % que se ubicaron en un cañón urbano en sentido norte-sur con 4 diferentes relaciones de aspecto (H/W).

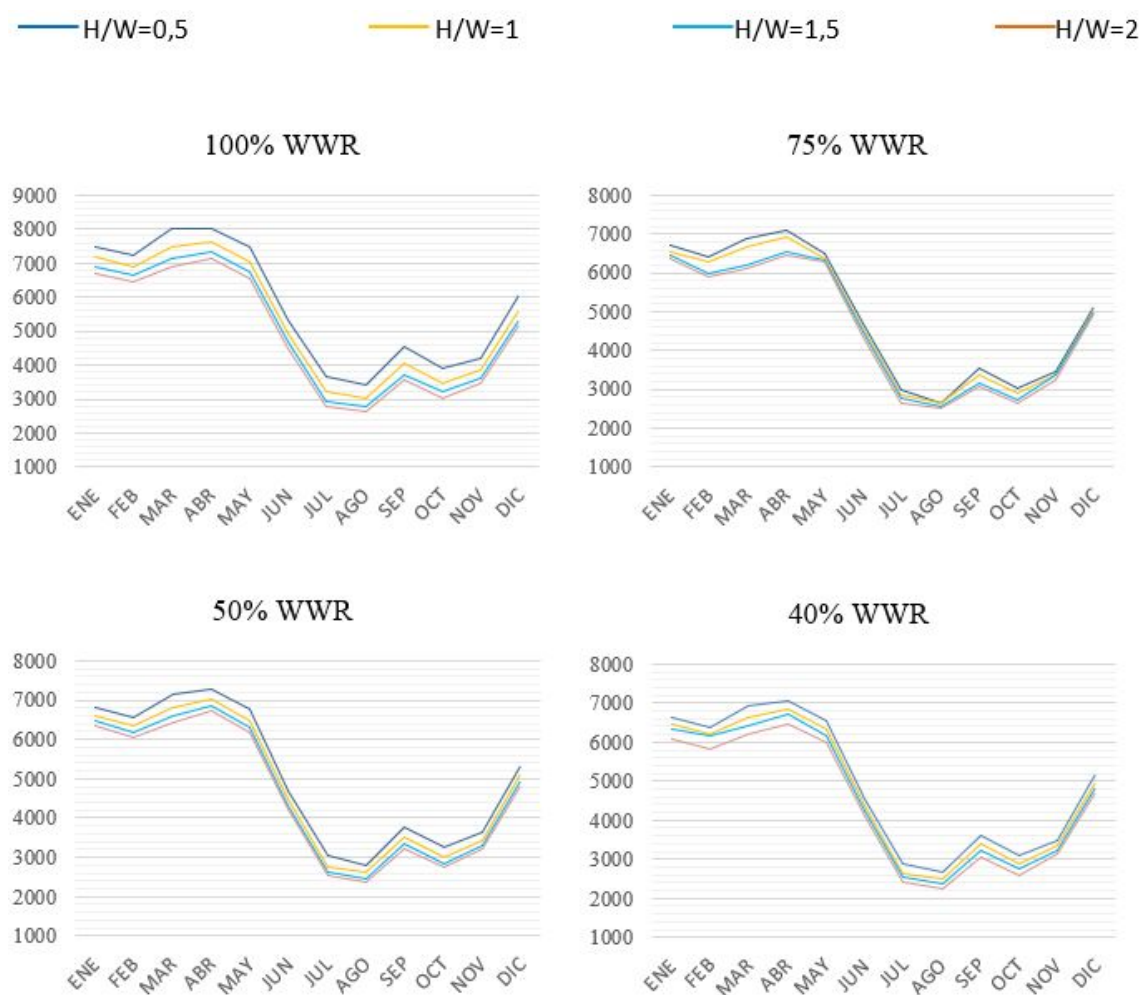
En las gráficas que se exponen en la Figura 4.5 se nota una clara tendencia de reducción en los valores del Cer, este descenso o ahorro energético se da debido a la variación de la proporción de amplitud de calle (cambios en el valor de H/W) de los cañones urbanos.

La dinámica sobre el consumo energético está ligada directamente con los resultados de Tai que fueron presentados en el numeral 4.1., por ejemplo; cada vez que el cañón urbano disminuye en su amplitud de calle (H/W=0,5 a H/W=1, etc) las viviendas experimentan un ahorro del Cer de aproximadamente 150,5KWh, este ahorro esta dado porque al disminuir las dimensiones del cañón, la Tai también disminuye y; por lo tanto, es menor el uso del sistema de refrigeración para brindar confort térmico al usuario.

Al igual que en los resultados de la Tai que fueron presentados, son las viviendas que se ubicaron en el cañón de mayor (H/W=0,5) amplitud, las que más Cer registran durante cada uno de los meses del año, mientras que las viviendas que estuvieron en el cañón de menor (H/W=2) amplitud manifiestan los menores Cer.

Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

FIGURA 4.5: Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.2.2. Cañón Urbano 2: Sentido Este-Oeste

La Figura 4.6 corresponde a los resultados del análisis de Cer en los modelos de vivienda de WWR 100 %, 75 %, 50 % y 40 % que se ubicaron en un cañón urbano en sentido este-oeste con 4 diferentes relaciones de aspecto (H/W).

En los casos presentados existe una tendencia marcada de descenso en el Cer, esta dinámica muestra los mayores Cer desde diciembre a junio debido a que son los meses que presentaban (numeral 4.1.) Tai que estaban fuera (mayores a 26°C) del rango de confort térmico y, por lo tanto, es necesario mayor uso de sistemas de aire acondicionado.

En los meses de julio a noviembre las exigencias para brindar confort térmico al usuario en los modelos de vivienda se reducen, ya que las Tai se mantenían en el límite (26°C) de la zona de confort, sin embargo, sin la ayuda de un sistema de refrigeración no fue posible brindar un estado óptimo (24°C) de confort térmico, por lo cual fue necesario el uso de

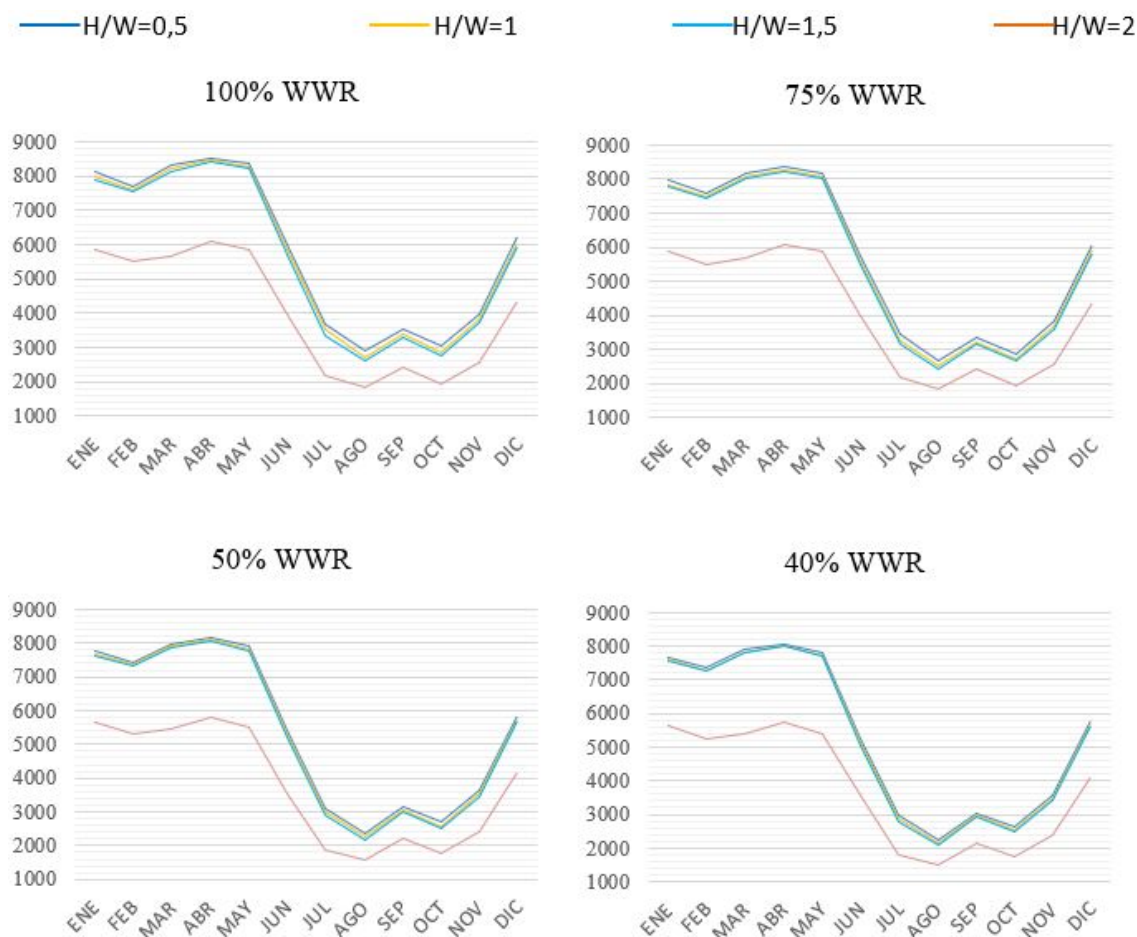
Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

aire acondicionado, pero en menor medida.

La dinámica sobre la variación de Cer al variar la amplitud del cañón urbano es igual a los resultados de Tai que fueron expuestos con anterioridad, los cañones urbanos más amplios ($H/W=0,5$) son los de mayor Cer ya que son los que mayores niveles de Tai presentaban. Mientras, que los cañones urbanos de menor amplitud ($H/W=2$) son los que menor Cer muestran, debido a que la Tai está más cerca de cumplir con el estado óptimo (24°C) de confort térmico.

Por cada cambio en la proporción (paso de $H/W=0,5$ a $H/W=1$, etc.) del cañón urbano se da un ahorro aproximado del Cer de 392,39KWh, lo cual es significativo, aún más cuando se trata del cañón de menor amplitud ($H/W=0,5$), en el cual se registraría un ahorro total de ($H/W=2$), al ser comparado con el de mayor amplitud.

FIGURA 4.6: Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.2.3. Cañón Urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste

Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

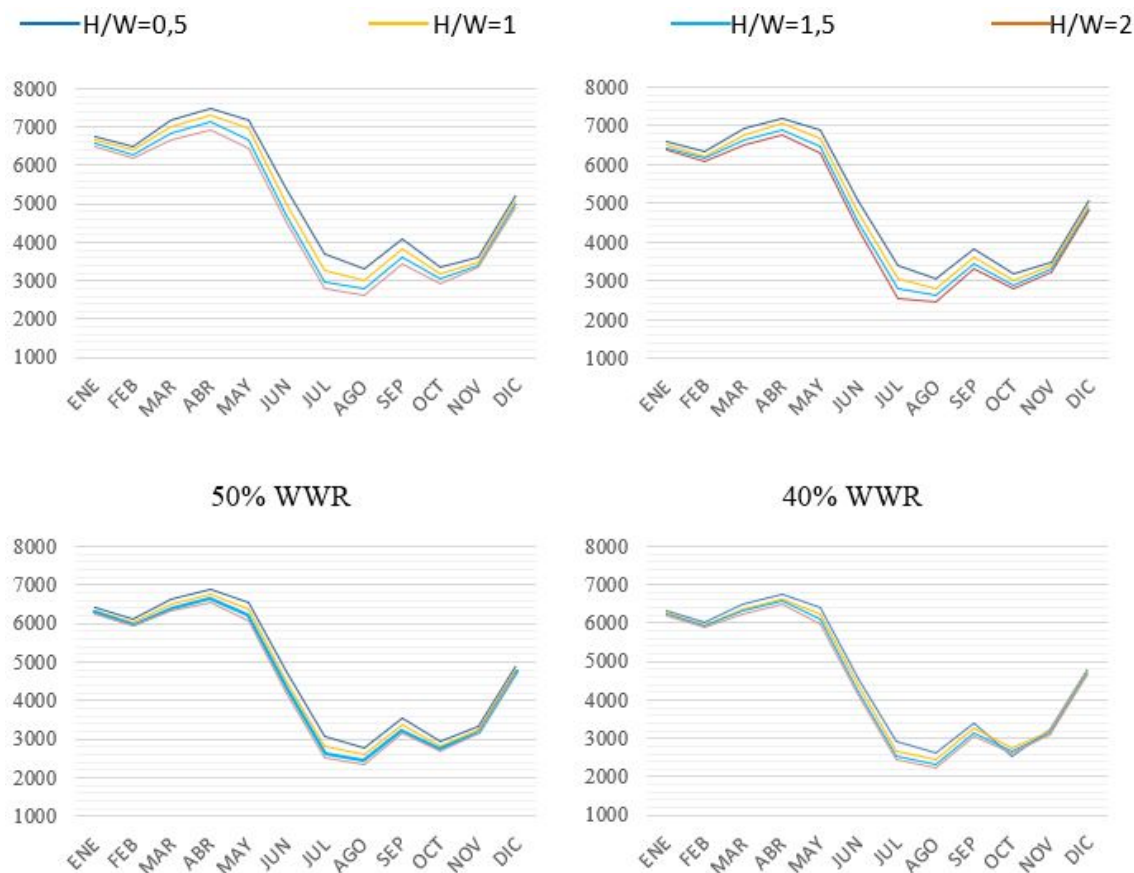
La Figura 4.7 corresponde a los resultados del análisis de Cer en los modelos de vivienda de WWR 100 %, 75 %, 50 % y 40 % que se ubicaron en un cañón urbano en sentido noreste-suroeste con 4 diferentes relaciones de aspecto (H/W).

Los modelos de viviendas que fueron analizadas manifiestan un descenso sobre el Cer al variar la amplitud de calle (valor de H/W) del cañón urbano. Cuando el cañón urbano es más amplio (H/W=0,5) tiene un mayor Cer, mientras que a medida que el cañón se va volviendo estrecho (cada aumento de 0,5 en el valor de H/W) el Cer va disminuyendo.

Los cambios en el Cer al variar las proporciones del cañón urbano están ligados directamente con los resultados de la Tai, al presentar la vivienda mayor Tai mayor será el consumo energético y al contrario a menor Tai, menor Cer debido a que existe menor demanda el uso de un sistema de refrigeración para que la vivienda brinde un estado óptimo (24°C) de confort térmico al usuario.

Por cada variación (paso de H/W=0,5 a H/W=1, etc.) de la amplitud de calle la vivienda presenta un ahorro por Cer de aproximadamente 82,05KWh, lo que significa que en definitiva el considerar el diseño del entorno urbano al construir una edificación es importante ya que permite ahorrar energía al poder controlar de manera bioclimática las condiciones del espacio arquitectónico.

FIGURA 4.7: Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.2.4. Cañón Urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste

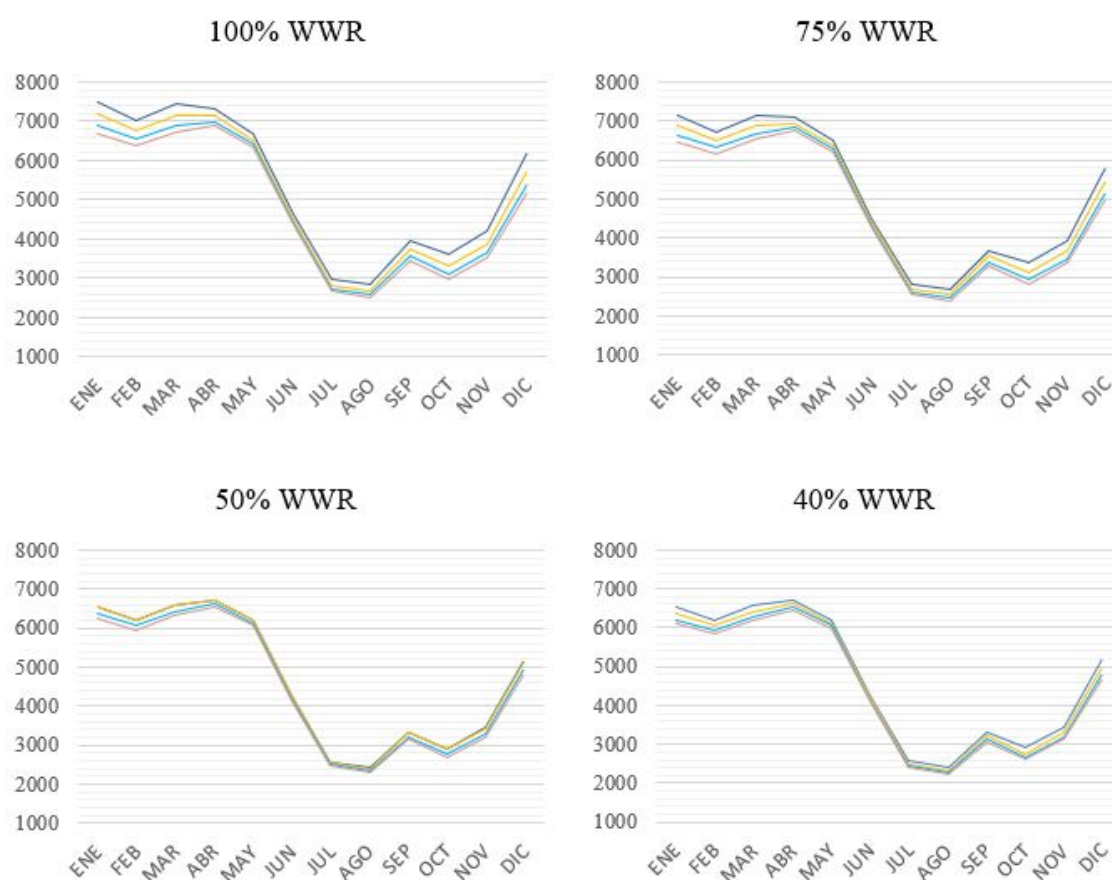
La Figura 4.8 corresponde a los resultados del análisis de Cer en los modelos de vivienda de WWR 100 %, 75 %, 50 % y 40 % que se ubicaron en un cañón urbano en sentido noroeste-sureste con 4 diferentes relaciones de aspecto (H/W).

Al igual que en los casos anteriores, para este cañón urbano se puede observar ahorro en el Cer de los modelos de vivienda al cambiar las proporciones del cañón urbano. Las viviendas con mayor Cer son las que se encuentran en el cañón de mayor (H/W=0,5) amplitud, mientras que las viviendas del menor Cer son aquellas que se ubicaron en el cañón de menor amplitud (H/W=2).

Los resultados sobre el Cer muestran las mismas tendencias que las gráficas mostradas en la Tai; a mayor Tai mayor Cer, mientras que a menor Tai existe una menor exigencia en el uso de sistemas de refrigeración, por lo tanto, disminuye el Cer.

El ahorro en el Cer al ir disminuyendo las dimensiones (paso de H/W=0,5 a H/W=1, etc) de calle del cañón urbano es de aproximadamente de 171,3KWh.

FIGURA 4.8: Análisis de Cer en viviendas de WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.3. Análisis mensual influencia de la proporción WWR (100 %-75 %-50 %-40 %) en cañones urbanos con $H/W=2$

Al comprobar en los resultados de Tai y Cer que el cañón urbano más amplio es aquel que mejores condiciones llega a brindar para el confort térmico en los modelos de vivienda que se ubican en Machala, hace falta comprobar cuál es la proporción WWR para más óptima para la misma ciudad.

A continuación, se presentan los resultados de la Tai y Cer de los modelos de vivienda con distinto porcentaje de WWR que se ubicaron en un cañón urbano con las mismas características sobre dirección y relación $H/W=2$.

4.3.1. Cañón Urbano 1: Sentido Norte-Sur

En la Figura 4.9 y Figura 4.10 se muestran los resultados de las viviendas con distinta proporción WWR al ubicarse en un cañón con dirección norte-sur con la misma relación de aspecto ($H/W=2$).

Se comparan los resultados de viviendas con distinta proporción WWR en el cañón urbano de menor amplitud de calle ($H/W=2$) debido a que fue aquel diseño que brindó las mejores condiciones sobre el confort térmico.

Como se puede observar en la Figura 65 es la vivienda de 40 % WWR la que menor Tai presenta en comparación con los modelos de 100 %, 75 % y 50 % WWR. Aquella vivienda de 100 % WWR es la que tiene los mayores niveles de Tai y a medida que el porcentaje de WWR disminuye la Tai decrece en aproximadamente $0,12^{\circ}\text{C}$.

A pesar de que el diseño arquitectónico de la vivienda representa la reducción de la Tai, es importante mencionar que cuando se sometió a la vivienda a variaciones en su proporción de calle el cambio de Tai fue más significativo con $0,16^{\circ}\text{C}$, sin embargo, es posible brindar un mayor ahorro energético (Figura 4.10) si se trabaja en conjunto contemplando el entorno urbano y el diseño arquitectónico.

FIGURA 4.9: Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %

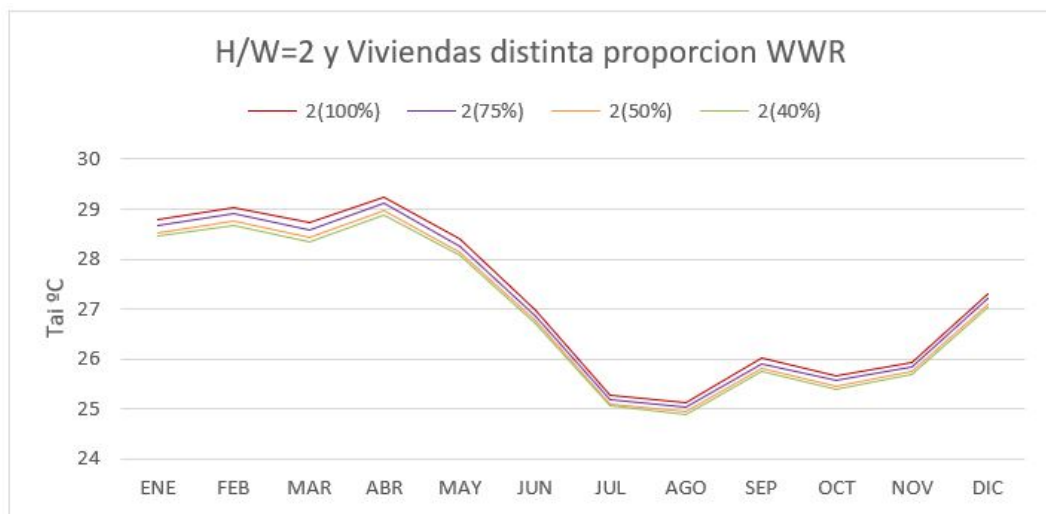
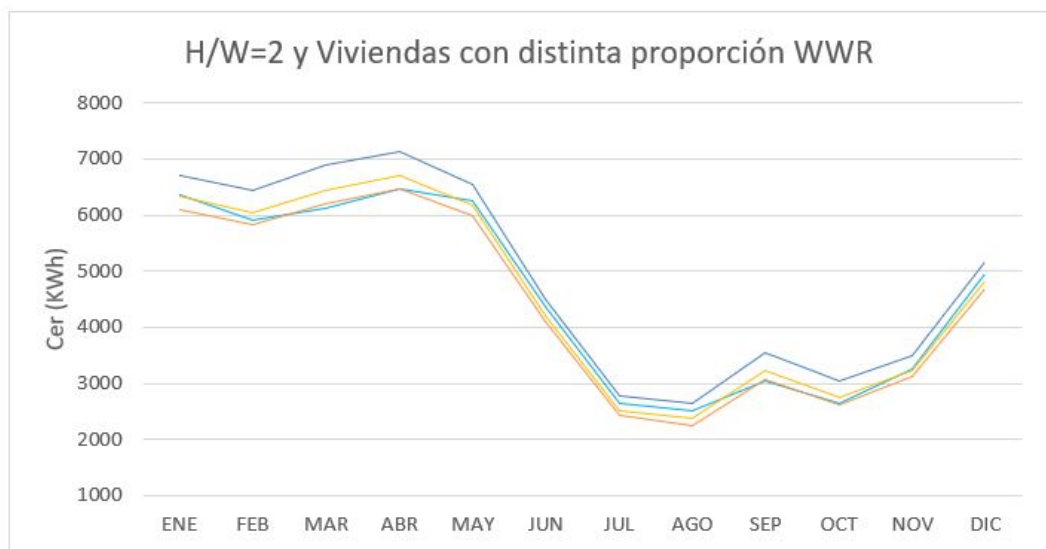


FIGURA 4.10: Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.3.2. Cañón Urbano 2: Sentido Este-Oeste

Para el caso presentado en las Figura 4.11 y Figura 4.12 se puede observar la variación de la Tai y Cer al experimentar con el diseño de la proporción WWR en las viviendas que se ubicaron en el cañón urbano de $H/W=2$.

Ya comprobado que el diseño de cañón urbano más óptimo para brindar confort térmico en la ciudad de Machala es aquel de menor amplitud ($H/W=2$), hace falta analizar el aporte sobre el confort térmico que brinda el diseño arquitectónico de fachada en las viviendas.

Como se puede observar en las Figura 4.11 y Figura 4.12 la tendencia sobre Tai y Cer sigue una relación de descenso al ir disminuyendo las proporciones de WWR. Lo que quiere decir, que aquellos modelos de 100 % WWR representan las mayores Tai y Cer, mientras que los modelos de 40 % WWR brindan las mejores condiciones sobre la Tai y por lo tanto existe un mayor ahorro energético.

Por cada descenso en la proporción de WWR la Tai baja en aproximadamente 0,17°C lo cual significa un ahorro por Cer promedio de 191KWh, a pesar de que la proporción de WWR ayude a disminuir los niveles de Tai y los Cer, no es tan representativo como la configuración del cañón urbano debido que la modificación de las proporciones del mismo significo la disminución de la Tai en 0,18°C con un ahorro aproximado del Cer de 392,39KWh.

FIGURA 4.11: Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %

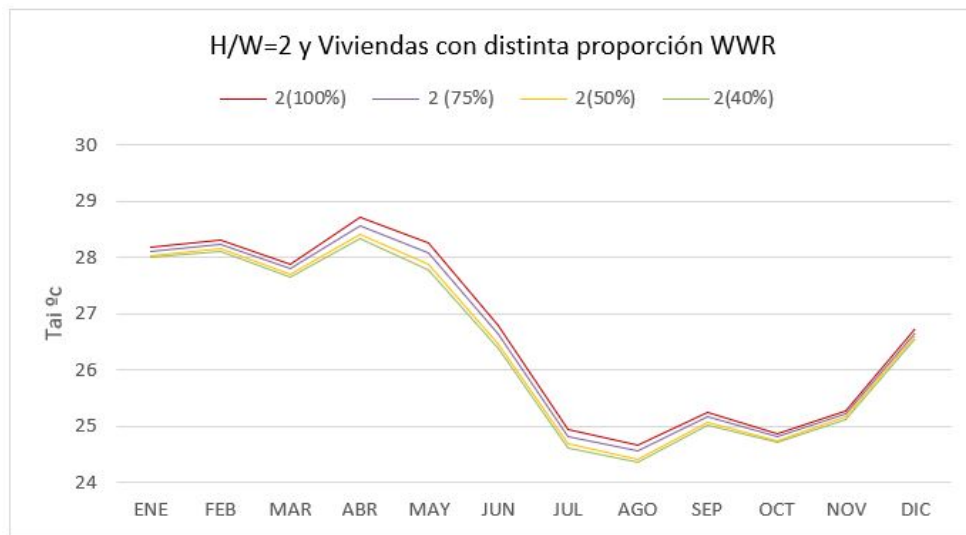
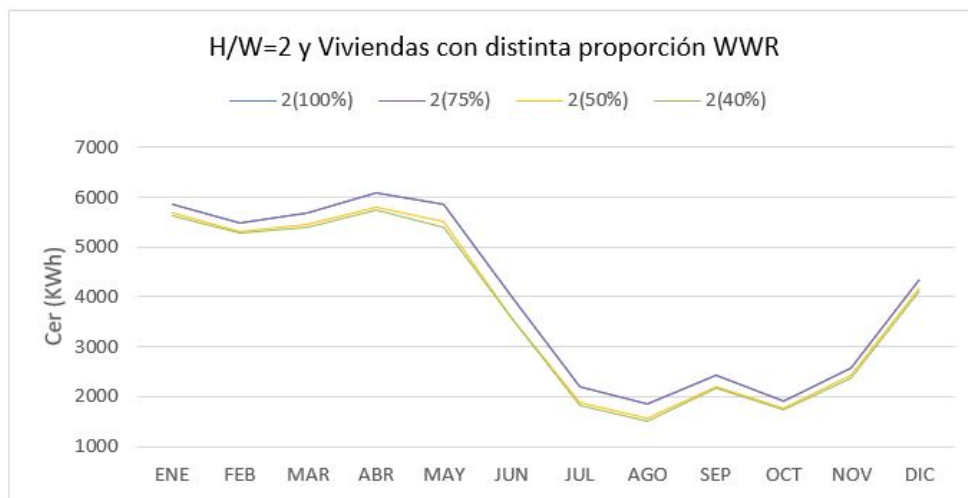


FIGURA 4.12: Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.3.3. Cañón Urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste

Para las viviendas de distinta proporción WWR que se ubicaron en un cañón sentido noreste-suroeste y relación H/W=2, se registraron depreciaciones en los resultados de Tai (Figura 4.13) y Cer (Figura 4.14) al ir disminuyendo la proporción WWR del modelo de vivienda.

Cada vez que la proporción WWR disminuye se da el descenso de la Tai en aproximadamente 0,08°C y existe un ahorro por Cer de 114,7KWh. De acuerdo a estos resultados se llega a comprobar que el diseño arquitectónico ayuda a mejorar las condiciones de confort térmico en las viviendas, sin embargo, fue la variación en la relación de H/W aquella que brindo un mayor aporte sobre la Tai (0,09°C) y ahorro por Cer (82,05KWh).

FIGURA 4.13: Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %

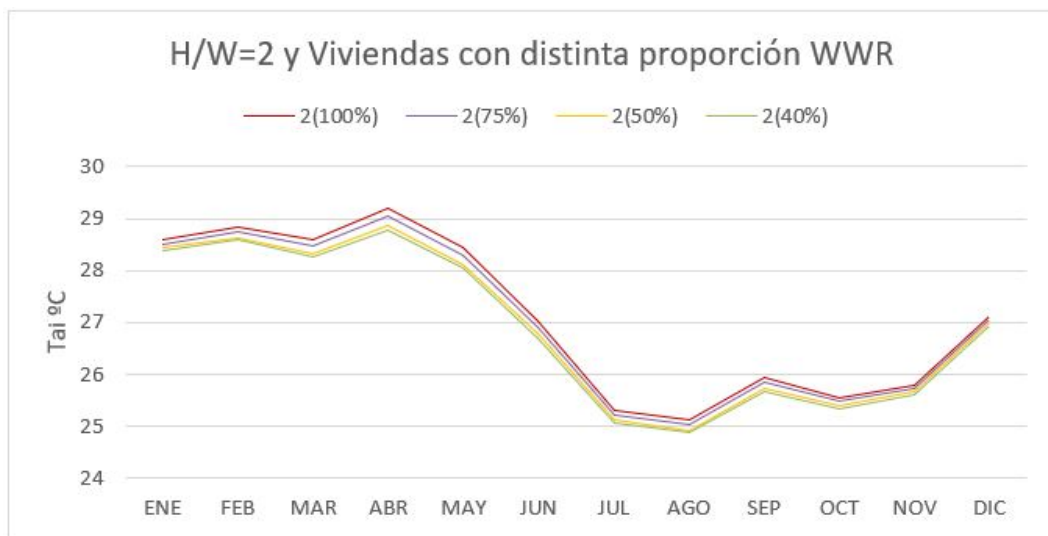
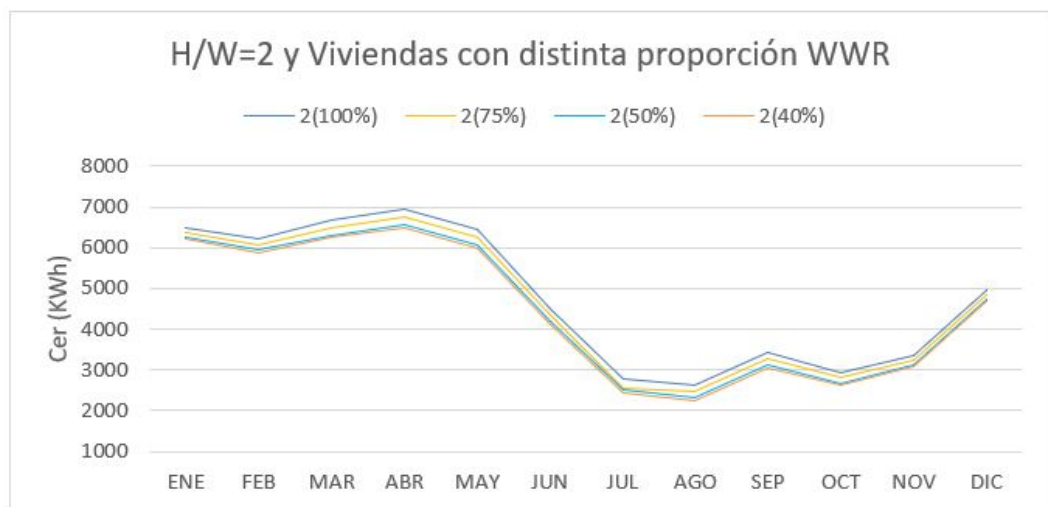


FIGURA 4.14: Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.3.4. Cañón Urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste

Los modelos de vivienda con distinta proporción WWR que se ubicaron en un cañón urbano en sentido noroeste-sureste con relación H/W=2, evidencian un descenso sobre los resultados de Tai y Cer al disminuir sus proporciones de WWR.

Al disminuir el tamaño de la ventana en una vivienda la Tai decrece debido a que se impide el paso directo de los rayos solares hacia el interior de la vivienda, los muros al ocupar mayor espacio en la fachada actúan como una barrera protectora sobre la radiación solar por lo que el espacio habitable se calienta en menor medida.

Para este caso, por cada variación en las viviendas de WWR, la Tai (Figura 4.15) disminuye en aproximadamente 0,15°C con un ahorro por Cer (Figura 4.16) de 215KWh, al igual que en los casos presentados con anterioridad, la vivienda que mejores condiciones manifiesta sobre el confort térmico del usuario es aquella de 40 % WWR.

Cabe recalcar que, aunque la disminución en la proporción de WWR permita mejorar el confort térmico, sigue siendo el control sobre el diseño del cañón urbano (H/W) más representativo sobre el descenso de la Tai y ahorro por Cer.

FIGURA 4.15: Análisis de Tai en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %

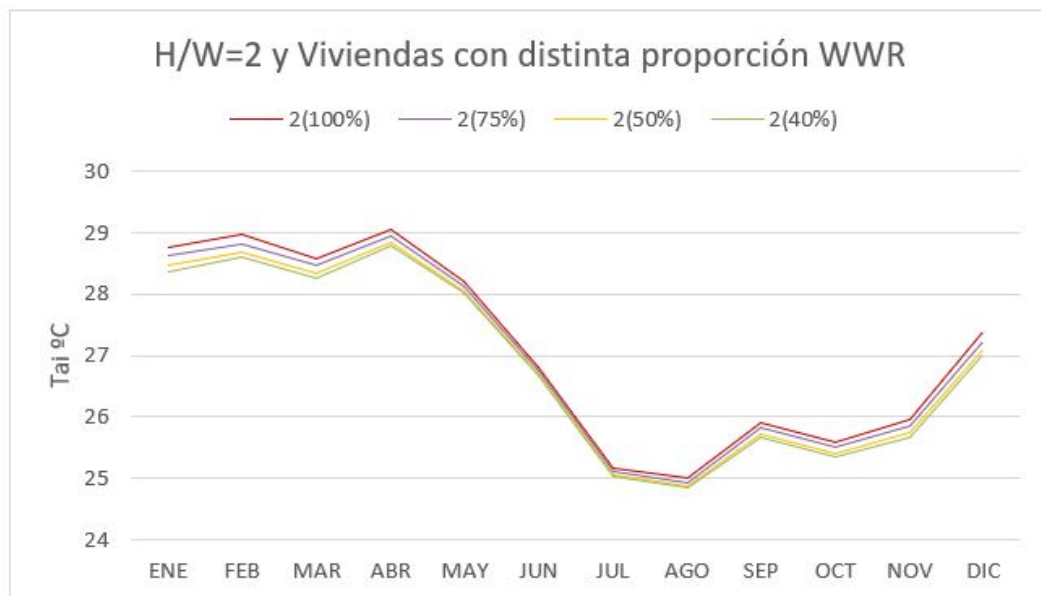
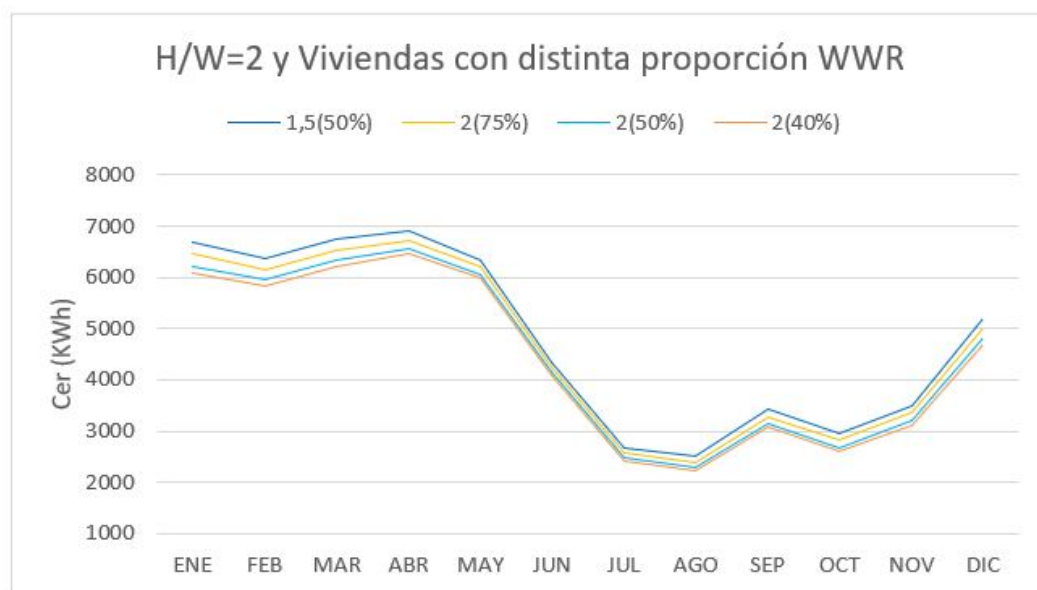


FIGURA 4.16: Análisis de Cer en vivienda WWR 100 %, WWR 75 %, WWR 50 % y WWR 40 %



4.4. Parámetros obtenidos

En el siguiente apartado se resumirán los resultados obtenidos en el análisis de Tai y Cer con el fin de establecer los valores óptimos sobre el diseño del cañón urbano (relación H/W) y proporción ventana-fachada (WWR) para reducir los niveles de Tai y Cer en viviendas ubicadas en la ciudad de Machala (Ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Resumen de resultados obtenidos sobre la proporción H/W y proporción WWR

Resultados sobre H/W			
Orientación	Mejor comportamiento Tai	Mejor comportamiento Cer	Valor obtenido
Norte-Sur	2	2	2
Este-Oeste	2	2	2
Noreste-Suroeste	2	2	2
Noroeste-Sureste	2	2	2
Resultados sobre %WWR			
Orientación	Mejor comportamiento Tai	Mejor comportamiento Cer	Valor obtenido
Norte-Sur	40 %	40 %	40 %
Este-Oeste	40 %	40 %	40 %
Noreste-Suroeste	40 %	40 %	40 %
Noroeste-Sureste	40 %	40 %	40 %

La tabla 4.1 ha permitido encontrar el mejor modelo de cañón urbano y vivienda aplicable para la ciudad de Machala, el que corresponde a un cañón de $H/W=2$ y viviendas con un diseño de 40 % WWR.

De acuerdo, a lo estipulado por la NEC sobre la proporción WWR (40 %) para optimizar el confort térmico en edificaciones en zonas cálidas, se puede afirmar que el 40 % de WWR obtenido mediante análisis es el más recomendado para la zona de Machala, sin embargo, la NEC no estipula dimensiones claras sobre la configuración del entorno urbano que permita lograr el 30 % a 50 % en la proyección de sombras; pero, mediante este trabajo ha sido posible establecer las dimensiones del cañón urbano (H/W) necesarias para mejorar el confort térmico del usuario (Ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Comparativa de resultados obtenidos y normativa nacional

Comparativa normativa y análisis (WWR y H/W)		
Orientación	Valores recomendados por la NEC	Valor obtenido en análisis
Norte-Sur	40 % WWR-30 % a 50 % de sombra	40 % WWR- $H/W=2$
Este-Oeste	40 % WWR-30 % a 50 % de sombra	40 % WWR- $H/W=2$
Noreste-Suroeste	40 % WWR-30 % a 50 % de sombra	40 % WWR- $H/W=2$
Noroeste-Sureste	40 % WWR-30 % a 50 % de sombra	40 % WWR- $H/W=2$

Adoptando los valores obtenidos mediante análisis de la tabla 4.2 como los más óptimos a ser aplicados en el diseño de la configuración del cañón urbano y arquitectónico para brindar confort térmico en edificaciones de la ciudad de Machala, se procederá a proponer modelos que respeten las proporciones $H/W=2$ y vivienda de 40 % WWR que sean aplicables a los cañones urbanos más relevantes de la ciudad de Machala.

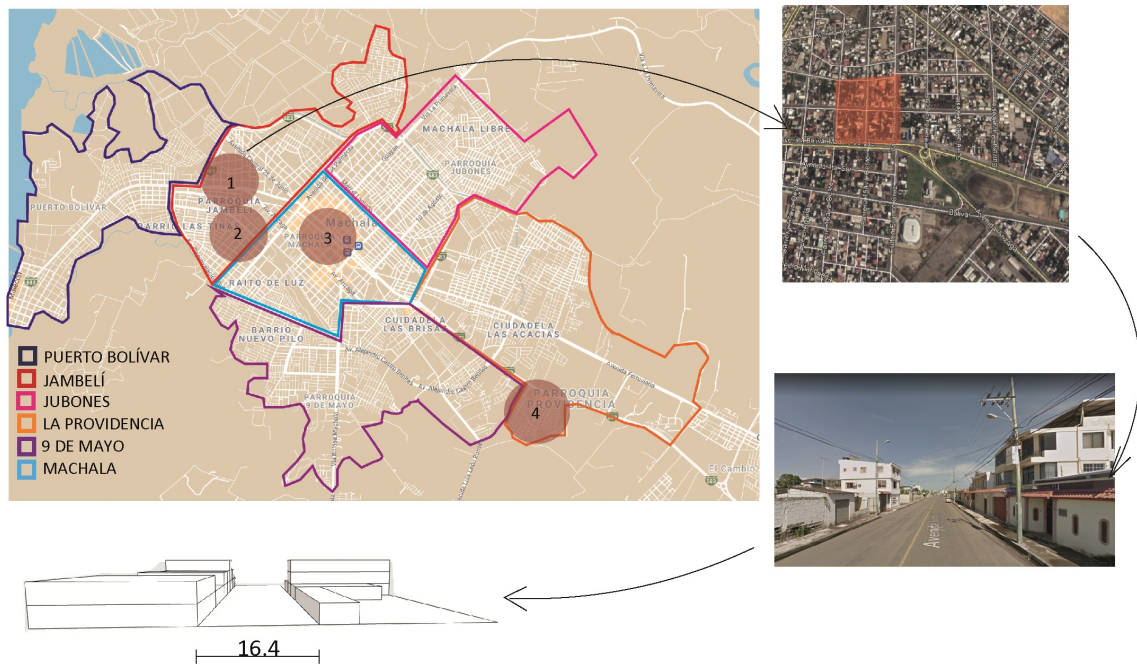
4.5. Aplicabilidad de resultados

De acuerdo al punto 3.4.1. expuesto en el capítulo 3 de este trabajo, los cañones urbanos más relevantes de la ciudad de Machala presentaban dimensiones en su amplitud de calle entre 5m a 16,5m; con alturas de las edificaciones que podían ir desde 3m a 9m, por lo que, se ha decidido dar modelos de aplicabilidad sobre el crecimiento urbano adaptando los resultados obtenidos ($H/W=2$ y $WWR=40\%$) a las dimensiones antes expuestas.

4.5.1. Modelo 1

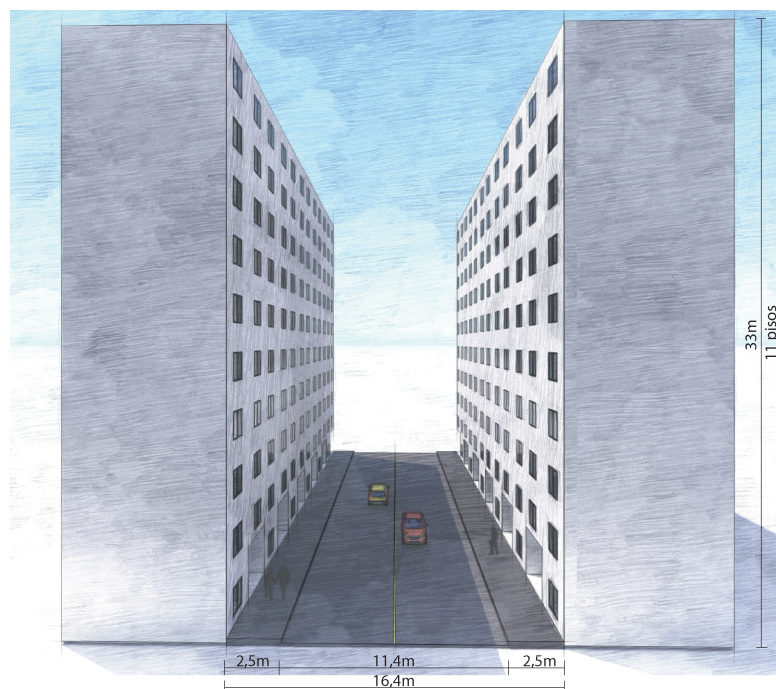
El estado actual del cañón urbano 1 corresponde a una densidad edificatoria de 1 a 3 plantas y una amplitud de calle de 16,40m. Este cañón urbano representa a la zona norte de Machala, específicamente a la parroquia Jambelí (Ver Figura 4.17).

FIGURA 4.17: Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 1



La propuesta para este cañón urbano es el de mantener su amplitud de calle (16,4m) y densificar en altura hasta un máximo de 11 plantas (33m), relación que permitirá respetar el resultado de $H/W=2$ (Ver Figura 4.18), la cual es considerada como las más óptima para brindar confort térmico al usuario en las edificaciones que se sitúan en la ciudad de Machala según los resultados antes expuestos.

FIGURA 4.18: Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 1

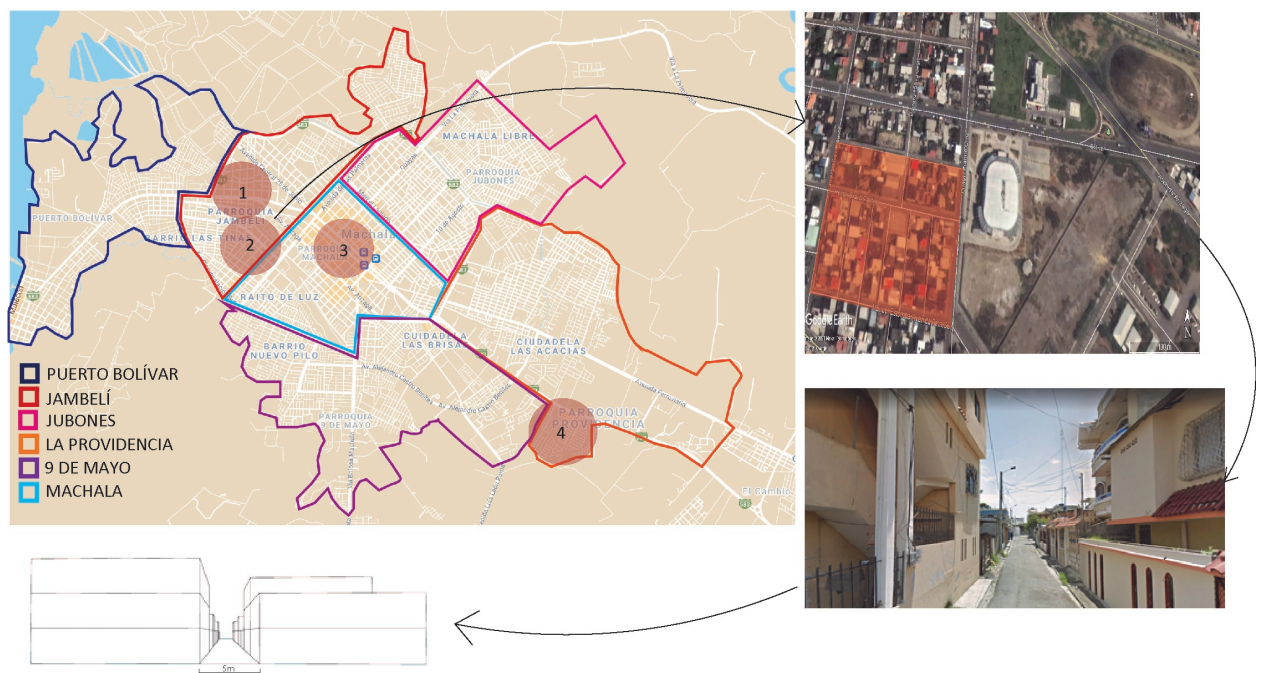


La relación $H/W=2$ expuesta en la Figura 4.18 muestra específicamente edificaciones de hasta 33m de altura con un ancho de calle que dispone de veredas de 2,5m y una doble vía de 11,4m. Además de proponer una altura máxima de densificación en altura, también se debe mantener un porcentaje de 40 % WWR para mejorar las condiciones de confort térmico. Este tipo de propuesta a más de poder ser aplicado al cañón urbano 1, debería ser considerado para todos aquellos que cumplan con las mismas o aproximadas dimensiones viales.

4.5.2. Modelo 2

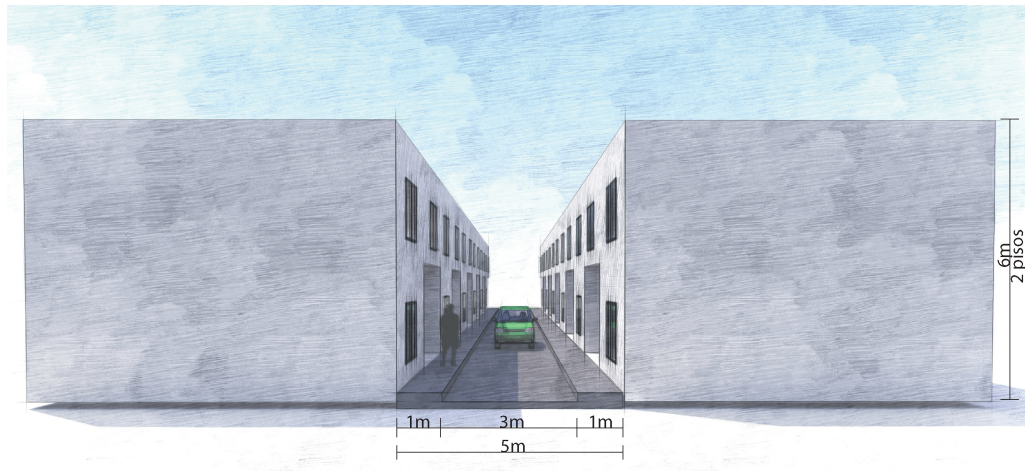
El segundo modelo representa la condición actual del cañón urbano 3, este se ubica en la zona norte de Machala en la parroquia Jambelí. Como se puede observar este dispone de edificaciones que van desde 1 planta a 3 plantas y la sección de vía es de 5m.

FIGURA 4.19: Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 3



La propuesta para cañones urbanos que dispongan de la misma sección vial del cañón 3 concierne a la densificación en altura de hasta 2 plantas, por lo tanto, sería necesario asentar lineamientos para el sector en donde no se puedan seguir construyendo viviendas que pasen los 6m. A más de la especificación de $H/W=2$ para sector, es importante que los diseños de vivienda que se sitúen en estos emplazamientos cuenten con dimensiones máximas de 40 % WWR, ya que este porcentaje sobre el diseño de fachada ayuda a reducir la Tai y los Cer.

FIGURA 4.20: Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 3



4.5.3. Modelo 3

El tercer modelo corresponde a las características de sección vial del cañón urbano 2, actualmente este presenta condiciones de 6m de altura, es decir, sus edificaciones tienen un máximo de 2 plantas. Este cañón representa a las actuales urbanizaciones de la ciudad de Machala, específicamente se ubica en la parroquia la providencia en la urbanización ciudad verde (Ver Figura 4.21).

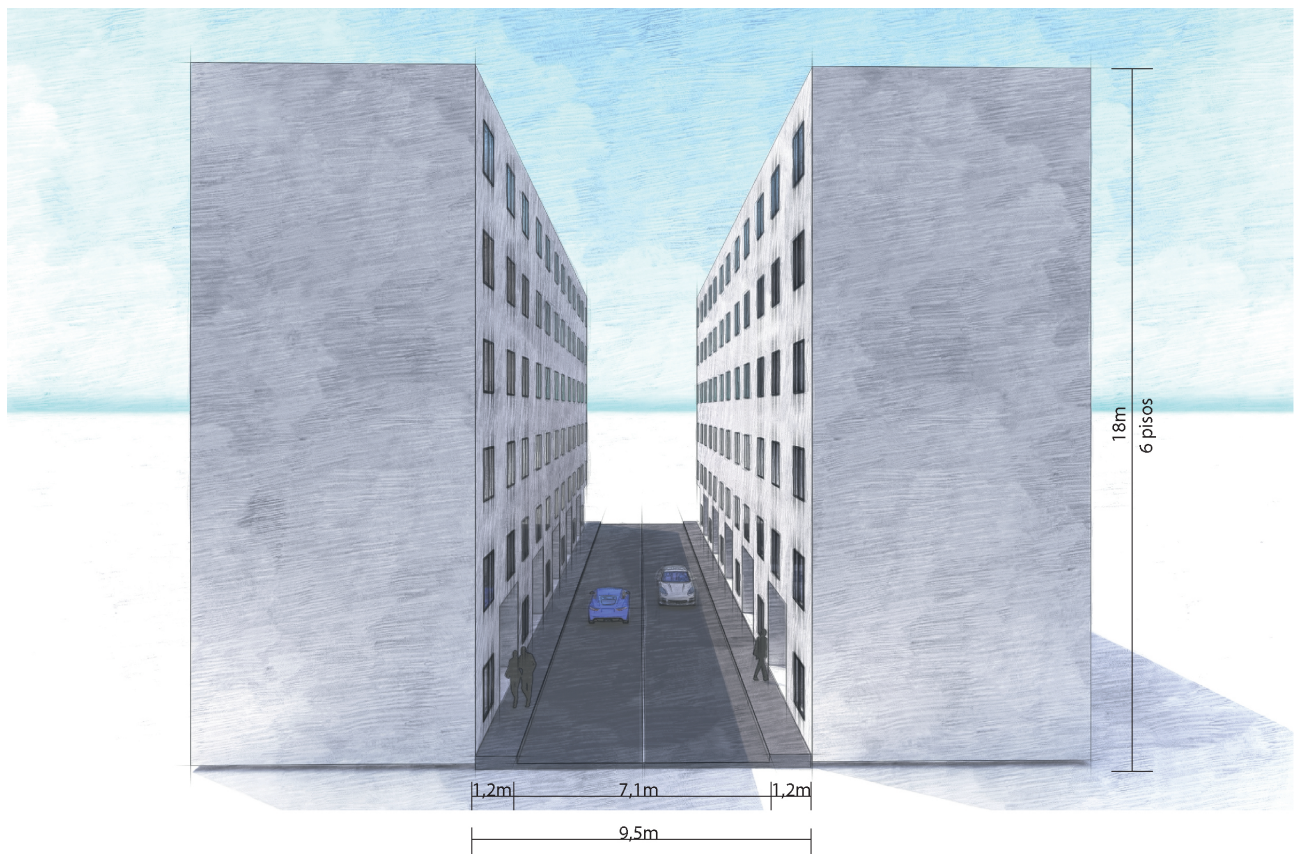
FIGURA 4.21: Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 2



Como se puede observar en la Figura 4.21 las dimensiones de esta urbanización no cumplen con la relación $H/W=2$, la cual es la proporción ideal al momento de brindar confort térmico al usuario. Sin embargo, en este tipo de conformaciones urbanas es difícil establecer alturas mayores a 6m debido a que generalmente se constituyen como viviendas unifamiliares.

Sin embargo, si en el futuro se llega a establecer una normativa para construcciones de propiedad horizontal sería preferible que estas se realicen como edificaciones de departamentos, pudiendo establecer así una altura máxima de 6 pisos en caso de que la sección de vía respete los 9,5m, cumpliendo de esta manera con la relación $H/W=2$ esperada (Ver Figura 4.22).

FIGURA 4.22: Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 2

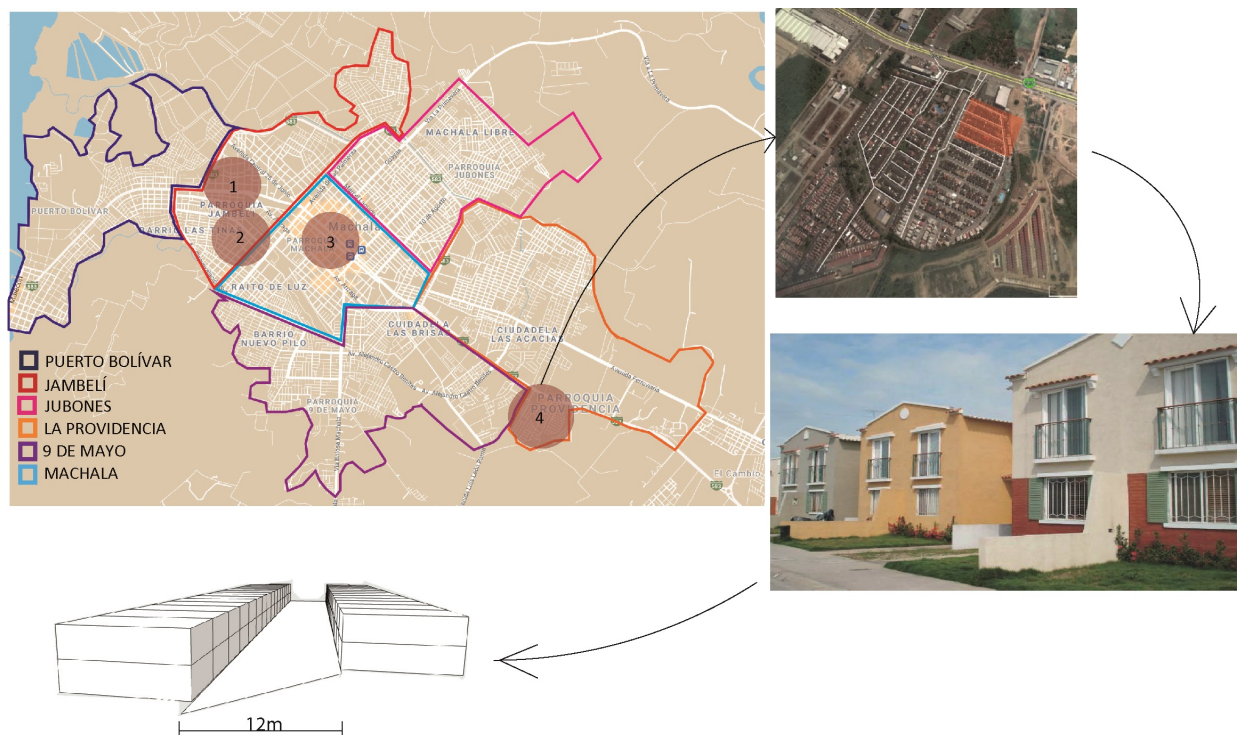


El modelo presentado en la Figura 4.22 podría ser aplicado no solo para urbanizaciones, sino también para otros sectores de la ciudad de Machala que expongan similares dimensiones sobre la sección vial. Para urbanizaciones no sería correcto o aplicable, por lo que, SE puede decir que, las actuales urbanizaciones de Machala no están brindando las mejores condiciones sobre el bienestar térmico de sus habitantes.

4.5.4. Modelo 4

El siguiente modelo representa al cuarto cañón urbano más relevante de la ciudad de Machala, este se ubica en la parroquia la providencia, en la urbanización Santa Inés y actualmente cuenta con viviendas de altura de hasta 2 plantas, con una sección vial de 12m, por lo que corresponde a una relación de $H/W=0,5$ (Ver Figura 4.23).

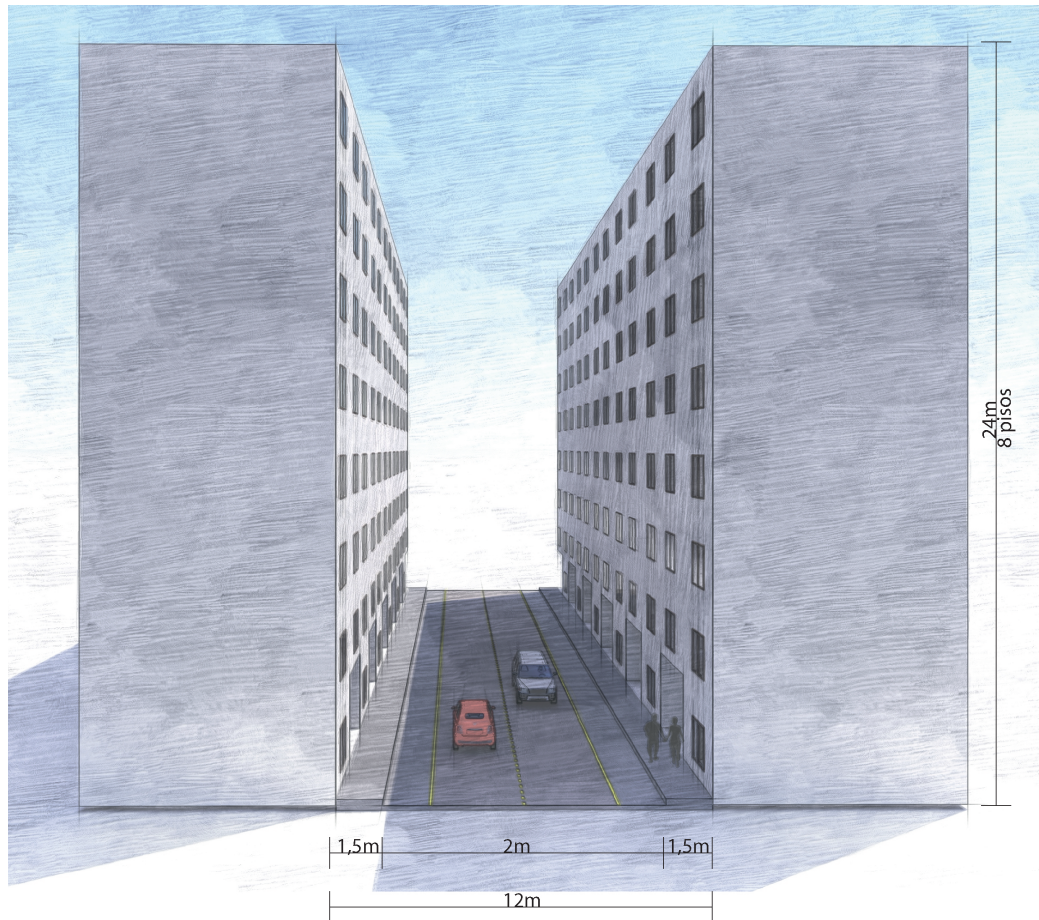
FIGURA 4.23: Presentación de ubicación y morfología de cañón urbano 4



La propuesta de modelo para este tipo de cañón urbano, es el mantener la sección vial en 12m y crecer en altura con hasta 8 pisos que correspondería a 24m. Con las dimensiones de altura y sección vial propuestas se lograría la relación $H/W=2$ y con esto se respondería a las necesidades de confort térmico de cada una de las viviendas (Ver Figura 4.24).

Hay que tener en cuenta que el modelo representa a una urbanización de la ciudad, sin embargo, la propuesta de crecimiento en altura sería más factible en edificio de departamentos u otros lugares de la ciudad que dispongan de la misma sección vial.

FIGURA 4.24: Propuesta de morfología urbana y proporción WWR para cañón urbano 4



El modelo presentado en la figura tampoco es viable para la conformación de urbanizaciones, sin embargo, también es aplicable para otras zonas de la ciudad que respondan a la dimensión vial de 12m. Para urbanizaciones la sección vial debería ser más estrecha, aunque no se lograría la relación más óptima de $H/W=2$, se podría llegar a una relación máxima de $H/W=0,5$; o para responder a la relación $H/W=2$ se debería proponer que para futuras construcciones de propiedad horizontal se realicen diseños de edificios multifamiliares.

4.5.5. Resumen de modelos recomendados

A continuación, se presenta la Tabla 4.3 que expone un resumen general de los modelos de relación H/W y $\%WWR$ recomendados para los actuales cañones urbanos de la ciudad de Machala que fueron analizados con anterioridad.

Tabla 4.3: Resumen de resultados obtenidos sobre la proporción H/W y proporción WWR

REEMPLAZAR			
Orientación	Mejor comportamiento Tai	Mejor comportamiento Cer	Valor obtenido
Norte-Sur	2	2	2
Este-Oeste	2	2	2
Noreste-Suroeste	2	2	2
Noroeste-Sureste	2	2	2
Resultados sobre %WWR			
Orientación	Mejor comportamiento Tai	Mejor comportamiento Cer	Valor obtenido
Norte-Sur	40 %	40 %	40 %
Este-Oeste	40 %	40 %	40 %
Noreste-Suroeste	40 %	40 %	40 %
Noroeste-Sureste	40 %	40 %	40 %

Como se puede observar (Ver Tabla 4.3), la mayoría de modelos recomendados corresponden a la relación $H/W=2$, es decir, que los modelos de cañones urbanos que se esperan que se proyecten a futuro en la ciudad de Machala es el de densificar en altura con aproximadamente el doble de la dimensión en sección vial, el cual, deberá ir acompañado del diseño de edificaciones que tengan un 40 % WWR según los estudios antes expuestos.

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

En el presente trabajo, se ha realizado el análisis de comportamiento térmico interior del espacio habitable de una edificación a partir de la influencia de la configuración del cañón urbano y la ventana como medio captador de aportes y pérdidas del calor. De manera específica, esta tesis aborda la influencia de la relación H/W del cañón urbano como indicador capaz de generar variaciones sobre la Temperatura interior de las edificaciones y la demanda de energía por consumo de los sistemas de refrigeración.

Mediante el desarrollo y los objetivos planteados en la presente tesis, se ha logrado extraer las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con el primer objetivo planteado en este trabajo, se puede decir, que la morfología urbana, específicamente la relación existente entre la altura de las edificaciones y el ancho de su sección vial si afectan al confort térmico de los espacios interiores; esto fue comprobado mediante las simulaciones digitales que proyectaron valores más altos cuando la relación H/W estaba más cerca de 0 y cuando el valor H/W crecía los resultados sobre la temperatura del aire interior y consumos energéticos por refrigeración disminuían.

- La orientación de los cañones urbanos de la ciudad de Machala con respecto al sol afecta mínimamente al comportamiento térmico de las edificaciones, sin embargo, se comprobó que la proporción de la ventana con respecto a la fachada si aporta mayores beneficios en el control del comportamiento térmico de las edificaciones, demostrando de esta manera que las proporciones ventana-fachada mayores al 40 % elevan la temperatura del aire interno de las edificaciones y por ende el consumo energético por refrigeración también aumenta.

- Como se evidenció que las diferentes orientaciones del cañón urbano respondían de la misma forma sobre el comportamiento térmico de las edificaciones, se establece un mismo modelo sobre la morfología urbana para las 4 orientaciones que fueron planteadas, siendo esta, la relación $H/W=2$. Es decir, que la altura de las edificaciones deberá ser dos veces mayor a la dimensión de la sección de calle para así experimentar el mayor confort térmico posible.

- Cabe recalcar que todas las conclusiones expuestas son el resultado del análisis de edificaciones dispuestas en cañones urbanos de la ciudad de Machala y cada una es aplicable a esta ciudad o también podría ser una base para otras ciudades que dispongan de similares características climáticas.

5.2. Recomendaciones

En el transcurso de este trabajo de investigación se ha ido resaltando la importancia que tiene la morfología urbana (relación H/W) y el porcentaje del diseño de ventana-fachada sobre el confort térmico interior de las edificaciones. Por lo tanto, esta tesis pretende servir como guía para mejorar las condiciones de confort térmico interior en las viviendas situadas en la zona costera del Ecuador, específicamente en la ciudad de Machala. En conclusión, para complementar esta tesis, a continuación, se mencionarán algunas recomendaciones:

- Puesto que Machala es una ciudad en crecimiento, se recomienda a los planificadores urbanistas dar una proyección a la ciudad en altura más no expandir horizontalmente. Es decir, específicamente para la ciudad de Machala lo mejor sería la densificación en altura ya que esto permite generar sombras que protegen de los rayos solares y por lo tanto la acumulación de calor en las viviendas se evita.

- Sobre las zonas que fueron estudiadas en capítulos anteriores, se puede ver que las áreas cercanas al centro de la ciudad tienen oportunidad de seguir creciendo en altura, por lo tanto, sería apropiada la expansión vertical.

- Para la proyección de urbanizaciones dentro de la ciudad sería factible el no construir viviendas unifamiliares ya que su altura es máxima de 6 metros, por lo tanto, su relación de H/W es menor a H/W=2. En caso de desear implementar propiedad horizontal sería más apropiado edificaciones de departamentos.

- Sobre el diseño de las viviendas se recomienda a constructores y usuarios que tomar en cuenta el contexto urbano en el cual va ser emplazada las edificaciones, además, de considerar la proporción ventana-fachada ya que esto ayudara a reducir las demandas energéticas por el uso de aires acondicionados.

- Acerca de las simulaciones para la obtención de resultados sería preciso el desarrollo de futuras investigaciones que consideren análisis en el día más frío y caluroso de la ciudad de Machala, ya que esto, permitirá conocer mejor el comportamiento térmico de las edificaciones.

- Además, sería importante considerar la ventilación natural para definir mejor los resultados sobre la proporción ventana-fachada de las edificaciones.

Glosario

A

Albedo: Se refiere a la energía que se refleja en una superficie, se compone de la suma de la radiación solar y difusa.

Arquitectura bioclimática: Es el diseño de edificios tomando en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando todos los recursos naturales disponibles para así disminuir los impactos ambientales y reducir los consumos energéticos.

C

Cambio climático: Es la variación del clima debido a causas naturales o por la acción del hombre sobre el medio ambiente, todas estas acciones desencadenan consecuencias que afectan al bienestar de la población.

Cañón urbano: Es el espacio entre edificios que se alinean a una calle relativamente estrecha.

Calentamiento global: Es el aumento a largo plazo de la temperatura media del aire, siendo una consecuencia del cambio climático.

Confort térmico: Es la sensación que experimenta una persona cuando las condiciones del ambiente son favorables a la actividad que desarrollan.

Consumo energético: Es el gasto total de energía o de electricidad que se utiliza para hacer uso de los diferentes aparatos eléctricos.

Clima: Es el estado de la atmosfera en un lugar determinado del planeta, comúnmente se constituye por la temperatura del aire, humedad y velocidad del viento.

D

Densidad edificatoria: Se refiere a la relación existente entre la cantidad de edificaciones existentes en un lugar y la superficie de carreteras por hectárea (viviendas/hectárea).

Desarrollo urbano sostenible: Es el crecimiento de las ciudades de manera equilibrada; respetando los aspectos sociales, ambientales, económicos y demográficos.

Domo urbano: Diferencia de temperatura del aire contenida en el espacio desde la altura de los techos de las edificaciones hacia arriba (1,5km).

Dosel urbano: Temperatura del aire contenida entre la medida de los techos hacia el suelo.

E

Ecosistema: Sistema constituido por el conjunto de seres vivos y el medio físico en el que habitan.

Emplazamiento: Ubicación de algo en un lugar.

Endógeno: Que crece o se forma al interior de algo.

Energía térmica: Es la expresión de la energía en forma de calor.

Efecto invernadero: Es una de las causas del calentamiento global, emisión de gases que comúnmente se acumulan en la atmosfera y generan aumentos de la temperatura del aire.

Exógeno: Es algo que se genera por causas externas.

F

Factores antropogénicos: Resultados o consecuencias generadas por las acciones humanas.

Fachada: Cara exterior que conforma a un edificio.

I

Isla de calor: Incremento de calor que se da en las ciudades debido a la materialidad, acciones y elementos que conforman la misma.

M

Microescala: Desde el aspecto urbano comprende el área de un lugar que esta comprendido entre la altura de las calles y el techo de las edificaciones.

Microclima: Es la diferencia de los índices de temperatura del aire, humedad y velocidad del aire con respecto al clima.

Morfología urbana: Es la forma de cómo están constituidas las ciudades, sus elementos principales son las calles y edificios.

P

Paisaje urbano: Es la imagen de una ciudad.

Parámetros ambientales: Son indicadores que permiten entender el estado del ambiente, como; la temperatura del aire, humedad, velocidad del aire, etc.

Proporción del cañón urbano: Es la relación que existe entre la altura de las edificaciones y la dimensión de la sección vial.

Proporción ventana-fachada: Relación entre el porcentaje de ventana y cantidad de muro.

R

Radiación solar: Son las ondas electromagnéticas que emite el sol.

Relación H/W: Se refiere a la proporción del cañón urbano, es decir, subdivisión entre la altura de las edificaciones y su sección de vía.

S

Septentrionales: Del norte o relacionado con el norte.

Sistema pasivo de acondicionamiento: Son métodos de diseño implementados principalmente a la arquitectura sustentable, utilizan los recursos de orientación solar, viento y materialidad para ambientar naturalmente los espacios.

T

Temperatura del aire: Es un índice que indica el calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra.

Temperatura radiante: Índice o cantidad de calor emitidos por los elementos de un entorno.

Tejido urbano: Se refiere a como está conformada una ciudad, es decir, comprende las calles, manzanas y edificios.

Trama urbana: Es la organización de los elementos especiales de la ciudad, principalmente la interrelación entre calles y edificios.

Transmitancia térmica: Es la capacidad que tiene un cuerpo o material para aislar o transmitir calor.

V

Vasodilatación: Es la contracción de los vasos sanguíneos en consecuencia del aumento de la presión arterial.

Z

Zona urbana: Conjunto de edificaciones que se disponen antes del término municipal y que generalmente cuentan con todos los servicios básicos.

Zona rural: Espacio que se encuentra fuera de los límites de las ciudades, generalmente son los campos y su población se dedica a actividades económicas primarias.

Referencias

- Adams, A. (1941). *National Archives*. Descargado de <https://www.archives.gov/research/ansel-adams>
- Alberich, M. L. (2003). (Inf. Téc.). Universidad Autónoma de Chiapas. Descargado de <https://n9.cl/m9qi5>
- Alchapar, N., y Correa, E. (2016). Pautas de diseño para disminuir las temperaturas urbanas en regiones con alta productividad solar: parámetros morfológicos y materiales. *Revista Hábitat Sustentable*, 6, 84–95. Descargado de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2366/2156>
- Arboit, M., Mesa, N., Basso, M., Fernández, J., y Rosa, C. (2005). Morfología urbana y potencial solar del ambiente construido en ciudades andinas de trazado hispánico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 55–60. Descargado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82336> doi: 10915/82336
- Arnfield, A. J. (1988). Street design and urban canyon solar access. *Energy and Buildings*, 14(2), 117–131. Descargado de [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90031-D](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90031-D)
- Blender, M. (2015). El valor U. La transmitancia térmica en edificación. *Arquitectura y Energía*. Descargado de <https://n9.cl/5zstv>
- Bounoua, L., Zhang, P., Mostovoy, G., Thome, K., Masek, J., y Imhoff, M. (2015). Impact of urbanization on US surface climate. *Environmental Research Letters*, 10(8), 1–10. Descargado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/8/084010>
- Bracco, M., Angiolini, S., Pacharoni, A., Abadía, L., Jerez, L., y Ávalos, P. D. (2013). Acondicionamiento natural: hacia una arquitectura sustentable. *Facultad de Arquitectura, urbanismo y diseño de la Universidad Nacional de Córdoba*, 1. Descargado de <http://hdl.handle.net/11086/15075>
- Bravo, G. (2014). Temperaturas de confort e implicaciones energéticas en viviendas climatizadas mecánicamente: estudio en clima cálido húmedo. *Universidad Politécnica de Madrid*. Descargado de https://oa.upm.es/32901/1/GAUDY_CLARET_BRAVO_MORALES.pdf
- Cabras, E. (2014). *Efectos de la morfología de las calles en el fenómeno de la isla de calor urbana en la ciudad de Barcelona: estudio del comportamiento térmico de calles urbanas con diferente relación de aspecto (h/w) y orientación en dos barrios de Barcelona* (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya). Descargado de <http://hdl.handle.net/2099.1/23641>
- Campoverde, A. S. (2021). Caracterización del viento y temperatura aparente de los cañones urbanos del centro histórico de Cuenca, Ecuador. *Conservar Patrimonio*, 1(36), 90–105. doi: 10.14568/cp2019034
- Cedano, S. (2013). *Análisis de la radiación en calles de latitud 20°N: estudio del FVC, radiación y sombras en calles urbanas de distinta relación de aspecto (h/w) y orientación, en la latitud 20° N, a partir del análisis previo de radiación incidente en un cubo de 1m²*, en (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya). Descargado de <http://hdl.handle.net/2099.1/20479>
- Chávez Del Valle, F. (2002). *Conceptos generales sobre ambiente y confort térmico*. Zona

- variable de confort térmico*. (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya). Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/93416>
- Climate One Building. (2021). *Climate.OneBuilding.Org*. Descargado de <https://climate.onebuilding.org>
- Consejo de la Construcción Ecológica de los Estados Unidos. (2009). *Guía de Estudio de LEED AP Diseño y Construcción de Edificios del USGBC (USGBC LEED AP Building Design + Construction Study Guide)*. Descargado de http://www.spaingbc.org/files/BD+C_StudyGuide-ES.pdf
- Cordero, X. (2014). *Microclima y confort termico urbano: análisis sobre la influencia de la Morfología del cañón urbano, caso de estudio en los barrios el Raval y Gracías, Barcelona* (Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona). Descargado de <https://n9.cl/v5b6w>
- Curreli, A., y Coch Roura, H. (2010). *Solar access in the compact city: a study case in Barcelona* (Inf. Téc.). Barcelona: Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1. Universitat Politècnica de Catalunya. Descargado de <https://n9.cl/ued4g>
- Díaz, J. (2017). *Comportamiento térmico de viviendas por efecto invernadero del vidrio en verano* (Tesis Doctoral, Universidad de Chile). Descargado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147403>
- Diego-mas, J. (2015). *Evaluación del confort termico con el método de Fanger* (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Valencia). Descargado de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>
- Ergológico. (2016). *Confort visual*. Descargado de <http://www.ergologico.com/wp-content/uploads/2016/02/Flexo-confort-visual.png>
- Falquez, C. (2015). *Regeneración urbana en barrios Porteños* (Inf. Téc.). Machala. Descargado de <mobile.twitter.com/CarlosFalquezA>
- Franco, M., y Bright, P. (2016). Acceso solar en la arquitectura y la ciudad: aproximación histórica. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 100–101. Descargado de <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/848>
- GAD Municipal de Machala. (2018). *Actualización del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del cantón Machala*. Machala. Descargado de <https://n9.cl/rupd6>
- García, F. F. (2009). Ciudad y cambio climático: Aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 1(49), 173–195.
- García Nevado, E. (2019). *Termografía del cañón urbano: uso de la perspectiva para una evaluación térmica global de la calle* (Tesis Doctoral, Universidad Politècnica de Catalunya). Descargado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/666702#page=1>
- González, O. E. (s.f.). *Los aspectos físico-ambientales del lugar como determinantes del diseño de lo objetos arquitectónicos*. Barranquilla. Descargado de <https://n9.cl/vy771>
- Google Earth. (2021). *Google Earth*. Descargado de <https://earth.google.com/web/>
- gruppe, H. (s.f.). *Confort higrotérmico*. Descargado 2015-12-17, de <https://www.hildebrandt.cl/wp-content/uploads/2015/12/confort-higrot{\unhbox\voidb{x}\bgroup\let\unhbox\voidb{x}\setbox\@tempbox\hbox{e}\global\mathchardef\accent@spacefactor\spacefactor}\let\begin\group\end\group\relax\let\ignorespaces\relax\accent19e\egroup\spacefactor\accent@spacefactor\futurelet\@let@token\protect\penalty>

- [@M\hskip\z@skip}rmico-638x463.png?32fc0d](#)
- H2O Tek. (2021). *H2O TEK*. Descargado de <https://n9.cl/hy821>
- Hernández, P. (s.f.). *Arquitectura eficiente. Diagrama Bioclimático de Givoni*. Descargado 2014-03-03, de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>
- INAMHI. (2013). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Descargado de https://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INEC. (2016). *Encuesta de Edificaciones 2016 (Permisos de construcción)* (Inf. Téc.). Ecuador. Descargado de <https://n9.cl/5vwhis>
- Lago, D. (2012). *Caracterización térmica de la fachada de un edificio histórico de Valencia* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Valencia.
- Mínguez, E., Martí, P., Vera, M., y Meseguer, D. (2013). Claves para proyectar espacios públicos confortables: Indicador del confort en el espacio público. *Dialnet*, 165, 66–77. Descargado de <http://eminguez.com/wp-content/uploads/2013/06/Claves-E.P.-Confortables.WEB.pdf>
- Naciones Unidas. (2017). *Nueva Agenda Urbana. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible* (Inf. Téc.). Descargado de <https://n9.cl/c6khh>
- NEC. (2011). *Norma Ecuatoriana de la construcción. Eficiencia energética en la construcción del Ecuador*. Quito: Convenio MIDUVI - Cámara de la Construcción de Quito (Inf. Téc.). Quito. Descargado de <https://n9.cl/ljki9>
- NEC. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Eficiencia Energética en edificios residenciales*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (Inf. Téc.). Quito. Descargado de <https://n9.cl/v0bm>
- Orrego López, P. (2019). *Confort térmico y calidad del aire, una evaluación cuantitativa post ocupación: Casos de estudio, tres edificios de oficinas con ventilación natural en Bogotá* (Tesis Doctoral, Universidad Piloto de Colombia). Descargado de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6339>
- PAE. (2015). *Confort acústico*. Descargado de <https://es.scribd.com/document/321497814/Confort-Acustico>
- Prada-Trigo, J. (2015). La regeneración urbana como solución a los problemas urbanos ¿solución real o espejismo? Algunas evidencias a partir de la ciudad de Machala. *Anales. Revista de la Universidad de Cuenca*, 58, 89–104. Descargado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23354/1/08.pdf>
- Salas, M., Quezada, P., Crespo, I., y Vélez, V. (2019). Morfología urbana y acceso solar: Estudio para la densificación en el centro histórico de la ciudad de Loja (Ecuador). *Espacios*, 40(4), 13–14.
- TAREB. (2004). *Arquitectura de bajo consumo energético. Energía en el medio ambiente urbano*, 1–15. Descargado de https://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4.es.pdf
- Therán, K., Rodríguez, L., Mouthon, S., y Manjarres De León, J. (2019). Microclima y confort térmico urbano. *Módulo Arquitectura CUC*, 23(1), 49–88. Descargado de <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.04>
- Torres, J. (2018). *Comportamiento térmico de la cubierta en un clima cálido húme-*

- do: repercusión energética en el edificio* (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña). Descargado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/125312?show=full>
- Tumini, I. (2014). Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. *Sustainable Building Conference*, 1–15. Descargado de <https://n9.cl/5ez8c>
- Vaca-Revelo, D., y Ordóñez, F. (2019). *Mapa solar del Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional. Descargado de <https://n9.cl/pzpop>
- Windfinder. (2020). *Obtenido de: Previsiones del viento, del oleaje y del tiempo*. Descargado de <https://es.windfinder.com/forecast/machala.aeropuerto>

Análisis mensual de la influencia de la relación H/W sobre la tai en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

Cañón urbano 1: Sentido Norte-Sur

Tabla 6.1: Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido N-S

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	29,19	29,03	28,88	28,78
FEB	29,48	29,31	29,15	29,03
MAR	29,29	29,04	28,85	28,72
ABR	29,74	29,54	29,37	29,25
MAY	28,91	28,68	28,51	28,39
JUN	27,43	27,22	27,07	26,96
JUL	25,73	25,52	25,37	25,27
AGO	25,55	25,36	25,22	25,12
SEP	26,58	26,33	26,15	26,02
OCT	26,15	25,93	25,77	25,66
NOV	26,35	26,17	26,03	25,93
DIC	27,79	27,59	27,43	27,31

Tabla 6.2: Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido N-S

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	29	28,86	28,75	28,66
FEB	29,27	29,13	29	28,9
MAR	29,05	28,84	28,69	28,58
ABR	29,52	29,35	29,21	29,11
MAY	28,7	28,51	28,37	28,27
JUN	27,25	27,08	26,95	26,86
JUL	25,57	25,39	25,27	25,19
AGO	25,39	25,24	25,12	25,03
SEP	26,38	26,17	26,01	25,91
OCT	25,96	25,78	25,65	25,56
NOV	26,19	26,03	25,92	25,84
DIC	27,6	27,43	27,29	27,2

Tabla 6.3: Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido N-S

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,78	28,68	28,59	28,52
FEB	29,04	28,93	28,83	28,75
MAR	28,78	28,62	28,51	28,43
ABR	29,27	29,15	29,04	28,97
MAY	28,47	28,33	28,22	28,15
JUN	27,06	26,93	26,83	26,77
JUL	25,39	25,26	25,17	25,11
AGO	25,21	25,09	25	24,94
SEP	26,14	25,99	25,87	25,8
OCT	25,75	25,61	25,52	25,45
NOV	25,99	25,88	25,79	25,74
DIC	27,39	27,25	27,15	27,08

Tabla 6.4: Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido N-S

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,68	28,59	28,51	28,45
FEB	28,92	28,83	28,74	28,68
MAR	28,65	28,51	28,42	28,35
ABR	29,15	29,04	28,96	28,89
MAY	28,36	28,23	28,14	28,08
JUN	26,96	26,85	26,77	26,71
JUL	25,3	25,19	25,11	25,06
AGO	25,12	25,02	24,95	24,89
SEP	26,03	25,9	25,8	25,74
OCT	25,65	25,53	25,45	25,39
NOV	25,9	25,8	25,73	25,6
DIC	27,28	27,17	27,08	27,02

Cañón urbano 2: Sentido Este-Oeste

Tabla 6.5: Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido E-O

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,67	28,59	28,54	28,19
FEB	28,79	28,7	28,65	28,32
MAR	28,39	28,3	28,25	27,88
ABR	29,16	29,07	29,03	28,71
MAY	28,81	28,72	28,65	28,26
JUN	27,47	27,36	27,27	26,78
JUL	25,64	25,55	25,47	24,93
AGO	25,33	25,23	25,17	24,66
SEP	25,87	25,78	25,73	25,24
OCT	25,53	25,44	25,38	24,87
NOV	25,91	25,82	25,76	25,28
DIC	27,31	27,22	27,16	26,74

Tabla 6.6: Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido E-O

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W=2
ENE	28,58	28,51	28,47	28,12
FEB	28,7	28,62	28,58	28,24
MAR	28,29	28,21	28,17	27,8
ABR	29	28,93	28,89	28,57
MAY	28,61	28,52	28,46	28,08
JUN	27,29	27,19	27,12	26,63
JUL	25,5	25,41	25,35	24,82
AGO	25,2	25,12	25,07	24,55
SEP	25,77	25,69	25,65	25,16
OCT	25,45	25,37	25,32	24,81
NOV	25,83	25,75	25,71	25,22
DIC	27,23	27,15	27,1	26,67

Tabla 6.7: Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido E-O

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W=2
ENE	28,48	28,42	28,4	28,04
FEB	28,59	28,53	28,5	28,16
MAR	28,17	28,11	28,08	27,71
ABR	28,83	28,77	28,74	28,42
MAY	28,36	28,3	28,26	27,88
JUN	27,07	27	26,94	26,47
JUL	25,33	25,26	25,22	24,69
AGO	25,05	24,98	24,95	24,42
SEP	25,66	25,6	25,57	25,08
OCT	25,35	25,29	25,26	24,75
NOV	25,74	25,68	25,65	25,16
DIC	27,13	27,07	27,03	26,61

Tabla 6.8: Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido E-O

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,43	28,38	28,36	28,01
FEB	28,54	28,49	28,47	28,12
MAR	28,11	28,06	28,03	27,66
ABR	28,74	28,7	28,67	28,34
MAY	28,25	28,2	28,16	27,78
JUN	26,97	26,91	26,86	26,38
JUL	25,25	25,19	25,15	24,62
AGO	24,97	24,92	24,89	24,36
SEP	25,61	25,56	25,53	25,03
OCT	25,31	25,25	25,23	24,72
NOV	25,7	25,65	25,62	25,13
DIC	27,08	27,03	27	26,57

Cañón urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste

Tabla 6.9: Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,77	28,68	28,63	28,59
FEB	29,05	28,95	28,88	28,83
MAR	28,96	28,8	28,69	28,59
ABR	29,61	29,45	29,31	29,19
MAY	29,04	28,8	28,59	28,43
JUN	27,63	27,38	27,17	27,03
JUL	25,86	25,62	25,44	25,31
AGO	25,57	25,39	25,24	25,13
SEP	26,36	26,2	26,06	25,95
OCT	25,85	25,72	25,63	25,56
NOV	26,01	25,91	25,84	25,79
DIC	27,35	27,24	27,18	27,13

Tabla 6.10: Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,67	28,59	28,54	28,51
FEB	28,92	28,84	28,78	28,74
MAR	28,78	28,64	28,54	28,47
ABR	29,39	29,26	29,14	29,04
MAY	28,79	28,59	28,41	28,28
JUN	27,42	27,21	27,03	26,91
JUL	25,68	25,47	25,32	25,22
AGO	25,4	25,25	25,12	25,03
SEP	26,19	26,05	25,94	25,85
OCT	25,72	25,61	25,54	25,48
NOV	25,91	25,83	25,77	25,73
DIC	27,24	27,16	27,1	27,07

Tabla 6.11: Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,54	28,48	28,45	28,43
FEB	28,77	28,71	28,67	28,64
MAR	28,56	28,46	28,39	28,33
ABR	29,14	29,04	28,95	28,88
MAY	28,51	28,36	28,22	28,12
JUN	27,17	27,01	26,88	26,78
JUL	25,46	25,31	25,2	25,12
AGO	25,2	25,09	25	24,93
SEP	26	25,89	25,8	25,74
OCT	25,57	25,49	25,43	25,39
NOV	25,8	25,73	25,69	25,66
DIC	27,13	27,06	27,02	26,99

Tabla 6.12: Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,49	28,43	28,41	28,39
FEB	28,71	28,65	28,61	28,59
MAR	28,46	28,37	28,31	28,26
ABR	29,03	28,94	28,86	28,79
MAY	28,38	28,24	28,13	28,04
JUN	27,05	26,91	26,79	26,71
JUL	25,35	25,22	25,13	25,06
AGO	25,11	25,01	24,93	24,87
SEP	25,9	25,81	25,74	25,68
OCT	25,5	25,43	25,38	25,34
NOV	25,74	25,68	25,65	25,62
DIC	27,07	27,01	26,98	26,95

Cañón urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste

Tabla 6.13: Tai en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	29,23	29,06	28,91	28,78
FEB	29,37	29,22	29,09	28,97
MAR	28,95	28,8	28,68	28,59
ABR	29,27	29,17	29,1	29,05
MAY	28,41	28,31	28,25	28,21
JUN	27,02	26,92	26,86	26,82
JUL	25,35	25,26	25,2	25,16
AGO	25,23	25,12	25,05	25
SEP	26,22	26,09	25,99	25,92
OCT	25,98	25,82	25,69	25,6
NOV	26,37	26,2	26,06	25,96
DIC	27,93	27,71	27,52	27,38

Tabla 6.14: Tai en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	29	28,87	28,74	28,63
FEB	29,16	29,03	28,92	28,83
MAR	28,77	28,64	28,54	28,47
ABR	29,14	29,05	28,99	28,95
MAY	28,31	28,22	28,17	28,13
JUN	26,93	26,85	26,79	26,76
JUL	25,27	25,19	25,14	25,1
AGO	25,13	25,04	24,98	24,94
SEP	26,08	25,97	25,89	25,82
OCT	25,82	25,68	25,58	25,5
NOV	26,19	26,05	25,93	25,85
DIC	27,7	27,51	27,35	27,24

Tabla 6.15: Tai en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,74	28,64	28,55	28,47
FEB	28,92	28,83	28,75	28,68
MAR	28,56	28,46	28,39	28,34
ABR	28,99	28,91	28,87	28,84
MAY	28,19	28,12	28,08	28,06
JUN	26,83	26,76	26,73	26,7
JUL	25,17	25,11	25,08	25,05
AGO	25,02	24,95	24,9	24,07
SEP	25,92	25,83	25,77	25,73
OCT	25,63	25,53	25,45	25,4
NOV	25,99	25,88	25,8	25,74
DIC	27,43	27,3	27,18	27,1

Tabla 6.16: Tai en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	28,62	28,53	28,45	28,38
FEB	28,81	28,73	28,66	28,6
MAR	28,45	28,37	28,31	28,27
ABR	28,91	28,85	28,82	28,79
MAY	28,13	28,07	28,04	28,02
JUN	26,78	26,72	26,69	26,67
JUL	25,13	25,07	25,04	25,02
AGO	24,96	24,9	24,87	24,84
SEP	25,84	25,77	25,72	25,68
OCT	25,54	25,45	25,39	25,34
NOV	25,89	25,8	25,73	25,67
DIC	27,31	27,19	27,09	27,02

Análisis mensual de la influencia del cañón urbano sobre el consumo de energía por refrigeración (Cer) en viviendas con distintos WWR: 100 %-75 %-50 %-40 %

Cañón urbano 1: Sentido Norte-Sur

Tabla 6.17: Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido N-S

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W=2
ENE	7490,55	7172,21	6906,95	6718,06
FEB	7233,63	6912,07	6641,68	6448,59
MAR	8038,51	7497,39	7125,8	6898,26
ABR	8016,2	7622,51	7324,43	7120,57
MAY	7500,71	7050,31	6738,19	6536,43
JUN	5330,27	4933,38	4673,3	4504,57
JUL	3672,72	3210,25	2932,08	2774,42
AGO	3393,11	3038,84	2792,69	2634,22
SEP	4538,18	4056,54	3733,65	3539,51
OCT	3909,95	3490,2	3214	3040,93
NOV	4191,83	3862,68	3631,4	3487,71
DIC	6035,91	5629,35	5346,01	5159,13

Tabla 6.18: Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido N-S

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6696,36	6541,71	6445,34	6362,64
FEB	6430,27	6262,58	5968,83	5900,89
MAR	6875,61	6686,66	6206,82	6128,46
ABR	7092,4	6925,24	6520,02	6466,69
MAY	6515,82	6353,96	6331,67	6265,98
JUN	4686,84	4590,08	4494,06	4362,01
JUL	2980,38	2876,64	2769,89	2648,14
AGO	2649,02	2627,15	2545,56	2500,6
SEP	3527,3	3373,6	3144,37	3054,24
OCT	3038,14	2899,5	2741,77	2640,43
NOV	3474,87	3357,84	3353,3	3263,13
DIC	5142,16	5040,94	4995,2	4947,79

Tabla 6.19: Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido N-S

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6812,37	6617,24	6457,49	6334,92
FEB	6538,16	6344,52	6179,45	6053,62
MAR	7139,06	6811,06	6598,02	6451,87
ABR	7271,25	7026,78	6842,82	6710,69
MAY	6749,53	6482,48	6288,73	6168,75
JUN	4704,44	4476,31	4319,15	4218,49
JUL	3031,4	2765,49	2609,62	2522,61
AGO	2812,39	2604,88	2455,95	2364,79
SEP	3785,5	3524,42	3327,9	3218,67
OCT	3254,32	3019,7	2852,6	2753,54
NOV	3630,61	3444,38	3302,85	3218,32
DIC	5348,27	5105,56	4932,7	4824,08

Tabla 6.20: Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido N-S

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W=2
ENE	6643,09	6467,75	6324,5	6095,11
FEB	6366,4	6193,59	6144,83	5831,5
MAR	6913,42	6624,45	6437,25	6207,41
ABR	7079,3	6865,95	6702,11	6463,88
MAY	6558,21	6327,25	6167,13	5994,48
JUN	4551,03	4357,32	4227,05	4109,17
JUL	2867,23	2647,22	2524,06	2418,23
AGO	2663,7	2489,75	2369,28	2239,01
SEP	3604,61	3387,01	3227,83	3068,83
OCT	3089,56	2891,7	2754,66	2603,65
NOV	3491,14	3331,84	3213,28	3120,7
DIC	5172,89	4967,72	4824,9	4698,37

Cañón urbano 2: Sentido Este-Oeste

Tabla 6.21: Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido E-O

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	8103	7968,95	7896,56	5867,52
FEB	7710,61	7605,46	7545,71	5493,57
MAR	8328,82	8208,59	8138,52	5680,71
ABR	8534,5	8444,97	8394,5	6093,89
MAY	8384,62	8286,44	8220,64	5860,67
JUN	5993,84	5842,84	5705,73	3989,13
JUL	3693,16	3512,82	3357,63	2183,03
AGO	2900,15	2716,39	2605,54	1852,56
SEP	3532,18	3378,01	3293,75	2421,44
OCT	3025,96	2845,48	2749,57	1919,08
NOV	3972,98	3799,52	3703,87	2580,58
DIC	6234,87	6062,85	5974,12	4349,25

Tabla 6.22: Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido E-O

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	7950,09	7834,47	7767,31	5867,52
FEB	7575,65	7488,86	7440,36	5493,57
MAR	8165,82	8060,71	8002,02	5680,71
ABR	8350,6	8276,38	8234,71	6093,89
MAY	8157,77	8071,21	8010,49	5860,67
JUN	5741,5	5603,33	5473,96	3980,13
JUL	3422,64	3271,56	3140,42	2183,03
AGO	2652,82	2497,95	2404,4	1852,56
SEP	3353,61	3219,76	3144,73	2421,44
OCT	2869,15	2722,38	2643,23	1919,08
NOV	3819,75	3672,4	3586,95	2580,58
DIC	6067,67	5916,94	5836,01	4349,25

Tabla 6.23: Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido E-O

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	7771,57	7675,55	7625,43	5676,72
FEB	7427,18	7359,03	7320,91	5309,53
MAR	7979,53	7904,54	7860,6	5456,55
ABR	8157,53	8105,7	8076,8	5804,03
MAY	7903,56	7834,98	7790,67	5498,35
JUN	5427,37	5303,51	5204,28	3548,01
JUL	3106,57	2994,56	2896,01	1891,09
AGO	2356,77	2245,76	2181,82	1565,43
SEP	3136,88	3035,76	2983,34	2210,15
OCT	2690,28	2581,68	2525,19	1767,92
NOV	3636,31	3523,83	3463,43	2420,46
DIC	5863,73	5748,85	5688,57	4174,67

Tabla 6.24: Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido E-O

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	7680,85	7598,29	7557,09	5630,38
FEB	7358,99	7293,35	7262,05	5268,4
MAR	7896,31	7826,18	7791,74	5401,19
ABR	8075,57	8027,73	8003,15	5738,83
MAY	7792,02	7727,52	7688,43	5408,99
JUN	5269,11	5161,19	5067,72	3557,02
JUL	2958,26	2857,45	2772,27	1812,35
AGO	2225,58	2132,99	2081,99	1492,08
SEP	3039,65	2951,85	2909,22	2158,52
OCT	2607,55	2515,04	2467,37	1728,3
NOV	3549,69	3453,12	3403,37	2381,3
DIC	5770,86	5668,94	5620,52	4129,14

Cañón urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste

Tabla 6.25: Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6769,25	6649,5	6568,61	6494,66
FEB	6508,76	6384,57	6297,35	6209,61
MAR	7184,5	7006,62	6838,31	6664,38
ABR	7461,39	7294,62	7117,63	6927,52
MAY	7176,64	6945,46	6668,88	6451,39
JUN	5357,43	4993,54	4694,17	4492,96
JUL	3701,82	3267,71	2963,96	2783,05
AGO	3324,03	3029,69	2782,1	2609,32
SEP	4093,64	3837,98	3602,8	3436,56
OCT	3373,94	3183,61	3034,37	2925,52
NOV	3624,66	3498,83	3408,92	3336,72
DIC	5246,4	5115,7	5024,4	4956,1

Tabla 6.26: Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6605,04	6503,14	6434,13	6379,34
FEB	6326,14	6221,32	6149,78	6085,6
MAR	6914,02	6759,5	6616,73	6501,99
ABR	7189,22	7046,92	6894,65	6761,27
MAY	6871,4	6668,98	6442,03	6271,18
JUN	5054,54	4752,24	4507,66	4343,24
JUL	3409,23	3044,21	2791,59	2545,53
AGO	3063,87	2818,8	2611,91	2472,26
SEP	3836,29	3618,49	3423,69	3290,33
OCT	3175,6	3020,92	2897,55	2807,8
NOV	3485,35	3377,88	3300,28	3242,72
DIC	5088,47	4977,61	4901,76	4845,43

Tabla 6.27: Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6413,28	6333,45	6284,61	6249,23
FEB	6113,06	6034,21	5983,12	5937,08
MAR	6611,19	6490,76	6388,26	6309,02
ABR	6875,02	6762,69	6650,02	6554,14
MAY	6526,65	6366,15	6198,18	6073,28
JUN	4722,47	4488,55	4312,12	4192,19
JUL	3073,37	2802,39	2620	2511,08
AGO	2768,17	2583,18	2430,54	2322,94
SEP	3531,4	3371,08	3235,28	3138,52
OCT	2947,12	2829,65	2742,68	2680,8
NOV	3321,14	3237,11	3182	3140,12
DIC	4912,07	4825,63	4772,02	4733,17

Tabla 6.28: Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NE-SO

40 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6337,87	6255,02	6229,87	6203,77
FEB	6032	5948,44	5925,47	5890,67
MAR	6500,08	6362,49	6309,77	6243,7
ABR	6766,07	6628,41	6569,53	6493,16
MAY	6412,48	6218,74	6099,68	5989,76
JUN	4576,33	4368,8	4216,19	4111,51
JUL	2912,09	2673,33	2523,9	2436,38
AGO	2631,26	2466,71	2331,03	2243,53
SEP	3387,73	3255,71	3138,35	3057,85
OCT	2542,73	2741,17	2669,26	2618,76
NOV	3244	3172,83	3124,26	3087,22
DIC	4835,71	4758,38	4720,66	4683,6

Cañón urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste

Tabla 6.29: Cer en vivienda 100 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

100 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	7493,8	7175,39	6887,07	6671,02
FEB	7035,9	6770,04	6538,9	6360,5
MAR	7444,22	7137,51	6902,33	6739,04
ABR	7312,97	7129,63	6992,99	6895,35
MAY	6675,11	6522,85	6412,28	6329,81
JUN	4642,67	4508,47	4423,11	4359,4
JUL	2954,42	2819,29	2723,77	2655,79
AGO	2841,24	2682,15	2577,2	2499,3
SEP	3940,46	3731,67	3559,59	3431,44
OCT	3623,67	3329,63	3111,73	2963,7
NOV	4192,15	3884,1	3656,47	3505,18
DIC	6190,25	5743,9	5418,04	5204,7

Tabla 6.30: Cer en vivienda 75 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

75 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	7120,79	6868,71	6631,73	6455,79
FEB	6713,27	6498,33	6310,25	6161,91
MAR	7122,28	6862,39	6675,81	6542,79
ABR	7087,12	6932,48	6821,44	6733
MAY	6495,56	6367,43	6266,62	6202,98
JUN	4500,15	4386,88	4313,87	4260,64
JUL	2807,47	2696,2	2616,94	2562,63
AGO	2676,5	2544,82	2456,11	2397,57
SEP	3692,88	3525,68	3385,06	3284,88
OCT	3355,59	3118,07	2942,71	2826,73
NOV	3913,15	3671,72	3478,04	3356,58
DIC	5807,91	5452,49	5183,61	5007,47

Tabla 6.31: Cer en vivienda 50 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

50 %				
	H/W= 0,5	H/W= 1	H/W= 1,5	H/W= 2
ENE	6526,36	6525,16	6355,73	6221,9
FEB	6189,27	6194,89	6063,76	5944,39
MAR	6584,4	6569,15	6423,69	6325,26
ABR	6714,84	6711,45	6629,39	6560,41
MAY	6200,72	6188,16	6121,78	6064,77
JUN	4266,73	4255,59	4200,5	4161,04
JUL	2565,29	2563,04	2508,18	2468,57
AGO	2411,73	2396,21	2334,16	2293,27
SEP	3312,3	3309,29	3214,99	3143,5
OCT	2915,19	2886,33	2764,44	2681,09
NOV	3449,79	3427,89	3290,6	3203,65
DIC	5183,56	5131,97	4937	4807,24

Tabla 6.32: Cer en vivienda 40 % WWR, cañón urbano sentido NO-SE

40 %				
	H/W=0,5	H/W=1	H/W=1,5	H/W=2
ENE	6526,36	6355,13	6209,08	6095,11
FEB	6189,27	6043,94	5929,5	5831,5
MAR	6584,4	6415,08	6294,84	6207,41
ABR	6714,84	6601,24	6525,66	6463,88
MAY	6200,72	6103,06	6042,19	5994,48
JUN	4266,73	4191,99	4145,3	4109,17
JUL	2565,29	2498,34	2453,27	2418,23
AGO	2411,73	2325,88	2273,94	2239,01
SEP	3312,3	3207,31	3129,42	3068,83
OCT	2915,19	2770,27	2671,2	2603,65
NOV	3449,79	3304,44	3193,96	3120,7
DIC	5183,56	4967,67	4808,24	4698,37

Análisis mensual influencia de la proporción WWR (100 %-75 %-50 %-40 %) en cañones urbanos con H/W=2

Cañón urbano 1: Sentido Norte-Sur

Tabla 6.33: Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2

Tai				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	28,78	28,66	28,52	28,45
FEB	29,03	28,9	28,75	28,68
MAR	28,72	28,58	28,43	28,35
ABR	29,25	29,11	28,97	28,89
MAY	28,39	28,27	28,15	28,08
JUN	26,96	26,86	26,77	26,71
JUL	25,27	25,19	25,11	25,06
AGO	25,12	25,03	24,94	24,89
SEP	26,02	25,91	25,8	25,74
OCT	25,66	25,56	25,45	25,39
NOV	25,93	25,84	25,74	25,68
DIC	27,31	27,2	27,08	27,02
Cer				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	6718,06	6362,64	6334,92	6095,11
FEB	6448,59	5900,89	6053,62	5831,5
MAR	6898,26	6128,46	6451,87	6207,41
ABR	7120,57	6466,69	6710,69	6463,88
MAY	6536,43	6265,98	6168,75	5994,48
JUN	4504,57	4362,01	4218,49	4109,17
JUL	2774,42	2648,14	2522,61	2418,23
AGO	2634,22	2500,6	2364,79	2239,01
SEP	3539,51	3054,24	3218,67	3068,83
OCT	3040,93	2640,43	2753,54	2603,65
NOV	3487,71	3263,13	3218,32	3120,7
DIC	5159,13	4947,79	4824,08	4698,37

Cañón urbano 2: Sentido Este-Oeste

Tabla 6.34: Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2

Tai				
	2(100 %)	2 (75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	28,19	28,12	28,04	28,01
FEB	28,32	28,24	28,16	28,12
MAR	27,88	27,8	27,71	27,66
ABR	28,71	28,57	28,42	28,34
MAY	28,26	28,08	27,88	27,78
JUN	26,78	26,63	26,47	26,38
JUL	24,93	24,82	24,69	24,62
AGO	24,66	24,55	24,42	24,36
SEP	25,24	25,16	25,08	25,03
OCT	24,87	24,81	24,75	24,72
NOV	25,28	25,22	25,16	25,13
DIC	26,74	26,67	26,61	26,57
Cer				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	5867,52	5867,52	5676,72	5630,38
FEB	5493,57	5493,57	5309,53	5268,4
MAR	5680,71	5680,71	5456,55	5401,19
ABR	6093,89	6093,89	5804,03	5738,83
MAY	5860,67	5860,67	5498,35	5408,99
JUN	3989,13	3980,13	3548,01	3557,02
JUL	2183,03	2183,03	1891,09	1812,35
AGO	1852,56	1852,56	1565,43	1492,08
SEP	2421,44	2421,44	2210,15	2158,52
OCT	1919,08	1919,08	1767,92	1728,3
NOV	2580,58	2580,58	2420,46	2381,3
DIC	4349,25	4349,25	4174,67	4129,14

Cañón urbano 3: Sentido Noreste-Suroeste

Tabla 6.35: Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2

Tai				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	28,59	28,51	28,43	28,39
FEB	28,83	28,74	28,64	28,59
MAR	28,59	28,47	28,33	28,26
ABR	29,19	29,04	28,88	28,79
MAY	28,43	28,28	28,12	28,04
JUN	27,03	26,91	26,78	26,71
JUL	25,31	25,22	25,12	25,06
AGO	25,13	25,03	24,93	24,87
SEP	25,95	25,85	25,74	25,68
OCT	25,56	25,48	25,39	25,34
NOV	25,79	25,73	25,66	25,62
DIC	27,13	27,07	26,99	26,95
Cer				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	6494,66	6379,34	6249,23	6203,77
FEB	6209,61	6085,6	5937,08	5890,67
MAR	6664,38	6501,99	6309,02	6243,7
ABR	6927,52	6761,27	6554,14	6493,16
MAY	6451,39	6271,18	6073,28	5989,76
JUN	4492,96	4343,24	4192,19	4111,51
JUL	2783,05	2545,53	2511,08	2436,38
AGO	2609,32	2472,26	2322,94	2243,53
SEP	3436,56	3290,33	3138,52	3057,85
OCT	2925,52	2807,8	2680,8	2618,76
NOV	3336,72	3242,72	3140,12	3087,22
DIC	4956,1	4845,43	4733,17	4683,6

Cañón urbano 4: Sentido Noroeste-Sureste

Tabla 6.36: Tai y Cer en vivienda de distinto % WWR, cañón urbano H/W=2

Tai				
	2(100 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	28,78	28,63	28,47	28,38
FEB	28,97	28,83	28,68	28,6
MAR	28,59	28,47	28,34	28,27
ABR	29,05	28,95	28,84	28,79
MAY	28,21	28,13	28,06	28,02
JUN	26,82	26,76	26,7	26,67
JUL	25,16	25,1	25,05	25,02
AGO	25	24,94	24,87	24,84
SEP	25,92	25,82	25,73	25,68
OCT	25,6	25,5	25,4	25,34
NOV	25,96	25,85	25,74	25,67
DIC	27,38	27,24	27,1	27,02
Cer				
	1,5(50 %)	2(75 %)	2(50 %)	2(40 %)
ENE	6671,02	6455,79	6221,9	6095,11
FEB	6360,5	6161,91	5944,39	5831,5
MAR	6739,04	6542,79	6325,26	6207,41
ABR	6895,35	6733	6560,41	6463,88
MAY	6329,81	6202,98	6064,77	5994,48
JUN	4359,4	4260,64	4161,04	4109,17
JUL	2655,79	2562,63	2468,57	2418,23
AGO	2499,3	2397,57	2293,27	2239,01
SEP	3431,44	3284,88	3143,5	3068,83
OCT	2963,7	2826,73	2681,09	2603,65
NOV	3505,18	3356,58	3203,65	3120,7
DIC	5204,7	5007,47	4807,24	4698,37

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Evelyn Dennisse Álvarez Malla** portador/a de la cédula de ciudadanía N.º 0705076800. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Caracterización del cañón urbano y de fachada: propuesta para mejorar el comportamiento de las viviendas de la ciudad de Machala, Ecuador”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **11 de enero de 2022**



F:
Evelyn Dennisse Álvarez Malla
0705076800