

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño térmico de edificaciones resilientes al cambio climático"

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

**JOSE DARIO FERNANDEZ MOROCHO
BYRON XAVIER PESANTEZ RIVADENEIRA**

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis queridos padres, familia, amigos y compañera de vida, que estuvieron brindándole su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

José Darío Fernández Morocho

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a las personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto especialmente al Arq. Gary Fernández por su paciencia y ayuda brindada.

A nuestros tutores y profesores que fueron la guía para el éxito del proyecto.

José Darío Fernández Morocho

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto a la persona que estuvo conmigo en los peores momentos y siempre me dio ánimo; mi madre. Gracias a ella y a mi compañero de tesis quien siempre tuvo el valor de ayudarme a pesar de las circunstancias que se presentaron.

Byron Xavier Pesantez Rivadeneira

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a las personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto en especial a mis tutores Ph.D Guillermo Soriano y Ms.C José Macías por su guía y ayuda incondicional pese a los inconvenientes que se presentaron en el trayecto.

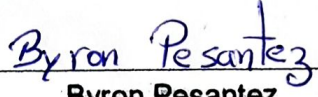
Byron Xavier Pesantez Rivadeneira

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Fernández* y *Byron Pesantez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

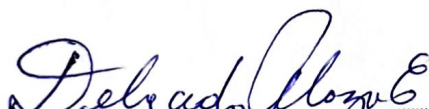


José Fernández



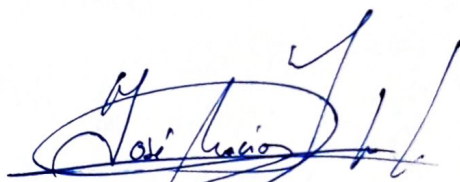
Byron Pesantez

EVALUADORES



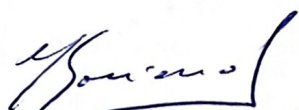
.....
Ph.D Emerita Delgado

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
Ms. C José Macías

PROFESOR TUTOR



.....
Ph.D Guillermo Soriano

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El análisis de este proyecto se basó en evaluar la situación energética y confort térmico de ciertos tipos de viviendas construidas por el MIDUVI, como la unifamiliar, multifamiliar y vivienda adosada. La localidad de estudio fue en la ciudad de Durán. En particular, para la realización del estudio, fue necesario contar con los datos climáticos de la ciudad para apreciar su variación en el transcurso de un año. Además, se elaboró un modelo computacional de las viviendas que fueron simuladas y analizadas con ayuda de un software especializado, lo que favoreció estimar confort térmico en estas.

El modelo requirió conocer parámetros específicos de la envolvente, iluminación, y demás componentes. Entre los factores considerados para la envolvente se encuentran paredes, techos, ventanas y puertas. Las cargas consideradas fueron luces, personas, equipos eléctricos e infiltraciones de aire. Como software para la simulación energética, se seleccionó una herramienta de software libre, la misma que fue elegida mediante una matriz evaluativa, además cumple con las siguientes características. Como modificar varios parámetros de modelado, componentes de la envolvente, capacidad de iluminación, materiales, dimensiones y controles. Se obtuvieron las simulaciones energéticas de los modelos de viviendas mencionados, en diferentes escenarios climáticos (Clima actual, Isla de calor urbana, Clima al 2050) con la finalidad de determinar en qué ambiente se obtienen los mayores valores de temperatura del aire en el interior de las viviendas junto con los periodos más elevados de malestar térmico. En base a la normativa de confort adaptativa ASHRAE-55-2013 se estableció que la vivienda multifamiliar fue la que mostro menor periodo de incomodidad térmica siendo la idónea para un posible proyecto de vivienda social, además se procedió a establecer estrategias pasivas de mejoras con el fin de disminuir las horas de malestar brindando así una mejor calidad de vida a los posibles residentes de esta.

Palabras Clave: Confort térmico, cargas, envolvente, clima.

ABSTRACT

The analysis of this project was based on evaluating the energy situation and thermal comfort of certain types of homes built by the MIDUVI, such as the single family, Multifamily and semi-detached house. The town of study was in the city of Durán. In particular, for the realization of the study, it was necessary to have the climatic data of the city to appreciate its variation in the course of one year. In addition, a computational model of the houses was developed that were simulated and analyzed with the help of a specialized software, which favored estimating thermal comfort in these. The model required to know specific parameters of the enclosure, lighting, and other components. Among the factors considered for the enclosure are walls, ceilings, windows and doors. The loads considered were lights, people, electrical equipment and air infiltrations. As a software for energy simulation, a free software tool was selected, the same one that was chosen by means of an evaluative matrix, and also complies with the following characteristics. How to modify various modeling parameters, envelope components, lighting capacity, materials, dimensions and controls. The energy simulations of the mentioned housing models were obtained, in different climatic scenarios (current climate, urban heat island, climate at 2050) to determine in which environment, the highest temperature values are obtained from the Air inside the houses along with the higher periods of heat discomfort. Based on the regulation of adaptive comfort ASHRAE – 55-2013 It was established that the multifamily housing was the one that showed lower period of thermal discomfort being the ideal one for a possible social housing project, in addition it proceeded to establish strategies of improvements in order to reduce the hours of discomfort thus giving a better quality of life to the possible residents of this.

Key words: Thermal comfort, loads, envelope, climate.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ABREVIATURAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1.Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Cambio climático.....	4
1.4.2 Isla de calor urbano (ICU).....	5
1.4.3 Resiliencia	6
CAPÍTULO 2.....	7
2.Metodología.....	7
2.1 Flujograma de la simulación.....	7
2.2 Análisis del entorno	9
2.3 Ciudad de Durán	9
2.3.1 Condiciones climáticas del entorno.....	9
2.3.2 Situación Solar del entorno	10
2.3.3 Velocidad del viento.....	11
2.4 Tipología de viviendas típicas en la urbe.....	11
2.4.1 Descripción de las tipologías de viviendas	11
2.4.2 Estrategias pasivas para mejorar confort.....	12
2.4.3 Para la Ventilación Natural:	12
2.4.4 Para la Inercia térmica:	13
2.4.5 Minimizar las ganancias de calor:	14
2.5 Diseños convencionales en la construcción de viviendas	14

2.6	Evaluación de las prestaciones de confort térmico	16
2.6.1	Reglamentos y normativas para el confort térmico	16
2.6.2	Normativa para evaluar el Confort térmico	17
2.6.3	Metodología para evaluar el confort térmico de las viviendas	17
2.6.4	Simulación térmica.....	18
2.6.5	Softwares de simulación térmica en viviendas	18
2.6.6	Trnsys	18
2.6.7	OPENSTUDIO	19
2.6.8	DESIGNBUILDER.....	19
2.6.9	Matriz de decisión: Software electo para la simulación.....	19
2.6.10	Descripción de escenarios climáticos a evaluar.....	21
2.7	Selección de estrategias pasivas	21
CAPÍTULO 3.....		22
3.	Resultados y Análisis	22
3.1	Modelado de la línea base	22
3.1.1	Distribución del espaciamiento de la vivienda	22
3.1.2	Zonas térmicas	23
3.1.3	Tipo de espacio.....	24
3.1.4	Ocupancia de las personas	24
3.1.5	Cargas por iluminación	25
3.1.6	Cargas debido a equipos eléctricos	25
3.2	Evaluación de confort térmico	26
3.2.1	Características de las tipologías	26
3.3	Evaluación de confort térmico ante diferentes escenarios climáticos.....	27
3.3.1	Clima actual – Vivienda tipo unifamiliar	27
3.3.2	Clima actual – Vivienda tipo unifamiliar adosada.....	28
3.3.3	Clima actual – Vivienda Multifamiliar	29
3.3.4	Efecto Isla de Calor – Vivienda Unifamiliar	31
3.3.5	Efecto Isla de Calor – Vivienda Unifamiliar Adosada	32
3.3.6	Efecto Isla de Calor – Vivienda Multifamiliar.....	33
3.3.7	Periodo climático hasta el año 2050 – Vivienda Unifamiliar.....	33
3.3.8	Periodo climático al año 2050– Vivienda Unifamiliar Adosada	34
3.3.9	Periodo climático a 50 años – Vivienda Multifamiliar	35
3.3.10	Rangos de confort térmico.....	36

3.3.11	Periodos de disconformidad térmico.....	36
3.4	Tendencia ante los escenarios climáticos diferentes.....	37
3.5	Resultados aplicando mejoras pasivas en la simulación.....	37
3.6	Mejora pasiva: Aumento de 20cm en la altura de la vivienda.....	37
3.6.1	Efecto del clima actual	37
3.6.2	Efecto de la Isla de calor.....	38
3.6.3	Escenario climatico hasta el año 2050.....	39
3.7	Mejora pasiva: Empleo de aislante térmico en cubierta	39
3.7.1	Efecto del clima actual	39
3.7.2	Efecto de la Isla de calor.....	40
3.7.3	Escenario climatico hasta el año 2050.....	41
3.8	Análisis con la combinación de las mejoras pasivas	41
3.8.1	Efecto del clima actual	41
3.8.2	Resultados con mejoras pasivas ante escenario de Isla de calor.....	42
3.8.3	Resultados con mejoras pasivas ante escenario climático para el	43
	año 2050.....	43
3.9	Resumen de la evaluación térmica.....	44
3.10	Análisis de costos.....	45
CAPÍTULO 4.....		46
4.Conclusiones y Recomendaciones.....		46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	47
BIGLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Evolución del Sector Eléctrico en el país.....	4
Figura 1. 2 Variación de la temperatura del aire en zona urbana y rural	5
Figura 2. 1 Etapas para la simulación térmica en cada tipología de vivienda.....	8
Figura 2. 2 Registro de Temperatura de la ciudad Durán.....	9
Figura 2. 3 Niveles de radiación solar de la ciudad Durán	10
Figura 2. 4 Tipología de viviendas sociales	12
Figura 2. 5 Bosquejo de vivienda con materiales de alta densidad	13
Figura 2. 6 Plano de vivienda social 42 m ²	15
Figura 3. 1 Modelado 3D de la vivienda.....	23
Figura 3. 2 Modelado 3D de la vivienda con renderizado de zonas térmicas.....	23
Figura 3. 3 Modelado 3D de la vivienda con renderizado de tipos de espacios.	24
Figura 3. 4 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda unifamiliar	27
Figura 3. 5 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar; clima actual	27
Figura 3. 6 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda unifamiliar	28
adosada.....	28
Figura 3. 7 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar adosada; clima actual.....	29
Figura 3. 8 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda multifamiliar.....	30
Figura 3. 9 Temperaturas operativas vivienda multifamiliar; clima actual.....	30
Figura 3. 10 Temperaturas operativas en vivienda unifamiliar ante efecto isla	31
de calor.....	31
Figura 3. 11 Temperaturas operativas en vivienda adosada ante efecto isla	32
de calor.....	32
Figura 3. 12 Temperaturas operativas en vivienda multifamiliar ante efecto isla	33
de calor.....	33
Figura 3. 13 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar escenario climático	34
hasta el año 2050.....	34
Figura 3. 14 Temperaturas de vivienda adosada; escenario climático hasta	34
el años 2050.....	34
Figura 3. 15 Temperaturas vivienda multifamiliar; escenario climático al año 2050	35
Figura 3. 16 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; clima actual.....	37
Figura 3. 17 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; efecto isla	38
de calor.....	38

Figura 3. 18 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; hasta	39
año 2050.....	39
Figura 3. 19 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; clima	39
actual.....	39
Figura 3. 20 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; Isla	40
de calor.....	40
Figura 3. 21 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; hasta el.....	41
año 2050.....	41
Figura 3. 22 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; clima actual	42
Figura 3. 23 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; isla de calor	43
Figura 3. 24 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; hasta	44
el 2050.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Materiales de construcción nacional (ISO, 2007).	16
Tabla 2. 2 Periodos de ocupación en la vivienda	17
Tabla 2. 3 Rango de valores por categoría.....	20
Tabla 2. 4 Matriz de decisión para el software	20
Tabla 3. 1 Proporción de los materiales en la envolvente.....	22
Tabla 3. 2 Valores de ocupancia de personas.....	24
Tabla 3. 3 Valores de cargas por iluminación.....	25
Tabla 3. 4 Distribución de cargas por equipos.....	25
Tabla 3. 6 Características generales de las viviendas.....	26
Tabla 3. 7 Horas de disconformidad de la vivienda unifamiliar; clima actual.....	28
Tabla 3. 8 Horas de disconformidad de la vivienda adosada; clima actual	29
Tabla 3. 9 Horas de disconformidad de la vivienda multifamiliar; clima actual	31
Tabla 3. 10 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor	32
Tabla 3. 11 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor	32
Tabla 3. 12 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor	33
Tabla 3. 13 Horas de disconformidad de la vivienda; pronostico hasta el año 2050	34
Tabla 3. 14 Horas de disconformidad de la vivienda; pronostico hasta el año 2050	35
Tabla 3. 15 Horas de disconformidad de la vivienda; pronostico hasta el año 2050	36
Tabla 3. 16 Temperaturas de confort en la vivienda.....	36
Tabla 3. 17 Horas de disconformidad de las viviendas	36
Tabla 3. 18 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura	38
Tabla 3. 19 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura	38
Tabla 3. 20 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura	39
Tabla 3. 21 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante	40
Tabla 3. 22 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante	40
Tabla 3. 23 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante	41
Tabla 3. 24 Horas de disconformidad de la vivienda con mejoras combinadas	41
Tabla 3. 25 Horas de disconformidad de la vivienda con mejoras combinadas	42
Tabla 3. 26 Horas de disconformidad de la vivienda.....	43
Tabla 3. 27 Resumen de la simulación térmica	44

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda
UHI	Urban Heat Island
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
NEC	Norma Ecuatoriana de la construcción
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El efecto de isla de calor urbano o UHI por sus siglas en inglés (Urban Heat Island) es una de las intromisiones antropogénicas más evidentes sobre el clima y sus efectos están siendo analizados minuciosamente alrededor del mundo. UHI tiende a ser más intenso en los centros de las ciudades y tiene un patrón diurno, llegando a los mínimos en la tarde y los máximos en la noche (Oke, 1987). Si bien el UHI influye necesariamente en las condiciones de confort térmico al aire libre, la salud pública y las cargas de calefacción y refrigeración para edificios (Gorsevski, Taha, Quattrochi y Luval, 1998).

Como resultado de estas alteraciones climáticas, el medio ambiente también es afectado por causa de las elevadas temperaturas. En consecuencia, a esta anomalía las zonas urbanas funcionan como catalizadores, generando reacciones con los gases de combustión que están presentes en la atmosfera, de manera que se obtienen altas cantidades de smog. Dando como resultado intensificación del calentamiento global y aumento de las lluvias acidas (Hernández & Moreno, 2013, pág. 4)

Durán es una de las ciudades más poblada de Ecuador y desemboca en el río Guayas, cerca del Océano Pacífico, esta urbe cuenta con un ambiente húmedo muy caluroso. El clima de esta localidad afecta drásticamente el entorno construido, especialmente en relación con la demanda de refrigeración de los edificios y el consumo de electricidad relacionado.

En contraste con lo anterior, el presente proyecto utilizará resultados parciales de las irregularidades climáticas ocasionadas por las islas de calor, en la urbe del cantón Duran, formando parte del proyecto RESCLIMA Durán. De manera que, a partir de la innovación de varios modelos para edificaciones, tales como vivienda unifamiliar, bloque multifamiliar y edificio de oficinas, se establecerá una línea base de consumo de energía y confort térmico interno. Una vez lograda la línea base se evaluará el efecto en el consumo de energía y confort térmico de posibles cambios en los

diseños de las edificaciones, tales como cambio de forma, orientación y materiales. (Borbor & Rincon, 2017)

1.1 Descripción del problema

El cambio climático representa grandes amenazas en la calidad de vida de las personas, una de ellas es el fenómeno isla de calor urbana. Este fenómeno se refiere al incremento de la temperatura en zonas urbanas respecto de las zonas rurales circundantes. Es bien conocido que los efectos de este evento climático afectan el medio ambiente urbano, generando molestias en la salud de los habitantes. Adicionalmente se genera un efecto transversal, como lo es el incremento del consumo de energía por parte de los equipos de climatización que brindan confort térmico en las edificaciones urbanas. Desafortunadamente, en la actualidad, no es común encontrar evidencias de las prácticas de diseños urbanos sostenibles en el entorno local. Se estima que a nivel mundial entre el 30 al 40% de la energía total es usada en el sector residencial ya sea para su construcción como para el consumo. (Huovilla, 2007). A nivel nacional, según datos estadísticos de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), el grupo de mayor consumo energético es el residencial, con 7.104,85 GWh. Que representa el 37,60% del total de la energía disponible. Generando un gasto anual aproximado de 726,99 millones de dólares del consumo energía en el sector residencial en el año del 2016. Por esta razón, el presente trabajo tiene como finalidad, proponer estrategias de diseños resilientes, aplicables a edificaciones residenciales de tipo social.

1.2 Justificación del proyecto

El cambio climático está avanzando de manera radical y su influencia es mucho más clara en las urbes en donde se presentan las llamadas islas de calor. Debido a este fenómeno, diversos trabajos de investigación a nivel local han encontrado que las edificaciones no otorgan un adecuado confort térmico por lo tanto se ven obligadas a usar sistemas mecánicos de climatización, lo que se traduce en considerables incrementos tanto económicos como en la demanda y consumo de energía, muchas veces sin obtener resultados favorables.

Actualmente en la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC); cómo se la presenta en la página oficial del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), no está enfocada a la eficiencia energética ni al confort térmico, solamente a los requerimientos de resistencia estructural. La mayoría de las construcciones a nivel nacional son realizadas de hormigón armado compuesto de bloques o ladrillos y cubiertas metálicas; es de saberse que dichos materiales ocupan los lugares más bajos en niveles de aislamiento térmico (Macías, 2017).

Con esto podemos indicar que las prácticas aplicadas actualmente de eficiencia energética en las edificaciones son inexistentes. De este modo para cambiar este panorama se justifica el estudio de diseños de edificaciones resilientes al efecto de las islas de calor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar térmicamente edificaciones residenciales y comerciales resilientes al efecto isla de calor para el caso de estudio de la ciudad de Durán.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las tipologías comunes en edificaciones utilizadas como vivienda unifamiliar, bloques multifamiliares y edificios de oficina.
- Establecer línea base de desempeño energético y de confort térmico de las tipologías identificadas para edificaciones, ante la influencia del fenómeno isla de calor urbana.
- Proponer cambios en los diseños para mejorar el desempeño térmico y energético de las tipologías base, tales como redistribución funcional, orientación y uso de materiales, sin afectar la integridad estructural y su funcionalidad.
- Evaluar el efecto en el desempeño energético y confort térmico de los cambios propuestos

1.4 Marco teórico

Los registros del consumo energético se establecen en base a las jornadas del uso de equipos eléctricos. La agrupación concerniente a edificaciones tanto residenciales, comerciales e industriales son los responsables del mayor gasto eléctrico en el país. En la Figura 1. 1 se observa el comportamiento del consumo eléctrico pertenecientes a este grupo en la última década, según datos expuestos por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). En la región costa el mayor gasto lo realiza el sector residencial urbano, en contraste las zonas residenciales rurales pertenecientes de esta región muestran un menor consumo eléctrico.

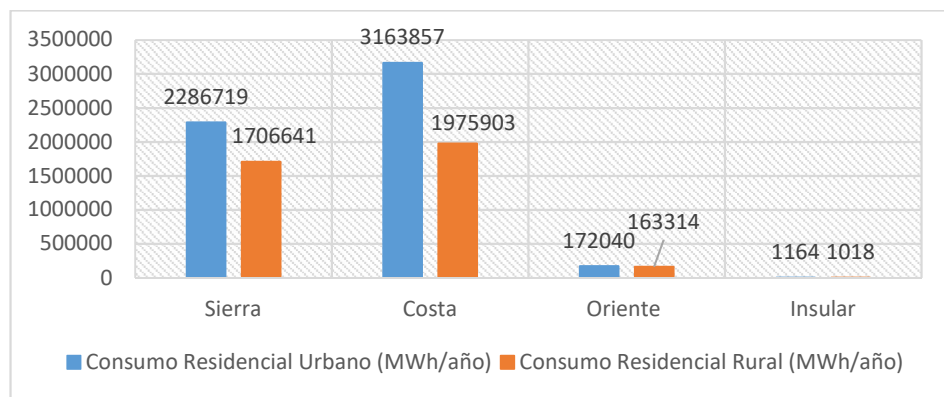


Figura 1. 1 Evolución del Sector Eléctrico en el país (CONELEC, 2015)

1.4.1 Cambio climático

Es la alteración persistente del estado del clima por variabilidad natural o por efecto de la actividad humana. Actualmente se emplea este término para indicar el acelerado calentamiento que se viene produciendo en la superficie terrestre. (Vargas, 2009)

El cambio climático no solo afecta la temperatura del planeta, sino que también la circulación de la atmósfera y por ende los regímenes de precipitación. (Garreaud, 2011)

1.4.2 Isla de calor urbano (ICU)

Se define como un aumento de la temperatura del aire urbano en comparación con los alrededores suburbanos y rurales. En particular el desarrollo de una isla urbana de calor es un proceso que varía con el tiempo y que involucra a la morfología física y el entorno construido de una región urbana (Grimmond, 2005).

Durante el día las viviendas pertenecientes a una zona rural almacenan menos calor en su estructura que las edificaciones que están dentro de una zona urbana. En la noche, las temperaturas urbanas y rurales divergen, y se desarrolla el efecto de isla de calor. El entorno rural se enfría rápidamente en horas posteriores a la puesta del sol. La isla de calor normalmente persiste durante la noche hasta poco después del amanecer (Arnfield Johnson, 2000).

En la Figura 1. 2 se muestra el comportamiento que experimenta la temperatura del aire en la zona urbana y rural, desde la puesta del sol hasta el amanecer.

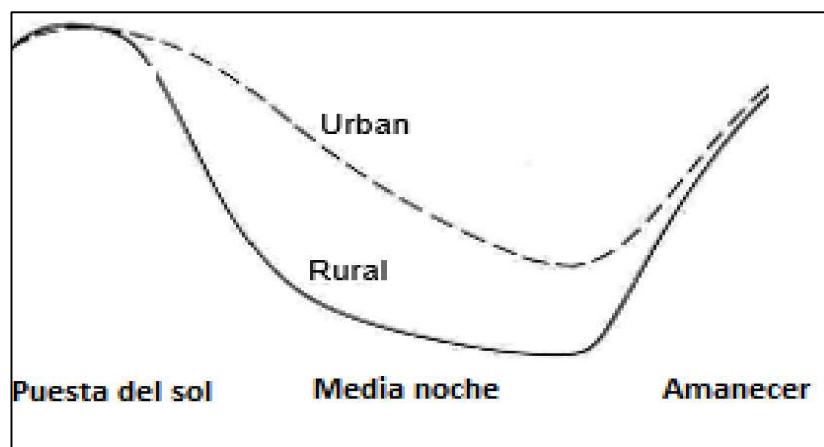


Figura 1. 2 Variación de la temperatura del aire en zona urbana y rural
(Oke,2007)

1.4.3 Resiliencia

La resiliencia es, por lo tanto, la capacidad intrínseca de una organización (sistema) para mantener o recuperar un estado dinámicamente estable, lo que le permite continuar las operaciones después de un percance importante y / o en presencia de una tensión continua. (Hollnagel, 2000)

En el área de la ingeniería en materiales el término resiliencia, se utiliza para indicar la capacidad que posee un material de resistir y absorber niveles altos de energía cuando se distorsiona hasta su límite elástico y sin sufrir daños irreversibles. (Sansavini, 2003)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para comprender mejor el procedimiento y obtener el resultado esperado, se utilizó la técnica de los diagramas de flujo. La finalidad de este sistema esquemático es valerse de los parámetros y normativas necesarias, para cumplir con el alcance del proyecto.

En este análisis, se tomó como referencia ciertas tipologías de viviendas construidas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda (MIDUVI). En particular, en nuestro país las viviendas con mayor demanda de construcción son las unifamiliares, las mismas que cumplen con los requerimientos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014)

Para lograr que las edificaciones construidas en nuestra región sean más eficaces, se analizarán factores geométricos como volumen, superficie de construcción, y el empleo de alternativas de mejoras pasivas para desarrollar sistemas envolventes más eficientes. Para la obtención de resultados, se generalizó que cada edificación tendrá un área de 42m² por planta, además se estableció que cada tipología de vivienda representaría una sola zona térmica. Cada modelado realizado se lo evaluó ante diferentes escenarios climáticos, con el fin de comprobar que ante la presencia del fenómeno de Isla de calor los niveles de disconformidad serían superiores en comparación con cualquier otro escenario climático.

2.1 Flujograma de la simulación

En la Figura 2. 1 se observa el flujograma de cada etapa para realizar el análisis de simulación térmica en las viviendas.

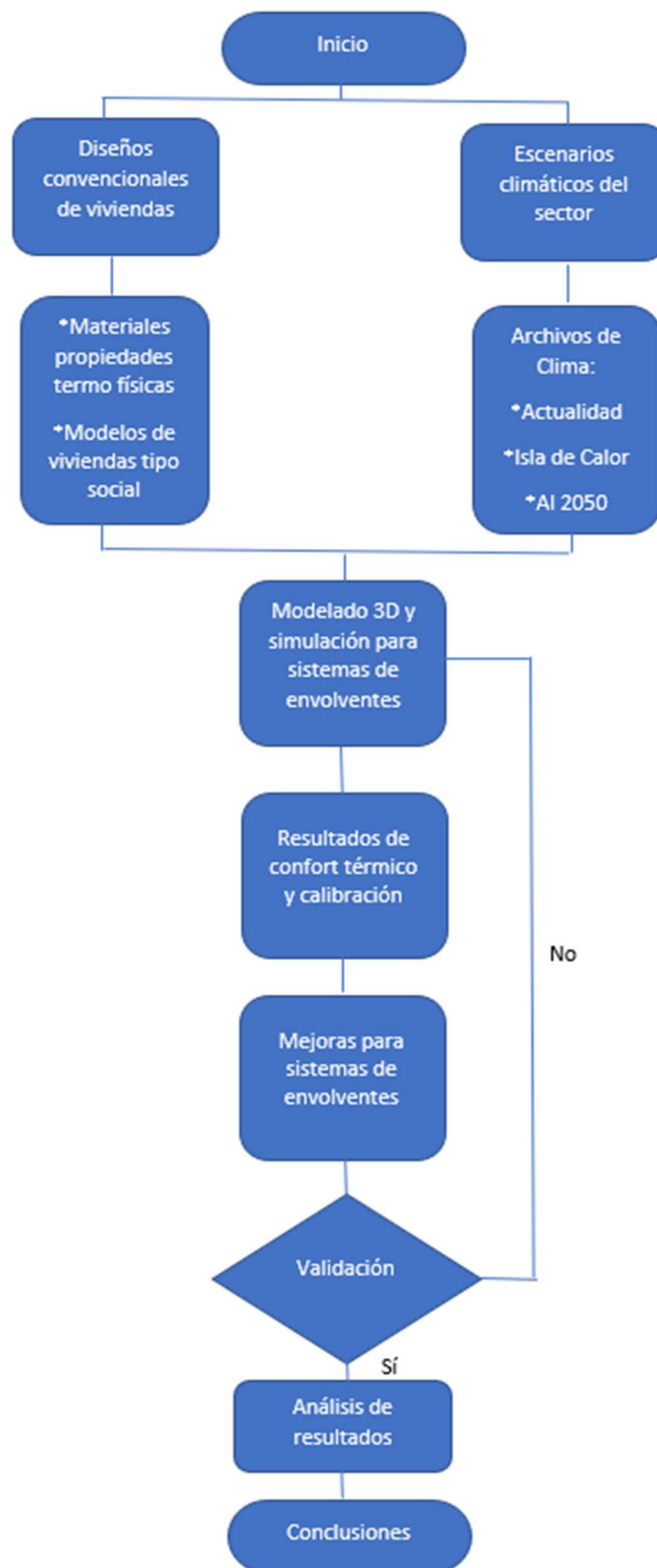


Figura 2. 1 Etapas para la simulación térmica en cada tipología de vivienda

2.2 Análisis del entorno

En la última década el MIDUVI ha concedido más de 200.000 viviendas de tipo social, a los ecuatorianos de escasos recursos que residen en áreas urbanas, rurales y marginales (MIDUVI, 2016).

2.3 Ciudad de Durán

El cantón Durán, es la segunda ciudad más poblada de la provincia del Guayas con 265.843 habitantes, cuenta con una expansión territorial de 58.6 Km² y 4536.57 habitantes/Km² en cuanto a densidad poblacional según el Instituto Nacional de Estadística y Censos. (INEC,2016)

2.3.1 Condiciones climáticas del entorno

La temperatura promedio en la región costanera del país oscilan entre los 21 °C y 28 °C. Sin embargo, la localidad de estudio fue la ciudad de Durán, por ello se procedió a obtener registros del comportamiento climático mediante el software Meteonorm. En la Figura 2. 2 se muestran los registros históricos mensuales en cuanto a la temperatura de esta ciudad.

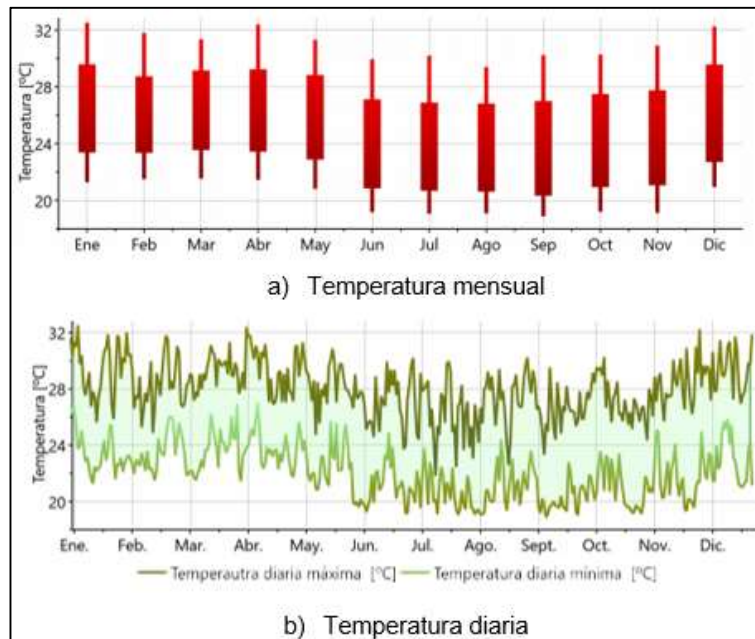


Figura 2. 2 Registro de Temperatura de la ciudad Durán (Meteonorm, 2017)

2.3.2 Situación Solar del entorno

La radiación solar tiene efectos importantes tanto en la ganancia como en la pérdida de calor en los materiales de la envolvente de una edificación. Motivo por el cual se deben diseñar viviendas considerando la carga solar máxima que esta va a experimentar.

En la figura 2.3, se muestra un esquema mensual y diario de la radiación solar en la ciudad de Durán; donde se observa que en el periodo de invierno, marzo y abril son los meses con mayor índice de radiación solar. Mientras que para la temporada de verano, septiembre y octubre lideran los registros con mayores niveles de radiación.

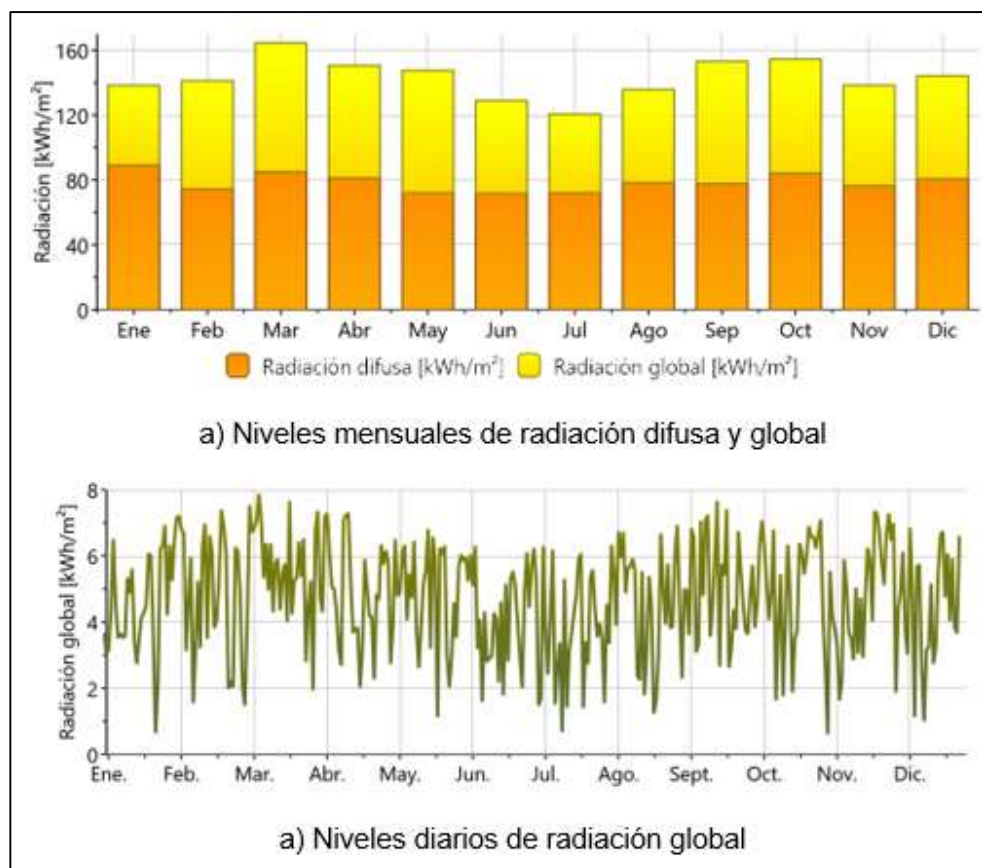


Figura 2. 3 Niveles de radiación solar de la ciudad Durán (Meteonorm, 2017)

2.3.3 Velocidad del viento

Los fuertes vientos predominantes en la localidad golpean en dirección suroeste y la mayor magnitud de corriente se experimenta en la estación seca con una velocidad de 5.0m/s. En el mes de octubre y en épocas con lluvias la dirección del viento sufre un incremento en su flujo que va en sentido sureste al oeste, con una velocidad promedio de 3.0 m/s. Y para los meses concernientes de julio a septiembre se percibe mayor flujo de corriente a 5.27 m/s. (INAMHI, 2008)

2.4 Tipología de viviendas típicas en la urbe

La construcción para las viviendas típicas en nuestro país, mantienen los lineamientos de la normativa ecuatoriana INEC, cuyos requerimientos se presentan en la tabla del anexo B.

2.4.1 Descripción de las tipologías de viviendas

Los tipos de edificaciones construidas con mayor demanda por el MIDUVI son, las viviendas tipo social, adosada, bloques multifamiliar y viviendas unifamiliares aisladas y pareadas.

- Vivienda unifamiliar. Esta edificación tiene una geometría compacta y dispone de una sola planta y a su vez se apoya directamente sobre el suelo. En Durán la gran mayoría de viviendas son unifamiliares unas aisladas y otras pareadas. En la figura 2.4 b, c, se puede entender el entorno de una vivienda social aislada, la misma que cuenta con 3 dormitorios y un área de 42 m²
- Vivienda multifamiliar. La forma geométrica y el diseño de estas edificaciones se caracteriza, por poseer la capacidad de albergar a más de una sola familia como se muestra en la figura 2.4d.
- Vivienda adosada. Es aquella que se encuentra en contacto con otras dos viviendas una a cada lado. Se suelen caracterizar por tener una planta

estrecha. En la figura 2.4a se muestran los modelos tradicionales de casas adosadas construidas por el MIDUVI.



Figura 2. 4 Tipología de viviendas sociales (MIDUVI, 2016)

2.4.2 Estrategias pasivas para mejorar confort

Los sistemas pasivos son capaces de adsorber las demandas futuras de radiación solar, mejorando la condición de vida en el interior de las viviendas sin generar consumo energético adicional.

Las macro estrategias recomendadas según el manual INER como mejoras pasivas son: ventilación natural, inercia térmica, captación solar, minimización de ganancias de calor, minimización de pérdidas de calor.

2.4.3 Para la Ventilación Natural:

- Usar ventanas que maximicen el flujo de aire permitiendo una ventilación cruzada. (INER, 2015, pág. 25)
- Orientar la fachada de mayor longitud del edificio en la dirección del viento predominante. (INER, 2015, pág. 25)
- Orientar las ventanas en la dirección predominante del viento (INER, 2015, pág. 26)

2.4.4 Para la Inercia térmica:

- Utilizar materiales de alta densidad y calor específico en elementos sombreados de la edificación. En la Figura 2. 5 se muestra de manera esquemática el efecto de los rayos solares sobre los materiales de alta densidad en viviendas. (INER, 2015, pág. 28)

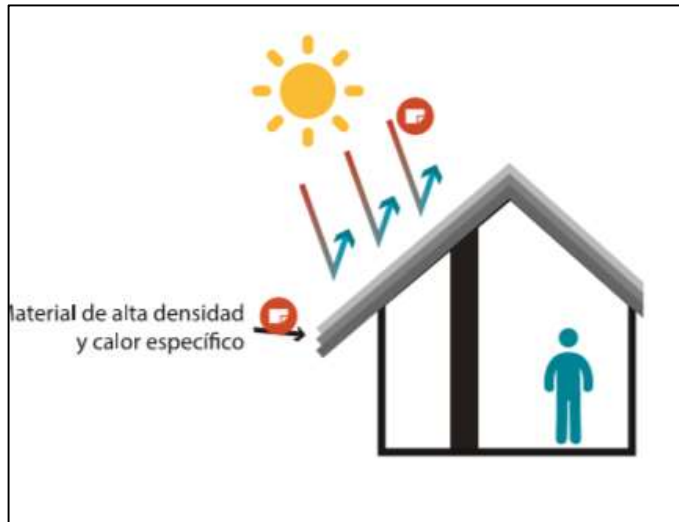


Figura 2. 5 Bosquejo de vivienda con materiales de alta densidad (INER, 2014)

- Utilizar sistemas operables para ventilar durante las horas nocturnas los interiores y los elementos de inercia. (INER, 2015, pág. 28)
- Utilizar materiales de alta densidad y calor específico en la envolvente, para que reciban el sol durante el día y devuelvan estas ganancias durante la noche (INER, 2015, pág. 28)
- Utilizar cubiertas de agua o con otro material de elevada inercia y sistemas móviles de protección. (INER, 2015, pág. 28)
- Utilizar la inercia del terreno con construcciones bien asentadas, adosadas a las pendientes o enterradas. (INER, 2015, pág. 28)
- Utilizar sistemas de ventilación subterráneos para precalentar o refrigerar el aire interior. (INER, 2015, pág. 28)

2.4.5 Minimizar las ganancias de calor:

Las viviendas ganan o pierden calor en su envolvente de tres maneras: por conducción, por convección y radiación. A continuación, se presentan información detallada según el INER sobre estrategias para minimizar las ganancias de calor:

- Evitar instalar ventanas en la fachada oeste de la edificación y además generar sombras utilizando la vegetación propia del lugar (INER, 2015, pág. 33)
- Instalar protecciones solares en ventanas (voladizos, toldos o parasoles operables). (INER, 2015, pág. 34)
- Instalar ventanas de alto rendimiento. (INER, 2015, pág. 34)
- Usar materiales de construcción de colores claros o materiales aislantes reflectantes especialmente en el techo. (INER, 2015, pág. 34)
- Instalar una barrera radiante que ayude a reducir las ganancias de calor por radiación a través del techo. (INER, 2015, pág. 34)
- Utilizar cubiertas y fachadas vegetales como protección solar. (INER, 2015, pág. 34)

2.5 Diseños convencionales en la construcción de viviendas

Los materiales usados para la construcción de casas tanto unifamiliares, como multifamiliares se han definido en base a la información proporcionada por el MIDUVI. En particular, un tipo de vivienda muy usual en las construcciones es la unifamiliar, dicha cimentación dispone de dos dormitorios, un baño y una cocina, contenida en un área de 42 m², como se muestra en la Figura 2. 6

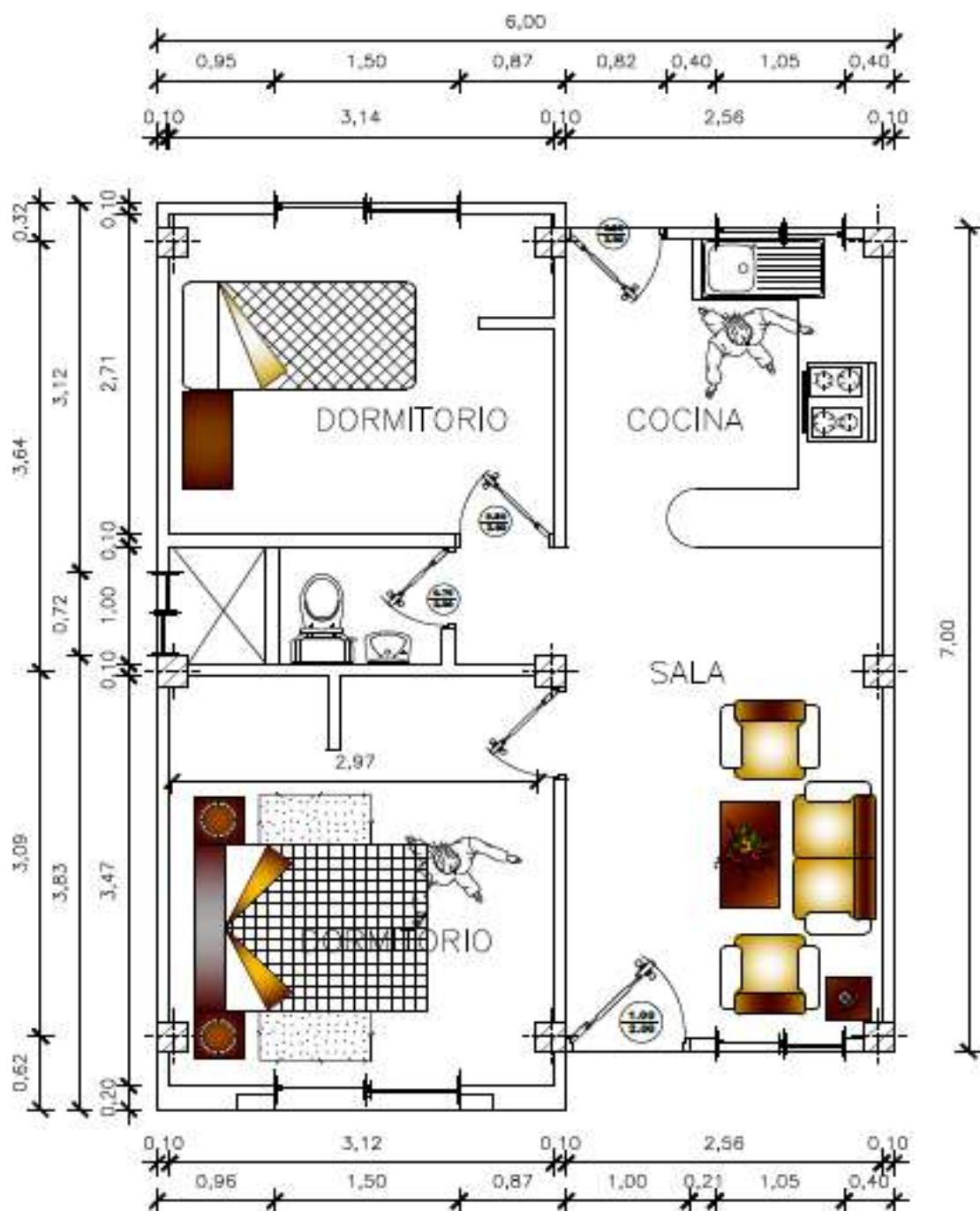


Figura 2. 6 Plano de vivienda social 42 m²

Fuente: (MIDUVI, Modelo climatico, s.f.)

Los materiales típicos de construcción para estas viviendas sociales se presentan en la Tabla 2. 1.

Tabla 2. 1 Materiales de construcción nacional (ISO, 2007).

Material	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m-k)	Calor específico (Joule/Kg-K)	Emisividad
Ladrillo común	1800	0.233	840	0.80
Hormigón (seco)	500	0.128	837	0.92
Concreto	1800	1.35	1000	0.90
Aislante Poliestireno	15.0	0.04	1300	0.90
Cemento (seco)	1.6	0.2	837	0.93

2.6 Evaluación de las prestaciones de confort térmico

Para conseguir periodos largos de confort térmico en el interior de las viviendas construidas por el MIDUVI, se utilizó normativas técnicas internacionales, materiales con propiedades resilientes al cambio climático y el empleo de herramientas computacionales para detallar con exactitud los niveles de disconformidad a la hora de exponer a cada modelo ante diferentes escenarios climáticos.

2.6.1 Reglamentos y normativas para el confort térmico

Las organizaciones internacionales como ASHARE y la entidad dedicada al Confort Europeo (CEN) establecen lineamientos de ayuda para la disminución del consumo energético en viviendas, y así brindar confort térmico. El Ecuador por pertenecer al grupo de países en vías de desarrollo se tomó la recomendación de los criterios estándares decretados por las instituciones antes mencionadas.

2.6.2 Normativa para evaluar el Confort térmico

La normativa ASHRAE 55 brinda los lineamientos para la evaluación del Confort adaptativo de habitáculos sin HVAC, mientras que el reglamento estándar de la Norma de Confort Europeo (CEN) EN15251 expresa su análisis en términos de una media de la temperatura del aire exterior ponderada exponencialmente.

2.6.3 Metodología para evaluar el confort térmico de las viviendas

La visión es diseñar edificaciones resilientes al cambio climático para la ciudad de Durán. Cuyo propósito es establecer una línea base para el desempeño del confort térmico, al exponer a cada tipo de vivienda ante escenarios climáticos distintos.

Para analizar el confort térmico en las edificaciones mencionadas, se va a considerar un total de cuatro personas por cada vivienda, siendo este el número promedio de ocupantes en este tipo de hogares. Para determinar los períodos de ocupación en las viviendas, se asumirán los horarios propuestos en la Tabla 2. 2.

Tabla 2. 2 Periodos de ocupación en la vivienda

No	Periodo de tiempo	Periodo de ocupación
1	07:00 – 12:00	25%
2	12:00 – 17:00	75%
3	17:00 en adelante	100%

Según la teoría de la comodidad adaptativa, una de las estrategias más usadas y eficaz es el controlar la calidad del aire interno mediante el uso de ventanas. (Mavrogianni & Colbeck, 2013). Una forma de lograr evaluar una línea base para la eficiencia del confort térmico, es mediante el uso de un software ingenieril que permita realizar un modelado de los distintos tipos de viviendas y a su vez estos analizarlos con diferentes datos climáticos.

2.6.4 Simulación térmica

En síntesis, una simulación térmica indica el comportamiento de un sistema en función de sus cargas y la transferencia de energía. (Krantz, 2000)

2.6.5 Softwares de simulación térmica en viviendas

Los programas computacionales de simulación térmica buscan estimar el comportamiento lo más cercano al real en cuanto a las horas de malestar térmico en las viviendas. El alcance de un software debe considerarse los siguientes aspectos para realizar un análisis:

- Cargas Térmicas
- Envolvente del edificio, luz natural e insolación
- Infiltración, ventilación, aire de la zona
- Sistemas de energía renovable
- Sistemas eléctricos y equipos
- Sistemas HVAC
- Equipos HVAC
- Emisiones medioambientales
- Disponibilidad de datos climáticos
- Estudios económicos
- Informes de resultados Los siguientes programas han sido considerados de mayor aplicación para este tipo de proyecto.

Actualmente existe una gran variedad de software de simulación y cada uno tiene diferentes características, como se detalla a continuación:

2.6.6 TRNSYS

TRNSYS es una herramienta eficaz a la hora de diseñar, renderizar, y realizar análisis detallados de cualquier sistema cuyo comportamiento sea dependiente del paso del tiempo. Es usado por ingenieros e investigadores de todo el mundo para validar nuevos desarrollos energéticos, desde sistemas de agua caliente sanitaria hasta el diseño y simulación de edificios

y sus equipos, incluyendo estrategias de control y sistemas alternativos de energía.(Trnsys, 2017)

2.6.7 OPENSTUDIO

Este programa es totalmente gratuito y permite la simulación energética a partir de un modelo creado en SketchUp, en un primer paso se realiza el modelo geométrico del edificio y posteriormente se exporta al OpenStudio que dispone de las herramientas necesarias para editar el modelo y realizar la simulación del mismo. Permite la obtener y analizar datos meteorológicos de cualquier lugar del mundo, para obtener diagramas bioclimáticos y poder plantear estrategias de diseño pasivo en edificio. Además, esta herramienta usa como motor de simulación EnergyPlus.

2.6.8 DESIGNBUILDER

Es un programa muy práctico para optimizar el diseño eficiente de edificios, que permite realizar simulaciones dinámicas del comportamiento térmico de los mismos, bien sólo con soluciones pasivas o con determinados sistemas de climatización. El mismo emplea el motor de simulación de EnergyPlus, con un generador de modelos tridimensionales y una interfaz fácil de usar. Para acceder a todas las herramientas de simulación se debe pagar una licencia del software.

2.6.9 Matriz de decisión: Software electo para la simulación

Los softwares descritos anteriormente, han sido considerados para desarrollar el proceso de modelado debido a la disponibilidad e información que se poseen éstos. Sin embargo, es necesario elegir un software que se ajuste a las necesidades de este estudio.

Para seleccionar la mejor alternativa en la simulación energética, se optó por emplear una matriz de decisión con las 3 alternativas y variables influyentes, en cada uno se agregó un porcentaje de relevancia dependiendo de los alcances del proyecto.

- Se consideró un 30% a la facilidad para obtener el software, debido a que muchos programas no cuentan con licencia libre y se debe realizar una remuneración económica para acceder a todas sus funciones.
- Se pondero el interfaz con un 15%, por ser la variable que facilita la comprensión y familiarización entre usuario y el programa.
- El motor de simulación se evaluará con un 25%, para determinar cuál de las alternativas puede brindar resultados seguros y confiables.
- Se ponderó con 10% la simplicidad para obtener los detalles climáticos de la localidad de estudio.
- Se pondero con 20% la veracidad y determinación del programa a la hora de procesar los reportes de la simulación.

Adicionalmente en la Tabla 2. 3 se establecieron grupos con rangos de valores para calificar cada variable involucrada en la evaluación:

Tabla 2. 3 Rango de valores por categoría

Categoría	Rango de valores
Excelente	10-9
Muy Bueno	8-6
Regular	5-3
Malo	2-0

En la Tabla 2. 4 se detalla el proceso de selección del software ingenieril:

Tabla 2. 4 Matriz de decisión para el software

Características	Ponderación						
	n (%)	TRNSYS		OPENSTU DIO		DESIGNBUILD ER	
Fácil obtención	30	5	1.5	10	3.0	5	1.5
Interfaz	15	8	1.2	9	1.4	8	1.2
Motor de simulación	25	9	2.3	9	2.3	8	2.0
Recolección datos Climáticos	10	8	0.8	8	0.8	8	0.8
Procesador de reportes	20	8	1.6	8	1.6	9	1.8
Total	100		7.4		9.1		7.3

Del proceso evaluativo en la matriz de decisión, el software que alcanzó la mayor puntuación es OPENSTUDIO, una de sus ventajas es su licencia libre y su fácil interacción en el interfaz a la hora de simular.

2.6.10 Descripción de escenarios climáticos a evaluar

En el análisis de la línea base de desempeño energético y confort térmico, fueron necesarios datos climáticos de la localidad; temperatura, velocidad de viento y radiación solar. Se necesitó la ayuda de los softwares Meteororm y Urban Weather Generator (UWG) para conseguir archivos concernientes al clima actual, efecto de isla de calor urbano y además un pronóstico del clima hasta el año 2050. Con la finalidad de analizar qué escenario climático es el que más afecta a las horas de disconformidad térmica en el interior de las viviendas.

2.7 Selección de estrategias pasivas

Priorizando el alcance del estudio en establecer confort térmico en las viviendas analizadas, se considera como estrategias pasivas:

- Aumentar la reflectividad en los techos
- Reducir el coeficiente global de transferencia de calor “U”; mediante el empleo de pinturas con baja emisividad en sus propiedades intrínsecas.
- Modificar la morfología de las viviendas, aumentando 20cm la altura de las paredes para lograr un ambiente térmico más fresco.
- El empleo de materiales aislantes que tengan altas propiedades resilientes al cambio climático; panel de poliestireno extruido.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Modelado de la línea base

Antes de analizar las horas de desconformidad térmica en los tipos de viviendas fue necesario realizar el modelado 3D de estas definiendo la envolvente, tipos de espacios, zonas térmicas, consumo de equipos eléctricos y horarios de ocupación tanto para las personas como para el uso de equipos todo esto en base a la normativa ASHRAE 90.2-2010 que define estos lineamientos para viviendas residenciales. Además, se hizo el uso de la norma ASHRAE 62.1-2010 para definir los periodos de infiltración de aire en las viviendas y flujos externos para el sector residencial.

El procedimiento a continuación fue realizado para cada una las tipologías, en este caso detallaremos el modelado aplicado la vivienda unifamiliar como ejemplo.

3.1.1 Distribución del espaciamiento de la vivienda

Las viviendas unifamiliares presentan una distribución en tanto a materiales como se lo indica en la Tabla 3. 1.

Tabla 3. 1 Proporción de los materiales en la envolvente

Fachada	Proporción [%]
Hormigón armado	94.06
Vidrio	5.94

Una vez teniendo las geometrías se procedió a elaborar el modelo tridimensional en el utilitario Sketch Up 2017, como se muestra a continuación en la Figura 3. 1:

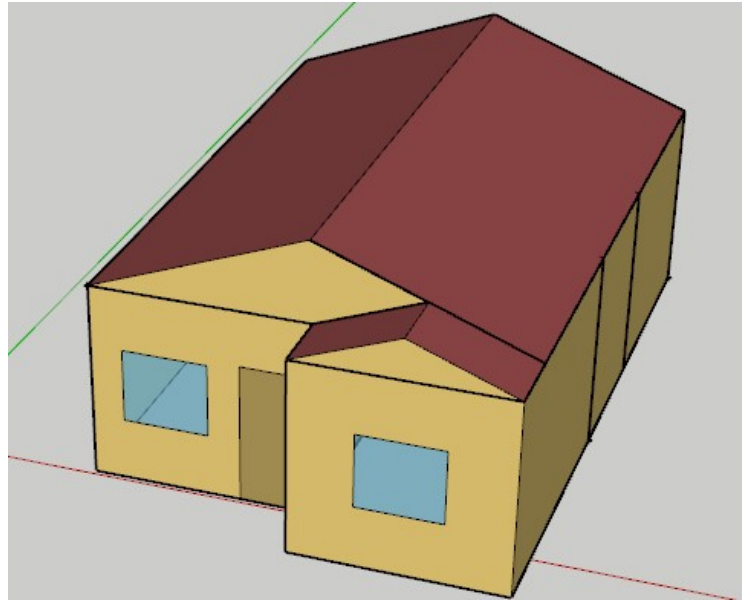


Figura 3. 1 Modelado 3D de la vivienda

3.1.2 Zonas térmicas

Se establecieron las zonas térmicas, que son cada una de las habitaciones de la vivienda como se observa en la Figura 3. 2, además representan las condiciones y ganancias de las que se requiere estimar su comportamiento térmico. En el modelado se toma el renderizado de zona térmica que proporciona el utilitario Openstudio.

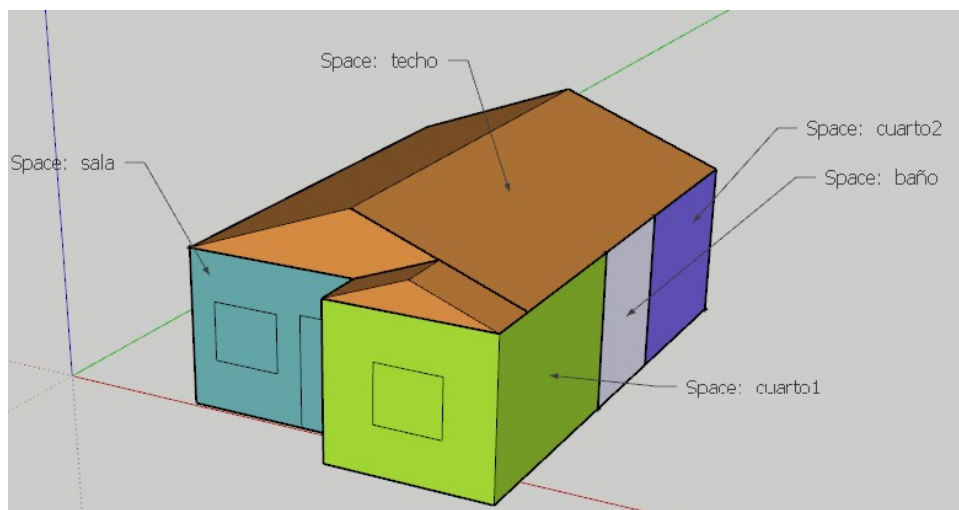


Figura 3. 2 Modelado 3D de la vivienda con renderizado de zonas térmicas.

3.1.3 Tipo de espacio

Se define el tipo de espacio en la vivienda, se muestra a continuación en la Figura 3. 3 el renderizado de cada uno de los espacios que contiene la vivienda como cuartos, techo, baño y sala.

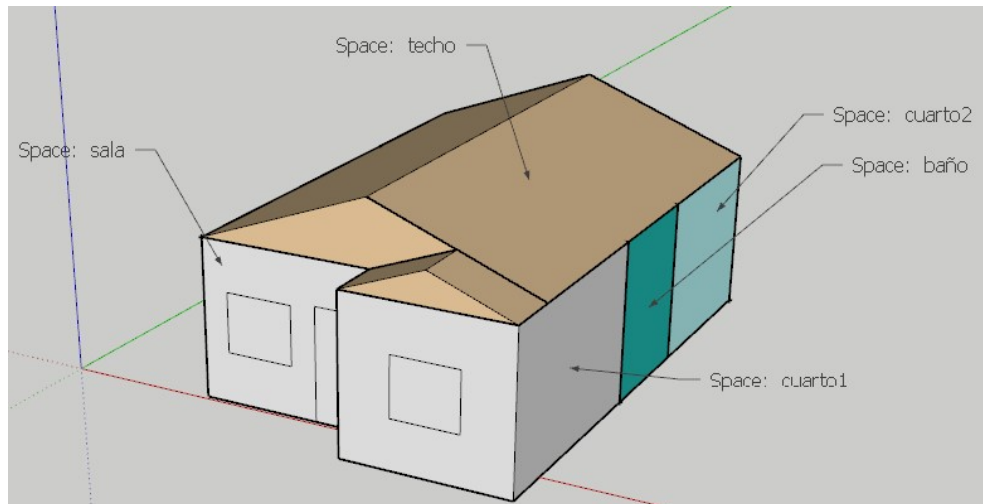


Figura 3. 3 Modelado 3D de la vivienda con renderizado de tipos de espacios.

3.1.4 Ocupancia de las personas

La ocupancia se define como el área que ocupan las personas cuando se encuentran en un determinado espaciamiento. En la Tabla 3. 2 se indican los valores de ocupación por tipo de espacio de la vivienda.

Tabla 3. 2 Valores de ocupancia de personas

Espacio	Ocupancia [m ² /persona]
Baño	1.08
Dormitorio 1	2.46
Dormitorio 2	1.57
Dormitorio 3	1.46
Sala-comedor	4.41
Total	10.98

3.1.5 Cargas por iluminación

Se refiere a la energía en vatios consumida por los focos de la vivienda para cada tipo de espacio en su determinada área como se muestra a continuación, en la Tabla 3.3:

Tabla 3. 3 Valores de cargas por iluminación

Espacio	Carga [W/m²]
Baño	3.7
Dormitorio 1	1.62
Dormitorio 2	2.55
Dormitorio 3	2.74
Sala-comedor	2.72
Total	13.33

3.1.6 Cargas debido a equipos eléctricos

Hace hincapié a la energía en vatios consumida por los equipos eléctricos de la vivienda, que como se definen en la Tabla 3. 4 donde se muestra el gasto de vatios para cada espaciamento de la vivienda.

Tabla 3. 4 Distribución de cargas por equipos

Espacio	Carga [W/m²]
Baño	9.27
Dormitorio 1	4.06
Dormitorio 2	6.37
Dormitorio 3	6.85
Sala-comedor	12.89
Total	39.44

Todos los valores definidos anteriormente, forman parte del proceso para el modelado y simulación térmica en OpenStudio, estos parámetros se tabulan tal como se muestra en el Apéndice E:

3.2 Evaluación de confort térmico

Para la evaluación de confort térmico se aplicó el método de confort adaptativo como lo indica la normativa ASHARE 55-2013 con un 80% de aceptabilidad para cada una de las tipologías. Se define:

Límite máximo de confort

$$T_{conf1} = 0.31 * T_m + 17.8 + 3.5 \quad (3.2.1)$$

Límite mínimo de confort

$$T_{conf2} = 0.31 * T_m + 17.8 - 3.5 \quad (3.2.2)$$

Donde:

T_{conf1} : temperatura de confort máxima

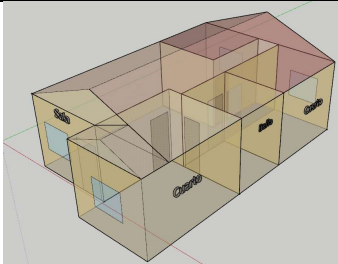
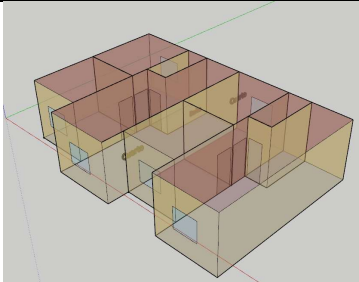
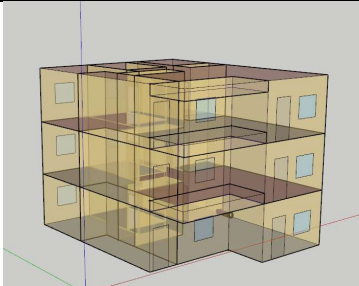
T_{conf2} : temperatura de confort mínima

T_m : Temperatura media de la vivienda

3.2.1 Características de las tipologías

Se definen las principales características de las envolventes como se lo muestra a continuación en la Tabla 3. 5

Tabla 3. 5 Características generales de las viviendas

Vivienda unifamiliar	Vivienda adosada	Vivienda Multifamiliar
		
Área= 42m ² - 1 planta 42 m ² por vivienda	Área= 42m ² – 1 planta 42 m ² por vivienda	Área= 42m ² – 3 plantas 42 m ² por vivienda

3.3 Evaluación de confort térmico ante diferentes escenarios climáticos

3.3.1 Clima actual – Vivienda tipo unifamiliar

En la Figura 3. 4, se muestra los rangos de temperatura en la superficie de la vivienda al ser modelados con datos climáticos actual en la localidad de estudio.

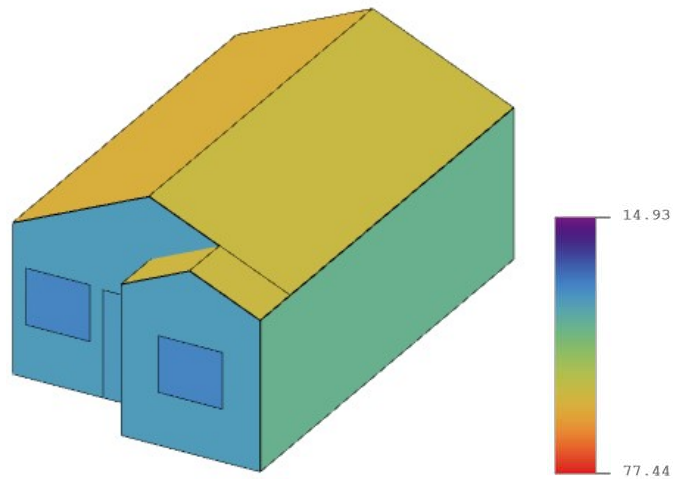


Figura 3. 4 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda unifamiliar

Los límites de temperatura operativa para esta tipología de vivienda en base a la norma ASHRAE 55 se observan detalladamente en la Figura 3. 5.

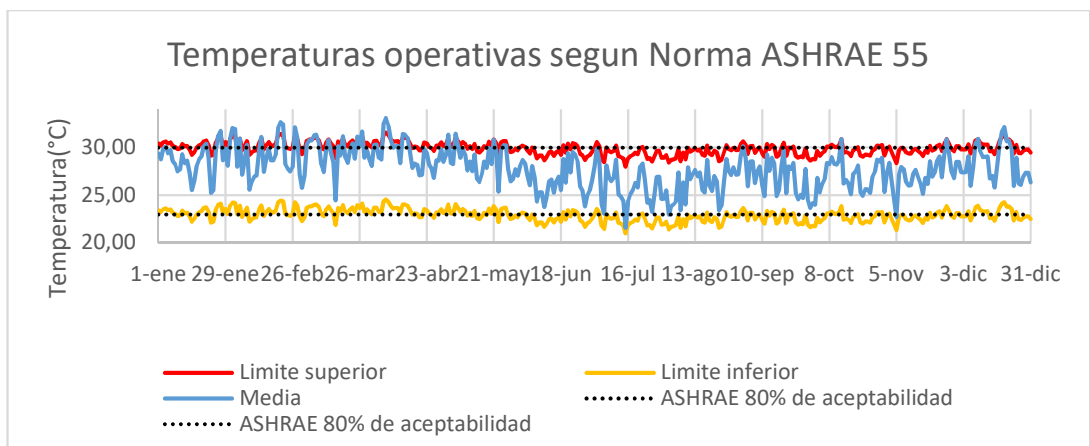


Figura 3. 5 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar; clima actual

Para la vivienda unifamiliar presenta un rango de conformidad con una temperatura máxima de 29 °C y como temperatura mínima de 23 °C.

Las horas de disconformidad en base a los límites establecidos por la norma para este tipo de vivienda, se muestran en la Tabla 3. 6:

Tabla 3. 6 Horas de disconformidad de la vivienda unifamiliar; clima actual

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda unifamiliar	3233 horas

3.3.2 Clima actual – Vivienda tipo unifamiliar adosada

Para el caso de las viviendas del tipo unifamiliar adosada sus rangos de temperatura superficial se observan en la Figura 3. 6

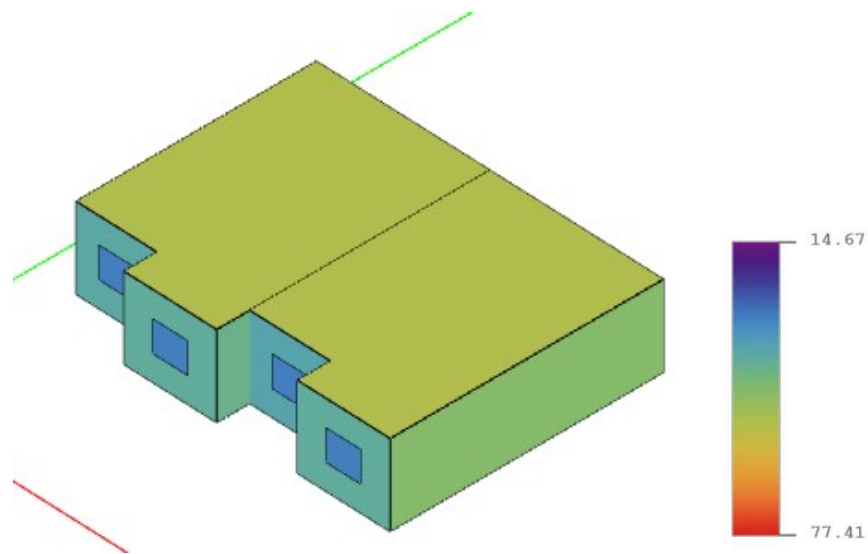


Figura 3. 6 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda unifamiliar adosada

En cuanto a las temperaturas de operación para este tipo de viviendas expuestas a cambios climáticos actuales se detallan a continuación con la Figura 3. 7

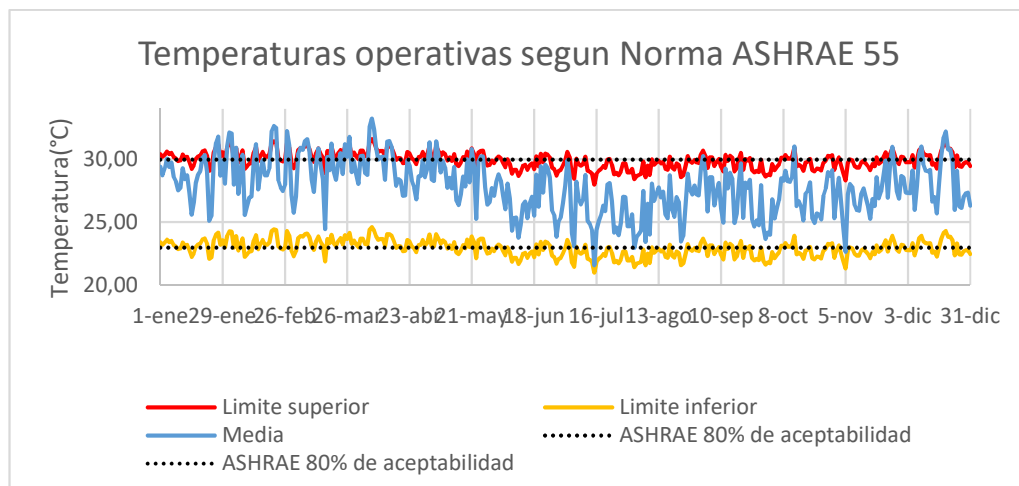


Figura 3. 7 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar adosada; clima actual

La vivienda adosada presenta un rango de conformidad con una temperatura máxima de 29 °C y como temperatura mínima de 23°C.

En la Tabla 3. 7 se observan el total de horas de malestar térmico en las viviendas adosadas unifamiliares.

Tabla 3. 7 Horas de disconformidad de la vivienda adosada; clima actual

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda adosada	1589 horas

3.3.3 Clima actual – Vivienda Multifamiliar

La morfología de la vivienda multifamiliar experimenta rangos de temperatura superficial en su envolvente como se muestra en la Figura 3. 8 al ser analizada con datos climáticos actuales.

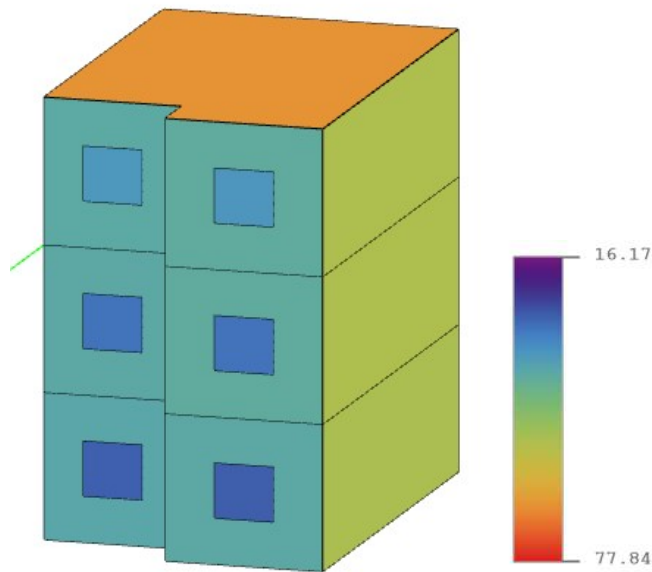


Figura 3. 8 Rango de temperatura en la superficie de la vivienda multifamiliar

Los resultados de temperaturas operativas por el lapso de un año en base a la normativa ASHRAE 55, se muestran en la Figura 3. 9

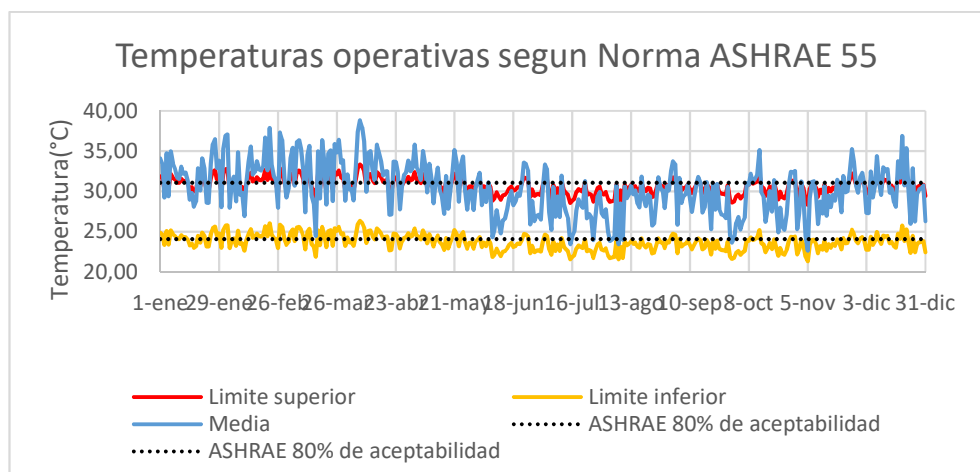


Figura 3. 9 Temperaturas operativas vivienda multifamiliar; clima actual

Para la vivienda multifamiliar se presenta un rango de conformidad con una temperatura máxima de 31 °C y como temperatura mínima de 24°C de los resultados obtenidos de la simulación.

Dentro de los rangos establecidos de la temperatura operativa, se puede observar que el periodo de malestar térmico en este tipo de edificación es de 1201 horas, como se observa en la Tabla 3. 8

Tabla 3. 8 Horas de disconformidad de la vivienda multifamiliar; clima actual

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	1201 horas

3.3.4 Efecto Isla de Calor – Vivienda Unifamiliar

Con la ayuda de los datos climáticos brindados por el UWG, en cuanto al fenómeno de Isla de calor urbano se obtuvo los rangos de temperatura operativa como se ve en la Figura 3. 10

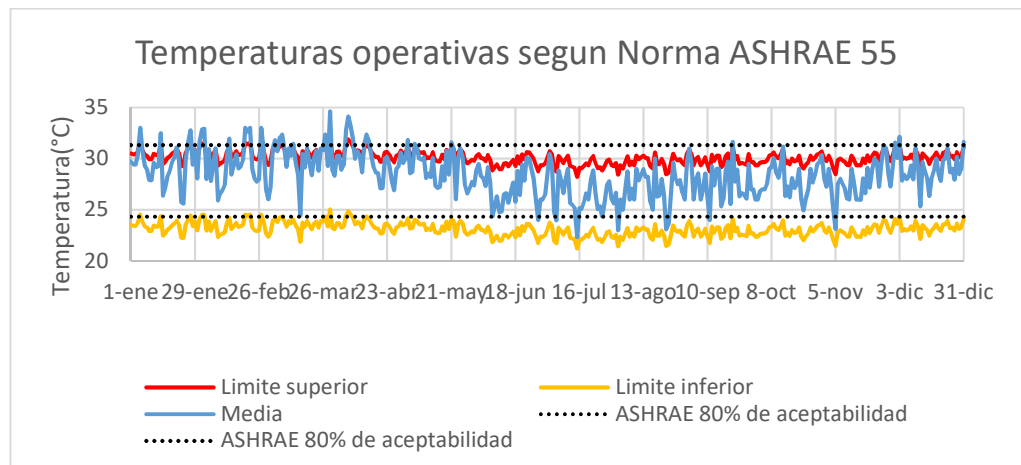


Figura 3. 10 Temperaturas operativas en vivienda unifamiliar ante efecto isla de calor

Siendo los límites térmicos 23°C la mínima temperatura y 29°C la máxima temperatura operativa en este tipo de vivienda. Siendo 2466 el total de horas de disconformidad térmica en este tipo de viviendas, como se muestra en la Tabla 3. 9

Tabla 3. 9 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda unifamiliar	3447 horas

3.3.5 Efecto Isla de Calor – Vivienda Unifamiliar Adosada

En la Figura 3. 11, se muestran los rangos operativos de la temperatura en las viviendas unifamiliares del tipo adosadas.

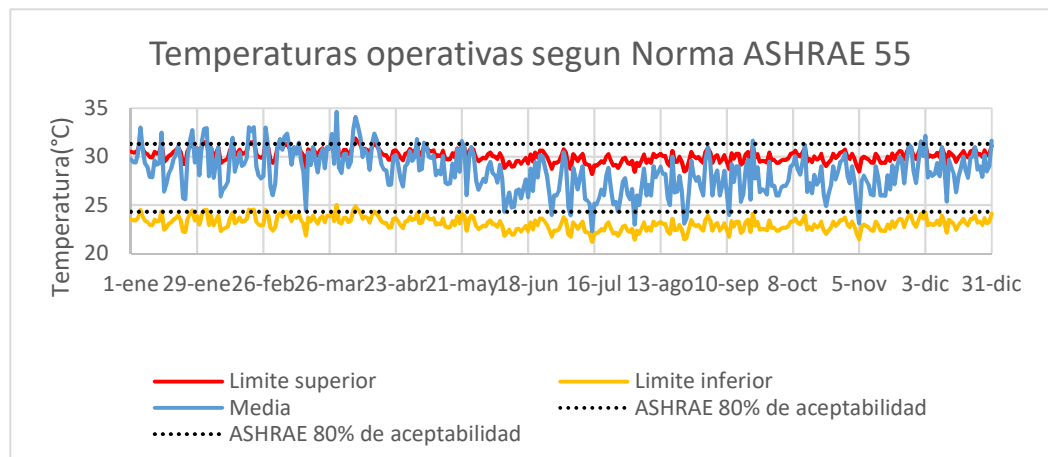


Figura 3. 11 Temperaturas operativas en vivienda adosada ante efecto isla de calor

En la vivienda adosada el rango de conformidad muestra una temperatura máxima de 29 °C y como temperatura mínima de 23°C. El total de horas de disconformidad en las edificaciones adosadas unifamiliares es de 1654 horas como se ven en la Tabla 3. 10

Tabla 3. 10 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda adosada	1654 horas

3.3.6 Efecto Isla de Calor – Vivienda Multifamiliar

Los límites superior e inferior de temperatura operativa bajo efecto de isla de calor urbano para las viviendas multifamiliares se muestran a continuación:

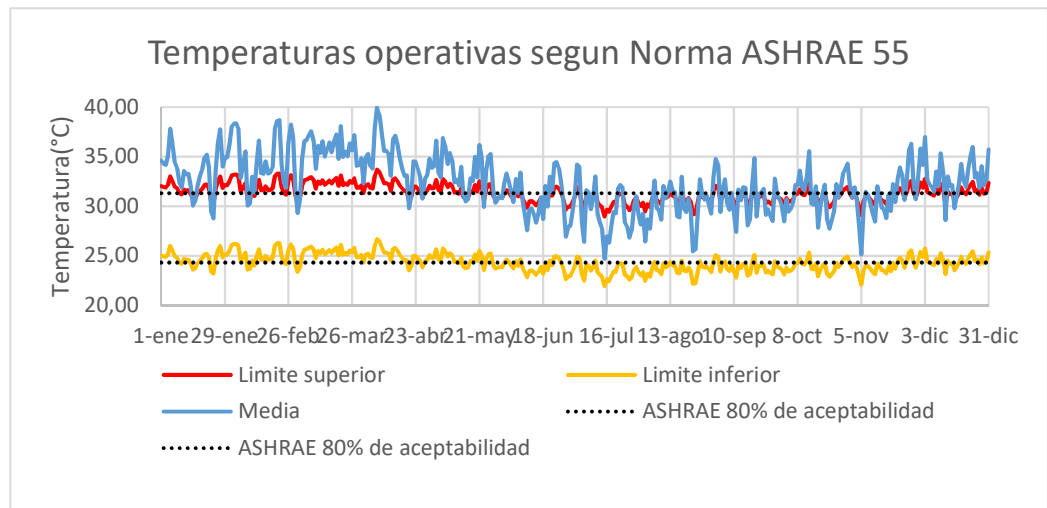


Figura 3. 12 Temperaturas operativas en vivienda multifamiliar ante efecto isla de calor

El total de horas de malestar termico es de 1336 horas como se detalla en la Tabla 3. 11

Tabla 3. 11 Horas de disconformidad de la vivienda; efecto Isla de calor

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	1333 horas

3.3.7 Periodo climático hasta el año 2050 – Vivienda Unifamiliar

Analizando un pronóstico de los rangos de temperatura operativa para las viviendas unifamiliar, se determinó que los límites de conformidad están entre 23°C y 29°C. En la

Figura 3. 13 se ve los límites de temperatura generados en base a la norma ASHRAE 55.

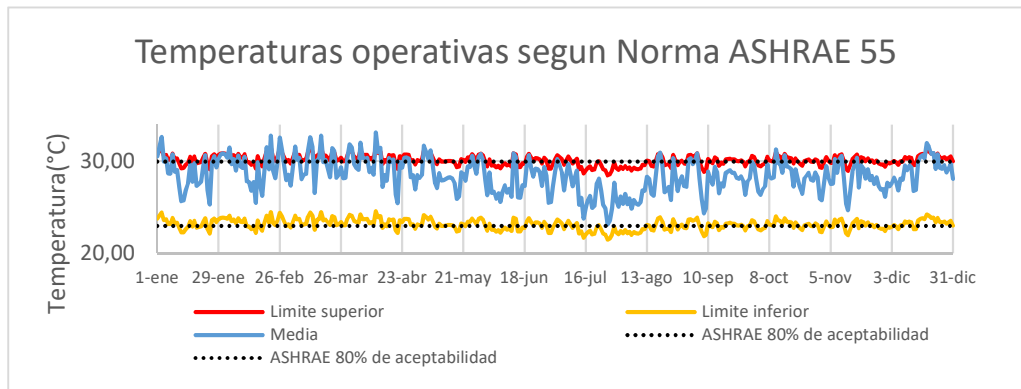


Figura 3. 13 Temperaturas operativas vivienda unifamiliar escenario climático hasta el año 2050

Un total de 3433 horas reflejan periodo de disconformidad térmico en estas viviendas, como se muestra en la Tabla 3. 12

Tabla 3. 12 Horas de disconformidad de la vivienda; pronostico hasta el año 2050

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda unifamiliar	3433 horas

3.3.8 Periodo climático al año 2050– Vivienda Unifamiliar Adosada

La de temperatura operativa para las viviendas adosadas, muestran límites de conformidad entre 23°C y 29°C. En la Figura 3. 14 se muestra el comportamiento de la temperatura.

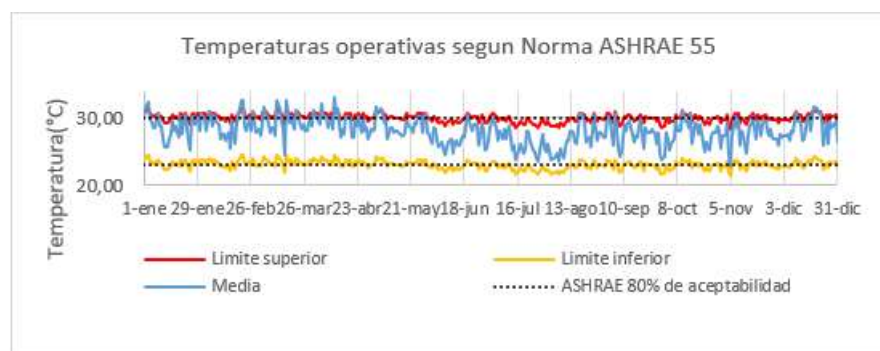


Figura 3. 14 Temperaturas de la vivienda adosada; escenario climático hasta el año 2050

Para este tipo de vivienda el total de horas de disconformidad es de 1640, esto se refleja en la Tabla 3. 13

Tabla 3. 13 Horas de disconformidad de la vivienda; pronóstico hasta el año 2050

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda adosada	1640 horas

3.3.9 Periodo climático a 50 años – Vivienda Multifamiliar

En los bloques multifamiliares los rangos operativos de la temperatura se comportan como se muestran en la Figura 3. 15, siendo 24°C la temperatura mínima y 31°C la máxima.

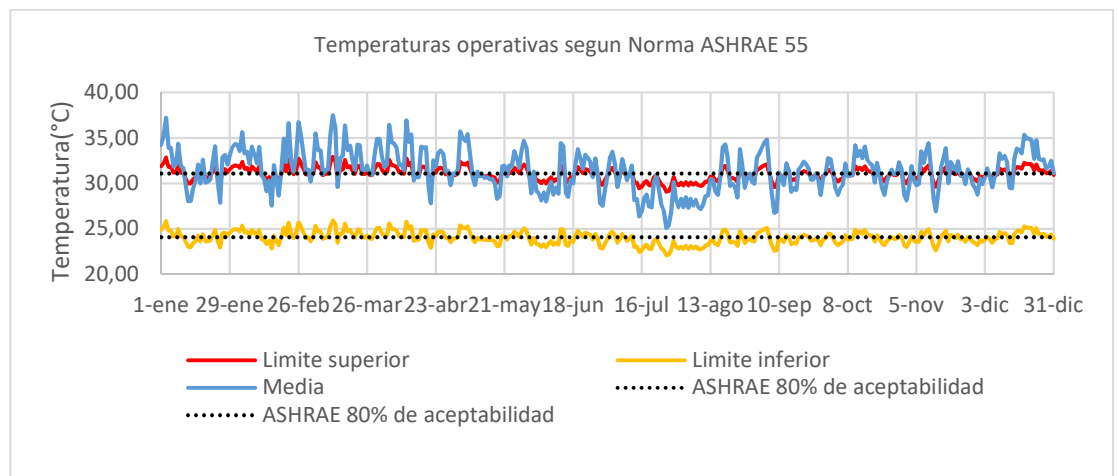


Figura 3. 15 Temperaturas vivienda multifamiliar; escenario climático al año 2050

Las horas de disconformidad para este tipo de edificación dan un total de 1336 horas según los resultados obtenidos, los mismos que se observan en la Tabla 3. 14

Tabla 3. 14 Horas de disconformidad de la vivienda; pronóstico hasta el año 2050

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	1336 horas

3.3.10 Rangos de confort térmico

De los resultados obtenidos de la simulación cada una de las tipologías prestaron diferentes rangos de conformidad adaptativa como se detalla a continuación:

Tabla 3. 15 Temperaturas de confort en la vivienda

Datos climáticos	Vivienda Unifamiliar	Vivienda Unifamiliar adosada	Vivienda Multifamiliar
Clima actual	23°C - 29°C	23°C - 29°C	24°C - 31°C
Efecto Isla de Calor	23°C - 29°C	23°C - 29°C	24°C - 31°C
Predicción al año 2050	23°C - 29°C	23°C - 29°C	24°C - 31°C

3.3.11 Periodos de disconformidad térmico

En base a los valores de conformidad térmica se determinaron los periodos en horas en las cuales las viviendas se encontraron en la zona de disconformidad; como se lo puede apreciar en la Tabla 3. 16 a continuación:

Tabla 3. 16 Horas de disconformidad de las viviendas

Tipo de vivienda	Periodo de disconformidad térmica		
	Clima actual	Efecto Isla de calor	Pronostico al año 2050
Unifamiliar	3233 horas	3447 horas	3433 horas
Adosada	1589 horas	1654 horas	1640 horas
Multifamiliar	1201 horas	1333 horas	1336 horas

3.4 Tendencia ante los escenarios climáticos diferentes

El resultado del comportamiento térmico de las viviendas ante los distintos escenarios climáticos, como temperatura actual de la zona rural, datos climáticos en base al fenómeno de isla de calor y datos del pronóstico de clima para el año 2050 se muestran en anexos B.

3.5 Resultados aplicando mejoras pasivas en la simulación

Para obtener mejoras en el confort se procedió a modificar la morfología en las viviendas, aumentando su elevación unos 20cm y optando por usar un material aislante poliestireno en la cubierta y su envolvente. La altura general de la cimentación será de 3m medidos desde el suelo al techo. Se aplicaron estos métodos alternativos de manera individual para ver qué efecto tienen a la hora de ser expuestos bajo distintos escenarios climáticos. La edificación que se evaluó con mejoras individuales fue la multifamiliar quien a su vez también se realizó una combinación de las dos mejoras, para ver el contraste en emplear métodos independientes o combinados.

3.6 Mejora pasiva: Aumento de 20cm en la altura de la vivienda

3.6.1 Efecto del clima actual

Las viviendas multifamiliar al realizar cambios en su altura, muestran temperaturas de conformidad de 24°C - 31°C.

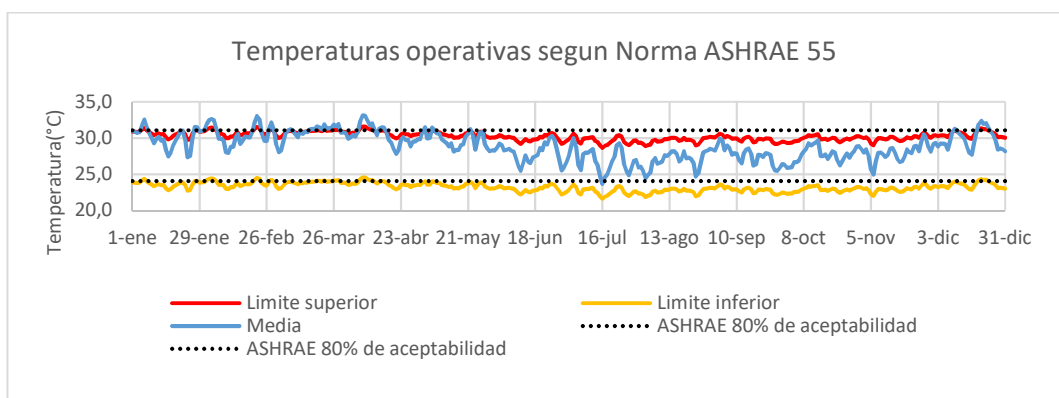


Figura 3. 16 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; clima actual

Las horas de malestar térmico en este tipo de edificación social es de 430 horas al ser modificada la morfología de su altura, como se muestra en la Tabla 3. 17

Tabla 3. 17 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	430 horas

3.6.2 Efecto de la Isla de calor

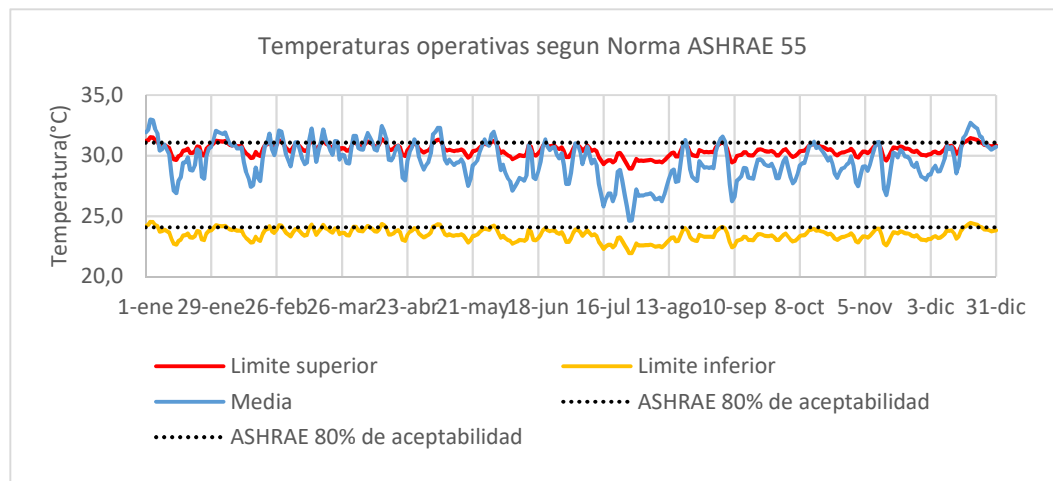


Figura 3. 17 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; efecto isla de calor

Bajo los efectos del fenomeno climatico isla de calor, este tipo de viviendas experimentará un total de 869 horas de malestar térmico, según la Tabla 3. 18

Tabla 3. 18 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	869 horas

3.6.3 Escenario climatico hasta el año 2050

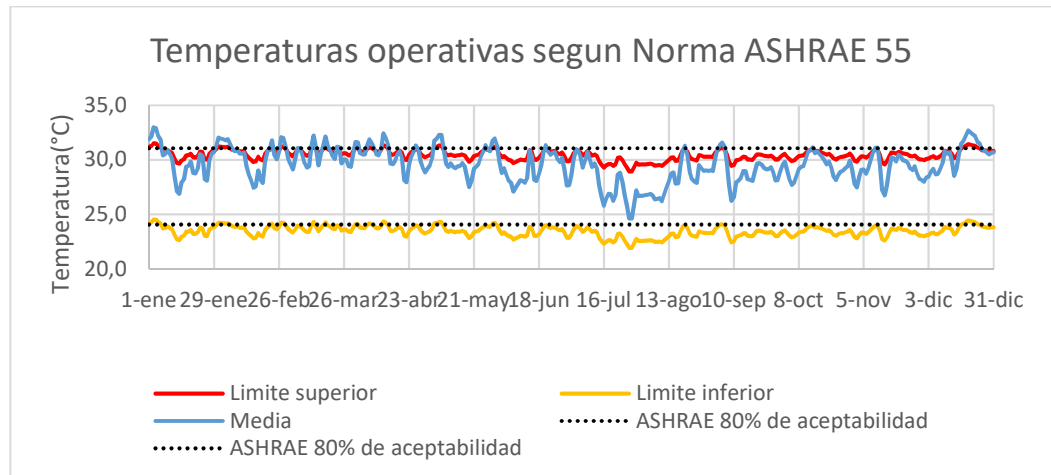


Figura 3. 18 Temperaturas correspondiente al cambio en su altura; hasta el año 2050

Tabla 3. 19 Horas de disconformidad de la vivienda con mejora en altura

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	551 horas

3.7 Mejora pasiva: Empleo de aislante térmico en cubierta

3.7.1 Efecto del clima actual

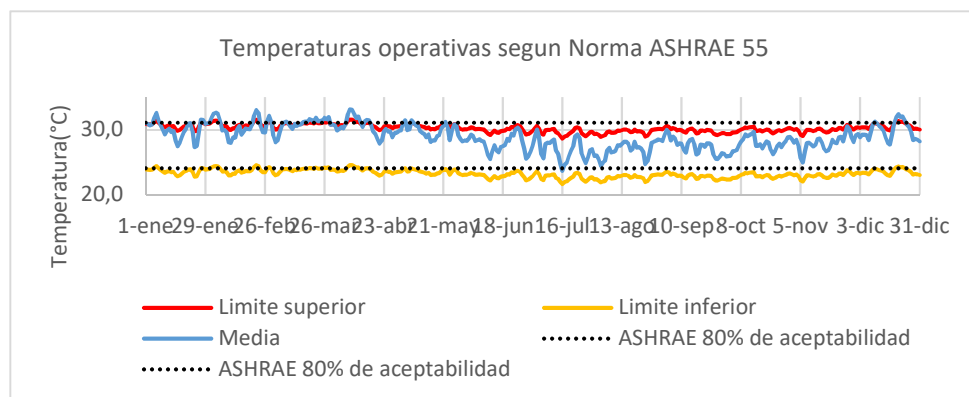


Figura 3. 19 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; clima actual

Las temperaturas de conformidad están entre 24°C y 31°C, lo que conlleva a un total de 1063 horas de disconformidad térmica evaluando con datos climáticos actuales, el total de horas de malestar se observa en la Tabla 3. 20

Tabla 3. 20 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	1063 horas

3.7.2 Efecto de la Isla de calor

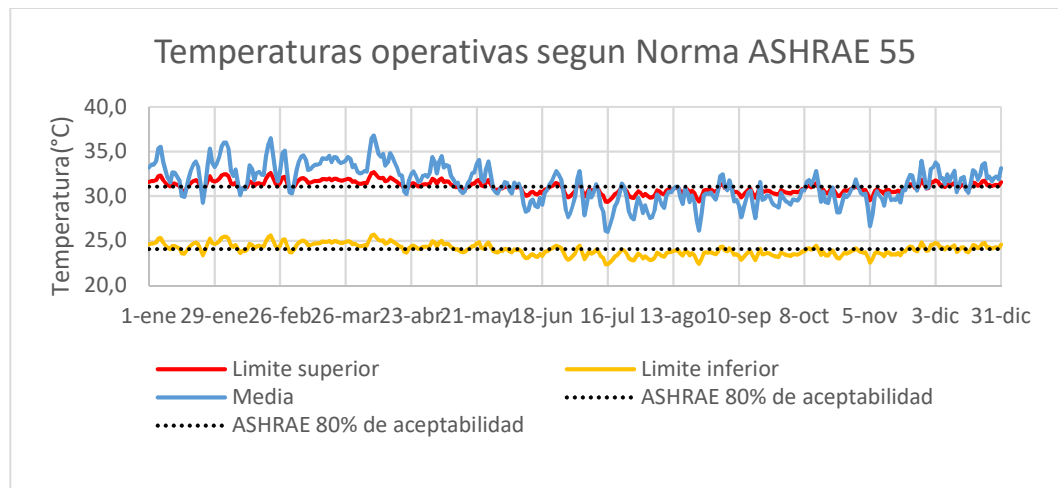


Figura 3. 20 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; Isla de calor

El tiempo de malestar térmico con el uso de poliestireno en la cubierta, da un total de 1253 horas de disconformidad térmica para la vivienda, según la Tabla 3. 21

Tabla 3. 21 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	1253 horas

3.7.3 Escenario climatico hasta el año 2050

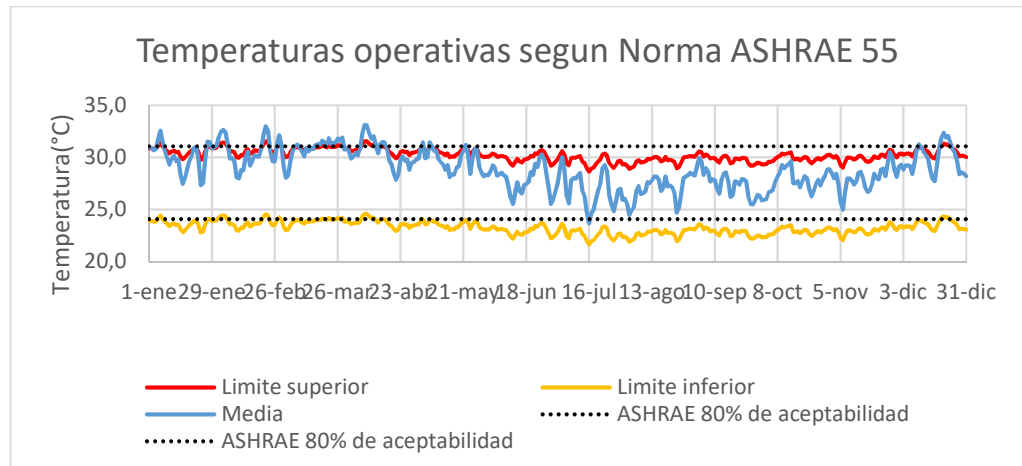


Figura 3. 21 Temperaturas correspondiente al uso de material aislante; hasta el año 2050

Con los datos climáticos a futuro el malestar térmico con el uso de poliestireno en la cubierta da un total de 1087 horas de disconformidad, según la Tabla 3. 22

Tabla 3. 22 Horas de disconformidad de la vivienda con uso de aislante

Zona Térmica	Malestar térmico
Vivienda multifamiliar	1087 horas

3.8 Análisis con la combinación de las mejoras pasivas

3.8.1 Efecto del clima actual

Los rangos de confort están entre 24°C y 31°C. En la Tabla 3. 23 se muestra que el total de horas de disconfort es 403 horas ante condiciones actuales de temperatura.

Tabla 3. 23 Horas de disconformidad de la vivienda con mejoras combinadas

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	403 horas

En la Figura 3. 22 se detallan las temperaturas operacionales con las mejoras pasivas combinadas en la vivienda multifamiliar.

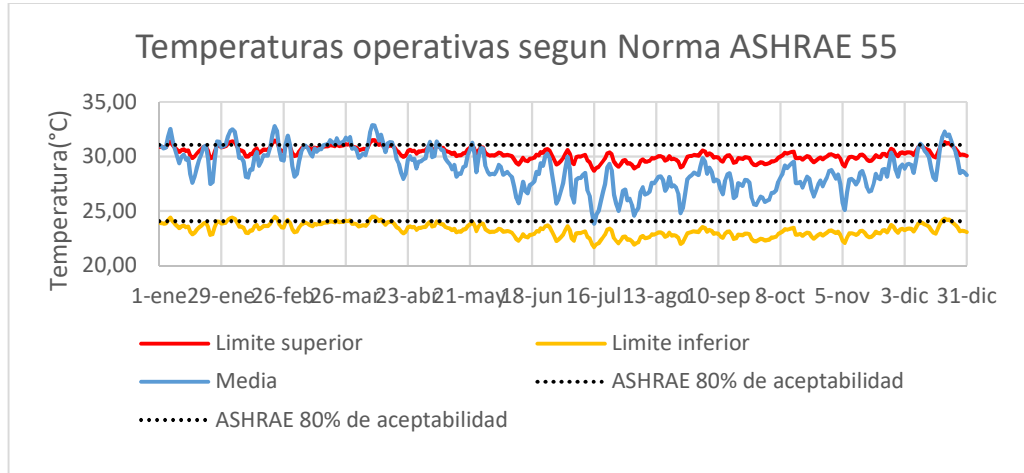


Figura 3. 22 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; clima actual

3.8.2 Resultados con mejoras pasivas ante escenario de Isla de calor

En la Tabla 3. 24 se observa que 732 horas es el lapso de malestar térmico ante los efectos del fenómeno de isla de calor urbano.

Tabla 3. 24 Horas de disconformidad de la vivienda con mejoras combinadas

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	732 horas

Los rangos de temperatura operativa estan entre 24°C la temperatura mínima y 31°C máxima temperatura, en la Figura 3. 23 se muestran los limites térmicos.

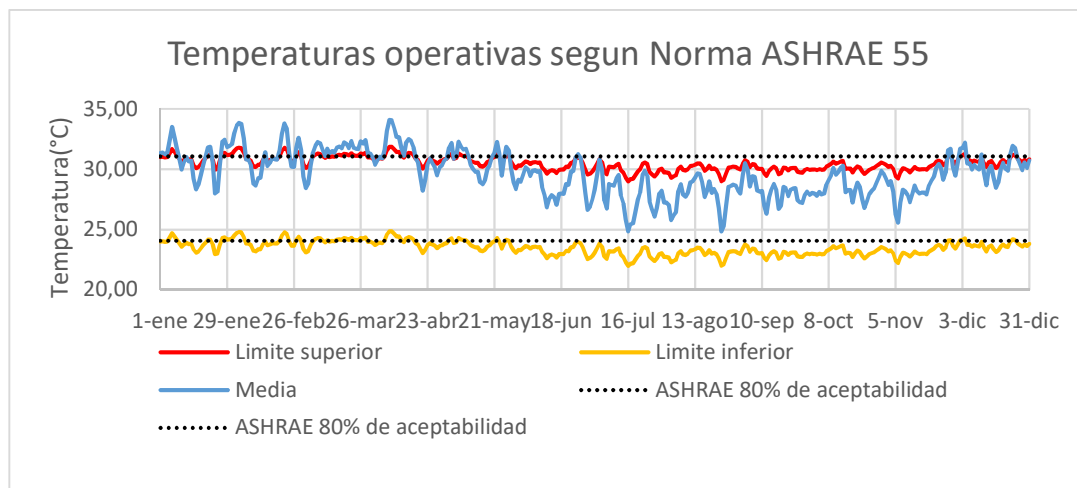


Figura 3. 23 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; isla de calor

3.8.3 Resultados con mejoras pasivas ante escenario climático para el año 2050

Los límites de conformidad térmica varían entre 24°C como temperatura mínima y 31°C como máximo, dando un total de 429 horas de malestar térmico en la vivienda multifamiliar como se manifiesta en la Tabla 3. 25

Tabla 3. 25 Horas de disconformidad de la vivienda

Zona Térmica	Disconformidad térmica
Vivienda multifamiliar	429 horas

Los resultados para temperaturas operativas bajo el escenario climático para un lapso de 50 años con mejoras pasivas, se muestran en la Figura 3. 24

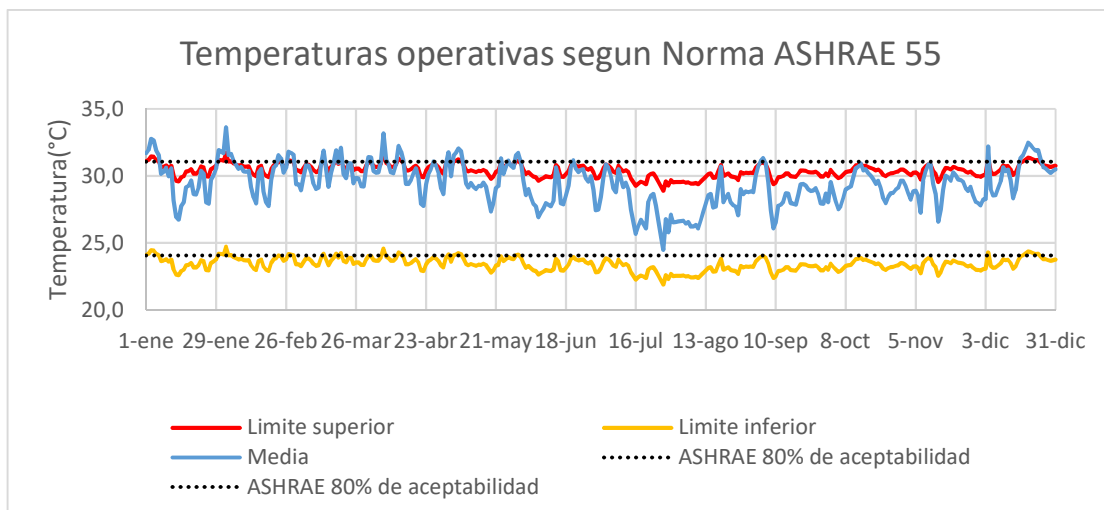


Figura 3. 24 Temperaturas de la combinación de las mejoras pasivas; hasta el 2050

3.9 Resumen de la evaluación térmica

Tabla 3. 26 Resumen de la simulación térmica

Horas de incomodidad térmica en la vivienda multifamiliar					
Escenario Climático	Sin mejoras	Con Mejoras	Uso de aislante	Aumento de altura de las paredes	Combinación De mejoras
Clima actual	1201		1063	430	403
Isla de calor	1336		1253	869	732
Clima al 2050	1333		1087	551	429

3.10 Análisis de costos

Analizaremos la viabilidad económica que tendría implementar las medidas de solución de la vivienda multifamiliar. Como se mencionó la línea base solo presenta consumos de equipos y luces debido a que por ser edificaciones de tipo social no se implementan equipos de climatización en el estudio. Pero el bienestar de las personas tanto como en salud y confort va más allá que algún tipo de costo económico. Además, ya que el MIDUVI es el encargado de realizar las obras sociales el único costo adicional a su presupuesto sería el aumento del material valorado en **\$1.606,44**; el cual se usará en toda la cubierta de la edificación. Se hace énfasis que la vida útil de este tipo de material es de 25 años de aislación térmica. Por tanto, estaríamos ayudando a familias de bajos recursos económicos a obtener una mejor calidad de vida en muchos años.

El costo adicional en variar la morfología de la altura en las viviendas es de \$350 por 1m². (Fernandez, 2019)

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Conforme a los datos recolectados para cada tipo de vivienda se realizaron simulaciones en función de sus características geométricas, para esto se empleó el uso de normativas técnicas y herramientas computacionales, con el fin de obtener una estimación de las condiciones térmicas y energéticas de las residencias.
- El software ingenieril OpenStudio nos permitió evaluar el comportamiento que experimentan las viviendas a lo largo del tiempo, ya sea para un día como para todo un año. Se estableció la línea base de las tipologías que fueron validadas mediante las normativas ASHRAE -90.3-2010, ASHRAE-62.1-2010 y ASHRAE 55-2010.
- Por otra parte, se evidencio que los resultados de las viviendas expuestas al escenario de isla de calor muestran los rangos de discomfort más altos. En particular, la vivienda unifamiliar muestra 3447 horas de malestar térmico siendo la mas afectada por los efectos de este fenómeno.
- El conjunto multifamiliar manifiesta 1333 horas de disconformidad térmica al ser expuesta ante el fenómeno isla de calor. Y aplicando modificaciones en su morfología; se aumentó 20cm en la elevación de las paredes y a su vez se implementó un material de aislamiento térmico en la cubierta como mejora pasiva. Logrando reducir las horas de malestar térmico en 732 horas, al encontrarse este tipo de vivienda bajo los fenómenos de ICU. Esto demuestra que la aplicación de parámetros técnicos de mejora a las residencias proporciona una mejor calidad de vida a los ocupantes.
- Del análisis realizado para las viviendas ante distintos escenarios climáticos, como se muestra en el anexo B se puede determinar que el efecto producido por la ICU es el que más afecta la temperatura del aire en el interior de las viviendas

en comparación con otros con el clima actual, y para pronóstico climático del año 2050.

4.2 Recomendaciones

- En particular, se debería realizar un estudio más detallado en cuanto a la infiltración de aire en las viviendas, para obtener estimaciones más precisas en las mejoras de las envolventes, conforme al diseño de muros ventilados.
- Para favorecer la confiabilidad de los resultados simulados, es aconsejable realizar un levantamiento de información haciendo uso de equipos de medición de energía, de temperatura y humedad. Además, el uso de equipos eléctricos, número de luminarias, número de ocupantes y periodos de ocupancia.
- Otro punto de recomendación es la elaboración de un diagnóstico a los equipos de climatización que podrían usarse para mantener el interior de las viviendas en confort térmico, de esta manera se podría comparar el gasto eléctrico por parte de estos con las estrategias pasivas de mejoras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Regulación y Control de Electricidad(ARCE). (2016). *Estadística Anual y Multianual del Sector Electrico Ecuatoriano*. Ecuador.
2. Borbor, M., & Rincon, G. (2017). *Resiliencia climática de Duran: Diseñando Estrategias de adaptación para riesgos hidrolimaticos*. Guayaquil: ESPOL.
3. CONELEC. (2015). Estudio y gestión de la demanda eléctrica. 44.
4. Dan Li, E. B.-Z. (2014). *La eficacia de los techos frescos y verdes como las estrategias de mitigación de isla de calor urbano*. Chicago.
5. Fundación Europea del Clima(ECF); Instituto de rendimiento de los Edificios(BPIE);Red Global del Rendimiento de los Edificios(GBPN); Consejo Empresarial Mundial para el desarrollo Sustentable; Universidad de Cambridge. (2015). *Cambio Climático Implicaciones para los edificios*. Obtenido de http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Buildings_Briefing_ES.pdf
6. Hernández, B., & Moreno, J. (2013). *Estudio sobre la prevención de emisión de gases*. Cartagena.
7. Huovilla, P. (2007). *BUILDINGS AND CLIMATE CHANGE Status, Challenges an Opportunities* . U.S.A.: UNEP.
8. Macías, M. J. (2017). *EVALUCACION DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS ENVOLVENTES, PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO ENERGETICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil: ESPOL.
9. Palma, M., Lobato, A., & Carrasco, C. (2016). *Quantitative Analysis of Factors Contributing to Urban Heat Island Effect in Cities of Latin-American Pacific Coast* . Procedia Engineering.
10. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC). (2014). *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC*.
11. Pesantez, & Fernandez. (2018). *Edificaciones resilientes al cambio climatico*. Guayaquil.
12. Santamouris, M. (2013). *Uso de pavimentos fríos como estrategia de mitigación para combatir la isla de calor urbano*.
13. Soriano, G., Macias, J., & Canchingre, H. S. (2015). *Assessment of solar reflectance of roofing assemblies of dwellings in Guayaquil, Ecuador* . Guayaquil.

14. Sosa, M., Correa, E., & Cantón, M. (2016). *Morfología urbana y comportamiento térmico de canales viales*. Mendoza - Argentina.
15. Universidad Politécnica de Madrid . (15 de 10 de 2018). UPM. Obtenido de http://www.upm.es/UPM/SalaPrensa/Noticias_de_investigacion?id=ae203c91c9c00610VgnVCM10000009c7648a____&fmt=detail&prefmt=articulo
16. APG. (2017). *Autoridad Portuaria de Guayaquil - Ubicación Geográfica*. Guayaquil.
17. Campos, J., & Odone, L. (2012). *Manual de Diseño pasivo y eficiencia energética en edificaciones*. Santiago de Chile.
18. CEN. (2017). *Parámetros de entrada ambiental interior para el diseño y evaluación del rendimiento energético de los edificios que abordan la calidad del aire interior, el entorno térmico, la iluminación y la acústica*.
19. CONELEC. (2016). *Plan maestro de electrificación 2013 - 2022*. Quito.
20. Farias, X. (2014). *Museo del tren para el cantón Durán*. Durán.
21. G.A.D Municipal del Cantón Playas . (2018). *Planos Arquitectonicos MIDUVI* . Playas.
22. Garcia, F., & Higuera, E. (2012). *Densificación con criterios de soleamiento*. Cartagena.
23. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Durán . (10 de 12 de 2018). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Durán* . Obtenido de http://www.duran.gob.ec/municipio/alexandra/index.php?option=com_k2&view=item&id=544:duan-la-puerta-de-entrada-al-ecuador&Itemid=850
24. Gonzalo, G., Ledesma, S., Nota, V., Cisterna, S., Martínez, C., Quiñones, G., & Garay, A. (2010). *DETERMINACION Y ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS ENERGETICOS PARA EL ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA UBICADA EN SAN MIGUEL DE TUCUMAN*. Tucuman.
25. Handbook, A., & ASHARE. (2009). *Fundamentals has further information on this topic*.
26. Hunn , B. (1996). *Methods of energy analisis. In fundamentals of building energy dynamics*.
27. INAMHI. (2008). *Datos climaticos ciudad de Duran*.

28. INEC. (2010). Fascículo Provincial del Guayas - Resultados Censo 2010.
29. INEC. (2016). Durán.
30. INEN. (2009). *Eficiencia energética en edificaciones*. Quito.
31. INEN. (2010).
32. Krarti, M. (2000). *Energy audit of building systems*.
33. Macias, J. (2017). *EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS ENVOLVENTES, PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil.
34. Mavrogianni, & Colbeck. (2013). *Teoría de comodidad adaptativa*.
35. MEER. (2008). *Políticas y Estrategia para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador*.
36. METABLUE. (s.f.). *Modelo climático*. Obtenido de WWW.METABLUE.COM/ES/TIEMPO/MODELCLIMATE/ELOY ALFARO DURAN, s.f.
37. Meteororm. (2017). *Resultados climáticos Divino Niño Duran*. Duran.
38. MIDUVI. (2016). *Programa nacional de vivienda social*. Quito.
39. Ministerio de edificación Chile. (2015). *Manual de edificaciones*. Santiago.
40. Mitchell, J., & Acosta, A. (2009). *EVALUACION COMPARATIVA DE TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS SOCIALES EN LA PROVINCIA DE MENDOZA*. Mendoza.
41. Pesantez, B., & Fernandez, D. (2018). *Diseño de edificaciones resilientes al efecto de islas de calor urbano*. Guayaquil.
42. Schiller, S., & Evans, J. (2005). *Rol de la Envolvente en la edificación sustentable*. Buenos Aires.
43. ASHRAE STANDARD 55-2010. (2010). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta : American Society of Heating , Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
44. ASHRAE STANDARD 62.1-2010. (2010). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating , Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
45. ASHRAE STANDARD 90.2-2001. (2004). *Energy-Efficient Desing of Low-Rise Residential Buildings*. Altanta: American Society Of Heating Refrigerating an Air-Conditioning Engineers, Inc.

46. Campos, J., & Odone, L. (2012). *Manual de Diseño pasivo y eficiencia energética en edificaciones*. Santiago de Chile.
47. CEN. (2017). *Parámetros de entrada ambiental interior para el diseño y evaluación del rendimiento energético de los edificios que abordan la calidad del aire interior, el entorno térmico, la iluminación y la acústica*.
48. Fargallo, P. A. (2017). *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS MODELOS DE CONFORT ADAPTATIVO EN LOS COSTOS DE EJECUCION PARA MEJORAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TERMICA DE VIVIENDAS SOCIALES EN CONCEPCION, CHILE*. Concepción-Chile: UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO.
49. Macias, J. (2017). *EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS ENVOLVENTES, PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil.
50. Quezada, J. L., & Avilés, H. G. (2015). *Estudio de mejora de la eficiencia energética del edificio GOBIERNO ZONAL DE GUAYAQUIL mediante simulación energética*. Guayaquil: ESPOL.

APÉNDICES

APÉNDICE A

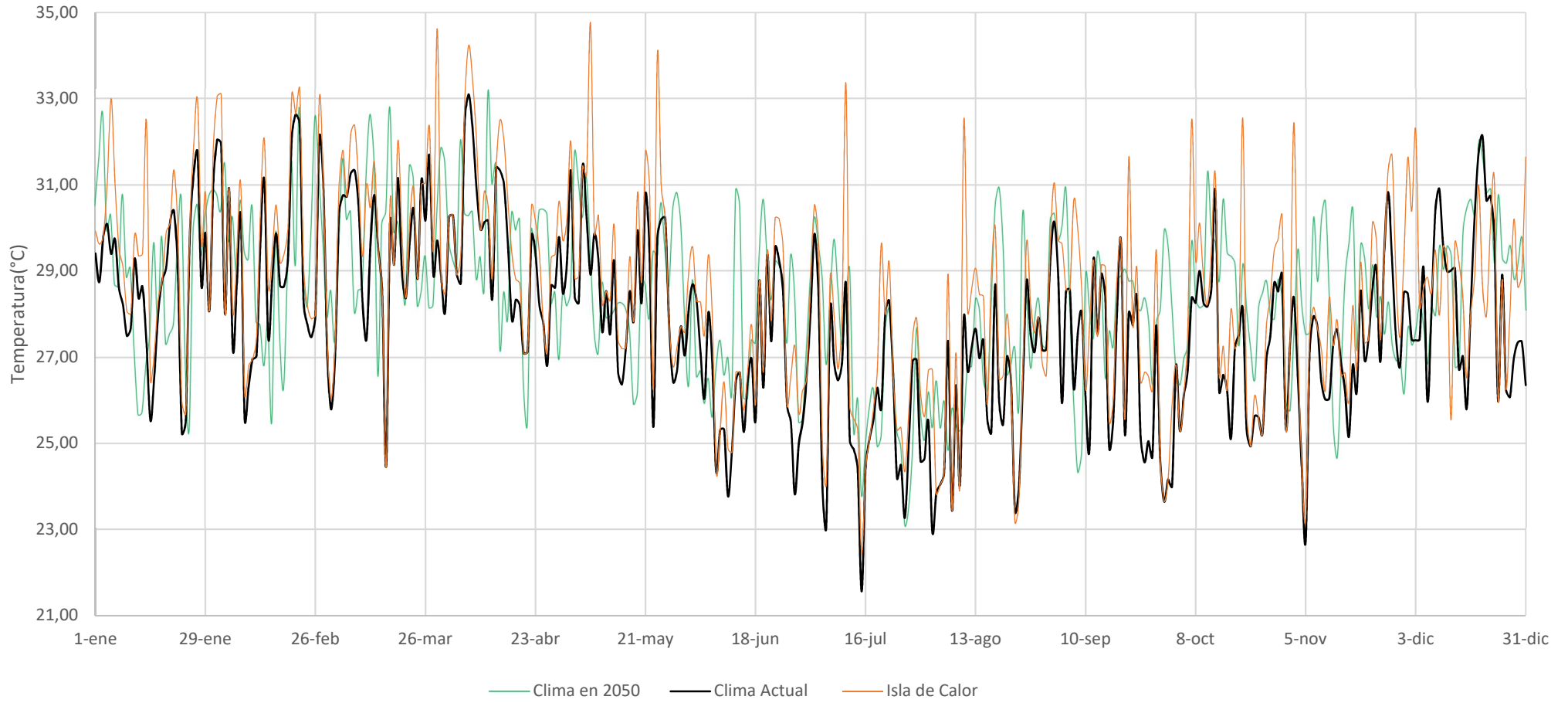
Requerimientos establecidos por el INEC para la edificación de viviendas

- Las viviendas unifamiliares, podrán desarrollarse en dos plantas, incluyendo planta baja.
- En las viviendas multifamiliares se desarrollarán cinco plantas incluyendo la baja, como máximo, sin ascensor
- Todo espacio habitacional será iluminado y ventilado naturalmente.
- Las habitaciones destinadas al baño no podrán comunicarse con la cocina
- La superficie mínima de patios interiores (planta baja/planta alta) será de 4 m².
- La altura mínima de las habitaciones será de 2.50 m. libres, medidos de piso terminado a cara inferior del techo.
- El protector solar de ventanas no podrá estar a menos de 1,20 m medidos desde el piso terminado
- Los baños de las ventanas se sujetarán a las normas del INEN.
- El ancho mínimo de las escaleras en viviendas individuales unifamiliares será de 0.90 m y de 1.20 m. en escaleras colectivas.
- El ancho mínimo de los corredores en viviendas unifamiliares será de 0.90 metros.
- La puerta de entrada a las unidades de vivienda será de 2 metros por 0.90 metros.
- Las puertas de dormitorios y cocinas serán de 2 metros por 0.80 metros.
- Las puertas de baños: 2 metros por 0.70 m.
- El máximo “volado” para los balcones de planta alta, tanto en viviendas unifamiliares como bifamiliares, será de 1 metro, contando a partir de la línea de construcción.

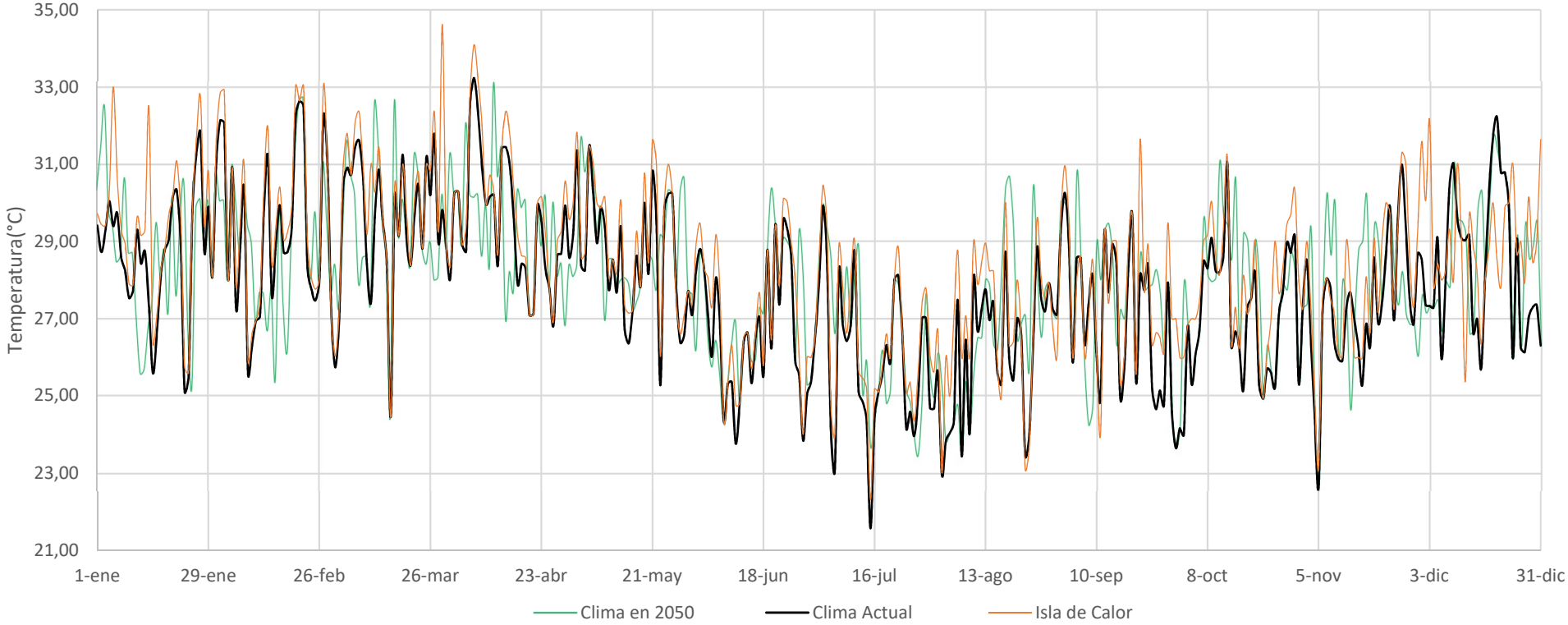
APÉNDICE B

**Temperatura del aire en el interior de las viviendas ante distintos escenarios
climáticos**

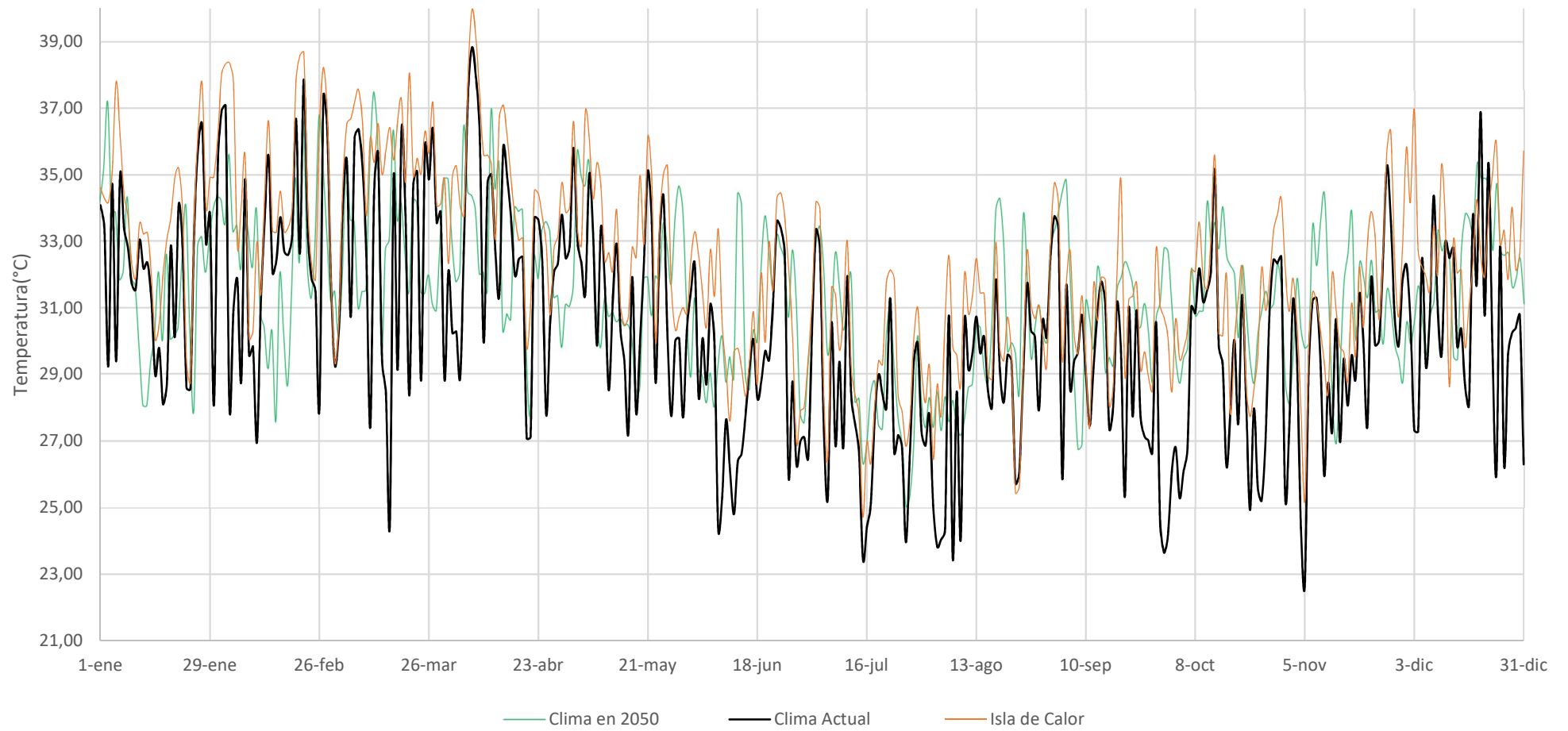
Temperaturas de la vivienda Unifamiliar



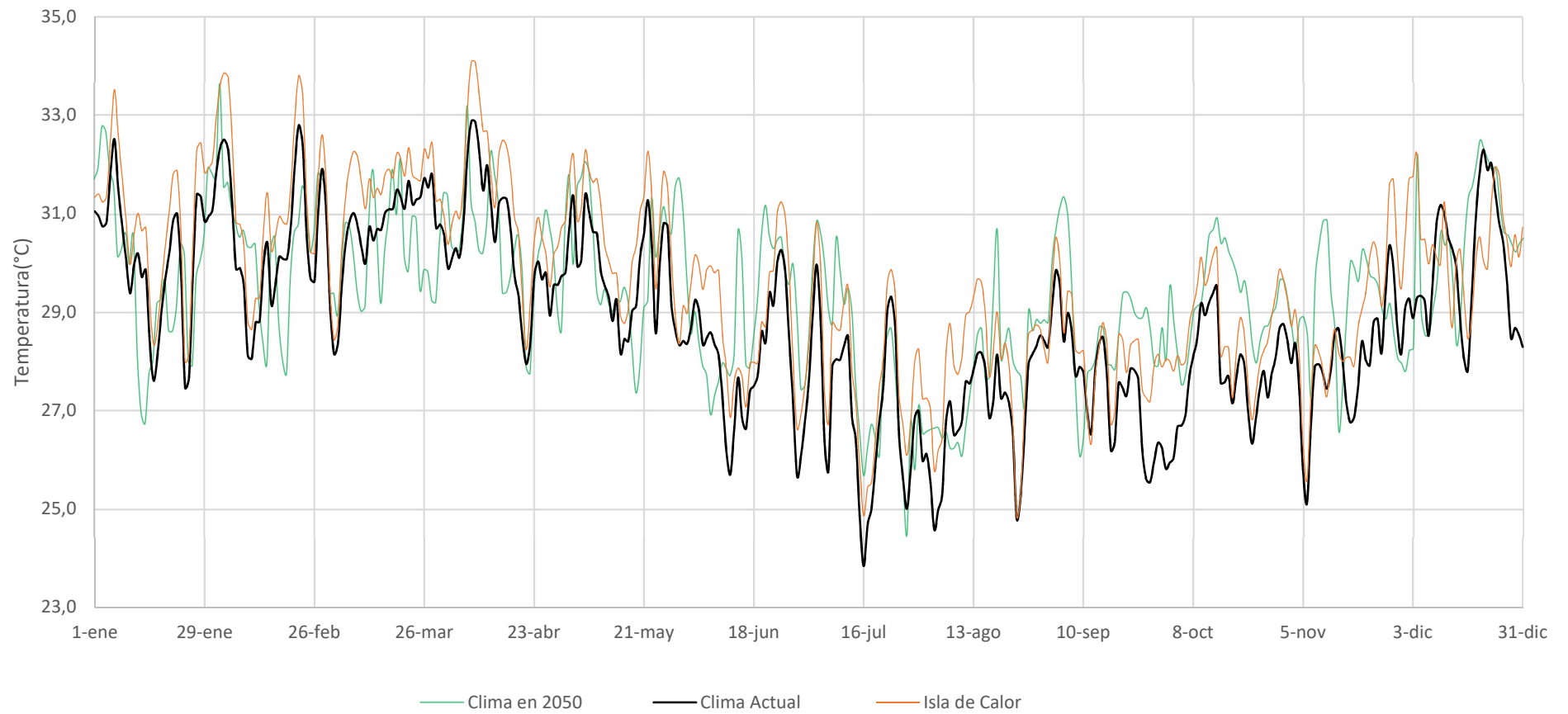
Temperaturas de la vivienda Adosada



Temperaturas de la vivienda Multifamiliar

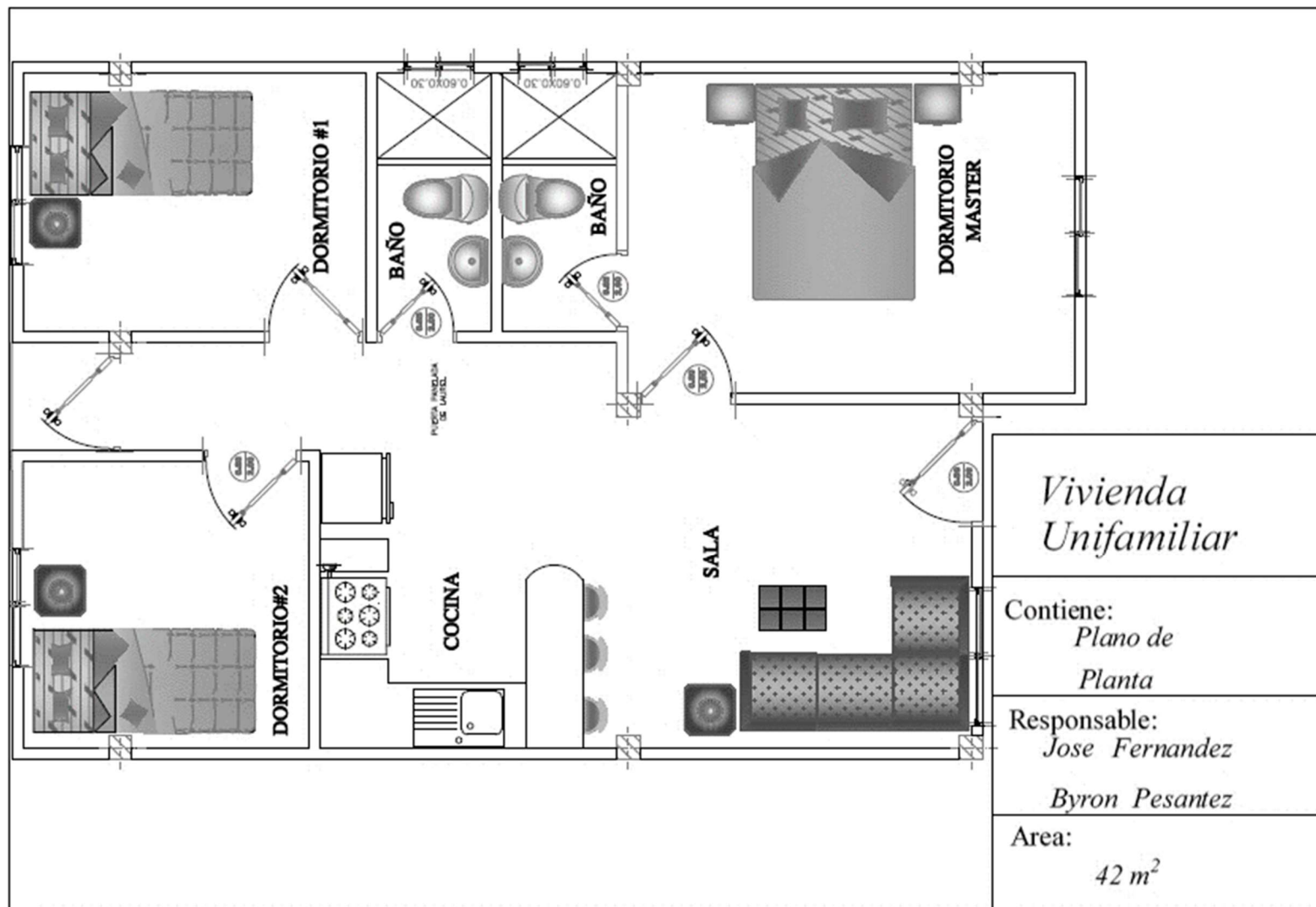


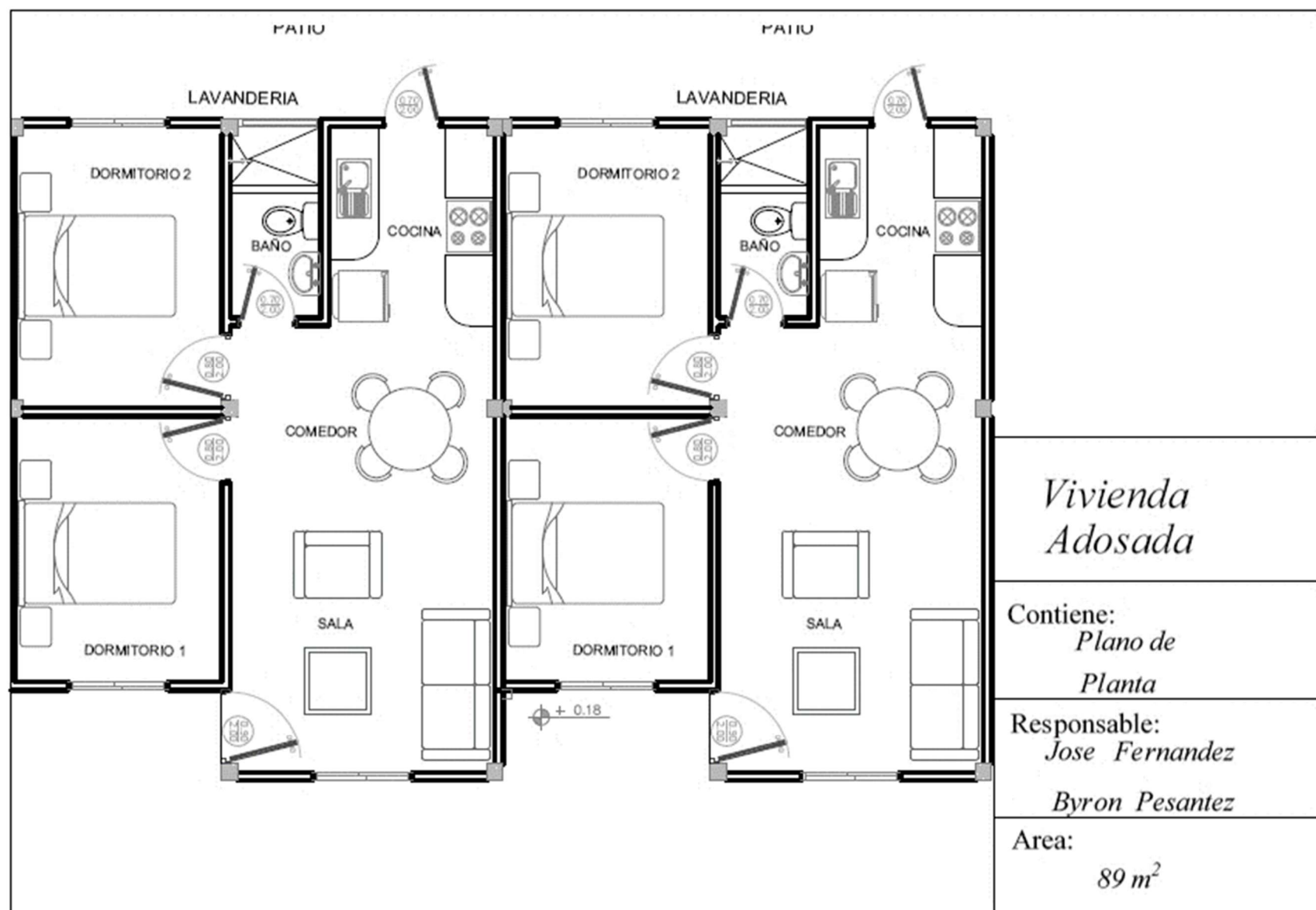
Temperaturas de la vivienda Multifamiliar con mejoras



APÉNDICE C

Planos Arquitectónicos de las viviendas







*Vivienda
Multifamiliar*

Contiene:
*Plano de
Planta*

Responsable:
*Jose Fernandez
Byron Pesantez*

Area:
91 m²

APÉNDICE D

Ficha técnica del material aislante

URSA XPS

NIII L



Panel de poliestireno extruido URSA XPS conforme a la norma UNE EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera. Puede utilizarse dentro de un amplio margen de temperaturas que abarca desde -50°C hasta +75°C.

Aplicación recomendada

- Cubierta invertida.
- Cubierta inclinada con teja claveteada.
- Muros enterrados.



DAP 330P5N3017041



020/003367



07/020/448

Características	Norma	Valor	
Código designación		XPS-EN 13164-T1-CS(1G/Y)300-DLT(2)5-DS(70,90)-WL(T)0,7-FTCI1	
Lambda (λ90/90)	EN 12667 EN 12939	espesor ≤ 60	0,034 W/m·K
		espesor 70 - 80	0,035 W/m·K
		espesor ≥ 100	0,036 W/m·K
Reacción al fuego (Euroclases)	EN 13501-1	E	
Resistencia a compresión	EN 826	300 kPa	
Estabilidad dimensional (70°C y 90%)	EN 1604	≤5%	
Deformación bajo carga y temperatura	EN 1605	≤5%	
Fluencia compresión (2% 50 años)	EN 1606	125 kPa	
Absorción inmersión total	EN 12087	≤0,7%	
Resistencia hielo - deshielo	EN 12091	FT2	

Código	Espesor mm	Ancho m	Largo m	Resistencia térmica m ² ·K/W	Ud /paquete	m ² /paquete	m ² /palet
2117554	30	0,60	1,25	0,90	14	10,50	126,00
2133757	40	0,60	1,25	1,20	9	6,75	94,50
2117556	50	0,60	1,25	1,50	8	6,00	72,00
2117586	60	0,60	1,25	1,75	7	5,25	63,00
2141565	70	0,60	1,25	1,95	6	4,50	54,00
2141563	80	0,60	1,25	2,20	5	3,75	45,00
2117612	100	0,60	1,25	2,80	4	3,00	36,00
2117590*	120	0,60	1,25	3,35	3	2,25	31,50

* Acermi

Disponibles las Declaraciones Ambientales de Producto [DAP] en www.ursa-insul.fr/ines/la/dap/recherche-ides.



Excelente aislamiento térmico



Excelente resistencia frente al agua



Excelente resistencia mecánica

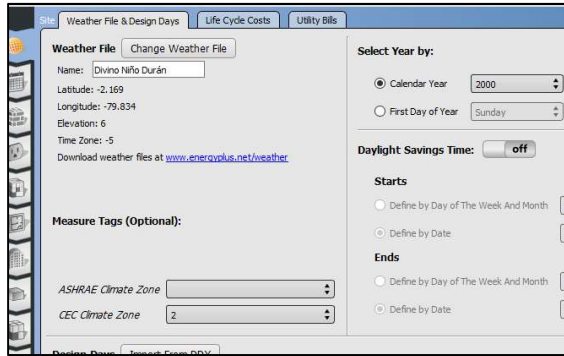


Reciclable

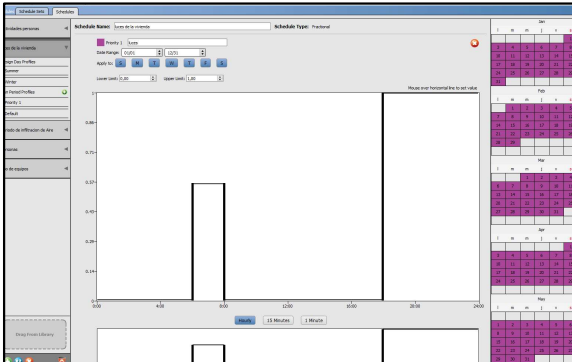
URSA Iberia Aislantes, S.A. webmaster.ursaiberica@ursa.com - www.ursa.es

APÉNDICE E

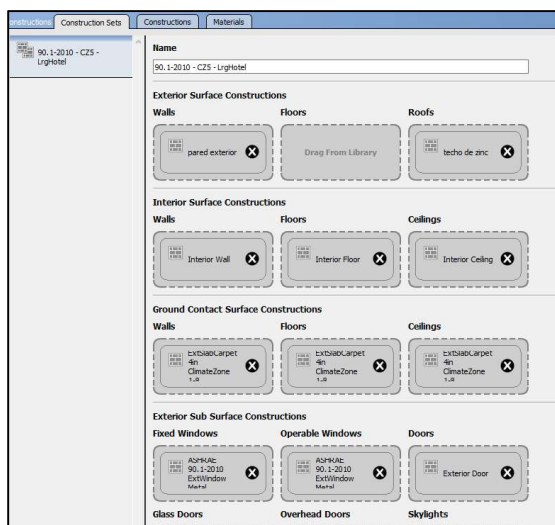
Modelado computacional y ajustes en el utilitario OpenStudio



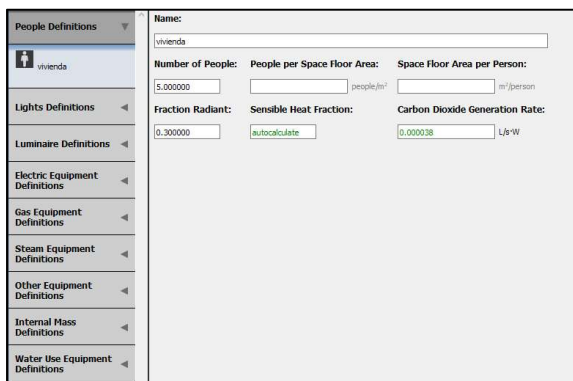
1. Condiciones climáticas de la localidad a estudiar.



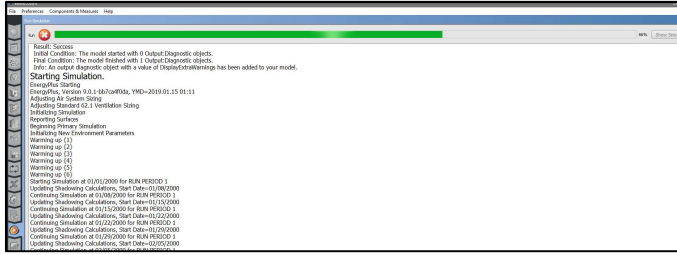
2. Perfiles de ocupación y cargas.



3. Definición de materiales conforme a los datos técnicos de los mismos.



4. Ganancias internas por parte de luminarias, equipos eléctricos y personas.



5. Se ejecutó la simulación con los ajustes necesarios.

Zone Conditions

Temperature (Table values represent hours spent in each temperature range)

Zone	Unmet Htg		Temperature Range (F)												Unmet Ctg Occ (hr)	Unmet Ctg - Occ (hr)	Mean Temp (F)
	(hr)	Occ (hr)	< 56	56-61	61-66	66-68	68-70	70-72	72-74	74-76	76-78	78-83	83-89	>= 89			
THERMAL_ZONE: BARGO	0	0	0	0	0	127	442	585	1022	1290	1248	2633	1158	135	0	0	77.6 (F)
THERMAL_ZONE: CUARTO1	0	0	0	0	8	245	478	683	1024	1269	1222	2708	1064	119	0	0	77.2 (F)
THERMAL_ZONE: CUARTO2	0	0	0	0	10	264	461	690	995	1157	1191	2654	1159	176	0	0	77.4 (F)
THERMAL_ZONE: CUARTO3	0	0	0	0	2	209	482	654	1007	1202	1246	2732	1102	124	0	0	77.4 (F)
THERMAL_ZONE: SALA	0	0	0	0	12	276	464	704	990	1168	1161	2650	1168	197	0	0	77.4 (F)
THERMAL_ZONE: TECHO	0	0	0	0	30	313	446	716	963	1088	1056	2442	1314	382	0	0	77.7 (F)

6. Y se obtienen los resultados en la interfaz de Openstudio.