

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano  
**Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables**



**Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios  
de altura Mexicali, B. C.**

---

**TRABAJO RECEPCIONAL** que para obtener el **GRADO** de  
**MAESTRA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES**

Presenta: **ARQ. FERNANDA LETICIA ACERO GONZÁLEZ**

Tutor **MTRO. FRANCISCO ÁLVAREZ PARTIDA**

Tlaquepaque, Jalisco. Agosto de 2022.

# SOLUCIONES CLIMÁTICAS OPTIMIZADAS PARA CLIMAS DESÉRTICOS EN EDIFICIOS DE ALTURA-MEXICALI B. C.

## Resumen:

Debido al extremo clima de Mexicali, B.C., las áreas de oficinas en *Roof Decks* o terrazas exteriores habitables en azoteas de edificios de altura representan un problema de climatización: se percibe extremo frío en el invierno y es difícil alcanzar el confort térmico en verano, por lo que plantean un reto especial para la sustentabilidad constructiva en grandes edificios.

En el presente trabajo se ensayan procedimientos metodológicos de simulación computacional y aplicación experimental, para obtener soluciones climáticas óptimas y lograr el confort térmico por debajo de una línea base de consumo energético en su enfriamiento o calefacción, aplicado en el *Corporativo Punta Este* como parte de la investigación.

Conforme al proceso de investigación, las hipótesis fueron comprobadas o desechadas mediante revisión documental, entrevistas, diagramas, observación directa, cuestionario y aplicación de software, donde, en la problemática de confort se obtuvieron diversas soluciones aplicables a transmitancia térmica, puentes térmicos, hermeticidad y se seleccionó la óptima conforme a los resultados de cálculos y simulación en *Design Builder*; en cuanto al exceso de consumo de energía, la investigación demostró que se encuentra por debajo de la línea base, por lo cual se desechó el supuesto.

El proyecto de reporte de investigación aplicada, desarrollo e innovación se adscribe a la Línea de Generación y Aplicación de Conocimiento 2 “Soluciones espaciales al hábitat inmediato”, especialmente a la sub-línea 2.1 “La sustentabilidad aplicada en el espacio habitable”.

**Palabras clave:** Edificios de Altura, Clima desértico, Soluciones climáticas optimizadas, Mexicali, B. C.

# OPTIMIZED CLIMATE SOLUTIONS FOR DESERT CLIMATES IN HIGH-RISE BUILDINGS-MEXICALI B. C.

## Abstract:

Due to the extreme climate of Mexicali, B.C., the office areas in Roof Decks or exterior terraces of high-rise buildings represent a problem regarding high-performance in air conditioning; extreme cold is feeling in winter, and it is complicated to reach thermal comfort in summer, which is why it poses a special challenge for the sustainability construction in vertical buildings.

The project here presented seeks to test existing methodological procedures of computational simulation and experimental application to obtain optimal climate solutions and achieve the interior thermal comfort buildings require without generating considerable energy consumption in its cooling or heating systems. In this investigation, the study case research was aimed at Punta Este, which is a corporative-tall building in Mexicali, B.C.

In accordance with the research process, the hypotheses were proven or rejected through documentary review, interviews, diagrams, direct observation, questionnaire, and software application, where, regarding the comfort problem, various solutions applicable to thermal transmittance, thermal bridges and airtightness were obtained, and the optimal one was selected according to the results of calculations and simulation in *Design Builder*. As for the excess energy consumption, the research showed that it is below the baseline, so the assumption was discarded.

This professionalizing research-development and innovation project belongs to the knowledge Generation and Application Line 2 "Space solutions for the immediate habitat", especially to the sub-line 2.1 "Sustainability applied to the living space".

**Key words:** Tall Buildings | Desert climate | Optimized-climate-solutions | Mexicali, B. C.

---

### Agradecimientos.

A CONACYT por impulsar el Programa Nacional de Posgrados de Calidad,

A dios y la vida por permitirme concluir otra meta,

A mi RA por siempre estar,

A mi familia y familia Amezcua,

A Grupo Hermosillo por permitirme ser parte,

A Instituciones y tutores por aportar al presente trabajo,

*Y a mis compañeros de maestría, ahora amigos y colegas,  
el camino no nos fue sencillo, pero siempre encontramos refugio y apoyo entre nosotros.*

**Gracias.**

---

<b>CAPÍTULO 1: ENCUADRE CONTEXTUAL Y MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Encuadre contextual y marco conceptual.....</b>	<b>16</b>
1.2.1 Introducción. ....	16
1.2.2 Edificación vertical .....	16
1.2.3 Antecedentes .....	18
1.2.4 Ahorro energético y confort térmico .....	19
1.2.5 Software   Simulación y análisis.....	20
1.2.6 Climas extremos y edificaciones .....	21
<b>1.3 Justificación de la Investigación .....</b>	<b>22</b>
1.3.1 Caso concreto por intervenir.....	24
<b>1.4 Hipótesis.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5 Objetivos .....</b>	<b>26</b>
1.5.1 Objetivo general .....	26
1.5.2 Objetivos Particulares.....	26
<b>1.6 Contenido del Trabajo de obtención de grado. ....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Metodología   Introducción. ....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Selección del modelo operacional .....</b>	<b>29</b>
2.2.1 Revisión documental .....	29
2.2.2 Entrevistas .....	29
2.2.3 Diagrama de Ishikawa .....	30
2.2.4 Observación directa .....	30
2.2.5 Cuestionario.....	30
2.2.6 Diseño de Experimentos .....	31
2.2.7 Software aplicado .....	31
<b>2.3 Definición de Variables, indicadores y Muestras.....</b>	<b>32</b>

2.3.1	Confort térmico.....	32
2.3.2	Comportamiento térmico en la arquitectura .....	35
2.3.3	Energía.....	36
2.3.4	Eficiencia Energética.....	36
2.3.5	Puente térmico. ....	38
<b>2.4</b>	<b>Diseño de Instrumentos y pruebas .....</b>	<b>38</b>
2.4.1	Diagramas.....	38
2.4.2	Revisión Documental .....	39
2.4.3	Cuestionarios .....	39
2.4.4	Monitoreo .....	40
2.4.5	Observación Directa .....	40
<b>2.5</b>	<b>Procesamiento y análisis de información.....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS CLIMÁTICO S Y DATOS ESPECÍFICOS.....</b>		<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Perfil climático. ....</b>	<b>43</b>
3.2.1	Cave climática.....	43
3.2.2	Datos climáticos categorizando.....	43
3.2.2.1	Temperatura.....	45
3.2.2.2	Radiación solar. ....	46
3.2.2.3	Nublados.....	50
3.2.2.4	Rango de velocidad del viento.....	51
3.2.2.5	Vientos predominantes .....	51
3.2.2.6	Humedad.....	55
<b>3.1</b>	<b>Instrumentos.....</b>	<b>56</b>
3.1.1	Observación directa .....	56
3.3.1.1	Levantamiento y características físicas-arquitectónicas del Corporativo.....	56
3.3.1.2	Caracterización climática del edificio   Soleamiento y vientos. ....	60
3.1.2	Entrevistas .....	63
3.1.3	Diagrama de Ishikawa .....	65
<b>3.2</b>	<b>Descripción de resultados.....</b>	<b>66</b>

<b>3.3 Conclusiones de capítulo   Interpretación de hallazgos.....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 4: EFICIENCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>69</b>
<b>4.1 Introducción .....</b>	<b>70</b>
<b>4.2 Instrumentos.....</b>	<b>70</b>
4.2.1 Revisión documental.....	70
4.2.1.1 Facturación CFE.....	70
4.2.1.2 Eficiencia energética propuesta por LEED. ....	71
<b>4.3 Descripción de resultados.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4 Conclusiones de capítulo   Interpretación de hallazgos.....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO 5: CONFORT TÉRMICO.....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Introducción .....</b>	<b>74</b>
<b>5.2 Instrumentos.....</b>	<b>74</b>
5.2.1 Entrevistas .....	74
5.2.2 Cuestionario.....	75
5.2.2.1 Resultados cuestionario .....	75
<b>5.3 Diseño de experimentos .....</b>	<b>79</b>
5.3.1 Monitoreo .....	79
5.3.1.1 Equipo de Monitoreo.....	79
5.3.1.2 Ubicación de equipo de Monitoreo .....	79
5.3.1.3 Desarrollo de experimento.....	82
<b>5.4 Descripción de resultados.....</b>	<b>90</b>
<b>5.5 Conclusiones de capítulo   Interpretación de hallazgos.....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO 6: MODELO NUMÉRICO-SOFTWARE APLICADO.....</b>	<b>93</b>
<b>6.1 Introducción .....</b>	<b>94</b>
<b>6.2 Proceso de modelo numérico   Design Builder. ....</b>	<b>94</b>
6.2.1 Proceso de obtención de datos para modelo numérico. ....	94
6.2.1.1 Desarrollo de características térmicas   Envoltente .....	94

6.2.1.2 Desarrollo de características térmicas   Losa.....	98
Proceso de resistencia térmica de losa alveolar por interpolación de temperaturas.....	99
Proceso de resistencia térmica de losa alveolar por calculadora “Estimación valor R y U”... 1	
6.2.2 Levantamiento de modelo numérico   Design Builder.....	106
<b>6.3 Simulaciones Design Builder.....</b>	<b>109</b>
6.2.1 Simulación 1- <i>Design Builder</i>   HVAC verano.....	110
6.3.1.1 Proceso.....	110
6.3.1.2 Graficas de simulación <i>Design Builder</i>   verano.....	111
6.2.2 Simulación 2- <i>Design Builder</i>   ventilación natural calculada invierno.....	115
6.2.2.1 Proceso.....	115
6.2.2.2 Graficas de simulación <i>Design Builder</i>   Invierno.....	115
6.2.3 Simulaciones de solución- <i>Design Builder</i> .....	119
6.2.3.1 Simulación 3 - <i>Design Builder</i>   De solución – <b>hermeticidad</b> .....	119
6.3.3.2 Simulación 4 - <i>Design Builder</i>   De solución – <b>Puentes térmicos-Capilaridad.</b> ..	120
<b>6.3 Descripción de resultados.....</b>	<b>122</b>
6.4.1 Resultados   Solución al problema.....	122
6.3.1.1 Solución – <b>hermeticidad</b> .....	122
6.4.1.2 Solución – <b>Puentes térmicos-Capilaridad.</b> .....	124
6.4.2 Resultados   Generales.....	125
<b>6.4 Interpretación de hallazgos   Conclusiones de capítulo.....</b>	<b>127</b>
<b>CAPÍTULO 7: CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y CONCLUSIONES GENERALES</b>	
.....	<b>128</b>
<b>7.1 Introducción.....</b>	<b>129</b>
<b>7.2 Consideraciones prácticas.....</b>	<b>129</b>
<b>7.3 Conclusiones.....</b>	<b>130</b>
Recomendaciones futuras.....	131
<b>CAPÍTULO 8: LITERATURA CITADA.....</b>	<b>132</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO 9: ANEXOS.....</b>	<b>140</b>

<b>9.1 Materiales de soporte.....</b>	<b>141</b>
A-01 Anexo Ubicación de espacios caso estudio.....	141
A-02 Anexo Formato de Entrevista .....	141
A-03 Anexo Formato de Cuestionario .....	142
A-02 Anexo Formato de medición de temperaturas   termómetro infrarrojo.....	145
A-03 Anexo Fichaje de información de monitoreo. Hobos .....	147
A-03.1 Temperatura y Humedad relativa   Promedios mensual.....	147
A-03.2 Temperatura y Humedad relativa   Máximos y mínimos mensual.....	148
<b>9.2 Cartas de vinculación. ....</b>	<b>150</b>

### Índice de figuras.

<b>Figura 1.</b> Corporativo Punta Este.....	25
<b>Figura 2.</b> Índice máximo de consumo de energía eléctrica [IMCEE] en inmuebles de uso de oficinas.....	37
<b>Figura 3.</b> Adaptación propia de diagrama de Ishikawa .....	38
<b>Figura 4.</b> Resumen de datos meteorológicos. ....	44
<b>Figura 5.</b> Rangos de temperatura. ....	45
<b>Figura 6.</b> Rango de radiación superficie horizontal. ....	46
<b>Figura 7.</b> Rango de radiación superficie vertical sur. ....	47
<b>Figura 8.</b> Rango de radiación superficie vertical norte.....	48
<b>Figura 9.</b> Rango de radiación superficie vertical oeste.....	48
<b>Figura 10.</b> Rango de radiación superficie vertical este.....	49
<b>Figura 11.</b> Nublados.....	50
<b>Figura 12.</b> Rango de velocidad del viento. ....	51
<b>Figura 13.</b> Vientos predominantes promedio anual.....	52
<b>Figura 14.</b> Vientos predominantes enero .....	52
<b>Figura 15.</b> Vientos predominantes febrero .....	52
<b>Figura 16.</b> Vientos predominantes marzo .....	53
<b>Figura 17.</b> Vientos predominantes abril.....	53
<b>Figura 18.</b> Vientos predominantes mayo .....	53
<b>Figura 19.</b> Vientos predominantes junio.....	53

<b>Figura 20.</b> Vientos predominantes julio.....	53
<b>Figura 21.</b> Vientos predominantes agosto.....	53
<b>Figura 22.</b> Vientos predominantes septiembre .....	54
<b>Figura 23.</b> Vientos predominantes octubre .....	54
<b>Figura 24.</b> Vientos predominantes noviembre.....	54
<b>Figura 25.</b> Vientos predominantes diciembre .....	54
<b>Figura 26.</b> Humedad .....	55
<b>Figura 27.</b> Humedad .....	55
<b>Figura 28.</b> Levantamiento fotográfico. ....	56
<b>Figura 29.</b> Modelo Arquitectónico.....	58
<b>Figura 30.</b> Flujo de vientos en edificación   Flow Design .....	60
<b>Figura 31.</b> Impacto de viento en la edificación   Flow Design .....	61
<b>Figura 32.</b> Soleamiento fachada Oeste y Este   Julio.....	62
<b>Figura 33.</b> Soleamiento fachada Sureste y Noreste   Julio.....	62
<b>Figura 34.</b> Soleamiento fachada Oeste y Este   Diciembre.....	63
<b>Figura 35.</b> Soleamiento fachada Sureste y Noreste   Diciembre.....	63
<b>Figura 36.</b> Diagrama   análisis altos consumos eléctricos .....	65
<b>Figura 37.</b> Diagrama   análisis confort térmico.....	66
<b>Figura 38.</b> Gráfico consumo total kWh .....	70
<b>Figura 39.</b> Propuesta kWh/m2- año   LEED. ....	71
<b>Figura 40.</b> kWh/m2- año   caso estudio. ....	72
<b>Figura 41.</b> Percepción térmica en verano   nivel 8.....	75
<b>Figura 42.</b> Percepción térmica en invierno   nivel 8. ....	76
<b>Figura 43.</b> Valores de coeficiente de arropamiento. ....	76
<b>Figura 44.</b> Percepción térmica en verano   nivel 9 y 11 .....	77
<b>Figura 45.</b> Percepción térmica en invierno   nivel 9 y 11 .....	78
<b>Figura 46.</b> Equipos de Monitoreo ONSET MX 1104 y ONSET UX100-011 .....	79
<b>Figura 47.</b> Planta arquitectónica nivel 08   ubicación de equipos HOBO. ....	80
<b>Figura 48.</b> Planta arquitectónica nivel 07   ubicación de equipos HOBO. ....	80
<b>Figura 49.</b> Planta arquitectónica nivel 11   ubicación de equipos HOBO. ....	81
<b>Figura 50.</b> Fotografías de ubicación de equipos. ....	81

<b>Figura 51.</b> Gráfica de temperatura tipo   Caso estudio.....	82
<b>Figura 52.</b> Promedios mensuales por equipo de monitoreo   Marzo-junio .....	84
<b>Figura 53.</b> Monitoreo de Marzo   Día con temperatura más baja. ....	85
<b>Figura 54.</b> Monitoreo de Junio  Día con temperatura más alta. ....	86
<b>Figura 55.</b> Promedios mensuales por equipo de monitoreo   Julio-octubre .....	86
<b>Figura 56.</b> Monitoreo de agosto   Día con temperatura más alta. ....	87
<b>Figura 57.</b> Corte longitudinal   Reubicación de Hobos.....	88
<b>Figura 58.</b> Ejes o columnas seleccionados para monitoreo. ....	89
<b>Figura 59.</b> Revit Caso concreto a intervenir. ....	94
<b>Figura 60.</b> Nivel 7 estacionamiento .....	95
<b>Figura 61.</b> Nivel 8 oficinas .....	96
<b>Figura 62.</b> Detalle constructivo de losa alveolar.....	99
<b>Figura 63.</b> Detalle constructivo de interpolación   losa alveolar.....	99
<b>Figura 64.</b> Detalle constructivo de losa alveolar   Fracciones .....	100
<b>Figura 65.</b> Desarrollo de archivo clima   Design Builder .....	106
<b>Figura 66.</b> Levantamiento de proyecto   Design Builder .....	108
<b>Figura 67.</b> Desarrollo de plantilla de construcción   Design Builder.....	109
<b>Figura 68.</b> Principales características   diseño HVAC.....	111
<b>Figura 69.</b> Gráfica general   verano.....	112
<b>Figura 70.</b> Gráfica nivel 06   verano .....	112
<b>Figura 71.</b> Gráfica nivel 07   verano .....	113
<b>Figura 72.</b> Gráfica nivel 08 Norte   verano .....	113
<b>Figura 73.</b> Gráfica nivel 08 sur   verano .....	114
<b>Figura 74.</b> Gráfica nivel 09  Verano .....	114
<b>Figura 75.</b> Opción ventilación calculada  Design Builder. ....	115
<b>Figura 76.</b> Gráfica general   invierno .....	116
<b>Figura 77.</b> Gráfica nivel 06  invierno.....	116
<b>Figura 78.</b> Gráfica nivel 07   invierno.....	117
<b>Figura 79.</b> Gráfica nivel 08 zona norte   invierno .....	117
<b>Figura 80.</b> Gráfica nivel 08 zona sur   invierno .....	118
<b>Figura 81.</b> Gráfica nivel 09   invierno.....	118

<b>Figura 82.</b> Gráfica nivel 08 zona norte   invierno .....	120
<b>Figura 83.</b> Gráfica nivel 07 de estacionamiento   invierno .....	120
<b>Figura 84.</b> Diseño de cámara plena y cubre piso   Design Builder .....	121
<b>Figura 85.</b> Gráfica nivel 08 zona norte   invierno .....	122
<b>Figura 86.</b> Comparativa de temperaturas invierno   Solución hermeticidad.....	123
<b>Figura 87.</b> Comparativa de temperaturas verano   Solución hermeticidad. ....	123
<b>Figura 88.</b> Comparativa de temperaturas invierno   Puentes térmicos.....	124
<b>Figura 89.</b> Comparativa de temperaturas verano   Puentes térmicos .....	125

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Puntuación de porcentaje previsto de personas. ....	34
<b>Tabla 2.</b> Promedios mensuales de datos climatológicos representativos.....	44
<b>Tabla 3.</b> Datos generales   caso estudio.....	57
<b>Tabla 4.</b> Dimensiones generales   caso estudio .....	57
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones de sistema constructivo .....	59
<b>Tabla 6.</b> Consumo total kWh. ....	70
<b>Tabla 7.</b> Tabla de zona de confort con valores de CONAGUA.....	83
<b>Tabla 8.</b> Tabla de zona de confort con valores de sensor térmico Terraza .....	84
<b>Tabla 9.</b> Monitoreo con termómetro infrarrojo.....	89
<b>Tabla 10.</b> Comparación de equipos de monitoreo.....	90
<b>Tabla 11.</b> Desglose de muros  nivel 7 .....	95
<b>Tabla 12.</b> Desglose de muros   nivel 8 .....	96
<b>Tabla 13.</b> Características térmicas de materiales. ....	97
<b>Tabla 14.</b> Desglose de muros tipo.....	98

## 1. Introducción

---

Mexicali representa una de las ciudades más cálidas del país, tiene variaciones de temperatura anuales de 6 °C a 42°C (Cedar Lake Ventures, Inc, s.f.) donde en algunos casos puede llegar a más de 45°C, lo que provoca que sea intolerable para sus habitantes. Por lo cual, se presentan obstáculos dentro del diseño óptimo en las edificaciones. Hoy en día, es una ciudad que se encuentra en vía de desarrollo; la construcción de todo tipo de edificios se presenta, en particular edificaciones verticales y con ellos paradigmas sobre el diseño en zonas desérticas.

Por consiguiente, el presente trabajo se enfoca a las edificaciones verticales expuestas en clima cálido seco, en donde se define el concepto, problemáticas, diversos temas concretos que involucran al contexto y un caso de estudio a intervenir, del cual se valoró el diseño y sus componentes. Se divide en 9 capítulos, donde el primero se enfoca a el encuadre contextual y marco conceptual, que dota de información precedente del tema, se sintetiza teoría, conceptos y argumentos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. Se expresan antecedentes, justificación de la investigación, caso concreto a intervenir e hipótesis.

En el capítulo 2 se muestra la metodología utilizada, que fue un híbrido mediante la recolección de datos cuantitativos y cualitativos con enfoque realista-positivista mediante el registro de datos dimensionales numéricos y unidades de medida de las características ambientales, físicas y térmicas de la región. En adición, se recurrió al paradigma interpretativo-construccionista. Así mismo, en este apartado se expresa la definición de variables, indicadores y muestras utilizadas, así como instrumentos para enfocar y encontrar la problemática.

De este modo, hacia el desarrollo y entendimiento del contexto se elaboró el capítulo 3, donde se presenta un análisis climático y datos específicos necesarios de la ciudad de Mexicali y del caso concreto a intervenir. En este punto se redactan las sugerencias por parte de expertos en el tema y se desarrollan algunas propuestas de solución a las problemáticas expuestas. Dicho capítulo fue clave para dotar de información y desarrollar el capítulo 4 y 5, que exponen los resultados y discusión de las dos problemáticas que expresan los usuarios y propietarios: eficiencia energética y confort térmico.

Para finalizar, se desarrolló el capítulo 6, en donde se redacta la propuesta de solución a la problemática central, el confort térmico. En dicho capítulo se desarrolló una síntesis del proceso

del modelo numérico, en donde se optó por utilizar el programa *Design Builder*. En este punto fueron realizadas simulaciones en el software, que se dividen en 3; simulación en verano con sistema de aire acondicionado, simulación en invierno con ventilación natural calculada y simulaciones de solución, que se enfocan en 2: solución por hermeticidad y puentes térmicos.

## CAPÍTULO 1: ENCUADRE CONTEXTUAL Y MARCO CONCEPTUAL

---

*Introducción, antecedentes, justificación de la investigación, hipótesis y objetivos.*

## 1.1 Introducción

---

El capítulo 1, dota de información precedente del tema, se sintetiza teoría, conceptos y argumentos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. Se consideraron dentro de los antecedentes empíricos del tema estrategias sustentables y tecnológicas para garantizar el confort térmico. Además, el objeto empírico de estudio, el nivel 8 de un Corporativo ubicado en la ciudad de Mexicali B.C. En adición, las referencias conceptuales aluden a la descripción e información de autores y programas que abordan el tema del proyecto desde distintas perspectivas.

## 1.2 Encuadre contextual y marco conceptual

---

### 1.2.1 Introducción.

En este apartado, se define y contextualiza principalmente la edificación vertical y se plantean investigaciones y edificaciones realizadas que responden a variables semejantes al presente reporte de investigación aplicada, donde dichos factores se clasifican en conceptos a tratar para una sencilla interpretación. Adicionalmente, se demuestra qué espacios arquitectónicos en condiciones extremas son capaces de adaptarse gracias a diversas soluciones bioclimáticas y tecnología aplicada.

### 1.2.2 Edificación vertical

El crecimiento acelerado de las ciudades nos ha llevado a ser creativos en cuanto el diseño de nuevos paradigmas en la construcción, donde se busca un equilibrio social, económico y ambiental. Es decir:

*“[...]es más que solo reducir los impactos ambientales, la sostenibilidad significa crear lugares que sean ambientalmente responsables, saludables, justos, equitativos y rentables, hacer más ecológico el entorno construido significa observar de manera integral los sistemas naturales, humanos y económicos y encontrar soluciones que respalden la calidad de vida para todos.” (Green building council, 2010, p. 5)*

La edificación vertical surge de la necesidad de dar solución a diferentes problemas, como el aumento de población, plusvalía de la vivienda, contaminación ambiental, entre otras. Igualmente, los usos mixtos emergen para la optimización del desplazamiento dentro de la ciudad y planear su crecimiento. Entre sus beneficios encontramos la renovación urbana, creación de espacios de

actividades culturales y conexiones sociales, reducción de tránsito; ya que los usuarios encuentran cerca lo necesario para su vida diaria y reactivación de espacio infrautilizado, es decir el explotación menor de áreas o terreno (VIP Structures, 2020).

Una edificación de altura, torre o rascacielos no tiene un término puntual; sin embargo, existen definiciones que se han adaptado al contexto, entre ellas encontramos a [Council on Tall Buildings and Urban Habitat](#):

*“Un edificio alto no se define por su altura o número de pisos. Más bien, el criterio importante es si el diseño está influenciado o no por algún aspecto de "altura". Se trata de un edificio cuya altura crea condiciones diferentes a las que existen en los edificios comunes de una determinada región o período.” (2020)*

[Harvard](#) define dicho término como *“aquel desarrollo que tenga más de tres usos en un mismo espacio, sin que ninguno ocupe más del 60%, de los metros cuadrados” (2020)*. Así mismo, [Craighead \(2009\)](#) define a un edificio como “una estructura cerrada” integrada por piso, techo, pared y generalmente ventanas y un edificio alto (“tall building”) como una estructura de varios pisos, que por lo general recurren o dependen de elevadores y edificaciones más altas las denomina edificios de gran altura (“high-rise buildings”). Se puede expresar que la definición de dichas estructuras o verticalidades no tiene un término en específico y varía según el país o región. Sin embargo, [Craighead](#) define que toda edificación vertical es:

*“Cualquier estructura en la que la altura pueda tener un impacto grave en la evacuación”.*

*“Para la mayoría de los propósitos, el punto de corte para edificios de gran altura es de alrededor de siete pisos [...]”*

*“En general, se considera que una estructura de gran altura es aquella que se extiende por encima del alcance máximo del equipo contra incendios disponible. En números absolutos, esto se ha establecido de diversas formas entre 75 pies (23 metros) y 100 pies (30 metros) [...]” (2009, p. 37)*

[Soares](#) expone la edificación vertical desde una perspectiva ambiental, arquitectónica y de ingeniería:

*“Edificios que requieren un alto nivel de aportación tecnológica para funcionar correctamente. Las principales características arquitectónicas y de ingeniería del edificio, siendo el origen arquitectónico, son la circulación y los sistemas de*

*construcción, que funcionan en una forma muy diferente a la de un edificio de poca altura” (2020, p. 16)*

En Adición, Soares reflexiona ante las edificaciones de altura sustentables, donde involucra el contexto urbano, su arquitectura y el impacto positivo que han tenido, como lo es la sinergia de la vida socioeconómica, la infraestructura urbana, entre otros, y negativos como lo es alto consumo energético y la dinámica urbana.

Se aclara que una edificación de altura ambiental debe contar con una revisión crítica del rendimiento del edificio, que involucren todos sus aspectos, como los ajustes en el proceso de diseño y su eventual funcionamiento. Cada uno debe adaptarse a las normativas de cada país o ciudad ante el cambio climático. Heywood (2015) hace énfasis hacia que una edificación debe ser consciente e “incorporar la responsabilidad ecológica, social, ética y estética”. Así mismo, Aguilar Carolyn expresa que se debe:

*“[...] aprender de los edificios y no solo en los edificios. El 90% del tiempo las personas pasan el día dentro de edificios. Es momento de usar los edificios como ejemplos de buenas prácticas y buen comportamiento. Se tiende a pensar en edificios como objetos estáticos y no como sistemas dinámicos. Habrá que crear el alfabeto del edificio sostenible, que se vuelva muestra capaz de ser multiplicado.”*  
(2011, p. 154)

De igual forma, Mayorga (2017) evalúa que el futuro para México, en edificaciones verticales sustentables es prometedor; cada vez se suman mentes interesadas hacia una “conciencia ambiental de la sociedad”, gracias a estudios, integrantes sociales interesados, programas gubernamentales y legislaciones conscientes hacia el diseño de edificaciones ambientalmente amigables, sin embargo, aclara a que hay que hacer énfasis hacia la obligatoriedad que tiene el gobierno en dichos temas.

### 1.2.3 Antecedentes

La preocupación por el impacto ambiental no es un tema nuevo. Dentro de textos principales hacia alertas ambientales globales encontramos el “Protocolo de Montreal” en 1986 y las primeras propuestas por la “Organización de las Naciones Unidas (ONU) del desarrollo sustentable como modelo en 1987”. El pensamiento evoluciona según las condiciones y necesidades que se presentan

con el gradual calentamiento global y, por consiguiente, el cambio climático. Ha sido necesario crear planes de mitigación y adaptación para la protección ambiental y del ser humano.

Dentro de las principales adaptaciones e investigaciones sustentables en la vivienda, Kern (1972) arquitecto californiano, en los años 70's propuso una serie de principios ambientalistas al unir características ambientales y tecnología de su década. Involucró sistemas constructivos con las características ambientales del lugar en catorce capítulos; clima, ventilación, sistema de refrigeración, entre otras, para dar soluciones óptimas a la vivienda.

#### 1.2.4 Ahorro energético y confort térmico

Dentro de esta conceptualización de dichos términos y tras el análisis de diversos antecedentes se opta por introducirlos juntos, ya que en varias narrativas se correlacionan. De forma introductoria rescato las palabras de Tepox (2022): *“En arquitectura no se diseña para tener confort térmico, si no para crear ambientes que dialoguen con el clima en el que se construye”*. Por lo tanto, si se logra el diálogo correcto con cálculos adecuados, se puede obtener eficiencia energética.

Entre los estudios hacia el ahorro energético, Arias y Ávila (2004) dejan en claro que una de las características deseables de la inversión de un proyecto *“es el futuro ingreso generado por el ahorro energético y su duración en relación con la vida económica de los fondos”*. El ahorro energético permite optimizar el conjunto de actividades, procesos y acciones para reducir y efficientizar la energía consumida y servicios relacionados. Arias y Ávila hablan del valor de la iluminación natural y el ahorro energético; si bien, dentro de este trabajo no se retoma el punto de luminotecnia, expresan que para lograr eficiencia energética es necesario la utilización de tecnología y estrategias que generen un ahorro para la climatización artificial que van de la mano hacia un confort para el usuario.

De la misma forma, Labra (2015) expone su inquietud hacia edificaciones verticales y su envolvente “hermética” que pueden afectar al ambiente, confort y salud de los usuarios. En su tesis, expresa la posibilidad de que edificios existentes reduzcan su *“consumo energético y logren una reconversión hacia la sustentabilidad”*, por lo que propone *“alternativas de reconversión hacia la sustentabilidad de la envolvente en edificaciones verticales”*. Realizó un análisis costo beneficio de casos análogos, en donde concluye que la opción económica no siempre es la más viable y la eficiencia energética depende del nivel en que se encuentre, usuarios, uso y envolvente.

Así mismo, redacta la posibilidad y oportunidades de mejora energética para edificaciones ya existentes.

Igualmente, [Heywood \(2015\)](#) introduce en sus capítulos para expresar su estudio a diversas normativas para “*una arquitectura de bajo consumo energético*”. Entre los puntos relevantes para este proyecto, primero parte de cómo lograr un bajo consumo conforme a la envolvente de la edificación, donde como principal característica es mantener la edificación con un “*funcionamiento libre*”, es decir que se adapte al lugar, contemple características de orientación, forma y diseño de envolvente, lo que permitirá que con cambios como arropamiento y actividades los usuarios puedan minimizar la carga energética.

El confort térmico es la sensación térmica agradable del ser humano con respecto al ambiente. [Rosales \(2018\)](#) en su trabajo de grado, dedica su investigación a la evaluación e importancia del confort térmico en instituciones de enseñanza para un óptimo desempeño de los usuarios. Su metodología se basó en la investigación mediante revisión bibliográfica y métodos de evaluación, al considerar normativa “*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) 55:2103*”. Al aplicar diversas evaluaciones y mediciones para el confort térmico obtuvo como resultado que los usuarios estaban por debajo del rango proporcionado por la norma y que se puede lograr un ahorro energético al ajustar el sistema de aire acondicionado.

Hacia la comprensión y revisión de modelos para análisis de confort térmico en edificaciones, [Covarrubias \(2016\)](#) realizó un compendio de diversos modelos que involucran “*la temperatura media anual y mensual*” para determinar dicho término. Hace énfasis en el valor y contemplación del término en la edificación, ya que, de ello depende la comodidad física y mental del usuario. En su estudio destaca la variabilidad de resultados de diversos modelos, donde concluye en que el análisis de confort térmico en edificios es “*un proceso complejo por sus variables y enfoques*” que, a pesar de esto, puede ser identificado. En el caso de su investigación, el aplicativo ideal fue el modelo de *Paul Wakely*, ya que, considera que tiene rangos amplios a diferencia de otros modelos.

### 1.2.5 Software | Simulación y análisis

La implementación de diseños bioclimáticos, tanto activos como factores bióticos y abióticos, aportan a proyectos sustentables. Sin embargo, [Najera et al., \(2017\)](#) nos expresan su análisis para la evaluación térmica de un edificio mediante el uso de un software de simulación dinámica

“*Transient system simulation tool 17*” (TRNYS), donde evaluó el consumo energético anual por climatización artificial con las características arquitectónicas existentes.

La edificación evaluada considera aire acondicionado y calefacción para sostener el confort térmico adecuado, esto con respecto a las condiciones climáticas del lugar, de modo que se obtiene un óptimo funcionamiento y, por consiguiente, ahorro energético y contribución al medio ambiente. El objetivo fue argumentar la posibilidad de disminuir el consumo energético de una edificación existente mediante su evaluación en un software de simulación dinámica sin modificar la geometría existente de la edificación.

### 1.2.6 Climas extremos y edificaciones

Sin duda la problemática principal, en el caso de estudio de este trabajo, es el clima extremo que se presenta en Mexicali; sin embargo, diseñar en climas cálidos no es un tema inédito. Así mismo, encontramos referencias en Nuevo México, Mauritania, Marmita, entre otros. [Serra y Coch \(1995\)](#) nos habla sobre la posibilidad de proyectos en climas secos, siempre y cuando se logre mantener un “*espacio interior controlado y condiciones más adecuadas*” ante la radiación excesiva, es decir: “[...]tratar de amortiguar la fuerte variación día-noche de las temperaturas, retardando en todo lo posible la entrada de calor para que llegue al interior de noche cuando es menos molesto” (1995).

En el desierto de Atacama en Chile, se encuentra gran diversidad de edificaciones, en donde, el clima se caracteriza por variables de temperatura atenuantes, la noche puede llegar a  $-25^{\circ}\text{C}$  y en el día entre  $25^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ . De este modo es clasificado como “*el desierto no polar más árido de la tierra*” ([Conociendo Chile, 2022](#)). A pesar de su clima extremo, arquitectos y diseñadores han logrado extraordinarios proyectos, como lo es el “*Observatorio Paranal*”, una “*insignia astronómica*” ubicada en el cerro Paranal en el desierto de Atacama.

Dentro del observatorio de Atacama se encuentra una residencia para sus empleados. Dicho proyecto está diseñado para tolerar fluctuaciones de temperatura y todas aquellas condiciones climáticas que presenta el desierto de Atacama. Aquí, se muestra cómo los arquitectos lograron un diseño sostenible, donde las principales características de diseño son integración al paisaje, desarrollo de jardines interiores y desarrollo de humedad interior. ([European Southern Observatory, n.f.](#))

Dentro de referencias de edificaciones en territorio mexicano, encontramos la clasificación por regiones según sus características climáticas en el *Diario Oficial de la Federación [DOF]*, que enfatiza el valor de la eficiencia energética de la construcción. Dentro de este sistema de gestión y clasificación regional Norte, se encuentra el *Centro Internacional de Negocios [CIN]* en Chihuahua, que obtuvo una certificación por *Leadership in Energy and Environmental Design [LEED] Building and Construction: New Construction* (U.S. Green Building Council, 2021).

En adición, en CIN se siguieron normativas locales, así como la *NOM-001-SEDE-1999, NEC, NFPA, ASHRAE 90.1* (SIECSA SE, 2020). La selección idónea de materiales y tecnología en el corporativo de 3716.12 m<sup>2</sup> consiguió clasificar a la edificación como una de las más eficientes e inteligentes de México, lo que logró nombrarlo un modelo a seguir para la edificación sostenible del país. Su diseño permitió conjugar eficiencia energética, monitoreo de sus variables y desarrollo adecuado del agua.

### 1.3 Justificación de la Investigación

---

Ordoñez Cervantes (2011), en su texto *“Desempeño económico y compatibilidad para el desarrollo sostenible de la construcción”*, hace referencia a que una edificación debe cumplir tres fines: *“utilidad, productividad y mantenga su precio o se revalore”*. La construcción no debe implicar un costo alto que provoque estancarse y no ser productivo; eficiencia como proyecto, es decir que su rendimiento y calidad no baje y mantenga su demanda, gracias al mantenimiento que se le dé, con respecto a materiales y calidad. Se puede expresar que, al aplicar los conceptos anteriores a la edificación, se crea una conciencia de sostenibilidad ante nuevos proyectos que surjan en ciudades en desarrollo.

De la Universidad Iberoamericana (2011), De Buen (2011) expresa que una edificación es uno de los principales usuarios de energía, al utilizarla para climatización, iluminación y aparatos electrónicos. Sin embargo, hoy en día se cuenta con tecnología que al emplearla adecuadamente puede optimizar el funcionamiento y aportar a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Donde, Odón de Buen cita al *Panel Intergubernamental del cambio climático [IPCC]* quien señala que *“alrededor del 30% de las emisiones mundiales previstas de gases de efecto invernadero en el sector de la edificación se podrán evitar para el 2030 con un beneficio económico neto”*. (2011, pág. 85)

Igualmente, dentro de [diseño y construcción sostenibles: Realidad ineludible \(2011\)](#) surge la reflexión hacia el ahorro de energía y confort térmico, en donde puede lograrse gracias al uso de tecnologías que involucran el buen uso de materiales, sistemas y equipos. [Odón de Buen \(2011\)](#) rectifica que las tecnologías pueden aplicarse durante el proceso de diseño o posterior, ya sea como remodelación, operación de mantenimiento o como en el caso de este trabajo, como optimización, para lograr reducir el gasto energético sin afectar el confort térmico y de servicio para el que fue diseñado el espacio.

En México, por su posición geográfica, predomina el clima cálido ([Universidad Iberoamericana, 2011](#)) y la “*Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda [CONAFOVI]*” posiciona a Mexicali en clima Cálido seco, con temperatura media y mínima por debajo de los rangos de confort y en verano los sobrepasa ([2006](#)). Por lo tanto, lograr el confort térmico puede ser complejo, sobre todo la gestión del aire acondicionado en verano y en invierno de ser necesario la implementación de calefacción, por lo cual la demanda sectorial dentro de este ámbito aumenta. Las edificaciones se consideran preparadas para las demandas del clima, pero al llegar al momento de la ocupación surge lo contrario.

Dentro de las publicaciones de [Energy intelligence \(2017\)](#) dialoga respecto a la demanda del confort térmico y estrategias para lograrlo. El confort térmico “*responde a variantes que el diseñador no tiene el control; temperatura del aire, en superficie, humedad, ropa y aislamientos térmicos, nivel de actividad y velocidad del aire*” ([2017](#)). Se reafirma que el confort es subjetivo, es decir que depende de cada persona y no todos los usuarios estarán conformes con el clima que se presente dentro de la edificación, sin embargo, se puede lograr una media. Es imprescindible contar con guías de trabajo hacia el confort térmico, como son las “*ASHRAE*”, para valorar dentro de las edificaciones un rango de confort que sea digno para laborar.

Con lo anteriormente expresado, como principal motivo del presente trabajo es contribuir al entorno, sociedad y ciudad, al actuar y solucionar de manera efectiva ante el desarrollo de edificaciones verticales en la ciudad de Mexicali Baja California. Si bien, el caso de estudio de esta investigación se considera pionera como edificación vertical, suma el ser diseñada y construida bajo la certificación LEED V4 Building and Construction: Core and Shell y querer efficientizar su diseño para el bienestar de sus usuarios y medio ambiente, que además crea una

identidad hacia una ciudad responsable, con interrelación de valores económicos, sociales y culturales.

La demanda hacia edificaciones sustentables, con la aplicación de diseños bioclimáticos y tecnológicos, va en aumento en la ciudad. [Built with Green River \(2022\)](#) declara el aumento notable desde el año 2016 a la fecha, en edificios certificados en la clasificación “*LEED V4 Building and Construction: Core and Shell*”, donde en la actualidad se tiene una cifra de 670 certificaciones, donde, 17 pertenecen a territorio mexicano. De dichas certificaciones en México solo seis se ubican en contextos similares al caso de estudio del presente trabajo, tres en Monterrey y tres en Ciudad Juárez que pertenecen al sector industrial.

Cabe resaltar que parte del trabajo es fomentar el diseño óptimo del caso concreto a intervenir en un entorno específico para replicas futuras o edificaciones similares, ya que el concepto se ha desarrollado en diversas partes del país, como la Torre Business Hub en Monterrey y Business Hub Tijuana.

### 1.3.1 Caso concreto por intervenir.

El *Corporativo Punta Este*, caso de estudio de este trabajo ([Figura 1](#)) es la primera edificación vertical de 15 niveles en la ciudad. En su octavo nivel se encuentra una terraza o “*Roof deck*”, con un área de oficinas de 1360 m<sup>2</sup> y área al aire libre de 978 m<sup>2</sup>.

**Figura 1.** Corporativo Punta Este



Fuente: (Punta Este Corporativo, 2022).

**Punta Este (2018)** se declara el primer desarrollo urbano amigable con el medio ambiente en la ciudad de Mexicali, integrado por un hotel, centro comercial y un corporativo. La edificación vertical dentro del complejo cuenta con siete niveles de estacionamiento y ocho de oficinas; en su octavo nivel incorpora una terraza para eventos, cafetería y oficinas. Como se mencionó con anterioridad, el edificio se desarrolló bajo una certificación *LEED* por su proceso de construcción; sin embargo, se presenta un inconveniente en el nivel 8, área de oficinas.

Dentro del corporativo, el propietario expresa que presentan altos consumos eléctricos por lograr climatizar el área de oficinas del nivel 8 y, con respecto al área de terraza, la problemática que se presenta es su uso limitado durante el año, por cuestiones ambientales o climatológicas.

## 1.4 Hipótesis

Dado al comportamiento deficiente en edificios de altura en el nivel de cambio de uso, para el cual se tienen variables como posibles causas, se pueden ubicar haciendo un análisis *ex post* con un enfoque híbrido cuantitativo y cualitativo, donde se encuentren soluciones adecuadas mediante cálculos y simulación digital.

Los usuarios presentan inconformidad térmica y los propietarios suponen costos excesivos por un alto consumo de energía eléctrica, además de no poder utilizar las áreas designadas como fueron proyectadas. La hipótesis se expresa en dos términos principales:

#### *Eficiencia energética:*

Mediante la aplicación híbrida de sistemas de investigación y comparación de consumos reales presentados vs. Línea base de consumo de energía propuesta por LEED en el proceso de construcción y por regulaciones mexicanas, se determinará el consumo de energía eléctrica del edificio y de ser necesario lograr una disminución en el gasto energético.

#### *Confort térmico:*

Mediante la aplicación híbrida de sistemas de investigación, análisis de diversas opciones constructivas, tecnológicas y modelado numérico, se obtendrá cual es la problemática por confort térmico dentro de las oficinas y obtener soluciones óptimas mediante simulación.

Con esto se permitirá tener soluciones óptimas aplicables en edificios relacionados o a menor escala en zonas desérticas, como es el caso de Mexicali.

## 1.5 Objetivos

---

### 1.5.1 Objetivo general

Analizar variables y diseño de edificios de altura, que permitan proponer soluciones climáticas optimizadas a problemáticas por clima extremo, mediante la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, con la aplicación de programas computarizados o técnicas para distinguir el desempeño ambiental del caso de estudio.

### 1.5.2 Objetivos Particulares

- Analizar el desempeño de diversos edificios de Altura en climas extremos, cálido seco, así como posibles problemáticas por clima y soluciones expuestas.
- Analizar el funcionamiento del caso de estudio; nivel ocho del caso concreto a intervenir para comprender las problemáticas que se presentan, generar un diseño óptimo y lograr confort térmico dentro de sus oficinas.
- Evaluar el desempeño ambiental del caso análogo conforme a lo propuesto en su certificación LEED, con revisión documental.

- Conocer la sensación térmica de los usuarios del nivel 8 de caso concreto a intervenir y otros para evaluación de resultados mediante cuestionario y/o entrevistas.
- Diseño de experimentos (sensores térmicos) para conocer los valores térmicos dentro y fuera de la edificación.
- Analizar los puentes térmicos de la edificación y dar solución a lo que perciben los usuarios.

## 1.6 Contenido del Trabajo de obtención de grado.

---

El desarrollo del trabajo de obtención de grado se sintetizó en 6 capítulos, donde se desarrollan metodología, análisis climático, datos característicos del contexto, caso de investigación, resultados y discusiones hacia eficiencia energética, confort térmico y el desarrollo de una solución de climatización óptima, que en este caso fue mediante un modelado numérico-software, donde el principal programa utilizado fue *Design Builder*.

## CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

---

*Selección del modelo operacional, definición de variables, indicadores y muestras, diseño de instrumentos, pruebas, procesamiento y análisis de información*

## 2.1 Metodología | Introducción.

---

La metodología utilizada en el presente reporte de investigación aplicada fue un híbrido, por medio de la recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Se optó por el enfoque Realista-Positivista, ya que se registraron realidades dimensionables mediante datos numéricos y unidades de medida de las características ambientales, físicas y térmicas de la región. Se recurrió al paradigma Interpretativo-Construccionista para dotar de sentido a apreciaciones subjetivas acerca de aspectos intangibles como la percepción individual del confort térmico en espacios habitables. Con entrevistas y otros recursos cualitativos se valoraron opiniones y puntos de vista de los usuarios del edificio.

Eventualmente, según los resultados de la investigación documental se propuso una metodología de Modelado numérico (tridimensional) para identificar la tecnología de climatización y ahorro energético óptima que permitió visualizar soluciones. En adición, se analizaron diversas características ambientales y parámetros que se presentan en la ciudad de Mexicali, con el fin de proporcionarlas dentro del programa y dar alternativas de solución.

## 2.2 Selección del modelo operacional

---

Hacia la idónea aplicación de elección metodológica y cumplimiento de objetivos del presente trabajo se concentró información del contexto a investigar mediante técnicas y diseño de instrumentos que se presentan a continuación.

### 2.2.1 Revisión documental

El objetivo de esta técnica fue reunir referencias útiles y secundarias mediante la consulta de diversas fuentes, escritos, revistas, gráficos, entre otros. Dicho recurso se muestra con fichaje y una organizada catalogación de información que se obtuvo durante el proceso de investigación.

### 2.2.2 Entrevistas

El tipo de entrevista utilizada en este trabajo fue semiestructurado, con un boceto que se orientó a expertos en el tema, con objeto de profundizar el contenido de la presente investigación aplicada. Además de orientación hacia metodología y análisis de la edificación. Para la sencilla aplicación de esta técnica se realizaron bocetos de las cuestiones a tratar y fueron enviados por correo antes de la reunión. (Ver A-02 Anexo Formato de Entrevista)

### 2.2.3 Diagrama de Ishikawa

Hacia el estudio, reflexión y resultados de la problemática se utilizó el diagrama de Ishikawa, metodología creada por *Kaoru Ishikawa* en 1943, que es un gráfico que permite encontrar el problema desde raíz. El esquema también se conoce como “*diagrama de espina de pescado, 6M (método, maquinaria, mano de obra, materiales, medición y medio ambiente) o de causa-efecto*”, en donde, enfatiza que la deficiencia tiene una causa dentro del proceso, que a su vez puede generar otras deficiencias ([Emerald works](#), n.f.). Por su forma gráfica de representarse facilita adaptarse a cualquier tipo de actividad. Se aplicó dicha técnica para urdir un análisis profundo de las problemáticas de la edificación y localizar la falla o fallas.

### 2.2.4 Observación directa

La observación directa es un instrumento de registro y análisis del sitio que recaba información primaria de la edificación construida, con el objetivo de reunir datos y entender las problemáticas que se están presentando.

#### *Objetivo:*

El objetivo de esta técnica fue observar e identificar físicamente las características arquitectónicas, materiales de construcción, ingenieras utilizadas del caso análogo situado en Mexicali, Baja California, mediante el levantamiento fotográfico y recopilación de información.

#### *Observables:*

Dentro de la observación directa se encuentran tres focos de interés: distintivos físicos del *roof deck*, características ambientales de la región y condiciones térmicas.

### 2.2.5 Cuestionario

El cuestionario, también conocido como encuesta, es una técnica de carácter descriptivo que se emplea para obtener información a base de preguntas y respuestas limitadas por parte de los entrevistados. Este método expresa su confiabilidad a modo de instrumento con la comprobación de la veracidad de sus resultados mediante su repetición demostrativa. ([Ver A-03 Anexo Formato de Cuestionario](#))

#### *Objetivo:*

El cuestionario se utilizó como complemento e incorporación de datos, para comprobar la sensación térmica por los usuarios de las oficinas del nivel 8 y niveles superiores, con el fin de tener un margen de comparación.

### 2.2.6 Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos es una metodología estadística aplicada que permite comprender, identificar y cuantificar el funcionamiento de un medio, en donde se pretende analizar propiedades que lo alteran. En dicha técnica se aplican herramientas estadísticas y variables.

#### *Objetivo:*

El propósito de esta metodología fue aplicar diversos ensayos mediante sensores de variable climática para monitorear características climáticas interiores y exteriores, como lo es temperatura y humedad que permitió comprobar la sensación térmica que indican los usuarios y recabar información. Además, se realizaron varios ejercicios que aportaron a la propuesta de solución.

### 2.2.7 Software aplicado

Software aplicado refiere a un sistema computarizado que ejecuta variables para realizar actividades específicas. En donde, mediante la obtención de datos y el análisis de factores de confort térmico se seleccionó como programa fundamental *Design Builder* hacia el estudio de la edificación y solución al inconfort térmico. Así mismo, se utilizaron otros softwares de soporte. A continuación, se describen cada uno de los programas utilizados:

#### *Design Builder*

Módulo de simulación que permite realizar un análisis energético y medio ambiental. El programa posibilita calcular demandas de consumos energéticos, emisiones de carbono, evaluar estrategias de climatización pasiva, evaluar sistemas de HVAC, entre otras características de desempeño en el entorno y de energía. (*Soluciones Arquitectónicas y Urbanas Sustentables, 2018*).

#### *Objetivo:*

Para el presente trabajo, como se comentó con anterioridad, se seleccionó el programa para analizar datos obtenidos y el funcionamiento general del edificio y simular diversas propuestas de solución.

#### *Revit y AutoCAD*

Revit y AutoCAD son software BIM que permiten diseñar y crear edificaciones e infraestructuras a trabajos arquitectónicos, construcción e ingeniería. (*Autodesk, Inc., 2021*).

#### *Objetivo:*

Los programas se emplearon para el levantamiento arquitectónico del caso concreto a intervenir y analizar su proyecto ejecutivo, como lo son materiales y dimensiones.

### *Flow Design*

Dicho programa es parte de los programas de Autodesk, en donde su principal función es “simular el flujo de aire alrededor de conceptos de diseño para probar ideas en las primeras fases del ciclo de desarrollo” (Autodesk CT solutions, 2022).

#### Objetivo:

Flow Design se utilizó para simular y analizar vientos del caso concreto a intervenir.

### *Climate consultant*

*Climate consultant* es un programa gratuito que permite analizar diversos factores climáticos de un lugar determinado, en donde funciona mediante archivo de información “EnergyPlus Weather Data Form (EPW)”. (Inform Technologies, Inc., 2022)

#### Objetivo:

Visualizar características ambientales y estrategias bioclimáticas aplicables en la región del caso estudio.

## 2.3 Definición de Variables, indicadores y Muestras

---

Dentro de las variables e indicadores principales se encuentran tres categorías principales: confort térmico, energía y eficiencia energética. A continuación, se definen los que fueron utilizados:

### 2.3.1 Confort térmico

El análisis bioclimático se debería considerar como punto de partida para toda edificación. Navarro (2020) cita a Fuentes Freixanet para expresar que el clima define la forma, orientación y materiales constructivos de un diseño arquitectónico, de modo que un estado de confort dentro de un edificio va más allá de la simple ausencia o permanencia de determinados estados climáticos en el exterior y se centra principalmente en la percepción de los ocupantes al interior.

De acuerdo con Fuentes Freixanet (2004) el confort se determina como un “*galicismo que puede ser sustituido por el bienestar*”, así mismo expresa que corresponde al estado físico y mental donde el hombre manifiesta satisfacción con el medio ambiente circundante, el cual, se ve afectado por la percepción ambiental transitoria que está determinada por el estado de salud del individuo y otros factores.

A partir del concepto de confort, [Fuentes Freixanet](#) lo divide en varios tipos, donde el que se retoma en este trabajo es el siguiente:

*“[...] percepción del medio circundante que se da principalmente a través de la piel, aunque, en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente, los pulmones intervienen de manera muy importante.”* ([Fuentes, 2020, pág. 27](#))

Mundialmente las normas mayormente utilizadas para evaluaciones térmicas en interiores son ASHRAE 55 e ISO 7730, dichas disposiciones primero evalúan la sensación térmica que los *“usuarios perciben en tangente con la insatisfacción térmica que experimentan”*. Para la valoración de la relación térmica humana hacia el entorno próximo dentro de estas normativas se utiliza la ecuación de confort de *Fanger* 1970, en donde el índice analítico es el *“Voto medio previsto (PMV predicted mean vote)”*, con el *“Porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD predicted percentage dissatisfied)”*. ([Auliciems & Szokolay, 2017](#))

*“El PMV establece una tensión térmica basada en la transferencia de calor en estado estacionario entre el cuerpo y el ambiente, y asigna un voto de confort a esa cantidad de tensión. PPD es el porcentaje previsto de personas insatisfechas en cada PMV. Como el PMV cambia de cero a cualquier dirección positiva o negativa, el PPD incrementa.”* ([Chavez del Valle, 2002](#))

El índice del voto medio estimado (PMV) es una escala numérica de sensación térmica de siete valores ([Tabla 1](#)), mientras que el Porcentaje estimado de personas insatisfechas (PPD) es la relación de usuarios insatisfechos en el ambiente que se evalúa, donde las principales causas son el enfriamiento o calentamiento no deseado por el cuerpo del individuo.

**Tabla 1.**

Puntuación de porcentaje previsto de personas.

<b>Puntuación</b>	<b>Sensación térmica</b>
3	Muy cálido
2	Cálido
1	Ligeramente cálido
0	Neutral
-1	Ligeramente frío
-2	Frío
-3	Muy frío

*Nota.* Modificado de: (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc [ASHRAE], 2010)

Energy Intelligence (2017), en una de sus publicaciones, expresa que el confort térmico responde a variantes que el diseñador no tiene el control; temperatura del aire, en superficie, humedad, ropa, aislamientos térmicos, nivel de actividad y velocidad del viento. Con lo anteriormente mencionado se asevera que el confort es subjetivo; depende de cada individuo y no todos los usuarios estarán conformes con el clima que se presente dentro de la edificación, sin embargo, se puede lograr una zona neutral.

Del mismo modo, González (2007) en su investigación enuncia que “*el confort térmico representa un punto en escala térmica*”, lo que conlleva un rango de temperatura en la que el individuo manifiesta satisfacción térmica con el ambiente. Así, para delimitar y/o conocer el rango de confort térmico o temperatura neutra, varios autores, como es el caso de González han utilizado la fórmula de Auliciems.

Así, Chávez del valle (2002) recurre al uso de la fórmula de Auliciems para contextualizar su tesis, en donde lo define como un modelo adaptativo que valora variaciones en el clima exterior para determinar las preferencias térmicas en el interior. A causa de, Chávez concluye que la temperatura neutra es válida entre 18 °C y 28°C y se obtiene mediante la siguiente calculo:

$$\mathbf{T_n = 17.6 + 0.31 T_m}$$

$$\mathbf{Z_c = T_n \pm 2.5 \text{ } ^\circ\text{C.}}$$

Donde:

$T_n$  = Temperatura Neutra |  $T_m$  = Temperatura media anual o mensual |  $Z_c$  = Zona de Confort

Por consiguiente, para la solución del modelo adaptativo de Auliciems, [González \(2007\)](#) utiliza datos meteorológicos de la *Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]* para recabar información necesaria y determinar la temperatura neutra de su proyecto; así mismo, utilizó equipos de monitoreo tipo HOBO para medir temperatura y humedad relativa de su caso estudio, donde con estas mediciones, facilitó la elaboración de gráficas para demostrar resultados.

Para concluir, el análisis bioclimático es fundamental para la valoración del diseño óptimo de una edificación; sin embargo, como lo es en el caso de estudio, aunque se contemple una investigación, las edificaciones existentes pueden presentar cuestiones no favorables que afecten al confort térmico interno. Uno de los elementos que se evalúa como causante de esto es el clima, un factor que sin duda afecta a Mexicali. En el estado del arte se contempló la revisión de modelos científicos para la determinación y conceptualización de confort térmico, donde, además se confirmó el uso de la fórmula de Auliciems para expresar la temperatura neutra y se retomaron ciertos gráficos para reflejar los resultados obtenidos.

### 2.3.2 Comportamiento térmico en la arquitectura

Al hablar de edificaciones y comportamiento térmico, [Arambu et al \(2012\)](#) en sus estudios consideran necesario analizar “variables y facetas”, en donde especifican que el medio exterior no dispone la calidad ambiental necesaria para realizar actividades dentro de la edificación, de manera que el proyecto o envolvente arquitectónica es la que limita y dota condiciones ambientales de confort requeridas. Al tener como limitante la envolvente se hacen claros dos factores: características interiores o zona de confort y exteriores, para dichos autores el interior tiene que *“dotar condiciones de temperatura y humedad para realizar las actividades predeterminadas para el espacio”* y *“la temperatura debe variar entre los 20 y 25 grados, así como humedad relativa entre un 40% y 60%”* (2012).

Las condiciones exteriores corresponden al análisis geográfico de la región, lo que proporciona factores adecuados para el desarrollo de la edificación. Al tener variables interiores y externas se genera un intercambio de energía térmica, dicho trasvase de energía, según [Arambu et al.](#), es lo

que afecta en el interior, en donde en climas fríos se pierde y en cálidos se gana energía. Al analizar estas ganancias o pérdidas debe estabilizarse con equipos externos para lograr que establezca el interior y logre un confort.

### 2.3.3 Energía

El concepto de energía se retoma desde el punto de vista la *Comisión Nacional de Fomento a la vivienda [CONAFOVI]*.

*“La energía es una fuente básica para el bienestar humano, y el acceso a las diversas fuentes de energía es fundamental para combatir la pobreza, además de ser una de las actividades económicas más importantes de México y la principal fuente del ingreso público.” (2006)*

### 2.3.4 Eficiencia Energética

*Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013, Edificación sustentable-Criterios y Requerimientos ambientales mínimos* define a la eficiencia energética como:

*“Todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Queda incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía.” (2013, pág. 12)*

Para la evaluación del consumo energético actual del caso de estudio del presente trabajo se utilizó el *Índice de consumo de energía eléctrica [ICEE]*. El departamento de investigación y desarrollo del *Instituto de ingeniería de la Universidad Autónoma de México [UNAM]* define el *ICEE*, en su libro *Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México* como:

*“La forma más precisa de determinar el nivel de consumo de energía eléctrica de un edificio es a través de calcular kWh/m<sup>2</sup> -año; es decir, el uso anual de energía por área. Esta medida es comúnmente usada para evaluar y comparar la eficiencia energética de los edificios. En este trabajo se calcula el ICEE general del edificio y de cada uno de los ICEE por uso final de la energía. Después de analizar cada*

uno de los levantamientos se calcula el Índice de Consumo de Energía Eléctrica de la siguiente manera (2015):”

$$\text{ICEE general: } \frac{\text{Consumo anual del edificio (KWh)}}{\text{Área construida (m}^2\text{)}}$$

Para el análisis del ICEE se utilizó el rango del Índice Máximo de Consumo de Energía eléctrica [IMCEE] en inmuebles de usos de oficinas expuesto en el Diario Oficial de la Federación [DOF] del 14/01/2010, Protocolo de actividades para la implementación de acciones de eficiencia energética en inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones de la Administración Pública federal (2010). El documento se clasifica el IMCEE en tres regiones: Norte, Centro y Sur; donde Baja California es región Norte. El rango utilizado en este trabajo fue el de inmuebles con aire acondicionado: 160 kWh/m<sup>2</sup>-año, como se expresa en la siguiente tabla del DOF:

**Figura 2.** Índice máximo de consumo de energía eléctrica [IMCEE] en inmuebles de uso de oficinas.

**13.1.4 Metas de ahorro para inmuebles de uso de oficina**  
 Los inmuebles deberán cumplir con los Índices Máximos de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE) establecidos en la Tabla 1.  
 Los inmuebles que alcancen esos índices energéticos deben realizar acciones para mantenerlos o reducirlos.

**Tabla 1. Índice Máximo de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE) en inmuebles de uso de oficinas**

Región	IMCEE (kWh/m <sup>2</sup> -año)	
	Inmuebles con aire acondicionado	Inmuebles sin aire acondicionado
Norte	160	60
Centro	100	60
Sur	190	60

Para estos efectos, se han definido tres regiones, que comprenden a las 32 entidades federativas, como a continuación se describe:  
**Región Norte:** Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas.

Fuente: (Diario oficial de la federación [DOF], 2021)

La Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía [CONUEE], en el documento: “Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector de servicios”, expresa que el Índice de Consumo de Energía Eléctrica [ICEE] empleado por edificios de oficinas en región climática árida; cálido seco, a la cual pertenece Mexicali expuesto en regionalización utilizada por Comisión Federal de Electricidad [CFE], es de 167.80 kWh/m<sup>2</sup>-año. (Secretaría de energía [SENER], 2019)

### 2.3.5 Puente térmico.

Un puente térmico hace referencia a secciones perceptibles de la edificación en donde se acentúan las pérdidas de energía y la posibilidad de generar condensaciones superficiales en temperaturas bajas. Burrell cita:

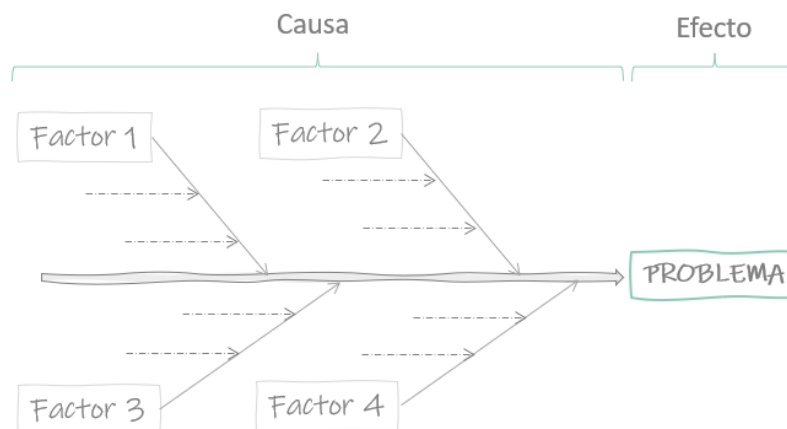
*“Un puente térmico es un elemento o ubicación con menos aislamiento, o rendimiento de aislamiento reducido, en relación con las áreas adyacentes de la envolvente térmica. Esto significa que el elemento o la ubicación proporciona un camino de menor resistencia (un "puente") para que el calor se mueva a través de la envolvente del edificio. En climas fríos, esto significa que se perderá calor adicional a través de estas ubicaciones específicas. En climas cálidos, un puente térmico permitirá que el calor adicional no deseado pase a través de la envolvente térmica hacia el interior del edificio.” (2015)*

## 2.4 Diseño de Instrumentos y pruebas

### 2.4.1 Diagramas

Uno de los instrumentos que se utilizaron, como se hizo mención con anterioridad, es el diagrama de Ishikawa, lo que permitió encontrar causas y efecto de la problemática que presentan los usuarios. A continuación, se muestra el bosquejo del gráfico utilizado:

**Figura 3.** Adaptación propia de diagrama de Ishikawa



Elaboración propia con información de: (Emerald works , n.f.)

### 2.4.2 Revisión Documental

En el desarrollo y evaluación se analizaron los datos proporcionados por colaboradores del caso de estudio, como lo fueron variables, proceso de ejecución de proyecto y recibos de CFE. Un punto clave dentro de la revisión documental fue los parámetros LEED propuestos, ya que, las variables presentadas en el modelado energético y la información expuesta en el “*plan commissioning*” sirvió para la toma de decisión del software aplicado. Los puntos de referencia en de los documentos LEED fueron el *Performance Rating Table-PRM* y en el apartado de eficiencia energética, donde la información utilizada fue: el total de consumo previsto de la superficie de la edificación, área de estacionamiento, sistema de aire acondicionado y calefacción.

Una vez obtenida esta información se comparó los recibos de CFE y los metros cuadrados que se investigan, en este caso el nivel 8. A continuación se enlistan los factores que fueron requeridos y fórmulas utilizadas:

- Superficie (Space Summary)
- kWh/m<sup>2</sup>- año propuestos
- Área acondicionada sin estacionamiento
- Estacionamiento
- M<sup>2</sup> del nivel 8
- Electricidad y costo propuestos por LEED
- Electricidad y costo por CFE

Fórmulas:

- ICEE: Consumo anual del edificio (KWh)/Área construida (m<sup>2</sup>)
- Costo de energía utilizado en LEED: Electricidad / Costo
- kWh/m<sup>2</sup> al año del nivel 8: Promedio de facturación CFE nivel 8 (kWh/m<sup>2</sup> al año) / Metros cuadrados de nivel 8 (M<sup>2</sup>)

### 2.4.3 Cuestionarios

En el cuestionario que se realizó se integraron preguntas que soportaron la evaluación del confort térmico según los requerimientos de *Bioclimarq 2016*. Dichas variables responden a la escala numérica PMV de Fanger y valores de coeficiente de arropamiento de *ANSI ASRAE 55:2010*. Se realizaron dos cuestionarios: uno para el nivel 8 donde se expresa la problemática principal y otro

para el nivel 9 y 11, con fin de tener parámetros de comparación. El formato se puede apreciar en el [A-03 Anexo Formato de Cuestionario](#).

#### 2.4.4 Monitoreo

Para evaluar y recabar información de temperatura, tanto interior como exterior, se hizo un monitoreo por un año mediante sensores térmicos inteligentes de temperatura y humedad relativa con rangos amplios, marca ONSET HOBO. Se contó con 4 equipos que fueron colocados estratégicamente durante el año monitoreado.

#### 2.4.5 Observación Directa

A continuación, se presenta el formato de apoyo para Observación directa:

##### ***Foco 1 Características Ambientales de la región.***

##### **Observable 2.1 Características ambientales de la región.**

- Factores abióticos
- Luz solar (radiación, trayectoria), capturar como se proyecta en terraza.
- Vientos
- Temperatura

##### ***Foco 2 Características Físicas-Arquitectónicas.***

##### **Observable 1.1 Levantamiento.**

- Ubicación
- Orientación
- Distribución de áreas

##### **Observable 1.2 Zonificación y metros cuadrados de construcción.**

- Áreas de oficina y terraza
- Oficinas
- Servicios (exterior e interior)
- Cafetería
- Salas de usos múltiples
- Área de asador
- Vegetación existente

##### **Observable 1.3 Sistemas e ingenieras existentes**

- Sistema de Aire acondicionado

- Sistema de calefacción
- Sistema de extracción

#### **Observable 1.4 Diseño y materiales**

- Sistema constructivo
- Ventanas
- Tecnología aplicada
- Aislamiento Térmico

#### **Lugar y ubicación de la observación:**

#### **Fecha de Actividad:**

Se pretende acudir al edificio una vez por mes para recabar información y valoración de sistemas implementados. Por temas de pandemia actual ante el Covid-19 queda a disposición y protocolos del Edificio en cuestión los días en que se permitirá el acceso.

#### **Lugar y ubicación de la observación:**

- Cámara fotográfica
- Libreta y bolígrafo para apuntes

**Responsable de la actividad:** \_\_\_\_\_

### **2.5 Procesamiento y análisis de información**

---

Se consideró un punto clave el recabar información de la edificación para la selección del software, así mismo, el obtener datos sobre el desarrollo de construcción, con base en la certificación *LEED v4 BD+C: Core and Shell*. La exposición de este capítulo partió de recabar toda la información posible existente mediante fichaje, con una organizada catalogación de datos, tanto del caso de estudio como de la ciudad de Mexicali.

## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS CLIMÁTICO S Y DATOS ESPECÍFICOS.

---

*Características fisco-arquitectónicas*

### 3.1 Introducción

---

La búsqueda de información de diversas características del entorno y el caso de estudio fue parte de este capítulo. El apartado fue el primer acercamiento hacia el clima de la ciudad y características particulares que, a su vez, permitió el análisis del comportamiento de la edificación en el contexto. Además de un levantamiento físico-arquitectónico y conocimiento de las problemáticas del caso de estudio. Al finalizar, se presenta un extracto de varias entrevistas a expertos que fueron parte fundamental del desarrollo de dicho trabajo. En adición se presentan los primeros diagramas que expresan un orden de ideas de las posibles causas al problema.

### 3.2 Perfil climático.

---

A continuación, se muestran diversas características climáticas de la ciudad de Mexicali, Baja California:

#### 3.2.1 Cave climática

La asignación de clave climática se realizó conforme al *Sistema Köppen* modificado por Enriqueta García en 1964. De acuerdo con [Lacomba \(1991\)](#) la clave climática para Mexicali, Baja California es “*Bw (árido)*”, donde define al caso como un “*típico clima extremoso seco, con temperaturas diurnas muy altas y nocturnas incómodas y humedad relativa media, considerada baja pero soportables*” (pág. 249). Así mismo, con base ase al archivo Excel de ([García](#)) se obtuvo que es “*BW(h)hs(e)*, muy seco extremoso de *KOPPEN-GARCIA*”.

#### 3.2.2 Datos climáticos categorizando

A continuación, se muestran los datos climatológicos de Mexicali; temperatura, radiación solar, nublados, velocidad del viento, gráfico de protección solar, humedad relativa. La información se recopiló del programa *Climate Consultat* donde el archivo base es el Formato de *EnergyPlus Weather [EPW]* de *Mexicali-Taboada 2007-2021* recuperado de [Climate Onebuilding \(2022\)](#).

La ciudad de Mexicali se ubica al norte de México en el estado de Baja california, la cual se caracteriza por veranos tórridos y áridos, inviernos frescos y secos y está mayormente despejado todo el año, donde las temperaturas generalmente varían entre los 6°C a 44 °C. La percepción de humedad tiene variaciones considerables; el periodo más húmedo es de junio a septiembre y es considerado “*bochornoso, opresivo o insoportable*” con vientos variables estacionales de leve

intensidad y poca frecuencia y de marzo a junio se evalúa como el más ventoso (Cedar Lake Ventures, Inc.).

En la figura 4 se aprecia un resumen metodológico mensual de Mexicali, con promedios, máximos y mínimos, en donde se clasifican por hora, día y mensualmente.

**Figura 4.** Resumen de datos meteorológicos.

WEATHER DATA SUMMARY													<b>LOCATION:</b> Mexicali-Taboada.Intl.AP, BCN, MEX <b>Latitude/Longitude:</b> 32.631° North, 115.242° West, Time Zone from Greenwich -8 <b>Data Source:</b> SRC-TMYx 760053 WMO Station Number, Elevation 22 m	
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	370	442	526	596	602	609	559	534	513	472	381	343	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	648	682	712	755	712	730	630	640	660	713	624	610	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	84	89	96	94	104	93	112	98	93	82	85	84	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	687	819	939	1029	1059	1058	1043	984	938	846	794	609	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	969	966	982	988	978	955	942	930	934	943	942	937	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Max Hourly)	272	274	389	422	432	197	434	273	276	245	275	290	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	3744	4768	6234	7662	8260	8602	7777	7038	6256	5271	3942	3394	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	6553	7347	8426	9695	9757	10309	8779	8425	8044	7945	6447	6035	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	849	962	1141	1216	1439	1318	1559	1294	1147	923	880	834	Wh/sq.m	
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	39627	47027	56075	62129	62353	63346	58803	57458	56509	50195	40247	36397	lux	
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	66399	68399	71980	73633	67152	68429	58429	60986	66952	71938	61970	61091	lux	
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	14	14	19	22	26	31	33	33	31	25	19	12	degrees C	
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	4	5	8	1	0	7	10	15	17	5	1	-1	degrees C	
Relative Humidity (Avg Monthly)	54	56	51	29	22	27	29	40	45	32	33	44	percent	
Wind Direction (Monthly Mode)	330	300	330	300	300	140	140	150	180	310	300	320	degrees	
Wind Speed (Avg Monthly)	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	m/s	
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	16	17	19	21	26	29	30	29	27	23	20	17	degrees C	

Elaboración propia con información de: Society of building Science Educators (2021)

Con dicha ilustración se generó la Tabla 2 con datos mínimos y máximos para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 2.**

Promedios mensuales de datos climatológicos representativos.

Promedios mensuales de datos climatológicos representativos		
Parámetros	Mínimo	Máximo
<b>Temperatura de bulbo seco</b>	Diciembre (12°C)	Julio-Agosto (33°C)
<b>Punto de rocío</b>	Diciembre (-1 °C)	Septiembre (17°C)
<b>Humedad relativa</b>	Mayo (22%)	Febrero (56%)
<b>Dirección del viento</b>	Junio-Julio (140°)	Enero y Marzo (330°)

*Nota.* Elaboración propia con información de: Society of building Science Educators (2021)

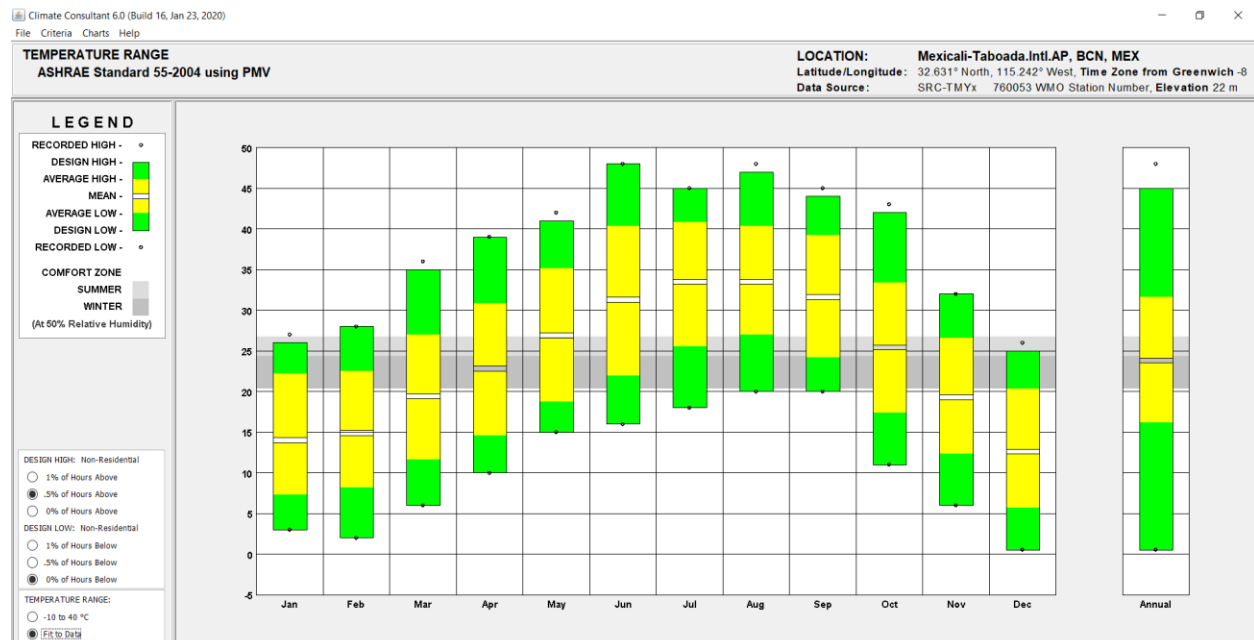
### 3.2.2.1 Temperatura

La temperatura se basa conforme al *ASHRAE Standard-2004 55* -mencionado con anterioridad- el cual considera el *voto medio previsto [PMV]* de Fanger, que especifica:

“...un rango de confort para invierno de 24°C como límite superior y 20.5°C como límite inferior y para verano 27°C como límite superior y un límite inferior de 24°C.” (Pérez, 2019)

En la **Figura 5** se aprecian rangos y promedios del archivo EPW donde se encuentran temperaturas mensuales y anual extremas altas y bajas (un punto), las temperaturas más bajas y altas registradas (color verde), temperaturas altas y bajas promedio (color amarillo) y una línea central (blanca) indica la temperatura promedio. Así mismo, el color gris claro indica la zona de confort en verano y gris fuerte la zona de confort en invierno.

**Figura 5.** Rangos de temperatura.



Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

La gráfica refleja que anualmente la temperatura media es de 24°C con una máxima de 45°C y mínima de 1°C, en donde se registró una temperatura récord de 48°C.

En primavera (marzo, abril y mayo) en temperaturas promedio, registran promedios fuera de la zona de confort conforme al límite de verano, mientras que el mes de abril la zona de confort de invierno se mantiene dentro con 22°C. En verano (junio, julio y agosto) las temperaturas promedio

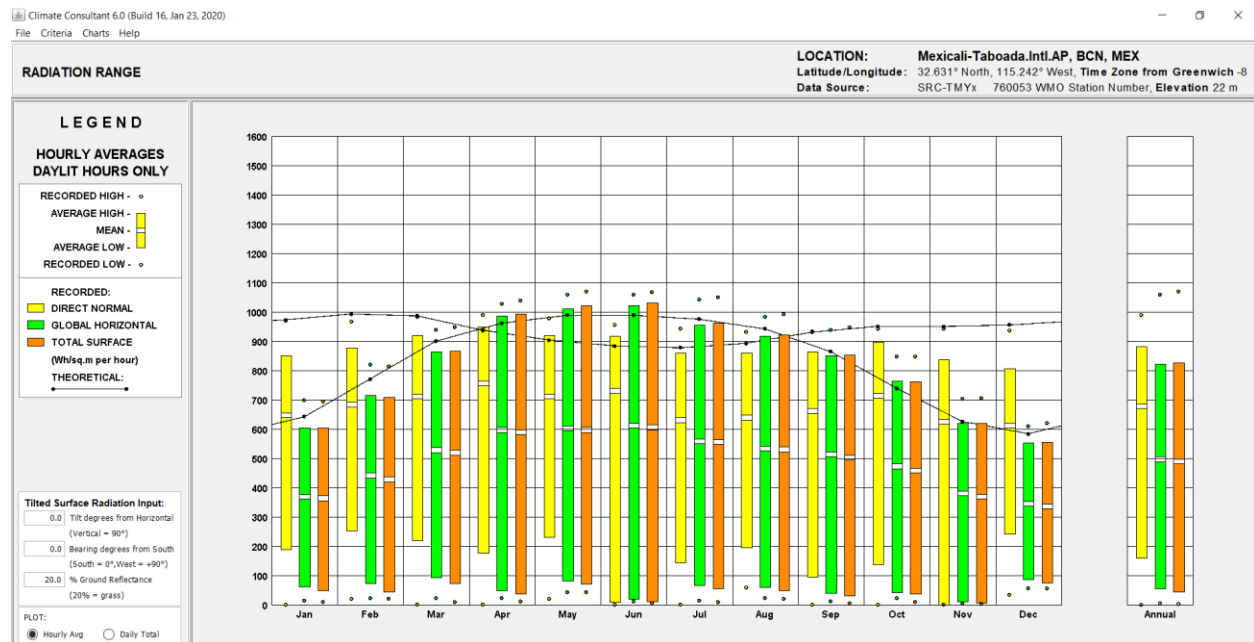
exceden la zona de confort con rangos de 31°C a 34°C, lo que los posiciona como los más altos en temperatura.

Conforme a otoño (septiembre, octubre y noviembre) la temperatura promedio en la zona de confort de invierno de septiembre sobrepasa mensualmente el rango con 31°C, mientras que octubre el promedio se excede ligeramente con 26°C. Noviembre está por debajo de la dentro de la zona de confort. Finalmente, invierno (diciembre, enero y febrero) los meses presentan temperaturas promedio fuera de limite que oscilan entre 13 °C y 15 °C y bajas de hasta 1°C. Lo que en general contempla veranos áridos e inviernos muy fríos con promedios fuera de rango. Los meses de abril, mayo y octubre se podrían considerar cómodos.

### 3.2.2.2 Radiación solar.

La radiación (Figura 6) de *Climate Consultant* expresa datos promedios por hora de la radiación normal directa (color amarillo), radiación horizontal global (verde) y radiación de superficie inclinada (color naranja), mensual y anualmente. En adición, se puede apreciar horas máximas mensualmente de las radiaciones directas y global en la línea negra continua y los niveles máximos y mínimos promedio con un punto.

**Figura 6.** Rango de radiación superficie horizontal.

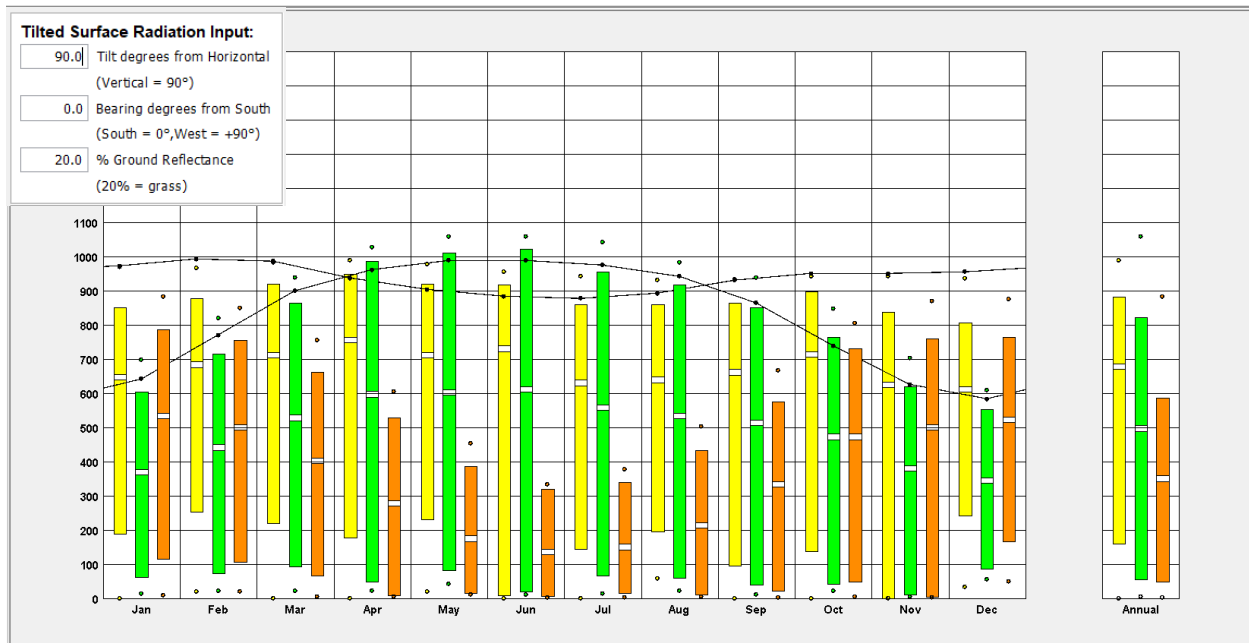


Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

Dicha gráfica permite observar que orientación se ve más afectada por radiación solar, así como techos, piso y muros, lo que otorga un punto de partida para proporcionar la protección o estrategia óptima para evitar radiación inmediata. Refleja que la radiación promedio mensual normal directa total tiene variaciones extremas que van de 500 a 690 Wh/m<sup>2</sup>.

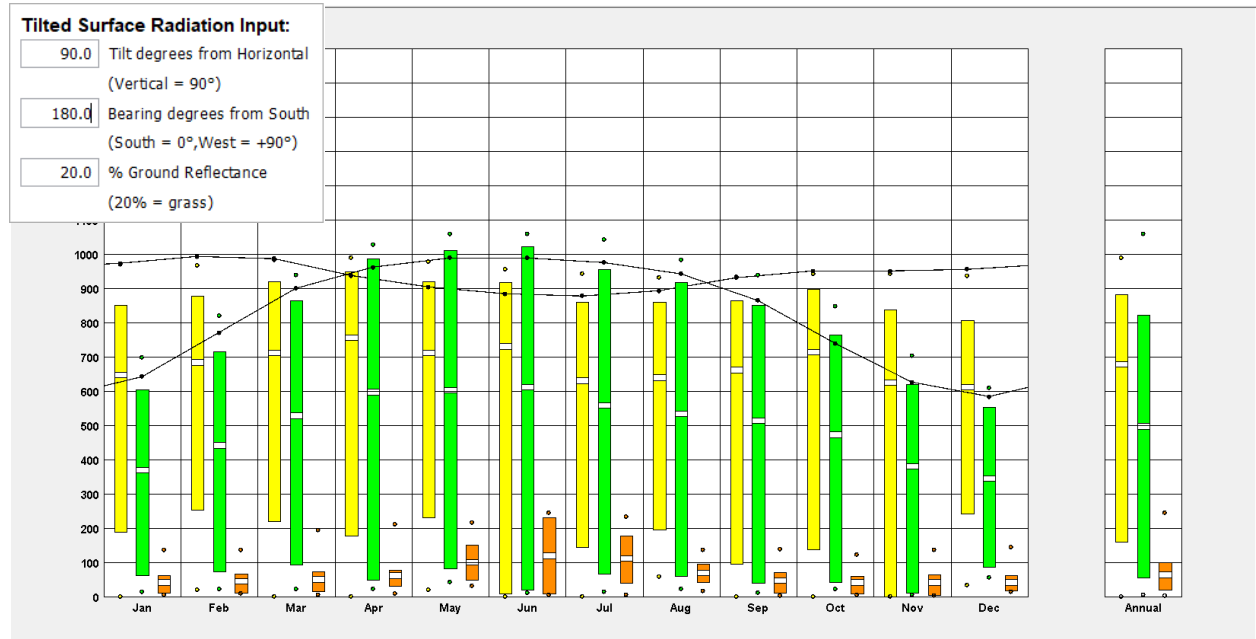
Para la valoración de radiación en techo y muros por orientación se utiliza el cuadro de “radiación de superficie inclinada” (Tilted Surface Radiation) donde se exponen tres barras de colores correspondientes a radiación solar directa, difusa y reflejada que recibe cada elemento durante 60 min. Para la correcta interpretación, las rotaciones o inclinaciones se miden desde un nivel horizontal (tilt degrees from horizontal) y se giran en grados según la posición deseada, en este caso un plano o techo es de 0° y un componente vertical o muro es de 90°. En cuanto a la orientación, también se refleja en grados, donde: 0° es sur, norte es 180°, oeste es +90° y este -90°. A continuación, en las Figura 7, 8, 9 y 10, se muestran la radiación de área inclinada por hora promedio en superficies verticales por su orientación:

**Figura 7.** Rango de radiación superficie vertical sur.



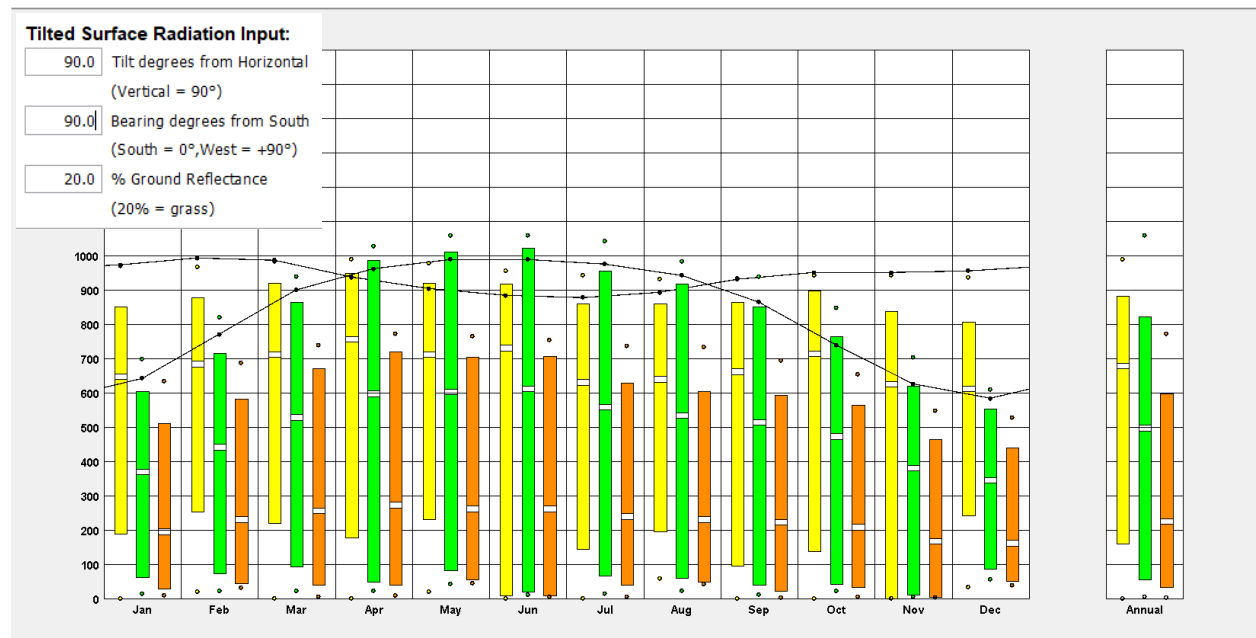
Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

Figura 8. Rango de radiación superficie vertical norte.



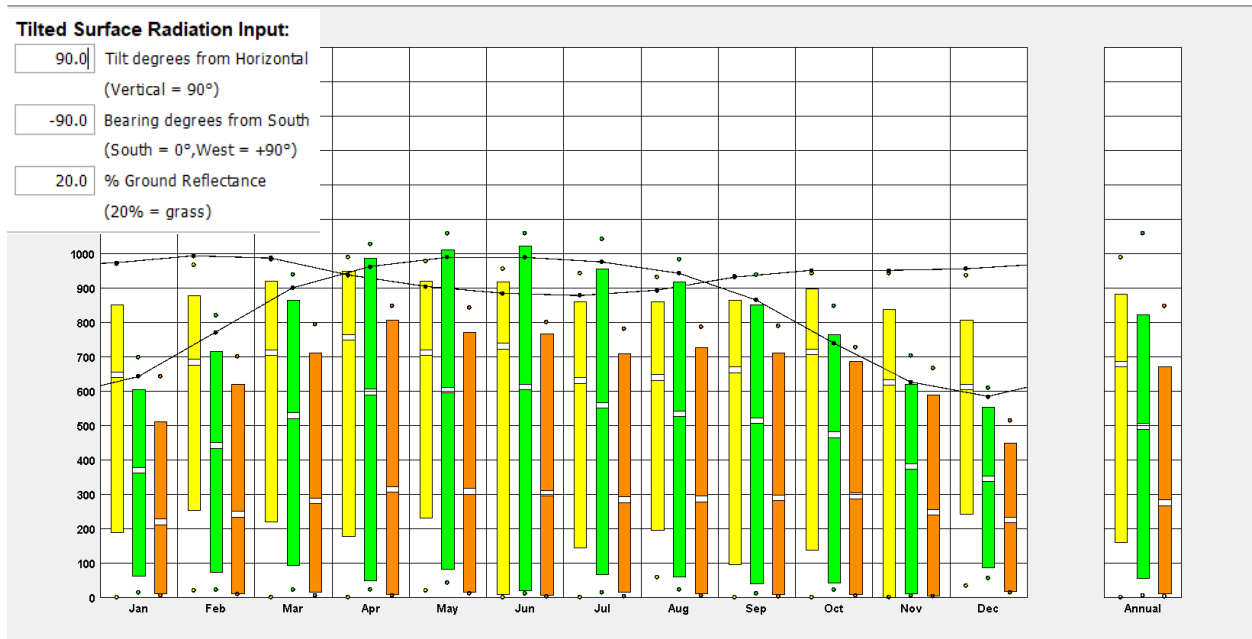
Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

Figura 9. Rango de radiación superficie vertical oeste.



Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

Figura 10. Rango de radiación superficie vertical este.



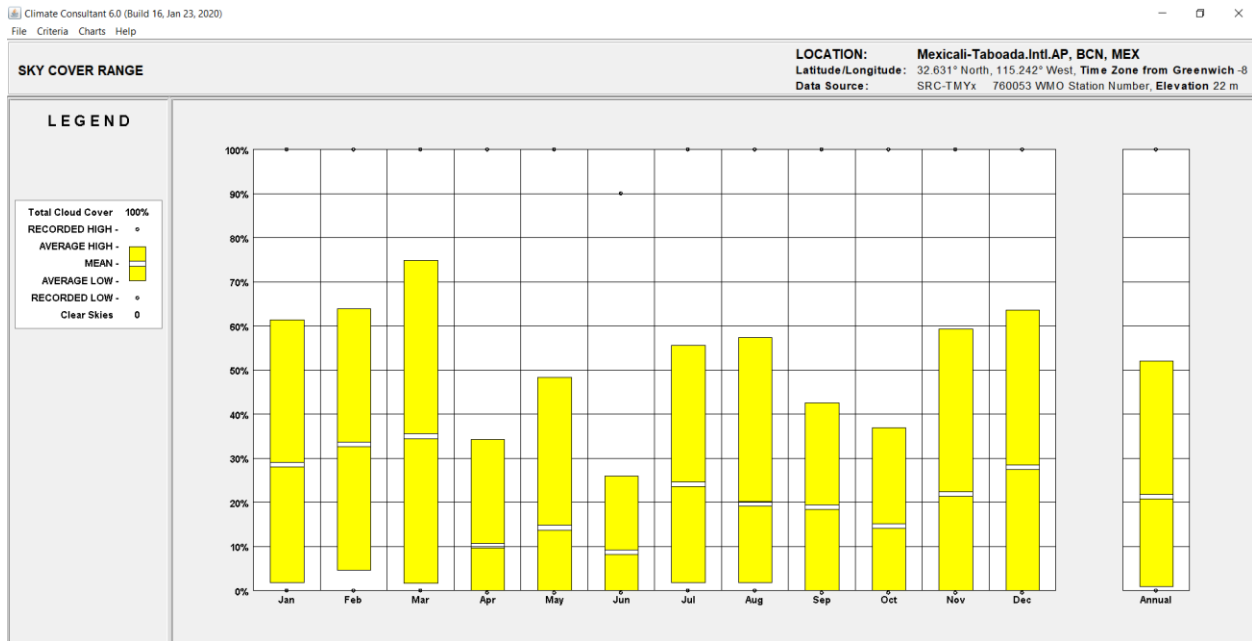
Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

Al comparar los rangos anuales de radiación (color naranja) en superficies horizontal y verticales, el techo es la que recibe mayor radiación, seguido del muro oeste, este, sur y, por último, norte.

### 3.2.2.3 Nublados

Como se comentó con anterioridad, la ciudad de Mexicali cuenta con un porcentaje bajo en nublados; la [Figura 11](#) refleja un promedio anual 21%, con un máximo de 32% en mayo y mínimo de 8% en junio. Los meses mayormente despejados son de abril a octubre, mientras que de diciembre a marzo se consideran principalmente nublados. En media se tiene veranos despejados e inviernos parcialmente nublados.

**Figura 11.** Nublados

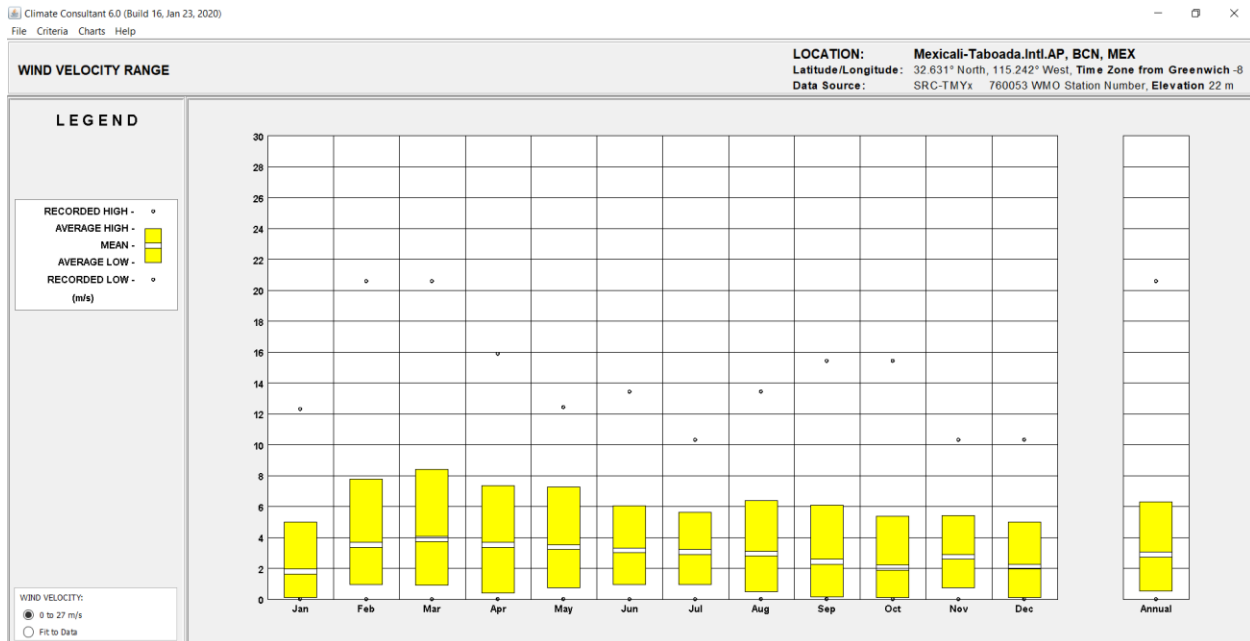


Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

### 3.2.2.4 Rango de velocidad del viento

En la Figura 12 se aprecian los vectores de velocidad de viento en metros sobre segundo (m/s), en promedio anual se mantiene en 3 m/s, un promedio máximo de 4 m/s con un máximo registrado de 21 m/s. Los meses más ventosos son de febrero a mayo.

Figura 12. Rango de velocidad del viento.



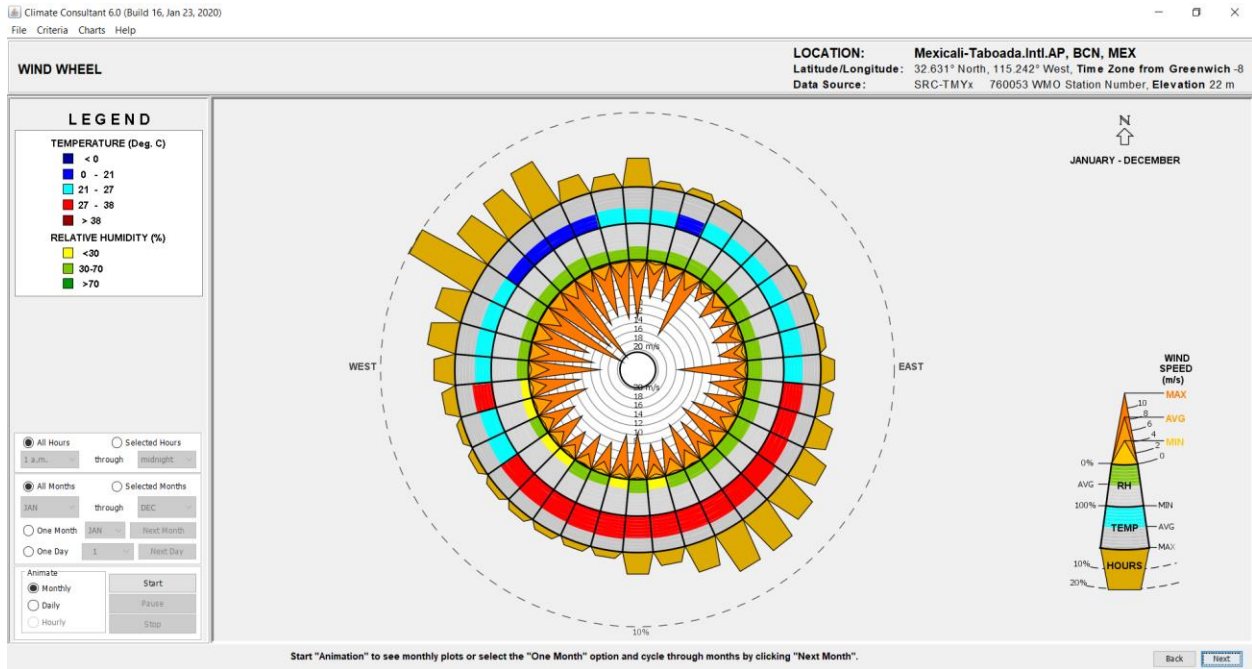
Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

### 3.2.2.5 Vientos predominantes (rosa del viento)

La grafica de vientos predominantes ejemplifica la temperatura de vientos con variación de color azul y rojo, humedad relativa (amarillo y verde) y frecuencia horaria de vientos en color naranja, con opción de visualizar un promedio anual, mensual o por día. En la Figura 13 se aprecia el comportamiento promedio de los vientos, en donde hay variaciones de temperatura calientes y frías muy marcadas; calientes (rojo) sureste y fríos (azul claro) norte, noreste y noroeste. La humedad relativa (verde) se presenta en general y velocidades máximas (naranja fuerte) en el noroeste y noreste.

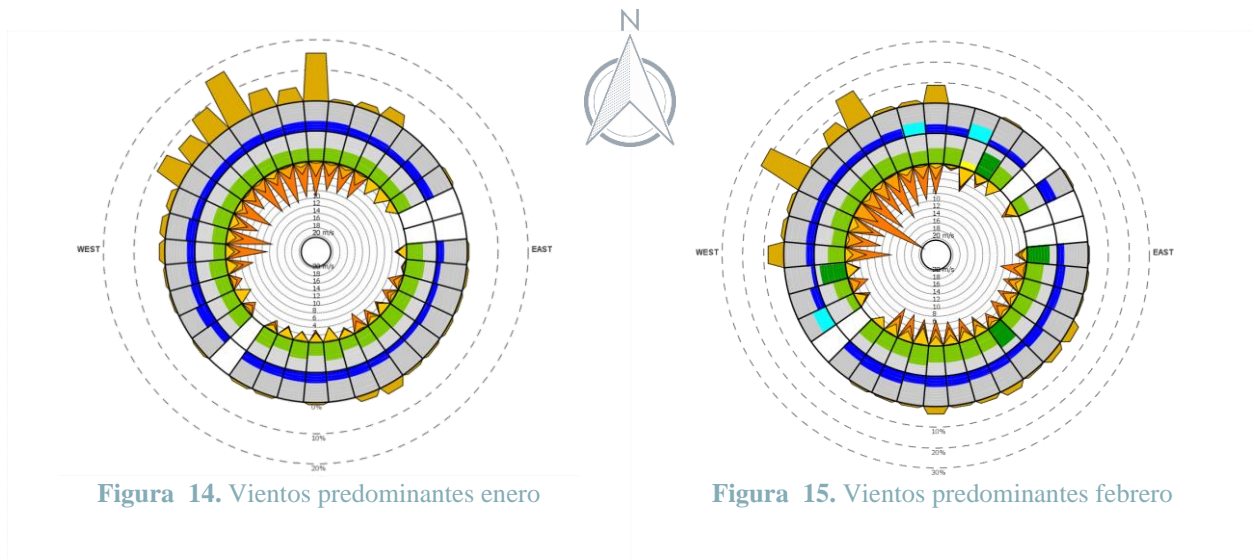
La frecuencia horaria se presenta más alta en el suroeste, lo que representa mayor asiduidad de vientos fríos con nivel medio de humedad en esta dirección. Cedar Lake Ventures, Inc. especifica que el viento con frecuencia superior proviene del oeste de febrero a noviembre y del norte de noviembre a febrero, con vientos considerables en enero. (2021)

**Figura 13.** Vientos predominantes promedio anual.



Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

A continuación, se muestran los vientos predominantes por mes:



Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

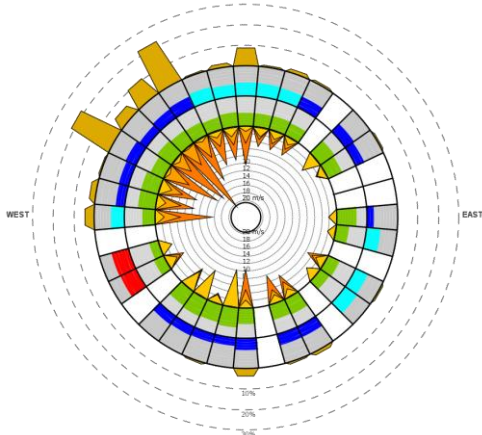


Figura 16. Vientos predominantes marzo

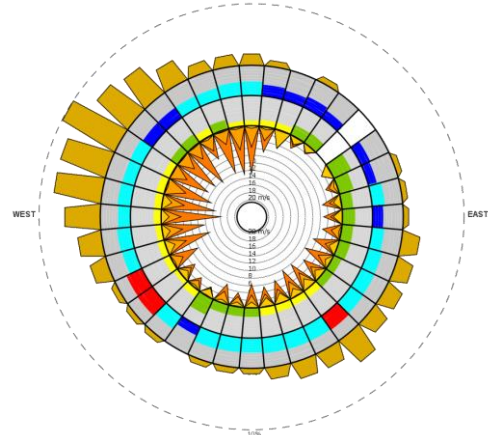


Figura 17. Vientos predominantes abril

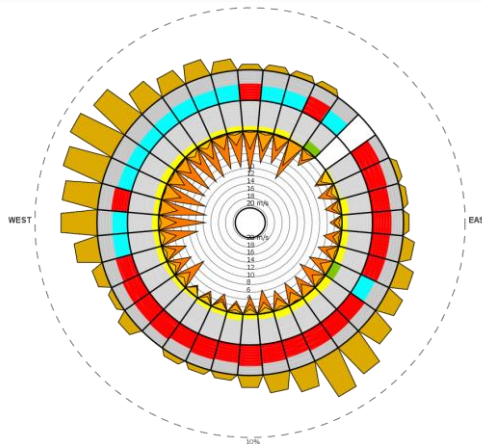


Figura 18. Vientos predominantes mayo

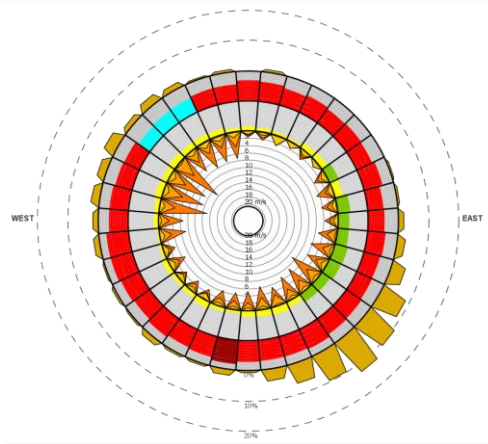


Figura 19. Vientos predominantes junio

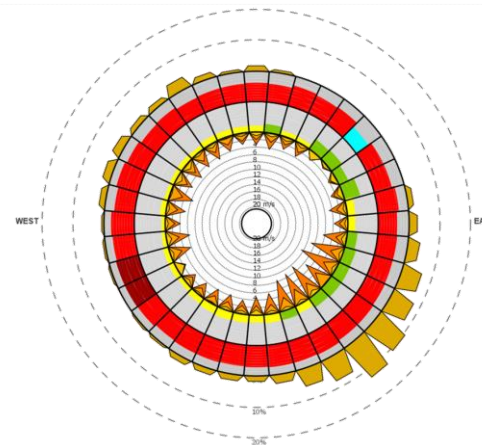


Figura 20. Vientos predominantes julio

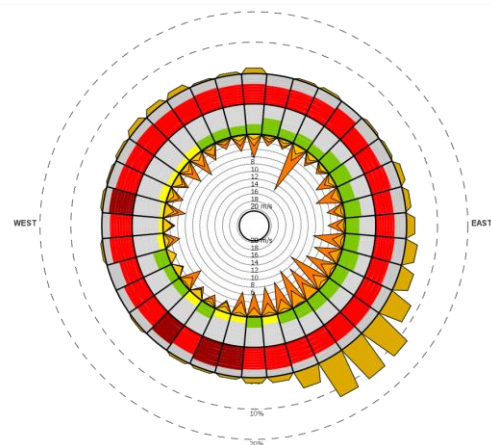
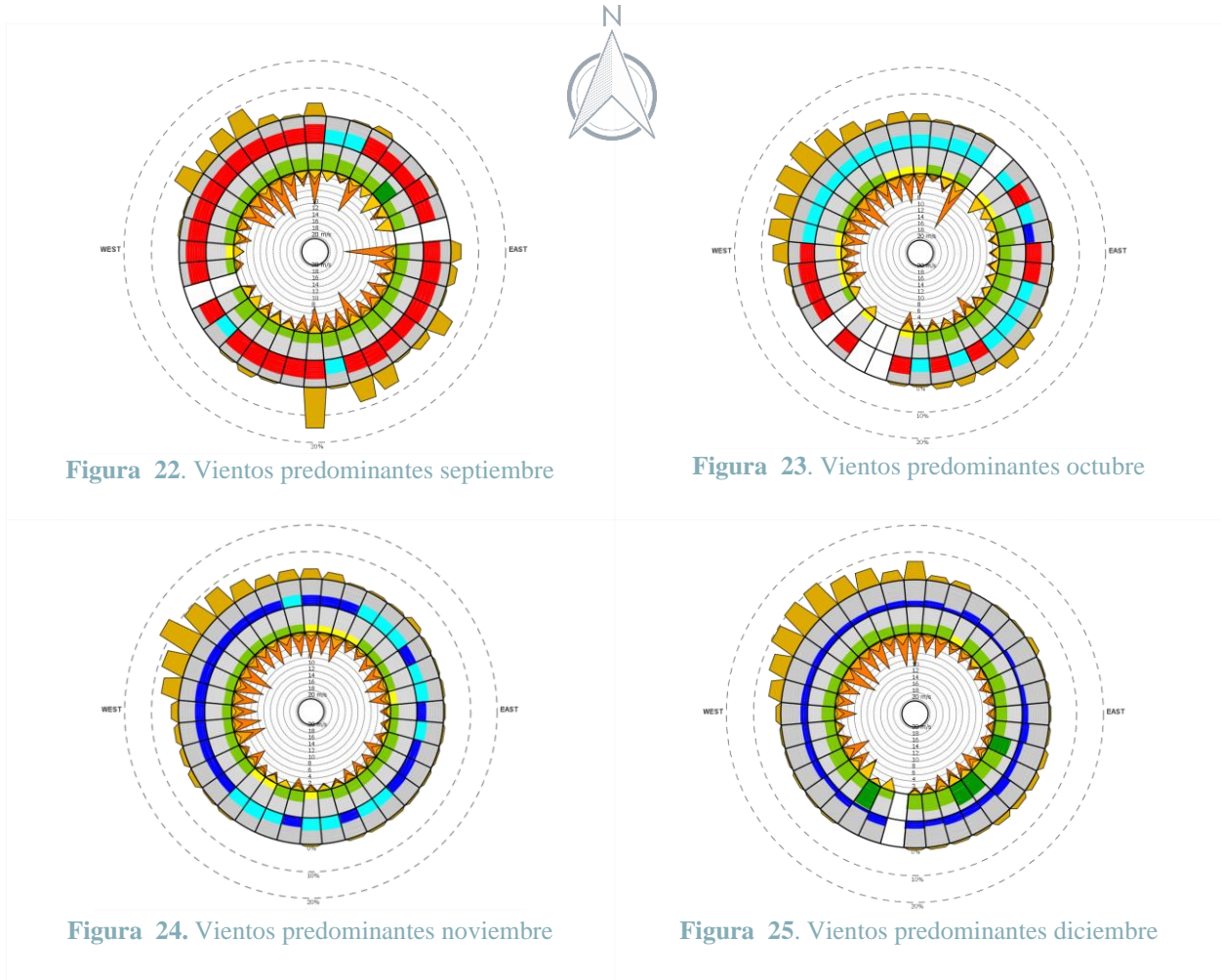


Figura 21. Vientos predominantes agosto

Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

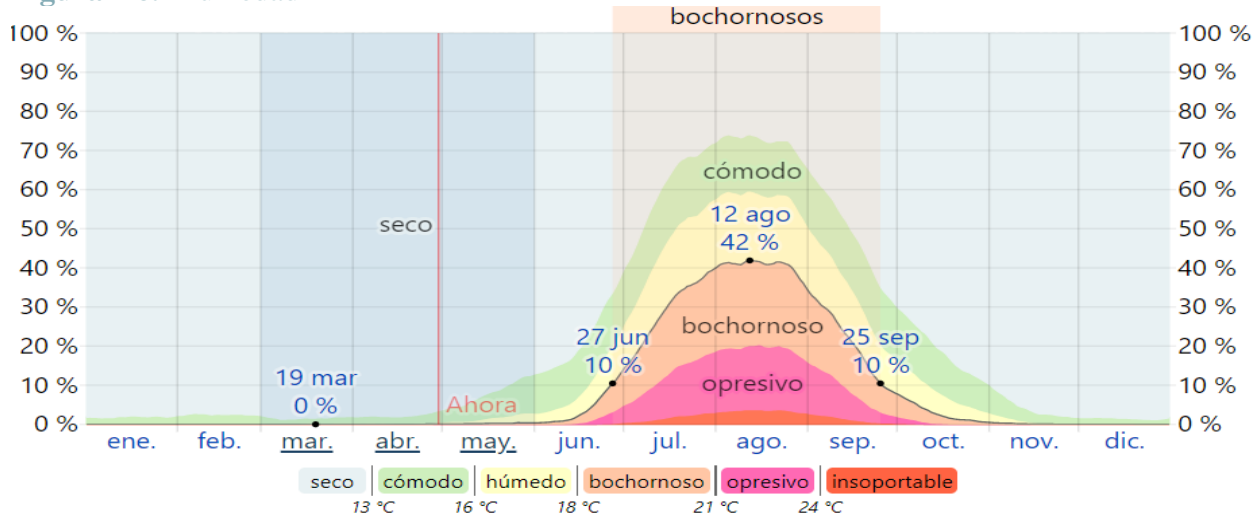


Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

### 3.2.2.6 Humedad

Como se refleja en la [Figura 26](#), en general la humedad percibida se presenta fuera de rangos de confort y varía considerablemente. Cedar Lake Ventures, Inc. considera veranos con percepción insoportable, en donde el mes más bochornoso es agosto.

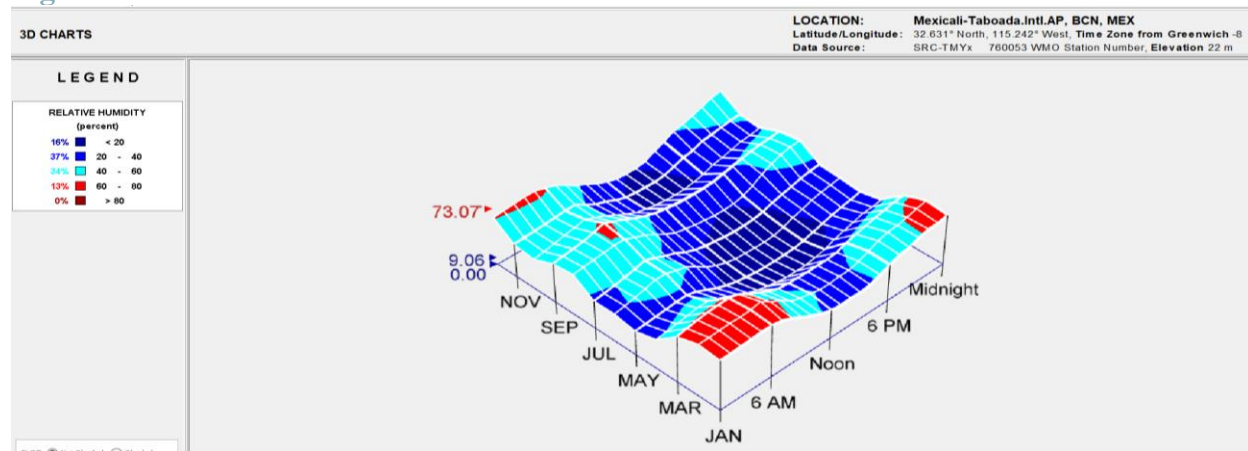
**Figura 26. Humedad**



Fuente: (Cedar Lake Ventures, Inc., 2021)

Con respecto a la humedad relativa percibida, según la [Figura 27](#) se puede observar que se presentan variaciones extremas, con rangos bajos y altos, donde en color rojo se aprecian los meses enero a marzo, tienen niveles de humedad muy incómodos por las mañanas y parte de la noche. De este modo, en general el resto de los meses se podrían considerar con percepción de humedad bochornosa-tolerable (azul claro 34% y azul medio 37%).

**Figura 27. Humedad**



Elaboración propia con información de: Society of building science educators (2021)

### 3.1 Instrumentos

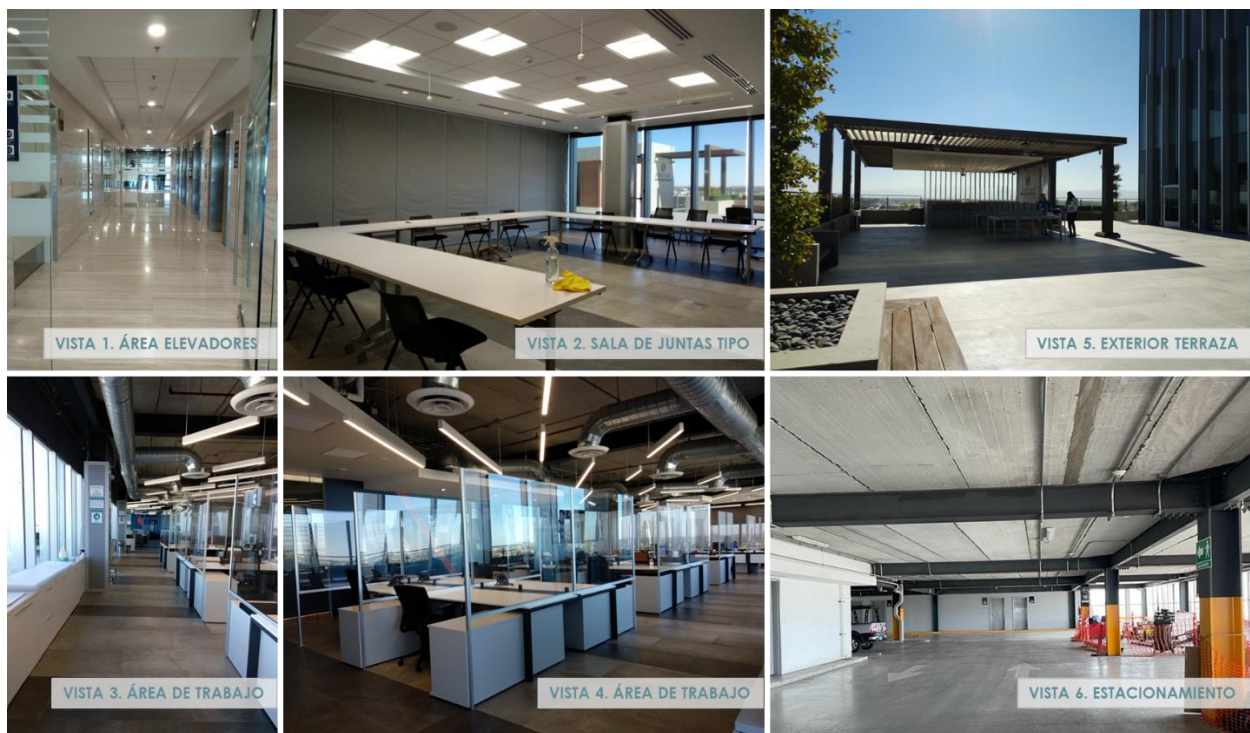
Los instrumentos utilizados, como se comentó con anterioridad, fueron observación directa, para el levantamiento y características físico-arquitectónicas del corporativo y caracterización climática del edificio. En adición se realizaron entrevistas a expertos y propietarios de la edificación y el diagrama de Ishikawa para el desglose de ideas y enfoque hacia la resolución de la problemática que se está presentando.

#### 3.1.1 Observación directa

##### 3.3.1.1 Levantamiento y características físicas-arquitectónicas del Corporativo

Dentro de los puntos a obtener por parte de observación directa era un levantamiento fotográfico, dio inició el miércoles 11 de noviembre 2020, con visitas esporádicas hasta abril de 2022 y en colaboración del Corporativo se realizó un archivo Revit (Figura 29). Cabe resaltar que fueron fotografiadas las áreas necesarias para la presente investigación, sin embargo, por temas de privacidad solo se presentan algunas:

Figura 28. Levantamiento fotográfico | caso estudio.



A continuación, se muestra el fichaje de las características del proyecto ejecutivo del caso concreto a intervenir.

**Tabla 3.**

Datos generales | caso estudio

<b>Ubicación</b>	<b>Calzada Cetys, Rivera, Mexicali, B.C. México.</b>
<b>Longitud</b>	115°24'1.29"W
<b>Latitud</b>	32°39'4.24"N
<b>Orientación (acceso principal)</b>	Este-Oeste
<b>Distribución de áreas</b>	A-01 Anexo Ubicación de espacios caso de estudio

*Nota.* Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

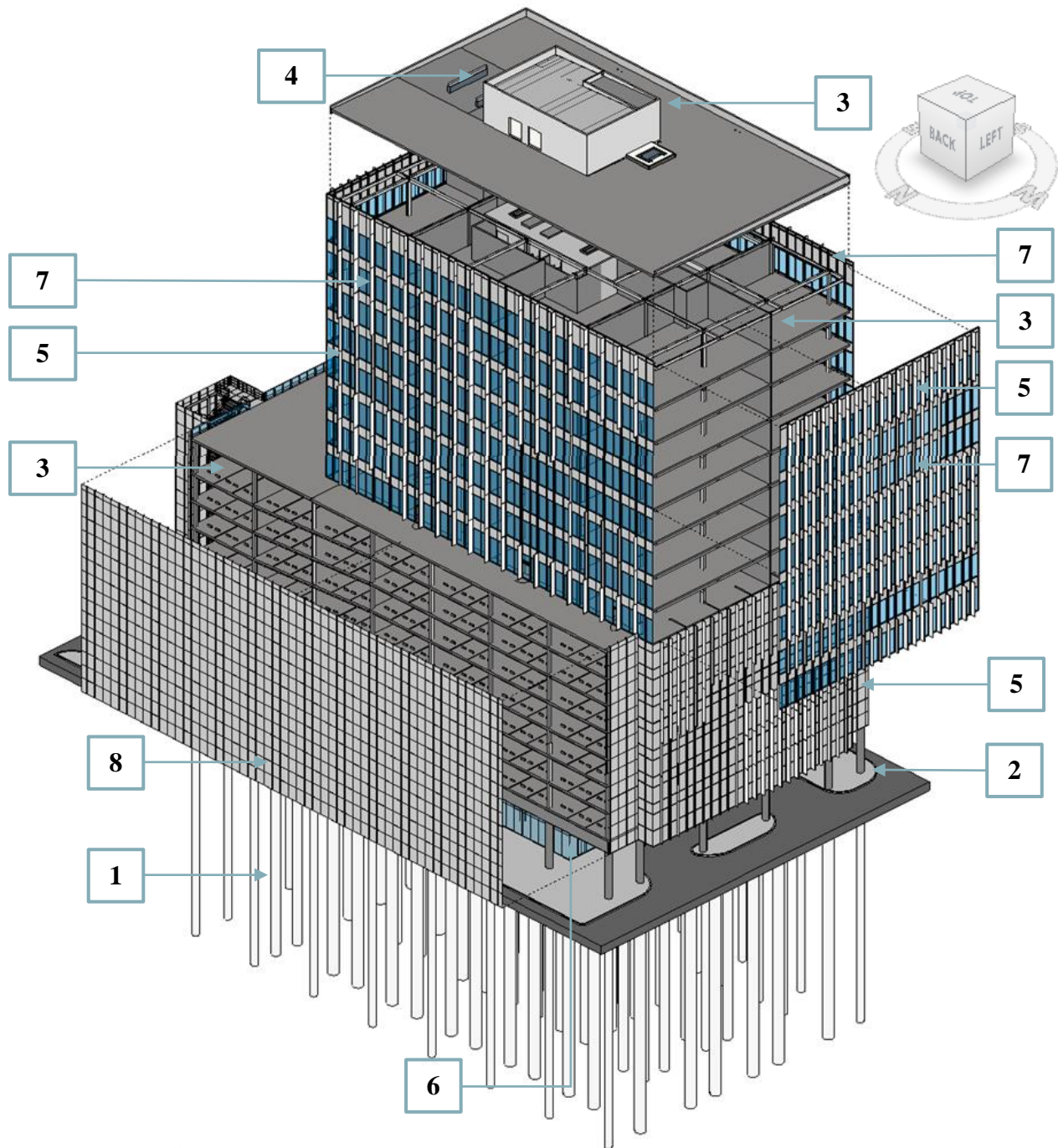
**Tabla 4.**

Dimensiones generales | caso estudio

<b>Concepto</b>	<b>M<sup>2</sup> por nivel</b>	<b>M<sup>2</sup> totales</b>	<b>Nivel</b>
<b>Huella planta baja</b>	2,235 M <sup>2</sup>	2,235 M <sup>2</sup>	1 nivel
<b>Huella oficinas</b>	1,331 M <sup>2</sup>	10,648 M <sup>2</sup>	8 niveles
<b>Huella de estacionamientos</b>	2,235 M <sup>2</sup>	15,645 M <sup>2</sup>	7 niveles

*Nota.* Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

Figura 29. Modelo Arquitectónico | caso estudio.



Colaboración con: (Punta Este Corporativo, 2022) en Revit,2022.

**Tabla 5.**

Especificaciones de sistema constructivo

<b>SISTEMA CONSTRUCTIVO</b>		
<b>No</b>	<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estructura</b>		
Estructura base de columnas, traveses metálicas y placas de conexión.		
1	Cimentación	Cimentación es a base de pilotes estructurales
2	Losa planta baja	Losa de cimentación armada.
3	Losas generales	En entrepisos, rampas y losa de cubierta a base de losa alveolar de 20 cm con 0.05 cm de capa de compresión.
<b>Sistema de Enfriamiento</b>		
4	Sistema HVAC	A base de Chillers enfriados por agua con equipo de bombeo en línea vertical de acoplamiento cerrado más equipo de "reposición de aire" exterior.
<b>Sistema de calefacción</b>		
No se presenta sistema de calefacción, sin embargo, se tienen instalaciones para su colocación.		
<b>Proyecto arquitectónico   Fachadas</b>		
5	Fachadas	Aleros a base de panel fenólico con acabado laminado en ambas caras de 10mm de espesor con sistema de fijación de perfil de aluminio anodizado natural.
6	Planta baja	Sistema de fachada de arañas a costilla con módulo típico compuesto de cristal claro templado de 9mm con costillas de cristal templado de 12mm.
7	Niveles oficinas	Muro cortina a base de cristal doble insolado 24mm; filtra sol 6mm más separador 12mm con Low-E Solarban 70 claro 6mm y cristal filtra sol 6 mm como cubre losa.
8	Estacionamientos	Sistema de recubrimiento a base de fachada ventilada de lámina perforada con capa de zinc, calibre 16 (1.52mm) con pintura termo endurecida con resinas arquitectónicas.

Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

*Nota.* El resto de las especificaciones se encuentran en el **CAPÍTULO 6** con la finalidad de no ser repetitivo en el presente trabajo.

### 3.3.1.2 Caracterización climática del edificio | Soleamiento y vientos.

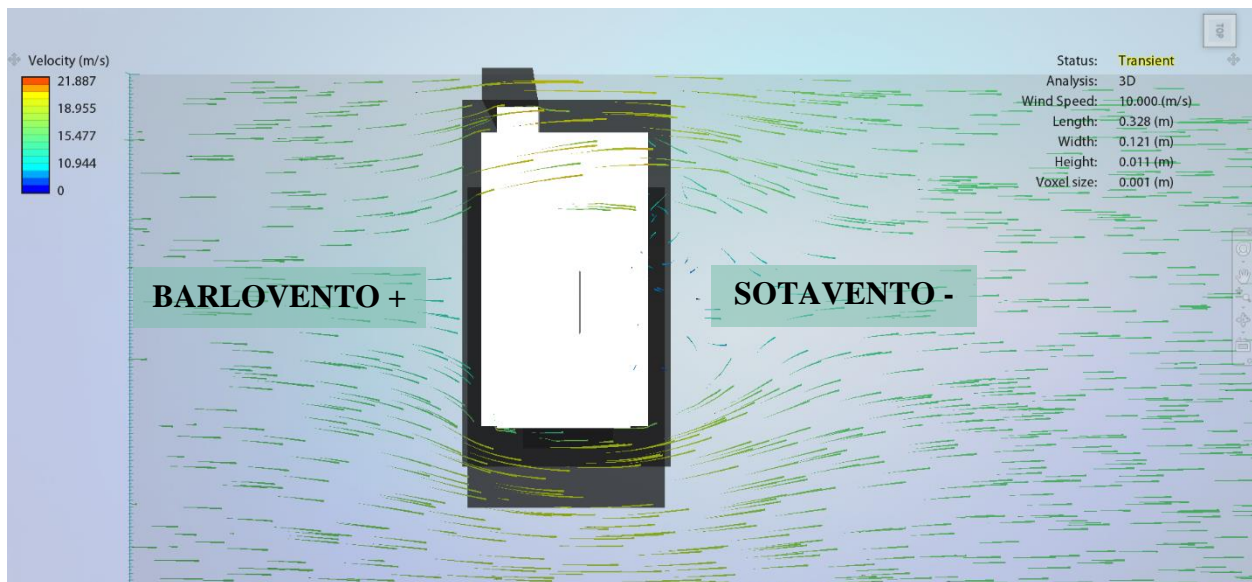
Tras el análisis de la edificación y posibles problemáticas se evaluaron los factores climatológicos que impactan en el caso análogo, donde se consideró clave analizar el impacto solar tanto en verano como en invierno y vientos predominantes en invierno, ambos en horario laboral. Se realizó un estudio mensual; sin embargo, para exposición del trabajo a continuación se presentan los meses evaluados en el modelado numérico del **CAPÍTULO 6** que corresponden a verano- julio e invierno- diciembre.

#### 3.3.1.2.1 Vientos.

Hacia la visualización del impacto de vientos en fachada de la edificación, se utilizó *Flow Design*. Como se comentó con anterioridad el análisis se enfocó en vientos de invierno, específicos del mes de diciembre, predominantes del noroeste y sureste, esto con el fin de empatarlo con el modelo numérico de *Design Builder*. Las imágenes obtenidas de *Flow Design* fueron solo para visualización de impacto de viento, el flujo visual **no es relativo al real**.

El análisis se basó en comprender el impacto de vientos en una edificación de altura y observar las áreas o presiones que se ejercen sobre el “objeto”, que son zonas positivas llamadas “barlovento” y negativas; “sotavento”, el cual, propicia a formar un “vacío” y por consiguiente “succión” en su parte superior (Infraestructura Educativa [INIFED], 2015). Figura 30.

**Figura 30.** Flujo de vientos en edificación | Flow Design

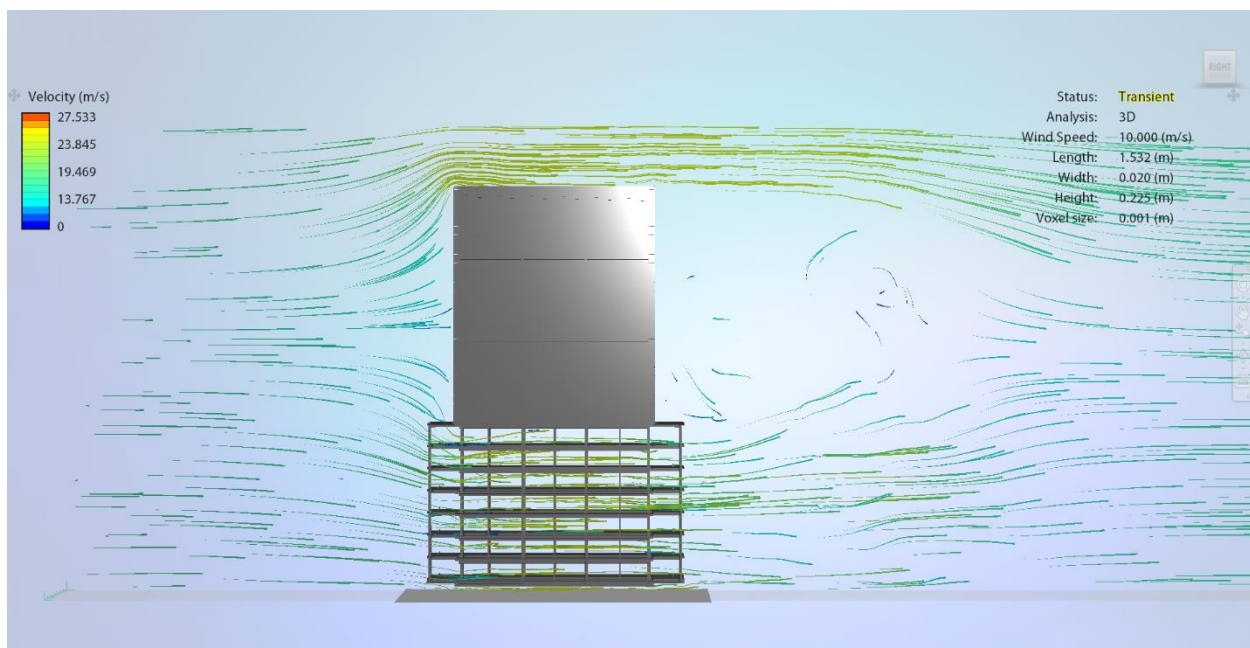


Simulación con software: (Flow Design, 2022)

En fachada donde el viento “impacta” es la presión positiva que se ejerce y produce que en la edificación las ventanas se “empujen” hacia adentro. Dicho efecto sucede todo el año, claro está con distintas velocidades de impacto, así que en un edificio que destaca por su altura y en este caso no se tienen edificaciones similares o de su altura contiguas, el viento que fluye por su parte superior o cubierta y se dirige en dirección capilar al fluido con mayor velocidad.

Al especificar lo que sucede en su parte superior, en la media y baja surge otro efecto; el viento impacta perpendicularmente en una zona de la edificación, en este punto primero sucede el efecto anteriormente explicado (el viento sube) y el segundo, al tener una terraza, fluye hacia abajo y se “clava” o potencializa en la terraza como se aprecia en la [Figura 31](#). En el caso del estacionamiento por ser lamina perforada circula hacia el interior.

**Figura 31.** Impacto de viento en la edificación | Flow Design



Simulación con software: (Flow Design, 2022)

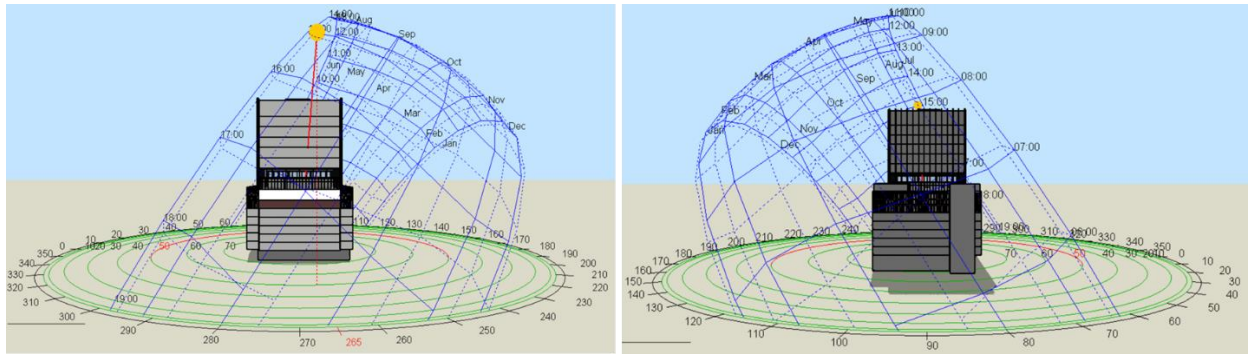
### 3.3.1.2.2 Soleamiento.

Los diagramas de soleamiento se realizaron en diversos softwares; *Revit*, *3D Sun-path de Andrew Marsh* y *Design Builder*. Donde, para representación, se eligieron vistas de *Design Builder* que se muestran a continuación:

En Julio, el soleamiento de 7:00 hrs. a 9:00 hrs. el sol impacta en fachada Este y no logra entrar en fachada norte, mientras que de 11:00 hrs. a 14:00 hrs. entra levemente a oficinas desde fachada sur y embate directamente en esa área de terraza. (

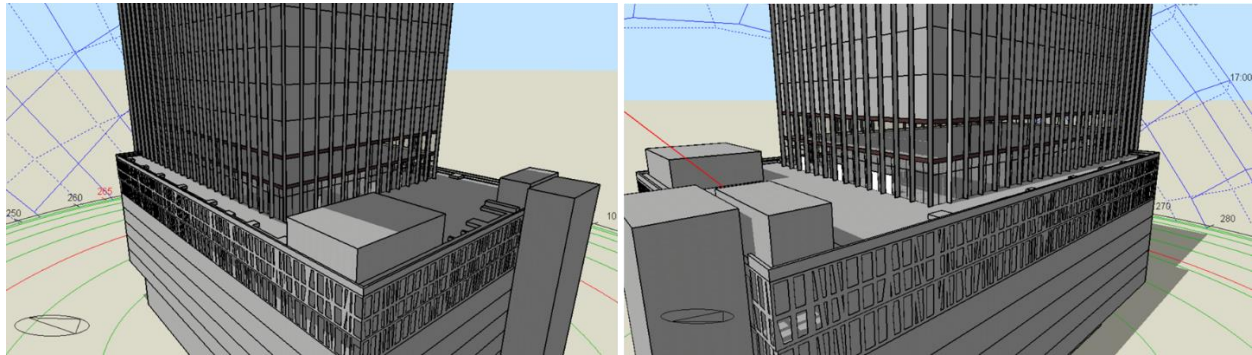
Figura 32 y Figura 33)

**Figura 32.** Soleamiento fachada Oeste y Este | Julio



Simulación con software: (Flow Design, 2022)

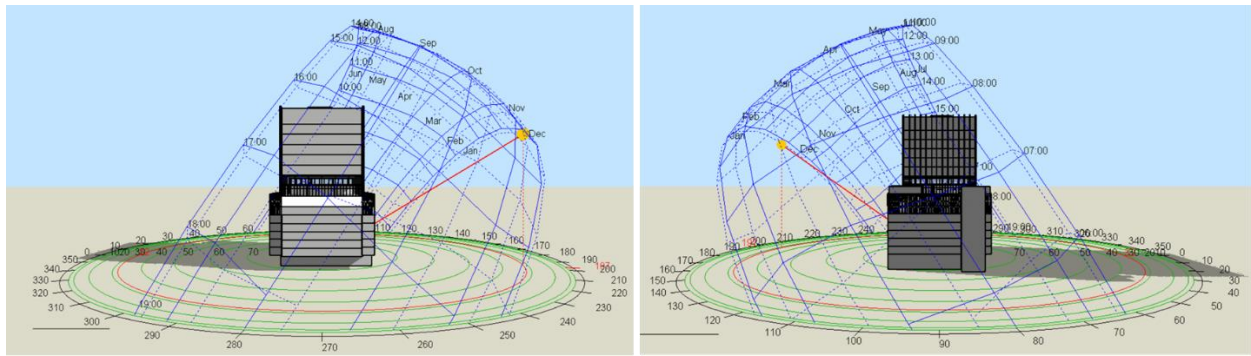
**Figura 33.** Soleamiento fachada Sureste y Noreste | Julio



Simulación con software: (Flow Design, 2022)

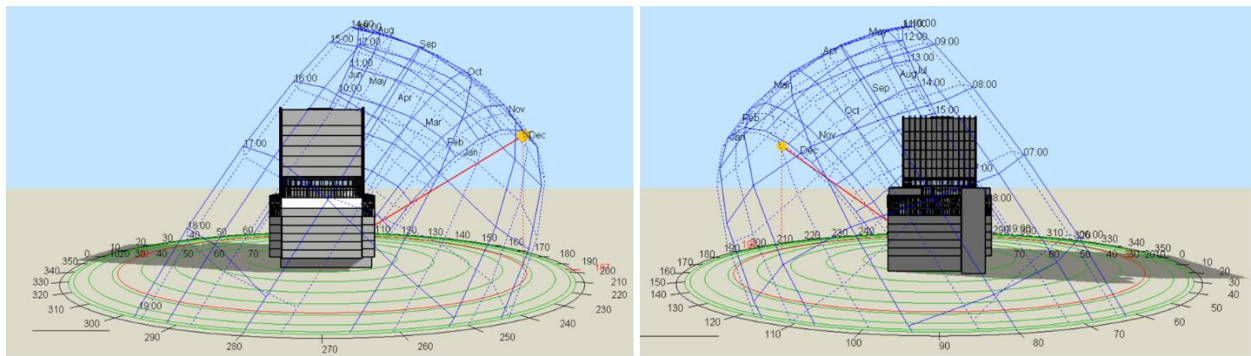
En diciembre, de 9:00 hrs. a 16:00 hrs. el soleamiento impacta en fachada sur y entra a área de oficinas, mientras que en horario matutino se pronuncia en el este y por la tarde en cara oeste. En norte en ningún momento impacta directamente. (

Figura 34. Soleamiento fachada Oeste y Este | Diciembre



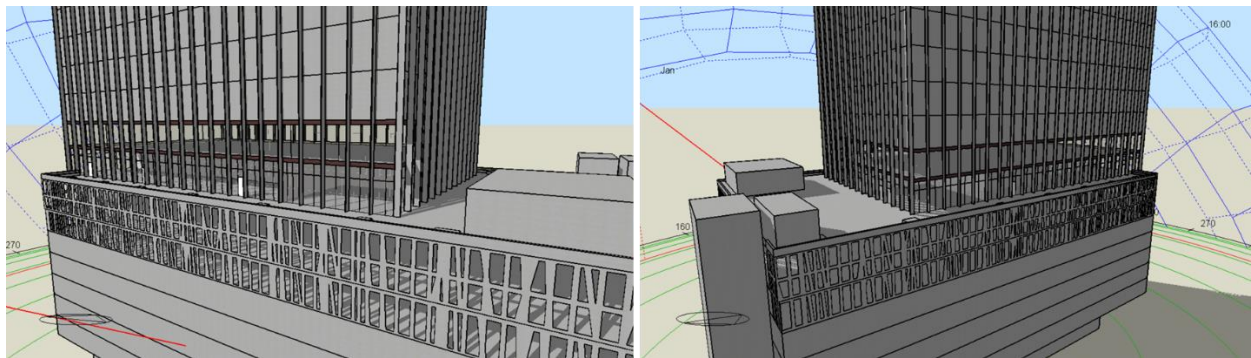
y Figura 35)

Figura 34. Soleamiento fachada Oeste y Este | Diciembre



Simulación con software: (Design Builder, 2022)

Figura 35. Soleamiento fachada Sureste y Noreste | Diciembre



Simulación con software: (Design Builder, 2022)

### 3.1.2 Entrevistas

Se realizaron entrevistas a expertos para determinar el diseño de experimento y aplicación de software. Dentro del periodo agosto 2020 a mayo 2021 se realizaron las primeras reuniones que consistieron en el desarrollo del monitoreo de temperaturas interiores y exteriores del contexto con

equipos *ONSET HOBO*. Se inició con *el Ing. David Vargas*, quien hizo sugerencia de además de evaluar el nivel ocho, el cual se presenta la problemática, se debe de considerar un nivel inferior y superior. Se realizó una asesoría con *el Mtro. Oscar Castro*, para selección el equipo adecuado.

Se continuó con una entrevista al *Mtro. Pedro Paredes* quien hizo énfasis hacia el monitoreo de temperaturas de la edificación, sugirió metodología para la aplicación del software y recomendó primero, analizar la certificación LEED expuesta. Una vez obtenidos información LEED, el Mtro. auxilió con la interpretación de datos de eficiencia energética del edificio. En adición, aportó sugerencias de metodología, bibliografía y supuestos.

La tercera entrevista fue con *la Dra. Silvia Arias Orozco*, quien sugirió contenido para el análisis energético y se contempló una sesión presencial para una asesoría hacia metodología y procesos de eficiencia energética.

En el proceso de investigación, se retomaron entrevistas en Julio 2021. Se dio inició con *el Dr. Adolfo Preciado Quiroz*, quien expuso sugerencias y características del sistema constructivo de la edificación. Mas tarde, se consiguió una entrevista con *la M. Arq. Nadia Ayala LEED AP BD+C*, que asesoró con temas LEED, eficiencia energética y confort térmico. Al conversar con *M. Arq. Ayala*, se llegaron a hipótesis sobre el inconfort térmico que presentan los usuarios y se evaluó el tema de “Puentes térmicos”. En adición, sugirió posibles soluciones a la problemática, desde una perspectiva sustentable.

Así mismo, como se comentó en capítulos anteriores la edificación se realizó conforme a certificación *LEED Core and Shell*. Los datos fueron confirmados por *la Arq. Glenda Saucedo LEED AP BD+C* quien formó parte del grupo técnico especializado del proceso de certificación de *Punta Este*. Aseveró algunas dudas sobre el proceso de certificación y explicó que el proyecto fue construido y registrado a *LEED V4 BD+C:CS* y por motivos personales del propietario, está en pausa.

Conforme a resultados del diseño de experimentos, se solicitó asesoría con *del Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo* para interpretar la información recopilada y evaluar que sería la opción óptima para la resolución de la problemática de confort térmico, quien, al igual que *la M. Arq. Nadia*, hace énfasis en valorar puentes térmicos. Así mismo, aportó ideas de experimento, de resolución y compartió bibliografía. El experimento de análisis de puentes térmicos correspondió

en aplicar un levantamiento de temperaturas en diversos puntos estratégicos en la edificación con un Termómetro infrarrojo digital tipo pistola. (CAPÍTULO 6)

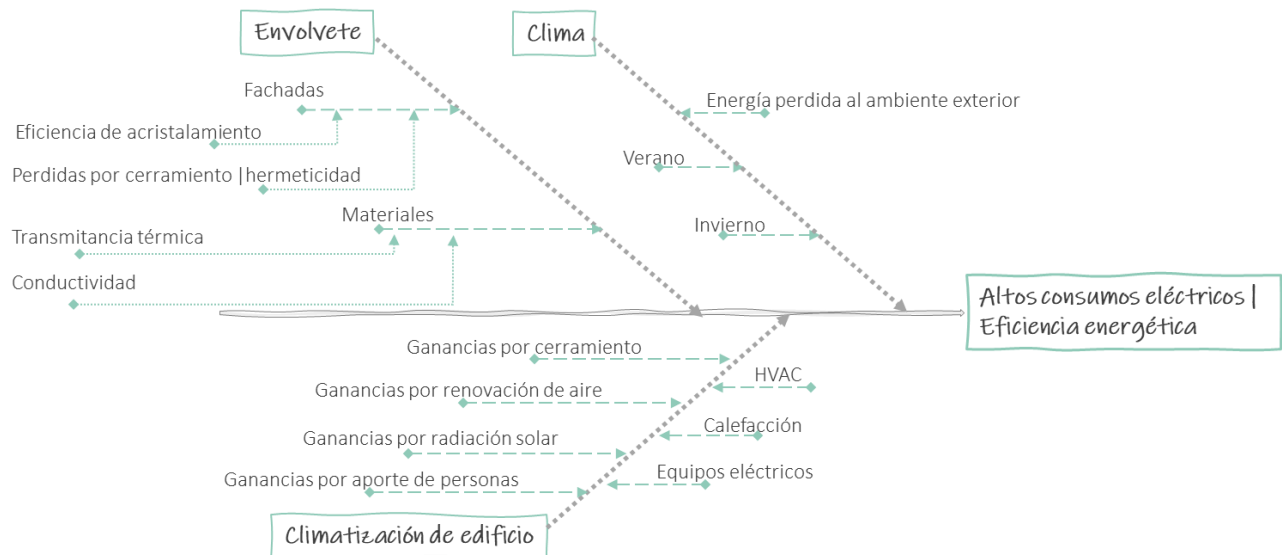
Una vez obtenido resultados, como se comentó con anterioridad, se seleccionó el programa *Design Builder* para el estudio del funcionamiento de la edificación y solución, en este punto el *Dr. Aníbal Luna León* sugirió modificaciones, procesamiento de información y metodología del modelo de simulación, donde además compartió documentos para análisis de valores R y U de materiales utilizados.

Por último, se entrevistó al *Lic. Ricardo Daniel Díaz*, experto en análisis de ingeniería en fachadas, hizo sugerencias de las posibles problemáticas y soluciones de confort térmico. Recomendó e interpretó materiales para el desarrollo de simulación. Donde, durante la entrevista se expusieron variables y se acordó un esquema de problema-solución hacia confort térmico. Entre dichas soluciones fue analizar la promoción y mantenimiento de ganancias internas, hermeticidad, vientos y capilaridad.

### 3.1.3 Diagrama de Ishikawa

Como se comentó con anterioridad, hacia una organizada lluvia de ideas de posibles problemáticas se hicieron diversos diagramas con la característica antes descrita. A continuación, se muestran los bocetos aplicados que aportaron a identificar y dar solución.

**Figura 36.** Diagrama | análisis altos consumos eléctricos





proceso de certificación de la edificación y se aseguró que fue bajo un proceso LEED. La investigación avanzó y se fueron anexando expertos que teorizaban y aportaban metodología.

En este punto se evaluaron diversas propuestas y soluciones con asesores, al indagar metodología y características ambientales. A continuación, se presentan ideas que se propusieron antes de llegar al desarrollo de una solución:

- **Promoción y mantenimiento de ganancias.** Al estudiar el vidrio envolvente de la edificación se concluye que por su baja emisividad irradia adecuadamente la energía; sin embargo, en zona norte por la problemática de frío extremo, se propone cambiar solamente en ventanales de fachada norte a vitral con otra capa LOW E de baja emisividad, el cual, evitará que la energía que se encuentra en esta área se conserve.
- **Sellar fachada-hermeticidad.** Como se comentó con anterioridad, se valoró que los vientos predominantes en invierno puedan afectar a la zona norte y aporten a incomfort que presentan, por lo cual la propuesta parte de analizar la tasa de infiltración por ventanas y sellarlas, esto con sellos perimetrales o de silicón.
- **Rompe vientos.** Al evaluar las características anteriores también se valoriza generar un rompevientos vertical en fachada de la zona norte, esto para evitar las “cascadas de viento” que se expresaron en el punto [3.3.1.2.1 Vientos](#).
- **Capilaridad o puentes térmicos.** El ideal de esta propuesta es “evitar” la capilaridad que va de oficinas a estacionamiento, mediante un sello térmico, en donde se propone una alfombra en la parte superior de losa con su autonivelante y espuma de poliestireno. Mientras que en el inferior de losa se sugiere el desarrollo de una cámara plena.

### 3.3 Conclusiones de capítulo | Interpretación de hallazgos

---

El presente capítulo, como se comentó con anterioridad, fue el primer acercamiento hacia el contexto en el que se encuentra el caso de estudio, esto mediante el entendimiento del clima y lugar. El análisis térmico de la edificación permitió analizar diversas características para aplicar metodología experimental y dotar empíricamente a la problemática, que, en sí, se enfoca en el frío percibido por los usuarios en invierno y los altos consumos de energía. Al asimilar la conceptualización del edificio, primordialmente se hizo el estudio de facturación de CFE y se

analizó la cuestión que pronuncian los propietarios, el desarrollo de dicho enfoque se presenta en el [CAPÍTULO 4](#).

En cuanto el análisis del confort térmico se obtuvieron los primeros resultados que indicaron la problemática del nivel 08 de oficinas y se hicieron propuestas de solución, en donde, lo primordial es valorizar estas características antes de diseñar una edificación, sin embargo, al ser un clima desértico los diseñadores no consideraron que el frío sería un problema. Como se comentó con anterioridad se desarrollaron varias propuestas-solución según lo observado que conforme a expertos y desarrollo del trabajo de investigación se priorizó extender una propuesta, que se encuentra en el [CAPÍTULO 6](#).

## **CAPÍTULO 4: EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

---

### *Resultados y discusión*

## 4.1 Introducción

La evaluación de eficiencia energética del caso de estudio inició con el análisis comparativo de la propuesta expuesta por LEED contra la facturación actual de la edificación que se obtuvo con los recibos de CFE proporcionados.

## 4.2 Instrumentos

### 4.2.1 Revisión documental

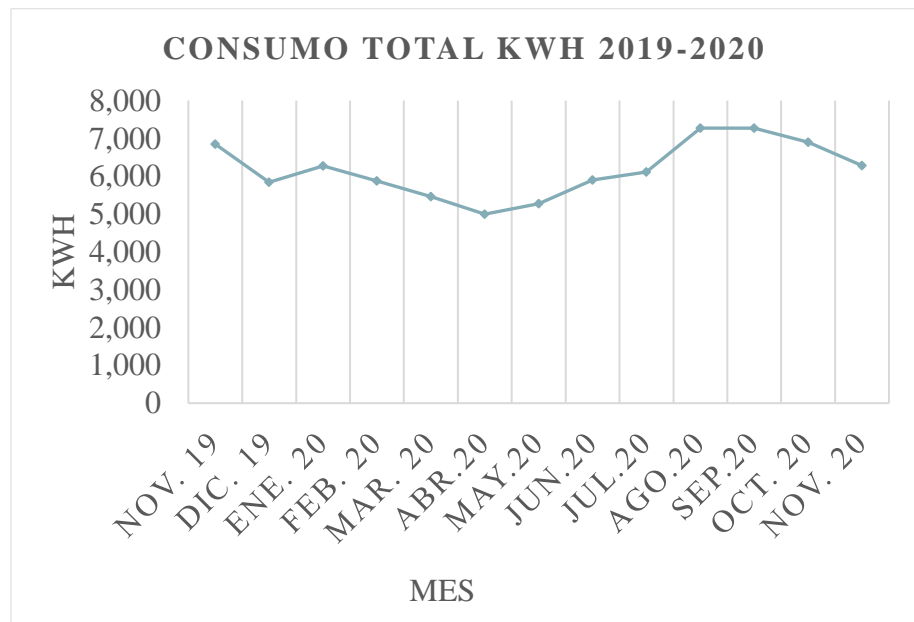
#### 4.2.1.1 Facturación CFE

Hacia la comparativa con lo expuesto con LEED fue necesario contar con la facturación anual del caso de estudio que se proporcionó con fines educativos. Los recibos proporcionados fueron del primer año del funcionamiento del edificio, periodo 2019-2020, antes de pandemia *COVID-19*, en donde la edificación estaba 100% funcionando, sin límites de usuarios y restricciones sanitarias (ver [Tabla 6](#)). Dicha facturación es correspondiente al nivel 08 de la edificación con una tarifa eléctrica: GDMTO.

**Tabla 6.**  
Consumo total kWh.

Periodo	kWh
NOV. 19	6,846
DIC. 19	5839
ENE. 20	6,272
FEB. 20	5879
MAR. 20	5,457
ABR.20	4997
MAY.20	5,274
JUN.20	5897
JUL.20	6,110
AGO.20	7,272
SEP.20	7,269
OCT. 20	6902
NOV. 20	6,282

**Figura 38.** Gráfico consumo total kWh



*Nota.* Elaboración propia con datos de: (Punta Este Corporativo, 2022)

#### 4.2.1.2 Eficiencia energética propuesta por LEED.

Dentro de la información LEED recopilada, en esta primera etapa se analizó el “informe de resumen de salida” (Output Summary Report) en sistema métrico. Se valoró este apartado para obtener los kWh/m<sup>2</sup>-año propuestos por LEED. Dentro de este apartado se encuentra el “resultados del edificio de referencia” (Baseline building results) y “resultados de edificio propuesto” (Proposed building results), donde el que se utilizó fue el propuesto.

Paredes (2021) expone que “los resultados de edificio propuesto” hace referencia a energía de proceso o carga neutra correspondiente al consumo eléctrico y difícilmente cambiará con la toma de decisiones del proyecto, ya que incluye todo el consumo base.

Con la fórmula del *Índice de consumo de energía eléctrica* [ICEE] se obtuvo que el propuesto por LEED en kWh/m<sup>2</sup> anual es de *58.31 kWh/m<sup>2</sup>* al año. Se puede expresar que al cumplir con este rango la edificación es eficiente, en donde en tema de comparativa, el *Índice Máximo de Consumo de Energía eléctrica* [IMCEE] contempla un rango máximo de *160 kWh/m<sup>2</sup>-año* (2021). A continuación, se muestra el despeje de la fórmula:

- Área del nivel de modelo: **29,442.11m<sup>2</sup>**
- Resultado del edificio propuesto: **1,716,944.74 kWh/año**

**Figura 39.** Propuesta kWh/m<sup>2</sup>- año | LEED.

$$\text{ICEE: } \frac{1,716,944.74 \text{ kWh/año}}{29,442.11\text{m}^2} = 58.31 \text{ kWh/m}^2\text{- año}$$

Se procedió a desarrollar la evaluación el consumo energético del nivel 08, donde los propietarios observan que hay un alto consumo. Al momento de valorar los factores del nivel 08 se obtuvo que tiene un *ICEE* de *55.60 kWh/m<sup>2</sup>-año*, esto refiere a que realmente no es un alto consumo como se considera. Por consiguiente, se evalúa que es un proyecto eficiente. A continuación, se muestra el despeje del valor obtenido.

- Huella de oficina nivel 8: **1,331 m<sup>2</sup>**
- Promedio mensual: **6167.83 kWh**
- Promedio anual:  $6167.83 \text{ kWh} \times 12 = \mathbf{74,014 \text{ kWh/año}}$

**Figura 40.** kWh/m<sup>2</sup>- año | caso estudio.

$$\text{ICEE: } \frac{74,014 \text{ kWh/año}}{1,331 \text{ m}^2} = 55.60 \text{ kWh/m}^2\text{- año}$$

### 4.3 Descripción de resultados

---

Por el momento, en tema relativo a eficiencia energética, mediante los cálculos anteriormente mencionados, se fija que el proyecto es eficiente y el consumo no es elevado como se pensaba. Al comparar los kWh/m<sup>2</sup>- año propuestos por LEED, contra el resultado del análisis, indica que es una edificación competente conforme a la propuesta inicial y el nivel máximo que propone la *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE]*.

### 4.4 Conclusiones de capítulo | Interpretación de hallazgos

---

Aquí fue vital comprender una certificación LEED, funcionalidad y cómo realiza su puntuación. Un punto relevante es la interpretación de datos y analizar las unidades en que se presenta, ya que, por estar bajo estándares de Estados Unidos de América, en su mayoría maneja parámetros en sistema inglés y en cuanto a costes, dólares, así que fue primordial realizar conversiones de dichas unidades.

Inicialmente se proponía un modelado energético mediante software para estudiar la eficiencia energética; sin embargo, al momento en que se proporcionó información de su proceso de certificación se logró percibir y confirmar que la edificación no tiene alto consumo eléctrico conforme a rangos expuestos. La lectura de metodología y análisis de documentación proporcionada fue un punto fundamental para omitir un modelado numérico.

## CAPÍTULO 5: CONFORT TÉRMICO

---

### *Resultados y discusión*

## 5.1 Introducción

---

El capítulo 5 tuvo como función caracterizar las sensaciones térmicas por parte de los usuarios y analizar temperaturas interiores y exteriores, donde, se definió un rango de confort térmico. Para contextualizar, la metodología se basó en entrevistas a los propietarios hacia el análisis de la problemática, un cuestionario a sus colaboradores, para tener una base fundamentada de su inconformidad y finalmente estructurar un experimento para lograr solucionar la problemática.

## 5.2 Instrumentos

---

### 5.2.1 Entrevistas

Inicialmente se entrevistó a uno de los propietarios de la edificación, quien enunció las siguientes problemáticas:

*“La problemática más importante al interior de las oficinas es el excesivo gasto de energía en el sistema de aire acondicionado del edificio. En los meses más críticos del verano es necesario encender los equipos a las 6:00 am para poder abatir la ganancia de calor que se tiene durante la noche cuando los equipos se encuentran apagados.”*

#### *Oficinas nivel 8 – ala sur-*

*“Durante el verano la parte sur y poniente del edificio, dado a que se encuentra expuesto al sol durante la mayor parte del día, tiene una ganancia de calor. Durante el invierno, solo en ciertos días, se presentan temperaturas elevadas que hacen encender los equipos.”*

#### *Oficinas nivel 8 – ala norte-*

*“Esta zona es la menos castigada, durante el verano los equipos trabajan de manera adecuada incrementando o disminuyendo su flujo de aire dependiendo de la ganancia de calor. En invierno como esta área no está expuesta al sol, las temperaturas bajan de tal manera que es necesario el colocar calentadores para poder alcanzar el confort necesario para que los usuarios puedan realizar sus actividades sin problema.”*

## 5.2.2 Cuestionario

El cuestionario fue aplicado online mediante la plataforma de Google; dio inicio el día 22 de abril 2021 con cierre el 5 de mayo del mismo año. Se obtuvieron 32 respuestas por parte de los niveles 9 y 11 de la edificación y 47 del nivel ocho. Es necesario subrayar que un porcentaje de sus usuarios se encuentran laborando en casa debido a pandemia COVID-19; sin embargo, se hizo hincapié que la presente encuesta de sensación térmica era respecto a la percepción de las oficinas.

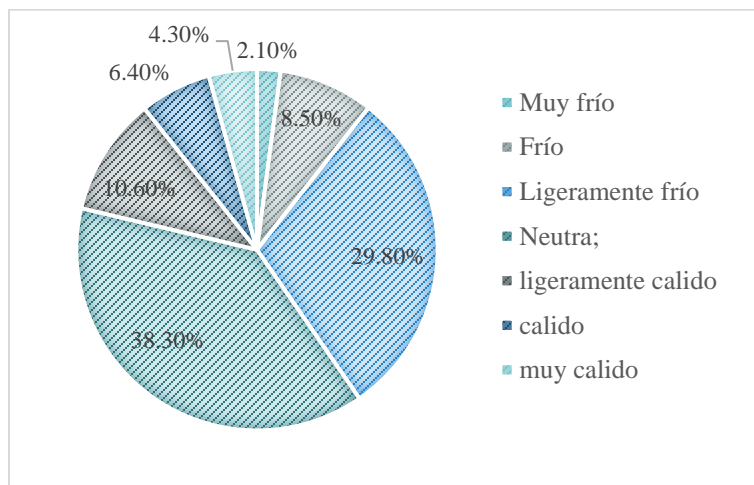
### 5.2.2.1 Resultados cuestionario

A continuación, se muestran respuestas relevantes del cuestionario aplicado.

#### 5.2.2.1.1 Resultados de cuestionario | nivel 08

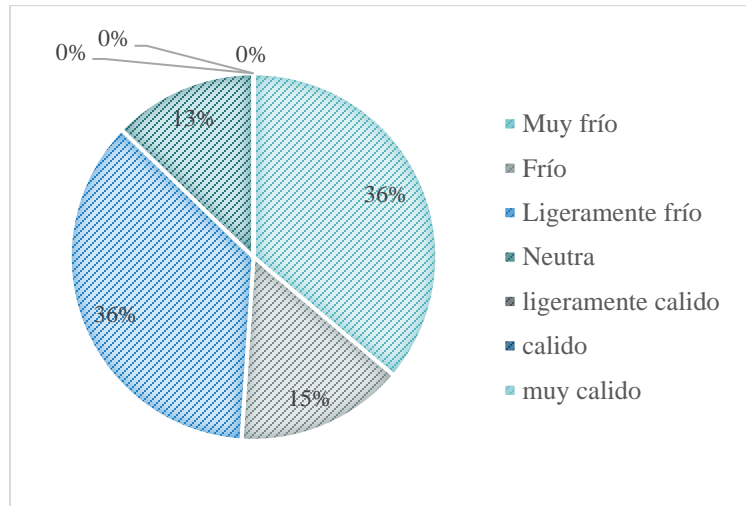
Los usuarios del nivel 8 se encuentran entre las edades de 25 a 60 años, ante la pandemia actual por COVID-19 el 68% se ubican laborando en casa y el 31% en oficina, dentro de los encuestados, 59.6% son de género masculino y 40.4% femenino, donde han laborado en las oficinas desde la apertura de la edificación. A continuación, se presentan gráficas de percepción térmica:

**Figura 41.** Percepción térmica en verano | nivel 8.



La Figura 41 muestra la percepción térmica en verano, donde el 38.3% es neutral y el 29.8% siente ligeramente frío. Especifican que se percibe el calor con más intensidad a medio día (12:00hrs.-15:00hrs.) y frío con más intensidad por la mañana (8:00hrs.-11:00hrs.)

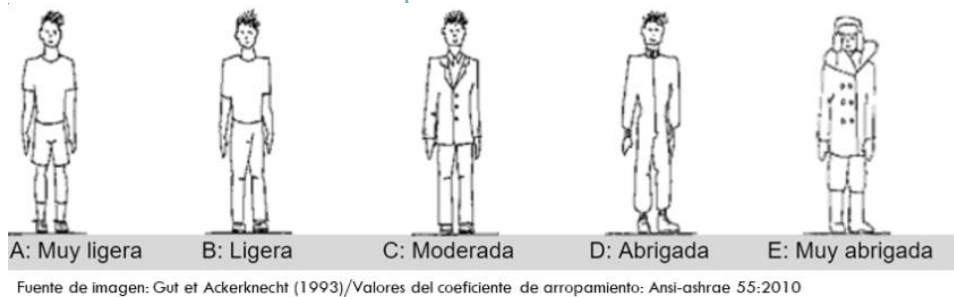
**Figura 42.** Percepción térmica en invierno | nivel 8.



En invierno (Figura 42) el 26.2% percibe extremo frío y el 36.2% ligeramente frío. Especifican que se percibe el calor con más intensidad a medio día (12:00hrs.-15:00hrs.) y frío con mayor magnitud por la mañana (8:00hrs.-11:00hrs.)

En cuanto a la vestimenta que utilizan laboralmente, en verano un 63.8% es ligera (B) y en invierno un 51.1% abrigada (D) y un 27.7% muy abrigada (E). Ver Figura 43 para valores de coeficiente de arropamiento.

**Figura 43.** Valores de coeficiente de arropamiento.



Fuente: Gut et Ackerknecht (1993)

De las 47 de las personas que se encuestaron el 59.60% considera que la sensación térmica es adecuada para laborar. Entre los comentarios que hicieron por parte de todos los niveles hacia el ambiente térmico del área de trabajo se encuentran:

- “En verano, es necesario tener las persianas blackout cerradas, siempre. Los rayos del sol pueden llegar a ser muy incómodos.”

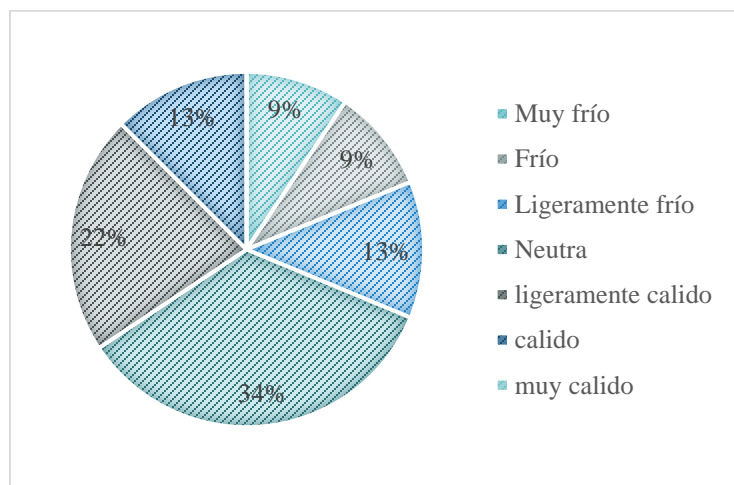
- “En invierno es demasiado frío, tenemos que usar calentones eléctricos.”
- “El área suroeste es muy confortable térmicamente, debido a su ubicación y aditamentos (blackout) en ventanas”
- “En invierno si puede llegar a afectar la sensación térmica en la productividad.”
- “Los pisos del piso 8 no están aislados y dan directamente al área abierta del estacionamiento 7. Las temperaturas se concentran en el estacionamiento y se transmiten por los pisos”
- “Importante que estén adecuando el AC según el pronóstico del clima del día, no dejarlo fijo.”
- “Es muy agradable solo faltaría un poco de ventilación”

Dentro de esta encuesta la problemática hacia la sensación térmica por parte de los usuarios del nivel 8 va enfocada hacia el frío que se percibe en invierno, expresan su inconformidad y algunos supuestos del problema. Los comentarios hacia el calor que se percibe son mínimos.

#### 5.2.2.1.2 Resultados de cuestionario | nivel 09 y 11.

Se obtuvo el 71.9% de usuarios del nivel 9 y 28.1% del 11. Los colaboradores se encuentran entre las edades de 20 y 58 años, el 65.6% se encuentra laborando en casa, mientras el 34.4% en oficina, un 65.5% son de género femenino y un 34% masculino. A continuación, se presentan gráficas de percepción térmica:

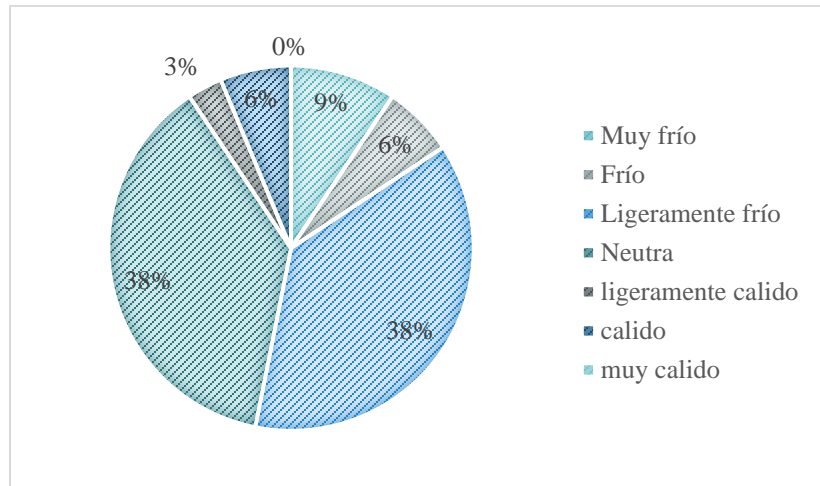
**Figura 44.** Percepción térmica en verano | nivel 9 y 11



La **Figura 44** muestra la percepción térmica en verano, donde el 34.4% es neutral y el 21.9% siente ligeramente cálido, mientras que un 12.5% percibe calor y con el mismo porcentaje ligeramente

frío. Especifican que se percibe calor con mayor magnitud a medio día, 75% (12:00hrs.-15:00hrs.) y frío con más intensidad por la mañana, 87.5% (8:00hrs.-11:00hrs.).

**Figura 45.** Percepción térmica en invierno | nivel 9 y 11



En invierno (Figura 45) en porcentajes iguales; 37.5% perciben ligeramente frío como neutral y un 9.4% muy frío. Especifican que se percibe el calor con mayor magnitud a medio día (12:00hrs.-15:00hrs.) y frío con más intensidad por la mañana (8:00hrs.-11:00hrs.)

En cuanto a la vestimenta que utilizan laboralmente, en verano un 65.6% es ligera (B) y en invierno un 62.5% abrigada (D).

Dentro de las 32 de las personas que se encuestaron, el 69.80% considera que la sensación térmica es adecuada para laborar, mientras que el resto no. Entre los comentarios que hicieron hacia el ambiente térmico del área de trabajo se encuentran:

- “Un poco de frío en verano por el A.C.”
- “El confort térmico varía dependiendo de la ubicación, ya que hay usuarios que se ubican cerca de un inyector de aire, en donde se percibe mayor velocidad del aire, al igual que algunos que se ubican cerca de la fachada de cristal.”
- “Mi oficina no da a ventana es interior. por lo que está protegida del sol, pero mi aire se apaga cuando no detecta movimiento. y es cuando se empieza a calentar.”
- “En general el sistema de aire acondicionado es muy variable, no creo que el ajuste sea el correcto aún.”
- “Considero que es aceptable”

- “En el área donde está mi ubicación está bien la temperatura”

Dentro de esta encuesta se valora que un porcentaje elevado considera neutral o aceptable el ambiente térmico y el resto de los usuarios aclaran que el frío es más problemático que el calor, aprecian que es debido a la ubicación de las rejillas y sistematización del equipo de aire acondicionado.

## 5.3 Diseño de experimentos

### 5.3.1 Monitoreo

Hacia el análisis de temperaturas dentro y fuera de la edificación se contempló el diseño de un experimento que consistió en ubicar estratégicamente sensores térmicos marca ONSET tipo HOBO. El registro correspondió a un monitoreo de temperatura y humedad relativa con intervalo de 30 min. La ubicación estratégica de equipos se realizó bajo la tutela del Ing. David Vargas y el Arq. Pedro Paredes. De marzo 2021 a octubre 2021 y el segundo ensayo fue bajo asesoramiento del Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo de octubre 2021 a marzo 2022.

#### 5.3.1.1 Equipo de Monitoreo

Los equipos seleccionados fueron sensores marca ONSET tipo HOBO, Los equipos son:

- ONSET MX 1104.
- ONSET UX100-011

**Figura 46.** Equipos de Monitoreo ONSET MX 1104 y ONSET UX100-011



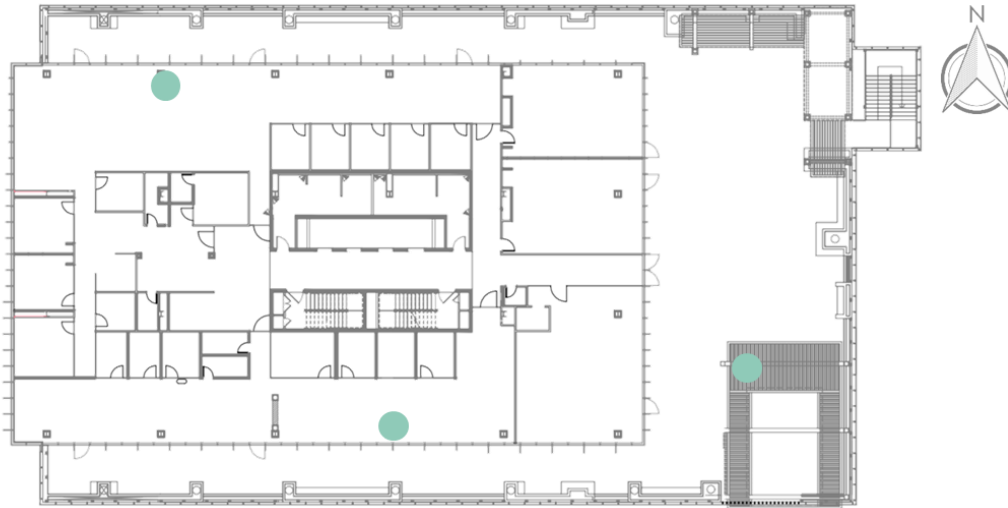
Fuente: Google (2021)

#### 5.3.1.2 Ubicación de quipo de Monitoreo

**Inicio de Monitoreo:** viernes 26 de marzo, 2021, Mexicali, Baja California.

Tres equipos fueron ubicados en el nivel 8; dos en el interior; uno en el área norte de la edificación y otro en lado sur. Por temas de privacidad de los usuarios solo fue posible colocar dos dentro de las oficinas. En anexo se ubica un tercer equipo en el exterior en terraza. (Figura 47)

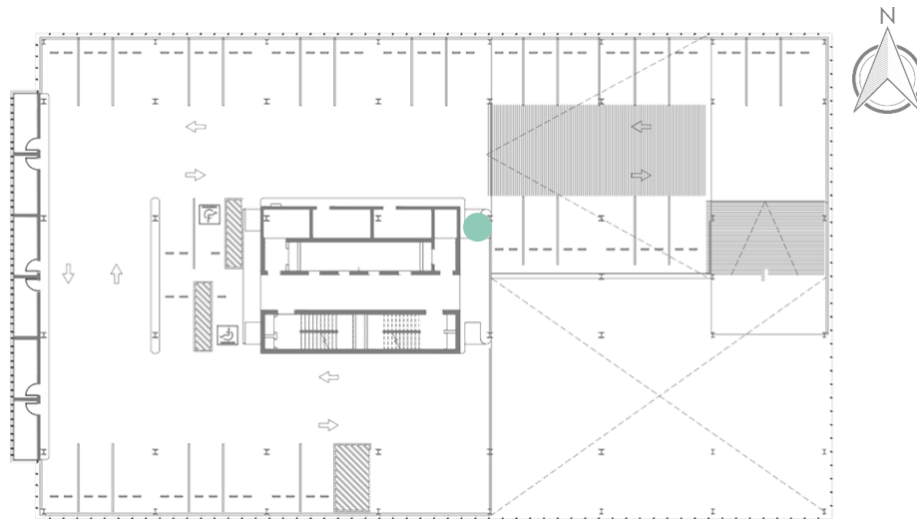
**Figura 47.** Planta arquitectónica nivel 08 | ubicación de equipos HOBO.



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

En el cuarto equipo se instaló un nivel inferior, es decir en el área de estacionamiento, nivel siete. (Figura 48)

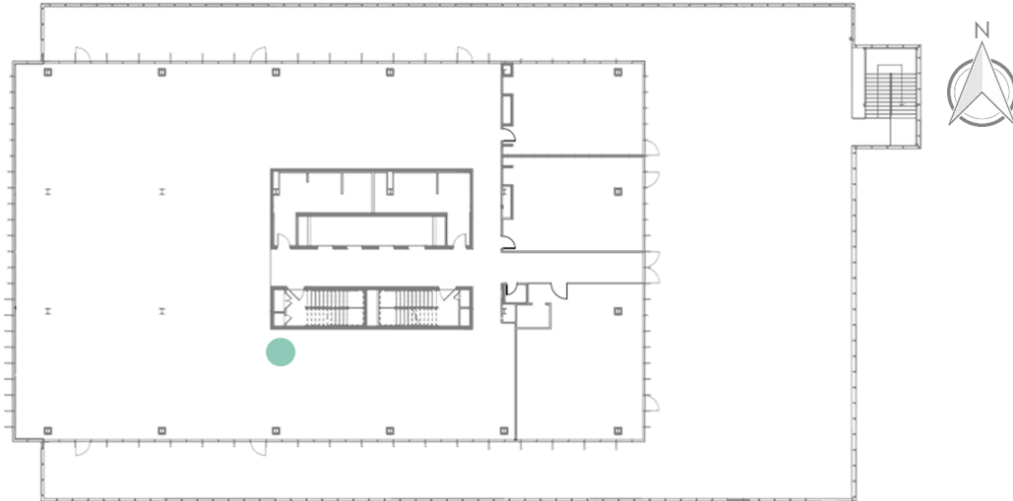
**Figura 48.** Planta arquitectónica nivel 07 | ubicación de equipos HOBO.



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

El último equipo fue instalado en el nivel 11. Por temas de privacidad y ante el actual COVID-19, no se permitió el ingreso al nivel 9, por ello, se consideró el nivel 11 como el relacionado para comparación de variables y resultados.

**Figura 49.** Planta arquitectónica nivel 11 | ubicación de equipos HOBO.



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

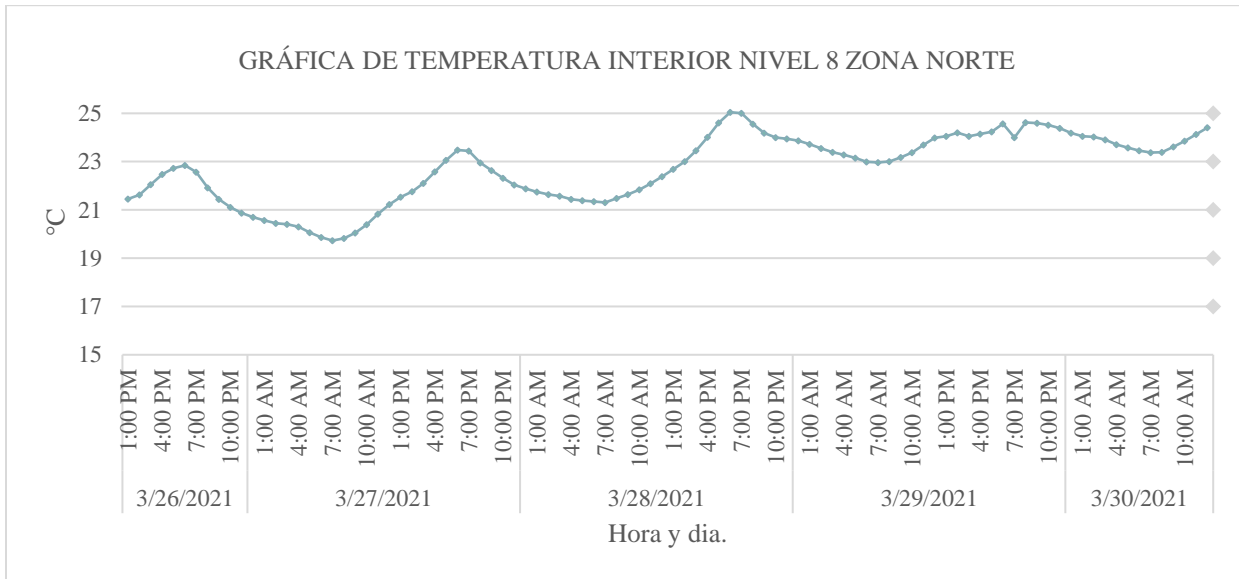
A continuación, se muestran fotografías de la instalación de los equipos:

**Figura 50.** Fotografías de ubicación de equipos.



Para análisis de funcionamiento de los equipos se revisó 5 días después de la instalación. A continuación, se muestran una gráfica de temperatura interior tipo de los equipos instalados en el nivel 8 y 11. Con esos días monitoreados se aprecia que el área norte del 8 se mantuvo con temperaturas un poco más altas a la zona sur, mientras que en el 11 se presenta más alto.

**Figura 51.** Gráfica de temperatura tipo | Caso de estudio



### 5.3.1.3 Desarrollo de experimento.

Se analizaron variables del proyecto ejecutivo del caso de estudio. Se recabó el rango de “punto fijo o *set point*” del aire acondicionado, es decir cuando llega a la temperatura límite deseada y el equipo de HVAC se apaga. En este caso se informó que el límite base y bajo de las áreas que se estudian en el reporte es de 23.3°C. En adición, se hizo un análisis hacia los diversos enfoques y modelos que detallan el confort térmico, en donde se seleccionó el *modelo adaptativo de Auliciems*.

Como se mencionó con anterioridad, los meses evaluados en el presente reporte corresponden a marzo 2020 a junio 2020, donde el mes que se considera más frío dentro de este periodo, datos expuestos por la *Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]*, por la estación “*Mexicali (DGE)*”- la más cercana a la edificación- corresponde a marzo, con una temperatura mínima normal de 11.4 °C y el mes más caliente; junio, con una temperatura máxima normal 40.6 °C (*Gobierno de México [GOB], 1981-2010*). Las normales climatológicas obtenidas por parte de la CONAGUA tienen un rango de registro de 1981-2010, mientras que el evaluado es solo mensual correspondiente a 2021.

La Comisión nacional de prevención de desastres informa que los reportes de estas estaciones se generan cada tres horas, regidas por el *Tiempo Universal Coordinado [UTC]* con periodos mínimos de 30 años.

Con el *modelo adaptativo de Auliciems Szokolay*, se analizaron dos variables de temperatura promedio mensual. Las primeras se obtuvieron de las *Normales climatológicas de Baja California*, con datos de las temperaturas medias normales y como método de comparación, la información del equipo de monitoreo colocado en el exterior de la edificación.

En la [Tabla 7](#) se puede apreciar el resultado de la aplicación de la fórmula de Auliciems conforme al promedio mensual de temperatura en Mexicali por la estación Mexicali (DGE), se integra el cálculo de la temperatura neutra y sus límites máximo y mínimo.

**Tabla 7.**

Tabla de zona de confort con valores de CONAGUA.

<b>NORMALES CLIMATOLÓGICAS MEXICALI</b>					
<b>Mes</b>	<b>Temperatura promedio mensual exterior</b>	<b>Zona de confort</b>			
		<b>TN</b>	<b>TN+</b>	<b>TN-</b>	
<b>Enero</b>	13.8	21.878	24.378	19.378	
<b>Febrero</b>	15.8	22.498	24.998	19.998	
<b>Marzo</b>	18.8	23.428	25.928	20.928	
<b>Abril</b>	22.1	24.451	26.951	21.951	
<b>Mayo</b>	26.9	25.939	28.439	23.439	
<b>Junio</b>	31.3	27.303	29.803	24.803	
<b>Julio</b>	34.8	28.388	30.888	25.888	
<b>Agosto</b>	34.4	28.264	30.764	25.764	
<b>Septiembre</b>	31	27.21	29.71	24.71	
<b>Octubre</b>	24.6	25.226	27.726	22.726	
<b>Noviembre</b>	18	23.18	25.68	20.68	
<b>Diciembre</b>	13.4	21.754	24.254	19.254	

*Nota.* Elaboración propia con información de: Gobierno de México (1981-2010)

La [Tabla 8](#) corresponde a la misma metodología aplicada en la [Tabla 7](#). En esta representación se utilizó la temperatura promedio mensual que registra el equipo de monitoreo ubicado en el exterior del nivel ocho del caso de estudio, es decir el área de la terraza.

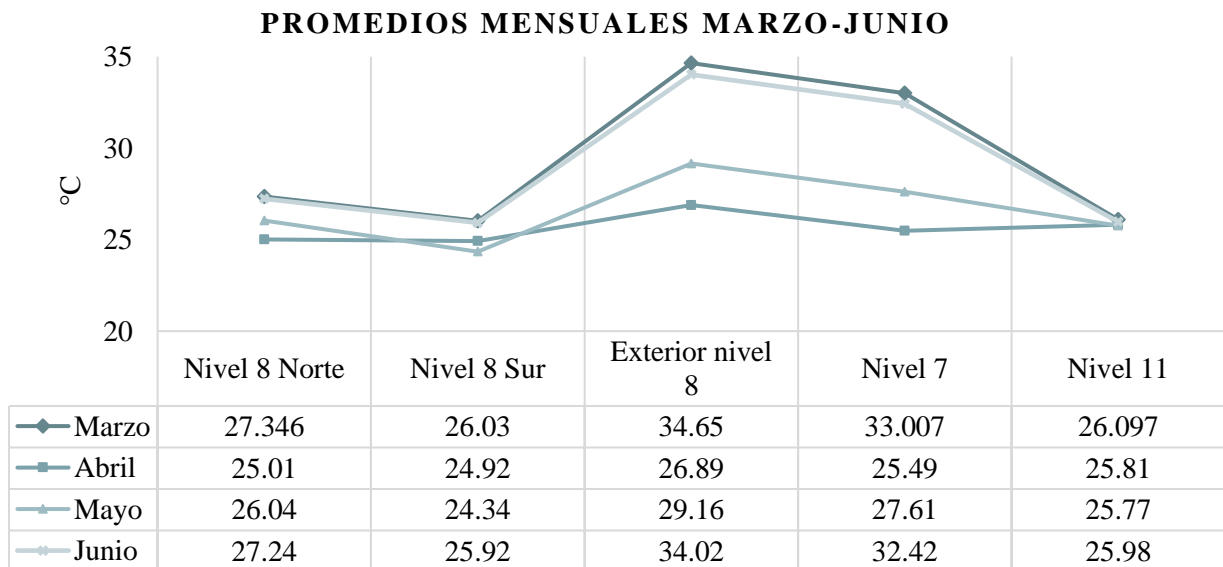
**Tabla 8.**

Tabla de zona de confort con valores de sensor térmico Terraza

<b>REGISTRO HOBO TERRAZA</b>				
<b>Mes</b>	<b>Temperatura promedio mensual exterior</b>	<b>Zona de confort</b>		
		<b>TN</b>	<b>TN+</b>	<b>TN-</b>
<b>Marzo</b>	24.5	25.195	27.695	22.695
<b>Abril</b>	26.89	25.9359	28.4359	23.4359
<b>Mayo</b>	29.16	26.6396	29.1396	24.1396
<b>Junio</b>	34.02	28.1462	30.6462	25.6462
<b>Julio</b>	35.64	28.6484	31.1484	26.1484
<b>Agosto</b>	35.59	28.6329	31.1329	26.1329
<b>Septiembre</b>	33.69	28.0439	30.5439	25.5439
<b>Octubre</b>	29.24	26.6644	29.1644	24.1644

Una vez calculada la zona de confort, se realizaron diversos gráficos con la información obtenida por el equipo de monitoreo. En primera instancia se realizó el vaciado de datos, mediante fichaje se analizaron promedios y variables máximas y mínimas de cada mes (A-03 Anexo Fichaje de información de monitoreo. Hobos). La primera interpretación de datos, mencionada anteriormente, fue de los meses de marzo a junio, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

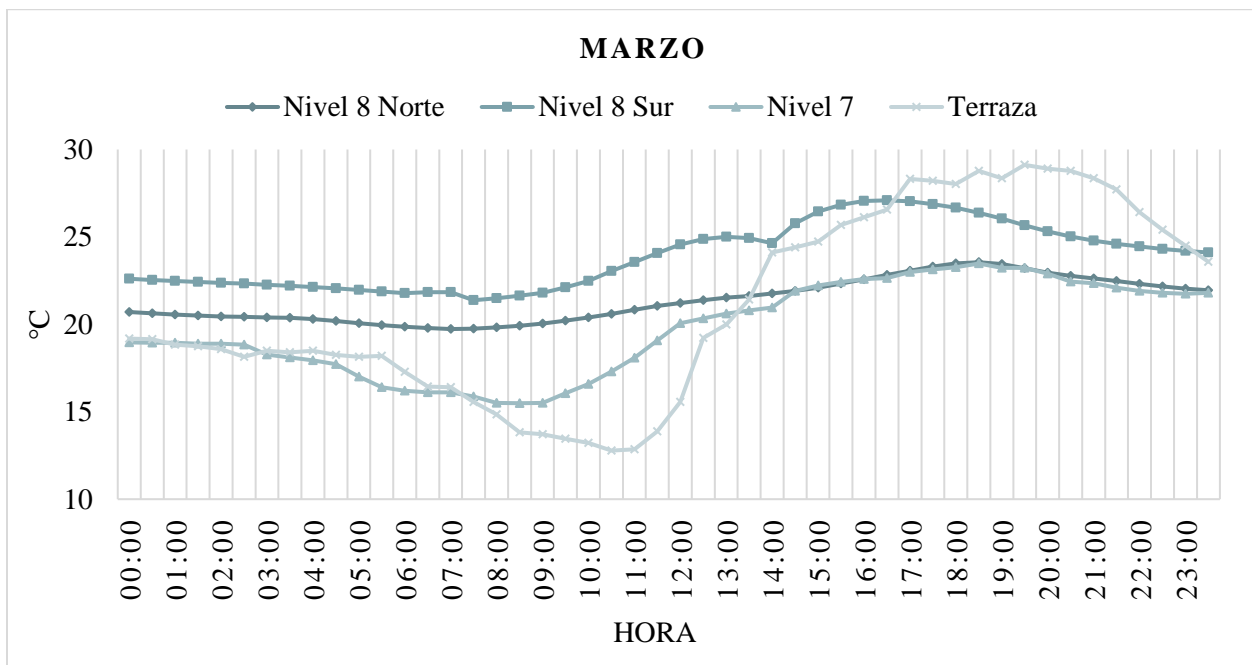
**Figura 52.** Promedios mensuales por equipo de monitoreo | Marzo-junio



Conforme al análisis de la [Figura 52](#) y lo que manifiestan los usuarios se fijaron los meses con las temperaturas más bajas y altas. Los promedios mensuales fueron completos, sin separar turnos diurnos, nocturnos o, en este caso, el horario laboral de la edificación; al tener claro el periodo mensual se analizó mediante el fichaje las temperaturas más drásticas en horario laboral del caso de estudio.

A consecuencia del análisis anterior se encontró que en marzo la temperatura interior más baja se registró el 27 de marzo a las 7:00 *a.m.* en zona norte del nivel 8, con 19.73 °C, así que, se realizó la [Figura 53](#), donde se hace la comparativa de este día en las zonas del nivel 8, 7 y con exterior. Se analizó que la zona norte del nivel 8 es mayormente fría en comparación de la sur, mientras que el nivel 7 se mantiene menor que la zona norte la mayor parte del día, hasta las 15:00 hrs. se nivela con el 8 norte. El área exterior (terraza) muestra cambios bruscos, mientras que otras zonas tiene son graduales.

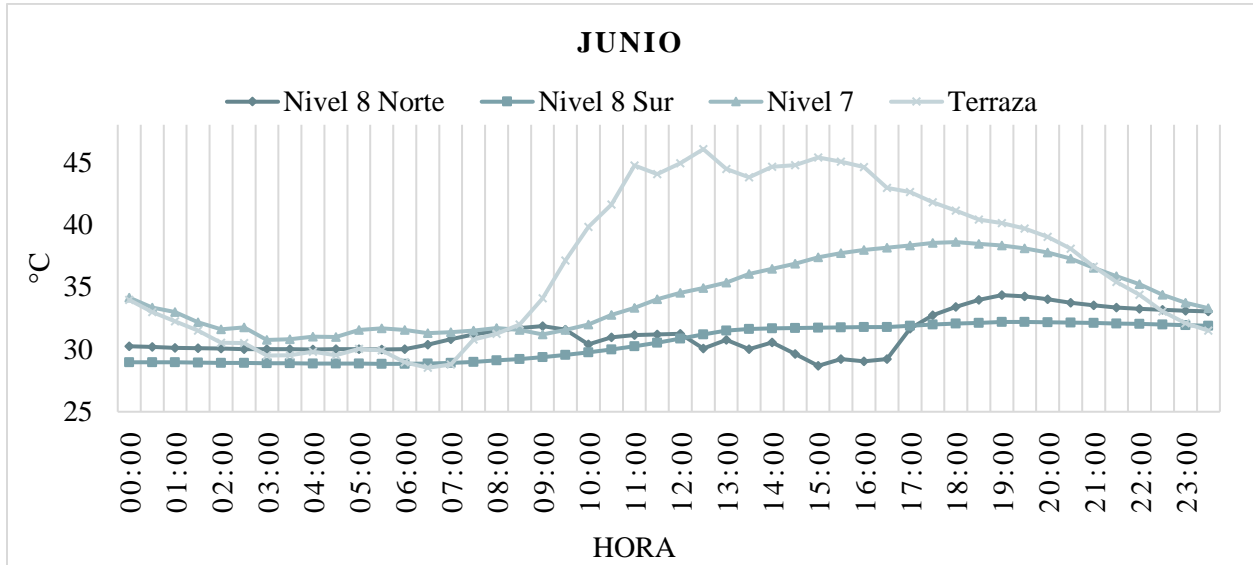
**Figura 53.** Monitoreo de Marzo | Día con temperatura más baja.



La temperatura interior más calurosa del nivel 8 ([Figura 54](#)) correspondió al 13 de junio en zona norte, donde se registraron 34.34 °C en el interior. A pesar de que el área sur es la más afectada por su ubicación geográfica, mantiene una constante gradual en su temperatura. El exterior muestra cambios bruscos de temperatura, en el sensor de la terraza y en el nivel 7; sin embargo, las variantes

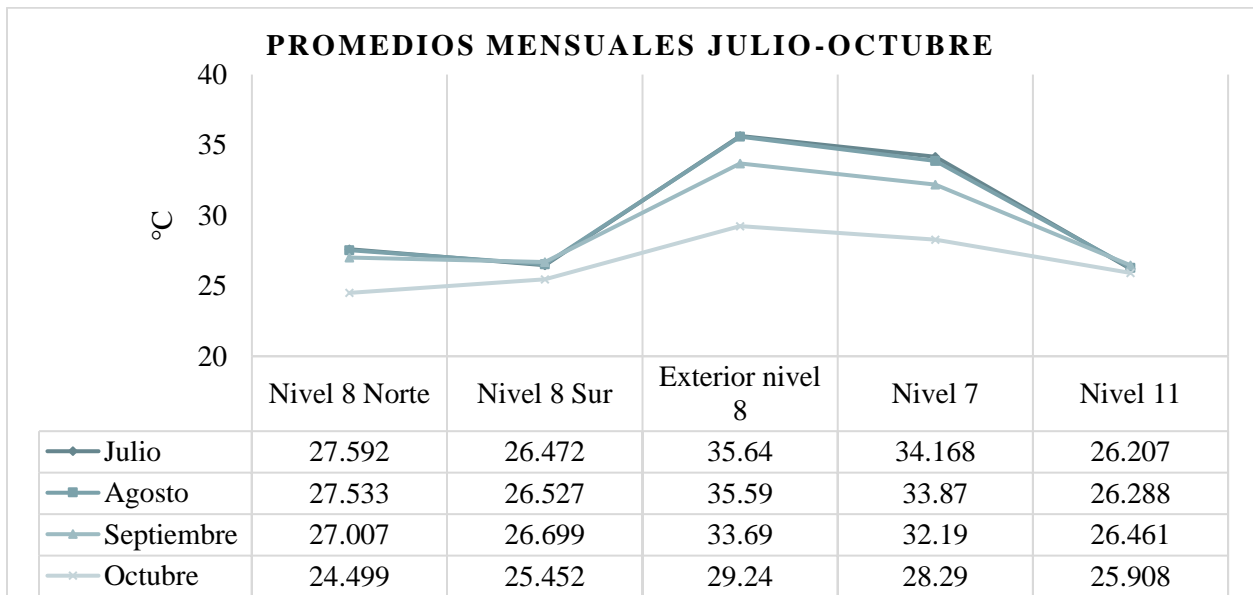
del nivel 8 norte son las que se expresan diferentes, ya que tiene ciertos “brincos” de temperatura y no sigue una forma sucesiva con en el lado sur.

**Figura 54.** Monitoreo de Junio | Día con temperatura más alta.



Posteriormente se continuó con la descarga de información del mes de julio a octubre, en el mes de noviembre 2021, en donde se realizó el mismo fichaje y diagramas anteriormente mencionados para analizarlos. Asimismo, se expresa en la **Figura 55** los promedios mensuales.

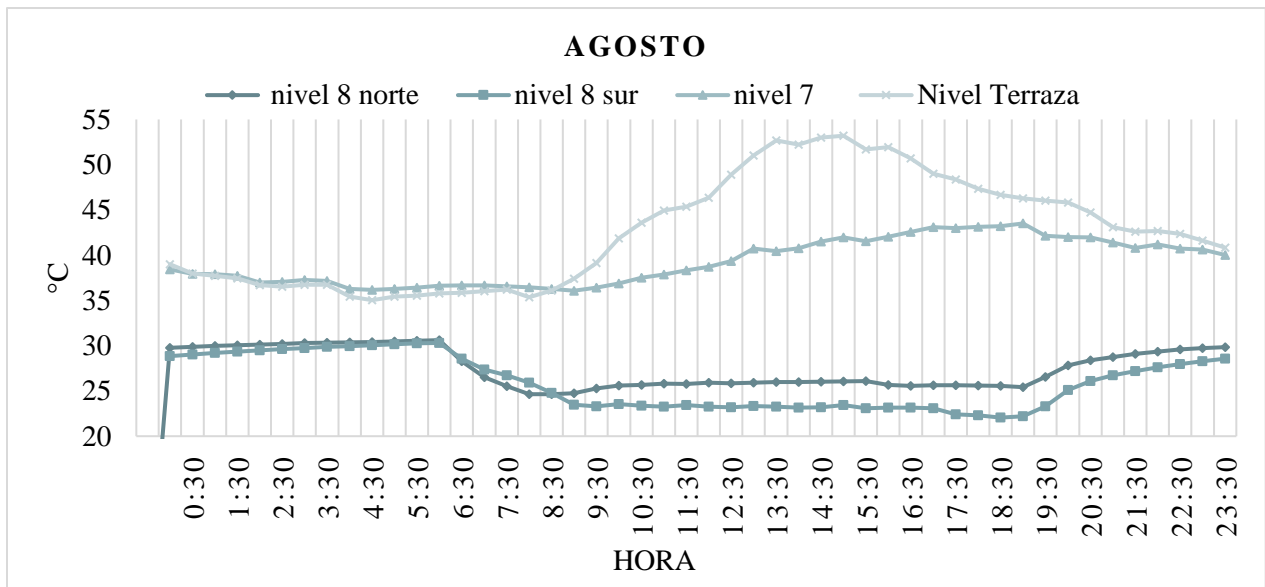
**Figura 55.** Promedios mensuales por equipo de monitoreo | Julio-octubre



El segundo bloque de meses monitoreados de julio a octubre corresponde a la temporada más calurosa de Mexicali, donde Cedar Lake Ventures expresa que el mes de julio corresponde al más cálido del año; sin embargo, en este estudio y lo registrado por el equipo de monitoreo exterior, es agosto, en donde se registró una temperatura de 53.19 °C el día 04 del mismo mes a las 15:00 hrs. En adición, en la Figura 55 se aprecia cómo las temperaturas interiores en las diversas zonas se mantienen semejantes, lo que se considera debido al aire acondicionado.

En el último ensayo se realizó la Figura 56 para evaluar el día más cálido, el cual fue 04 de agosto 2021. Aquí se refleja claramente la función de los equipos exteriores e interiores, es decir, se generan dos grupos de información, en donde el más drástico es el que está expuesto en la terraza y el nivel 7, a pesar de estar en exterior mantiene una temperatura gradual y no aumenta drásticamente como el equipo ubicado en el exterior.

**Figura 56. Monitoreo de agosto | Día con temperatura más alta.**

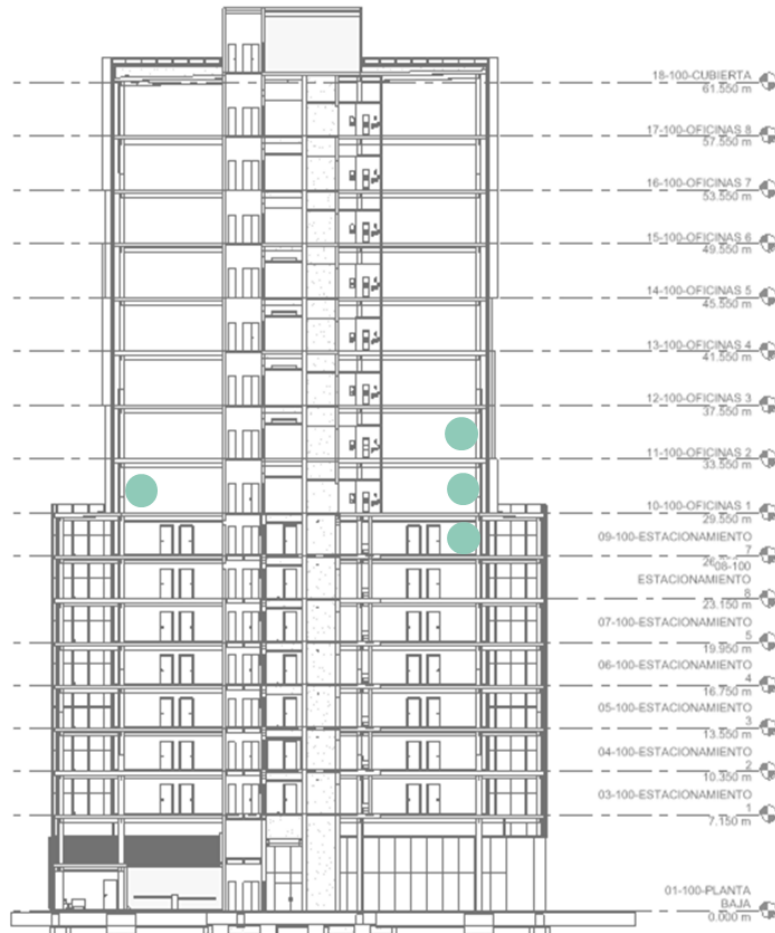


En cuanto lo correspondiente a las zonas norte y sur, en su totalidad las temperaturas son similares, en donde por muy poco el lado sur se mantiene más bajo. La gradualidad de los monitores internos se considera que es debido a que el sistema de aire acondicionado fue encendido, por el regreso de los usuarios a las oficinas, ya que por pandemia COVID-19 se encontraban fuera los primeros 8 meses del año 2021.

Por consiguiente, al evaluar los datos obtenidos, tanto de monitoreo como el resto de la metodología expuesta para dar solución a la problemática, se considera un ajuste en la estrategia

de análisis. Se decide reubicar los sensores térmicos para confirmar y sostener las hipótesis de transmitancia térmica y el trasvase de energías que se consideran entre los niveles 7 y 8. La evaluación correspondió a un eje o columna en específico y se colocaron 4 monitores; el primero se ubicó en la losa inferior del nivel nueve, el segundo y tercero en el 8, uno en zona norte y otro en sur y por último uno en el 7, es decir área de estacionamiento. (Figura 57)

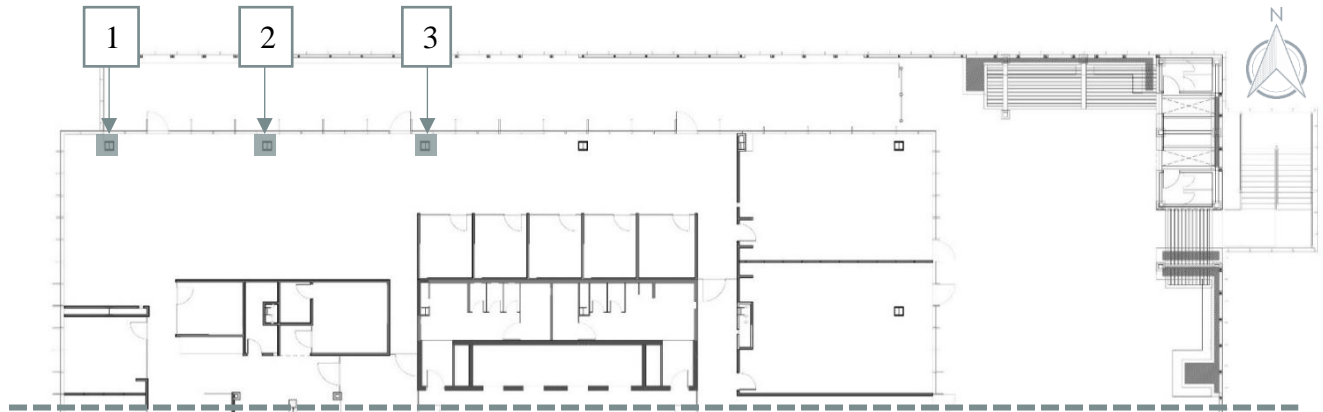
**Figura 57.** Corte longitudinal | Reubicación de Hobos



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

En anexo a este monitoreo, se realizaron mediciones de temperatura en puntos estratégicos con un termómetro infrarrojo digital tipo pistola para graficar y analizar las losas. La estrategia comprendió en realizar un monitoreo en tres columnas (Figura 58) donde los puntos correspondientes fueron: losa superior e inferior, orientación norte, sur, este y oeste en los niveles 7, 8 y 9. Se utilizó un formato para el levantamiento de información. (ver Anexo A-02)

**Figura 58.** Ejes o columnas seleccionados para monitoreo.



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

El proceso de monitoreo se realizó en tres días. El primer día se modificó la ubicación de los equipos HOBO existentes y se dio inicio al nuevo estudio; el segundo se aplicó el experimento en donde inicialmente se seleccionaron las columnas y sus ejes. La medición de temperatura con termómetro infrarrojo consistió en colocarse frente a la columna y tomar medidas. Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 9.**

Monitoreo con termómetro infrarrojo.

Eje	Nivel	No.	Losa superior	Losa inferior	Norte	Sur
<b>E</b>	9	1	25.1	25.3	25.2	25.3
		2	25.1	24.9	25.9	25.5
		3	25.4	24.8	25.2	x
	8	1	24.2	23.7	22.9	x
		2	23.4	22.9	22.4	23.7
		3	24.1	22.5	23	23.4
	7	1	23.5	22.7	22.8	27.5
		2	21.9	21.8	23.3	24.8
		3	21.7	20.1	23.5	23.8

*Nota.* El dato “x” no representa valor por no alcanzar rango.

El tercer día se hizo la descarga de la información de los equipos HOBO de monitoreo, esto como método de comprobación de las mediciones que presentan los monitores conforme al termómetro

infrarrojo y así, verificar su función. Al realizar el análisis con pistola termográfica se registró la hora exacta de la toma de datos. A continuación, se muestra la comparación por nivel:

**Tabla 10.**

Comparación de equipos de monitoreo

<b>NIVEL 9</b>		
<b>HORA</b>	<b>Termómetro infrarrojo</b>	<b>Hobo</b>
<b>8:32 AM</b>	25.3	23.88
<b>8:41 AM</b>	24.9	23.88
<b>8:46 AM</b>	24.8	23.88
<b>NIVEL 8</b>		
<b>8:55AM</b>	23.7	22.30
<b>9:00 AM</b>	22.9	22.61
<b>9:06 AM</b>	22.5	22.61
<b>NIVEL 7</b>		
<b>9:59 AM</b>	23.5	22.18
<b>10:05 AM</b>	21.9	22.29
<b>10:08 AM</b>	21.7	22.29

### 5.4 Descripción de resultados

La interpretación de hallazgos que se refleja en este apartado son los factores que se consideran relevantes para la aplicación metodológica de la investigación. Así mismo, expresa el desarrollo y apreciación de los objetivos que se propusieron para exposición de la hipótesis. A continuación, se enlistan los hallazgos fundamentales de la aplicación de la fórmula de Auliciems de las temperaturas normales mensuales contra el equipo de monitoreo:

- Temperatura máxima y mínima interior, reflejan rangos fuera de la zona de confort y en horario laboral.
- Temperatura máxima interior: 13-Jun-21 19:00 hrs. con 34.34 °C
- Temperatura mínima interior: 27-Mar-21 7:00 hrs. 19.730 °C
- Sensores exteriores se comportan con cambios drásticos esperados.
- Las temperaturas de zona norte y sur del nivel 8 se comportan diferente

- La zona sur mantiene temperaturas más bajas.

Al contemplar que los promedios mensuales de temperatura en las zonas norte y sur del nivel 8 eran diferentes se procedió observar los días con intervalos extremos. Se obtiene que al comparar los grados máximos y mínimos de los meses de casos extremos salen de la zona de confort, tanto para los rangos de *CONAGUA* de temperatura neutra normal y los del equipo de monitoreo exterior. A continuación, se refleja cómo fueron enlistados mensualmente los hallazgos fundamentales:

*Hallazgos fundamentales de ambos meses:*

- Ambos meses en el nivel de oficinas, 8, zona sur y norte muestran rangos fuera de confort térmico.
- Zona norte y sur del nivel 8 se comportan diferente.
- Y los sensores exteriores, terraza y estacionamiento, se comportan con cambios drásticos esperados.

*Hallazgos fundamentales de Marzo:*

- Se manifiestan temperaturas continuas en el interior.
- Nivel 7 muestra temperatura más baja que nivel 8.
- Nivel 7 y zona sur muestran temperaturas similares

*Hallazgos fundamentales de Junio:*

- Temperatura sur es continua y norte no continuo
- Se presentan “Brincos” drásticos en zona norte

## 5.5 Conclusiones de capítulo | Interpretación de hallazgos

---

Como primer dato a concluir es que definitivamente se presenta una problemática climática dentro del nivel 8, con más enfoque en el norte. Una de las teorías de sensación térmica por parte de los usuarios es que el nivel inferior transmite frío, donde el lado sur no sería tan castigado por esta teoría, ya que, por la ubicación geográfica recibe radiación solar la mayor parte del tiempo, por ello podría ser que el frío se transmite así, aunque en algunas ocasiones se perciba calor en dicha

zona, el aire acondicionado, según lo reflejan las gráficas permite una temperatura continua, lo cual clarifica que el equipo está funcionando adecuadamente.

Así mismo, la problemática del lado norte, que principalmente es el frío, se confirma, ya que sale de la zona de confort. Además, al evaluar las gráficas, se aprecian “brincos” de temperatura, lo que definitivamente marca una pauta diferencial, esto puede ser a diversos factores: el incorrecto uso de las cortinas, que el equipo de aire acondicionado no esté regulado para cambios bruscos de temperatura o que el abatimiento de puertas de esta área provoque estas variaciones.

Conforme al punto fijo (*set point*) del edificio, 23.33 °C, se puede expresar que el promedio mensual, en las tablas de zona de confort, se mantienen dentro de la temperatura neutra deseada. Sin embargo, al evaluar el día más frío en invierno y calurosos en verano, se aprecia claramente diferencias.

## **CAPÍTULO 6: MODELO NUMÉRICO-SOFTWARE APLICADO.**

---

### *Resultados y discusión*

## 6.1 Introducción

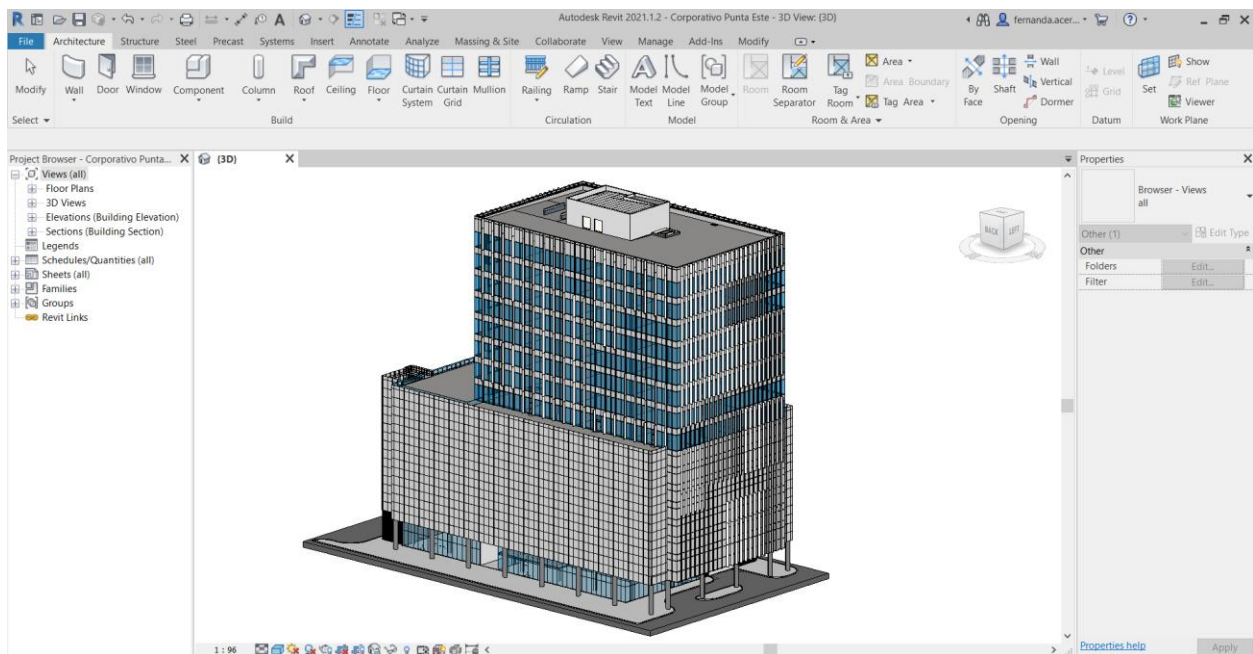
El capítulo seis representa una síntesis del proceso del modelo numérico en *Design Builder*, donde, además se utilizó *Revit* para desarrollo de proyecto arquitectónico. Todas las características constructivas del caso de estudio fueron proporcionadas con fines educativos del presente trabajo de obtención de grado.

## 6.2 Proceso de modelo numérico | Design Builder.

### 6.2.1 Proceso de obtención de datos para modelo numérico.

La simulación se desarrolló mediante *Design Builder* en la semana más crítica de invierno, ya que, como se demostró en el **CAPÍTULO 5**, dicha estación del año presentó rangos fuera de la zona de confort en oficinas del nivel 8. El primer paso fue analizar el edificio en *Revit* (**Figura 59**) para el fácil dimensionamiento del proyecto, apreciación de áreas y características de muros y envolvente.

**Figura 59.** Revit | Caso concreto a intervenir.



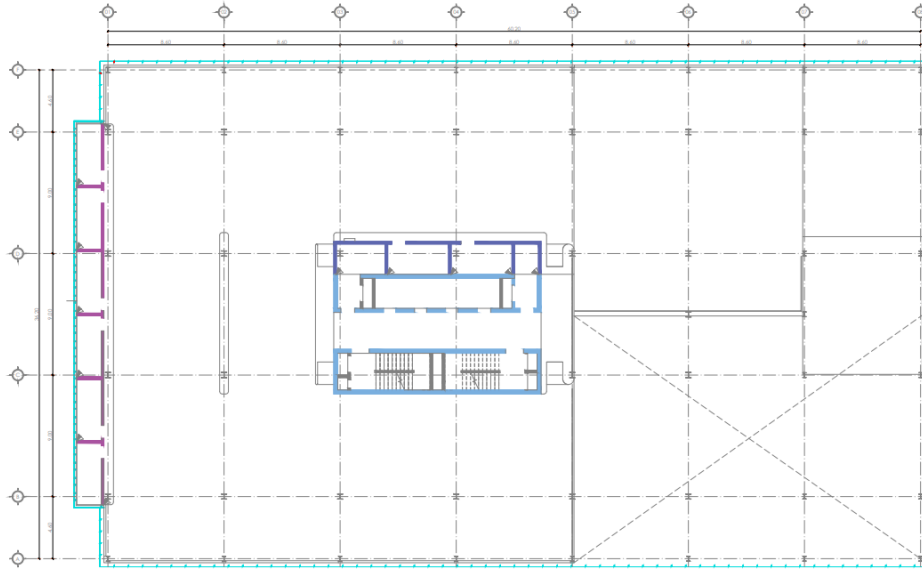
Colaboración con: (Punta Este Corporativo, 2022) en Revit 2022.

#### 6.2.1.1 Desarrollo de características térmicas | Envolvente

Antes de dar inicio con el proyecto de *Design Builder*, con el levantamiento de información y datos proporcionados, se desarrollaron plantas arquitectónicas de los niveles 7,8 y 9, en donde se elaboró un desglose de muros interiores y perimetrales, losas y características para desarrollar sus

propiedades en el programa. Al clasificar los muros se le otorgó una “clave” para su fácil localización y dibujo en el software. A continuación, se muestra parte dicha clasificación, por temas de privacidad no se presentarán todas las plantas arquitectónicas elaboradas:





**Figura 60.** Nivel 7 estacionamiento



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

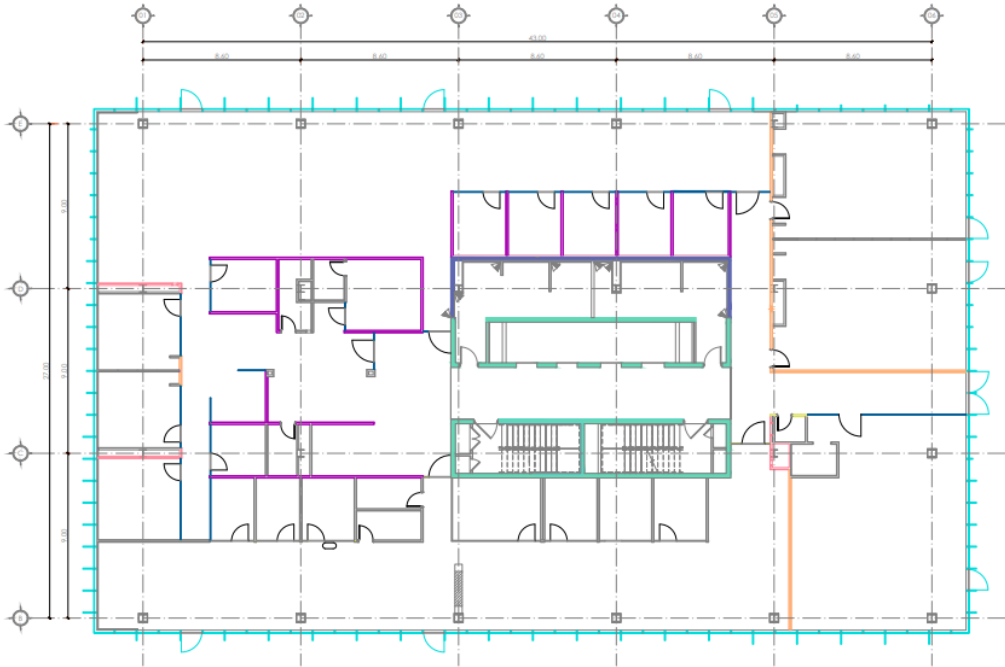
**Tabla 11.**

Desglose de muros | nivel 7

Nivel	Representación	Muro	Sistema constructivo
7		LM-01	Muro perimetral de lámina perforada.
		ME-01	Muro estructural de concreto de 30 cm.
		MB-01	Muro de block común de 20 x 20 x 40cm + block dala @5 hiladas + sellador 100% acrílico al interior + emplaste al exterior a base de mortero cemento-arena proporción 1:4.
		MP-01	Muro a base de perfil metálico de 6" cal.20 + hoja de cartón de yeso de 1/2" ambas caras.

Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)






**Figura 61.** Nivel 8 oficinas



Elaboración propia con información de: (Punta Este Corporativo, 2022)

**Tabla 12.**

Desglose de muros | nivel 8

Nivel	Representación	Muro	Sistema constructivo
8		LM-01	Muro perimetral de lámina perforada. Cancelería de perfil de aluminio en la parte inferior y superior de 2"x4", sellado con banda de sonido entre junta de vidrio.
		MC-01	Vidrio de 12.7mm claro templado
		ME-01	Muro estructural de concreto de 30cm de espesor.
		MB-01	Muro de block común de 20 x 20 x 40cm + block dala @5 hiladas + sellador 100% acrílico al interior + emplaste al exterior a base de mortero cemento-arena proporción 1:4.
		MP-02	Muro interior a base de perfiles metálicos de 3 5/8" cal 25 @ 24" + 1 hoja de cartón de yeso tipo estándar de 5/8" sobre canal resiliente rc-1 de 1/2" cal.25, en la cara interior + una hoja de cartón de yeso tipo estándar de 5/8" en la cara opuesta, incluye aislante de fibra de vidrio r-11 (3 1/2")

Elaboración propia con datos de: (Punta Este Corporativo, 2022)

El punto clave para vaciado de datos al modelado numérico -*Design Builder*- fue conocer el sistema constructivo, clasificarlo en capas y vaciar datos de características térmicas. Se analizaron diversas fichas técnicas, citas bibliográficas y algunos cálculos citados en el desarrollo de la clasificación LEED (Tabla 13).

Se optó por seleccionar en primera instancia valores de materiales que tengan valides en territorio mexicano y las más actuales. Dicha tabla se desarrolló con el fin de tener parámetros comparables con factores expuestos en *Design Builder*, ya que el software por sí solo desarrolla ciertos cálculos, si bien se puede otorgarle rangos específicos, se considera factible utilizar los del programa debido a la precisión y simulación que ofrece.

**Tabla 13.** Características térmicas de materiales.

Material	Fuente	Espesor (M)	Conductividad Térmica W/m <sup>2</sup> ·°C	Densidad kg/m <sup>3</sup> (P)	Valor	Valor
	*				R	u
					m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K
He muros	G				0.0441	22.70
Hi muros	G				0.1206	8.29
He losa	G				0.0441	22.70
Hi losa	G				0.1631	6.13
Aire	A	0.01	0.9653	1.2000	0.0104	96.53
Lamina perforada	F	0.50			0.4902	1.49
Concreto	B	0.30	2.5000	2500.00	0.1200	8.33
Emplaste M C-A1:4	C	0.01	0.1400	2130.00	0.0714	14.00
Block 20x20x40	D	0.20	0.2380	1950	0.8403	1.19
Sellador acrílico	G	0.01	0.2000	1050.00	0.0500	20.00
Hoja de cartón de yeso 1/2"	B	0.0172	0.1900	600.00	0.0905	11.05
Cartón de yeso 5/8"	B	0.01588	0.1800	600.00	0.0882	11.34
Aislante de fibra de vidrio R-11						
3 1/2"	G	0.0889	0.0460	0.12	1.9326	0.52
Alfombra con espuma de poliestireno	G				0.4200	2.38
Hoja Durock 1/2"	E	0.017	0.0990	921.66	0.1283	7.795

*Nota:*\*Fuentes: A (Serway & Jewett, 2008); B (Núñez Carrasco, Aramburu Gaviola, & Botran Rodríguez-rey, 2012); C (Tudela, 1982); D (Industria bloquera mexicana., n.f.); E (Corporacion USG, n.f.); F (Propuesta cálculos LEED, 2019); G (Luna & Gallegos, 2020)

Por lo tanto, con datos de muros de la [Tabla 11](#) y [Tabla 12](#) y con las características térmicas de los materiales ([Tabla 13](#)) se realizó el desglose de muros con sus características y se obtuvieron valores R y U totales. A continuación, se muestra un análisis tipo de muros:

**Tabla 14.**

Desglose de muros tipo.

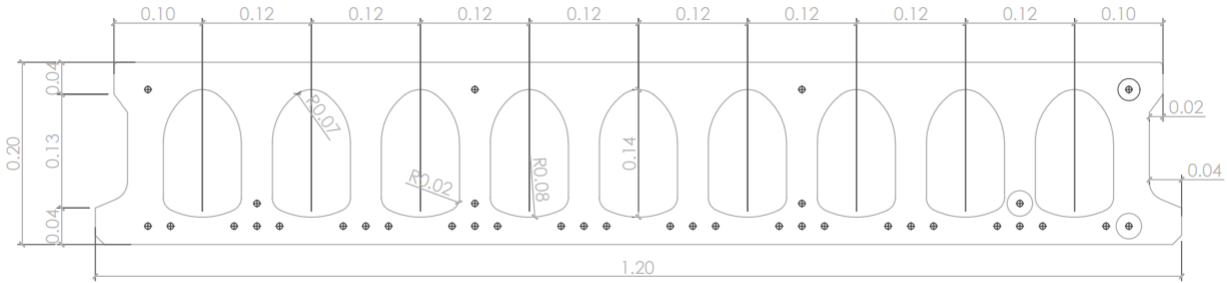
Muro	Material	Espesor	Conductividad Térmica	Densidad	Valor R	Valor u
		(M)	W/m <sup>2</sup> ·°C	kg/m <sup>3</sup> (P)	m <sup>2</sup> ·K/W	W/m <sup>2</sup> ·K
	He	0.01			0.0441	22.70
<b>MB-01</b>	Emplaste mortero cemento-arena 1:4	0.01	0.140	2130	0.0714	14.00
	Block 20x20x40cm	0.20	0.238	1950	0.8403	1.19
	Hi	0.01			0.1206	8.29
					R total:	1.0764

### 6.2.1.2 Desarrollo de características térmicas | Losa

En cuanto a valores R del muro cortina del nivel 8, se utilizaron los expuestos en el [CAPÍTULO 3](#) y para el factor R de la losa alveolar, se realizó una interpolación de temperaturas en el software MATLAB en base datos obtenidos en el experimento de medición con pistola de infrarrojo y formulario de (Serway & Jewett, 2008, pág. 574), donde a su vez se integró un cálculo con el archivo Excel de estimación valor R y U de (Luna & Gallegos, 2020).

Se realizaron dichos cálculos debido a la falta de información por el proveedor, quien, solo proporcionó el esquema exacto del desarrollo de la losa alveolar y características generales y estructurales del material.

**Figura 62.** Detalle constructivo de losa alveolar.



Proceso de resistencia térmica de losa alveolar por interpolación de temperaturas.

A continuación, se muestra parte del proceso de cálculos y comparativa de factores de un eje (eje 1-nivel 7) ya que, el presente calculo se realizó en cada uno de los ejes y niveles expuestos en el **CAPÍTULO 5.**

**Cálculo Valor R:**

**tn:** 25

**sa:**  $9*s1=1.3854e+03$

**tga:** 14

**ta:**  $sa/120=11.5454$

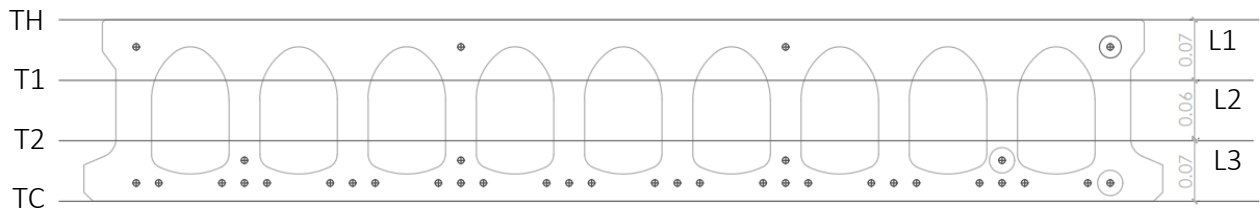
**s1:**  $(tga^{2/4})*3.1416$

**tgc:**  $tn-ta=1$

1

**1. Interpolación de losa para factor R.**

**Figura 63.** Detalle constructivo de interpolación | losa alveolar



Temperaturas eje 1 (Valores obtenidos de medición mediante termómetro infrarrojo)

**TC=14.8**

**TH=11.4**

Desarrollo:

**dt=TC-TH=3.40**

**T1=TH+Gt\*7=12.3520**

**Gt=dt/25=0.1360**

**T2=TH+Gt\*13=13.1680**

### 1. Conducción térmica Eje 1:

$$K=0.8 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$$

$$L2=0.06 \text{ m}$$

$$TH=11.4 \text{ °C}$$

$$A=0.13454 \text{ m}$$

$$L3=0.07 \text{ m}$$

$$T1=12.3520 \text{ °C}$$

$$L1=0.07 \text{ m}$$

$$TC=14.8 \text{ °C}$$

$$T2=13.1680 \text{ °C}$$

$$P1=(K*A)*((TC-T2)/L3)=2.594$$

$$P2=(K*A)*((T2-T1)/L2)=1.4638$$

$$P3=(K*A)*((T1-TH)/L1)=1.4638$$

### 2. Conductividad térmica total del área de concreto.

$$P=(A*(Tc1-Th1))/((L1/K)+(L2/K)+(L3/K))=1.8297$$

$$R=(A*(Tc1-Th1))/P=0.25$$

$$R \text{ de losa alveolar: } 0.25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$\text{Valor } U=4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

### 3. Valor R total

$$R1=0.17*5.678263=0.9653$$

$$R2=0.25$$

$$R3=0.17*5.678263=0.9653$$

$$R_{total}=R1+R2+R3=2.1806 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$\text{Valor } U=1/2.1806 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$\text{Valor } U=0.4585 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

### Donde:

**Tgc:** área de temperatura gradiente concreto

**S1:** superficie de espacio 1 de aire

**Tn:** espesor concreto: 20 cm + capa de compresión: 5cm

("circulo")  $s1 = \pi (d)^2/4$

**Sa:** superficie del espacio de aire

**Tga:** temperatura gradiente de aire (espesor): 14 cm

**Ta:** espesor de aire

**P:** conducción térmica

**K:** conductividad de material

-concreto: 0.8 w/m.°c

**A:** área del concreto (0.13454 m)

**Dt:** temperatura gradiente (tc-th)

**Gt:** gradiente de temperatura de losa

-gt:dt/dx=th-tc/25 (donde dx: espesor de losa)

**T1:** Temperatura gradiente 1 (7cm)

**T2:** Temperatura gradiente 2 (13cm)

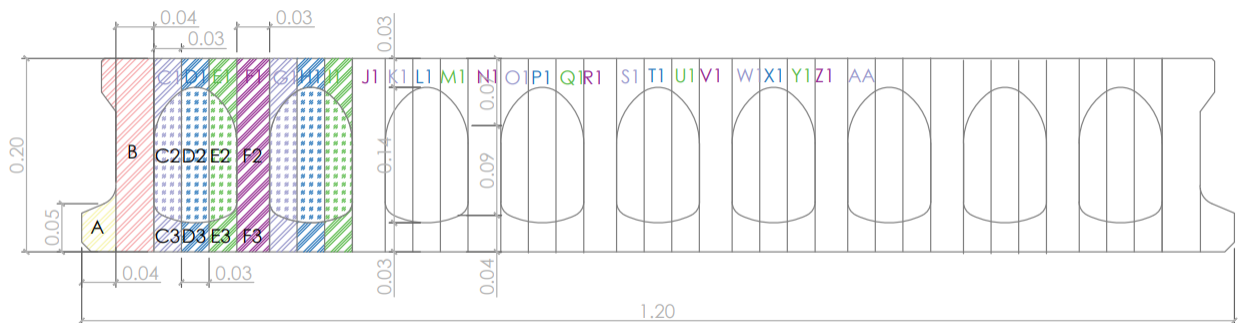
**L1,L2,L3:** distancia de punto de temperatura

Formulario de: (Luna & Gallegos, 2020)

### Proceso de resistencia térmica de losa alveolar por calculadora “Estimación valor R y U”

Dicho cálculo se basa en una hoja de cálculo Excel realizada por Luna y Gallegos, en donde para obtener valores R y U es necesario fraccionar en secciones (espesor y largo) el sistema constructivo a evaluar. A continuación, se muestra cómo se realizó la división de la losa alveolar para obtención de datos:

**Figura 64.** Detalle constructivo de losa alveolar | Fracciones



Una vez fraccionada la losa se integró en la hoja de cálculo el espesor y largo de cada capa, es decir:

- Primer valor: Capa A: Espesor 0.05 | Largo 0.04.

Al colocar dichos datos se seleccionó el material y por instancia se calcula conductividad y resistencia térmica por sección, una vez vaciada la información de cada espacio y material el programa proporciona el valor R y U, donde, dicha hoja de cálculo trabaja con coeficientes convectivos. Donde, se obtuvo el siguiente resultado final:

***R de losa alveolar: 0.312 m<sup>2</sup>·K/W***

***Valor U=3.21 W/m<sup>2</sup>·K***

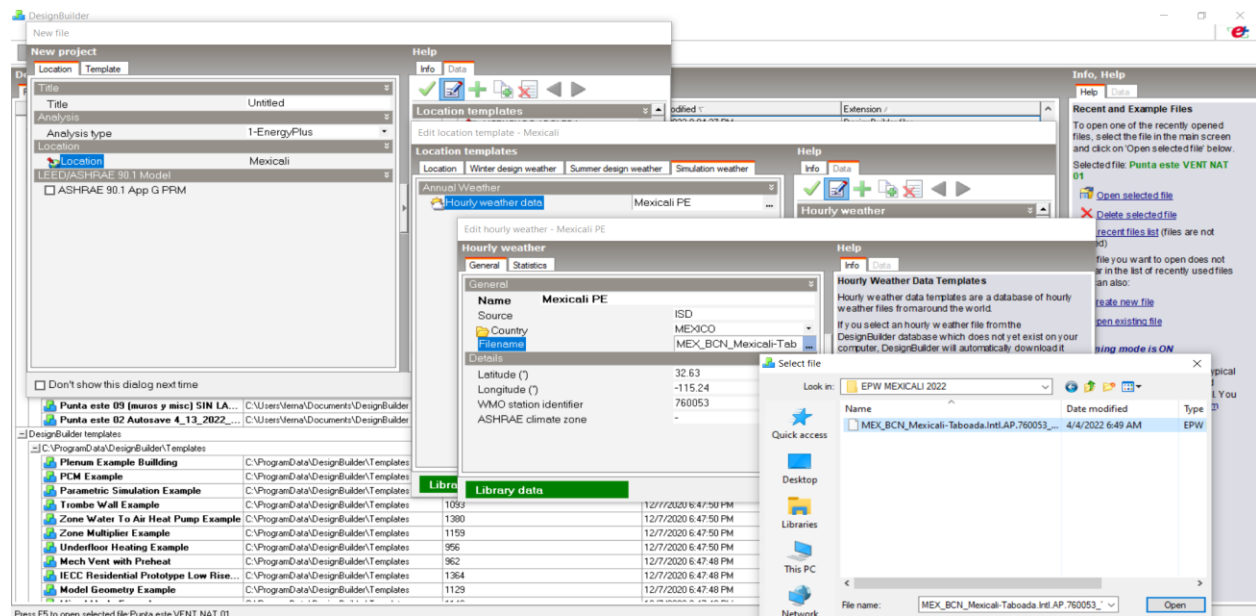
## 6.2.2 Levantamiento de modelo numérico | Design Builder.

Inicialmente el software *Design Builder* solicita otorgar un nombre al documento y ubicación geográfica del proyecto, esto para desarrollar actividades conforme a características climatológicas de la región. Sin embargo, el programa no cuenta con datos climatológicos de la ciudad de Mexicali, por lo que, se procedió a crear dicho registro. El proceso consistió inicialmente en descargar el archivo “*EnergyPlus Weather [EPW]*”: *MEX\_BCN\_Mexicali-Taboada* de *Climate One Building* (2022).

Una vez obtenido el archivo se puede crear una copia de alguna ubicación similar a la que pretende desarrollar o crear una de cero, ya que, el programa no permitirá editar alguna fuente existente o en dado caso se cambiaran datos predeterminados de una ubicación. Al tener el nuevo registro con el nombre de la ciudad a desarrollar, el programa permite otorgar la localización y se abre la pestaña de editar plantilla (edit location template).

Inicialmente se localizó la zona horaria (time and daylight saving) y otros datos que solicita; después, en la pestaña de simulación de clima (simulation weather) se creó un archivo de clima para editarlo. Una vez realizado el paso anterior, se editó el registro y ahí apareció la pestaña de “editar hora clima” (edit hourly weather) y en el espacio de “nombre de archivo” (file name) se cargó archivo EPW. (Figura 65).

Figura 65. Desarrollo de archivo clima | Design Builder



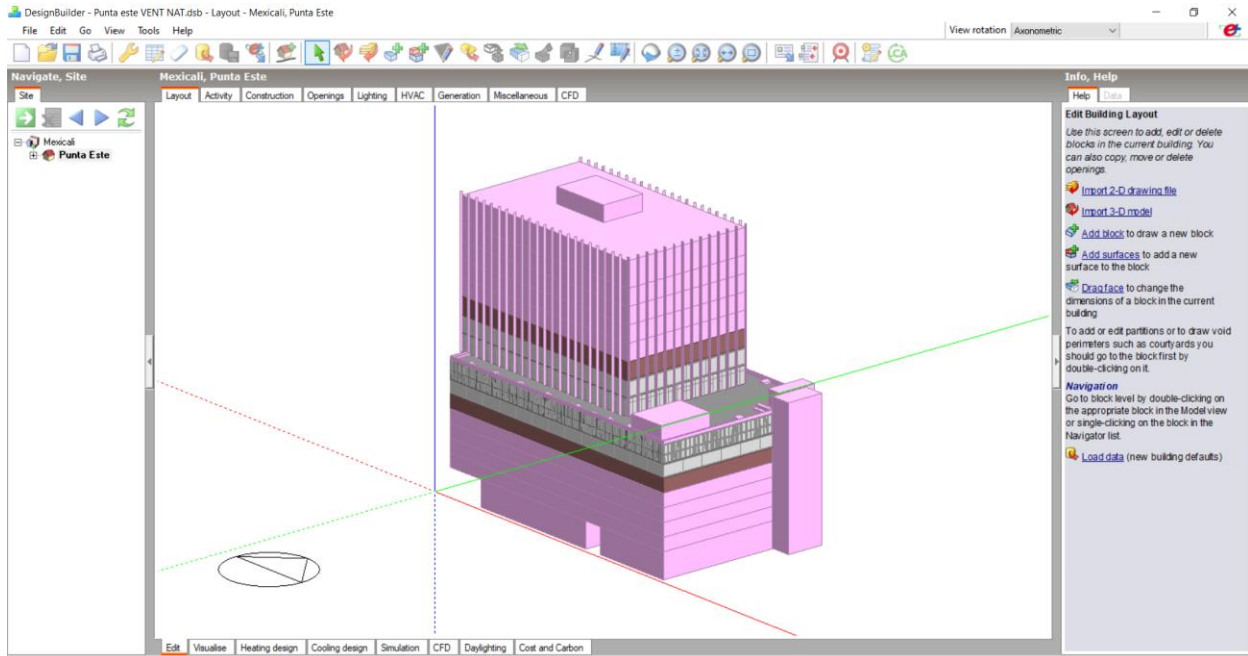
Simulación con software: (Design Builder, 2022)

Una vez que se incorporó el archivo de clima se dio inicio a desarrollar el levantamiento volumétrico, aquí se necesitaron dimensiones del perímetro. El programa permite dibujar mediante “*bloques de dibujo*” que son “*formas geométricas*” con las que se desarrolla el proyecto. Dichos bloques son de tres tipos: edificio, en el cual es posible integrar las características térmicas, espesores y divisiones del elemento; componente, bloques que se representan como “sólidos” y no generaran zonas térmicas, pero permiten analizar obstrucciones solares que puedan afectar a la edificación. Y, por último, de contorno o bloques “auxiliares” que pueden manipularse o cambiar propiedades de ser necesario. (Ordoñez, 2014)

El bloque de componente a su vez posibilita elaborar otros sólidos o bloques que no contienen zonas térmicas necesarios para modelar el proyecto, que son: estándar, comprende de sombras y reflexiones; terreno, establecer adyacencias de cerramientos al terreno; y adiabático, función similar a estándar que permite fijar cerramientos contiguos con condiciones térmicas semejantes (Ordoñez, 2014).

Primero se generó el edificio base, donde el dibujo del proyecto comprendió de planta baja y los primeros cuatro niveles como componentes de bloque estándar, seguido por el nivel 5 como adiabático y los niveles seis y siete como bloques de edificio. El desarrollo de bloques de oficinas fue a inversa de estacionamiento, los niveles ocho y nueve fueron bloques de edificio, el 10 en adiabático y el resto de los niveles como proyecciones en terraza, azotea y escaleras emergencia en bloque estándar.

Figura 66. Levantamiento de proyecto | Design Builder



### Simulación con software: (Design Builder, 2022)

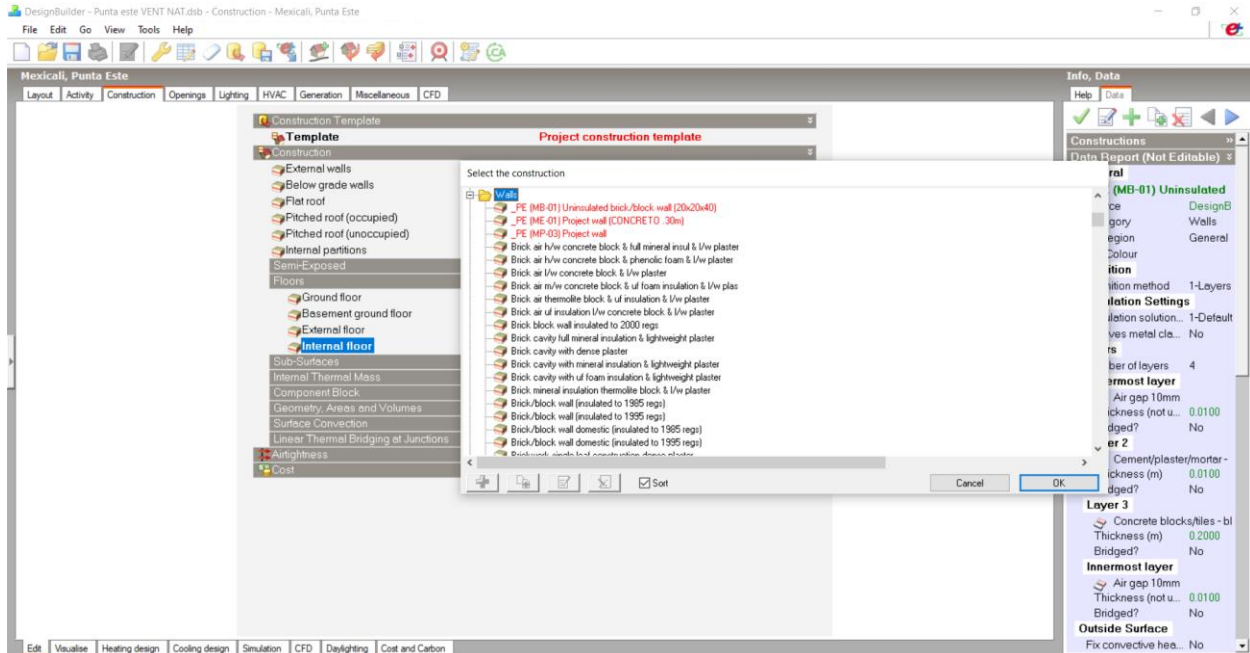
Primordialmente el enfoque de la simulación fue analizar el desempeño del nivel ocho de oficinas y siete de estacionamiento, donde, bajo asesoría de expertos, se desarrolló el levantamiento de dicha forma.

Al tener el volumen se procedió a desarrollar características arquitectónicas del proyecto para simulación. Se realizaron diversos archivos con factores diferentes, esto con el fin de tener valores de referencia y ejecutar una propuesta de solución. Sin embargo, entre los parámetros que se mantuvieron similares son la *actividad* (office buildings-office-open); *construcción*: se vaciaron datos de plantilla como lo es en muros y losas; *aberturas*: se expuso propiedades de muro cortina en nivel ocho y nueve, además de características de aberturas del nivel seis y siete; *iluminación*: se seleccionó una plantilla general (common space, office-open plan) y sistema de HVAC se propuso el que integra el caso de estudio.

Todas las propiedades fueron elaboradas conforme a lo expuesto en el apartado 6.2.1 *Proceso de obtención de datos para modelo numérico*. Así mismo, es fundamental tener organización en el proyecto, en especial al momento de crear materiales, en donde, en este caso se crearon nuevos componentes para poder dotar de características necesarias. Además, para la factible búsqueda de materiales creados, se utilizó un guion bajo al inicio del nombre, lo que permite que se posicione

en la parte superior del listado. Por lo tanto, dichas propiedades de construcción se encuentran con la clave `_PE`, seguido del número asignado en la sección 5.2.1. Figura 67.

**Figura 67.** Desarrollo de plantilla de construcción | Design Builder.



Simulación con software: (Design Builder, 2022)

### 6.3 Simulaciones Design Builder.

Una vez modelado el caso de estudio con todas sus propiedades, funcionamiento, materialidad, climatología, entre otros, se procedió a simular. En primera instancia fue distinguir el comportamiento del edificio, en donde se esperaba que funcionara conforme a lo analizado en capítulos anteriores, es decir, las pérdidas y ganancias del nivel siete y ocho. Por consiguiente, se realizaron dos simulaciones, una con elementos de aire acondicionado (HVAC) en verano y otra con ventilación natural calculada en invierno.

Se realizó dicha selección de características de simulación por el funcionamiento de equipos en la ciudad de Mexicali, es decir, uso de aire acondicionado en verano y en invierno sin HVAC. El último análisis, bajo asesoramiento de expertos y lo expuesto en el **CAPÍTULO 2**, fue enfocado al problema por capilaridad.

## 6.2.1 Simulación 1-*Design Builder* | HVAC verano.

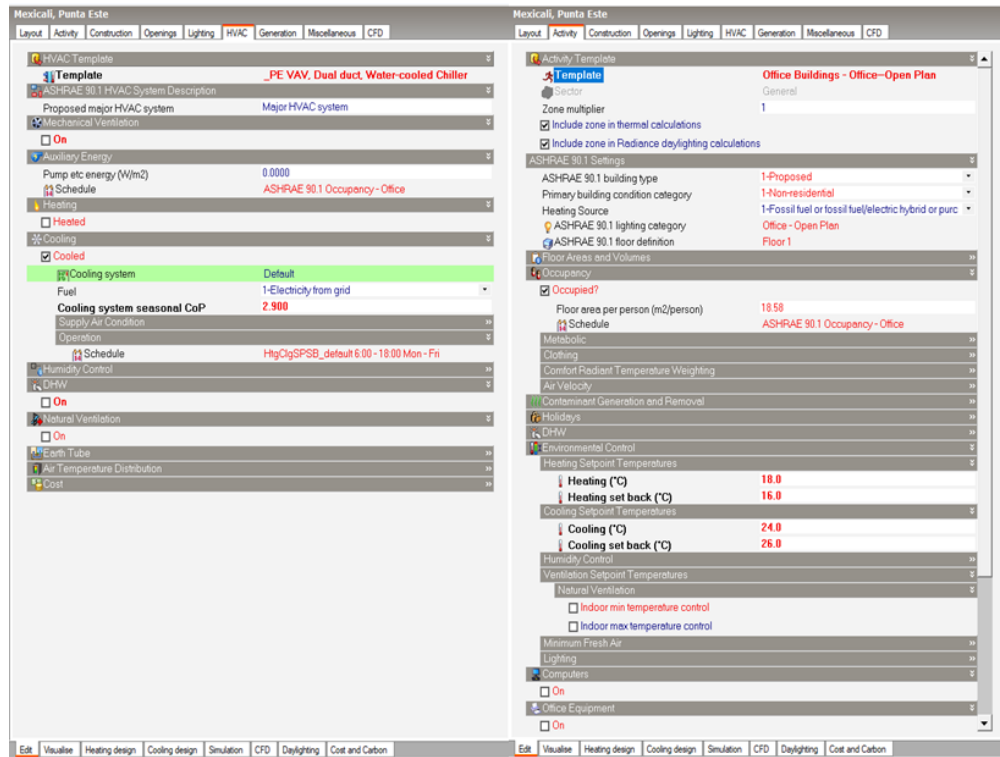
### 6.3.1.1 Proceso

A continuación, se muestra el proceso de simulación con HVAC, donde se analizó el funcionamiento del equipo de aire acondicionado y transferencias de calor o energía entre el nivel ocho y siete. Dicho ejercicio se realizó en la semana crítica de verano expuesta en *Design Builder* (summer design week) es decir, del 22 al 26 de julio.

El primero paso fue guardar el archivo con otro nombre, en este caso con las siglas HVAC, esto por si se presentaba algún error regresar al base. Por lo tanto, se situó a nivel edificio y modeló el aire acondicionado en la pestaña de “HVAC”. Los pasos relevantes fueron seleccionar el equipo correspondiente al **CAPÍTULO 2** y conforme a las características se desactivaron las casillas de ventilación mecánica y natural, calefacción, DHW y en operación (Schedule) se seleccionó la plantilla de horario de 6:00 hrs. a 18:00 hrs.

Después, en la pestaña de actividades en el control de ambiente (environmental control), se otorgaron parámetros de temperatura para el equipo y se eliminó ventilación natural, ya que no se cuenta con ventanas abatibles a nivel de oficinas. En el área de estacionamiento es lo contrario a la oficina, es totalmente ventilado por el exterior sin HVAC. En el apartado de aberturas se activó el control de flujo de aire (air flow control Windows) y además en apertura libre-porcentaje de área abierta, se manejó 80%, esto por el porcentaje aproximado de aire a través de la lámina perforada.

Figura 68. Principales características | diseño HVAC.



Simulación con software: (Design Builder, 2022)

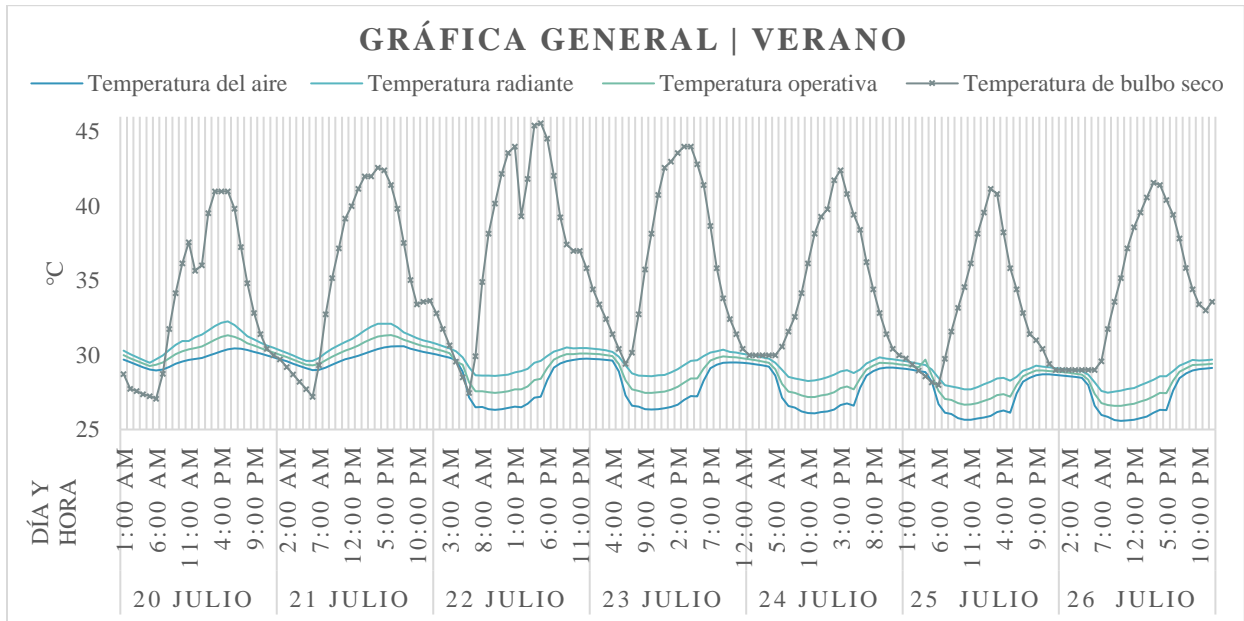
### 6.3.1.2 Graficas de simulación *Design Builder* | verano

Por consiguiente, una vez otorgados parámetros se realizó la simulación. En primera instancia se analizó el funcionamiento general del edificio y después por niveles, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

#### *Funcionamiento general.*

En los primeros dos días, 20 y 21 Julio corresponden a sábado y domingo, se puede apreciar claramente que el sistema HVAC no está encendido, esto por el calendario laboral que se programó, donde además se observa el choque de temperaturas con pérdidas y ganancias. Así mismo, el resto de los días se aprecia una oposición de temperaturas interiores y exterior, es decir, al encender el sistema de aire acondicionado la temperatura interior baja e intenta de mantenerse estable, mientras que la exterior es muy alta. Durante la noche o al terminar el horario laboral, el cual es de 6:00 hrs. a 18:00 hrs. la temperatura sube. [Figura 69.](#)

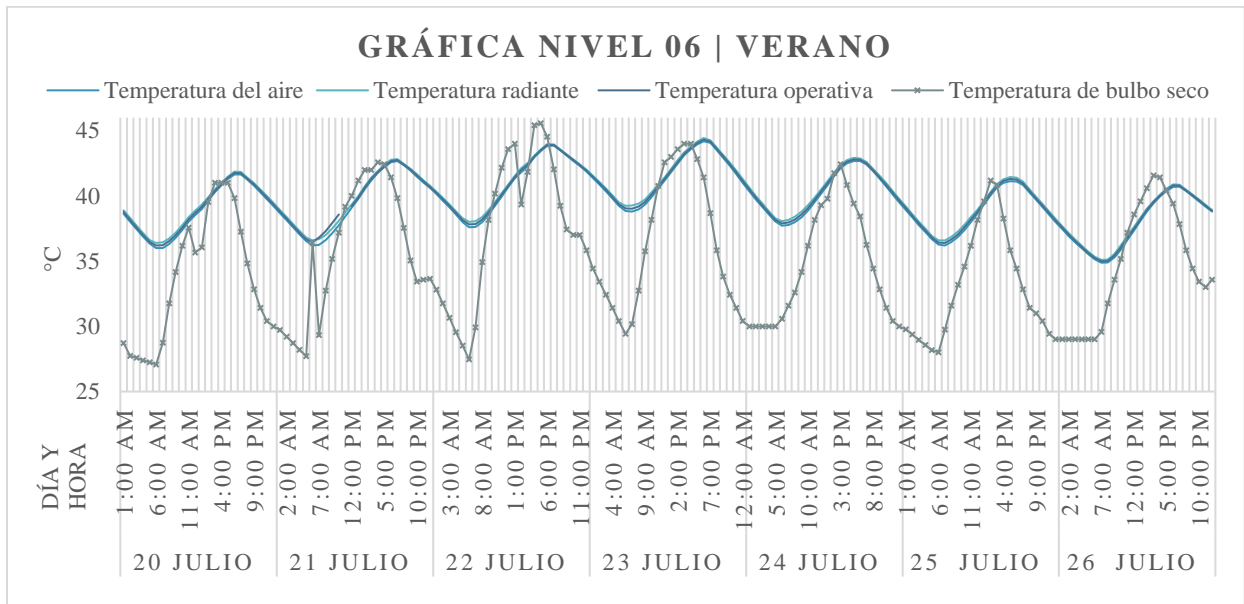
**Figura 69.** Gráfica general | verano



*Nivel 06 de estacionamiento.*

En nivel de estacionamiento se aproxima bastante a la temperatura exterior sin ser similar, se puede apreciar el retraso de transferencia de energía, donde el exterior tiene temperaturas superiores al interior. Cuando la temperatura es mayor se puede observar las ganancias de calor y al momento en que la curva de temperatura baja, se refleja las pérdidas de energía.

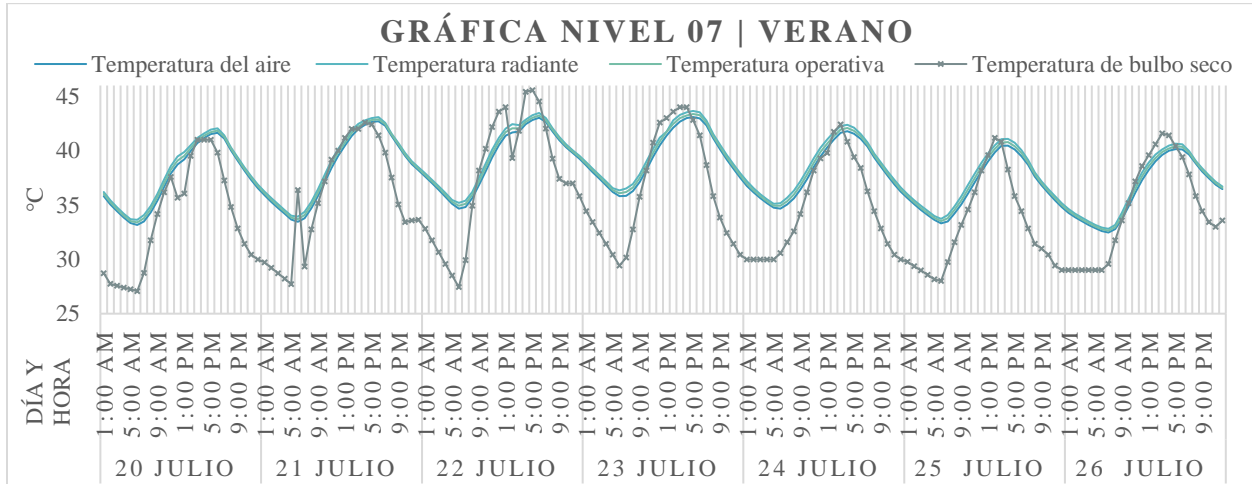
**Figura 70.** Gráfica nivel 06 | verano



### Nivel 07 de estacionamiento.

Este nivel refleja una oscilación de temperaturas similares al seis, con ganancias y pérdidas, pierde por la noche y gana por la mañana. Sin embargo, el cruce de temperatura refleja ganancias y pérdidas mayores que el nivel 6. En adición las temperaturas internas son las más bajas, en respecto a otros niveles.

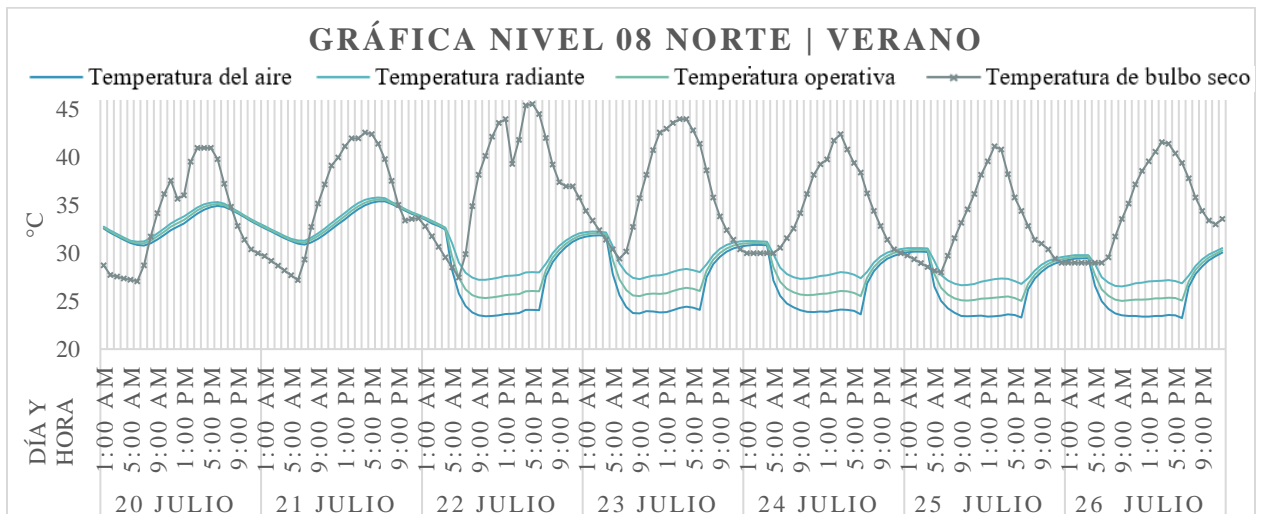
Figura 71. Gráfica nivel 07 | verano



### Nivel 08 de oficinas / Zona norte

En dicho nivel se aprecia el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, 20 y 21 de Julio corresponden a fin de semana sin HVAC y el resto son días laborales con sistema encendido. Mantiene temperaturas de 23°C a 24.5°C interior y al ser apagado el equipo mantiene una oscilación de temperaturas de 30°C a 31°C.

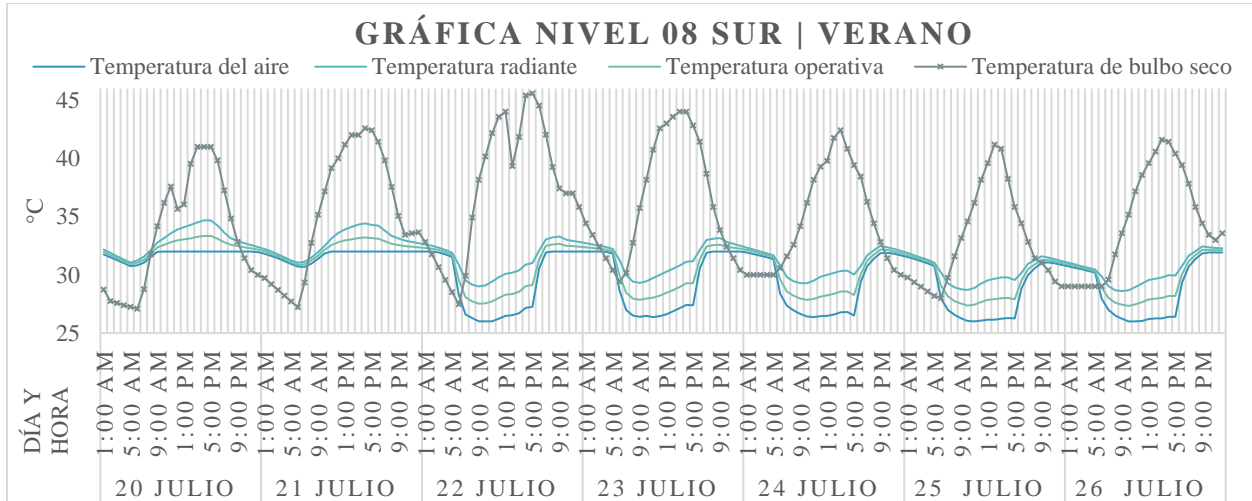
Figura 72. Gráfica nivel 08 Norte | verano



Nivel 08 de oficinas | Zona sur

En este caso se reflejan temperaturas semi estables en días sábado y domingo. En semana laboral se ve el funcionamiento del aire acondicionado, donde, llega a establecer temperaturas de 25°C a 26°C a pesar de su punto fijo (*set point*) y al apagar el sistema de HVAC se encuentran temperaturas hasta 32°C.

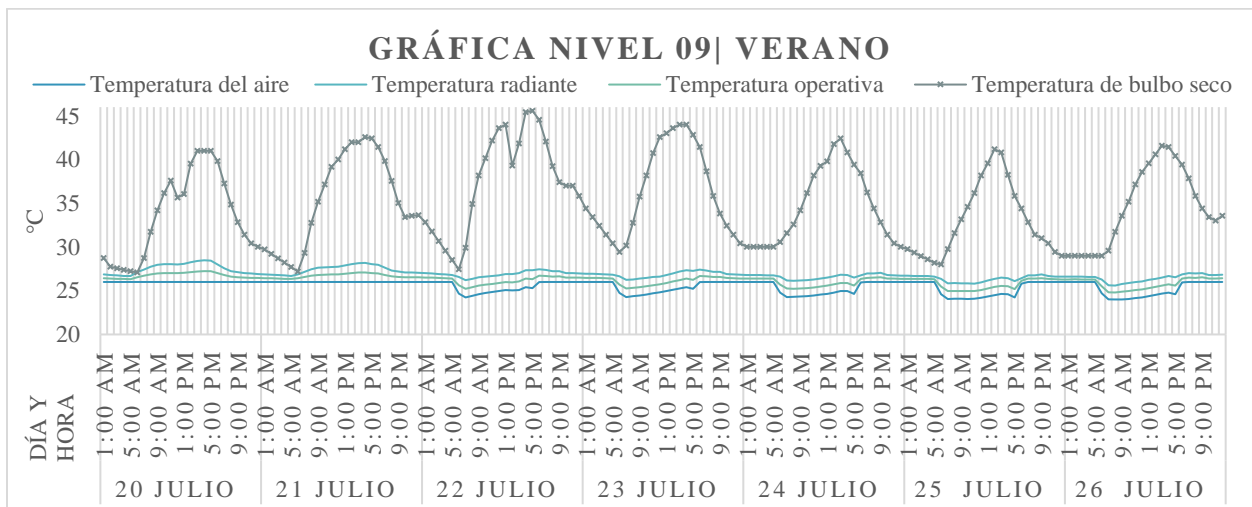
Figura 73. Gráfica nivel 08 sur | verano



Nivel 09 de oficinas

En el nivel 9, en donde hasta el momento no hay quejas por confort térmico, se puede apreciar cómo el aire acondicionado no se ve forzado a pesar de altas temperaturas exteriores. La temperatura interior se mantiene de 23°C a 25°C y apagar el sistema de HVAC oscila entre 26°C-27°C.

Figura 74. Gráfica nivel 09| Verano



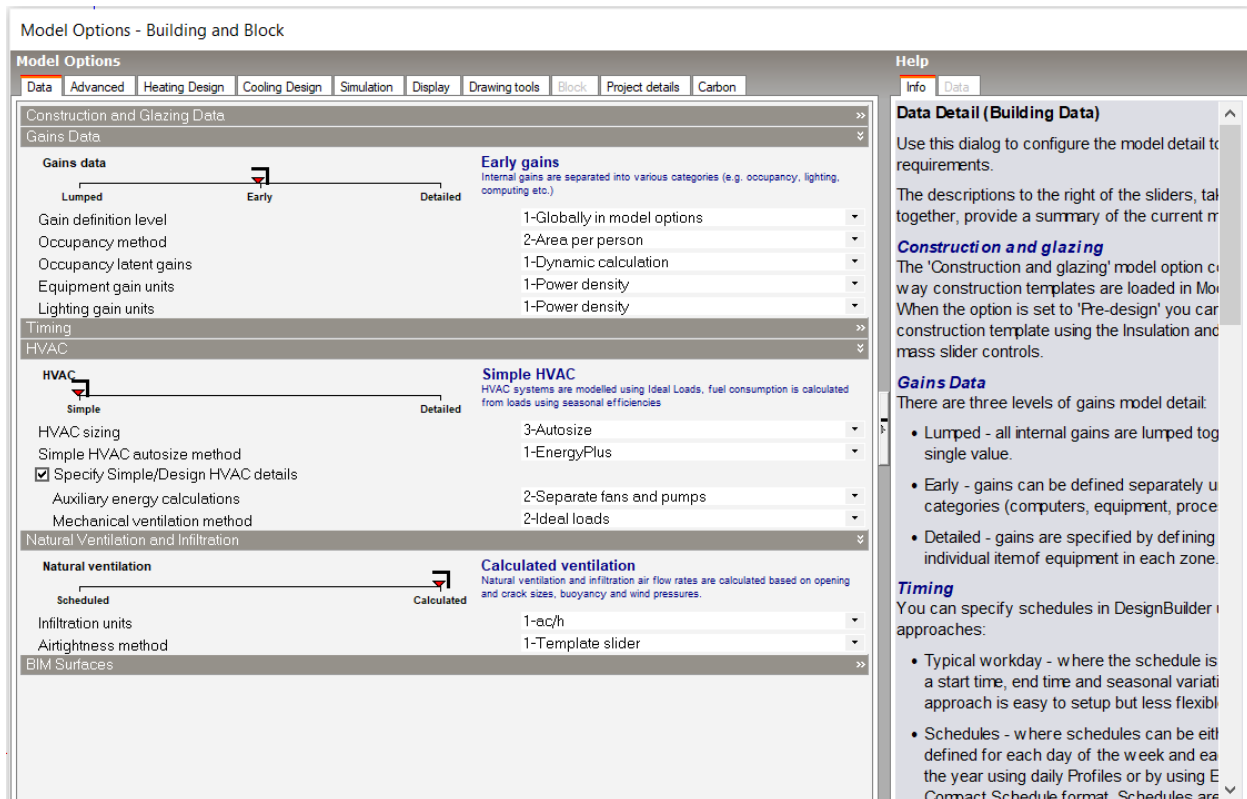
## 6.2.2 Simulación 2- *Design Builder* | ventilación natural calculada invierno.

La simulación dos comprende de la semana más crítica de invierno, del 15 al 21 de diciembre, expuesta en *Design Builder*.

### 6.2.2.1 Proceso

En este caso el único cambio realizado fue modificar la ventilación natural, se programó la función “calculada”, la cual otorga factores proporcionado por el archivo *EPW*. Con la otra opción se pueden otorgar parámetros y horarios de vientos, donde, el resto de las propiedades antes realizadas se mantuvieron igual. Como se comentó en capítulos anteriores se evaluó que el viento en invierno es un factor que abona a la problemática, así que se da énfasis en analizar dicha característica en invierno.

Figura 75. Opción ventilación calculada| *Design Builder*.



Simulación con software: (*Design Builder*, 2022)

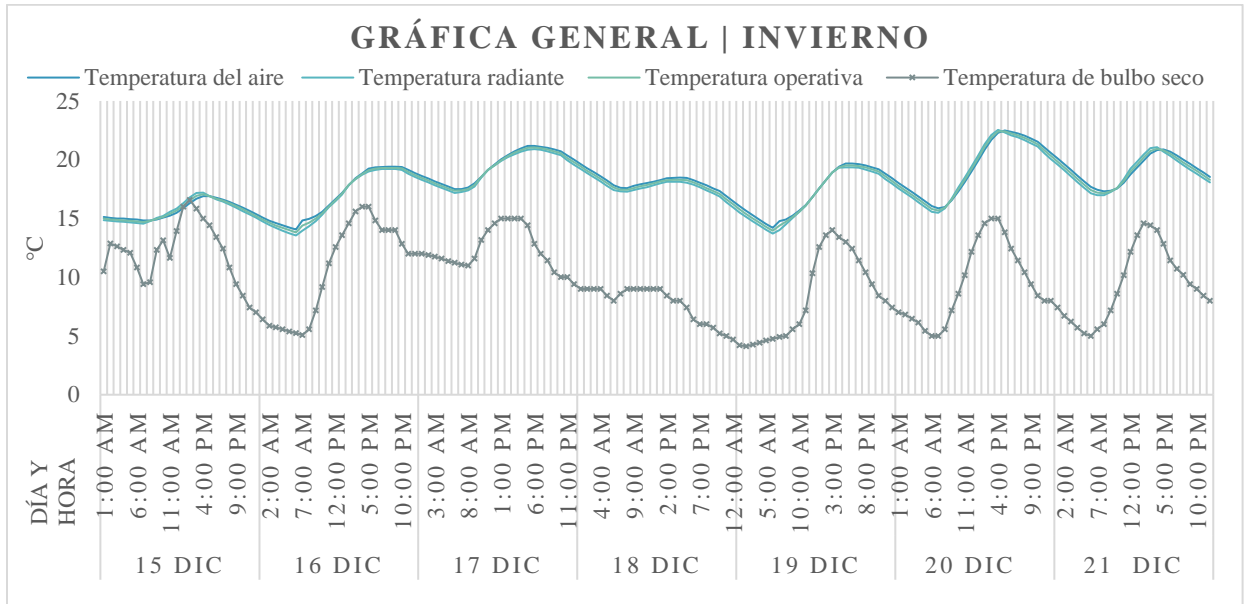
### 6.2.2.2 Graficas de simulación *Design Builder* | Invierno.

Por comparativa, se presentan los resultados de simulación de los espacios anteriormente analizados, donde los resultados fueron los siguientes:

*Funcionamiento general.*

De forma general el edificio se mantiene con temperaturas más altas a las exteriores, lo que hace referencia a que hay ganancias de energía.

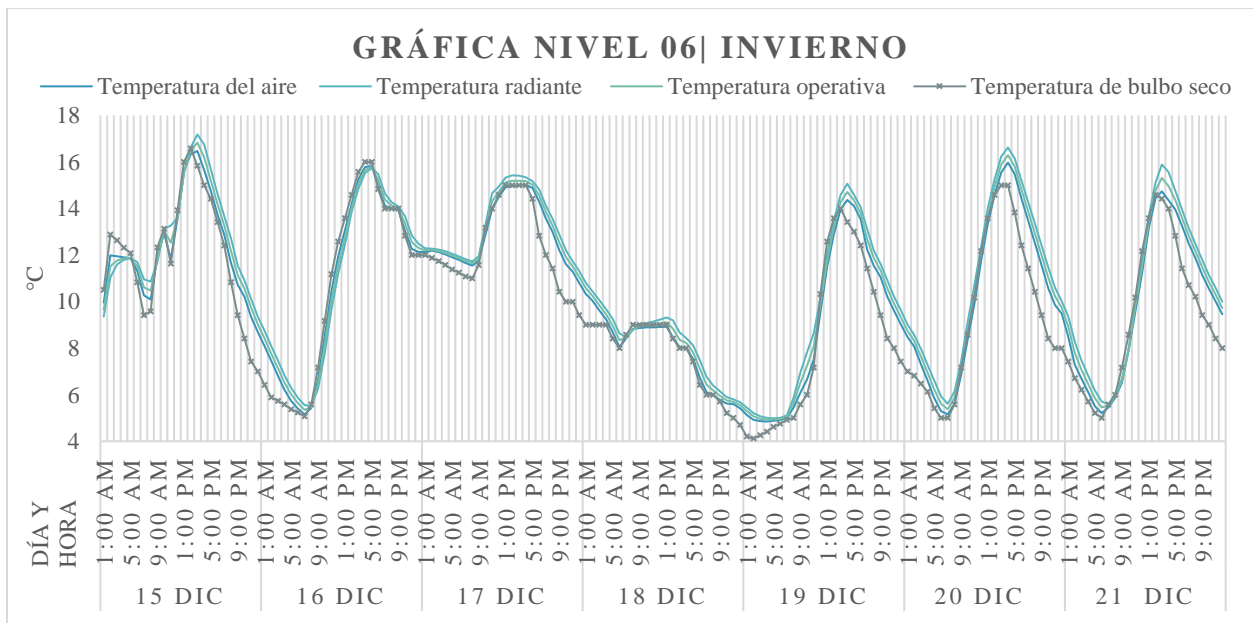
**Figura 76.** Gráfica general | invierno



*Nivel 06 de estacionamiento.*

El funcionamiento de dicho nivel se refleja muy similar al exterior, en donde en su mayoría se presentan temperaturas altas.

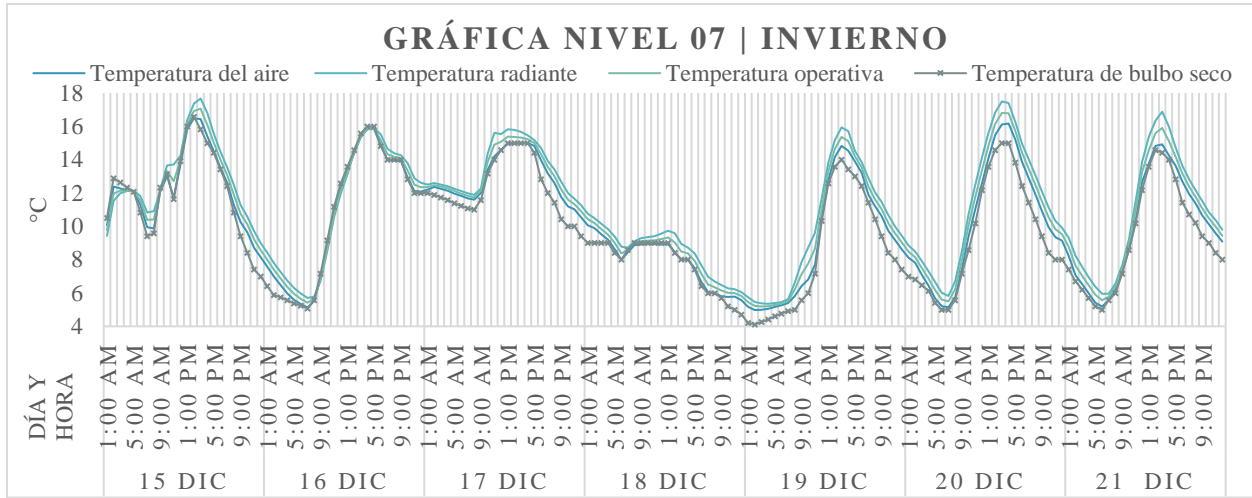
**Figura 77.** Gráfica nivel 06| invierno



*Nivel 07 de estacionamiento.*

Al igual que el estacionamiento 6, maneja un flujo de temperaturas similar al exterior. En algunos casos las temperaturas interiores se igualan y en este caso en particular, en ciertos puntos la temperatura es más baja la interior a la exterior, por un grado aproximadamente.

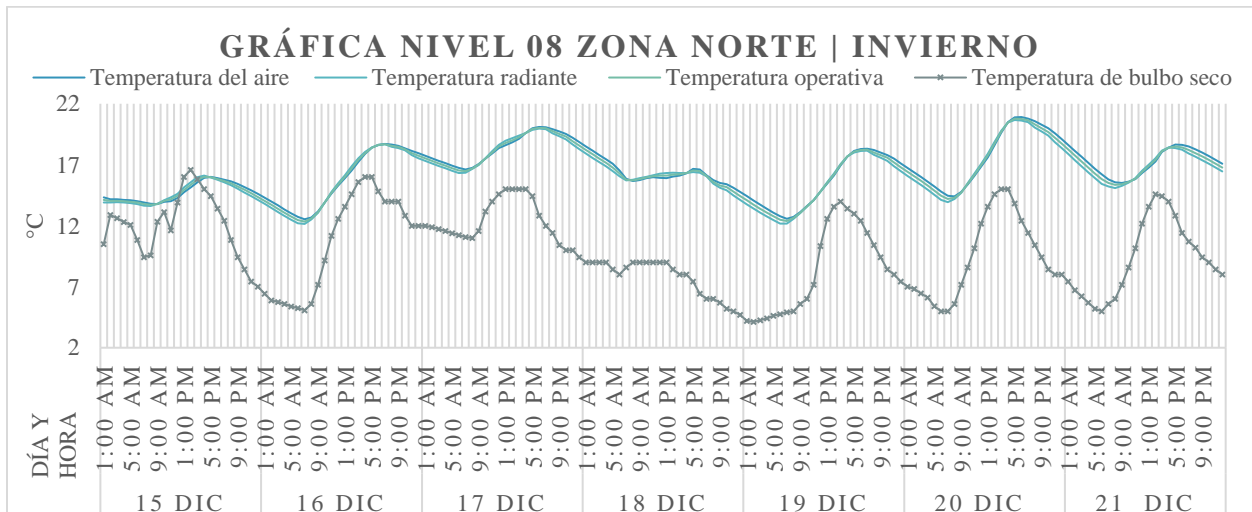
**Figura 78.** Gráfica nivel 07 | invierno



*Nivel 08 de oficinas / Zona norte*

En nivel 8 de oficinas zona norte se aprecia el funcionamiento de la envolvente del edificio, en donde hay pérdidas de energía por la mañana en horario laboral, aproximadamente de 6:00 a 10:00 hrs. en donde se pueden apreciar varios horarios fuera de zona de confort. La temperatura más baja es de 12.30 °C a las 8:00 hrs. el 16 de diciembre. En general las temperaturas en horario laboral se mantienen altas sin tener ganancias relevantes.

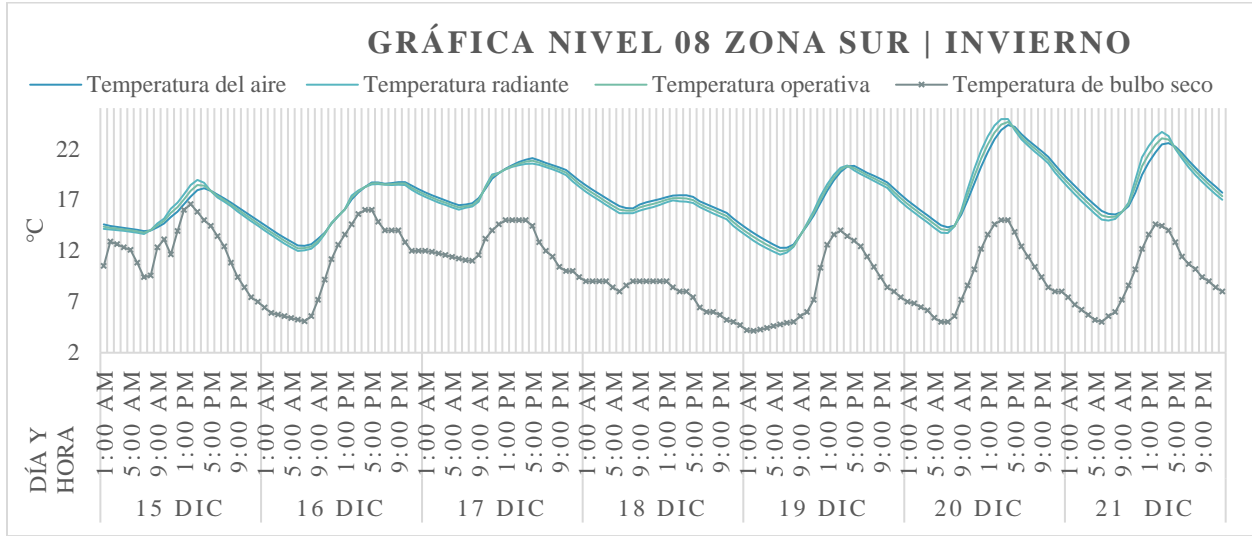
**Figura 79.** Gráfica nivel 08 zona norte | invierno



Nivel 08 de oficinas | Zona sur

En el nivel 8 las temperaturas, en general, mantienen una oscilación similar, con rangos internos fuera de confort. El rango más bajo, fuera de confort es de 12.06 °C a las 7:00hrs. el 19 de diciembre y la temperatura más alta de 24.38°C el 20 de diciembre. En este caso, en general se aprecian ganancias pronunciadas de 14:00 hrs. a 18:00 hrs.

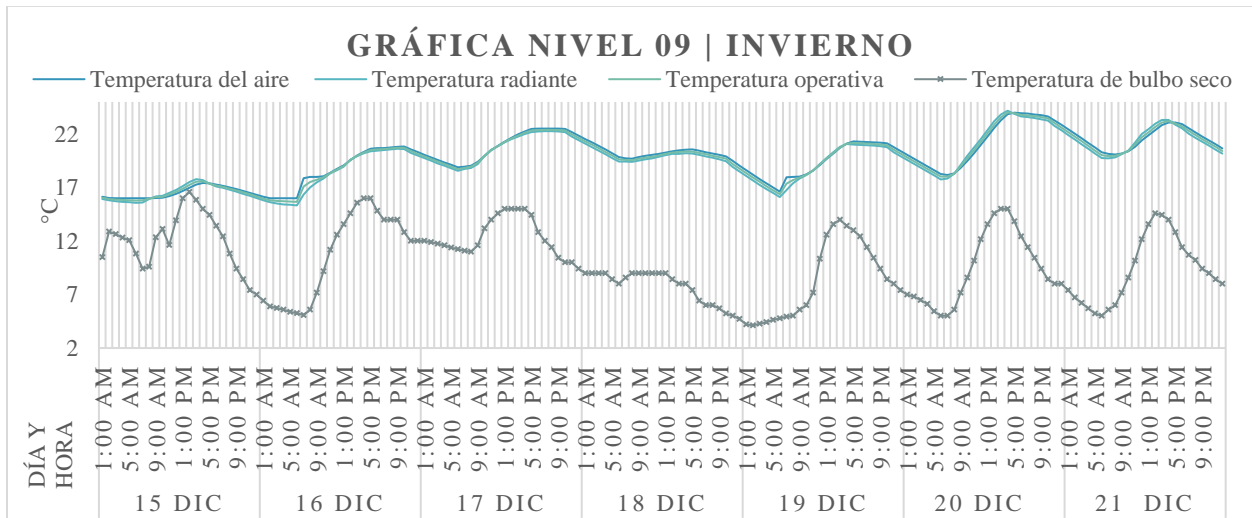
Figura 80. Gráfica nivel 08 zona sur | invierno



Nivel 09 de oficinas

En el nivel 9, las pérdidas de energía no son tan marcadas como en niveles anteriores, las zonas fuera de confort se presentan por la mañana alrededor de las 7:00 hrs. y después se mantiene dentro de zona de confort.

Figura 81. Gráfica nivel 09 | invierno



### 6.2.3 Simulaciones de solución- *Design Builder*

Una vez confirmada la zona fuera de confort, se evaluaron las posibles soluciones expresadas en el **CAPÍTULO 2**, para dicha simulación se contempló bajo asesoramiento de expertos y estudios anteriormente reflejados que se simularan dos soluciones en área problema (nivel 8); la primera para la problemática de hermeticidad y, la segunda, por trasvase de energías entre el nivel 8 y 7.

En el monitoreo personal por equipos HOBOS se obtuvo que el día con temperaturas más bajas fue el 2 de enero con una mínima de 4.9°C y en la semana más crítica en *Design Builder* fue el 21 de diciembre con 5°C, con una diferencia de 0.01°C. Se optó por simular el 21 diciembre, por rangos de programa.

#### 6.2.3.1 Simulación 3 - *Design Builder* | De solución – hermeticidad

La primera opción fue por hermeticidad, como se comentó con anterioridad al evaluar vientos predominantes y temperaturas se contempló que fuera parte de la problemática. Una de las posibles soluciones fue indicar al programa que sellara en su totalidad las puertas y acristalamiento, esto para interpretar los sellos perimetrales; para el desarrollo de esta simulación se ordenó al software tener 0 en abertura libre en “aperturas” (openings) y se eliminó la ventilación natural en opciones de modelo.

##### 6.2.3.1.1 Gráficas de simulación

En la **Figura 82** se puede apreciar que la temperatura del área norte del nivel 08 continúa con una oscilación similar a la temperatura exterior, donde en horario laboral, 7:00 hrs. se presenta la temperatura más baja con 17 °C y una máxima de 22.54 °C a las 15:00hrs. En cuanto al nivel 7 de estacionamiento (**Figura 83**) las temperaturas continúan similares al exterior.

Figura 82. Gráfica nivel 08 zona norte | invierno

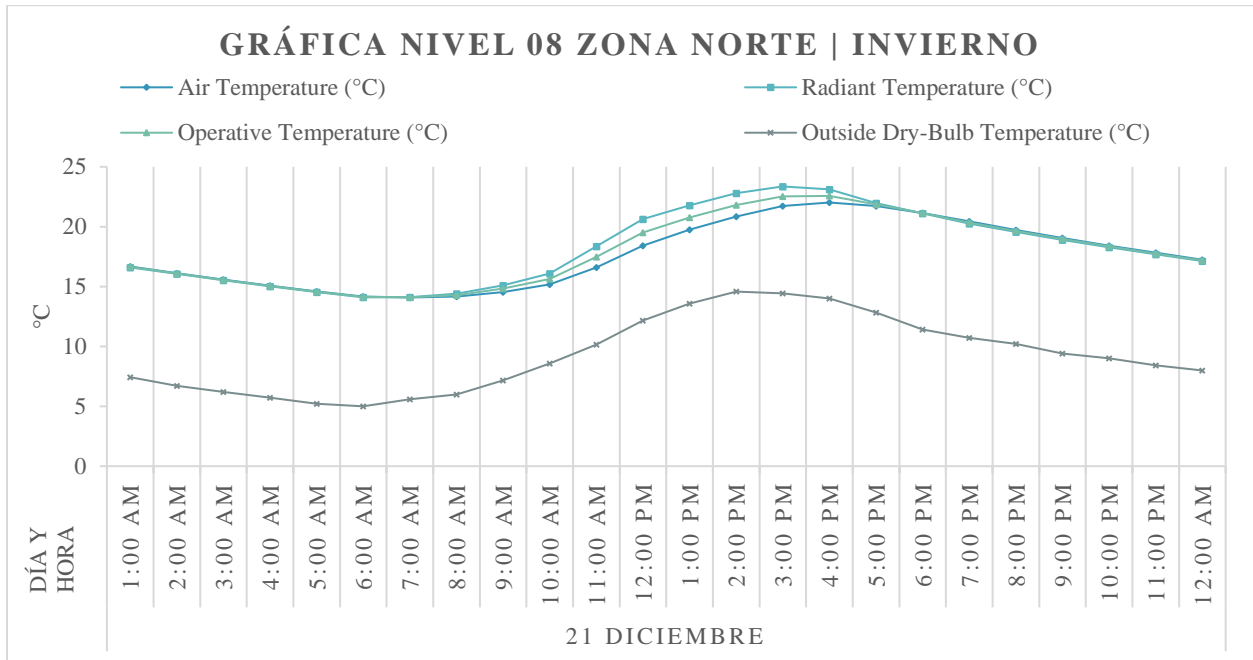
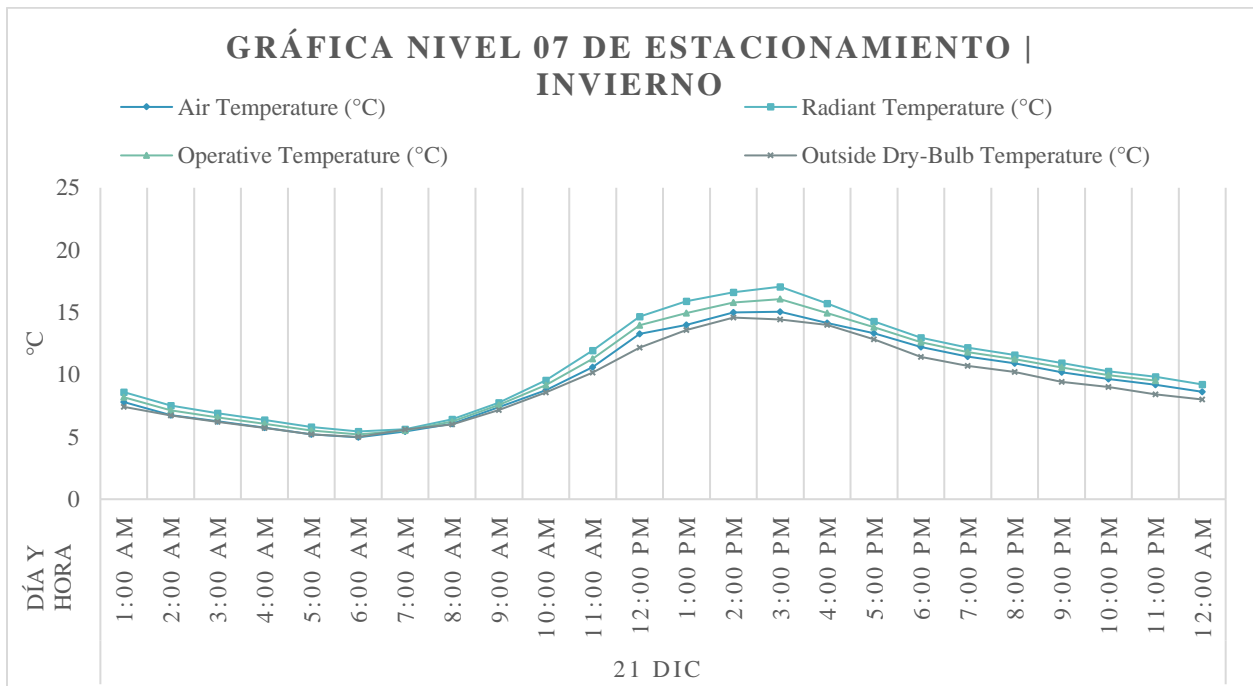


Figura 83. Gráfica nivel 07 de estacionamiento | invierno

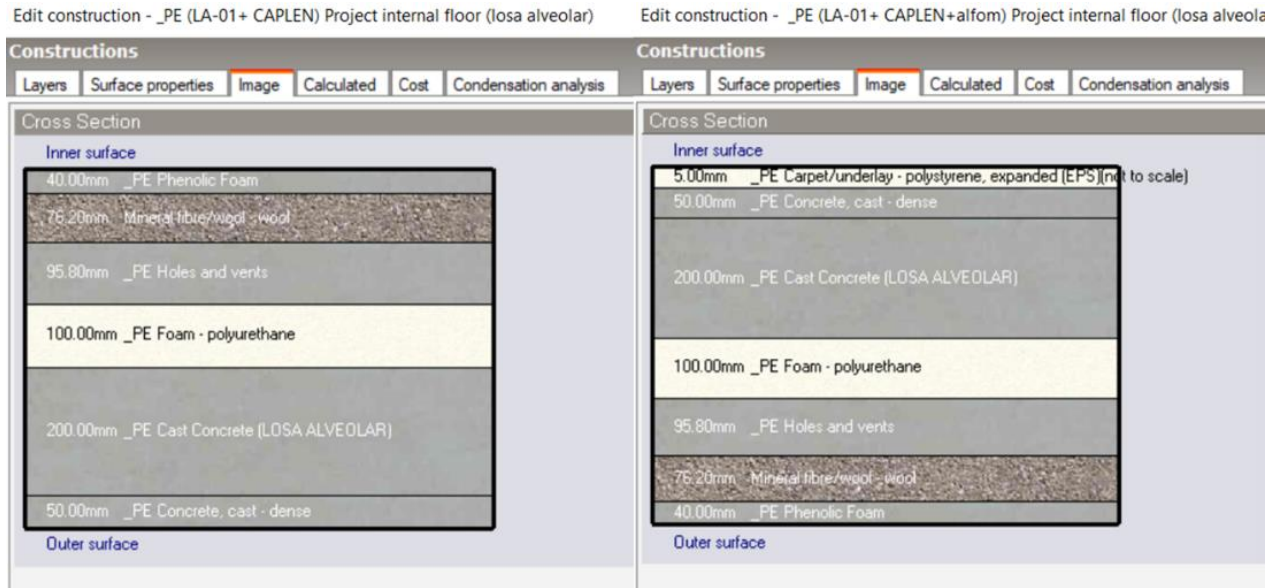


6.3.3.2 Simulación 4 - *Design Builder* | De solución – Puentes térmicos-Capilaridad.

La segunda opción fue simular el problema de trasvase de energía por losa, es decir por capilaridad. En este caso se utilizó el último modelo que incluye todos los factores anteriormente expuestos y

se anexó la solución: una la cámara plena en inferior de losa y en interior de oficinas, alfombra. A continuación, se muestra el desglose de materiales en *Design Builder*:

**Figura 84.** Diseño de cámara plena y cubre piso | *Design Builder*

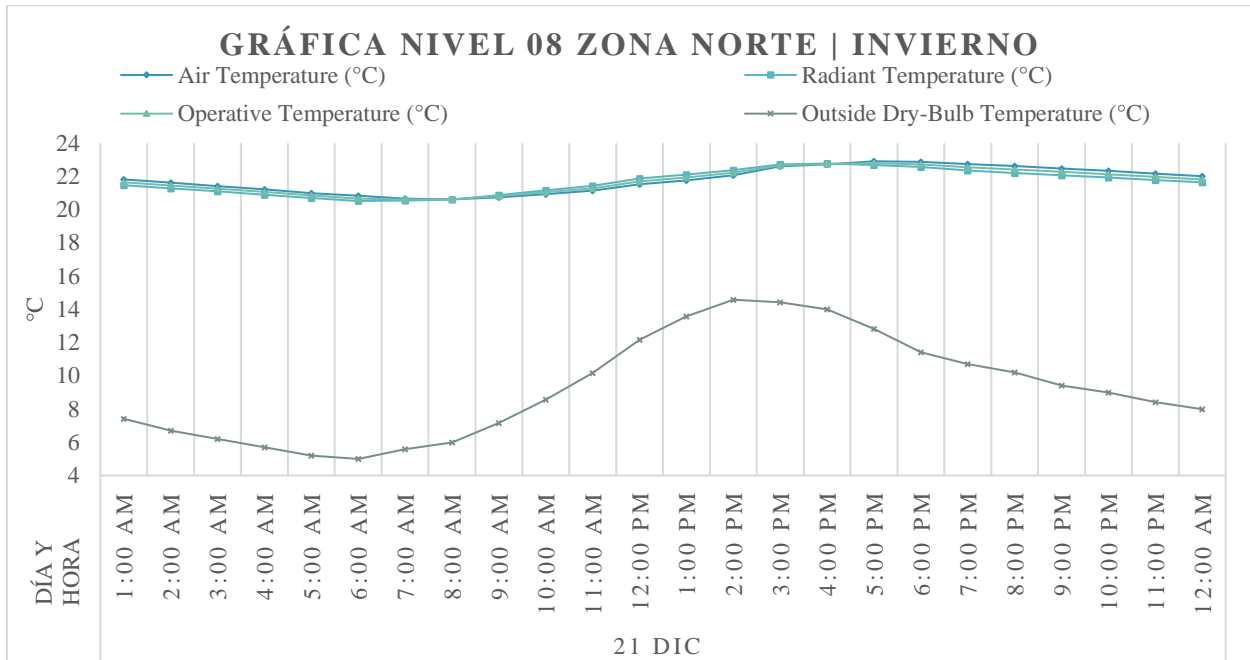


Simulación con software: (Design Builder, 2022)

### 6.3.3.2.1 Grafica de simulación

En *Figura 85* se refleja el cambio de temperaturas del nivel 8 sección norte, en donde a pesar de que en exterior hay temperaturas muy bajas con  $5^{\circ}\text{C}$ , esta zona se mantiene constante todo el día en sus temperaturas interiores, no solo en horario laboral, oscilan alrededor de  $20.50^{\circ}\text{C}$  y se encuentran en zona de confort.

**Figura 85.** Gráfica nivel 08 zona norte | invierno



### 6.3 Descripción de resultados

#### 6.4.1 Resultados | Solución al problema.

Para dotar de contexto a las soluciones al problema, se graficó la temperatura exterior expuesta en *Design Builder* contra temperaturas internas de nivel 08 zona norte y estacionamiento, tanto en invierno como verano, en un día específico para evaluar el comportamiento antes y después de aplicación de la propuesta de solución.

Cabe resaltar que, al igual a simulaciones anteriores, se eligió el 21 de diciembre para simulación en invierno y como método de comparación y analizar el funcionamiento en verano (por posibles afectaciones), se seleccionó el día más cálido por *Design Builder*, es decir el 23 de julio, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

##### 6.3.1.1 Solución – hermeticidad

En la **Figura 86** se puede apreciar el cambio de temperaturas con la propuesta de solución, en donde la pérdida de energía es menor y beneficia a dicha área de oficinas. Por la tarde se obtiene un cambio de temperatura de hasta 5°C. Al evaluar el horario laboral es notable que se encuentran rangos fuera de la zona de confort (7:00 hrs. a 12:00 hrs.) y a partir de las 12:00 hrs. hasta 19:00 hrs. logra temperatura neutra.

En verano (Figura 87) se puede apreciar que gracias al cambio las temperaturas en horario laboral, en su totalidad, están dentro de rangos de confort y se logró reducir hasta 3°C, lo que puede aportar a que el sistema de HVAC no se vea forzado por lograr la temperatura adecuada.

Figura 86. Comparativa de temperaturas invierno | Solución hermeticidad.

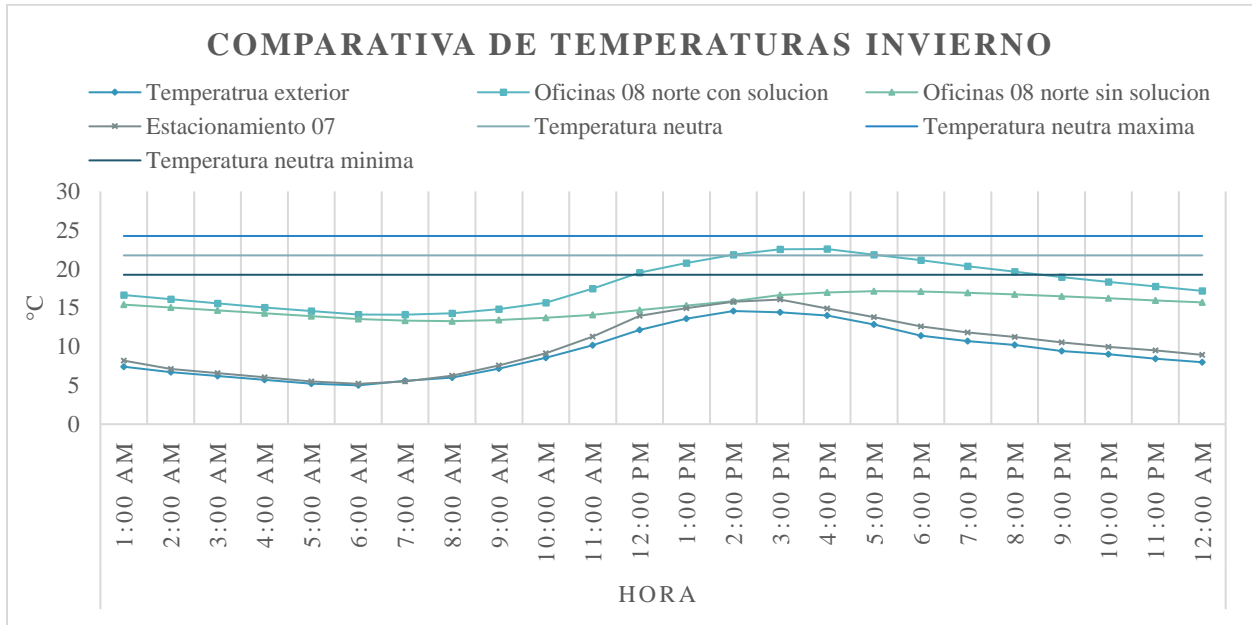
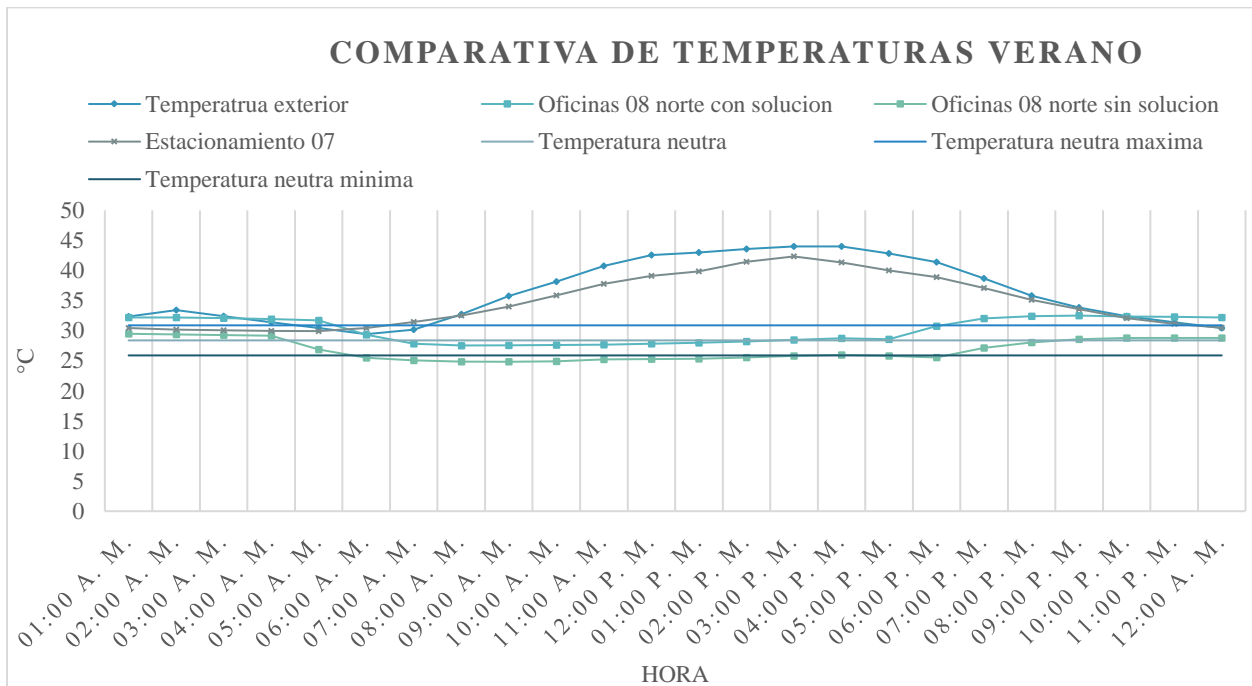


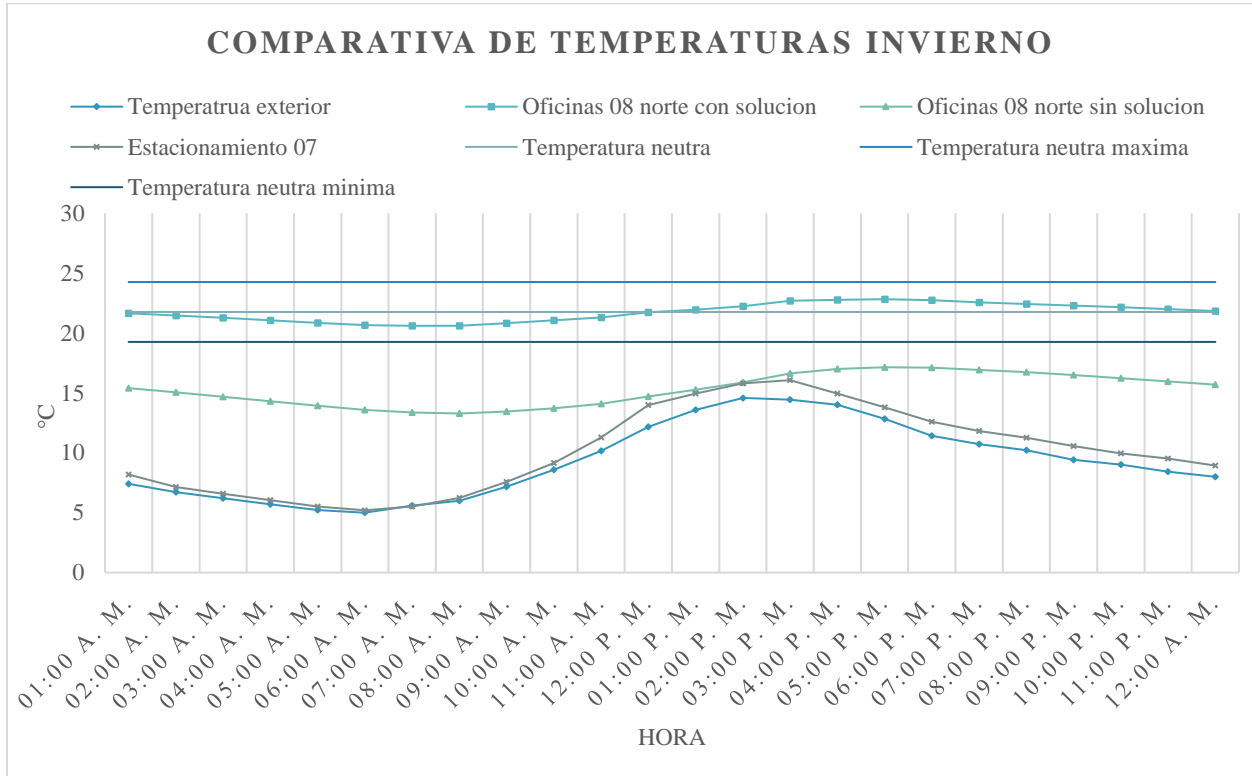
Figura 87. Comparativa de temperaturas verano | Solución hermeticidad.



### 6.4.1.2 Solución – Puentes térmicos-Capilaridad.

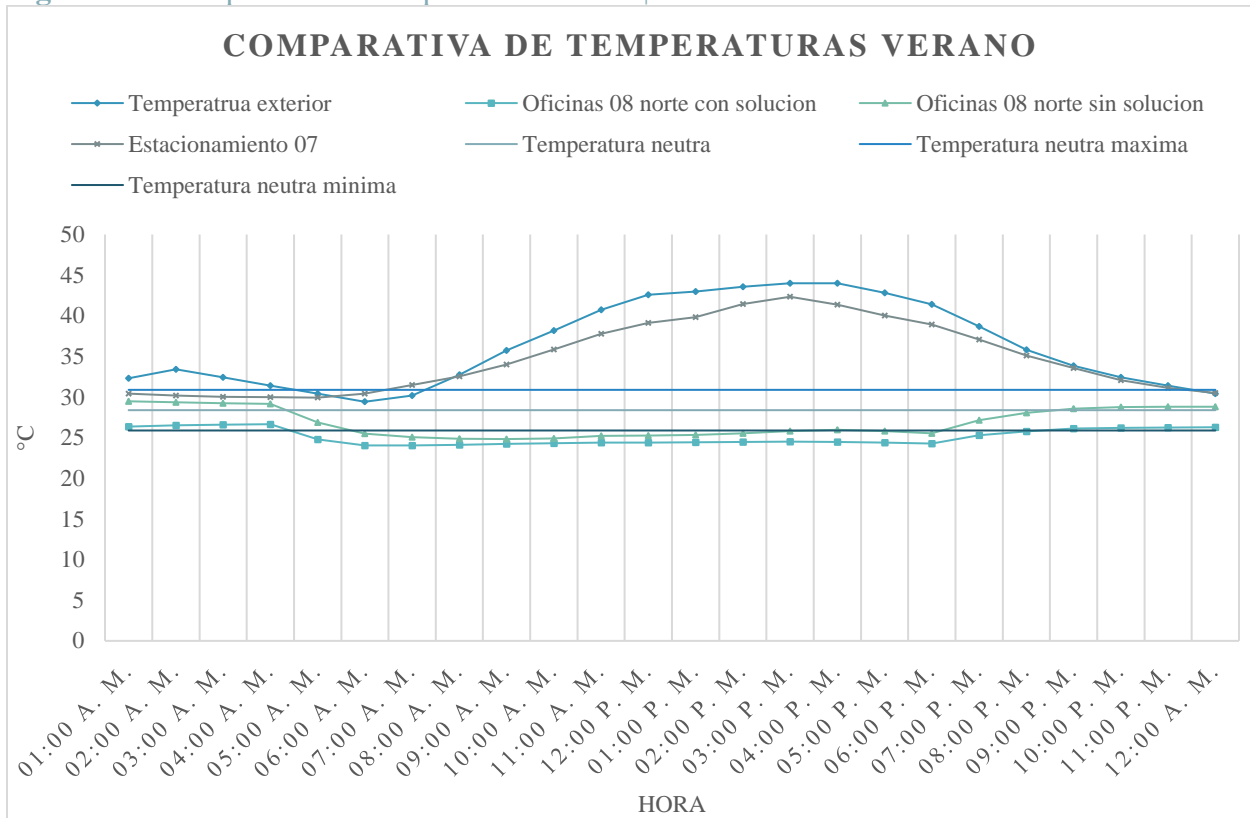
En la Figura 88 se puede apreciar que con la aplicación de la cámara plena en la parte inferior de la losa alveolar las oficinas del nivel 8 zona norte están dentro de rango de confort, en específico a nivel de una temperatura neutra. Antes de solucionar el problema toda la zona se mantenía fuera de la zona de confort hasta por 8°C grados a temperatura mínima neutra de confort.

**Figura 88.** Comparativa de temperaturas invierno | Puentes térmicos



La simulación en verano (Figura 89) funciona como se proyectó; la temperatura exterior y del estacionamiento se mantienen similares. Las temperaturas del área de oficina, con y sin cámara plena, son parecidas con 1°C a 2°C de diferencia y la temperatura menor expuesta es con la propuesta de solución, esto refleja que el sistema de HVAC no se ve forzado en un día crítico de verano y logra establecer confort térmico constante en horario laboral.

Figura 89. Comparativa de temperaturas verano | Puentes térmicos



### 6.4.2 Resultados | Generales

En definitiva, al desarrollar un proyecto en *Design Builder* el primer paso es organizar información y tener orden en todo momento. Se recomienda crear el archivo de clima en la carpeta correspondiente al país donde se desarrolla y otorgarle nomenclaturas propias para identificarlo fácilmente en proyectos futuros o relacionados. En adición, al descargar el archivo de *EPW* se recomienda guardarlo en algún lugar estratégico para la fácil localización y cargarlo al software.

Al simular el proyecto debe ser volumétrico, ya que todas las características se dan en propiedades del programa. El dibujo exacto de detalles puede volver el archivo muy denso y dificulta el proceso al simular; en este caso se desarrolló primero lámina perforada con exactitud y la simulación tuvo una duración de 5 horas y no se culminó, así que se proyectó solamente huecos generales y se realizó un formato puntual del funcionamiento de materiales, actividades y aperturas que cumplen con el objetivo. Si bien, el detalle de dibujo no es tan elemental, el desarrollo de parámetros y características sí. Si se opta por dibujar a detalle se recomienda tener un equipo y tiempo.

En cuanto a la recopilación de datos generales, el compendio de especificaciones del sistema constructivo fue un proceso amplio. Al obtener información del desglose de muros se logró una

parte valiosa del trabajo, ya que el conseguir valores térmicos y espesores permitió tener rangos para comparar en el programa y aproximarse a resultados más exactos.

Otro punto para resaltar fue todo el proceso de obtención de especificaciones térmicas de materiales, donde en general es ambigua. Se observó que en su mayoría depende del país, lo que dificultaba cuadrar cálculos; no obstante, existen normativas como *ASHRAE*, que contiene datos internacionales y se obtuvieron parámetros de comparación. Cabe mencionar que al no tener valores térmicos de la losa alveolar fue necesario comprender el proceso de cálculo y buscar herramientas para desarrollo, en este caso la calculadora Matlab, además, se dedicó tiempo para diseñar un experimento aplicativo, obtener información necesaria e investigar una opción para evaluar que fueran acertados y poder integrarlos a la simulación.

En el primer análisis en verano con sistema HVAC se percibió que la simulación está dentro de rangos similares al monitoreo personal con leves variaciones de temperatura; sin embargo, hay que tomar en cuenta que el archivo *EPW* contempla promedios por años. En cuanto al funcionamiento del aire acondicionado en la edificación se aprecian oscilaciones de temperatura esperados, donde se puede apreciar claramente que en temperaturas altas el interior baja, esto por mantener confort térmico. El nivel 9 de oficinas no presenta temperaturas fuera de confort, el nivel 8 refleja diversos funcionamientos en su ala norte y sur; en sur se ve forzado el aire acondicionado y en norte es menor. En estacionamientos se ve claro que el nivel 7 refleja temperaturas un poco más bajas que el 6, a pesar de ser verano.

Con respecto a la simulación de invierno también se reflejó temperaturas esperadas. El funcionamiento de los niveles de estacionamiento se comporta similar a temperaturas exteriores; sin embargo, un punto sobresaliente es que no hay retrasos relevantes en transferencia de energía, esto hace referencia a que la lámina perforada deja entrar el flujo de viento y que a su vez con la presión refleja temperaturas incluso más bajas en ciertos momentos.

En los niveles de oficinas se comprueba que el nivel 8 tiene diferente funcionamiento en sus dos zonas -norte y sur- y a su vez con respecto al nivel 9. En este punto, el nivel 9 se simuló como un espacio abierto, mientras en el nivel 8 si hay delimitación de espacios. Así mismo, en el nivel 8, ambas zonas reflejan zonas fuera de confort en invierno; sin embargo, en su zona sur tiene ganancias de energía que permiten se ajuste la temperatura y alcance la zona de confort, esto afirma que sus temperaturas podrán bajar al inicio del día, pero alcanzan a subir y estabilizar. En cuanto

la zona norte del nivel 8 mantiene niveles bajos similares en los días de simulación y no obtiene ganancias térmicas relevantes como la zona sur.

#### 6.4 Interpretación de hallazgos | Conclusiones de capítulo.

---

Al notar que temperaturas oscilan entre 44°C y 45°C en verano, se puede expresar que la simulación está bien, ya que, son rangos en días de verano. En general el comportamiento climático se reflejó como se tenía contemplado, lo que reafirma la problemática del nivel 8 zona norte. Algunos rangos de temperatura de la zona sur están fuera de confort, sin embargo, se observa en las gráficas de temperatura y se concluye que las ganancias de energía son por el soleamiento en esos días, que aportan a lograr un rango de confort en invierno, donde en zona norte por nubosidad y soleamiento no se obtiene tal ganancia, que junto con el trasvase de energías hacia el estacionamiento hace que esta área salga de la zona de confort.

Al evaluar la simulación de hermeticidad, la hipótesis enfocada a vientos predominantes y que las puertas de este nivel no estén selladas si afecta al nivel 8. Al simular dicha solución no se logró confort térmico en todo el horario laboral, sin embargo, fue posible un retraso de energía de 5°C.

En cuanto a la solución con una cámara plena, queda demostrado que es una opción posible para resolver el inconfort térmico en las oficinas de nivel 8 zona norte. Los intervalos temperatura fuera rango en el día más crítico de invierno varían de 6°C hasta 9°C en horario laboral y con el hecho de aislar la losa superior del estacionamiento se logró llegar a una temperatura neutra de confort, lo cual es ideal, ya que aún se tiene un rango de oscilación de temperaturas de confort mínimas y máximas, esto por variación de temperatura. Así mismo, es relevante mencionar que en un día crítico de verano aporta a que el sistema de HVAC logre de 1°C a 2°C menos con cámara plena, lo que puede propiciar a que el aire acondicionado trabaje constante y sin forzarse en un día extremo.

## **CAPÍTULO 7: CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y CONCLUSIONES GENERALES**

---

## 7.1 Introducción

---

El presente capítulo expresa conclusiones generales del reporte de investigación aplicada, hasta llegar a la solución de climatización óptima en la edificación. En los capítulos antes expuestos, se realizó una descripción de resultados e interpretación de hallazgos puntual, con factores relevantes en el proceso, así que este apartado sintetiza cada uno de ellos y expone consideraciones prácticas para futuros investigadores y lectores.

## 7.2 Consideraciones prácticas.

---

El marco contextual y conceptual fue punto clave para el análisis, ya que dotó de información para dar un inicio con la investigación. El analizar diversos artículos científicos y marcos teóricos permitió dar un seguimiento organizado y profundizar en áreas específicas del proyecto. Así mismo, una parte relevante fue el conocer edificaciones que se desarrollaron en características climáticas similares al del presente caso de investigación, que demuestran o teorizan el diseño y funcionamiento óptimo en un clima desértico.

Una vez que se analizó el dimensionamiento del proyecto y casos teóricos por expertos se procedió a dotar de metodología y selección de modelos operacionales para el desarrollo de la investigación aplicada, donde, se realizó un formato organizacional para obtención de datos y exposición de estos. Una cuestión relevante fue el calcular y obtener variables que fungieron como método comparativo de resultados. Se recomienda realizar una síntesis ordenada de metodología, fórmulas y variables, lo que propiciará un trabajo metódico que permitirá un desglose de ideas de forma cronológica hasta llegar hasta el punto deseado.

El capítulo 3 podría referirse como un apartado delicado y complejo. El recopilar datos del contexto climático, es decir de Mexicali, fue un proceso de investigación y de entendimiento de gráficos sencillo, sin embargo, el analizar el contexto y desarrollar un levantamiento arquitectónico conllevó un arduo trabajo, ya que al ser una empresa privada el proceso de recopilación no siempre es rápida, hay que ajustarse a tiempos de entrega por parte de los propietarios y ser discretos con el manejo de información. Tras el análisis de materialidad de la edificación se dejaron de lado algunas teorías, como el que “no es una edificación para un desierto”.

Por consiguiente, tras el desarrollo de diagramas, en este caso el de Ishikawa, permitió distinguir puntos débiles y fuertes a investigar, en donde una vez obtenida información propuesta por LEED,

se decidió analizar la eficiencia energética de la edificación, conforme a reglamentación y parámetros a comparar. Aquí la idea fundamental es que se tenía un punto de comparación y rangos específicos, lo que propició a entender lo que sucedía. Así, al teorizar se considera que el proyecto es eficiente, lo que además refleja un inicio y rango para futuras edificaciones en la ciudad con respecto a eficiencia energética.

Tras el análisis energético y su solución se procedió a investigar y resolver el confort térmico. Principalmente, la sensación térmica por parte de los usuarios puede ser muy ambigua; cada individuo responde diferente a su contexto próximo, lo que podría propiciar a que realmente se encontraran en una zona de confort, pero algunos no se sintieran satisfechos, así que el evaluar mediante cuestionarios permitió contextualizar el porcentaje de colaboradores insatisfechos. El diseño de experimento denominado monitoreo fue fundamental, ya que expuso los rangos de temperatura que caracterizan el interior de la edificación. Aquí se pudo apreciar como secciones y niveles del caso de estudio presentan grandes diferencias térmicas.

Con un rango de temperatura comprobable, se analizó que la problemática de confort térmico estaba enfocada hacia el frío, donde, mediante el desarrollo de diversos experimentos, quedó contextualizada. Lo que llevó al método de solución, que sin duda uno de los inconvenientes fue encontrar y crear los valores térmicos de los materiales que se desarrollaron con cálculos propios para tener parámetro de comparación con el programa *Design Builder*, ya que el programa facilita cierta información de materialidad, pero no todos especifican factores similares a los que se propusieron en el diseño del proyecto.

El aporte de dicho trabajo de obtención de grado a lo largo de sus capítulos es el desarrollo de una investigación aplicada, en donde se redacta el paso a paso hasta llegar a una solución.

### 7.3 Conclusiones

---

Cada capítulo conlleva un cierre conforme a su proceso de investigación; sin embargo, entre las conclusiones principales es que la hipótesis expuesta en el presente trabajo fue comprobada mediante la metodología utilizada, además destaca que se logró plantear el desarrollo de soluciones climáticas para una edificación de altura, en donde se expresa el análisis de un proyecto del sector privado, el cual por lo general no proporcionan información. Por consiguiente, queda expuesta

parte del proceso constructivo del proyecto, que a pesar de haberse diseñado bajo una certificación LEED, presentó un inconveniente en uno de sus sectores.

Un hallazgo fundamental es que no hay que deducir sin antes analizar una edificación, ya que en un inicio se evaluaban altos consumos de energía y de gasto económico debido a las tasas eléctricas de la ciudad de Mexicali. Sin embargo, se comprobó que es un proyecto eficiente, además de que se suma un parámetro de kWhr/m<sup>2</sup>-anual en edificaciones con características similares en México, el cual se espera que investigaciones futuras valoricen para el desarrollo de casos semejantes, ya que el presente trabajo entrega rangos para comparativas.

Por consiguiente, en cuanto a la valorización de confort térmico, si bien, el área afectada representa un solo espacio de la edificación, el confort térmico de los usuarios se considera sustancial para el desarrollo óptimo de sus actividades. Por esta razón, este trabajo presenta un análisis sistemático para la valoración de causas-problema-solución, el cual mediante investigación y aporte de expertos se logró un desglose e interpretación de datos con un orden cronológico y explicativo para los lectores.

#### Recomendaciones futuras

Como investigación futura, se plantea un análisis costo-beneficio de la propuesta de solución, además de un estudio hacia el cambio climático y las problemáticas que se están presentando. En el presente trabajo al monitorear temperaturas exteriores se registró la temperatura más alta detectada en la ciudad de Mexicali. En adición, con los conocimientos adquiridos también se pretende concluir con el proceso de certificación, si bien ya no sería en la misma categoría, podría alcanzarse una mayor operabilidad del edificio, lo cual sumaría a certificaciones LEED en México.

## CAPÍTULO 8: LITERATURA CITADA

---

## Literatura citada.

---

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc [ASHRAE]. (2010). *ASHRAE Standard-Thermal environmental conditions for human occupancy*. Obtenido de <http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE-55-2010.pdf>
- Arambu, F., Botran, C., & Nuñez, R. (2012). *Bioclimática, sostenibilidad y ahorro de energía-Manual de técnicas de acondicionamiento térmico*. Madrid : CEU.
- Arias, S., & Avila, D. C. (2004). *La iluminación natural en la arquitectura (en climas semitemplados)*. (U. d. Guadalajara, Ed.) Guadalajara: Centro Universitario de Arte, arquitectura y diseño. Obtenido de:  
<https://riudg.udg.mx/bitstream/20.500.12104/73673/1/BCUAAD00057.pdf>
- Asidek CT solutions. (2022). *Autodesk Flow Design*. Obtenido de Asidek: <https://www.asidek.es/pt-pt/producto/autodesk-flow-design/>
- Auliciems, A., & Szokolay, S. (2017). *Thermal comfort* (2da. ed.). (H. o. Michael Keniger, Ed.) Passive and Low Energy Architecture International. Obtenido de [https://www.healthyheating.com/HH\\_Integrated\\_Design/Week%201/Thermal%20Comfort.pdf](https://www.healthyheating.com/HH_Integrated_Design/Week%201/Thermal%20Comfort.pdf)
- Autodesk, Inc. (2021). *Revit: software BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*. Obtenido de <https://www.autodesk.es/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Built with Green River. (2022). *LEED V4 BD+C: CS*. Obtenido de The Green Building Information Gateway: <http://www.gbig.org/collections/14759>
- Burrell, E. (2015). *What is Thermal Bridge Free Construction?* Obtenido de Passivhouse Blog: <https://elrondburrell.com/blog/passivhaus-thermal-bridge-free-construction/>
- Cedar Lake Ventures, Inc. (s.f.). *El clima promedio en Mexicali*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/2211/Clima-promedio-en-Mexicali-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

- Cedar Lake Ventures, Inc. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Hermosillo México*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/2821/Clima-promedio-en-Hermosillo-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Chavez del Valle, F. (2002). *Zona variable del confort térmico [Tesis de grado, UPC]*. (U. P. Catalunya, Ed.) Barcelona. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/6104#page=1>
- Climate Onebuilding. (24 de abril de 2022). *WMO Region 4 - North and Central America*. Obtenido de Climate.OneBuilding: [https://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_4\\_North\\_and\\_Central\\_America/MEX\\_Mexico/index.html](https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_4_North_and_Central_America/MEX_Mexico/index.html)
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda [CONAFOVI]. (2006). *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda* (1era. ed.). Mexico: Arooyo+Cerda, S.C. Obtenido de [www.conafovi.gob.mx](http://www.conafovi.gob.mx)
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda [CONAFOVI]. (2006). *Uso eficiente de la energía en la vivienda* (Vol. 1era).
- Conociendo Chile. (2022). *Desierto de Atacama: características, ubicación*. Obtenido de Conociendo Chile: <http://conociendochile.com/c-region-de-atamaca/desierto-de-atacama/>
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (2020). *CTBUH – A Historical Sketch*. Obtenido de <https://www.ctbuh.org/history/origins-of-ctbuh>
- Covarrubias, J. L. (2016). Confort Térmico. *Tlamati sabiduría*, 7, 8. Obtenido de <https://docplayer.es/94573659-Tlamati-sabiduria-volumen-7-numero-especial-2-2016-confort-termico.html>
- Craighead, G. (2009). *High-Rise Security and Fire Life Safety*. Elsevier Inc.
- De Garrido, L. (2014). *Arquitectura Energía-Cero*. MONSA.
- Diario oficial de la federación [DOF]. (2021). *Índice máximo de consumo de energía eléctrica en inmuebles de uso de oficinas*. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5127999&fecha=14/01/2010](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5127999&fecha=14/01/2010)

- Emerald works . (n.f.). *Mindtools*. Obtenido de Cause and Effect Analysis, Identifying the Likely Causes of Problems.
- Energy intelligence. (07 de junio de 2017). *Confort térmico en edificios: estrategias*. Obtenido de DEXMA: <https://www.dexma.com/es/blog-es/confort-termico-edificios/>
- European Southern Observatory. (n.f.). *Architecture at ESO*. Obtenido de <https://www.eso.org/public/about-eso/architecture/>
- Fernández, V., Tolón, A., & Bolívar, X. (2016). *Sostenibilidad energética en el sector de la edificación en España y en la Unión Europea*. Universidad de Almería.
- Fuentes Freixanet, V. A. (2004). *Clima y arquitectura* (1ra ed.). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.
- Fuentes Freixanet, V., & García Chávez, J. (1995). *Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico*. Editorial Trillas.
- Fuentes Freixanet, V., & García Chavéz, J. (2000). *Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Fuentes, F. V. (2020). *Metodología de diseño bioclimático, El análisis climático [Tesis de grado, UNAM]*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana. . Obtenido de [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5605/Metodologia\\_diseno\\_bioclimatico\\_Fuentes\\_2002\\_MAB.pdf?sequence=1](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5605/Metodologia_diseno_bioclimatico_Fuentes_2002_MAB.pdf?sequence=1)
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (5.ª ed.). Instituto de geografía UNAM.
- Gobierno de México [GOB]. (1981-2010). *Normales climatológicas por Estado*. Obtenido de Servicio Meteorológico nacional, Baja California: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=bc>
- González, H. J. (2007). Desempeño térmico y determinación del rango de confort en una vivienda tradicional del adobe en zopoco, Michoacán, México. *PALAPA, revista de investigación científica en arquitectura*, 2. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/948/94820205.pdf>
- Green building council. (2010). *Green building and leed core concepts second edition*.

- Heywood, H. (2015). *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético* (1.<sup>a</sup> ed.). (G. Gill, Ed.) RIBA.
- Informer Technologies, Inc. (2022). *Climate Consultant 6.0.15*. Obtenido de Software informer: <https://climate-consultant.informer.com/6.0/>
- Infraestructura Educativa [INIFED]. (2015). *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones*. Obtenido de CMIC: [https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/normateca/INIFED/03\\_Normatividad\\_T%C3%A9cnica/02\\_Normas\\_y\\_Especificaciones\\_para\\_Estudios/04\\_Volumen\\_4\\_Seguridad\\_Estructural/Volumen\\_4\\_Tomo\\_III.pdf](https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/normateca/INIFED/03_Normatividad_T%C3%A9cnica/02_Normas_y_Especificaciones_para_Estudios/04_Volumen_4_Seguridad_Estructural/Volumen_4_Tomo_III.pdf)
- Kern, K. (1972). *The Owner-Built Home, a how to do it book*. (C. S. sons, Ed.) New York, United States of America .
- Labra, I. (2015). *Reconversión de un edificio de oficinas en Guadalajara, Jal. Para concientizar su consumo de electricidad. [Tesis de grado, ITESO]*. Tlaquepaque, Jalisco : ITESO.
- Lacomba, R. (1991). *Manual de arquitectura solar*. México: Trillas.
- Luna, A., & Gallegos, R. (2020). Tabla CADETI. Mexicali, Baja California, México.
- Mayorga, J. (2017). *Edificaciones sustentables: bioclimática, ecotecnia y métodos de diseño*. Ediciones Navarra.
- Morillón, D., García, I., & Escobedo, A. (2015). *Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de la energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio*. México: Universidad nacional autónoma de México. Obtenido de Researchgate: [https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Garcia-Kerdan/publication/320267246\\_Retos\\_y\\_oportunidades\\_para\\_la\\_sustentabilidad\\_energetica\\_en\\_edificios\\_de\\_Mexico\\_Consumo\\_y\\_uso\\_final\\_de\\_energia\\_en\\_edificios\\_residenciales\\_comerciales\\_y\\_de\\_servicio/links/59d8cccd](https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Garcia-Kerdan/publication/320267246_Retos_y_oportunidades_para_la_sustentabilidad_energetica_en_edificios_de_Mexico_Consumo_y_uso_final_de_energia_en_edificios_residenciales_comerciales_y_de_servicio/links/59d8cccd)
- Najera, M., Martín, I., & Rodríguez, N. (2017). *Análisis de del desempeño térmico de los sistemas constructivos de un edificio de oficinas mediante simulaciones dinámicas. Ingeniería investigación y tecnología*, 12. Obtenido de <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2018/v19n3-04.pdf>

- Navarro, J. (2020). *Análisis del desempeño térmico, hidrológico y estructural del material de tezontle sobrepuesto en las azoteas de vivienda existente en el Área Metropolitana de Guadalajara [Tesis de grado, ITESO]*. Universidad Jesuita de Guadalajara, ITESO.
- Norma Mexicana [NMX]. (2013). *NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [SEMARNAT]. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3156.pdf>
- Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola, f., & Botran Rodríguez-rey, C. (2012). *Bioclimática, sostenibilidad y ahorro de energía; manual de técnica de acondicionamiento térmico*. .
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima-Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. (S. Gustavo Gill, Ed.)
- Ordoñez, A. (03 de diciembre de 2014). *Manual de ayuda Design Builder en español*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/478010813/ManualDB-Espanol-2014-12-03-docx>
- Pérez, J. (12 de 2019). *Análisis y aplicación de estrategias de diseño bioclimático para clínica-hospital en Tepetzotlán, Edo. México [Tesis de grado, UNAM]*. Universidad Autónoma Metropolitana. . Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/7066>
- Punta Este. (2018). *Punta este life*. Recuperado el 10 de 2020, de <http://puntaeste.life/>
- Rawlings, R. (2009). *Capturing solar energy*. CIBSE Knowledge series.
- Rincón, J., Martínez, K., González, M., & Francisco, F. (05 de 12 de 2020). Modelos matemáticos para estimar el confort térmico adaptativo en espacios interiores: Un estudio en la transición térmica de Ensenada, B.C. *Ingeniería Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, 24, 17. Obtenido de <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/186/160>
- Rosales, D. E. (2018). *Evaluación del confort térmico en la universidad de la costa en la ciudad de Barranquilla [Tesis de Grado, UDC]*. Barranquilla: Universidad de la Costa. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/844/22615646.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Secretaría de energía [SENER]. (2019). *Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector de servicios*. Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía [CONUEE]. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/455552/cuaderno3nvociclo\\_2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/455552/cuaderno3nvociclo_2.pdf)
- Secretaria de Gobernación [SEGOB]. (14 de enero de 2010). *Protocolo de actividades para la implementación de acciones de eficiencia energética en inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones de la Administración Pública Federal*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación [DOF]: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5127999&fecha=14/01/2010](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5127999&fecha=14/01/2010)
- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: UPC.
- Serway, R., & Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. (7.ª ed., Vol. 1). Brooks/Cole.
- SIECSA SE. (2020). *Centro Internacional de Negocios*. Obtenido de SIECSA SE: <https://siecsase.com/index.php/portfolio-item/centro-internacional-de-negocios/>
- Soares, J. C. (2020). *The Environmental performance of tall buildings*. IONDON, UK: Earthscan.
- Society of building science educators. (2021). *Climate Consultant 6.0*. Obtenido de SBSE: <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>
- Soluciones Arquitectónicas y Urbanas Sustentables. (2018). *Características de DesignBuilder*. Obtenido de DesignBuilder LAT: <https://www.designbuilder-lat.com/caracteristicas/descripcion-general>
- Tudela, F. (1982). *Ecodiseño de asentamientos humanos en zonas cálidas*.
- U.S. Green Building Council. (2021). *Centro Internacional de Negocios - CIN*. Obtenido de USGBC: <https://www.usgbc.org/projects/centro-internacional-de-negocios-cin>
- Universidad Iberoamericana. (2011). Diseño y construcción sostenible: Realidad ineludible. En O. De Buen, *Ahorro de la energía en la edificación* (págs. 85-87).
- Universidad Iberoamericana. (2011). Diseño y construcción sostenible: Realidad ineludible. En C. Aguilar-Dubose, *La revolución sostenible y la educación* (pág. 153).

VIP Structures. (2020). *How mixed-use design is revitalizing urban development* . Obtenido de <https://www.vipstructures.com/how-mixed-use-design-is-revitalizing-urban-development/#:~:text=Mixed%2Duse%20projects%20are%20designed,and%20identity%20to%20the%20users.>

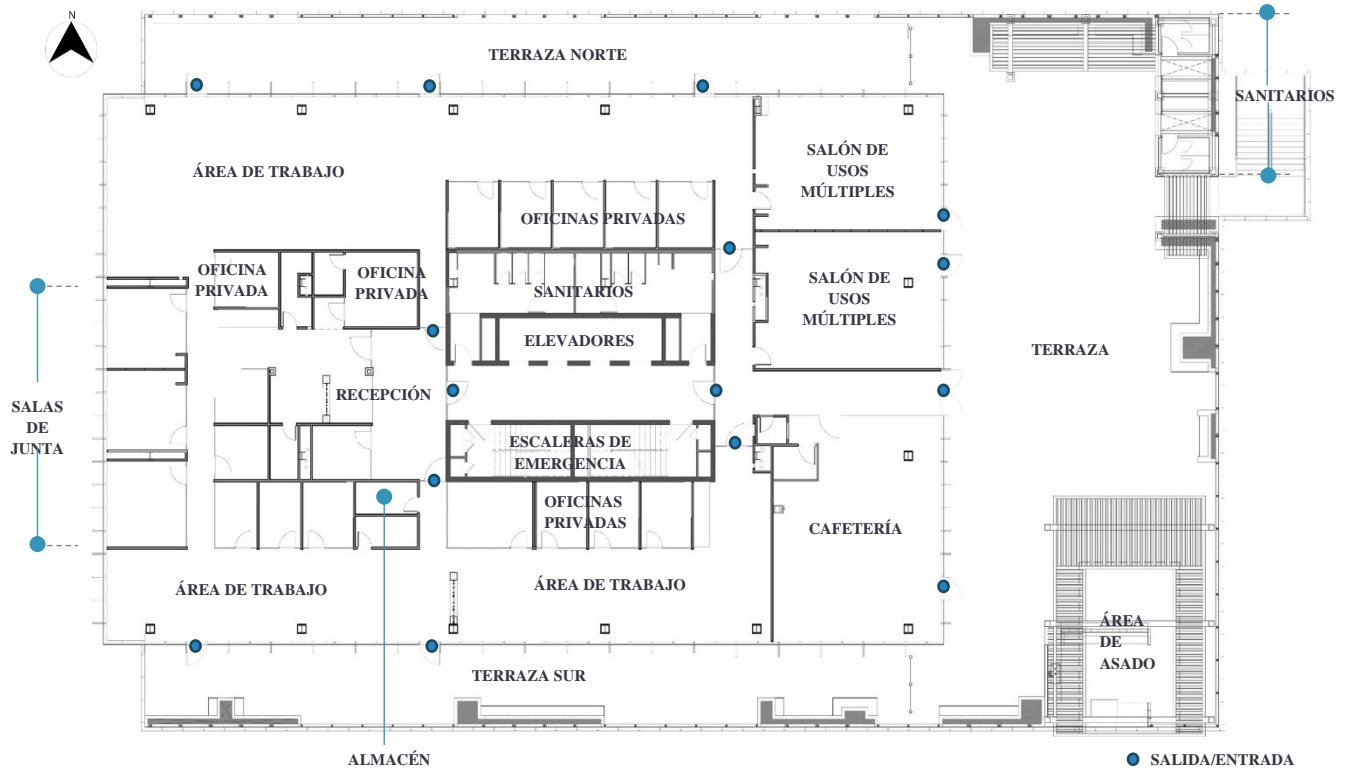
Wassouf, M. (2016). *De la casa pasiva al estándar passivehouse-la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Gustavo Gili, SL.

## CAPÍTULO 9: ANEXOS

---

## 9.1 Materiales de soporte

### A-01 Anexo Ubicación de espacios caso de estudio



### A-02 Anexo Formato de Entrevista

#### **PROYECTO:**

Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, B.C

**Tutor:** Francisco Alvares.

**Entrevistador:** Fernanda Acero.

**Entrevista clave:** \_\_\_\_\_

#### **Datos del entrevistado:**

Fecha de realización:

Lugar:

Hora de inicio/fin:

#### **Descripción corta del proyecto:**

Tema 1:

Tema 2:

Gracias.

A-03 Anexo Formato de Cuestionario

### Cuestionario 1. Usuarios oficinas, Nivel 8.

Buen día, agradezco tome tiempo para contestar el presente cuestionario, el cual servirá para una investigación a nivel de Maestría, en donde evaluaremos cierta perspectiva de su área laboral.

***\*Favor de contestar las preguntas según su percepción en oficinas***

***Sección 1 de 2.***

Fecha de aplicación:

Hora:

Edad aproximada del encuestado:

1. Actualmente se encuentra:

a) *Laborando en oficina*

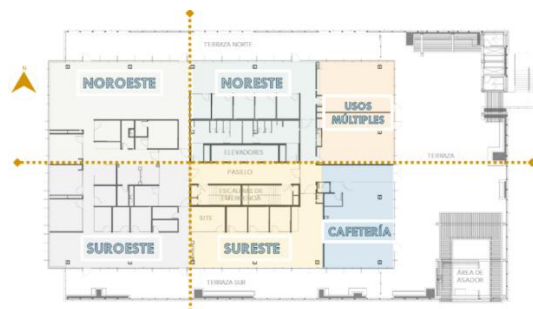
b) *Home Office*

2. Genero

a) *Femenino*

b) *Masculino*

3. ¿En qué zona del edificio labora?



a) *Zona Noroeste*

c) *Zona Noreste*

e) *Salón de usos múltiples*

b) *Zona Suroeste*

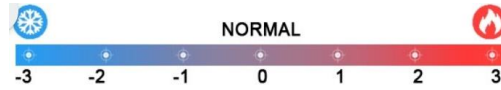
d) *Zona Su este*

f) *cafetería*

4. ¿Cuánto tiempo tiene laborando en las oficinas?

***\*Recuerda que las siguientes preguntas son según tu percepción del área laboral en las oficinas.***

5. En verano, su percepción térmica dentro del área de trabajo:



- a) -3 *Muy frío*
- b) -2 *Frío*
- c) -1 *Ligeramente frío*
- d) *Neutral*
- e) +1 *Ligeramente cálido*
- f) +2 *Cálido*
- g) +3 *Muy Cálido*

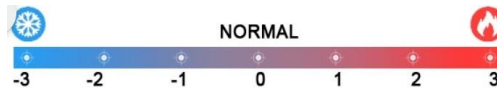
6. En verano ¿En qué momento del día percibe calor con más intensidad?

- a) *Mañana 8:00 hrs.- 11:00 hrs.*
- b) *Medio día: 12:00 hrs.- 15:00 hrs.*
- c) *Tarde: 16:00hrs.- 19:00hrs.*

7. En verano ¿En qué momento del día percibe frío con más intensidad?

- a) *Mañana 8:00 hrs.- 11:00 hrs.*
- b) *Medio día: 12:00 hrs.- 15:00 hrs.*
- c) *Tarde: 16:00hrs.- 19:00hrs.*

8. En invierno, su percepción térmica dentro del área de trabajo:



- a) -3 *Muy frío*
- b) -2 *Frío*
- c) -1 *Ligeramente frío*
- d) *Neutral*
- e) +1 *Ligeramente cálido*
- f) +2 *Cálido*
- g) +3 *Muy Cálido*

9. En invierno ¿En qué momento del día percibe calor con más intensidad?

- a) *Mañana 8:00 hrs.-11:00 hrs.*
- b) *Medio día: 12:00 hrs.- 15:00 hrs.*
- c) *Tarde: 16:00hrs.- 19:00hrs.*

10. En invierno ¿En qué momento del día percibe frío con más intensidad?

- a) *Mañana 8:00 hrs.-11:00 hrs.*
- b) *Medio día: 12:00 hrs.- 15:00 hrs.*
- c) *Tarde: 16:00hrs.- 19:00hrs.*

11. Laboralmente ¿Qué tipo de vestimenta utiliza o le es requerida en verano?



12. Laboralmente ¿Qué tipo de vestimenta utiliza o le es requerida en invierno?

13. ¿Considera que la sensación térmica es adecuada para laborar?

14. Algún comentario en cuanto al ambiente térmico de su área de trabajo:

15. ¿Hace o hacía uso de cafetería/terraza? (para cualquier actividad)

***Gracias por su tiempo y colaboración.***

***Sección 2 de 2.***

1. ¿Qué tan recurrente hace uso del área de terraza?

a) *1-2 días por semana*

b) *3-4 días por semana*

c) *Diariamente*

2. ¿Suele usar la terraza para consumir sus alimentos?

a) *Si*

b) *No*

3. ¿Qué otro tipo de actividades realiza en la terraza?

4. La temperatura que percibe en la terraza es:

a) *Agradable.*

b) *Poco agradable*

c) *Nada agradable*

5. ¿Disfruta el uso de la terraza

**PROYECTO:**

Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, B.C,

**ACTIVIDAD:** Medición de temperatura en puntos estratégicos con un termómetro infrarrojo.

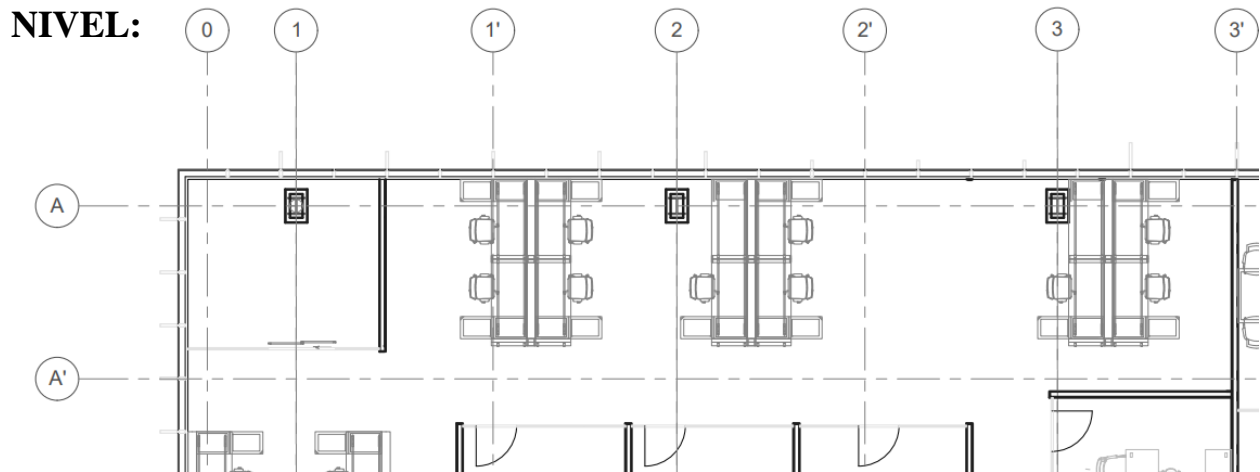
**TUTOR:** Mtro. Francisco Álvarez Partida


**RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:** Arq. Fernanda Leticia Acero González.

**AUXILIAR:** \_\_\_\_\_

**FECHA DE APLICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**LUGAR:**



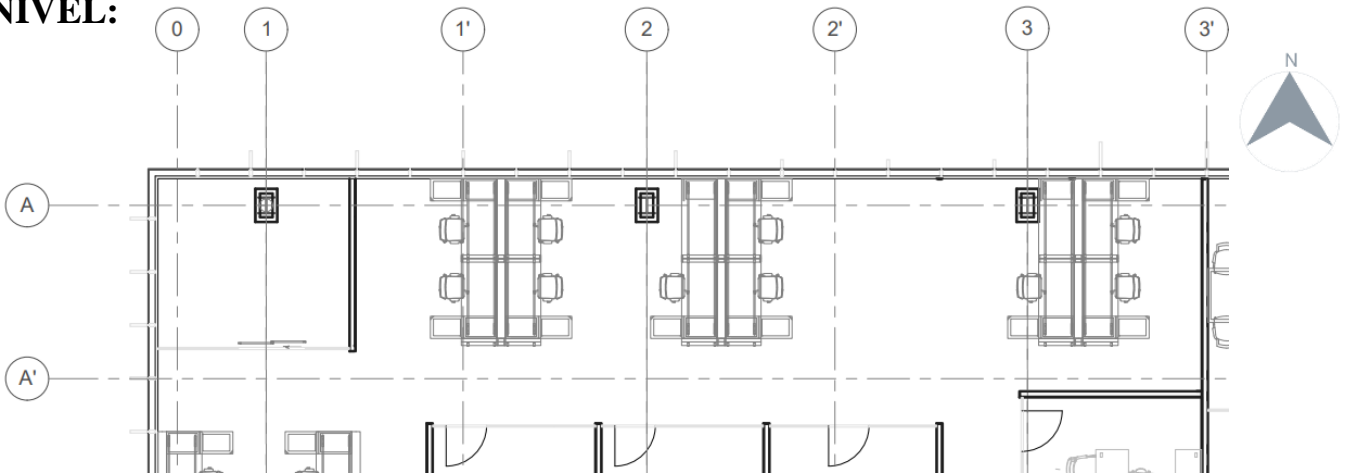
 **Inicio:** \_\_\_\_\_


Eje	Nivel	No.	Centro	Losa superior	Losa inferior	Norte	Sur
A	9	0					
		1					
		1'					
		2					
		2'					
		3					
		3'					

**Emisividad:** Concreto, vidrio, loseta: 0.94 | Acero: 0.52 | Yeso: 0.90 | Madera: 0.90 | Textil: 0.90

**Fin:** \_\_\_\_\_


**NIVEL:**



 **Inicio:** \_\_\_\_\_

Eje	Nivel	No.	Centro	Losa superior	Losa inferior	Norte	Sur
A'	9	0					
		1					
		1'					
		2					
		2'					
		3					
		3'					

**Emisividad:** Concreto, vidrio, loseta: 0.94 | Acero: 0.52 | Yeso: 0.90 | Madera: 0.90 | Textil: 0.90

 **Fin:** \_\_\_\_\_

## A-03 Anexo Fichaje de información de monitoreo. Hobos

### A-03.1 Temperatura y Humedad relativa | Promedios mensual.

<b>NIVEL</b>	<b>8 SUR</b>	
<b>MES</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA %</b>
Enero	21.07	29.23
Febrero	22.20	25.11
Marzo	23.54	29.13
Abril	24.93	28.76
Mayo	24.34	34.79
Junio	26.03	39.52
Julio	26.47	47.91
Agosto	26.53	48.11
Septiembre	26.7	43.94
Octubre	25.45	33.04
noviembre	24.6	33.16
Diciembre	20.99	35
<b>NIVEL</b>	<b>8 NORTE</b>	
Enero	18.59	32.74
Febrero	19.64	27.33
Marzo	22.51	29.83
Abril	25.01	27.71
Mayo	26.04	31.06
Junio	22.49	29.4
Julio	27.59	45.46
Agosto	26.54	43.19
Septiembre	27.35	37.35
Octubre	24.98	34.72
noviembre	26.54	43.19
Diciembre	18.93	37.74
<b>NIVEL</b>	<b>8 TERRAZA</b>	
Enero	16.61	34.30
Febrero	17.77	25.83
Marzo	22.23	27.47
Abril	26.91	26.56
Mayo	29.16	28.27
Junio	34.66	30.31
Julio	35.65	43.44
Agosto	35.58	42.19
Septiembre	33.7	37.29

<b>NIVEL</b>	<b>7</b>	
<b>MES</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA %</b>
Enero	17.12	28.77
Febrero	17.94	22.52
Marzo	21.9	24.48
Abril	25.5	27.02
Mayo	27.62	29
Junio	33.01	31.4
Julio	34.17	45.27
Agosto	33.87	44.07
Septiembre	32.19	38.54
Diciembre	17.14	37.83
<b>NIVEL</b>	<b>9</b>	
Enero	20.91	29.53
Febrero	21.71	25.49
Marzo	23.74	29.71
<b>NIVEL</b>	<b>11</b>	
Abril	25.82	26.33
Mayo	25.78	31.54
Junio	26.10	42.99
Julio	26.21	58.57
Agosto	26.29	57.86
Septiembre	26.46	50.69
Octubre	25.91	33.78

A-03.2 Temperatura y Humedad relativa | Máximos y mínimos mensual.

NIVEL	8 TERRAZA	
<b>ENERO</b>		
	T °C	HR %
mínima	4.90	12.44
máxima	26.90	93.81
<b>FEBRERO</b>		
mínima	5.60	10.83
máxima	31.72	78.91
<b>MARZO</b>		
mínima	8.87	8.71
máxima	38.46	74.72
<b>ABRIL</b>		
mínima	13.52	8.67
máxima	45.95	89.86
<b>MAYO</b>		
mínima	13.60	4.95
máxima	43.96	83.35
<b>JUNIO</b>		
mínima	19.06	7.99
máxima	51.58	73.73
<b>JULIO</b>		
mínima	26.19	11.04
máxima	50.52	82.95
<b>AGOSTO</b>		
mínima	22.61	12.35
máxima	53.2	90.02
<b>SEPTIEMBRE</b>		
mínima	19.73	10.32
máxima	50.42	88.23

NIVEL	8 SUR	
<b>ENERO</b>		
	T °C	HR %
mínima	16.06	18.73
máxima	26.90	48.84
<b>FEBRERO</b>		
mínima	16.68	17.05
máxima	28.45	37.19
<b>MARZO</b>		
mínima	19.01	18
máxima	30.35	47.29
<b>ABRIL</b>		
mínima	21	16.75
máxima	32.92	47.91
<b>MAYO</b>		
mínima	20.31	20.49
máxima	31.88	54.88
<b>JUNIO</b>		
mínima	20.69	22.75
máxima	33.83	58.25
<b>JULIO</b>		
mínima	21.3	34.38
máxima	34.23	64.69
<b>AGOSTO</b>		
mínima	20.54	32.08
máxima	33.9	63.96
<b>SEPTIEMBRE</b>		
mínima	21.12	27.45
máxima	35.82	62.56
<b>OCTUBRE</b>		
mínima	21.73	20.81
máxima	33.53	54.6
<b>NOVIEMBRE</b>		
mínima	20.23	18.64
máxima	34.38	53.35
<b>DICIEMBRE</b>		
mínima	16.61	20.82
máxima	26.36	60.28

NIVEL	8 NORTE	
<b>ENERO</b>		
	T °C	HR %
mínima	12.92	20.18
máxima	21.53	50.83
<b>FEBRERO</b>		
mínima	15.12	18.77
máxima	24.27	41.57
<b>MARZO</b>		
mínima	17.51	17.89
máxima	27.48	45.69
<b>ABRIL</b>		
mínima	21.32	15.95
máxima	31.46	44.23
<b>MAYO</b>		
mínima	22.63	18.5
máxima	32.73	44.94
<b>JUNIO</b>		
mínima	17.51	17.89
máxima	27.48	43.65
<b>JULIO</b>		
mínima	23.44	32.32
máxima	34.17	64.08
<b>AGOSTO</b>		
mínima	28.35	29.85
máxima	33.12	60.61
<b>SEPTIEMBRE</b>		
mínima	23.57	21.53
máxima	34.6	54.41
<b>OCTUBRE</b>		
mínima	21.31	23.37
máxima	29.68	49.88
<b>NOVIEMBRE</b>		
mínima	28.35	29.85
máxima	33.12	60.61
<b>DICIEMBRE</b>		
mínima	15.08	23.67
máxima	23.8	60.4

NIVEL	11	
<b>ABRIL</b>		
	T °C	HR %
mínima	21.34	12.64
máxima	34.76	47.27
<b>MAYO</b>		
mínima	22.09	20.07
máxima	31.39	51.04
<b>JUNIO</b>		
mínima	22.83	26.14
máxima	32.94	66.92
<b>JULIO</b>		
mínima	22.72	31.22
máxima	33.48	78.12
<b>AGOSTO</b>		
mínima	22.79	39.05
máxima	33.91	77.52
<b>SEPTIEMBRE</b>		
mínima	22.21	25.20
máxima	35.58	75.21
<b>OCTUBRE</b>		
mínima	22.21	19.85
máxima	33.37	55.94
NIVEL	9	
<b>ENERO</b>		
	T °C	%
mínima	15.73	18.71
máxima	23.97	43.13
<b>FEBRERO</b>		
mínima	17.94	17.71
máxima	25.76	37.73
<b>MARZO</b>		
mínima	20.01	16.61
máxima	28.59	44.89

NIVEL	7	
<b>ENERO</b>		
	T °C	HR %
mínima	8.96	12.93
máxima	22.29	64.83
<b>FEBRERO</b>		
mínima	9.88	8.49
máxima	27.74	50.13
<b>MARZO</b>		
mínima	12.97	9.08
máxima	20.75	53.47
<b>ABRIL</b>		
mínima	15.58	11.57
máxima	35.56	69.89
<b>MAYO</b>		
máxima	34.98	69.7
<b>JUNIO</b>		
mínima	23.36	9.69
máxima	42.13	70.21
<b>JULIO</b>		
mínima	28.82	11.69
máxima	40.5	74.18
<b>AGOSTO</b>		
mínima	26.04	14.83
máxima	43.51	80.42
<b>SEPTIEMBRE</b>		
mínima	22.54	12.59
máxima	40.07	77.3
<b>Diciembre</b>		
mínima	10.46	15.19
máxima	26.07	85.54

## 9.2 Cartas de vinculación.

---



Mexicali, Baja California a mayo 2022.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.  
CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

La presente es con objeto de hacer de su conocimiento la colaboración activa y constante con la alumna Fernanda Leticia Acero González de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) con el corporativo *Punta Este*, durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

Como corporativo de sector privado interesado por la sustentabilidad consideramos de suma relevancia trabajos de investigación como el anteriormente mencionado para lograr un equilibrio justo social y ambiental, en donde valoramos el bienestar de los colaboradores de nuestra edificación.


Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE

Arq. Gerardo Lozano

Coordinador de Corporativo Punta Este

 Calzada CETYS 2600  
Col. Rivera, Mexicali B.C.

 (686) 551 9888

[www.PuntaEste.life](http://www.PuntaEste.life)

Mexicali, Baja California a mayo de 2022.

A quien corresponda:

Programa Nacional de Posgrados de calidad.

CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

La presente es con objeto de hacer de su conocimiento la colaboración activa y constante con la alumna Fernanda Leticia Acero González de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) con el Grupo Hermosillo, durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:


***"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"***

Como sector constructor industrial y de vivienda vertical interesados en el desarrollo de proyectos y ciudades sustentables, consideramos de suma relevancia trabajos de investigación como el anteriormente mencionado para lograr un equilibrio justo social y ambiental.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



---

Arq. Ariadna L. Carrillo Ramírez  
Gerente de Diseño

**MÉXICO, D.F.**

Andrés Bello No. 10 Piso 6B  
Col. Polanco, C.P. 11560  
Del. Miguel Hidalgo  
Tel. (55) 5280-0956

**MONTERREY N.L.**

Av. Boulevard Antonio  
L. Rodríguez #2100  
Piso 16-01, Edificio BH  
Col. Santa María C.P. 64650  
Tel. (81) 8242-4811

**MEXICALI, B.C.**

Av. Madero #2005  
Col. Nueva, C.P. 21100  
Tel. (686) 554-0905  
Fax. (686) 552-6765

**TIJUANA, B.C.**

Paseo de los Héroes 10201  
Desp. 28 Zona Río  
C.P. 22320  
Tel. (664) 700-4800

**SAN DIEGO**

290-C Landis Ave.  
Chula Vista CA 91910  
Tel. (213) 272-6188

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.

CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría “Proyectos y edificación sustentables” del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*“Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali,  
Baja California”*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada en respecto a *solución de problemas en edificaciones verticales, procesamiento de información y estrategias para modelo numérico en Design Builder* para el trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



Arq. Ricardo Daniel Díaz  
Socio Fundador  
The Façade Studio





**ITESO**  
Universidad Jesuita  
de Guadalajara

Guadalajara, Jalisco a mayo 2022.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.

CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) *durante* el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales, así como presenciales, en donde se colaboró con la interesada en respecto al desarrollo de *diseño de experimentos y análisis* para el trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez

Guadalajara, Jalisco a 12 de mayo 2022.

***A quien corresponda***  
**Programa Nacional de Posgrados de Calidad.**  
**CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.**

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) *durante* el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

***"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"***

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada respecto al *análisis energético y procesos para eficiencia energética*, para desarrollo del trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



Arq. Silvia Arias Orozco.  
Universidad de Guadalajara

Hermosillo, Sonora a mayo 2022.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.  
CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada en respecto a *análisis y certificación del caso análogo e interpretación LEED* para desarrollo del trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



Arq. Glenda Saucedo LEED AP BD+C

Mexicali, Baja California a mayo 2022.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de Calidad.

CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada en el desarrollo de *modelado numérico en Design Builder, procesamiento de información, así mismo, se proporcionó material educativo para el desarrollo de propiedades térmicas de materiales* para el trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATFNTAMFNTE



Dr. Aníbal Luna León

Académico | Universidad Autónoma de Baja California.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.  
CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría “Proyectos y edificación sustentables” del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*“Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California”*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales, así como presenciales, en donde se colaboró con la interesada en respecto al desarrollo de *diseño de experimentos y análisis* para el trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez

Académico | Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente

Guadalajara, Jalisco a mayo 2022.

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.  
CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada en respecto al desarrollo de *diseño de experimentos y análisis* para el trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales.

ATENTAMENTE



Ing. David Vargas

Académico | Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente

Guadalajara, Jalisco a 11 de mayo de 2022

*A quien corresponda*

Programa Nacional de Posgrados de calidad.  
CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento el asesoramiento otorgado a la alumna **Fernanda Leticia Acero González** de la maestría "Proyectos y edificación sustentables" del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) con el Grupo Hermosillo, *durante* el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado:

*"Soluciones climáticas optimizadas para climas desérticos en edificios de altura en Mexicali, Baja California"*

El formato de asesoría fue mediante sesiones virtuales en donde se colaboró con la interesada en respecto a *interpretación, análisis y procesamiento de información LEED, eficiencia energética y confort térmico* para desarrollo del trabajo antes expuesto, además, de dotar de metodología y conocimiento aplicativo.

Se extiende la presente a petición del interesado para fines establecidos de esta.

Saludos cordiales,

ATENTAMENTE



M. Arq. Nadia Ayala LEED AP BD+C

Profesora | Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente

