

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**



**TESIS**

**“ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN LA  
ARQUITECTURA RESIDENCIAL COLONIAL LIMEÑA”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

**ELABORADA POR:**

**SYRA PATRICIA ALVAREZ ORTEGA**

**ASESOR:**

**Dr. GILLES LEFEBVRE**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Gilles Lefebvre quien con su experiencia y conocimiento ha sido una guía en la concepción del tema y gran ayuda en el desarrollo en esta investigación.

A la Dra. Mónica Gómez por su apoyo y empuje para la culminación de la tesis.

A los revisores y amigos Dr. Manfred Horn y Msc. Juan Molina por contribuir con sus comentarios a lo largo de la elaboración de mi trabajo y en especial al final de éste.

Al Msc. Rafael Espinoza, director del CER- UNI en 2017, quien me facilitó los equipos para realizar las mediciones.

A los dueños y autoridades de la Casa De Aliaga, Casa Pilatos y Palacio Torre Tagle que me permitieron el acceso a dichas edificaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC) y al Banco Mundial (BM) por el financiamiento otorgado en Contrato Nro 04-2018-FONDECYT-BM-IAT-MU.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
INDICE DE NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS.....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Objetivo .....	14
1.3 Hipótesis .....	14
1.4 Justificación.....	15
1.5 Metodología.....	15
2. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Diagrama Psicométrico de Givoni.....	18
2.2 Características arquitectónicas que inciden en la ventilación .....	21
2.3 Efecto de la masa en edificios con ventilación continua .....	22
2.4 Estado del arte .....	22
2.4.1 A nivel internacional .....	22
2.4.2 A nivel local .....	24
3. LIMA: CLIMA Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES .....	26
3.1 Caracterización del clima .....	26
3.2 Sistemas constructivos tradicionales en casas coloniales.....	29
4. METODOLOGÍA DE CASOS DE ESTUDIO .....	31
4.1 Casa De Aliaga .....	31
4.1.1 Espacios Abiertos .....	33
4.1.2 Espacio Intermedio .....	34
4.1.2 Espacios Interiores.....	35
4.2 Casa Pilatos .....	37
4.2.1 Espacios Abiertos .....	38
4.2.2 Espacios Intermedios.....	38
4.2.3 Espacios Interiores.....	40
4.3 Palacio Torre Tagle .....	42
4.3.1 Espacios Abiertos .....	43

4.3.2 Espacios Intermedios.....	45
4.3.3 Espacios Interiores.....	45
5. ANÁLISIS .....	48
5.1. Casa De Aliaga .....	48
5.1.1 Verano .....	50
5.1.2 Invierno.....	54
5.2 Casa Pilatos .....	61
5.2.1 Verano .....	62
5.2.2 Invierno.....	69
5.3 Palacio Torre Tagle .....	74
5.3.1 Verano .....	76
5.3.2 Invierno.....	91
5.2 Aplicación de la NORMA EM.110: Palacio Torre Tagle .....	98
5.3 Comparaciones entre Patios.....	99
6. DISCUSIÓN Y RESULTADOS .....	105
6.1 Casos de estudio .....	105
6.1.1 Casa De Aliaga .....	105
6.1.2 Casa Pilatos .....	107
6.1.3 Palacio Torre Tagle .....	107
6.1.4 Los Patios.....	109
6.2 Elementos y aspectos de posible aplicación en edificaciones contemporáneas .....	109
7.CONCLUSIONES.....	111
8. BIBLIOGRAFÍA .....	113
9. ANEXO .....	115
Casa de Aliaga Verano.....	112
Casa de Aliaga Invierno.....	114
Casa Pilatos Verano .....	117
Casa Pilatos Invierno.....	121
Palacio Torre Tagle Verano.....	124
Palacio Torre Tagle Invierno.....	129
Cálculo de transmitancia térmica U en Palacio Torre Tagle.....	134

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anemómetro usado para las mediciones, CER-UNI. ....	16
Figura 2. Diagrama psicométrico adaptado de Givoni. (Manzano-Agugliaro et al., .....	19
Figura 3. Diagrama psicométrico adaptado de Givoni que se usa en el análisis.....	20
Figura 4. Gráfico con las temperaturas máximas y mínimas mensuales a las 12m de los años 1791, 1799 y 2017.....	29
Figura 5 Ubicación de las edificaciones trabajadas en Lima: .....	31
Figura 6. Plano de Ubicación Casa De Aliaga .....	32
Figura 7. Dibujo de planta y sección de la Casa De Aliaga .....	32
Figura 8. Dibujos de planta y fotos de los Patios 1 y 2 .....	34
Figura 9. Dibujo de planta y foto de la Galería a Patio 2 .....	35
Figura 10. Dibujo de plantas y fotos de los espacios interiores: Salón, Pasillo, Salita Azul y Alcoba.....	36
Figura 11. Plano de Ubicación Casa Pilatos.....	36
Figura 12. Dibujo de planta de primer y segundo piso de la Casa Pilatos .....	38
Figura 13. Fotografías de la Casa Pilatos. Durante la primera mitad del siglo XX a la izquierda y actual a la derecha.....	39
Figura 14. Dibujos y fotos de los Patios 1 y 2 Casa Pilatos .....	39
Figura 15. Dibujos de planta y fotos de espacios intermedios: zaguán, galería escalera y balcón .....	40
Figura 16. Dibujos de planta de espacios interiores: Salita, Pleno y Audiencia .....	41
Figura 17. Plano de ubicación Palacio Torre Tagle.....	42
Figura 18. A) Planta de primer y segundo piso Palacio Torre Tagle con espacios interiores trabajados. B) Dibujo de sección de Palacio Torre Tagle mostrando los patios y también vistas C) Patio 1(izq.) y Patio 2(der.) .....	44
Figura 19. Vistas desde el exterior e interior de balcones .....	45
Figura 20. Dibujos de planta y vistas de la Sala de la Carroza y Sala de Reuniones 1 – Primer nivel .....	46
Figura 21. Dibujos de planta y vistas de Salón, Sala de Reuniones 2 y Comedor - Segundo nivel .....	46
Figura 22. Dibujo de planta de la Casa De Aliaga mostrando ángulo que forma la dirección predominante del viento con el eje longitudinal de la casa .....	49
Figura 23. Dibujos de planta que grafican el área con sol en los patios a las 12m en	

solsticios y equinoccios.....	50
Figura 24. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Casa De Aliaga.....	51
Figura 25. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Casa De Aliaga.....	53
Figura 26. Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Casa De Aliaga.....	55
Figura 27. Dibujo de sección del Patio 1.....	55
Figura 28. Dibujo de sección del Patio 2.....	56
Figura 29 Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Casa De Aliaga.....	58
Figura 30. Dibujo de sección de la Sala Francesa.....	59
Figura 31. Dibujo de sección de Alcoba (izq.), Salita azul (centro) y Pasillo (der.).....	60
Figura 32. Dibujo planta de la zona privada con alcobas y vista isométrica del techo y sus teatinas.....	60
Figura 33. Dibujo de planta de la Casa Pilatos mostrando ángulo que forma la dirección predominante del viento con el eje del frente mayor.....	61
Figura 34. Dibujo de plantas que grafican en recuadros de color magenta el área con sol en los patios a las 12m en solsticios y equinoccios de la Casa Pilatos.....	62
Figura 35. Dibujo de sección de Patio 1.....	63
Figura 36 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Casa Pilatos.....	64
Figura 37 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días cálidos Casa Pilatos.....	65
Figura 38 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Casa Pilatos.....	68
Figura 39. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Casa Pilatos.....	70
Figura 40 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días fríos Casa Pilatos.....	71
Figura 41. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Casa Pilatos.....	73
Figura 42. Dibujo de fragmento de planta de la Casa Pilatos mostrando el ángulo que	

forma el eje longitudinal de la casa con la dirección predominante del viento .....	74
Figura 43. Dibujo de fragmento de planta del Palacio Torre Tagle mostrando el ángulo que hace el eje longitudinal de la casa con la dirección predominante del viento .....	75
Figura 44. Dibujo de plantas que grafican en recuadros de color magenta el área con sol en los patios a las 12m en solsticios y equinoccios del Palacio Torre Tagle. ....	75
Figura 45. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Palacio Torre Tagle .....	77
Figura 46. Dibujo de sección del Palacio Torre Tagle mostrando flujo de calor .....	79
Figura 47. Dibujo de planta de los balcones y vista interior. Palacio Torre Tagle .....	81
Figura 48 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días cálidos Palacio Torre Tagle .....	81
Figura 49. Espacios interiores del primer nivel en Palacio Torre Tagle .....	82
Figura 50. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Palacio Torre Tagle .....	83
Figura 51. Sala de la Carroza.....	83
Figura 52. Dibujos de planta y sección de la Sala de la Carroza mostrando los distintos vanos.....	85
Figura 53. Dibujo de sección de la Sala de Reunión 1 y 2.....	86
Figura 54. Sala de la Reunión 1.....	86
Figura 55. Secciones del Salón y detalle de carpintería en ventana. ....	87
Figura 56. Vista interior del Comedor hacia la terraza (izq.) hacia la galería (der.).....	88
Figura 57. Interior de Sala de Reunión hacia galería .....	88
Figura 58. Planta sección y vistas de los ductos de ventilación. ....	90
Figura 59. Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Palacio Torre Tagle .....	92
Figura 60. Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días fríos Palacio Torre Tagle.....	93
Figura 61. Dibujo de sección de Balcón Salón y Galería mostrando ventilación cruzada..	95
Figura 62. Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Palacio Torre Tagle.....	101
Figura 63. Gráficos de sombras en patios 9, 12 y 15 hrs. en solsticio de diciembre y equinoccios de marzo .....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fechas de las mediciones realizadas en las edificaciones trabajadas	16
Tabla 2. Cuadro de temperaturas máximas y mínimas mensuales en °C a las 12m de los años 1791, 1799 y 2017	28
Tabla 3. Área y porcentaje de los patios de Casa De Aliaga que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en solsticios y equinoccios	49
Tabla 4. Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron mediciones en la Casa De Aliaga	50
Tabla 5. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en días cálidos en espacios abiertos respecto del exterior Casa De Aliaga.	52
Tabla 6. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos e intermedio en días cálidos Casa De Aliaga.	52
Tabla 7. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en ambientes interiores respecto del exterior en días cálidos Casa De Aliaga.	53
Tabla 8. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s)	53
Tabla 9 Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que se realizaron mediciones en la Casa De Aliaga.	54
Tabla 10. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días fríos Casa De Aliaga	56
Tabla 11. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos e intermedio en días fríos Casa De Aliaga.	56
Tabla 12. Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios exteriores respecto del SENAMHI en días fríos Casa De Aliaga	58
Tabla 13. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días fríos Casa De Aliaga.	58
Tabla 14 Área y porcentaje de los patios de la Casa Pilatos que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en los solsticios y equinoccios	61
Tabla 15. Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron las mediciones en la Casa Pilatos	63
Tabla 16. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos.	65
Tabla 17. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos en días cálidos Casa Pilatos.	65

Tabla 18. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios intermedios respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos	67
Tabla 19. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días cálidos Casa Pilatos.	67
Tabla 20. Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios interiores respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos	69
Tabla 21. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días cálidos Casa Pilatos.	69
Tabla 22. Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que en espacios interiores en días cálidos Casa Pilatos.	69
Tabla 23. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días fríos Casa Pilatos	70
Tabla 24. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s)	70
Tabla 25. Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios intermedios del exterior en días fríos Casa Pilatos.	72
Tabla 26. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días fríos Casa Pilatos.	72
Tabla 27. Incrementos máximos y mínimos en °C en espacios interiores respecto del exterior en días fríos Casa Pilatos.	73
Tabla 28. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días fríos Casa Pilatos.	73
Tabla 29. Área y porcentaje de los patios de Palacio Torre Tagle que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en los solsticios y equinoccios	75
Tabla 30. Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron mediciones en el Palacio Torre Tagle	76
Tabla 31. Incrementos máximos y mínimos en °C en espacios abiertos respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.	78
Tabla 32. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos en días cálidos Palacio Torre Tagle.	78
Tabla 33. Cuadro de las variaciones máximas y mínimas (°C) en espacios intermedios respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.	82
Tabla 34. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días cálidos Palacio Torre Tagle.	82

Tabla 35. Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios interiores respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.	83
Tabla 36. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas en registradas (m/s) en espacios interiores en días cálidos Palacio Torre Tagle	84
Tabla 37. Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que se realizaron mediciones en el Palacio Torre Tagle.	91
Tabla 38. Cuadro de las variaciones máxima y mínima en °C en espacios abiertos respecto de la temperatura exterior en días fríos en Palacio Torre	93
Tabla 39. Velocidades máximas de aire registradas en registradas (m/s) en espacios abiertos en días fríos en Palacio Torre Tagle	93
Tabla 40. Incrementos máximos y mínimos en °C espacios intermedios respecto de la temperatura exterior en días fríos Palacio Torre Tagle.	95
Tabla 41. Velocidades máximas de aire registradas en espacios abiertos en días fríos en Palacio Torre Tagle	95
Tabla 42. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios interiores respecto del exterior en días fríos Palacio Torre Tagle.	97
Tabla 43. Velocidades máximas de aire registradas en espacio interiores en días fríos Palacio Torre Tagle	97
Tabla 44. Tramitancia térmica (U) establecida por la Norma EM110 y en elementos de Palacio Torre Tagle	99
Tabla 45. Diferencia de temperatura °C del Patio 1 respecto del Patio 2	101
Tabla 46. Incremento de temperatura °C en los patios interiores respecto del exterior	101
Tabla 47. Datos de dimensiones de patios	102
Tabla 48. Relación de área de aperturas y muros en frentes de patios	103

## **LISTA DE NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS**

CER-UNI	Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería.
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HR	Humedad Relativa
IECC	International Energy Conservation Code
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
ZC	Zona de Confort
ZCI	Zona de Confort de Invierno
ZCV	Zona de Confort de Verano
ZGI	Zona de Ganancias internas
ZEVMN	Zona de Enfriamiento con Ventilación Natural y Mecánica
ZEAMT	Zona de Enfriamiento con Lata Masa Térmica

## **RESUMEN**

La presente investigación estudia y analiza las estrategias bioclimáticas presentes en la arquitectura doméstica colonial limeña. Se busca conocer dichas estrategias con el fin de evaluar sus posibles aplicaciones en diseños contemporáneos.

Se estudia el comportamiento del clima en tres edificaciones como la Casa De Aliaga, la Casa Pilatos, el Palacio Torre Tagle. Se seleccionaron algunos espacios exteriores, intermedios e interiores en estas edificaciones para realizar las mediciones de temperatura, humedad y velocidad de aire en cuatro días de meses cálidos y cuatro días de meses fríos. Esta información es contrastada con la información del SENAMHI del tiempo atmosférico de estos días para conocer el comportamiento de los ambientes seleccionados. Para este análisis se ha trabajado con el diagrama psicrométrico de Givoni. Además de esta información ha sido necesario recolectar y construir información gráfica de las edificaciones, así como información sobre el clima de Lima en siglos anteriores cuando se construyeron estas viviendas.

Los resultados del análisis muestran el comportamiento de las edificaciones en meses fríos y cálidos, así como las estrategias de diseño que contribuyen a alcanzar confort. Acá nos referimos a la organización misma de la casa en torno a patios, las estrategias de ventilación como ventilación cruzada, captación de aire a través de teatinas o chimenea de viento.

Finalmente, se arriba a establecer algunos elementos que pueden rescatarse y reinterpretarse para ser utilizados en edificaciones contemporáneas.

## ABSTRACT

This research studies and analyzes the bioclimatic strategies present in domestic colonial architecture in Lima, with the goal of evaluating their possible applications in contemporary designs.

We studied the climate in three buildings: Casa De Aliaga, Casa Pilatos and Torre Tagle Palace. In these buildings, open, intermediate, and indoor spaces were selected for climate measurements including temperature, humidity and air speed. Measurements were taken on four days of warm months and four days of cold months. This data was contrasted with SENAMHI weather information from those days to evaluate the climate's behavior in the different spaces selected. A Givoni psychometric diagram was used to plot results by room. In addition to this information, it has been necessary to collect and draw graphic information of the buildings, as well as climate data of Lima in previous centuries when these houses were built.

The results of the analysis show the behavior of the buildings in cold and warm months, as well as the design strategies that contributed to achieving comfort. These strategies include the organization of the house around patios, ventilation strategies such as cross ventilation, air intake through teatinas and wind chimneys.

Finally, we establish elements that can be rescued and reinterpreted to be used in contemporary buildings.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Diversos autores (Cañas y Martín, 2004) (Manzano-Agugliaro et al., 2015) sostienen que la arquitectura tradicional o vernácula responde al clima de su entorno. Mediante aproximaciones de prueba y error se habría desarrollado técnicas constructivas para obtener confort interior considerando las condiciones de clima local, los materiales disponibles y otras condiciones culturales. Posteriormente con la llegada de la arquitectura moderna el confort se ha servido de mecanismos tecnológicos que consumen energía dejando así de lado las prácticas propias de las edificaciones tradicionales.

La utilidad del análisis de las edificaciones coloniales de Lima se sustenta en la necesidad de aplicar estrategias de diseño pasivo para reducir el consumo cada vez mayor de energía a la vez que alcanzar un adecuado nivel de confort.

En publicaciones internacionales se encuentra una vasta producción de artículos de investigación que estudian las técnicas de diseño bioclimático en la arquitectura vernácula en países como Brasil (Labaki y Kowaltowski, 1998), India (Singh et al., 2010) y España (Cañas y Martín, 2004). En ellos se analizan y evalúan diversos ejemplos de viviendas para conocer su comportamiento bioclimático con el objeto de rescatar las estrategias bioclimáticas usadas. A nivel local contamos con la investigación sobre las teatinas de Lima de Martín Wieser (Wieser Rey, 2006), donde, a través del análisis energético-ambiental de las teatinas de Lima se busca rescatar las posibilidades de uso en la arquitectura contemporánea. Este trabajo inicia el estudio de los aspectos bioclimáticos en la arquitectura colonial limeña centrándose en un solo elemento presente en la vivienda colonial de finales del siglo XVIII que es la teatina.

La vivienda colonial tradicional por su parte ha sido tema de estudio en no pocas investigaciones. Entre ellas nos interesa *Arquitectura doméstica de la Ciudad de los Reyes (1535-1750)* (Crespo, 2006) que estudia la casa limeña como respuesta a las necesidades de habitación en medio de condiciones locales. Se trabaja con cierto detalle los materiales y sistemas de construcción, pero no se estudia el aspecto bioclimático como parte del diseño de las edificaciones.

Cabe aclarar que, en la presente investigación, nos referimos a la arquitectura tradicional entendiendo esta como la producida por los antiguos alarifes y no aquella producida por la población de manera espontánea, entiéndase arquitectura vernácula. Los casos a analizar

son las viviendas particulares como la Casa De Aliaga, la Casa Pilatos y el Palacio Torre Tagle. Las edificaciones fueron construidas y en algunos casos reconstruidas o restauradas con posterioridad. La Casa De Aliaga es una de las primeras de la ciudad y fue reconstruida más adelante luego del sismo de 1746 y remodelada en el siglo XIX (Gunther, 2004); la Casa Pilatos es de finales del siglo XVI y primera mitad del XVII, también reconstruida luego del sismo de 1746 (Crespo, 2006); finalmente, el Palacio Torre Tagle construido en la década de 1730' resistió el sismo de 1746 y fue restaurado en 1950' (Crespo, 2006).

Para la elección de las edificaciones se ha considerado, además de su representatividad, las facilidades para la realización de las mediciones, así como la información que se pueda conseguir de ellas.

## 1.2 Objetivo

Como **objetivo general** nos interesa estudiar y analizar las estrategias bioclimáticas presentes en la arquitectura doméstica colonial residencial para luego evaluar sus posibles aplicaciones en diseños contemporáneos.

Como **objetivos específicos** se tiene:

- Estudiar el clima de Lima
- Estudiar y analizar el comportamiento de algunos ambientes de las viviendas durante los meses fríos y cálidos
- Ubicar y analizar decisiones de diseño que habrían contribuido a un comportamiento favorable de las edificaciones respecto del clima
- Evaluar las posibles enseñanzas que a partir de los sistemas analizados se puede rescatar para tipologías de vivienda contemporánea.

## 1.3 Hipótesis

Como se ha dicho, las técnicas y los materiales usados en la arquitectura limeña fueron “resultado de un proceso de adaptación y respuesta al medio”. (Crespo, 2006) Se habría respondido no solo a las posibilidades técnicas y materiales disponibles sino también a la presencia de sismos, necesidades de los usuarios, creatividad y oficio de alarifes y artesanos. Consideramos que la arquitectura residencial colonial limeña habría incluido en su diseño algunas estrategias bioclimáticas. Si bien podría ser difícil hablar de un sistema integral es posible que si se haya manejado exitosamente algunos aspectos.

En torno a esta suposición mayor se puede agregar también que:

- La organización de las viviendas en torno a los patios generaría un microclima interior favorable.
- Los balcones además de ser un elemento arquitectónico cultural podrían haber sido pensados también como un espacio intermedio entre el interior y el exterior que contribuiría al confort de la vivienda
- Los muros de las edificaciones, inicialmente solo de adobe de espesor entre 60 y 90 cm. y posteriormente también en quincha de 40 cm para el segundo nivel por consideraciones antisísmicas habrían favorecido el confort interior a los usuarios.

#### **1.4 Justificación**

El diseño de la vivienda contemporánea en Perú difícilmente considera estrategias bioclimáticas como parte de las decisiones proyectuales. Es usual que se opte por modelos ajenos al contexto para la construcción de viviendas locales. Con el desarrollo de la arquitectura moderna en nuestro medio se ha incrementado la tendencia a solucionar aspectos de confort térmico con la ayuda de dispositivos eléctricos. Adicionalmente en ciudades menores del interior de climas variados se suele equivocadamente tomar como modelo lo que se produce en Lima.

En este contexto consideramos que el estudio de la arquitectura tradicional y sus aportes puede contribuir a proyectar una arquitectura más acorde con su entorno y que pueda prescindir de sistemas mecánicos para obtener un adecuado confort térmico.

#### **1.5 Metodología**

El trabajo realizado consta de algunas etapas como búsqueda de información tanto bibliográfica como de campo, procesamiento de la información y elaboración de gráficos y cuadros, análisis y finalmente la formulación de conclusiones.

La revisión de la literatura ha considerado principalmente investigaciones en arquitectura bioclimática, arquitectura vernácula sensible al clima, conocimiento histórico del clima en Lima, así como de la arquitectura colonial de las edificaciones en Lima.

El trabajo de campo ha consistido, por un lado, en levantamiento de información gráfica de las edificaciones, así como de los materiales usados en su construcción. De otro lado se han realizado mediciones haciendo uso de un anemómetro tres veces al día y durante 4 días en cada uno de los locales. Estas mediciones se realizaron en los meses de marzo y abril de 2017 que, aunque ya es inicio de otoño, las consideramos válidas pues dicho año ha sido

inusual por la presencia de la corriente del Niño que ha calentado la temperatura haciendo también que el verano se prolongue más de lo acostumbrado. Las otras mediciones se han tomado en los meses de agosto, septiembre y octubre. La tabla 1 muestra las fechas de las mediciones en casa edificación.

**Tabla 1.** Fechas de las mediciones realizadas en las edificaciones trabajadas principalmente en los meses cálidos y fríos.

VERANO				
	1ª fecha	2ª fecha	3ª fecha	4ª fecha
CASA PILATOS	16/03	04/04	06/04	11/04
CASA DE ALIAGA	23/03	24/03	25/03	26/03
PALACIO TORRE TAGLE	26/03	01/04	02/04	09/04
INVIERNO				
	1ª fecha	2ª fecha	3ª fecha	4ª fecha
CASA PILATOS	12/09	14/09	19/09	21/09
CASA DE ALIAGA	24/09	30/09	01/10	07/10
PALACIO TORRE TAGLE	26/08	27/08	09/09	10/09

Para la realización de estas mediciones se usó un anemómetro, propiedad del CER-UNI, con sensor de humedad y velocidad de viento incorporado. Para la medición de la temperatura se conectó a él el sensor para temperatura radiante ubicado al interior de una pelota de pin pon pintada de color negro tal como se muestra en la figura 1.

Con este equipo se realizaron mediciones de temperatura, humedad y viento en los ambientes elegidos de las edificaciones a tres horas del día. En un inicio se pensó realizar las mediciones a las 7, 15 y 19 horas. En la práctica se vio que esto no es posible por cuanto se trata de edificaciones con usos de oficinas y museos que tienen horarios establecidos y en algunos casos cumplen protocolos de sistemas de seguridad. Se escogieron puntos tanto en ambientes interiores como exteriores de las edificaciones. Un primer grupo corresponde a los espacios abiertos como patio, donde se hicieron mediciones en primer y segundo nivel; un segundo grupo que denominamos espacios intermedios, los mismos que, aunque son techados no cuentan con una envolvente hermética como balcones y galería; y finalmente los espacios cerrados, diversas habitaciones al interior de una edificación.



**Figura 1.** Anemómetro usado para las mediciones, CER-UNI.

Con esta información obtenida en las edificaciones y la información climática obtenida de la estación del Campo de Marte del SENAMHI se construye, haciendo uso de Excel, los diagramas psicrométricos de Givoni para a partir de ello conocer el comportamiento y relación de ambas informaciones. Aquí se ha reconocido en qué zonas se ubica las condiciones ambientales de los espacios medidos y su comportamiento a lo largo de las tres medidas realizadas. Teniendo como marco el diagrama psicrométrico de Givoni se observa qué estrategias bioclimáticas se tendrían que considerar en el diseño para compensar aquellos momentos en los cuales las condiciones ambientales no se encuentran en la zona de confort. A partir de ello y luego de tener información planimétrica suficiente de cada edificación podemos analizar y evaluar si en el diseño de cada una de ella se tuvo presente estrategias de diseño que generen condiciones de confort bioclimático. Finalmente, cuáles de aquellas estrategias se podrían rescatar y reutilizar en diseño contemporáneos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Diagrama Psicométrico de Givoni

La carta bioclimática facilita el análisis de las características climáticas de una ubicación dada desde el punto de vista del confort humano, al representar en una misma carta la combinación de temperatura y humedad. También son válidas para proporcionar pautas para diseño de edificios evitando en lo posible acondicionamiento mecánico y generando en su interior una zona de confort.

Entendemos zona de confort a aquella zona definida por el rango de condiciones climáticas dentro de las cuales la mayoría de las personas no siente disconfort térmico, ni frío ni calor. (Givoni, 1992)

La figura 2 muestra, a partir de un diagrama psicométrico, el climograma de bienestar de Givoni según los autores del artículo (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

El eje X representa la temperatura del bulbo seco y el eje Y muestra la humedad absoluta. La humedad relativa, expresada como el porcentaje de humedad respecto al máximo que admite la atmósfera, está representada por las curvas.

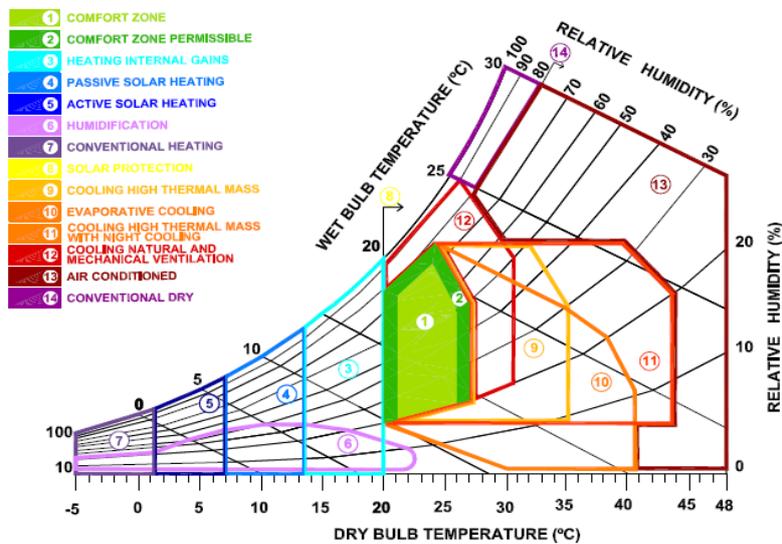
Se tiene un total de catorce zonas organizadas en torno a la zona 1 que es la zona de confort. En la mayoría de ellas se debe usar diversas estrategias para alcanzar confort al interior de una edificación. En unas pocas es inevitable hacerlo sin ayuda de técnicas de acondicionamiento convencional como aire acondicionado y calefacción. Las características de estas zonas están presentadas también por otros autores. (Neila, 2004). Estas son:

La zona 1 está entre los 21 y 26°C de temperatura seca, con un margen de bienestar aceptable que la amplía a los 20-27°C. Las humedades relativas que actúan de límite son 75%, ampliable al 80% en la parte superior y por debajo el 20%. Esta zona ampliable constituye la zona 2.

La zona 3 representa las condiciones controladas por las ganancias internas. Es una zona de frío moderado en la que la energía que falta para alcanzar confort puede simplemente obtenerse por el calor generado por los ocupantes, iluminación y equipos.

La zona 4 representa las condiciones controladas por los sistemas solares pasivos. Si bien es una zona con mayor frío que al anterior, es todavía moderado y debe combinarse también con inercia térmica.

La zona 5 representa las condiciones controladas por los sistemas solares activos. Es una



**Figura 2.** Figura 1 Diagrama psicrométrico adaptado de Givoni. (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

zona de mayor frío.

La zona 6 representa la zona de baja humedad donde resulta imprescindible aplicar técnicas de humidificación, aunque esto no represente alcanzar condiciones térmicas de bienestar.

La zona 7 representa las condiciones de frío intenso entre  $-5$  y  $1^{\circ}\text{C}$  que tampoco pueden ser controladas por técnicas bioclimáticas y que para llegar a la zona de confort requieren de sistemas de calefacción a base de energía eléctrica, gas o mejor aún de energía renovables.

La zona 8 señala aquella que requiere de protección solar a fin de evitar que la temperatura se incremente.

La zona 9 representa las condiciones que son controlables simplemente con masa térmica. No son muy calientes ni muy húmedas

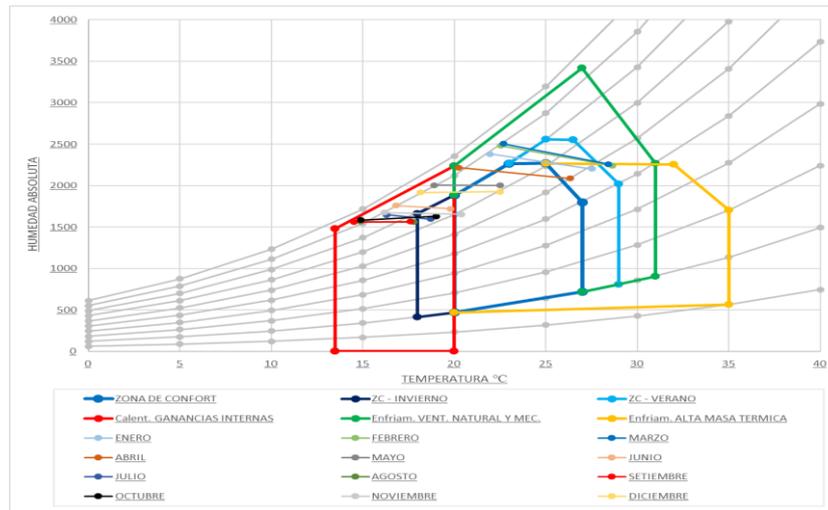
La zona 10 representa las condiciones controlables con enfriamiento evaporativo. Son las calientes y secas.

La zona 11 representa las condiciones controladas por ventilación nocturna. Son zonas muy calientes donde se recurre al viento fresco de la noche para conseguir confort. Se requiere también de una buena envolvente con materiales que tengan buena capacidad para almacenar energía en el día y transmitirla de noche. Es efectivo en climas secos cuando los cambios de temperaturas entre el día y la noche son significativos, mas no en climas húmedos.

La zona 12 representa las condiciones controlables con ventilación natural permanente.

Son las calientes y húmedas. Está delimitada por una línea de temperatura basada en una velocidad del aire que alcanza 1.5m/s. La zona 12 incluye hasta los 31.5°C con humedad relativa que va del 20% hasta el 50%.

La zona 13 requiere inevitablemente de aire acondicionado, de preferencia a partir de energías renovables para evitar el incremento de consumo de energía y liberación de GEI, para reducir la temperatura y la humedad relativa.



**Figura 3.** Diagrama psicrométrico adaptado de Givoni que se usa en el análisis de los datos y muestra el clima de los meses del año de Lima.

Para el presente estudio nos limitaremos a las zonas donde se ubican nuestros resultados, como se muestra en figura 3, y consideramos los nuevos límites que Givoni presenta en su artículo (Givoni, 1997). Esto por cuanto en estudios realizados en países más cálidos, donde no se usa aire acondicionado, se encontró que los habitantes estaban habituados a condiciones más cálidas. Se asume entonces la propuesta de una zona de confort para verano (ZCV) que alcanza los 29°C y una zona de confort para invierno (ZCI) que llega hasta los 18°C. Luego se encuentran la zona de ganancias internas (ZGI) que llega hasta 13.5°C para el invierno y la zona de enfriamiento con ventilación natural y mecánica (ZEVNM) para verano. Finalmente estamos incluyendo la zona de enfriamiento con alta masa térmica (ZEAMT) pues algún resultado se acerca a ese límite.

Se registra parte importante de datos en la ZGI y ZEVNM y esto se debe en gran parte por la alta humedad más que por la temperatura. También hay una parte importante de datos en las ZC, ZCI y ZCV. En algunos casos se alcanza la ZEAMT pero en estos casos se ubican también en la ZEVNM. La humedad ocasiona disconfort a lo largo de todo el año. En invierno se requiere principalmente conseguir confort por ganancias internas y en verano se requiere de buena ventilación para sobrellevar la temperatura.

## **2.2 Características arquitectónicas que inciden en la ventilación**

Entre las principales características que afectan las condiciones de ventilación interior se encuentran:

### **2.2.1 Tipo de edificio**

Se considera que los espacios abiertos adjuntos como patios y balcones (Givoni, 1997) adecuadamente tratados pueden modificar las condiciones climáticas del medio ambiente próximo a la piel del edificio. Producir sombra en las paredes del edificio adyacentes a los espacios abiertos sea con voladizo o vegetación; aislar las paredes con arbustos altos y densos creando espacios de aire semimuertos próximos a las paredes; así como aumentar la humedad y bajar la temperatura en el aire del espacio abierto delimitado por paredes son estrategias que pueden contribuir a lo antes mencionado.

En lo referente a los patios se acepta que, dependiendo en gran parte de su diseño, detalles y tratamiento, estos ayudan a mantener temperaturas más bajas en climas cálidos. En estos entornos resulta conveniente minimizar la radiación solar atraída al piso en el verano y bajar la temperatura de su aire con enfriamiento por evaporación. Como sabemos la radiación que ingresa llega a todas las paredes verticales y al piso del patio y como la velocidad del aire en el patio es generalmente menor que en el exterior se lleva solo en parte el calor ganado, manteniéndose éste por los muros y el piso. Hay menos pérdidas de calor por convección y, por tanto, en las noches será menos frío en un patio que en el exterior total. Entonces un patio sin vegetación ni sombra tiende a aumentar la temperatura de los ambientes alrededor. Asimismo, la temperatura del patio mismo será mejor que la temperatura del exterior de la edificación por las noches.

### **2.2.2 Orientación del edificio y aperturas respecto del viento**

Se considera que para una buena ventilación al menos un frente de la edificación debe enfrentar el viento. El frente sería válido aun cuando forma hasta 60° con la cara perpendicular a la dirección del viento (Givoni, 1997:94). Asimismo, se considera que en zonas urbanas es mejor el frente de edificios con orientación a los vientos entre 30 y 60 grados para acceso al viento a nivel de piso. Cuando el viento llega a un edificio de manera oblicua crea una gradiente de presión en las paredes expuestas al viento (paredes de barlovento), y la ventana expuesta al viento tiene una presión más alta que la ventana opuesta al viento (ventana de sotavento). Así, el aire ingresa a la habitación a través por la ventana de barlovento y sale por la ventana de sotavento creando una mejor ventilación incluso en las habitaciones con solo una pared externa

El efecto que tiene la ubicación de las ventanas respecto del viento es principalmente relevante para la ubicación de las aberturas de entrada. La ubicación de las aberturas de salida no tiene un efecto significativo en el flujo interior de aire.

### **2.2.3 Tipo de ventanas y detalles de las aberturas**

Tipos diferentes de ventanas producen diferentes modelos de flujos de aire interiores y proporcionan diferentes opciones para controlar la dirección y nivel del flujo.

### **2.2.4 Ubicación vertical de las ventanas**

La altura del alfeizar de la ventana por donde ingresa el aire puede determinar el nivel del flujo de aire interior principal. En el caso de ventana alta suele haber una fuerte caída en la velocidad del aire por los niveles por debajo del alfeizar a menos que esto se evite o impida por medio de un diseño que dirija el flujo hacia abajo.

### **2.2.5 Obstrucciones interiores al flujo de aire desde la entrada hasta las aberturas de salida**

Si la subdivisión interna del edificio permite la ventilación cruzada independiente de las habitaciones individuales, se produce una mejor ventilación general del edificio.

## **2.3 Efecto de la masa en edificios con ventilación continua**

Asimismo, Givoni (Givoni, 1997) sostiene que estudios experimentales demostraron que, aun cuando los edificios cuenten con ventilación cruzada durante el día, las temperaturas máximas interiores pueden alcanzar 2-3°C menos que la temperatura máxima del exterior cuando se trata de edificios de alta masa térmica. Esto es posible cuando en algún momento la temperatura exterior es suficientemente baja como para enfriar el aire interior y a su vez la masa térmica consiga conservar el frescor en momentos más calurosos.

Adicionalmente sostiene que si la velocidad de aire interior alcanza de 1 a 1.5m/s se consigue confort en lugares donde la temperatura máxima del aire exterior se ubique entre los 28°C y 32°C.

## **2.4 Estado del arte**

### **2.4.1 A nivel internacional**

A nivel internacional no son pocos los artículos que tratan del tema.

El Artículo *Ancient vernacular architecture* (Zhai y Previtali, 2010) presenta un proyecto que busca crear conocimiento en base a edificios vernaculares tradicionales que incluya tanto información sobre la performance energética del edificio como costos, disponibilidad de material y tradiciones culturales. Los autores consideran valioso rescatar

las tradiciones propias de la arquitectura vernácula a fin de crear conocimiento que sirva de base a arquitectos e ingenieros en el proceso de diseño para optimizar el rendimiento energético de los edificios.

Desarrollan un método para categorizar distintas regiones vernaculares en el mundo a partir de la cultura, el clima y su ubicación, seleccionando un total de 55 tipos representativos de arquitectura vernácula con por lo menos 2 casos en cada zona climática. En estos casos se estudian las partes como: la envolvente de la construcción, que las hay ligeras y pesadas, el material del tejado, principalmente piedra, teja, paja, etc.; la estructura del techo, unas veces planos y otra abovedados; la estructura de la habitación; la forma del edificio, entre otros.

Luego el estudio analiza las implicaciones energéticas de estas características en el consumo de energía general del edificio. Se usó el programa BEOpt (Building Energy Optimization Software) para modelar ejemplos de viviendas en 22 ubicaciones de cada una de las once zonas climáticas determinadas. Los rendimientos energéticos de los edificios con características vernaculares fueron comparados con los edificios construidos según el Código Internacional de Conservación de la Energía y otros generados con las herramientas de optimización. Se analizó con una vivienda modelo y la simulación mostró que siempre era posible encontrar una combinación de construcción vernacular que supere al caso referencia de IECC. La investigación realizó análisis de modelaje para un número importante de técnicas y características vernaculares de arquitectura en las distintas regiones. Los resultados de la simulación de los modelos energéticos encontraron muy favorable considerar las tradiciones de la arquitectura vernácula para mejorar el rendimiento energético de los edificios.

En *Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India* (Singh et al., 2010) se presenta una investigación realizada en distintas zonas bioclimáticas de la India donde se estudiaron 42 viviendas representativas. Se encontraron varias características solares pasivas en el diseño relacionadas con el control de la temperatura y que favorecían la ventilación natural en la mayoría de las viviendas. Los materiales utilizados en la construcción eran todos disponibles en las localidades. La investigación se realizó a partir de información recogida en el lugar y análisis cualitativos de las viviendas.

Otros autores (Desogus et al., 2016) en *Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: The Sardinian case study* investigan cómo la arquitectura vernácula implementa estrategias bioclimáticas para el clima mediterráneo en la isla de

Cerdeña. Las estrategias bioclimáticas se analizan aplicando el enfoque de confort térmico adaptativo. Los datos climáticos de estaciones en todo el territorio regional se ingresan en la carta bioclimática de Szokolay. Los resultados del análisis se comparan luego con las características del patrimonio construido vernáculo de Cerdeña, para verificar si se aplicaron y cómo se aplicaron esas estrategias. Se encontró que la arquitectura incorporaba estrategias para satisfacer de diferentes maneras necesidades de subcalentamiento y sobrecalentamiento. En algunos casos se encontró una fuerte correlación entre las características constructivas y morfológicas y los contextos climáticos.

Una investigación sobre el comportamiento de una casa tradicional en Iran es presentada en *A study on the thermal behavior of traditional residential buildings: Rasoulia house case study* (Asadi et al., 2016). Se evalúa unos ambientes de la casa en el primer nivel y en sótano para conocer su comportamiento térmico a fin de entender diferentes aspectos de sus características bioclimáticas. Para ello se estudia el clima de la ciudad y se hace mediciones de temperatura y humedad relativa en el día más frío y más cálido del año. Se confrontan los resultados de los ambientes con los resultados del exterior encontrando que las variaciones de temperatura interior son menores a las del exterior. Asimismo, de manera cualitativa se evalúa la casa que tiene unos ambientes más confortables para el verano y otros para el invierno.

#### **2.4.2 A nivel local**

En nuestro ámbito contamos con una investigación sobre las teatinas, (Wieser, 2006) antes mencionada. Su autor Martín Wieser evalúa el desempeño de éstas frente a la posibilidad de uso contemporáneo. Más específicamente indaga sobre la estrategia de diseño energético de la edificación de la cual forman parte las teatinas, así como identificar los principios del comportamiento lumínico y térmico de las teatinas en la arquitectura civil tradicional limeña. La investigación desarrolla las bases del estudio en lo referente a los temas de confort, las estrategias de control en arquitectura y las herramientas de evaluación, así como las características climáticas de Lima.

El estudio evalúa en algunas teatinas de las edificaciones aspectos como su ubicación, materiales, dimensiones, sistema constructivo. Se considera que la ubicación relativa de los ambientes con teatinas no permite identificar a priori alguna constante o algún tipo de estrategia en cuanto a su disposición.

Como método de trabajo se busca evaluar la cantidad de radiación solar que penetra en la

habitación a través de la teatina. Se usa el Autocad para mediante la *renderización* ver los resultados del arrojado de sombras identificándose así los días y horas del año en los que la radiación puede ser excesiva. La ventilación también es evaluada con la ubicación de estaciones fuera y dentro de la habitación para observar el recorrido y velocidad del viento. También se usa humo para identificar el recorrido del viento al interior de la habitación. Finalmente, la investigación concluye que es factible el uso contemporáneo de la teatina. Dadas las condiciones térmicas y lumínicas que se llega a alcanzar en las habitaciones con teatinas, considera es posible mejorar su desempeño energético proponiendo alternativas y detalles concretos que mejoren su eficiencia.

### 3. LIMA: CLIMA Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES

Lima, ciudad capital del país y del Virreynato del Perú desde 1535, fue fundada en la franja costera del litoral peruano y margen izquierda del río Rímac a 12° de latitud sur. Su centro histórico se ubica a unos 7km. de la costa, sobre una llanura aluvial configurada por el río y a 110m. sobre el nivel del mar.

Con un damero inicial de aproximadamente 215 ha Lima paso a ocupar 316 ha en 1612 y una población de 25,434 hab. Al iniciar la República en 1821, tenía una población de 54,438 hab. en un área aproximada de 400 ha. En las siguientes décadas tuvo un crecimiento pausado que se incrementó al final de siglo, alcanzando en 1908 154,617 hab, y 203,381 en 1920. El mayor crecimiento de la capital se da a partir de 1940, cuando tenía 661,508 hab. y ocupaba una extensión de 5,763ha., alcanzando actualmente una población de casi 10 millones de hab. en un área aproximada de 90,000 ha. (Matos, 2016).

La ubicación en la costa central expone a Lima a una alta actividad sísmica propia de la interacción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Consecuentemente los sismos constituyen uno de los desastres naturales que más han asolado la capital. Sobre la base de fuentes de la época colonial, el Ing. Enrique Silgado estimó la magnitud de los sismos ocurridos en Lima a partir del grado de destrucción. Así, se estima que los sismos durante la colonia alcanzaron las siguientes magnitudes (escala Mercalli Modificada): 8.1 grados en 1586, 7.4 grados en 1655, 8.2 grados en 1687 y 8.4 grados en 1746. En el siglo XIX se reconoce un gran temblor en 1806 y un terremoto en 1828. (Seiner, 2002). Fueron importantes también los sismos de 1940 que se aproximó al grado 7-8 escala Mercalli Modificada y en 1974 de magnitud 6.6 escala de Richter (Silgado, 1978).

#### 3.1 Caracterización del clima

En la clasificación del geógrafo ruso de origen alemán Wladimir Köppen, el clima de Lima se considera árido cálido (BWh: B=clima seco, W=desierto y h=caliente). Se caracteriza por tener una temperatura media anual superior a los 18°C y muy bajas precipitaciones. Según informaciones del SENAHMI “...al año sólo precipita 8 mm en forma de lloviznas, con un máximo de 1 a 2 entre julio y setiembre. La estacionalidad de las temperaturas del aire está fuertemente regulada por el mar adyacente.” (SENAHMI, 2021).

Lima tiene una humedad muy elevada dentro del ámbito de los climas desérticos, siendo el promedio de la humedad relativa de 82.8%. La humedad es mas alta en los meses de invierno cuando alcanza 85.1% en junio y 85.5 % en setiembre, mientras que tiene su

mínimo en verano con 81.5% en diciembre. La variación a lo largo de año es poco significativa pero si tiene mayor amplitud en el transcurso del día y con mayor rango en verano. A primeras horas del día cuando la temperatura es mas baja, la humedad alcanza los 95 y 97% mientras que los mínimos se presentan a primeras horas de la tarde cuando el calor acumulado es mayor alcanzando valores de 57 a 59% en verano y 64 a 49 % en invierno (Capel, 1999).

Respecto al viento, Cappel refiere que prevalecen los vientos alisios del sur. Sigue en importancia el viento del SSE y luego el viento del SSO. Se trata de viento de poca velocidad con 3.3m/s, mayor velocidad en primavera con 4m/s y alcanzando en noviembre y febrero 3.7m/s y 3.5m/s respectivamente.

Para la presente investigación nos interesan las características del clima no solo de 2017, año en que se realizaron las mediciones, sino aquellas características de siglos anteriores que es cuando se trabajaron las edificaciones analizadas. Esto por cuanto como ya se ha dicho que *“Las evidencias indican que las características climáticas de la costa peruana, y específicamente de la ciudad de Lima, han variado, aunque no de forma sustancial en los últimos siglos. ...Las variaciones en el clima están asociadas principalmente a la presencia misma de la ciudad y a la menor vegetación circundante. Se asume generalmente, por lo mismo, humedades relativas ligeramente más altas, vientos más fuertes y temperaturas ligeramente más bajas en los siglos anteriores.”* (Wieser, 2006).

Investigaciones históricas dan cuenta que el clima en Lima fue tema de estudio en épocas anteriores. Los registros de temperatura más antiguos se iniciaron en 1753 (no se cuenta lamentablemente con registros de humedad ni velocidad de viento antiguos), primero a cargo del cosmógrafo y jesuita Juan Rehr y su sucesor Cosme y Bueno (Lizarraga, 2002). Las mediciones diarias no se publicaban en su totalidad pues sólo interesaba saber el día de mayor y menor temperatura. Paralelamente a las mediciones de los cosmógrafos, desde 1791 y hasta 1794 el Mercurio Peruano publicó registros diarios de mediciones de temperatura hechas a las 12m en grados Reaumur y Fahrenheit realizadas con termómetro de mercurio.

Se cuenta también con mediciones a cargo de Hipólito Unanue realizadas a finales del siglo XVIII y publicadas en su *Observaciones sobre el clima de Lima y sus influencias en los seres organizados, en especial el hombre* (Seiner, 2018). La tabla 2 y la figura 4 muestran la información del clima en los años 1791, 1799 y 2017. Las mediciones de los dos primeros años fueron tomadas a las 12 m. con termómetro de mercurio en la escala

Reaumur. La información correspondiente al año 1791 está presentada ya en el libro citado en °C, mientras que la información correspondiente a 1799 aparece publicada con grados Reaumur y ha sido convertida a escala Celsius con el factor de conversión 1.25. De ambos casos se ha considerado la medición más alta y la más baja de cada mes. Para el año 2017 se ha tomado la información que el SENAMHI publica en línea tomando a su vez la medición más alta y más baja entre las realizadas a las 12m para cada mes. La tabla 2 presenta las temperaturas mínimas y las máximas a las 12m. En 2017, de enero a marzo los máximos registran desde 1.7°C hasta 4.9°C más de lo registrado en el siglo XVIII. Inclusive los mínimos actuales de verano en 2017 están también hasta 2.2°C por encima de los mínimos de los otros años. De otro lado, podemos apreciar que en invierno las mediciones de 2017 están desde 1.1°C hasta 2.9°C por debajo de los mínimos de las curvas del siglo XVIII.

**Tabla 2.** Cuadro de temperaturas máximas y mínimas mensuales en °C a las 12m de los años 1791, 1799 y 2017.

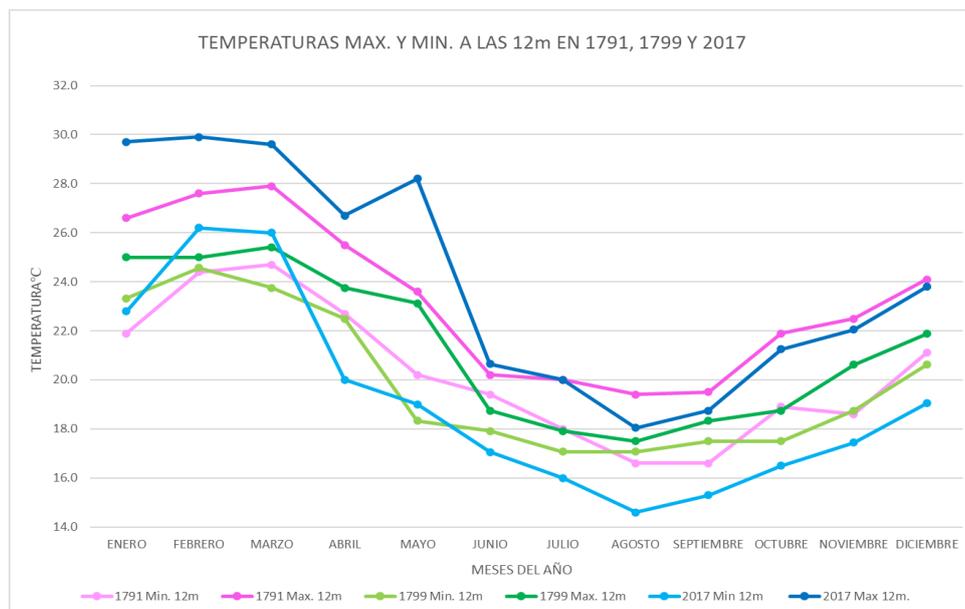
	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
<b>1791 Min. 12m</b>	21.9	24.4	24.7	22.7	20.2	19.4
<b>1791 Max. 12m</b>	26.6	27.6	27.9	25.5	23.6	20.2
<b>1799 Min. 12m</b>	23.3	24.6	23.8	22.5	18.3	17.9
<b>1799 Max. 12m</b>	25.0	25.0	25.4	23.8	23.1	18.8
<b>2017 Min 12m</b>	22.8	26.2	26.0	20.0	19.0	17.1
<b>2017 Max 12m.</b>	29.7	29.9	29.6	26.7	28.2	20.7

	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>1791 Min. 12m</b>	18.0	16.6	16.6	18.9	18.6	21.1
<b>1791 Max. 12m</b>	20.0	19.4	19.5	21.9	22.5	24.1
<b>1799 Min. 12m</b>	17.1	17.1	17.5	17.5	18.8	20.6
<b>1799 Max. 12m</b>	17.9	17.5	18.3	18.8	20.6	21.9
<b>2017 Min 12m</b>	16.0	14.6	15.3	16.5	17.5	19.1
<b>2017 Max 12m.</b>	20.0	18.1	18.8	21.3	22.1	23.8

El clima en Lima presenta ahora un rango mayor de temperaturas a lo largo del año. Los veranos son más calientes que hace dos siglos y a su vez los inviernos son más fríos. Por tanto, es posible afirmar que cuando se construyeron estas edificaciones las condiciones climáticas eran menos extremas y por tanto conseguir un confort climático habría sido más fácil que ahora.

El incremento de la temperatura que se observa sería resultado de variadas causas como el transporte vehicular que presenta la ciudad, los artefactos para la ventilación mecánica o aire acondicionado que se usen en algunos edificios, la disminución del área verde en zona cercanas al centro que antes se tenía, etc.



**Figura 4.** Gráfico con las temperaturas máximas y mínimas mensuales a las 12m de los años 1791, 1799 y 2017.

### 3.2 Sistemas constructivos tradicionales en casas coloniales

Las técnicas y materiales empleados en la construcción durante la colonia fueron resultado de un proceso de adaptación al medio que combinó los materiales del lugar y aquellos posibles de traer de sitios distantes, la tecnología del momento, la destreza de los alarifes y artesanos y, la concientización de los efectos de los terremotos, las necesidades de los usuarios, entre otros. Según dan cuenta algunos autores (Crespo, 2006) y (Pacon y Velarde, 1989), la técnica usual para la mampostería consideraba una cimentación de piedra de una profundidad aproximada entre 1m y 1.3m. y con un ancho similar al muro de 80cm a 1m. Sobre esa base, a ras del terreno, se colocaba un sobrecimiento de piedra de 40cm a 60cm que podían ser de canto rodado y mortero de barro o piedra partida con mortero de cal y arena. El sobrecimiento buscaba nivelar la superficie para la construcción de muros, así como disminuir las filtraciones de humedad hacia ellos. Tanto en cimientos como sobrecimientos en ocasiones se añadía a la piedra verduguillos de ladrillo.

Para los muros se utilizó, desde el siglo XVI, el adobe hecho con molde y a base de tierra, paja y estiércol. El muro de adobe se combinaba con rafas de ladrillo para darle más solidez pues como sabemos los muros cumplían función estructural. Adicionalmente el uso de ladrillo en la parte baja del muro ayudaba a protegerlo de la humedad. Su espesor en la primera planta generalmente era de 60cm a 90cm o más y usaba mortero en base a cal y arena. Se usaba muros principalmente de adobe por su menor costo comparado al ladrillo,

*“...facilidad de obra y ventajas térmicas que ya apreciaban los dueños por experiencias consuetudinarias y tradicionales en la península”* (Harth-Terré y Márquez, 1962). Desde la segunda mitad del siglo XVII y todo el siglo XVIII, se usó telares de quincha para el segundo piso por considerarse de mejor comportamiento frente a un sismo. El muro de quincha se armaba en base a dos telares de quincha hechos con armazón de madera y caña que luego se enlucían con mortero de barro y paja, alcanzando los 40cm.

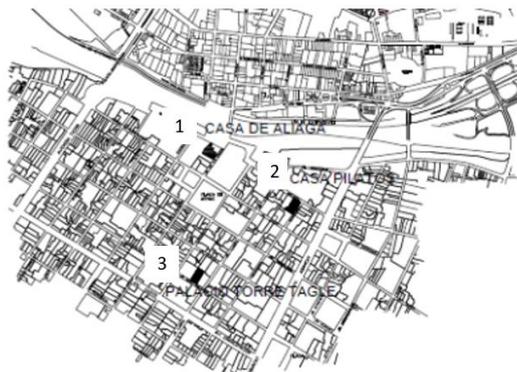
Para pisos fue común en patios y zaguanes usar la piedra menuda como el canto rodado y luego también piedra en forma de losas. En ambientes interiores los pisos se hicieron inicialmente de tierra apisonada pero luego se empezó a usar ladrillo y más adelante los entablados de madera. Este piso, considerado de lujo, se generalizó a fines del siglo XVII y durante el siglo XVIII. Fue hecho en base a tablonés de 10cm a 20cm de cedro apoyados sobre durmientes. Los entresijos y techos se hacían con madera: vigas madres o cuarterones y viguetas o cuarteroncillos. Sobre las viguetas el entablado, también de madera, como piso del nivel superior. En el caso del techo final sobre el entablado de madera se colocaba una torta de barro y sobre ella ladrillo pastelero.

Las puertas, ventanas y balcones fueron hechos de carpintería de madera y solo en el siglo XVIII se empiezan a registrar alguna en hierro. La madera utilizada fue generalmente cedro. A mediados del siglo XVIII (Harth-Terré y Márquez, 1962), aparecen por influencia francesa las puertas mamparas o puerta a la francesa, colocadas generalmente a la entrada de la sala y contando con otra puerta de hoja llena detrás de ella. Las puertas eran también de dos hojas y en algunos casos contaban con una ventana conocida como sobreluz ubicada sobre las hojas. Otro diseño de la hoja consideraba que la parte alta tenga balaustres con hoja llena detrás lo que permitía usar la puerta también como ventana cuando se abría la hoja. Las ventanas solían ser de hoja llena y/o de balaustres a modo de reja. Además de las ventanas ubicadas en los muros aparecen las teatinas sobre todos para aquellas habitaciones que no limitaban con espacios libres y por tanto no podían tener ventanas. Las teatinas se generalizan en la segunda mitad del siglo XVIII cuando luego del terremoto de 1746 se prefiere densificar la ciudad con edificaciones de un solo nivel. Otro elemento de carpintería importante en la vivienda fue el balcón, al igual que la portada de piedra era un indicador exterior de la riqueza económica de la familia. Tomado de la arquitectura española que a su vez lo tomó de la arquitectura árabe el balcón fue un espacio cerrado que más adelante cambió hasta ser un balcón abierto. Construido todo en madera su envolvente era una celosía de ese mismo material.

#### 4. METODOLOGÍA DE CASOS DE ESTUDIO

En esta investigación se ha trabajado con tres edificaciones coloniales. Estas son:

- Casa De Aliaga (actual museo y viviendas)
- Casa Pilatos (actual Tribunal Constitucional)
- Palacio Torre Tagle (actual Ministerio de Relaciones Exteriores)



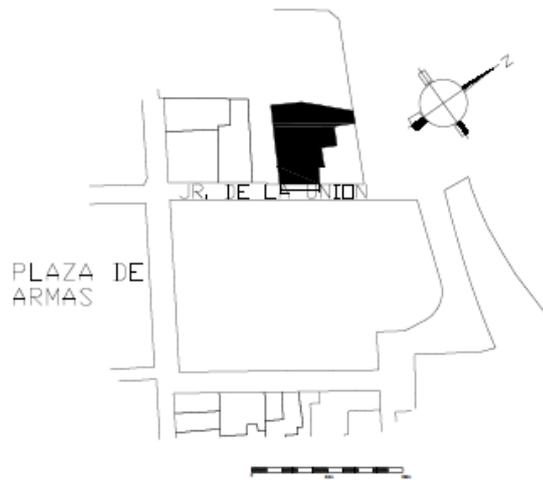
**Figura 5** Ubicación de las edificaciones trabajadas en Lima:  
1. Casa De Aliaga, 2. Casa Pilatos, 3. Palacio Torre Tagle.

La figura 5 muestra parte del centro histórico de Lima trazado en base a la cuadrícula ortogonal original definida el día de la fundación que estableció manzanas cuadradas de aproximadamente 125 m. de lado. La Casa de Aliaga (1) se ubica a media cuadra de la Plaza de Armas en el jirón de La Unión, al costado del Palacio de Gobierno; la Casa Pilatos (2) se ubica en la esquina de los jirones Azángaro y Ancash, en ésta última tiene frente al costado del Convento de San Francisco; finalmente el Palacio Torre Tagle (3) se ubica en el jirón Ucayali a pocas cuadras de la Plaza de Armas. Sus ubicaciones cerca de la Plaza indican que pertenecían a familias acomodadas quienes podrían invertir en una edificación realizada por alarifes y artesanos de cierta trayectoria.

Encontramos que la cuadrícula está girada aproximadamente  $33^\circ$  respecto del norte. Por tanto, la dirección de las calles es en un caso  $33^\circ$  NE y en el otro caso es aproximadamente  $57^\circ$  NO. Estas direcciones son consecuentemente también las direcciones de los ejes longitudinales de las edificaciones.

##### 4.1 Casa De Aliaga

Situada en la primera cuadra del Jr. De la Unión al frente del Palacio de Gobierno (figura 6) tuvo uso inicial de vivienda con posible comercio en primer piso. Su construcción en el siglo XVI fue iniciada por el conquistador Jerónimo de Aliaga. Fue reconstruida luego del



**Figura 6.** Plano de Ubicación Casa De Aliaga.



**Figura 7.** Dibujo de planta y sección de la Casa De Aliaga.

sismo de 1746 y también intervenida en el siglo XIX. Actualmente la edificación reúne cuatro viviendas siendo la principal la que funciona como museo y aquella donde se ha trabajado. Levantada sobre cimientos y sobrecimientos de cal y piedra, al parecer está ubicada sobre una edificación prehispánica que se funde en parte con su estructura. Esto le produce una alteración a la usual tipología de casa patio colonial limeña que sin embargo presenta entrada-zaguán- escalera- patio que conduce al piso alto. La vivienda se desarrolla en dos pisos, el primero de menor área por la presencia del adoratorio y sobre éste el segundo nivel.

Aquí se hicieron mediciones en siete ambientes (figura 7) que se han agrupado de la siguiente manera: **Espacios Abiertos**, aquellos que no tienen techo como los dos patios (en amarillo); **Espacio Intermedio**, aquel que estando techado tiene abierto uno o más de sus lados como la galería (en verde); y finalmente **Espacios Interiores**: cuatro ambientes interiores (en celeste), dos del área social y dos del área privada.

#### **4.1.1 Espacios Abiertos**

Llamaremos Patio 1 al patio de ingreso, de forma casi rectangular de aproximadamente 14m. de largo por 4.65m. de ancho y muros de aproximadamente 5m de altura. El piso tiene aproximadamente 11.63m de largo y como espacio que incluye el vacío de la llegada de la escalera alcanza 14m. Es un espacio seco con piso de mármol y conformado por muros sin galerías que tienen un zócalo de madera de aproximadamente 0.90m de altura (en amarillo en la figura 7, vistas y dibujos en planta en figura 8).

El Patio 2 se encuentra en primer nivel y tiene en promedio 7.87m por 5.6m. y 8.70 de altura. Tiene una pileta en funcionamiento, plantas y un árbol grande. El patio está rodeado de ambientes de servicio en su primer nivel. En su segundo nivel presenta galerías en sus cuatro lados y en tres de ellos abren espacios importantes de la casa.



**Figura 8.** Dibujos de planta y fotos de los Patios 1 y 2.

#### 4.1.2 Espacio Intermedio

La Galería que rodea al patio tiene variadas secciones en sus cuatro partes. Solo tres de ellas son espacios de extensión de ambientes importantes de la casa y la cuarta galería es estrictamente una circulación hacia ambientes de servicio. La galería donde se realizó la medición (en verde en figura 7, vista y dibujos de planta en figura 9) tiene aprox. 2.59m de ancho y 4.65 m. de alto.



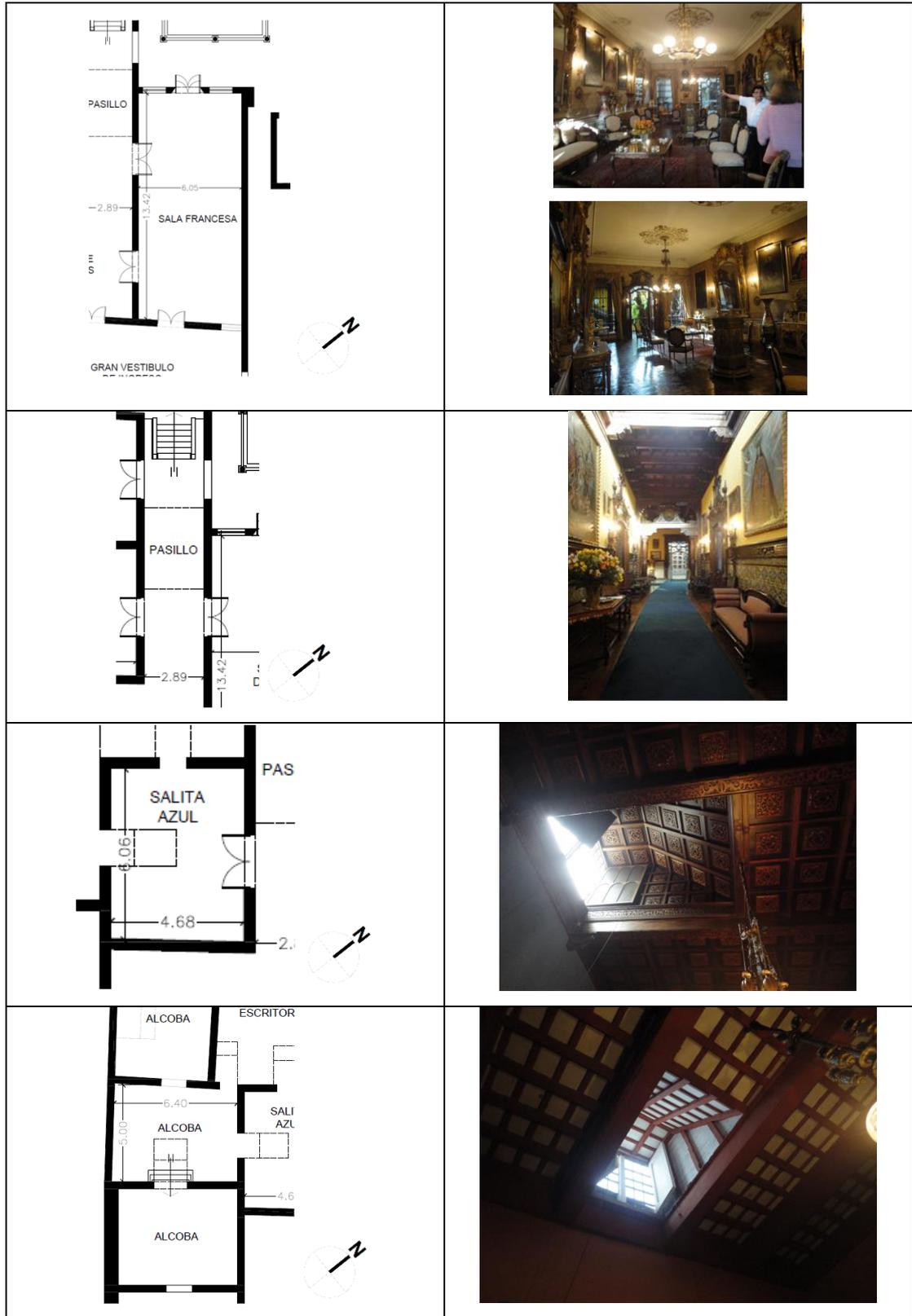
Figura 9. Dibujo de planta y foto de la Galería a Patio 2.

#### 4.1.2 Espacios Interiores

Aquí se realizaron mediciones en cuatro ambientes (en celeste en figura 7, vistas y dibujos de planta en figura 10). Dos de ellos pertenecen al área social, son la Sala Francesa (salón principal de la casa) y el Pasillo. Los otros dos: la Salita Azul y la Alcoba, son espacios más privados.

La Sala Francesa tiene 13m x 6m y cuenta en sus lados menores con ventanas y puertas que facilitan la ventilación cruzada. Uno de esos lados menores enfrenta el Patio 2 y el lado opuesto abre a un gran vestíbulo techado que cuenta con dos linternas para ventilación.

El Pasillo es un espacio longitudinal de 2.90m de ancho al cual se accede desde el vestíbulo y cuenta con una farola además de puerta al Patio 2. Las habitaciones privadas tienen 5m y 6m de lado, no tienen ventanas bajas sino teatinas para su ventilación. Estos ambientes tienen aproximadamente 4.70m de altura.



**Figura 10.** Dibujo de plantas y fotos de los espacios interiores: Salón, Pasillo, Salita Azul y Alcobá.

## 4.2 Casa Pilatos



**Figura 11.** Plano de Ubicación Casa Pilatos.

Ubicada frente a la Plazuela e Iglesia de San Francisco, es la actual sede del Tribunal Constitucional. Se sabe que la primera etapa de su construcción se inicia hacia 1590, luego una segunda etapa entre los años 1630 y 1644. Cuenta con sobrecimientos de piedra y canto, tiene ladrillo y adobe en muros, madera para las cubiertas con vigas y cuarterones, usa piedra también en portada y columnas del primer piso. Se organiza en torno a dos patios: el primero de ellos de mayor dimensión y forma cuadrada, el posterior de forma rectangular y menor área. Una variante con respecto a la usual tipología de casa patio es la ubicación de la escalera entre ambos patios. Su ingreso es mediante doble zaguán. No se sabe con certeza la fecha de construcción del segundo piso, se dice fue reconstruido a mediados del siglo XIX. La cubierta es plana y algunas habitaciones cuentan con teatinas.

En esta casa se han realizado mediciones en **ocho** ambientes que se señalan en color en la figura 12. Los **Espacios Abiertos** son los dos patios. En el primer patio también se hizo mediciones en su segundo nivel (en amarillo); como **Espacios Intermedios** tenemos el zaguán en primer piso, galería, pasillo y balcón en segundo piso (en verde); y finalmente como **Espacios Interiores** se consiguió el acceso a una salita del primer patio, y la sala conocida como el Pleno ambas en el segundo nivel. Lamentablemente en la salita no se pudo realizar todas las mediciones por estar en uso y en aquellas oportunidades se permitió el acceso a la sala de Audiencias.



**Figura 12.** Dibujo de planta de primer y segundo piso de la Casa Pilatos.

#### 4.2.1 Espacios Abiertos

En esta casa se midieron **espacios abiertos** (figura 14) como los dos patios y la galería en el segundo piso del Patio 1. El Patio 1 es el patio de ingreso de forma cuadrada y 11.65m. de lado y aproximadamente 10m. de altura. Tiene galerías en sus cuatro lados y también en su segundo nivel. Su piso es de piedra. El Patio 2 es de forma rectangular y tiene 12.20m x 9.60m (promedio). Durante las mediciones este patio contaba con una cobertura de lona sobre elevada que le otorgaba alguna protección de la radiación pero que permitía el ingreso del aire. El Patio 2 solo tiene galerías en sus dos lados menores en ambos niveles. Ambos patios están espacialmente conectados por la escalera que se ubica entre ellos. Esta escalera de alguna manera favorece el movimiento del aire entre ambos patios.

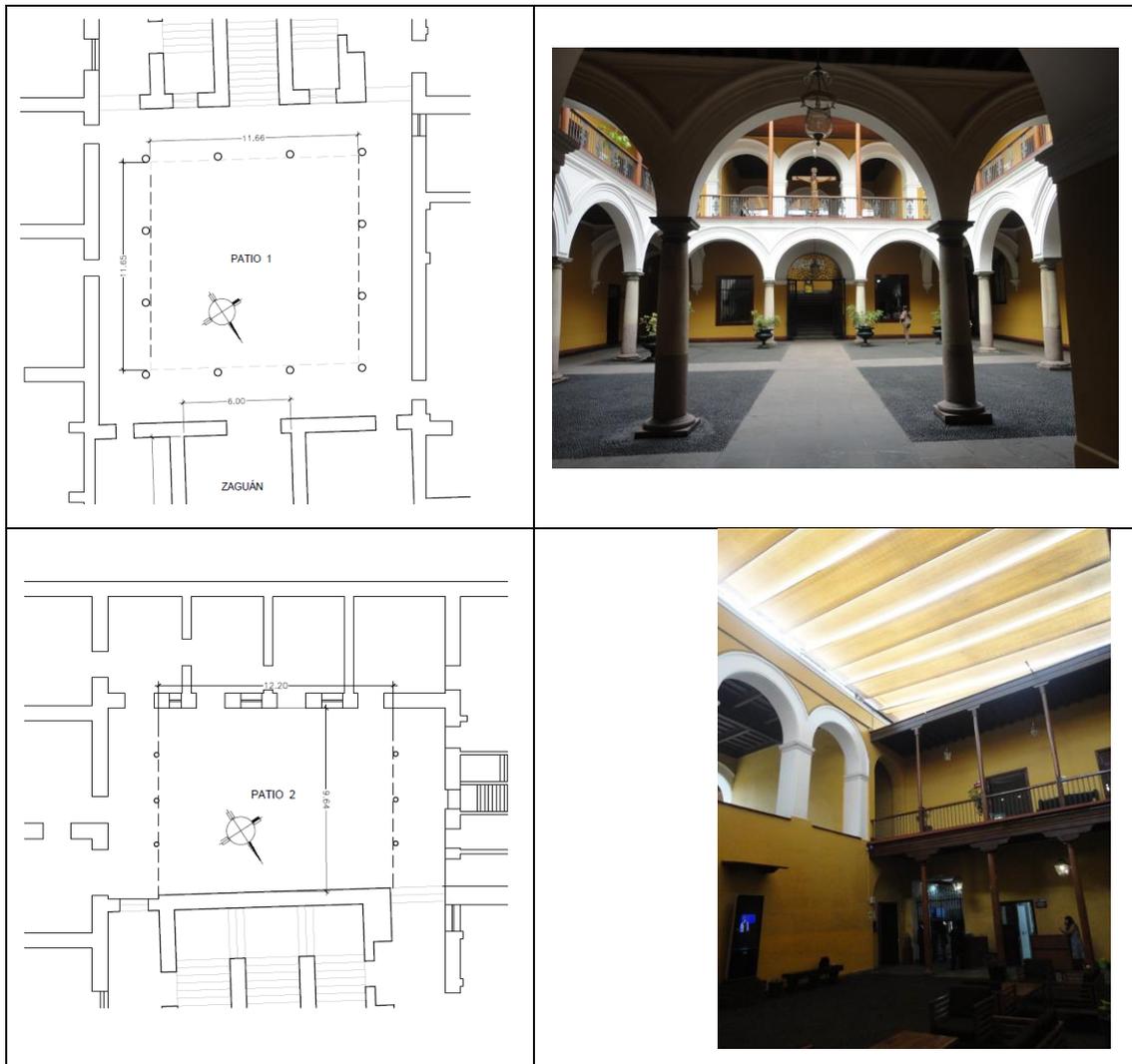
#### 4.2.2 Espacios Intermedios

Aquí tenemos (figura 15) al Zaguán de dos tramos con 6m. de ancho, 12.60m. de largo y 4.60 de alto. El Pasillo es el espacio techado de lado derecho que conecta las galerías del segundo nivel de ambos patios y la galería ubicada delante de la escalera. El balcón en el frente mayor de la casa que tiene 1.40m de ancho. Aquí solo se pudo acceder en verano. Cabe mencionar que los balcones fueron remodelados a finales del siglo XIX. No se tiene información gráfica de los primeros balcones, suponemos habrían sido de celosía de madera, luego del sismo remodelados tal como aparece en la fotografía de la izquierda y

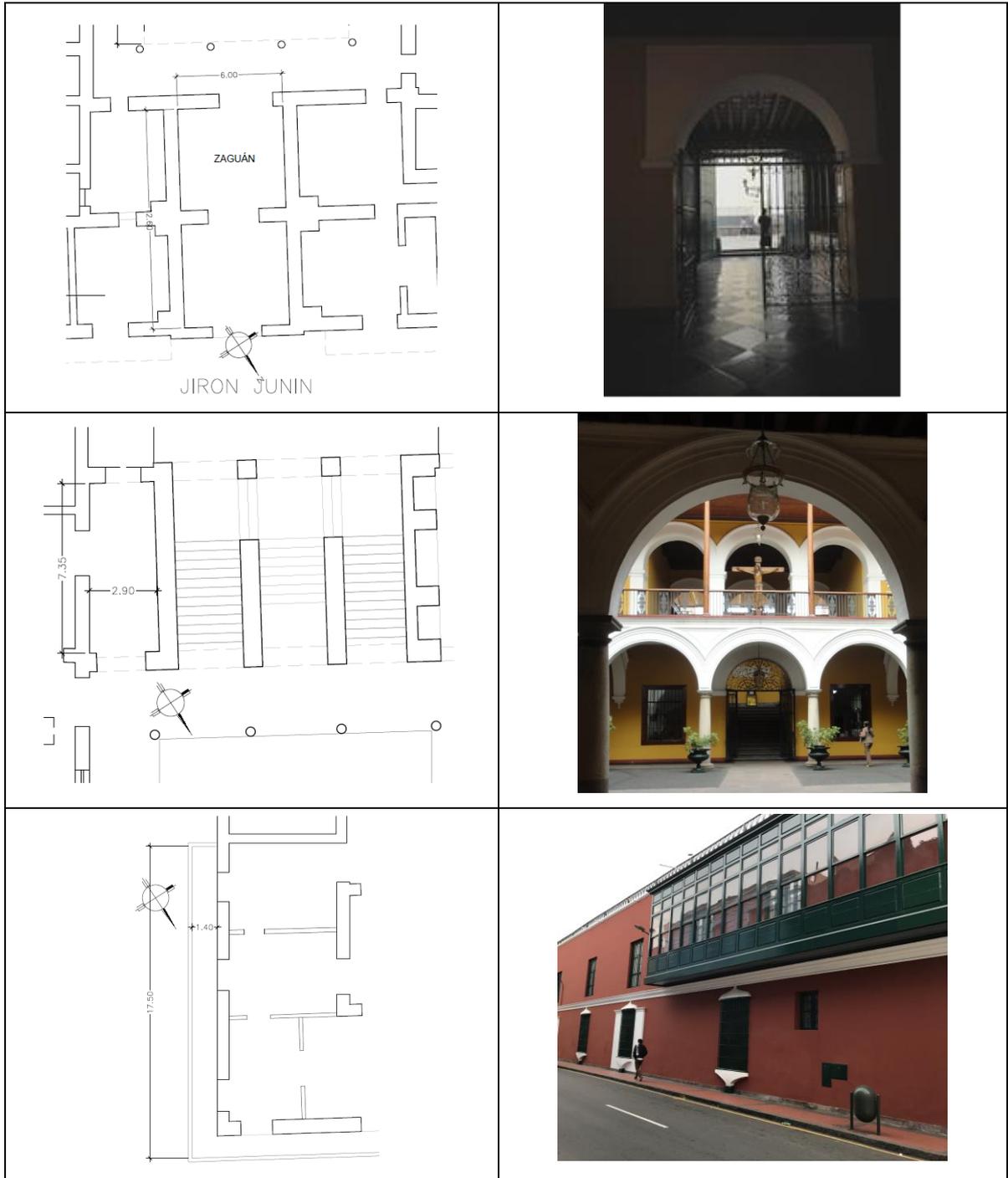
posteriormente cambiados a como son actualmente como se muestra en la figura 13.



**Figura 13.** Fotografías de la Casa Pilatos. Durante la primera mitad del siglo XX a la izquierda y actual a la derecha.



**Figura 14.** Dibujos y fotos de los Patios 1 y 2 Casa Pilatos.

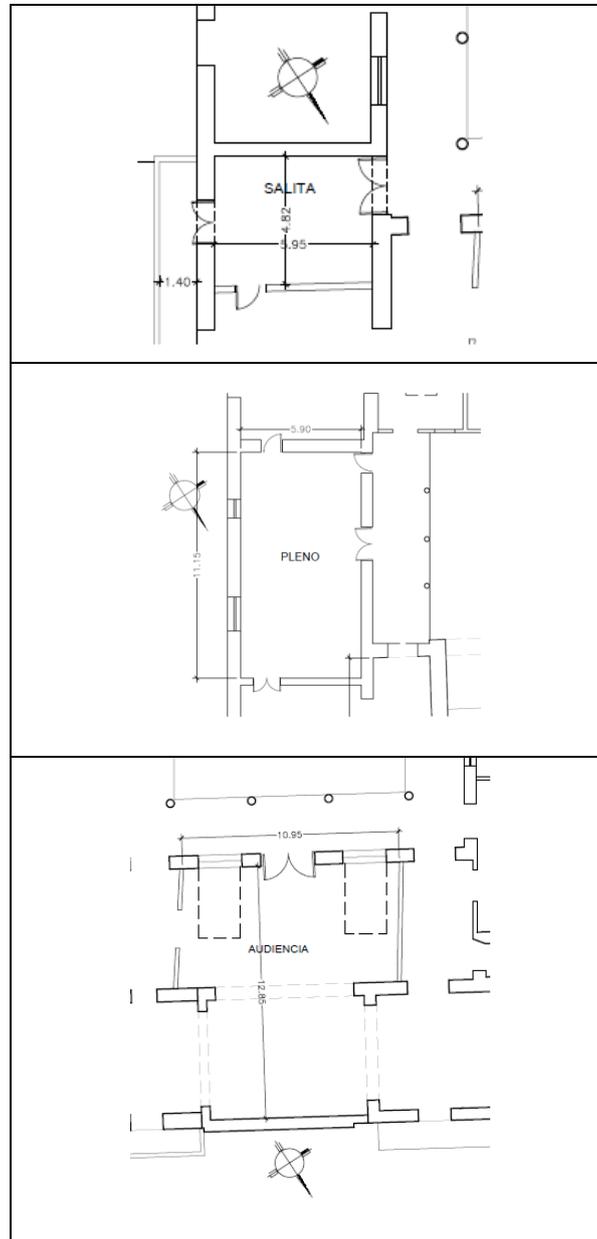


**Figura 15.** Dibujos de planta y fotos de espacios intermedios: zaguán, galería escalera y balcón Casa Pilatos.

### 4.2.3 Espacios Interiores

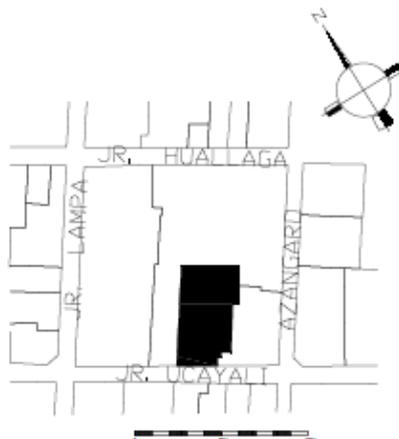
Aquí se hicieron mediciones en un ambiente que ahora funciona como Salita de reuniones de 5.95m x 4.80m próxima a la galería izquierda del Patio 1 y desde donde se accede al balcón. Lamentablemente aquí solo se pudo hacer mediciones en verano pues en invierno no solo estuvo en uso sino también tuvo en funcionamiento el aire acondicionado. Por esta

limitación se nos permitió el acceso en invierno al ambiente conocido como la Audiencia, espacio que debe haber sido el Salón de la casa. El Pleno habría tenido uso como espacio privado de alcoba.



**Figura 16.** Dibujos de planta de espacios interiores: Salita, Pleno y Audiencia.

### 4.3 Palacio Torre Tagle



**Figura 17.** Plano de ubicación Palacio Torre Tagle.

Ubicado en la tercera cuadra del Jr. Ucayali y actual sede del Ministerio de Relaciones Exteriores, fue construido en 1730'. La vivienda se organiza en torno a dos patios, el primero de forma cuadrada y de mayor área que el segundo que es de forma rectangular en el primer nivel y en el segundo nivel adquiere forma cuadrada al incorporársele espacialmente la terraza. La entrada al Palacio está constituida por un doble zaguán en eje con la portada. Las habitaciones cuentan con circulación interna y externa tanto en el piso alto como en el piso bajo. Tiene cimientos de cal y piedra, sobrecimientos de ladrillo y cal, muros de adobe y ladrillo (en algunos sectores) de gran espesor en el primer piso y tabiques dobles de caña y barro en el segundo piso, con algunos tabiques de ladrillo; arcos y escalera de ladrillo y cal, portada de piedra y enlucido de yeso en el interior y en el exterior. La madera se ha usado para la carpintería, pasamanos y barandas, cubiertas planas, balcones y la estructura del entrepiso y cubierta. Para el techo final se ha usado cobertura de barro sobre el techo de madera artesonada. Los muros de la escalera, habitaciones y corredores altos tienen zócalos de azulejos. (Crespo, 2006) Se sabe que en el terremoto de 1746 no sufrió grandes daños.

Sin embargo, aun cuando la edificación se presenta muy semejante a como era en el siglo XVIII, fue restaurada en 1950' (Velarde, 1958) y se realizaron acciones para salvar su estructura con nuevos materiales. Los muros del primer piso fueron reparados con *“llaves de concreto reemplazándose los rellenos de adobe que existían en algunas partes por un igual trabado de ladrillo.”* Luego, las paredes *“fueron unidas por medio de una solera de coronación en concreto para recibir las nuevas vigas de los pisos y los montantes de la*

*planta alta: una osamenta metálica.” También el segundo piso requirió intervención a nivel de su estructura. “Sobre el cinturón de amarre de los muros se apoya la vigería de acero para consolidar el piso de la planta alta y se apoyan las columnas que soportan una estructura similar metálica para el techo y la azotea del edificio. Son estas vigas las que, ocultas y trabajando en voladizo, sostienen todo el peso del corredor que vuela sobre el patio principal.” Velarde comenta luego que esta vigería metálica cumple una doble función: “la conservación y resane de los techos y la colocación de los pisos. En cada viga se ha previsto la posibilidad de colgar y forrar por medio de alambres de hierro galvanizado toda la antigua cuarteronera tallada de cada ambiente. En cuanto a los pisos, tanto de madera como de baldosines, éstos se asientan en una capa de concreto o losa armada sobre las viguetas de acero.” Asimismo, comenta que los entablados se afirmaron sobre una cama de pegamento de brea para resguardarlos de la humedad.*

Vemos entonces que los materiales iniciales de la casa, que en su mayoría se conservan, ocultan en su interior una estructura metálica y en parte estructuras de concreto. Esto es algo que hay que tener presente pues sin duda el comportamiento térmico actual de la edificación tiene razones propias para ya no ser exactamente el mismo que tuvo en un inicio.

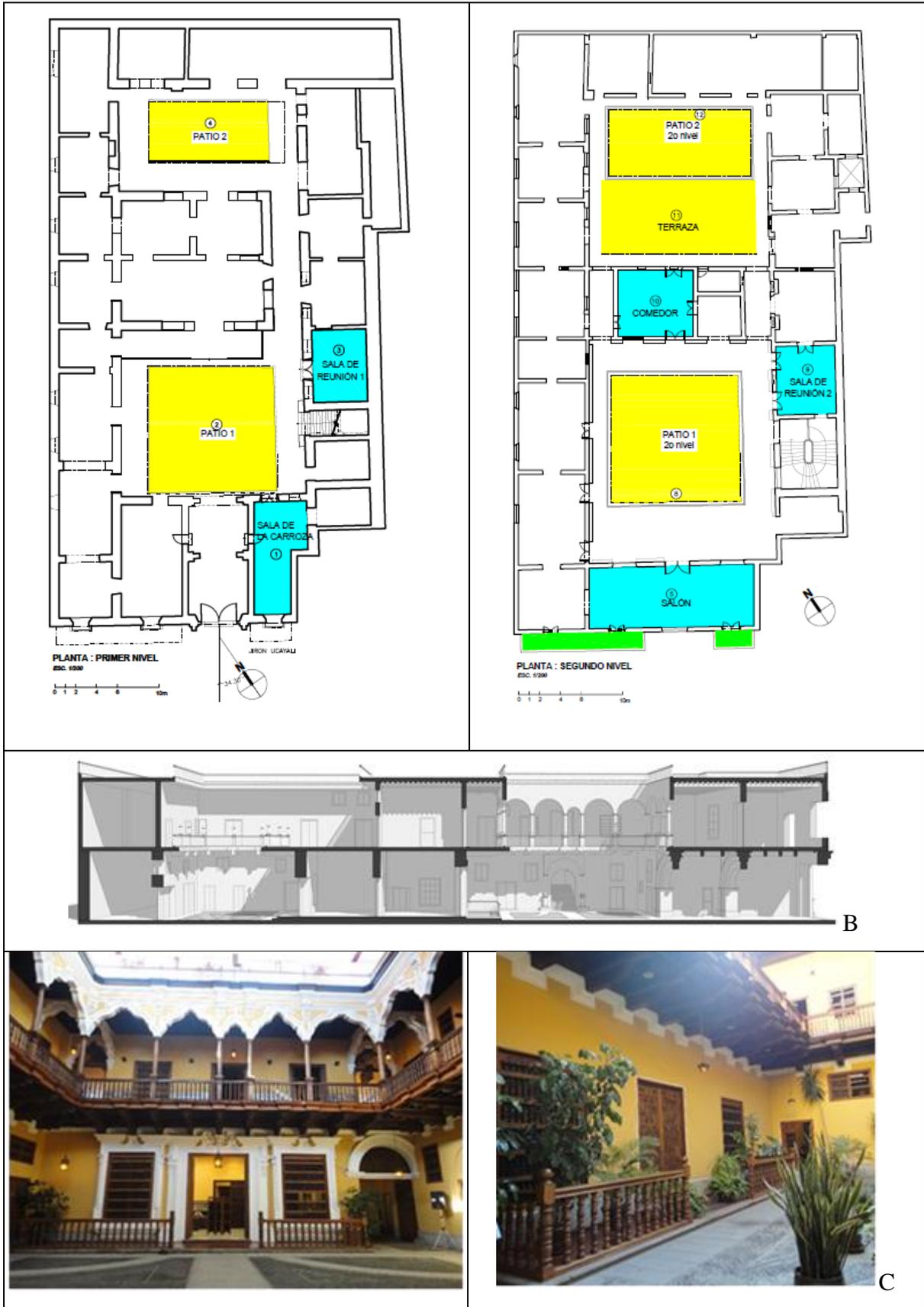
En el Palacio Torre Tagle se han realizado mediciones en doce ambientes que se muestran en color en los siguientes dibujos de planta de los primer y segundo niveles.

Estos doce ambientes se han agrupado de la siguiente manera: **Espacios Abiertos** los que no tienen techo como los dos patios y terraza (en amarillo); los **Espacios Intermedios** aquellos que estando techados tiene una envolvente que permite el ingreso constante del aire como los dos balcones (en verde); y finalmente los **Espacios Interiores**: dos habitaciones en el primer nivel y tres habitaciones en el segundo nivel.

#### **4.3.1 Espacios Abiertos**

Aquí se tiene los dos patios y la terraza del segundo piso (en amarillo en la figura 18) que espacialmente se relaciona con el segundo patio. En ambos patios se tomaron medidas no solo a nivel de cada patio si no también desde las galerías del segundo piso.

El Patio 1 tiene piso de piedra y forma cuadrada 12.3m. x 12.3 m. y dos pisos de altura aproximadamente de 11m. El Patio 2 de forma casi rectangular de 13.20m x 6.20m en



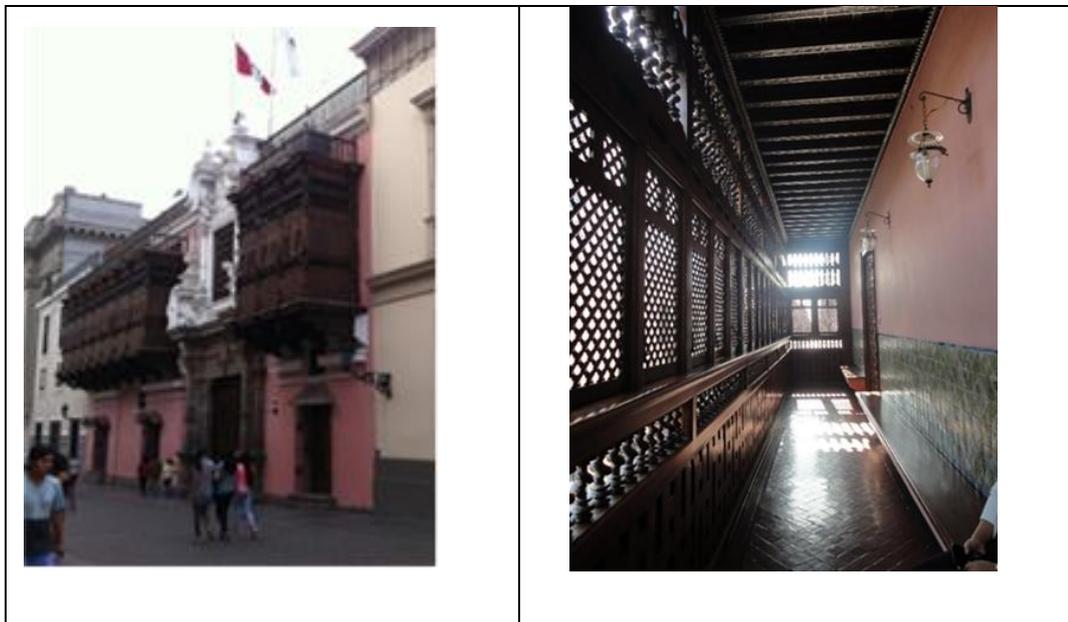
**Figura 18.** A) Planta de primer y segundo piso Palacio Torre Tagle con espacios interiores trabajados. B) Dibujo de sección de Palacio Torre Tagle mostrando los patios y también vistas C) Patio 1(izq.) y Patio 2(der.).

promedio en el primer nivel, con el eje mayor orientado a NO-SE.

En el segundo nivel del patio está la terraza con un área libre de aproximadamente 7.20m x 14.85m. y adicionalmente galerías en sus tres lados de 1.20m. Uno de sus lados mayores enfrenta el Patio 2 lográndose en el segundo nivel un área libre casi cuadrada de 14.85m x 14.18m.

#### 4.3.2 Espacios Intermedios

Los dos balcones del frente del Palacio (verde en figura 19), tienen un ancho de 1.50m. El balcón grande del lado izquierdo del frente tiene un largo de 11.60m y el balcón pequeño del lado derecho 3.50m. del frente.



**Figura 19.** Vistas desde el exterior e interior de balcones.

Están delimitados por una envolvente de celosía de madera que permite un ingreso constante de aire además de contar con módulos que funcionan como ventanas proyectantes. Luego tienen el frente del muro que solo cuenta con una y dos puertas en los balcones pequeño y grande respectivamente.

#### 4.3.3 Espacios Interiores

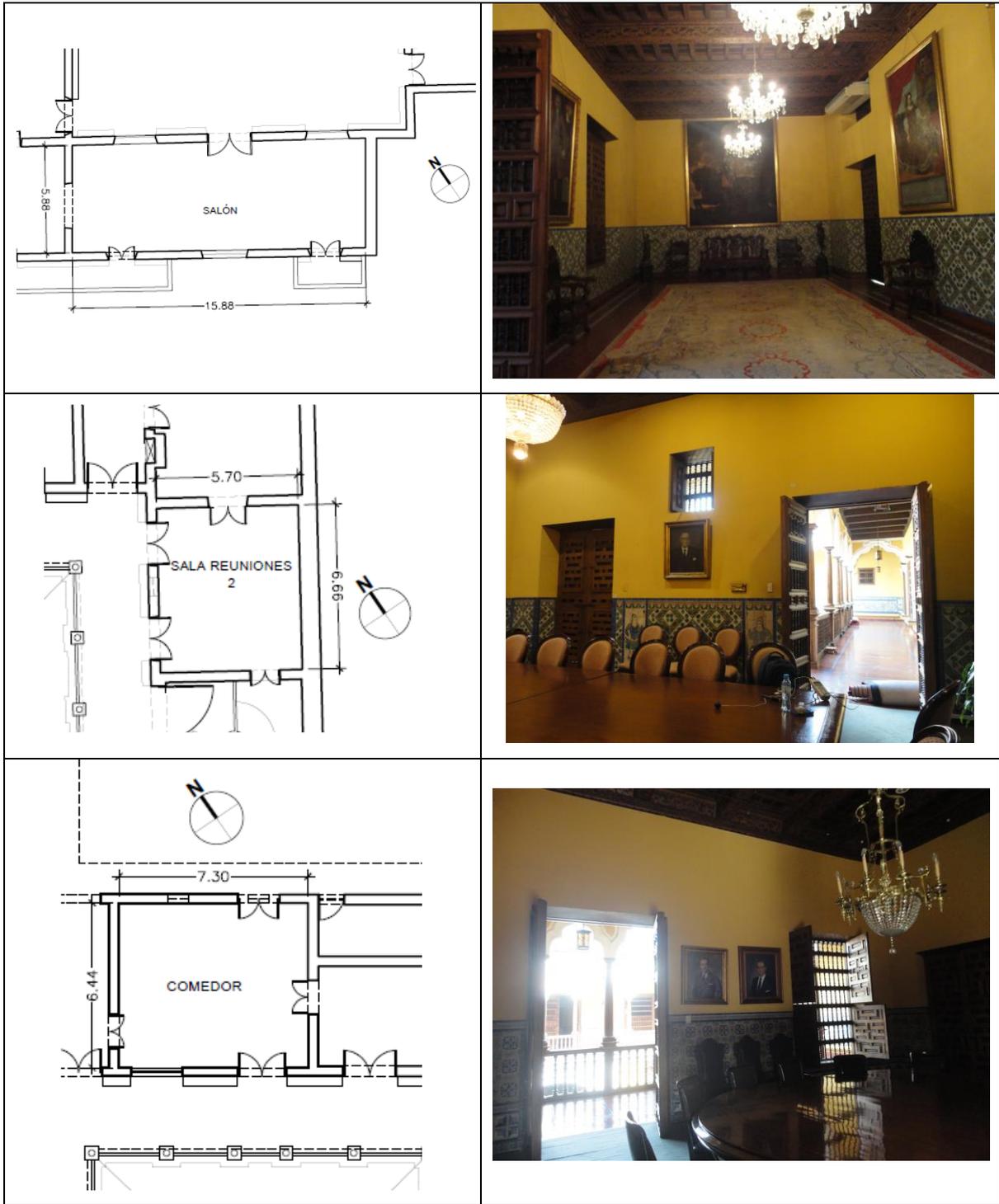
Aquí se tiene (celeste en la figura 18) en el primer piso la Sala de la Carroza a la derecha del zaguán, con frente a la fachada y al Patio 1. Tiene un largo de 10.88m y ancho variado, de 3.5m a 5m. cuatro ventanas en sus frentes opuestos y dos vanos de puertas. La Sala de Reuniones 1, a la derecha del Patio 1, hace frente a la galería que rodea el patio. Tiene 5.20m de ancho y casi 7m de largo. Tiene dos ventanas hacia el Patio 1 y dos vanos para

puertas de doble hoja, una hacia el Patio 1 y la otra comunica con las demás habitaciones (ver figura 20). Los ambientes del primer piso tienen 5.50m de altura interior.



**Figura 20.** Dibujos de planta y vistas de la Sala de la Carroza y Sala de Reuniones 1 – Primer nivel.

En el segundo piso se tiene el Salón, la Sala de Reuniones 2 y el Comedor (ver figura 21). El Salón es el ambiente social principal de la vivienda que por un lado hace frente a la calle y tiene accesos a los balcones y por el otro hace frente a la galería que mira al Patio 1. La Sala de Reuniones 2 (ubicada sobre la Sala de Reuniones 1), hace frente a la galería que mira al Patio 1 y cuenta con cuatro puertas dobles además de una ventana. El tercer ambiente corresponde al Comedor de la vivienda. Tiene acceso desde la galería del Patio 1 y está relacionado a la Terraza que enfrente el Patio 2. Tiene tres ventanas y un total de cuatro puertas de doble hoja. En el segundo nivel, los ambientes tienen una altura interior de 5.20m.



**Figura 21.** Dibujos de planta y vistas de Salón, Sala de Reuniones 2 y Comedor - Segundo nivel.

## 5. ANÁLISIS

Se ha conseguido información horaria del clima de la base de datos en línea del SENAMHI para todos los días en los que se realizaron mediciones. Los gráficos del Anexo comparan la información del SENAMHI y la información obtenida de las mediciones en las edificaciones a la misma hora en las tres edificaciones en el climograma de bienestar de Givoni sobre la base de un diagrama psicométrico.

El entorno próximo a las edificaciones muestra ahora condiciones distintas a las que se tenían en siglos anteriores. Estas condiciones impactan en el comportamiento de las edificaciones modificando los resultados que se habrían tenido en la época en la que fueron construidas. Por ejemplo, la presencia de autos que constituyen islas de calor, una menor cantidad de agua en el río Rímac, un mayor número de edificaciones en la zona cuya presencia puede cambiar el comportamiento del viento, los usos actuales han variado de vivienda a museo, oficinas, por tanto, se hace uso de aire acondicionado en algunos ambientes, así como equipos de trabajo que producen calor. De otro lado, la estación del SENAMHI de donde se obtiene la información es la estación del Campo de Marte, un parque de aproximadamente 26ha. que se ubica aproximadamente a 3km de distancia de la Plaza de Armas. Finalmente, el 2017 fue un año especialmente caluroso debido al fenómeno del Niño.

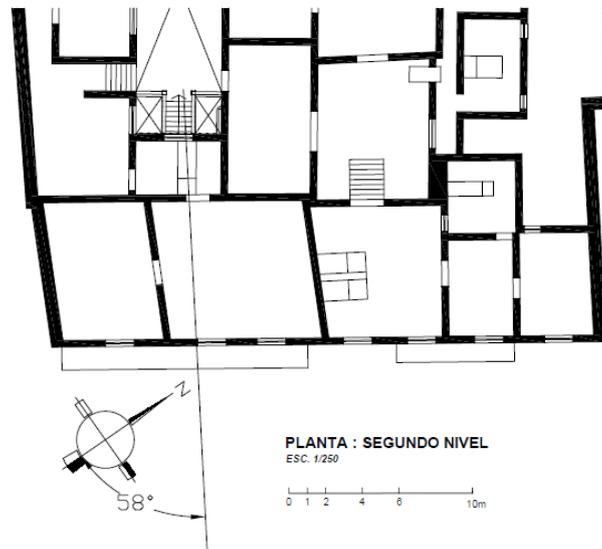
Nos interesa entonces conocer y comparar los resultados, ver dónde y cuándo estos son favorables para luego reconocer/analizar las características arquitectónicas de la casa que inciden en las condiciones climáticas de los ambientes del edificio donde se realizaron las mediciones.

### 5.1 Casa De Aliaga

Actualmente la casa De Aliaga ha limitado su uso de vivienda a los ambientes del segundo piso que hacen frente al Jr. De la Unión, así como el frente a la Alameda Chabuca Granda. Los ambientes en donde se han tomado las mediciones cambiaron de uso y ahora se exhiben al público como parte de un museo. Si bien no se ha realizado modificaciones interiores y se mantiene el mobiliario, el cambio de actividad modifica el uso de los elementos de carpintería como son puertas, ventanas y teatinas.

El frente de la casa forma un ángulo aproximado de 58° con el eje NS (vere figura 22). Característica que ubica a la casa en condición todavía favorable para la captación del

viento por ser el ángulo menor a 60°. (Givoni, 1997:94)



**Figura 22.** Dibujo de planta de la Casa De Aliaga mostrando el ángulo que forma la dirección del viento predominante con el eje longitudinal de la casa.

Para conocer el área de los patios que recibe sol tenemos la tabla 3 y los gráficos de la figura 23. Los dibujos de planta muestran los patios y delimitan en color magenta el área que recibe sol a las 12m, en los solsticios y equinoccios. Vemos que el Patio 1 tiene más horas de sol que el Patio 2 en especial en el solsticio de invierno. Este solo recibe parcialmente sol hacia el mediodía y siempre en menor porcentaje de su área (y al ser más pequeño es menor el área también) que el Patio 1 y por tanto puede almacenar menos calor.

**Tabla 3.** Área y porcentaje de los patios de Casa De Aliaga que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en solsticios y equinoccios.

PATIO 1	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio
67						
21-Mar	0	0.00	48	71.64	19.2	28.66
21-Jun	0	0.00	15.7	23.43	20	29.85
21-Set	0	0.00	46.5	69.40	14.8	22.09
21-Dic	24.6	36.72	48.7	72.69	5.5	8.21
PATIO 2	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
44						
21-Mar	0	0.00	23.2	52.73	0.6	1.36
21-Jun	0	0.00	1.2	2.73	0	0.00
21-Set	0	0.00	24.4	55.45	0	0.00
21-Dic	0	0.00	27.2	61.82	0	0.00



**Figura 23.** Dibujos de planta que grafican el área con sol en los patios a las 12m en solsticios y equinoccios.

### 5.1.1 Verano

La tabla 4 muestra las mediciones de temperatura y humedad del SENAMHI a las mismas horas de las mediciones tomadas. Cuando éstas no se realizaron en horas exactas, los datos del SENAMHI han sido interpolados para aproximar el momento de la medición. Nuestros gráficos en el diagrama psicométrico del Anexo nos muestran que las condiciones climáticas de la casa se distancian de la data del SENAMHI alejándose de la ZC.

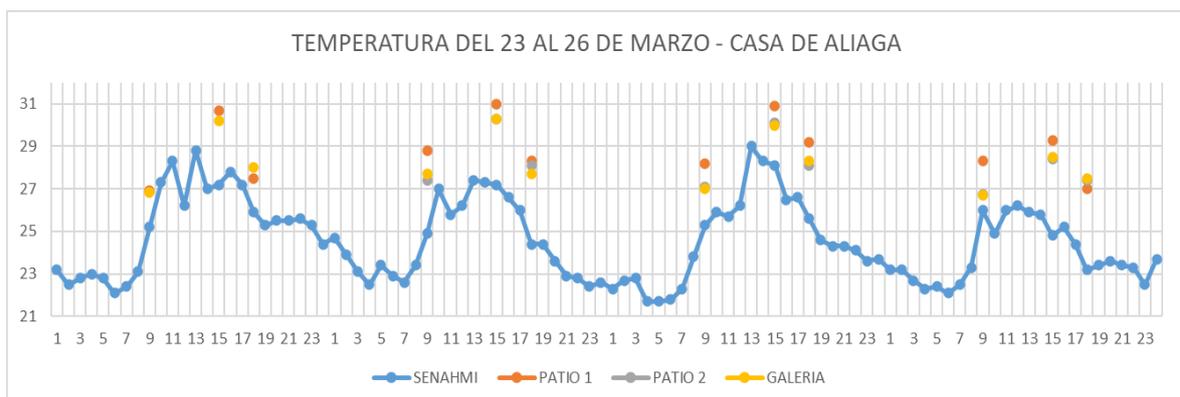
**Tabla 4.** Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron mediciones en la Casa De Aliaga.

DATA SENAMHI						
DIA	HR (9:00hrs)	TS (9:00hrs)	HR (15:30hrs)	TS (15:30hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
23-Mar	80.5	24.15	61	27.5	64	25.8
	HR (9:00hrs)	TS (9:00hrs)	HR (15:30hrs)	TS (15:30hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
24-Mar	78	24.5	64.5	27.1	77.5	24.4
	HR (9:00hrs)	TS (9:00hrs)	HR (15:30hrs)	TS (15:30hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
25-Mar	72	25.3	60	27.3	70	25.6
26-Mar	81.5	24.1	73.5	25	81	23.2

## Espacios abiertos e intermedio

Nuestras mediciones muestran que en ambos patios y galería se tiene temperaturas más altas que las del SENAMHI y menor HR. Estos ambientes no mostraron un desempeño favorable. Vemos en la carta psicométrica, que los resultados se ubican en la zona que requiere enfriamiento con ventilación natural y mecánica (ZEVNM) para alcanzar la zona de confort. La humedad relativa en estos espacios se ubica siempre por debajo del 70 % y disminuye al subir la temperatura durante el día, consiguiendo el Patio 1 la menor humedad relativa. El gráfico de la figura 24 compara las temperaturas de estos espacios, donde el Patio 1 muestra una temperatura superior a la de los otros dos ambientes que tienen un comportamiento semejante. Asimismo, la tabla 5 muestra los incrementos de temperatura en los espacios abiertos donde el Patio 1 es el espacio que presenta mayor incremento de temperatura durante el día.

El incremento de temperatura que observamos en el Patio 1, respecto de los datos del SENAMHI es alto, pasando en verano los 4°C. Las corrientes de aire en el Patio 1 alcanzan hasta 1m/s de velocidad al final de la tarde como se muestra en la tabla 6. Con las velocidades registradas no podríamos decir que se consigue alcanzar la ZC. Givoni refiere que por estudios realizados (Givoni, 1992) se acepta que cuando la temperatura llega a 31°C, pero se tiene velocidades de aire de 1.6m/s se alcanza la ZC. Pero en este caso las velocidades son inferiores. El Patio 2 se presenta como el espacio abierto prácticamente con menor incremento de temperatura. Patio 2 y Galería no registran corrientes de viento en ninguna de las mediciones.



**Figura 24.** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Casa De Aliaga.

El Patio 1 solo se ubica en la ZCV a primera hora de la mañana y el Patio 2 y Galería pueden ubicarse en la ZCV a primera hora de la mañana y al final de la tarde. Posiblemente los tres espacios en las noches si se encuentren en la ZCV.

**Tabla 5.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en días cálidos en espacios abiertos respecto del exterior Casa De Aliaga.

	PATIO 1		PATIO 2		GALERIA EN PATIO 2	
	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.
1a Med.	1.7	<b>3.9</b>	1.4	2.5	1.4	2.8
2a Med.	2	<b>4.1</b>	1.2	<b>3.4</b>	1.1	3.8
3a Med.	1.4	<b>3.9</b>	1.8	3.7	1.9	3.3

**Tabla 6.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos e intermedio en días cálidos Casa De Aliaga.

VELOCID. MAX. DE VIENTO REGISTRADAS m/s		
ESPACIO	MEDICION	VERANO
PATIO 1	1a	0.3
	2a	0.6
	3a	1
GAL. PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0
PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0

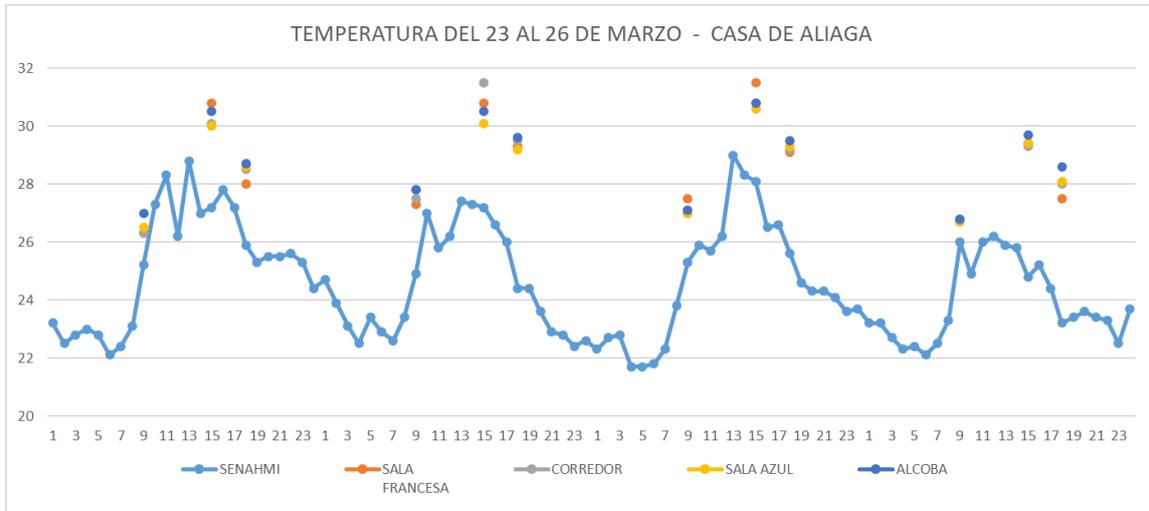
### Espacios Interiores

También en los ambientes interiores las condiciones climatológicas se encontraron fuera de la zona de confort, ubicándose principalmente en la ZVNM del climograma de bienestar de Givoni. Solo al inicio y al final del día se ubicaban en el límite superior de la ZCV (ver Anexo).

Se observa que:

- La Sala Francesa gana más calor durante la mañana, pero también lo pierde más rápidamente durante la tarde (figura 25). Entre los ambientes interiores es la que presenta más cambios de temperatura durante el día (tabla 7). Solo al final de la tarde registra corrientes de aire con velocidad mayor a 1m/s (tabla 8). Hacia el final de la tarde y por la noche la Sala Francesa se ubicaría en la ZCV.
- El Corredor muestra comportamiento variado, pero presenta menos cambios de temperatura que la Sala Francesa. Aquí no se registró corrientes de viento.
- La Salita Azul y la Alcoba tienen comportamientos parecidos y conservan mejor el calor ganado. Solo se registraron corrientes de aire en la Salita Azul que para el final de la tarde alcanza 1.3m/s (tabla 7). Esto contribuye a mejorar las condiciones del

clima y el ambiente se acerca a la ZC.



**Figura 25.** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Casa De Aliaga.

**Tabla 7.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en ambientes interiores respecto del exterior en días cálidos Casa De Aliaga.

	SALA FRANCESA		PASILLO		SALITA AZUL		ALCOBA	
	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.
1a Med.	1.1	2.4	1.1	2.6	1.3	2.9	1.5	2.9
2a Med.	2.1	3.8	2	3.9	2.1	3.3	2.4	3.6
3a Med.	1.9	4.9	2.4	5.1	2.5	4.8	2.9	5.2

**Tabla 8.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días cálidos Casa De Aliaga.

ESPACIO	MEDICION	VERANO
SALA FRANC.	1a	0.3
	2a	0.2
	3a	1.3
PASILLO	1a	0
	2a	0
	3a	0
SALITA AZUL	1a	0.1
	2a	0.3
	3a	1.3
DORM.	1a	0
	2a	0
	3a	0

En la alcoba no se registraron corrientes de aire. Su uso actual como parte de un museo limita la apertura de sus puertas manteniendo cerradas dos de ellas. Consideramos que este hecho contribuye a limitar la ventilación. Son puertas alineadas que unen varias habitaciones y cuando la casa se usaba como vivienda sin duda se abrían con regularidad (ver figura 7).

Como se mencionó antes la teatina de la Salita Azul está orientada hacia el SO mientras que la teatina de la Alcoba está orientada al SE. Esto facilitaría el ingreso del aire sea que venga del SSE o SSO y considerando que las puertas abiertas posibilitan las corrientes de viento esas orientaciones distintas serían favorables.

### 5.1.2 Invierno

En esta temporada la Casa De Aliaga presenta respuesta apropiada a las condiciones climáticas ubicándose varias horas del día en la ZC.

La tabla 9 muestra los datos del SENAMHI correspondientes a los días de las mediciones. Estos datos se ubican en la ZGI (zona que requiere calentamiento por ganancias internas) y solo para la tarde se ubica en el límite con la zona de confort de invierno (ZCI).

**Tabla 9** Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que se realizaron mediciones en la Casa De Aliaga.

DATA SENAMHI						
DIA	HR (8:30hrs)	TS (8:30hrs)	HR (15:00hrs)	TS (15:00hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
24-Set	83	16.6	77	18.4	83	16.4
	HR (8:30hrs)	TS (8:30hrs)	HR (15:00hrs)	TS (15:00hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
30-Set	82	15.6	72	17.6	80	15.8
	HR (8:30hrs)	TS (8:30hrs)	HR (15:00hrs)	TS (15:00hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
1-Oct	81	16.25	77	17.1	82	16.5
	HR (8:30hrs)	TS (8:30hrs)	HR (15:00hrs)	TS (15:00hrs)	HR (18:00hrs)	TS (18:00hrs)
7-Oct	89	15.6	80	16.5	87	16.1

### Espacios Abiertos e Intermedio

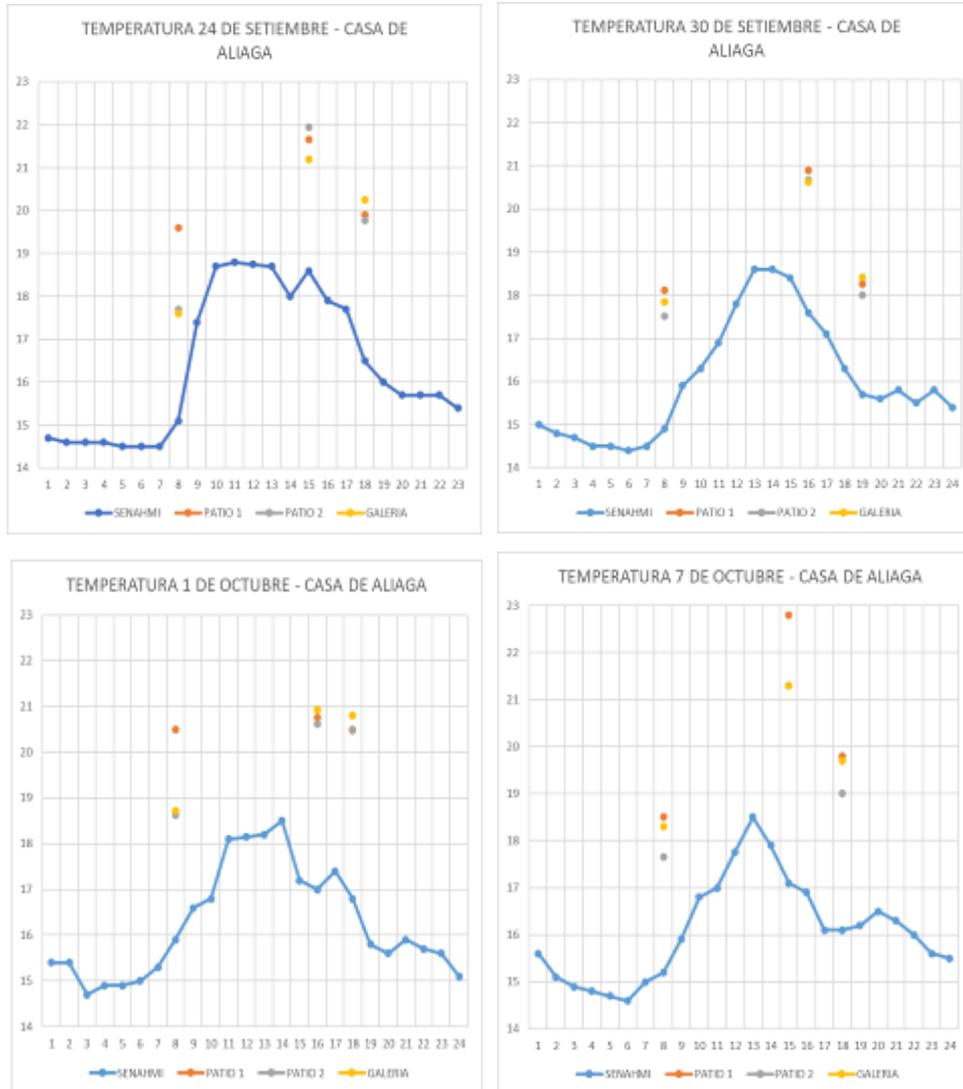
Aquí vemos en los climogramas de bienestar (ver Anexo) que todos estos espacios consiguen por no pocas horas ubicarse en la ZC y también en la ZCI. Los gráficos de la figura 26 nos muestra que la temperatura está por encima de los 18°C y que también sobrepasa los 20°C.

Tenemos entonces que:

- El Patio 1 es más cálido que el Patio 2, se ubica en la ZC más horas del día y solo a primera hora del día y al final de la tarde en la ZCI. Registra corrientes de aire de hasta 0.7 m/s en la segunda y de hasta 0.9 m/s en la tercera medición.
- La tabla 10 muestra que el Patio 1 consigue mayores incrementos de temperatura que los otros dos espacios.
- El Patio 2 y la Galería tienen un comportamiento semejante ubicándose por más tiempo en la ZCI que el Patio 1 y por menor tiempo en la ZC. No presenta corrientes

de aire.

- La Galería conserva una temperatura más estable, con menos cambios a lo largo de día. No presenta corrientes de aire.



**Figura 26.** Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Casa De Aliaga.

- La diferencia entre los patios es mayor en las mañanas. El Patio 1 puede tener 1.9°C en la primera medición más que el Patio 2, hasta 1.5°C más en la segunda medición y 0.8°C más en la tercera medición.

Atribuimos estas diferencias en sus comportamientos a la configuración física que permite que los muros que conforman el Patio 1 ganen y almacenen calor durante el día para luego devolverlo en la noche, a diferencia del Patio 2 que cuenta con galerías que impiden que el sol caliente los muros de su segundo nivel y su primer nivel recibe menos sol que el Patio 1 (figuras 27 y 28). Las alturas y proporciones en ambos patios son

distintas y esto repercute en la cantidad de área de sol que cada uno de ellos recibe en su piso (ver figura 23). Asimismo, sea debido a su menor altura y/o a su cercanía a la calle, solo el Patio 1 registra corrientes de aire (ver tabla 11).

**Tabla 10.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días fríos Casa De Aliaga.

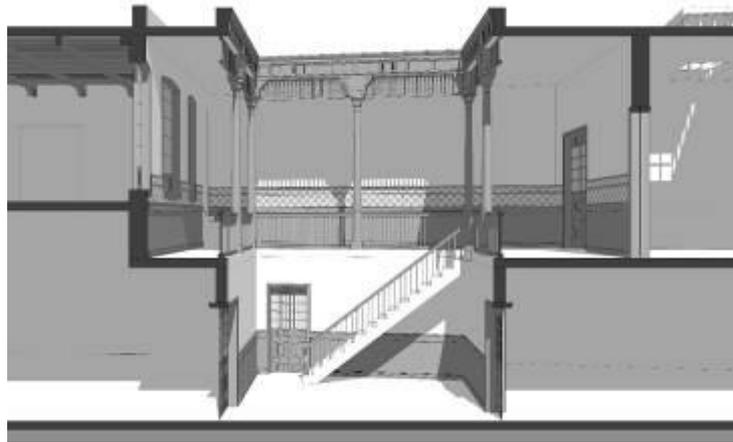
	PATIO 1		PATIO 2		GALERIA EN PATIO 2	
	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.
1a Med.	2.5	4.3	1.1	2.4	1	2.7
2a Med.	3.3	5.8	3.1	4.3	2.8	4.3
3a Med.	2.7	4	2.2	4	3.9	4.3

**Tabla 11.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos e intermedio en días fríos Casa De Aliaga.

VELOCID. MAX. DE VIENTO REGISTRADAS m/s		
ESPACIO	MEDICION	INVIERNO
PATIO 1	1a	0
	2a	0.7
	3a	0.9
GAL. PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0
PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0



**Figura 27.** Dibujo de sección del Patio 1.



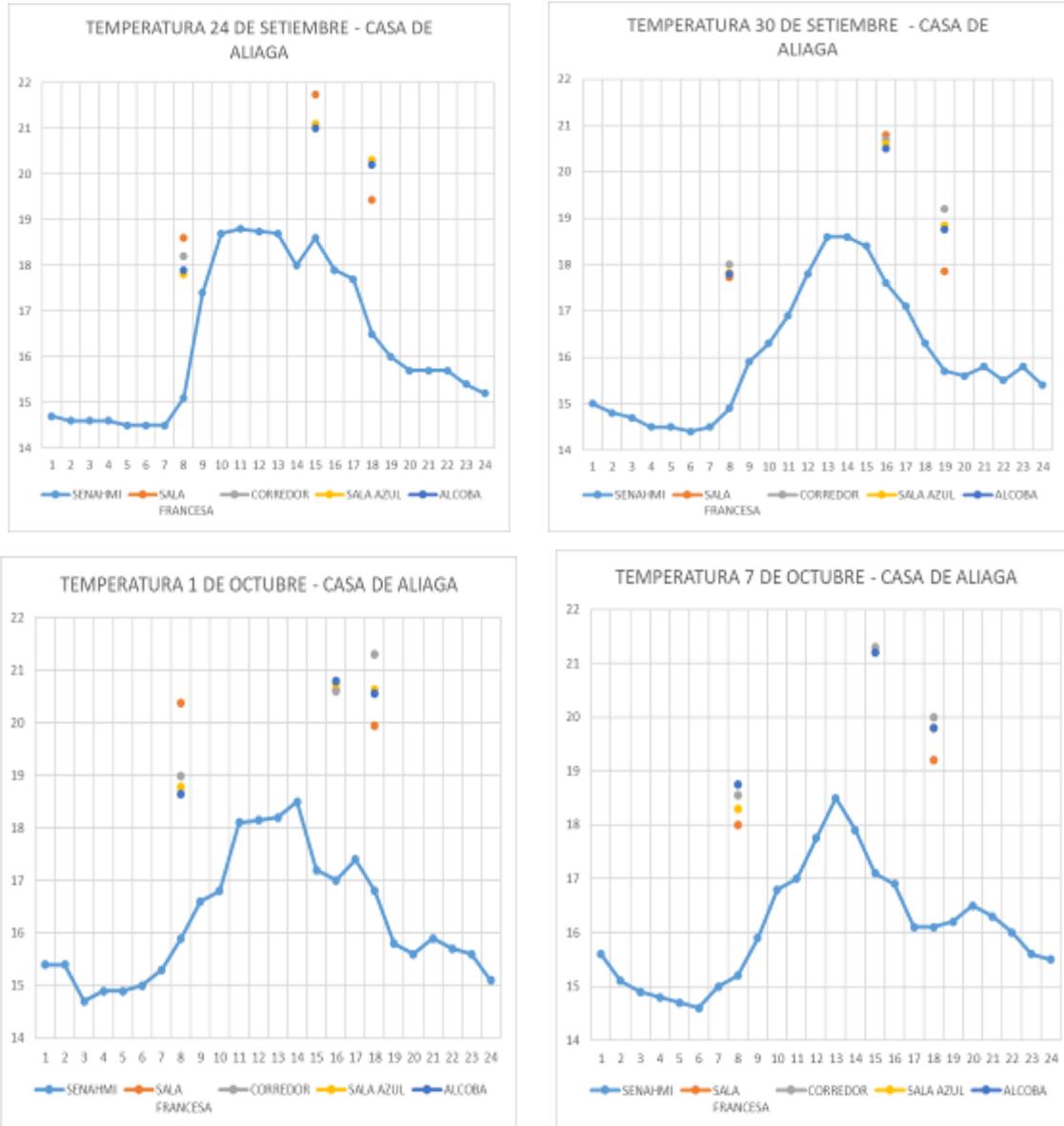
**Figura 28.** Dibujo de sección del Patio 2.

### **Espacios Interiores**

Aquí se tiene una respuesta favorable. Los climogramas de bienestar (ver Anexo) muestran que las condiciones en estos ambientes se ubican en la ZCI y en la ZC con temperaturas interiores que van de 1.6 a 6.7°C en los ambientes sociales (Sala Francesa y Pasillo) y de 1.2 a 4.2°C (Salita Azul y Alcoba) en ambientes privados por sobre la temperatura del SENAMHI. La figura 29 nos muestra las temperaturas de los cuatro ambientes.

En las tablas 12 y 13 se observa que:

- La Sala Francesa al final de la tarde es menos confortable que los otros tres ambientes. Dicha Sala, cuenta con ventilación cruzada y se registraron corrientes de aire débil de 0.3m/s en la segunda medición y de 0.4m/s en la tercera medición.
- La Salita azul, registra mediciones de hasta 0.2m/s en la primera medición, de 0.6m/s en la segunda medición y de hasta 0.5m/s en la tercera medición. La Alcoba presenta corrientes de viento de 0.5m/s en la segunda medición y de 0.2m/s en la tercera medición.
- En los espacios interiores se observa que hay una diferencia en el comportamiento de los espacios sociales respecto de los espacios privados. La Sala Francesa es más sensible a la temperatura exterior ganando y a la vez perdiendo más rápidamente calor durante el día mientras que la Salita Azul y Alcoba conservan el calor ganado por más tiempo presentando 1°C más al final de la tarde. Esto resulta favorable tratándose de espacios privados que requieren ser cálidos por las noches en los meses fríos. Esto se debería en parte a que los muros de estos ambientes no dan a un espacio exterior y además no cuentan con ventanas bajas sino con teatinas para su ventilación.



**Figura 29** Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Casa De Aliaga.

**Tabla 12.** Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios exteriores respecto del SENAMHI en días fríos Casa De Aliaga.

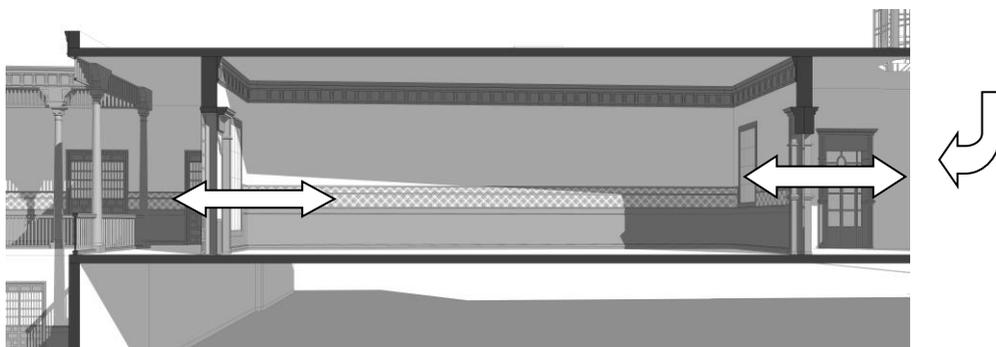
	SALA FRANCESA		PASILLO		SALITA AZUL		ALCOBA	
	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.	Var. Mín.	Var. Máx.
1a Med.	2	<b>4.1</b>	1.6	3	1.2	2.7	1.3	<b>2.4</b>
2a Med.	3.2	<b>6.7</b>	2.7	<b>4.3</b>	2.7	<b>4.2</b>	2.6	<b>4.2</b>
3a Med.	2.1	<b>3.5</b>	3.4	<b>4.8</b>	3	4.1	3	3.8

**Tabla 13.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días fríos Casa De Aliaga.

VELOCID. MAX. DE VIENTO REGISTRADAS m/s		
ESPACIO	MEDICION	INVIERNO
SALA FRANC.	1a	0
	2a	0.3
	3a	0.4
PASILLO	1a	0
	2a	0.3
	3a	0
SALITA AZUL	1a	0.2
	2a	0.6
	3a	0.5
DORM.	1a	0
	2a	0.5
	3a	0.2

A partir de nuestros resultados de la Casa De Aliaga tenemos entonces que en verano la edificación no mostró un buen desempeño pues presenta mayor temperatura que la del SENAMHI y se ubica en la ZVNM. En invierno su desempeño resultó más adecuado.

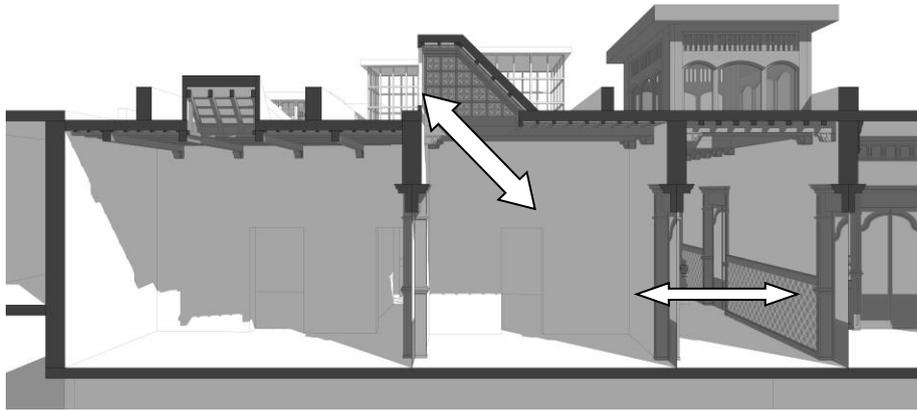
De la observación de los ambientes interiores, cuyas plantas se postraron en la figura 10, vemos que la disposición de vanos en la Sala Francesa busca obtener ventilación cruzada éstos se ubican en sus frentes opuestos más distantes. Puertas y ventanas bajas de un lado dan al vestíbulo, que tiene dos linternas en su techo, y hacia su otro frente ventanas bajas y puerta hacia el Patio 2. Es cierto que ahora el máximo resultado en velocidad de aire medido es de 0.4m/s al final de la tarde que no es óptimo, pero podría no haber sido tan desfavorable en su momento si consideramos los cambios en el entorno, clima y otros antes mencionados.



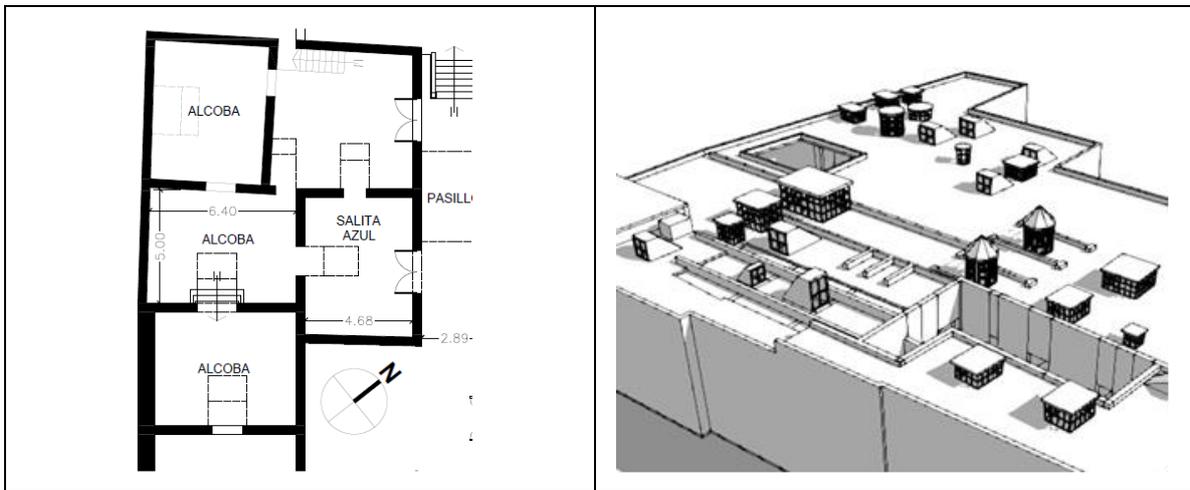
**Figura 30.** Dibujo de sección de la Sala Francesa.

Sobre las habitaciones privadas podemos decir que, si bien la organización de la casa sigue la forma longitudinal del terreno y se adecua a su topografía, notamos que las teatinas en los espacios privados no tienen la misma dirección, combinan la dirección SO

(Salita Azul y otra alcoba donde no se ha trabajado) y la SE (Alcoba y alcoba vecina). Consideramos que este planteamiento podría responder a la intención de captar el viento tanto del SSE como del SSO y que las puertas complementarían un movimiento del aire al interior de los ambientes privados (figuras 31 y 32).

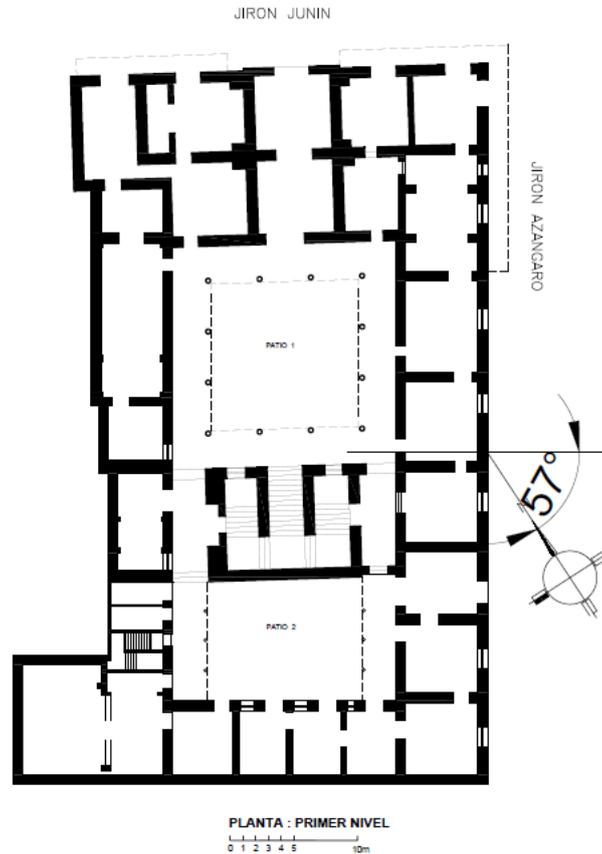


**Figura 31.** Dibujo de sección de Alcoba (izq.), Salita azul (centro) y Pasillo (der.).



**Figura 32.** Dibujo planta de la zona privada con alcobas y vista isométrica del techo y sus teatinas.

### 5.1.2 Casa Pilatos



**Figura 33.** Dibujo de planta de la Casa Pilatos mostrando ángulo que forma la dirección predominante del viento con el eje del frente mayor.

La casa se ubica en esquina y una parte de su fachada en el Jr. Junín enfrenta el atrio lateral del Convento de San Francisco. Por su orientación, se encontraría en el límite para

**Tabla 14.** Área y porcentaje de los patios de la Casa Pilatos que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en los solsticios y equinoccios.

PATIO 1	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio
135.7						
21-Mar	6.8	5.01	97.5	71.85	18.3	13.49
21-Jun	0	0.00	36.4	26.82	0	0.00
21-Set	13.2	9.73	97	71.48	8.9	6.56
21-Dic	7.7	5.67	97.1	71.55	20.9	0.05
PATIO 2	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio
117.12						
21-Mar	5.3	4.53	85.7	73.17	22.4	19.13
21-Jun	0	0.00	29.1	24.85	0	0.00
21-Set	10.6	9.05	86.4	73.77	14.7	12.55
21-Dic	17.4	14.86	89.1	76.08	14.6	0.03



**Figura 34.** Dibujo de plantas que grafican en recuadros de color magenta el área con sol en los patios a las 12m en solsticios y equinoccios de la Casa Pilatos.

una captación aceptable del viento en el frente al Jr. Azángaro pues la dirección del viento forma un ángulo de  $57^\circ$  con la línea perpendicular del frente. Adicionalmente, observamos que el aire ingresaría con facilidad al Patio 2 y dada la conexión espacial de éste con el Patio 1 llegaría con cierta facilidad a través de la escalera.

La tabla 14 y figura 34 nos muestran el área de los patios que reciben sol a las 12m durante los solsticios y equinoccios. Los dibujos de planta muestran los patios y delimitan en color magenta el área que recibe sol en esos momentos. Vemos que el Patio 1 recibe un poco más de sol el Patio 2 en el solsticio de invierno, pero la diferencia no es sustancial.

### 5.2.1 Verano

En verano la edificación muestra condiciones distintas a aquellas de la data del SENAMHI. Esta data se ubica en la zona que requiere enfrenamiento por ventilación

ZVNM, mientras que, en la casa en general, las mediciones se acercan y a veces se ubican en la ZCV (ver Anexo).

**Tabla 15.** Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron mediciones en la Casa Pilatos.

DATOS SENAMHI						
MARZO						
	HR (9hrs.)	TS (9hrs.)	HR (15hrs.)	TS (15hrs.)	HR (17hrs.)	TS (17hrs.)
16	75	27.3	52	29.7	60.5	28.25
ABRIL						
	HR (9hrs.)	TS (9hrs.)	HR (15hrs.)	TS (15hrs.)	HR (17hrs.)	TS (17hrs.)
4	85	21	67	25.2	72	24
6	81	22.6	70	24.8	70	24.1
11	85	22	71	24.5	79	22.9

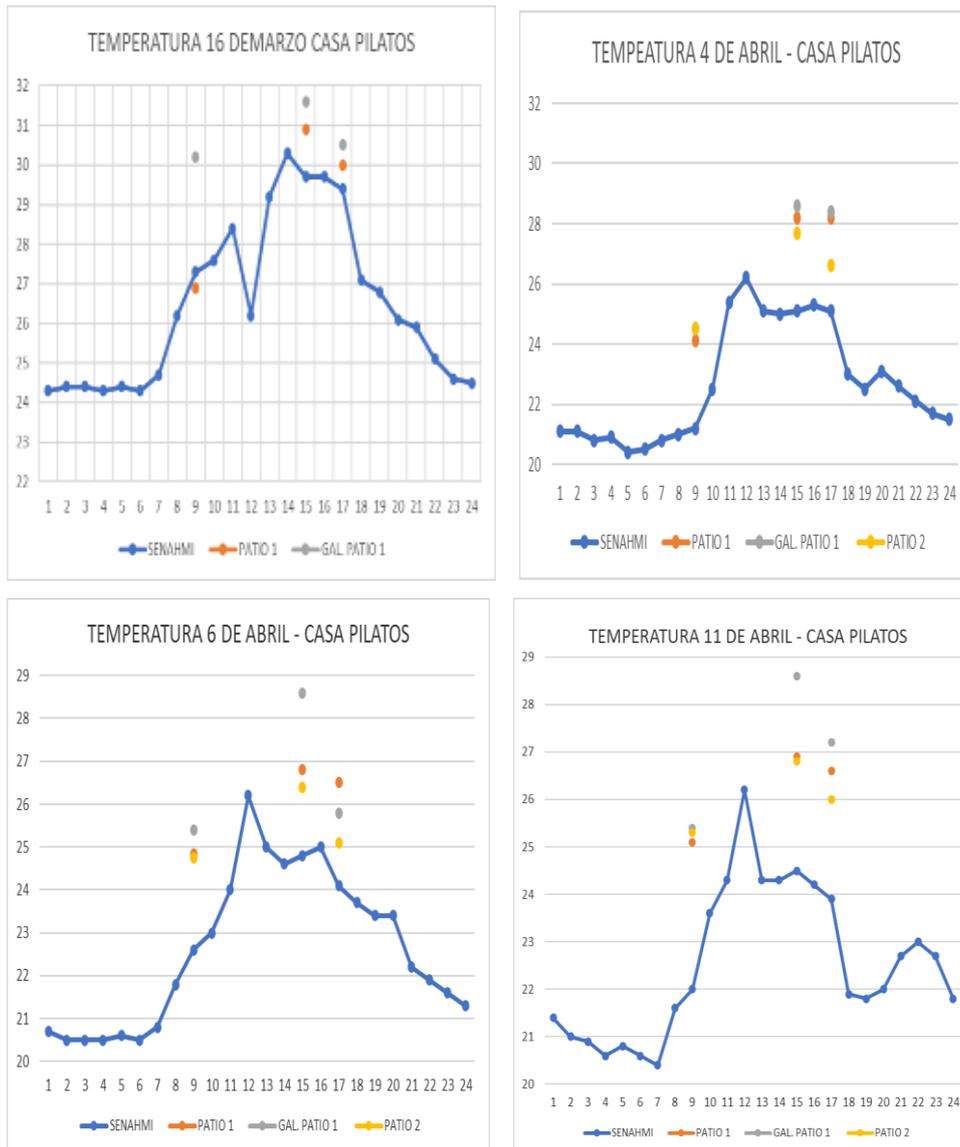
### Espacios Abiertos

De las mediciones realizadas encontramos que:

- El Patio 1 (figura 35) presenta una mejora en sus condiciones respecto de la data del SENAMHI. La medición de marzo del Patio se ubica parcialmente en la ZCV y en las horas centrales del día en la ZVNM. Cabe mencionar que la primera medición registró 0.4°C menos que el SENAMHI. En las mediciones de abril mientras la data del SENAMHI se ubica en la ZVNM y solo parcialmente ingresa en dos oportunidades a la ZCV, las condiciones del Patio 1 se ubican en la ZCV y por la mañana en la ZC.
- El Patio 2 se ubica principalmente en la ZC y parcialmente en la ZCV, pero este espacio tenía una cubierta de lona.



**Figura 35.** Dibujo de sección de Patio 1.



**Figura 36.** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Casa Pilatos.

- Si comparamos el primer nivel del Patio 1 y su segundo nivel medido desde la galería del lado izquierdo vemos que las condiciones tienden en general a alejarse de la ZC en el segundo nivel en comparación con el primer nivel. La galería del segundo piso desde donde se buscó medir los aires del patio registró temperaturas más elevadas que en el primer nivel.
- En la tarde el Patio 1 puede tener hasta 1.5°C más que el Patio 2. Al inicio del día la temperatura es prácticamente la misma en ambos patios.

Los gráficos de la figura 36 comparan las temperaturas de estos tres espacios y la del SENAMHI, vemos que el segundo nivel del Patio 1 (desde la galería) es el punto más cálido, así como el Patio 2 el menos cálido. La tabla 16 muestra que al inicio de la

mañana el Patio 1 presenta el menor incremento de temperatura respecto de la data del SENAMHI (incluso en una oportunidad es menor) mientras que en la tarde es el Patio 2 el que presenta menor diferencia de temperatura con el exterior.

**Tabla 16.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos.

	PATIO 1		PATIO 2		PATIO 1 (2do nivel)	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	-0.4	3.1	2.2	3.5	2.8	3.5
2a Med.	1.2	3	1.6	2.5	1.9	4.1
3a Med.	1.75	4.2	1	3.1	1.7	4.4

**Tabla 17.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos en días cálidos Casa Pilatos.

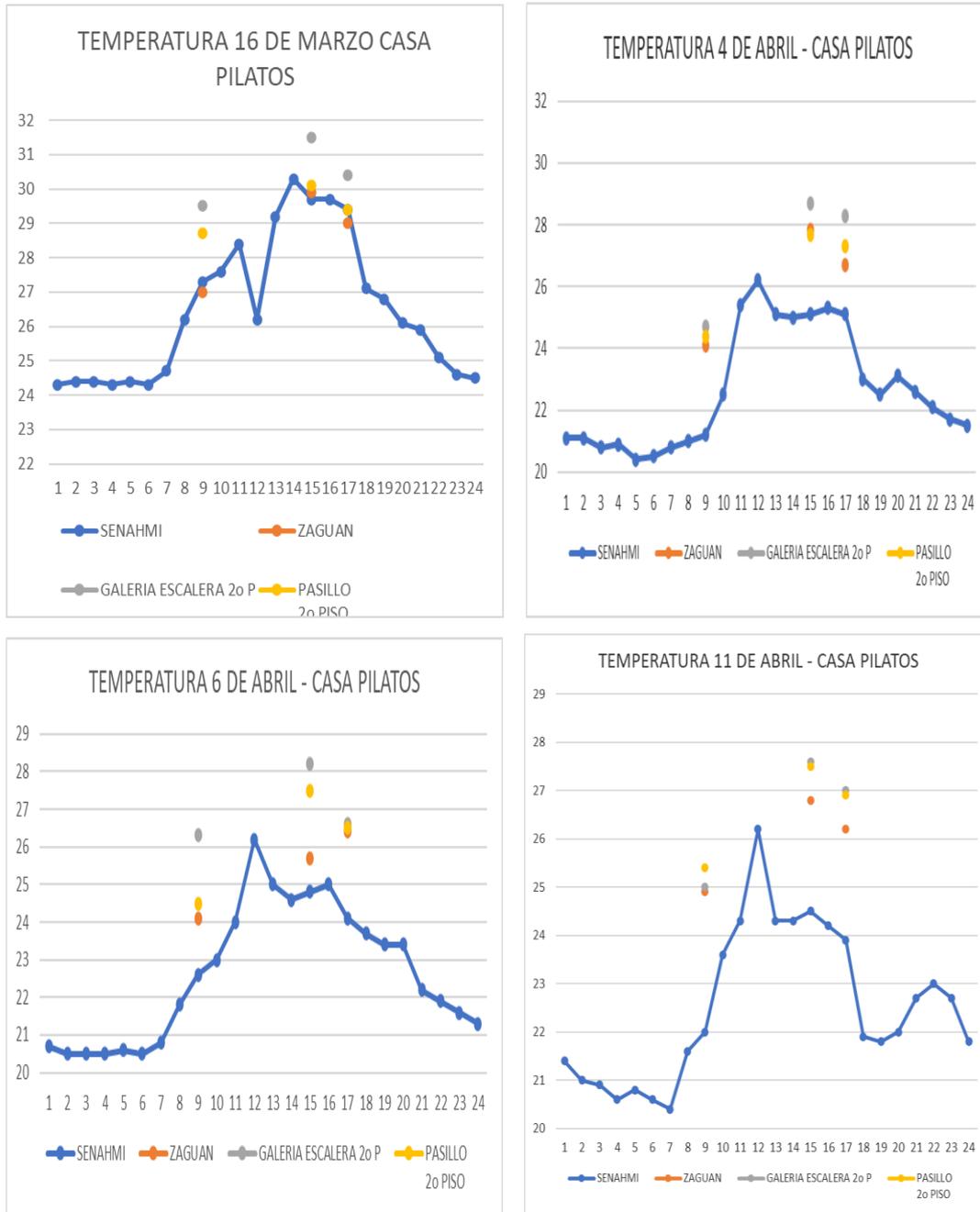
ESPACIO	MEDICIÓN	VERANO
PATIO 1	1a	0.3
	2a	0.3
	3a	0.5
Patio 1 desde Galeria 2o piso	1a	0.3
	2a	0.1
	3a	0.1
PATIO 2	1a	0.1
	2a	0
	3a	0

Las corrientes de viento registradas no alcanzan las velocidades requeridas para conseguir que los ambientes que se ubican en la ZVNM puedan sentirse confortables.

### Espacios Intermedios

De las mediciones realizadas encontramos que:

- Estos espacios se encuentran en la ZVNM al igual que la data del SENAMHI en marzo, en las mediciones de los días de abril se ubican en la ZCV e incluso en algún caso en ZC a pesar de que la data del SENAMHI esté en la ZVNM.
- De estos ambientes (zaguán, galería de la escalera, pasillo y balcón), el zaguán es el que presenta menor incremento de temperatura que todos e incluso 0.3°C menos que la data del SENAMHI en la primera medición hecha en marzo con incremento menor a 1°C durante el día. También es el espacio que registra mayor corriente de viento alcanzando una velocidad de 0.7m/s en la segunda medición. Los gráficos de temperatura muestran que en casi todos los casos (excepto el zaguán y parcialmente el pasillo en marzo) hay un incremento de la temperatura respecto del SENAMHI.



**Figura 37** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días cálidos Casa Pilatos.

- La galería delante de la escalera muestra la mayor temperatura.
- Los gráficos del anexo muestran también que no hay una buena respuesta en el balcón que puede llegar a tener un incremento de temperatura de hasta 5.2°C pues recibe el sol del este en la mañana y su cerramiento de vidrio contribuye al calentamiento. Hay que tener presente que el uso del vidrio en el balcón convirtiéndolo en espacio cerrado es posterior.
- La tabla 19 muestra que solo el zaguán y pasillo presentan corrientes débiles mientras

que los demás espacios están en calma.

- Los incrementos de temperatura respecto del exterior en estos espacios son variados.

Es menor en el Zaguán y mayor en el Balcón.

**Tabla 18.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios intermedios respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos.

	ZAGUÁN		GALERIA ESCALERA		PASILLO		BALCÓN	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	-0.3	3.1	2.2	3.7	1.4	3.4	3	5.2
2a Med.	0.3	2.6	1.8	3.5	0.3	3	1.9	2.6
3a Med.	0.75	3.3	2.15	4.3	1.15	4	1.7	4.4

**Tabla 19.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días cálidos Casa Pilatos.

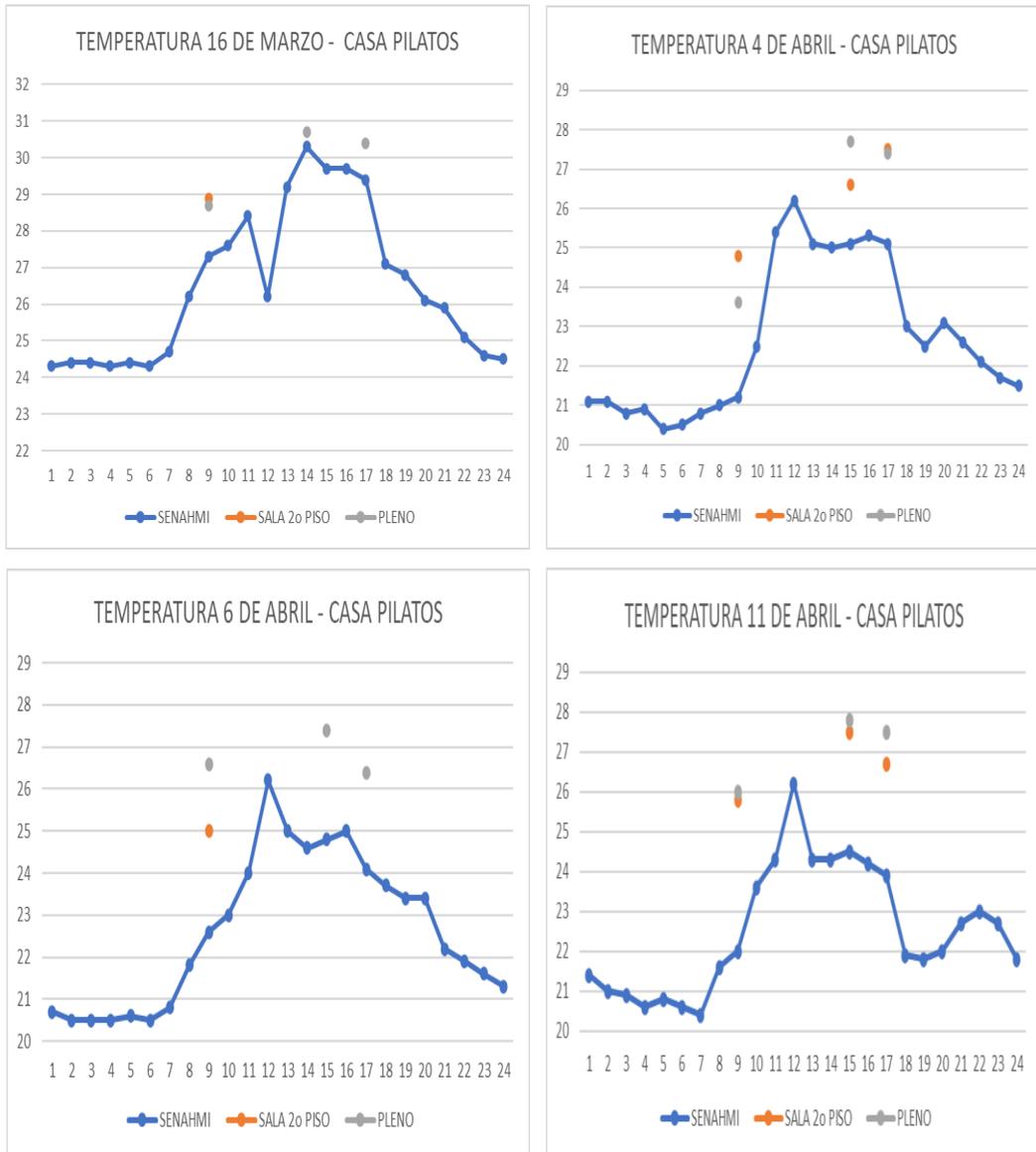
ESPACIO	MEDICIÓN	VERANO
ZAGUÁN	1a	0.2
	2a	0.7
	3a	0
GALERIA ESCALERA 2do piso	1a	0.1
	2a	0.1
	3a	0.1
BALCÓN	1a	0
	2a	0.2
	3a	0
PASILLO	1a	0.3
	2a	0
	3a	0.1

### Espacios Interiores

Aquí tenemos dos salas ubicadas en cada uno de los patios y ambas hacia el mismo frente exterior de la casa. En general las dos salas presentan un incremento de su temperatura respecto de la data del SENAMHI (ver figura 38). En particular observamos que:

En la medición de marzo en ambos ambientes (y también la data del SENAMHI) se ubican en la ZVNM y se alejan solo un poco de la zona de confort en comparación con el exterior (ver Anexo).

-



**Figura 38** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Casa Pilatos.

- En las mediciones de abril si se presenta una mejora. Mientras que la data del SENAMHI se ubica en la ZVNM por tener mucha humedad, pero no tanta temperatura, ambas salas al tener mayor temperatura bajan su humedad y se ubican en las zonas de ZCV y por la mañana en una ocasión ambas en la ZC.
- No se observa entre ambas salas un comportamiento parecido todos los días, pero generalmente la Salita es menos cálida que el Pleno. Estos ambientes no registran corrientes de aire encontrándose en calma.

**Tabla 20.** Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios interiores respecto del exterior en días cálidos Casa Pilatos.

	SALA 2do PISO		PLENO	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1.6	3.8	1.4	4
2a Med.	1.4	3	1	3.3
3a Med.	3.5	3.8	2.15	4.6

**Tabla 21.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días cálidos Casa Pilatos.

ESPACIO	MEDICIÓN	VERANO
SALA 2do PISO	1a	0
	2a	0
	3a	0
PLENO	1a	0.1
	2a	0
	3a	0.1

### 5.2.2 Invierno

**Tabla 22.** Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que se realizaron mediciones en la Casa Pilatos.

DATA SENAMHI						
	SETIEMBRE					
	HR (9hrs.)	TS (9hrs.)	HR (15hrs.)	TS (15hrs.)	HR (17hrs.)	TS (17hrs.)
12	88	15.5	88	15.7	84	16
14	95	14.8	85	15.4	86	15.4
19	88	15.8	90	15.5	90	15.5
21	88.5	15.65	82.5	16.3	84	16.2

En invierno observamos que los resultados en todos los espacios son mejores a los datos del exterior (ver anexo). La data del SENAMHI se ubica en la ZGI, mientras que en general nuestras mediciones arrojan resultados que en varias oportunidades ingresan a la ZCI, pero sin alcanzar la ZC.

#### Espacios Abiertos

Aquí vemos que los resultados se ubican en su mayoría en el límite de la ZCI consiguiendo ingresar a ella por horas.

- La humedad relativa es menor que la del exterior y aunque se ubica por debajo del 80% no está muy lejos de ese porcentaje. Esto es así en tres de las cuatro mediciones pues en una ocasión se ubica en la ZGI.
- La figura 39 muestra los incrementos respecto de la temperatura del exterior en varios casos sobre los 18°C (inicio de la ZCI), pero no se consigue pasar el límite de 20°C. Adicionalmente, el Patio 1 registra corriente débil de aire de hasta 0.6m/s (tabla 24).



Figura 39. Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Casa Pilatos

Tabla 23. Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios abiertos respecto del exterior en días fríos Casa Pilatos.

	PATIO 1		PATIO 2		2o PISO PATIO 1	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1.9	2.5	1.8	3.7	1.8	3.7
2a Med.	1.5	2.4	1.5	2.5	1.5	2.5
3a Med.	1.2	3	1.3	2.6	1.3	2.6

Tabla 24. Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos en días fríos Casa Pilatos.

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
PATIO 1	1a	0
	2a	0.6
	3a	0.6
Patio 1 desde Galería 2o piso	1a	0
	2a	0
	3a	0
PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0

- No se observa un comportamiento regular de todos los espacios en todas las mediciones ni clara diferencia entre los resultados del Patio 1 y su segundo nivel.
- Se observa que el Patio 2 tiene un menor incremento de temperatura en especial en las horas de tarde. Esto se debería a la cobertura de lona que le han colocado. Muestra también temperatura ligeramente más alta que la del Patio 1 (tabla 23).

### Espacios Intermedios

Las condiciones en estos espacios tienden a ubicarse en el límite de la ZGI y ZCI. Los gráficos que comparan la temperatura (figura 40) incluyen los datos del Patio 2 por cuanto al estar cubierto con lona en estricto ya no sería un espacio exterior. Lamentablemente no se pudo tener acceso al balcón para estas mediciones. El Patio 2 muestra respuesta menos desfavorable que los demás espacios.



**Figura 40** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días fríos Casa Pilatos.

Es el zaguán, a pesar de ser un espacio de paso, que muestra en una oportunidad cierto confort por la tarde, aunque también registra corrientes de aire a todas las horas de 0.6m/s en la primera y segunda medición y hasta de 1.1m/s en la tercera medición. Tampoco se reconoce en estos espacios algún comportamiento regular.

**Tabla 25.** Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios intermedios del exterior en días fríos Casa Pilatos.

	ZAGUAN		GALERIA ESCALERA		PASILLO		PATIO 2	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1.95	2.5	2.1	2.9	1.8	2.7	1.8	3.7
2a Med.	1.5	2.7	1.6	2.5	1.4	2.8	1.5	2.5
3a Med.	1.4	2..7	1.3	2.7	1.4	2.8	1.3	2.6

**Tabla 26.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días fríos Casa Pilatos.

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
ZAGUÁN	1a	0.6
	2a	0.6
	3a	1.1
GALERIA ESCALERA 2do piso	1a	0
	2a	0
	3a	0
PASILLO	1a	0
	2a	0
	3a	0
PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0

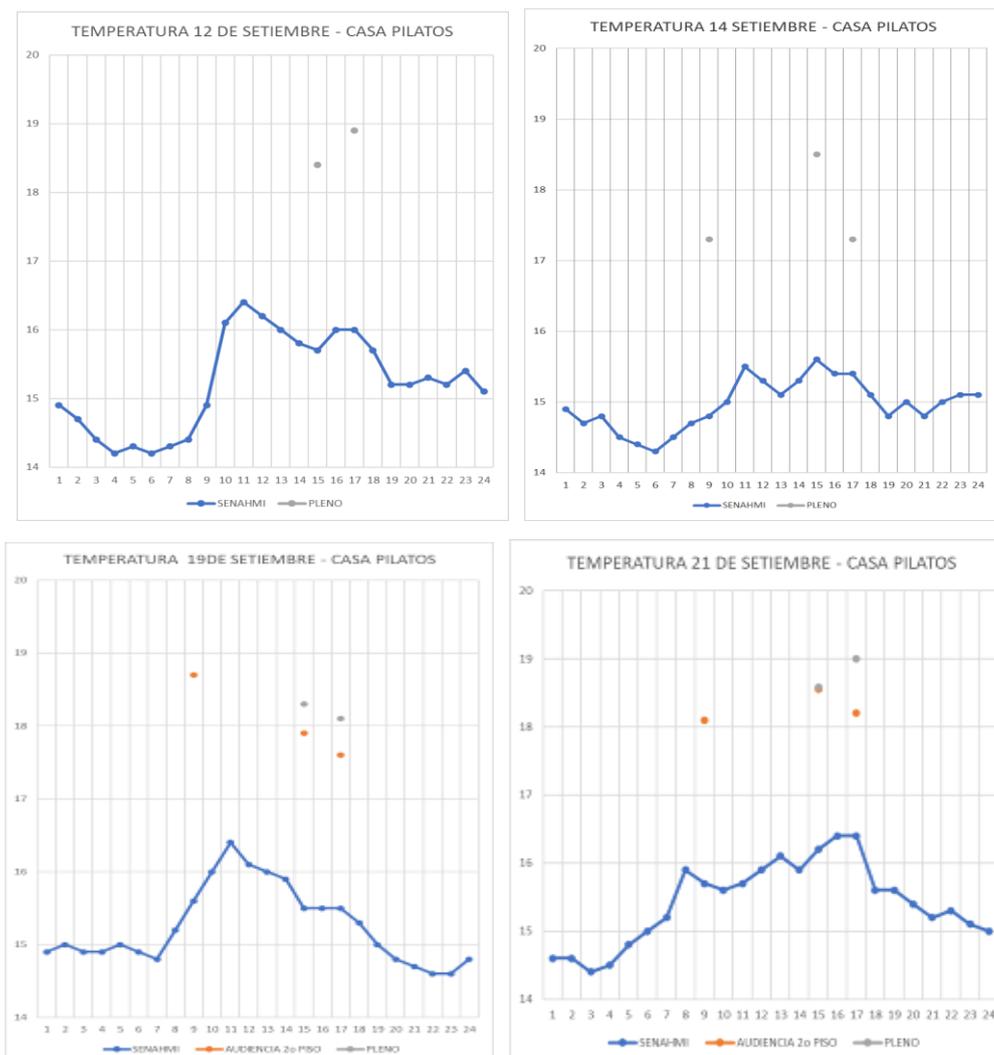
### Espacios Interiores

Aquí nuestro recojo de información tuvo más limitaciones. No se pudo hacer mediciones en la misma salita del segundo piso próxima al balcón y entonces además del Pleno se realizaron mediciones en la sala de Audiencias, pero solo en dos ocasiones. Adicionalmente no siempre se pudo realizar las tres mediciones en el Pleno.

Observamos que el Pleno, ambiente que debió ser una alcoba, consigue pasar los 18°C y por el porcentaje de HR que presenta se ubica en la ZCI.

La sala de Audiencias, ambiente que debió ser el salón de la casa, un día está cerca al límite y el otro día se ubica en la ZCI.

Si comparamos ambos podría decirse que el Pleno es más cálido que la otra sala, pero sus resultados muestran variaciones de temperatura distintas por las tardes.



**Figura 41.** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Casa Pilatos.

**Tabla 27.** Incrementos máximos y mínimos en °C en espacios interiores respecto del exterior en días fríos Casa Pilatos.

	PLENO		AUDIENCIA 2o PISO	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	2.4		2.5	2.9
2a Med.	2.2	3.1	2.2	2.4
3a Med.	1.9	2.9	2	2.1

**Tabla 28.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días fríos Casa Pilatos

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
SALA AUDIENCIAS	1a	0
	2a	0
	3a	0
PLENO	1a	0
	2a	0
	3a	0

A partir de nuestros resultados en la Casa Pilatos podemos decir que en los días cálidos la edificación muestra resultados en ocasiones más favorables que el SENAMHI. Esto se observa en el Patio 1 que consigue ubicarse en la ZCV y el Patio 2 que con la cobertura se ubica en la mañana en la ZC.

Aquí observamos que el Patio1 tiene la forma casi cúbica con galerías en sus cuatro frentes por tanto sus muros están protegidos del sol. El Patio 2, de forma rectangular, tiene otra conformación: galerías solo en sus dos frentes menores. Ambos patios conectados espacialmente por la ubicación de la escalera entre ellos (solución no usual en las casas coloniales), hecho que podría contribuir a un mejor movimiento del aire que vemos se tiene en el Zaguán y Patio 1 aunque en invierno más que en verano. Como vemos en la figura 42 forma un ángulo de  $33^\circ$  con el eje de la casa.

El balcón solo evaluado en verano no muestra un comportamiento favorable como espacio intermedio. Por fotos antiguas sabemos que este espacio ha sido remodelado y cuenta ahora con cerramiento de vidrio. Sus aperturas no se accionan por tanto recibe el sol de la mañana y se calienta.



**Figura 42.** Dibujo de fragmento de planta de la Casa Pilatos mostrando el ángulo que hace el eje longitudinal de la casa con la dirección predominante del viento que podría ingresar por el Patio 2

### 5.3 Palacio Torre Tagle

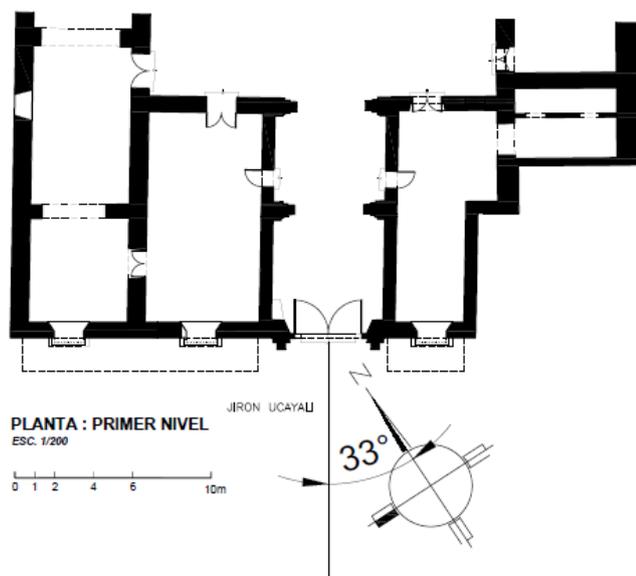
El Palacio es la actual sede del Ministerio de Relaciones Exteriores, condición que ha generado cambios en el uso de varios de sus ambientes. Estos, destinados a oficinas tienen acceso restringido y hacen uso intenso de equipos de aire acondicionado. En otros ambientes mantienen mobiliario antiguo para uso de reuniones eventuales, pero al no

tener un uso cotidiano los elementos de carpintería no se utilizan y las posibilidades que ellos brindan dejan de aprovecharse.

Respecto a su ubicación para la captación de viento, la línea perpendicular al frente del Palacio Torre Tagle forma un ángulo de  $33^\circ$  con el eje NS, por tanto, apropiado para el ingreso de aire (figura 43).

La tabla 29 y figura 44 nos muestran el área de los patios que recibe sol a las 12m durante los solsticios y equinoccios. El Patio 1, que es más grande que el Patio 2, recibe sol en mayor porcentaje de su área y por mayor número de horas, solo más limitadamente en junio.

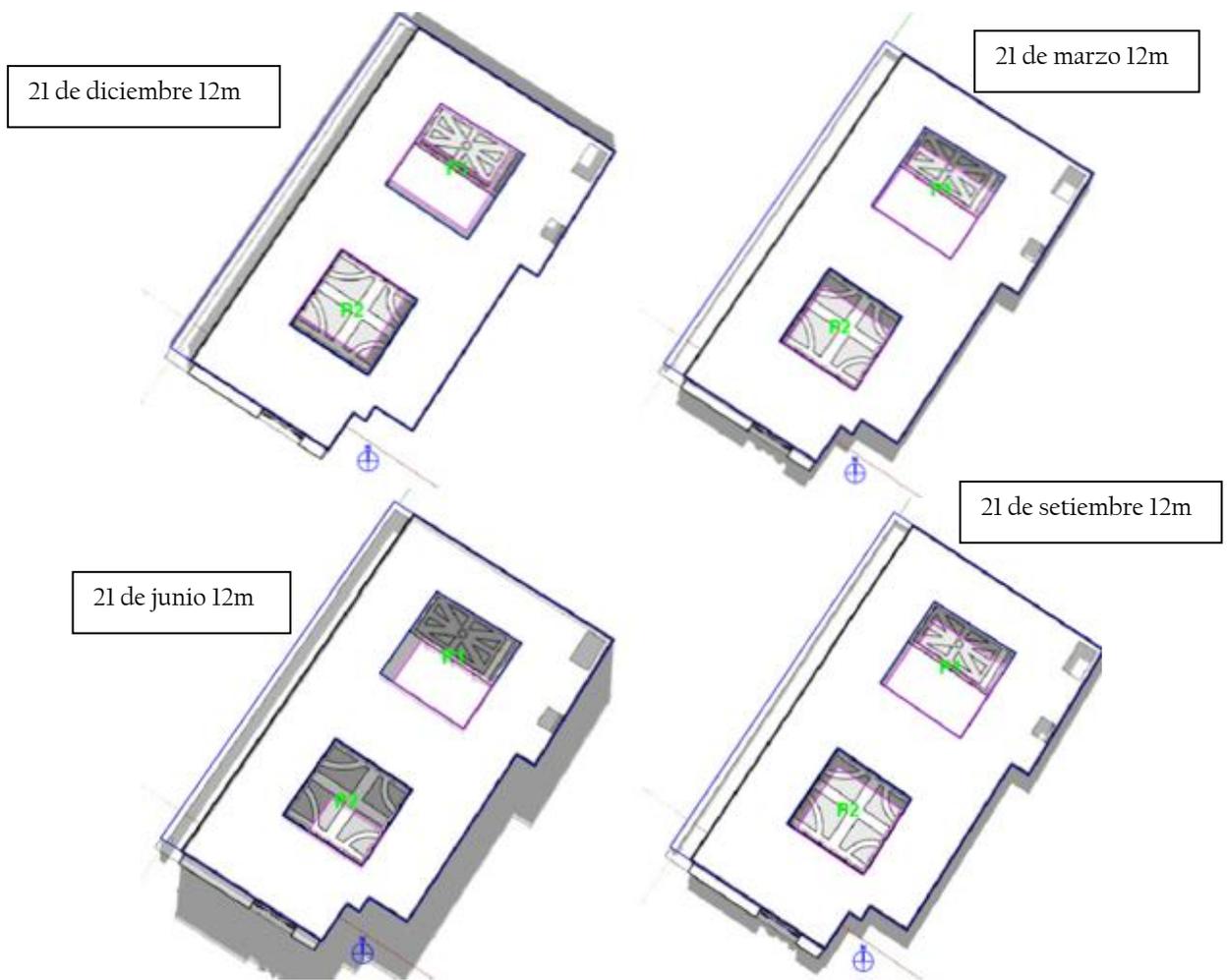
El Patio 2, en cambio, en el solsticio de invierno recibe sol solo en 2% ( $2m^2$ ) de su área al medio día mientras que en el solsticio de verano en casi 90% ( $74m^2$ ) de su área.



**Figura 43.** Dibujo de fragmento de planta del Palacio Torre Tagle mostrando el ángulo que hace el eje longitudinal de la casa con la dirección predominante del viento

**Tabla 29.** Área y porcentaje de los patios de Palacio Torre Tagle que reciben sol a las 9, 12 y 15 hrs. en los solsticios y equinoccios

PATIO 1	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio
151.3						
21-Mar	13	8.59	130.5	86.25	30.7	20.29
21-Jun	0	0.00	54.8	36.22	0	0.00
21-Set	22.3	14.74	128.5	84.93	17.1	11.30
21-Dic	19.5	12.89	131.5	86.91	31.5	20.82
PATIO 2	9 hrs.		12 hrs.		15 hrs.	
	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio	Área con sol	% del total de patio
81.84						
21-Mar	0	0	56.9	69.53	21.3	26.03
21-Jun	0	0	2	2.44	0	0.00
21-Set	0	0	54.9	67.08	13.3	16.25
21-Dic	11.3	13.81	74	90.42	17.6	0.04



**Figura 44.** Dibujo de plantas que grafican en recuadros de color magenta el área con sol en los patios a las 12m en solsticios y equinoccios del Palacio Torre Tagle.

### 5.3.1 Verano

**Tabla 30.** Datos de HR y T del SENAMHI de los días cálidos en que se realizaron mediciones en el Palacio Torre Tagle.

DATOS SENAMHI						
MARZO						
	HR (7 hrs.)	TS (7 hrs.)	HR (15:30 hrs.)	TS (15:30 hrs.)	HR (19 hrs.)	TS (19 hrs.)
26	91.7	23.2	68.9	27.6	87.9	24
ABRIL						
	HR (7h)	TS (7h)	HR (13h)	TS (13h)	HR (19h)	TS (19h)
1	92.4	22.5	80.4	26	82.1	22.8
2	92.3	22	70.5	28	87.1	23.6
9	92.2	21.4	71.9	27	87.7	23

La tabla 30 muestra las mediciones de temperatura y humedad del SENAMHI a las mismas horas de las mediciones tomadas (ver Anexo). Cuando éstas no se realizaron en

horas exactas, los datos del SENAMHI han sido interpolados para aproximar el momento de la medición a partir del dato de la hora exacta que ellos miden.

Las mediciones tomadas en los meses cálidos arrojan en su mayoría resultados fuera de la ZC, ubicándose en la ZCV y en la ZEVNM.

### Espacios Abiertos

No se observa un comportamiento constante todos los días.

De la comparación de los datos en primer nivel en ambos patios, vemos que el Patio 1 registra mayor temperatura que el Patio 2. Son diferencias no mayores a 1.3°C pero que están presentes en todas las mediciones, el Patio 2 registra una menor temperatura a la vez que mayor humedad. Ambos patios consiguen ubicarse en la ZCV hacia el final de la tarde, alcanzando el límite y eventualmente ingresando a la ZC en especial en el Patio 2. (Ver Anexo)



**Figura 45.** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días cálidos Palacio Torre Tagle.

Si bien la data del SENAMHI presenta humedades relativas por encima del 80% en todas las mediciones realizadas se tiene humedades relativas menores al 80%. Los gráficos de la figura 45 comparan la temperatura del SENAMHI con aquella registrada en las tres mediciones en los espacios abiertos.

Vemos que en todos estos espacios se consigue un incremento de la temperatura, alejando las condiciones de la ZC y ubicándolas en la ZEVNM de la carta psicométrica de Givoni (ver Anexo).

**Tabla 31.** Incrementos máximos y mínimos en °C en espacios abiertos respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.

	PATIO 1		PATIO 2		2o PISO PATIO 1		2o PISO PATIO 2		TERRAZA	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	2.3	2.7	1.7	2.2	2	3.2	2.5	3.8	3	3.7
2a Med.	2.7	5.8	2.3	3	2.3	3.9	2.8	4.4	2.8	3.7
3a Med.	2.5	4.1	1.7	3.4	2.8	3.2	1.1	3.2	1.8	3.6

El Patio1 es el espacio que incrementa más su temperatura durante el día pasando los 5°C y conserva más calor que el Patio 2 que resulta ser más fresco. Las causas de eso pueden atribuirse a:

- Si bien ambos patios tienen piso de piedra el Patio 1 tiene más área de piso que el Patio 2. La figura 44 muestra que en el solsticio de verano ambos patios reciben horas de sol desde las 9am, pero sin embargo el Patio 1, al ser más grande, cuenta con mayor área expuesta al sol que el Patio 2. La diferencia es aún mayor en el equinoccio de marzo cuando el Patio 2 recibe sol entrada ya la mañana alcanzando al medio día 56.9m<sup>2</sup> con sol mientras que el Patio 1 que ya lo recibe desde las 9am, al medio día cuentan con 130.5m<sup>2</sup> con sol.

**Tabla 32.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios abiertos en días cálidos Palacio Torre Tagle.

ESPACIO	MEDICIÓN	VERANO
PATIO 1	1a	0.1
	2a	0.3
	3a	0.4
GAL A PATIO 1	1a	0.2
	2a	0.6
	3a	0
PATIO 2	1a	0.2
	2a	0.8
	3a	0.8
GAL A PATIO 2	1a	0.3
	2a	2.3
	3a	2.6
TERRAZA	1a	1.4
	2a	0.3
	3a	0.3

- El Patio 1 tiene más área de muro en sus frentes que el Patio 2.

El Patio 1 espacialmente tiene forma de un cubo y el Patio 2, de menor tamaño en el primer nivel, crece en área en el segundo nivel pues a él se le incorpora espacialmente la terraza. Esto menor dimensión en el primer nivel le genera mayor proporción de sombra.

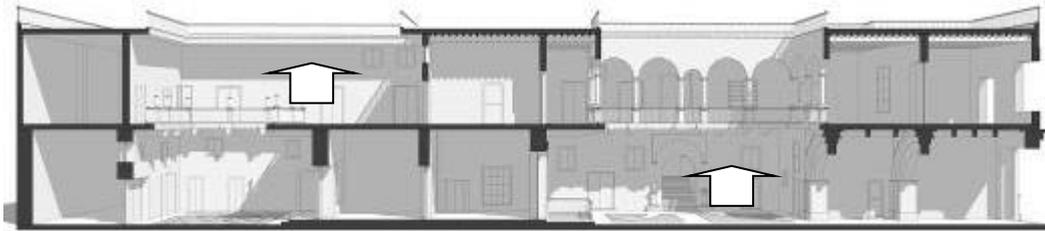


Figura 46. Dibujo de sección del Palacio Torre Tagle mostrando flujo de calor.

Si comparamos los resultados entre las mediciones del Patio 1 en su primer nivel y las mediciones tomadas desde la Galería del segundo nivel se aprecia que en el primer nivel del Patio 1 el aumento de temperatura a lo largo del día es mayor mientras que en el segundo nivel se tiene menor incremento de temperatura durante el día. Su forma casi cúbica, su piso de piedra y la masa de sus muros en primer nivel contribuirían a ello.

Al comparar los resultados de la Terraza y el Patio 2 vemos que la terraza registra un aumento: entre 1 y 2°C en la primera medición y menor a 1°C en la segunda medición. Al final de la tarde (19 hrs) sin embargo no hay mayor diferencia, puede subir o bajar solo décimas. También desde la galería del segundo piso hacia el Patio 2, se registra mayor temperatura que en el patio mismo en las dos primeras mediciones, por el contrario, en la tercera medición (al final de la tarde) la temperatura es algo menor en el segundo piso que en el patio mismo (tabla 31).

De los diagramas del anexo vemos que:

- Durante el verano, ambos patios consiguen ubicarse en la ZCV al final de la tarde y por la noche. El Patio 2 también en ocasiones lo está a primeras horas de la mañana. Estos espacios habrán sido agradables para un uso cotidiano desde el final de la tarde. Hacia el mediodía y las primeras horas de la tarde han sido espacios con climas por encima de la zona de confort, por tanto, de uso más limitado.
- Vemos por los datos de la figura 45, que en las mañanas la temperatura del segundo nivel del Patio 1 (datos obtenidos desde la galería) no presenta mayor diferencia respecto de aquella del primer nivel del patio; mientras que al iniciar la tarde el primer nivel conserva más el calor y es más cálido mientras que el segundo nivel

resulta algo más fresco. Si vemos los gráficos del anexo se tiene que en verano resulta más confortable el segundo nivel pues el primer nivel durante las horas centrales del día se ubica en la ZVNM.

- En el Patio 2 por el contrario el primer nivel se ubica principalmente en la ZCV, mientras que los datos de la terraza se ubican a veces en la ZCV y también en las horas centrales en la ZVNM. En el caso de los datos obtenidos en el segundo nivel del patio se encuentra comportamientos variados, tienden a ser calientes en la mañana ubicándose en el ZVNM, por la tarde en la ZCV y al final del día alcanza la ZC.
- Si comparamos ambos patios, el Patio 1 es más cálido que el Patio 2 y consecuentemente se cumple también que es menos húmedo. El Patio 2 muestra en verano más horas de confort que el Patio 1.
- Por cuanto los resultados se ubican principalmente en la ZEVNM es necesario considerar la velocidad de viento registrada en estos espacios. Lamentablemente ésta no se ubica en el rango sugerido como válido de 1 a 1.5m/s. En el Patio 1 se ha registrado viento con velocidad hasta de 0.3m/s y de menor velocidad en la primera y tercera medición. En el Patio 2 la máxima velocidad registrada es también 0.3m/s en la segunda y tercera medición y en la primera medición son aún menores. Los ambientes abiertos de segundo nivel registran mayores velocidades en el Patio 2: en la Galería se llegó repetidas veces a 0.5m/s y 0.6m/s por la tarde (segunda y tercera medición) y 0.2m/s en la primera medición; en la Terraza se registró mayor velocidad en la primera medición: 0.7m/s, mientras que 0.1m/s y 0.2m/s en la segunda y tercera medición respectivamente. En el segundo nivel del Patio 1 se registró menor velocidad: 0.2m/s en la primera medición y 0.3m/s en la segunda medición. Vemos que, en el segundo nivel, el Patio 2 presenta mayor velocidad de viento, aunque no dentro del rango considerado como válido para decir que se consigue una adecuada sensación higrotérmica (tabla 32).

Entendemos entonces que en verano el Patio 2 en el primer nivel consigue confort más horas del día que el Patio 1. Siendo este último un espacio más público si tenemos presente que la edificación era el palacio de un marqués quien tendría sus oficinas en el primer nivel. De otro lado, el Patio 2 más dedicado como expansión de actividades internas. En el segundo nivel dedicado íntegramente a la vivienda, se tiene que a esa altura el Patio 1 es menos cálido y la existencia de galerías en sus cuatro frentes protegen los muros a ese nivel. Hacia el Patio 2, la Terraza expansión del Comedor tiende a ser

confortable a primeras horas de la mañana pues, aunque no sea techada presenta corrientes de viento.

### Espacios Intermedios

Están los balcones ubicados en el frente del Palacio trabajados íntegramente en celosías de madera. Esta característica permite el ingreso constante de aire, adicionalmente las celosías pueden abrirse pues funcionan como ventanas proyectantes.

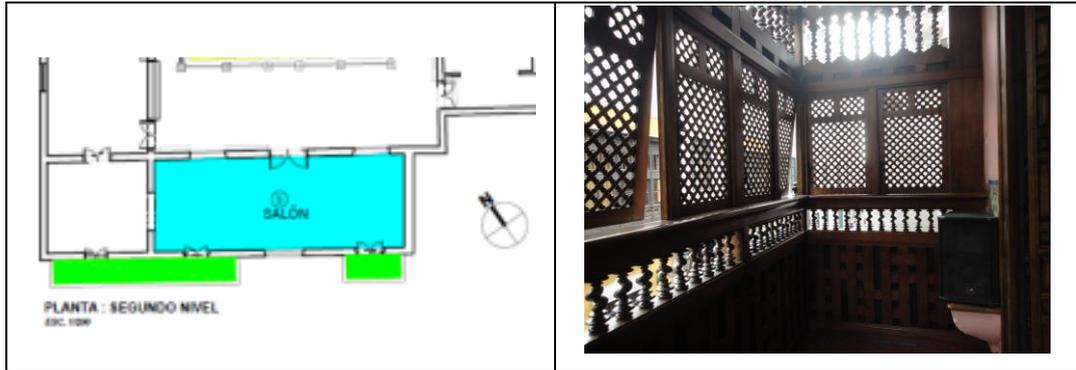


Figura 47. Dibujo de planta (en verde) de los balcones y vista interior. Palacio Torre Tagle.



Figura 48 Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días cálidos Palacio Torre Tagle.

**Tabla 33.** Cuadro de las variaciones máximas y mínimas (°C) en espacios intermedios respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.

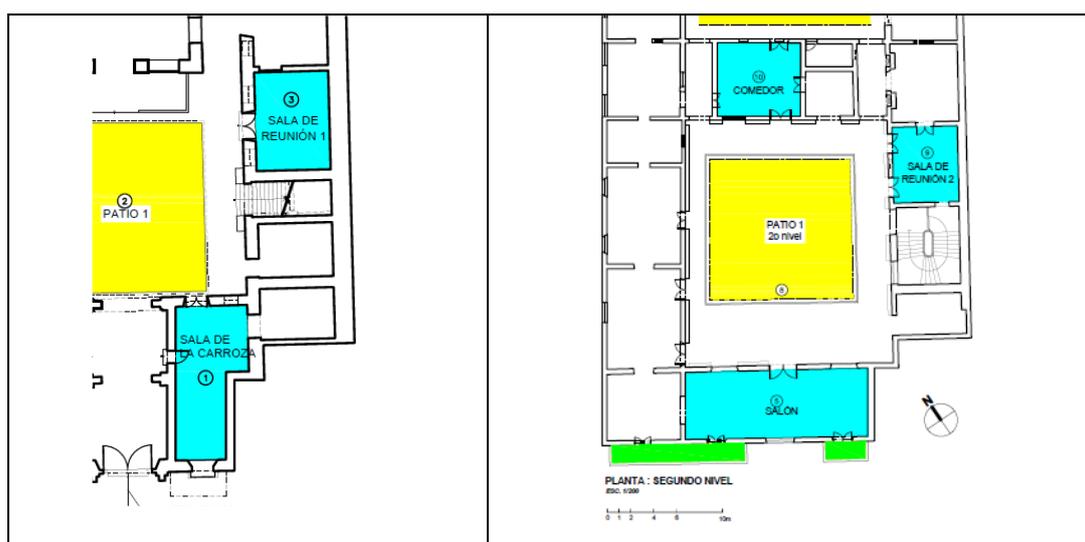
	BALCÓN GRANDE		BALCON PEQUEÑO	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1.7	2.1	2.1	3..5
2a Med.	1.9	3.1	2.2	<b>2..9</b>
3a Med.	1.9	2.8	2	2.8

**Tabla 34.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios intermedios en días cálidos Palacio Torre Tagle.

ESPACIO	MEDICION	VERANO
BALCON GRANDE	1a	0.2
	2a	0.4
	3a	0.4
BALCON PEQUEÑO	1a	0.9
	2a	0.9
	3a	0.3

### Espacios Interiores

En el primer piso están la Sala de la Carroza ubicada a la derecha del zaguán y la Sala de Reuniones en el lado derecho del Patio 1. Ambas registran resultados ubicados en la ZEVNM ubicándose al final de la tarde generalmente en la ZCV. Si comparamos los resultados de ambos ambientes vemos que, aunque las diferencias no son sustanciales la



**Figura 49.** Espacios interiores (celeste) del primer nivel en Palacio Torre Tagle.



**Figura 50** Gráfico de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días cálidos Palacio Torre Tagle.

Sala de la Carroza muestra mayor temperatura que la Sala de Reuniones y el incremento de su temperatura durante el día es también mayor. Ambas muestran un rango de humedad aceptable y ambas requieren contar con buena ventilación para alcanzar la ZC.

**Tabla 35.** Cuadro de las variaciones máximas y mínimas en °C en espacios interiores respecto del exterior en días cálidos Palacio Torre Tagle.

	SALA CARROZA		SALA REUNIÓN 1		SALÓN		SALA REUNIÓN 2		COMEDOR	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	2.2	2.7	2.1	2.6	1.8	2.5	2.1	4	2.8	3.6
2a Med.	2.6	3	1.5	3.9	2.1	3.6	2.5	3.3	2	3.1
3a Med.	2.9	4.2	2.8	4.2	2.6	3.6	2.9	3.7	2.6	3.9

Los ambientes con menor incremento de temperatura en el día son el Salón, la Sala de Reuniones 2 y Comedor, todos en el segundo piso.

**Tabla 36.** Velocidades máximas de corrientes de aire registradas (m/s) en espacios interiores en días cálidos Palacio Torre Tagle.

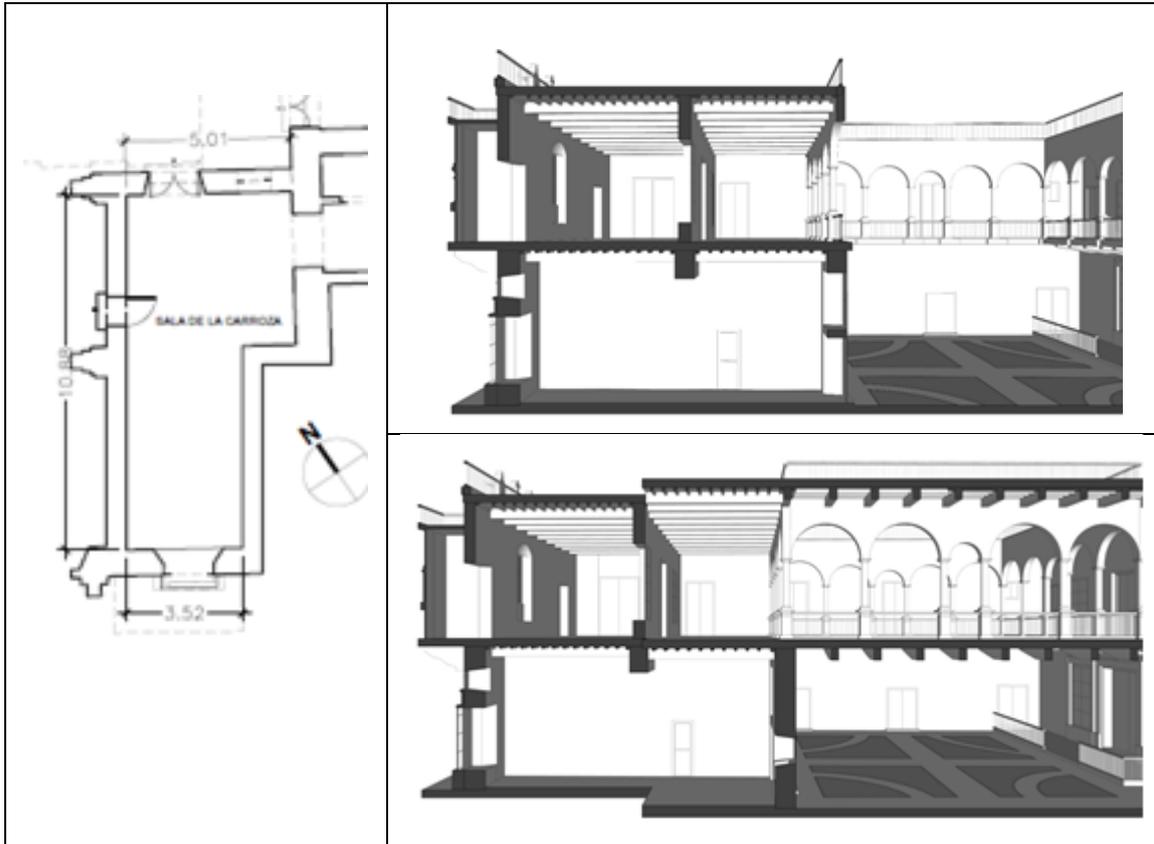
ESPACIO	MEDICION	VERANO
SALA DE LA CARROZA	1a	0
	2a	0.3
	3a	0
SALA DE REUNIONES 1er piso	1a	0.1
	2a	0.3
	3a	0
SALON 2do piso	1a	0.1
	2a	0
	3a	0.2
SALA REUNIONES 2do piso derecha	1a	0.3
	2a	0
	3a	0
COMEDOR	1a	1.4
	2a	0.5
	3a	0.6



**Figura 51.** Sala de la Carroza.

En el caso de la **Sala de la Carroza** las condiciones para una óptima ventilación cruzada están dadas. Como se ve en los gráficos cuenta con ventanas en sus frentes opuestos, dos ventanas hacia la fachada principal (área de ambas 5m<sup>2</sup>), que tiene orientación óptima para ingreso de aire, y en su pared opuesta que hace frente al patio donde tiene dos ventanas además de la puerta de ingreso (área total de 7.2m<sup>2</sup>). Cabe mencionar que la carpintería de ventanas considera rejas y contraventana de madera. En el caso de las ventanas que dan frente a la calle por intervenciones más recientes en la edificación cuentan con cristal. Cuando se realizaron las mediciones solo la ventana pequeña (1.1m<sup>2</sup>) que abre al Patio 1 y las puertas estuvieron abiertas. Se considera que esta situación puede distorsionar las posibilidades de confort del ambiente. Mas aún si tenemos presente la apropiada orientación de las ventanas en la fachada principal. Sólo en una ocasión se

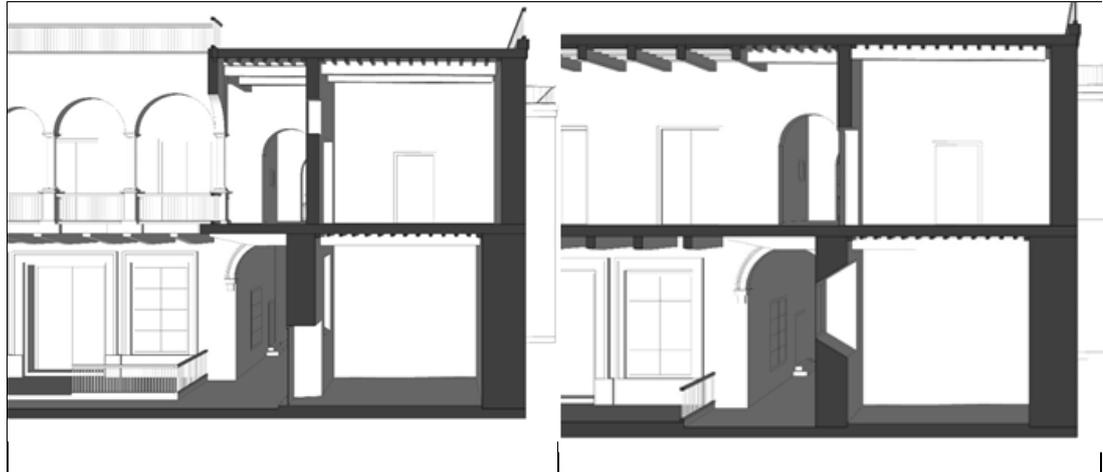
registró 0.1m/s en la segunda medición del día.



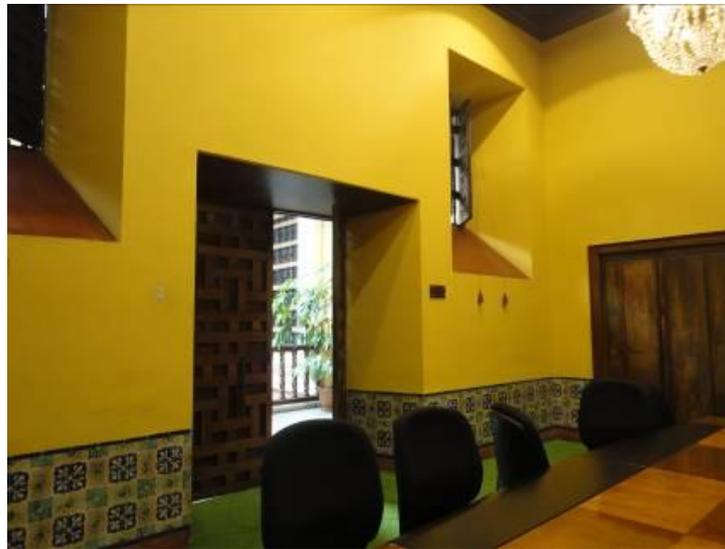
**Figura 52.** Dibujos de planta y sección de la Sala de la Carroza mostrando los distintos vanos.

En el caso de la **Sala de Reuniones 1** su ubicación le otorga otra condición por cuanto sus ventanas ( $3.84\text{m}^2$ ) y puerta ( $4.5\text{m}^2$ ) se orientan  $57^\circ\text{NO}$ . Es una orientación inadecuada para la captación de viento en Lima. En esta sala solo en una oportunidad se registró viento a velocidad de  $0.1\text{m/s}$  en la primera medición y  $0.3\text{m/s}$  en la segunda medición. También aquí consideramos que la disposición de vanos y el diseño de la carpintería podrían contribuir a mejorar la velocidad del viento si tiene un uso adecuado. La puerta que comunica a la siguiente habitación no es la original y se mantiene siempre cerrada al igual que las ventanas.

Los ambientes del segundo piso no muestran un buen desempeño en relación a las condiciones obtenidas de la estación SENAMHI. El **Salón** presenta de  $1.8^\circ\text{C}$  a  $3.6^\circ\text{C}$  por sobre los datos del exterior del SENAMHI, mientras que la **Sala de Reuniones 2** de  $2.1^\circ\text{C}$  a  $4^\circ\text{C}$  y el **Comedor** de  $2^\circ\text{C}$  a  $3.9^\circ\text{C}$ . En la primera medición el Salón se presenta menos caliente que los otros dos ambientes y durante el día generalmente es menos cálido que la Sala de Reuniones, con el Comedor es difícil establecer una relación respecto a los otros dos ambientes.



**Figura 53.** Dibujo de sección de la Sala de Reunión 1 y 2 mostrando ubicación de vanos.



**Figura 54.** Sala de la Reunión 1.

Si comparamos la Sala de la Carroza con el Salón (primer y segundo piso) vemos comportamientos parecidos, aunque con mayor humedad en el Salón. En ambos casos hacia la noche se acercarían a la zona de confort.

Si comparamos las salas de reuniones del primer y segundo piso, ambas ubicados a un mismo lado de la escalera, de igual tamaño y distinto material, no se observa un comportamiento semejante los 4 días.

Si bien los ambientes interiores también se encuentran fuera de la zona de confort, vale tener presente que en ambos casos no se ha contado con el flujo de aire natural que podría tenerse al abrir no solo ventanas sino también puertas de esas habitaciones y las contiguas, que están todas muy bien alineadas. Del gráfico de planta vemos la ubicación de estos ambientes dos de los cuales: Salón y Comedor enfrentan una muy buena

ubicación para la captación de viento y cuentan con ventanas muy bien ubicadas y diseñadas para ese fin.

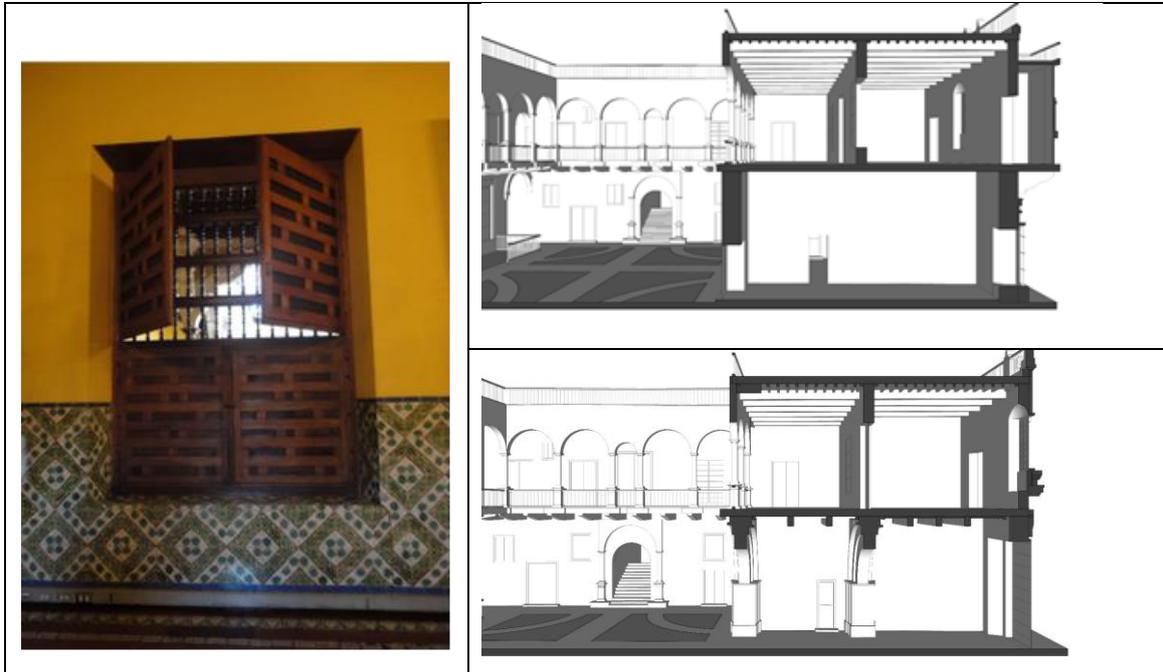


Figura 55. Secciones del Salón y detalle de carpintería en ventana.

Lamentablemente tampoco aquí se realiza un sostenido y adecuado uso de la carpintería de estas habitaciones. Los ambientes se calientan y al no tener ventilación cruzada el calor no se disipa y, por el contrario, se acrecienta. Las contraventanas del Salón permiten elegir la altura para el paso del viento pues cuentan con dos módulos por hoja. Hacia la calle tiene un área total de  $19.8\text{m}^2$  para ingreso de viento, entre 2 puertas y 3 ventanas y en la pared opuesta tiene un área de  $18.98\text{ m}^2$  para la salida de aire.

En el caso del Comedor también se cuenta con una buena ubicación de ventanas. Para captar el viento tiene una puerta de doble hoja ( $6.35\text{m}^2$ ) y una ventana ( $5.27\text{m}^2$ ). Esta ventana cuenta también con contraventanas en dos niveles permitiendo controlar el nivel de ingreso de aire. En la pared opuesta por donde sale el aire tiene una puerta de dos hojas ( $4.08\text{m}^2$ ) y dos ventanas altas ( $1.62\text{m}^2$ ).

En estas habitaciones, a pesar del limitado uso de la carpintería, se ha registrado corriente de viento de baja velocidad en el Salón, en la primera y tercera medición de  $0.2\text{m/s}$ . En cambio, es en el Comedor donde se ha registrado mayor velocidad de aire: hasta  $1.4\text{m/s}$  en la primera medición,  $0.5\text{ m/s}$  en la segunda medición velocidad y  $0.6\text{m/s}$  en la tercera medición. Estas son velocidades obtenidas sin contar necesariamente con todas las puertas y ventanas abiertas. Si tenemos presente lo establecido por Givoni sobre

conseguir confort en ambientes que se ubican en la ZEVNM, podemos considerar que el Comedor ha sido un espacio generalmente confortable en verano a distintas horas: desayuno, almuerzo y cena.



**Figura 56.** Vista interior del Comedor hacia la terraza (izquierda) hacia la galería (derecha).

Como dijimos al iniciar el análisis del verano, el comportamiento de la edificación muestra en general varias horas del día fuera de la ZC, pero dentro de aquella donde la ventilación natural y mecánica puede ayudar a conseguir condiciones confortables. Al final de la tarde y por la noche los ambientes exteriores se ubican en la ZCV y eventualmente ZC por tanto deben haber sido espacios muy agradables para el encuentro cotidiano. Algo semejante sucede con los espacios intermedios como balcones, donde se alcanza la ZCV al final de la tarde, su ubicación en ángulo apropiado para la captación del viento mejora sus condiciones.



**Figura 57.** Interior de Sala de Reunión hacia galería

Adicionalmente al hecho que las condiciones de clima al interior de la edificación son más difíciles que en el exterior y por tanto tenemos un comportamiento inadecuado de la

edificación, nos parece importante tener presente aquí además de las condiciones externas antes mencionadas, que la edificación no mantiene un uso regular. Por tanto, el buen uso de las ventanas y puertas está ausente y esto desaprovecha una mejora en las condiciones interiores de clima. Hay decisiones en su diseño que consideramos buscan aprovechar las corrientes de aire. Tenemos la disposición de vanos puertas y ventanas en muros opuestos en los ambientes de fácil captación de viento como Salón y Comedor donde se da la posibilidad de manejar aperturas a nivel bajo y a nivel más alto; la ubicación secuencial de puertas-ventanas en los ambientes del lado derecho cuyo frente no es óptimo para la captación de viento, favorecería el movimiento del aire que ingresaría por los vanos del frente: ventanas y puerta-ventana. Este interés por mantener cierta calidad en el movimiento del aire se ratifica con la presencia de dos ductos que funcionan a manera de chimenea encontrado en las habitaciones del lado derecho. Sucede que por la manera como el edificio se ubica en el lote, las habitaciones del lado derecho tienen como frente solo los patios, a diferencia de las habitaciones del lado izquierdo que tienen un segundo frente a un corredor secundario. Esto da lugar a que dos habitaciones solo cuenten con puertas para su ventilación. Una de ellas, posiblemente la de uso más importante, tiene dos ductos que se ubican en lo alto de la habitación y se consiguen al adelgazar el muro de adobe de 90cm. que luego se continúa con el muro de quincha de 40cm. Esta diferencia de espesor hace posible que se genere el ducto que termina en ventana en el pasillo del segundo nivel. Además, se construyen muretes en la habitación del segundo nivel para dar forma a la ventana (figura 58). Se muestran también los dibujos de planta y sección de este detalle para la ventilación. Esos ductos permiten entonces la evacuación del aire caliente de la habitación que escapa hacia el pasillo del segundo nivel que presenta una buena corriente de aire. La evacuación de este aire caliente daría lugar a la succión de nuevo aire que ingrese por las puertas hacia el interior de la habitación. De esta manera se consigue ventilar la habitación que no puede contar con ventanas bajas.



**Figura 58.** Planta sección y vistas de los ductos de ventilación.

Finalmente, y no menos importante sería la existencia de estructura de fierro en el Palacio colocada durante la restauración en 1950'. Vigas y columnas de metal al interior de la estructura de madera para soportar el entrepiso y techo final, marcos de concreto en algunos muros del primer piso y la capa de concreto o losa armada en el entrepiso. Se trata de materiales que no representarían una cantidad importante en el total del edificio y posiblemente no contribuyan a alterar significativamente el comportamiento térmico inicial de la edificación.

### 5.3.2 Invierno

**Tabla 37.** Datos de HR y T del SENAMHI de los días fríos en que se realizaron mediciones en el Palacio Torre Tagle.

DATA SENAMHI						
AGOSTO						
	HR (9:10 hrs)	TS (9:10 hrs)	HR (15:30hrs)	TS (15:30hrs)	HR (21hrs)	TS (21hrs)
26	87	15.4	74.5	17.9	87	15.9
	HR (9:30 hrs)	TS (9:30 hrs)	HR (16hrs)	TS (16hrs)	HR (21hrs)	TS (21hrs)
27	89.5	15.5	84.8	17	90	15.6
SETIEMBRE						
	HR (9:30 hrs)	TS (9:30 hrs)	HR (16:30hrs)	TS (16:30hrs)		
9	95	15.2	87	16.25		
	HR (9 hrs)	TS (9 hrs)	HR (16hrs)	TS (16hrs)	HR (20h)	TS (20h)
10	87	16	84	16.4	88	15.7

Una primera observación de los gráficos muestra que en todos los ambientes tenemos una mejora en los resultados de la edificación si los comparamos con la data del SENAMHI. Esta data se ubica principalmente en ZGI del gráfico sicométrico de Givoni y en algunos casos se acerca al límite de la ZCI. De otro lado nuestras mediciones muestran que las condiciones en la edificación se ubican principalmente en la ZCI, en ocasiones en la ZGI y en algún caso en la ZC.

#### Espacios Abiertos

En todos estos espacios se observa (ver anexo) una mejora en las condiciones climáticas en comparación a aquellas obtenidas por la estación del SENAMHI. Se consigue un incremento de la temperatura y menor HR que mejora las condiciones ubicándolas en la ZCI y ZC. La figura 59 nos muestra los ambientes que alcanzan y pasan los 18°C y en algún caso los 20°C por unas horas.

La tabla 38 presenta los incrementos (mínimo y máximo) de temperatura en °C en las tres mediciones de los espacios abiertos donde vemos que el Patio 1 es el espacio más cálido en invierno.

Observamos lo siguiente:

- En todos los espacios abiertos se tiene una respuesta positiva en los meses fríos. Hay un aumento de la temperatura y consecuentemente una baja en la humedad. La data del SENAMHI registra que en ocasiones la humedad pasa el 80% alcanzando el 83% y se ubica siempre en la ZGI.
- El Patio 1 es el espacio abierto que presenta mayor ganancia y conservación de calor en la casa, seguido del Patio 2. En ambos casos la ganancia es mayor en el primer nivel que en su segundo nivel.
- Ambos patios son confortables cerca al mediodía y primeras horas de la tarde. En

ocasiones se registró corrientes de aire, en el Patio 1 hasta 0.2m/s (segunda medición) y en el Patio 2 hasta 0.6m/s (tercera medición)

- Las condiciones hacia la noche se ven más favorables que en las primeras horas del día.



**Figura 59.** Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios abiertos en días fríos Palacio Torre Tagle.

**Tabla 38.** Cuadro de las variaciones máxima y mínima en °C en espacios abiertos respecto de la temperatura exterior en días fríos Palacio Torre Tagle.

	PATIO 1		PATIO 2		2o PISO PATIO 1		2o PISO PATIO 2		TERRAZA	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1.1	4.5	0.91	2.1	1.2	2	1	3.1	1.2	2.4
2a Med.	2.4	5.2	2.1	3.9	2.3	2.6	2	3.6	2.15	3.3
3a Med.	1.7	4.1	1.1	2.9	1.8	2.3	1.6	1.8	1	2.5

- Al comparar las condiciones de la Terraza con las condiciones del Patio 2, al cual hace frente, no vemos que haya alguna relación clara entre los comportamientos de ambos espacios.
- En el punto tomado desde la Galería al segundo nivel del Patio 1, las condiciones se acercan al límite de la zona de confort y solo a veces lo sobrepasa ligeramente. Se observa que el incremento de la temperatura durante el día es mayor en el primer nivel del patio que en el segundo. De otro lado el primer nivel registra mayor temperatura y por ende menor humedad que el segundo nivel a lo largo del día.
- Asimismo, en el punto tomado desde la Galería hacia el Patio 2 se consigue solo eventualmente ubicarse en la zona de confort. Si la comparamos con el Patio 2, observamos que en las mañanas el segundo nivel es más cálido que a nivel del Patio 2 pero a lo largo del día, este último gana y conserva más calor.

**Tabla 39.** Velocidades máximas de aire registradas en espacios abiertos en días fríos Palacio Torre Tagle.

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
PATIO 1	1a	0
	2a	0.2
	3a	0
GAL A PATIO 1	1a	0
	2a	0
	3a	0
PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0.6
GAL A PATIO 2	1a	0
	2a	0
	3a	0
TERRAZA	1a	0
	2a	0
	3a	0

### Espacios Intermedios

- De los diagramas psicrométricos (ver anexo) y gráficos de la figura 60 se observa que ambos espacios tienen comportamientos parecidos:

- Ambos balcones muestran una mejora respecto del clima exterior en especial desde las primeras horas de la tarde, llegando en ambos casos a aumentar hasta 3.4°C. Las condiciones de clima se ubican mayormente en la ZGI, alcanzando en ocasiones la ZC luego del medio día.
- Ambos balcones presentan corrientes de viento. El balcón pequeño registra corrientes en las tres mediciones alcanzando una velocidad de 0.6m/s en la segunda y tercera medición. En el balcón grande se registra corriente de viento en la segunda medición con velocidad y alcanza 0.8 m/s.



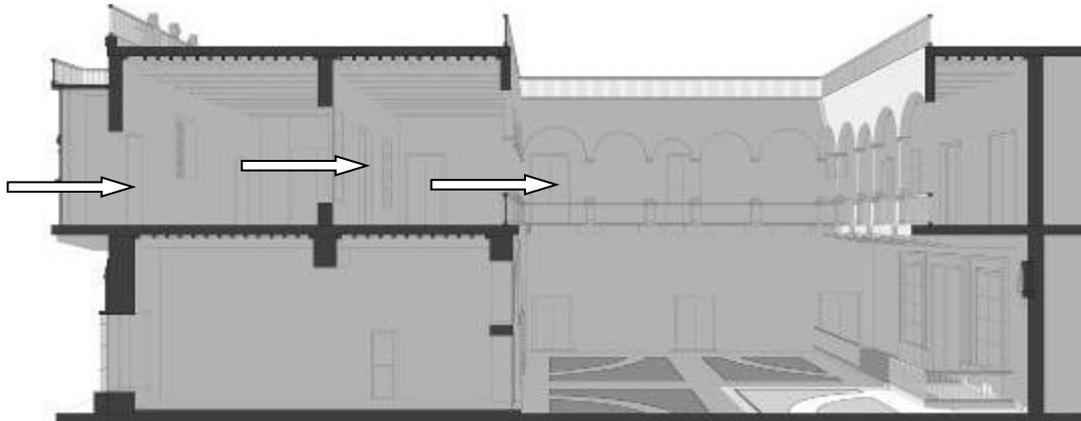
**Figura 60.** Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios intermedios en días fríos Palacio Torre Tagle.

**Tabla 40.** Incrementos máximos y mínimos en °C espacios intermedios respecto de la temperatura exterior en días fríos Palacio Torre Tagle.

	BALCÓN GRANDE		BALCON PEQUEÑO	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	0.55	1.8	1.15	1.7
2a Med.	1.8	3.4	2	3.4
3a Med.	1.3	2	1.5	1.9

**Tabla 41.** Velocidades máximas de aire registradas en espacios abiertos en días fríos Palacio Torre Tagle.

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
<b>BALCÓN GRANDE</b>	1a	0
	2a	0.8
	3a	0
<b>BALCÓN PEQUEÑO</b>	1a	0.4
	2a	0.6
	3a	0.6



**Figura 61.** Dibujo de sección del Balcón, Salón y Galería mostrando ventilación cruzada.

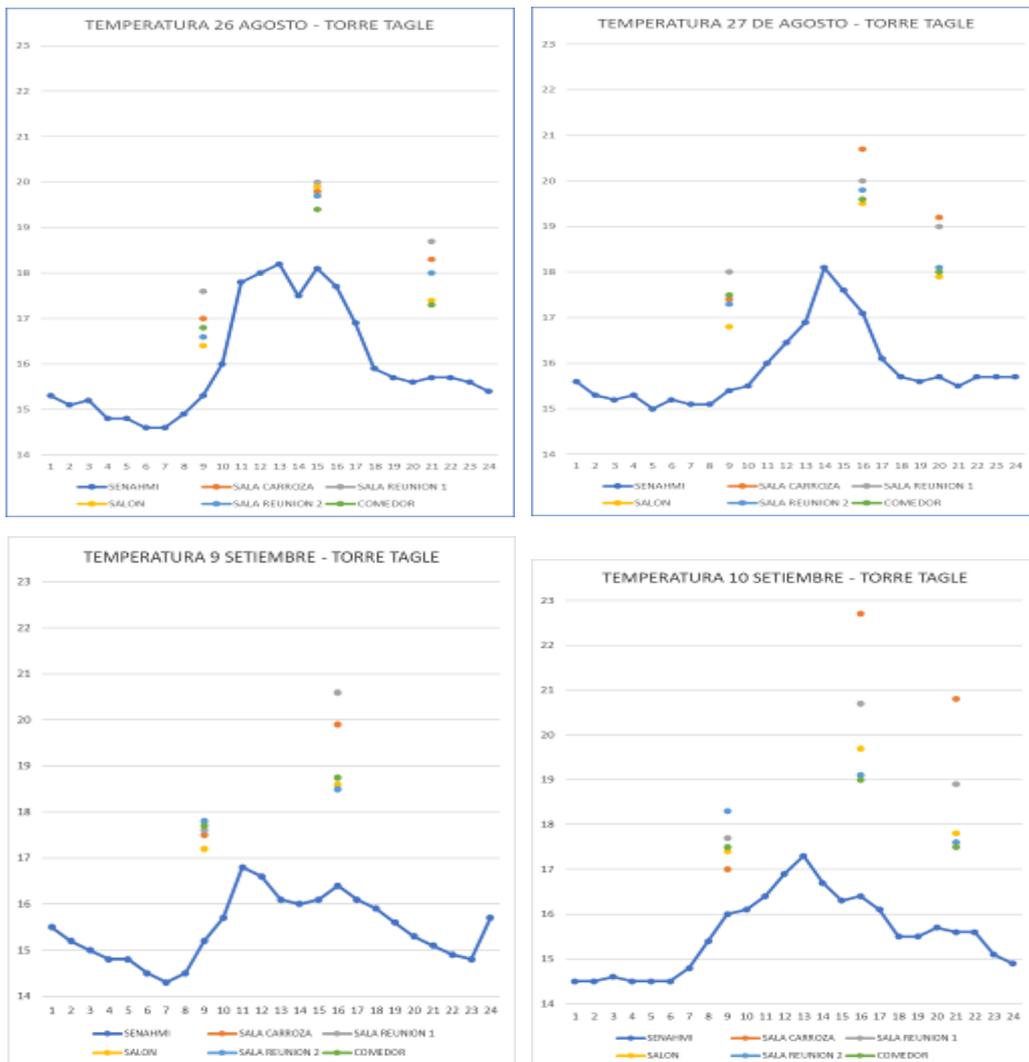
### Espacios Interiores

En los ambientes interiores del primer piso se observa una mejor respuesta que en los ambientes del segundo piso. Si bien a inicios del día están en la ZGI pronto ganan calor y se ubican en la ZCI e incluso en ocasiones ambos ambientes alcanzan la ZC. La Sala de la Carroza alcanza a registrar hasta 5.1°C más que la data del SENAMHI (en la tercera medición) y la Sala de Reuniones 1 hasta 4.35°C (en la segunda medición) que la data del SENAMHI. Los ambientes del segundo piso registran humedades relativas que en ocasiones pasan el 80%. Si bien entre estos ambientes no hay un comportamiento

uniforme si podemos ver que se ubican entre la ZGI y la ZCI, pero no alcanzan la ZC. En ellos observamos que:

- El Comedor parece ser el ambiente más frío, mientras que si comparamos el Salón y la Sala de Reuniones 2 vemos que el Salón tiene mayor incremento de temperatura durante el día, amanece con menor temperatura que la Sala de Reuniones 2, pero gana más calor durante el día y luego también pierde más calor durante la tarde. De todos los ambientes solo en el Comedor se registró en una oportunidad corriente de aire con velocidad de 0.4m/s.

- Si comparamos ambas salas de reuniones que se ubican una sobre la otra, vemos que La Sala de Reuniones 1 gana y conserva más calor durante el día que la Sala de Reuniones 2. Aquí los materiales, adobe en el primer caso y quincha en el segundo caso sin duda influyen en este resultado.



**Figura 62** Gráficos de temperaturas del SENAMHI y espacios interiores en días fríos Palacio Torre Tagle.

**Tabla 42.** Incrementos máximos y mínimos en °C en la temperatura en espacios interiores respecto del exterior en días fríos Palacio Torre Tagle.

	SALA CARROZA		SALA REUNIÓN 1		SALON		SALA REUNIÓN 2		COMEDOR	
	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C	Var. Mín. °C	Var. Máx. °C
1a Med.	1	2.4	1.7	2.55	1	2	1.2	2.6	1.4	2.5
2a Med.	1.9	3.65	2	4.35	2	3.3	1.8	2.7	1.5	2.6
3a Med.	2.6	5.1	3	3.4	1.7	2.5	1.8	2.6	1.6	2.5

**Tabla 43.** Velocidades máximas de aire registradas en espacios interiores en días fríos Palacio Torre Tagle.

ESPACIO	MEDICIÓN	INVIERNO
SALA DE LA CARROZA	1a	0
	2a	0
	3a	0
SALA REUNIONES 1er piso	1a	0
	2a	0
	3a	0
SALON 2do piso	1a	0
	2a	0
	3a	0
SALA REUNIONES 2do piso	1a	0
	2a	0
	3a	0
COMEDOR	1a	0
	2a	0.4
	3a	0

Tenemos en invierno un comportamiento favorable de la casa en comparación con la data del SENAMHI. Los espacios abiertos se ubican en la ZCI y todos ellos en ocasiones alcanzan la ZC, el Patio 1 por mayor tiempo. Aquí casi un 40% de su piso recibe sol al medio día y también lo hace el muro orientado al NE y que no tiene sombra de la galería del segundo nivel. En otra situación está el Patio 2 que prácticamente no recibe sol en el solsticio de invierno. Los espacios intermedios también se ubican en la ZCI y por lapso no extenso pueden alcanzar la ZC. Los espacios interiores consiguen todos ubicarse en la ZCI y los del primer piso alcanzan también la ZC. Aquí será determinante el uso de adobe de 0.90m en el primer piso y paneles dobles de quincha de 0.40m en el segundo piso. La ubicación del Salón y Comedor con posibilidades de ventilación cruzada permitiría mantener un ambiente cómodo en caso de reuniones con varias personas tratándose de espacios sociales.

Aunque en verano los resultados no son buenos está claro que el diseño de la casa ha tenido muy presente la necesidad de la ventilación.

## **5.2 Aplicación de la NORMA EM.110: Palacio Torre Tagle**

La norma peruana EM110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética que forma parte del Reglamento Nacional de Construcciones y es de carácter optativo fue publicada en 2014. Aunque se trabaja en un nuevo reglamento, esta norma sigue vigente y por tanto, la tenemos como guía para hacer la evaluación de la transmitancia térmica (U) de los elementos muro, techo y piso del Palacio de Torre Tagle para ver su respuesta al medio según la norma. La norma establece 9 regiones climáticas en el país y Lima se ubica en la zona 1 (Desértico costero).

La norma plantea cuantificar la transmitancia térmica (U) en toda la envolvente y para esto tipifica muros, techos, piso. Esta cuantificación se plantea hacer con ayuda de una hoja de Excel. Aquí se ha evaluado el muro techo y piso que arman la envolvente para comparar con los máximos admitidos por la norma.

Para el muro del primer piso, con un espesor total de 90cm, se ha considerado 80cm de adobe, revoque de barro y paja de 4cm a manos lados y sobre ello enlucido de yeso de 1cm.

Para el muro del segundo piso, con un espesor total de 40cm, se ha considerado dos paneles de quincha de 15cm cada uno con revoque de barro y paja a ambos lados de 4cm y sobre ello enlucido de yeso de 1cm.

Se incluye la carpintería de madera de puertas y ventanas cuyas hojas son de 5cm de espesor.

Para el techo se ha considerado vigas de madera de 40cm apoyadas a ellas viguetas de 12cm y sobre este entramado de vigas y viguetas un entablado de madera de 3.8cm. Sobre el entablado de madera una capa de barro con paja de 10cm y sobre esta un pastelón (equivalente a ladrillo pastelero).

En el piso se ha considerado vigas muertas de madera de 10cm de alto distanciadas aproximadamente 42cm y sobre ellas un entablado de madera de 1”.

El Anexo muestra los cálculos realizados para la obtención de los resultados mostrados en la tabla 44.

Se observa que los resultados cumplen largamente con lo establecido en la norma, pero también se ha visto en los resultados obtenidos de las mediciones que no se consigue tener confort en el verano. Debido a las condiciones del clima en Lima, las edificaciones requieren de buena ventilación para ser confortables, sin embargo, la norma no establece nada sobre ese tema.

**Tabla 44.** Tramitancia térmica (U) establecida por la Norma EM110 y en elementos de Palacio Torre Tagle.

	<b>U máx. Norma (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>U obtenido (W/m<sup>2</sup>K)</b>	
<b>MURO 1er piso</b>	2.36	0.501	CUMPLE
<b>MURO 2do piso</b>	2.36	0.348	CUMPLE
<b>MURO CARPINTERIA</b>	2.36	1.803	CUMPLE
<b>TECHO</b>	2.21	0.576	CUMPLE
<b>PISO</b>	2.63	0.360	CUMPLE

### 5.3 Comparaciones entre Patios

Aquí interesa comparar analíticamente el comportamiento de los patios de las tres casas. En cada una de ellas tenemos dos patios. El Patio 1 en los 3 casos es más cálido que el Patio 2. Esta afirmación no es realmente nueva ya se ha señalado que: *“En general, existe un primer patio más amplio y con un empedrado oscuro a base de canto rodado. Se da por ello un mayor ingreso de radiación solar que calienta el aire con mayor facilidad (la vegetación actual se ha puesto a posteriori). El patio posterior, de menores dimensiones y con presencia de vegetación, no solamente permite un menor ingreso solar, sino que la propia vegetación, la eventual existencia de fuentes de agua y la propia actividad de servicios que acogía, lo terminaba haciendo más húmedo. La temperatura del aire terminaba siendo menor, no solo por la menor radiación, sino por los propios procesos de evaporación que se daban.”* (Wieser, 2006) Interesa entonces ir un poco más allá de ello e indagar en dimensiones, proporciones u otras decisiones de diseño que contribuyan a este comportamiento. Asimismo, también comparar los patios entre las casas pues encontramos algunas variaciones entre los comportamientos de los Patios 1 y los Patios 2. De otro lado se asume comúnmente que los patios internos ayudan a bajar la temperatura interior en climas cálidos, se considera sin embargo que los efectos reales en un patio interior dependen en gran medida del diseño de sus detalles y de su tratamiento (Givoni, 1997).

Las tablas siguientes muestran el comportamiento de la temperatura en los meses cálidos. Se tiene fechas diferentes solo hay coincidencia en el 26 de marzo con las mediciones en la Casa De Aliaga y el Palacio Torre Tagle. Se aprecia lo siguiente:

- La diferencia de temperatura entre los Patios 1 y los Patios 2 no es la misma en las tres edificaciones. En la Casa De Aliaga se dan las mayores diferencias entre patios (ver figura 63). Con menor altura, el Patio 1 recibe sol y por tanto gana calor desde primeras horas del día, mientras que el Patio 2, de mayor altura y con galerías en sus cuatros frentes, lo hace prácticamente desde el mediodía.
- En la Casa Pilatos el comportamiento es diferente por cuanto el Patio 2 contaba con una cobertura de lona. Esto produciría que en las mañanas la temperatura sea casi la misma en ambos patios y recién para la tarde el Patio 1 tenga mayor temperatura que el Patio 2. La cobertura produce un efecto favorable pues contribuye a un menor incremento de la temperatura.
- En el Palacio Torre Tagle la diferencia de temperaturas entre los patios es menor solo en ocasiones consigue pasar 1°C en la segunda medición.
- El incremento de temperatura respecto del exterior en la primera medición del Patio 1 es casi siempre más alto en la Casa De Aliaga (se acerca a los 4°C) que en los patios de otras edificaciones. En la segunda medición, el Patio 1 de la Casa De Aliaga y del Palacio Torre Tagle (están entre los 3 a más de 5°C) tienen incrementos que sobrepasan aquellos de la Casa Pilatos. En la tercera medición el Patio 1 del Palacio Torre Tagle (mayores a 3°C en promedio) muestra mayores incrementos, le sigue el patio de la Casa De Aliaga (promedio aprox. 2.6 °C) y finalmente el patio de la Casa Pilatos (promedio aprox. 3°C). Esto se aprecia en la tabla 46. Se tiene solo un día donde se midió en dos edificaciones a la vez. Si bien es muy limitado, ahí se observa que en el Patio 1 de la Casa De Aliaga, tiende a ganar más calor en la mañana, pero en el Patio 1 del Palacio Torre Tagle el calor ganado, aunque es menor se conserva mejor durante la tarde.

La Casa Pilatos y el Palacio Torre Tagle corresponden en mayor medida que la Casa De Aliaga a la tipología de casa patio tradicional. En lotes prácticamente rectangulares se organizan en torno a dos patios ubicados a lo largo del eje longitudinal de la edificación. En la Casa De Aliaga se tiene una organización distinta de estos espacios abiertos consecuencia aparente de su ubicación sobre un resto arqueológico.

**Tabla 45.** Diferencia de temperatura °C del Patio 1 respecto del Patio 2

<b>CASA DE ALIAGA</b>			
23-Mar	24-Mar	25-Oct	26-Mar
	1.4	2.1	2
	0.7	0.9	1.7
	0.2	1.1	-0.4
<b>CASA PILATOS</b>			
16-Mar	4-Abr	6-Abr	11-Abr
	-0.4	0	-0.2
	0.5	0.4	0.1
	1.6	1.4	0.6
<b>PALACIO TORRE TAGLE</b>			
26-Mar	1-Abr	2-Abr	9-Abr
0.3	0.5	0.7	0.75
0.1	0.3	1.2	1.3
0.7	0.8		0.6

**Tabla 46.** Incremento de temperatura °C en los patios interiores respecto del exterior

<b>CASA DE ALIAGA</b>				
	23-Mar	24-Mar	25-Oct	26-Mar
PATIO 1 °C	1.7	3.9	4.1	3.4
	4.1	4.1	3.6	3
	1.7	3.9	3.6	1.4
PATIO 2 °C		2.5	2	1.4
		3.4	2.7	1.3
		3.7	2.5	1.8
<b>CASA PILATOS</b>				
	16-Mar	4-Abr	6-Abr	11-Abr
PATIO 1 °C	-0.4	3.1	2.2	3.1
	1.2	3	2	2.4
	1.75	4.2	2.4	3.7
PATIO 2 °C		3.5	2.2	3.3
		2.5	1.6	2.3
		2.6	1	3.1
<b>PALACIO TORRE TAGLE</b>				
	26-Mar	1-Abr	2-Abr	9-Abr
PATIO 1 °C	2.3	2.7	2.4	2.5
	3.1	2.7	5.8	3.6
	4.1	2.5	3.6	2.8
PATIO 2 °C	2	2.2	1.7	1.75
	3	2.4	4.6	2.3
	3.4	1.7		2.2

**Tabla 47.** Datos de dimensiones de patios

CASA DE ALIAGA	ORIENTACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA PATIO (m <sup>2</sup> )	H/L	H/A	L/A
PATIO 1	48° NO	14	4.7	5.4	54.7	0.4	1.2	3.0
PATIO 2	51° NO	7.8	5.6	8.7	43.7	1.1	1.6	1.4
CASA PILATOS	ORIENTACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA PATIO (m <sup>2</sup> )	H/L	H/A	L/A
PATIO 1	33° NE	11.7	11.7	10.7	135.7	0.9	0.9	1.0
PATIO 2	57° NO	12.2	9.6	10.2	117.1	0.8	1.1	1.3
P. TORRE TAGLE	ORIENTACIÓN	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA PATIO (m <sup>2</sup> )	H/L	H/A	L/A
PATIO 1	33° NO	12.3	12.3	12.5	151.3	1.0	1.0	1.0
PATIO 2 1er piso	56° NE	13.2	6.2	12.6	81.8	1.0	2.0	2.1
PATIO 2 2o piso incluye terraza	56° NE	14.9	14.2	12.6	211.6	0.8	0.9	1.0

De los resultados obtenidos en las mediciones se ha visto un buen comportamiento en los patios en el invierno mas no así en verano. Aun cuando en siglos anteriores el clima tuvo temperaturas menos extremas que ahora, nos interesa indagar si se podría haber considerado alguna acción a nivel de diseño en los patios que busquen generar confort en verano. Los frentes de los patios siguen las direcciones principales de los frentes de los lotes y por tanto se adecúan a la dirección de la trama de la ciudad. La dirección de su eje longitudinal es paralelo o perpendicular a la calle. La tabla 47 muestra los datos de orientación y dimensiones de los patios, así como la relación entre sus dimensiones. Se observa que en las relaciones largo/altura, ancho/altura y largo/ancho no son diferentes en los tres patios. El Patio 1 en el Palacio Torre Tagle tiene como resultado la unidad, mientras que en el caso de la Casa Pilatos el resultado es cercano. En el caso de la Casa de Aliaga los resultados son muy distintos.

De otro lado, interesa también indagar si hay semejanzas en la relación entre apertura y muros en los frentes de los patios. La tabla 48 presenta esas relaciones en las tres casas. La columna izquierda presenta las áreas de las paredes y la columna de la derecha presenta las áreas de las aperturas, en ambos casos por cada frente. En general se observa que el área de las aperturas oscila entre el 20 y 25% del total de los frentes en los Patios 1. En el caso de los Patios 2 el área de las aperturas en el total de sus frentes oscila aproximadamente entre un 16 a 20%. Se observa entonces que en los Patios 2 hay un área de muro en mayor proporción que en los frentes de los Patios 1.

**Tabla 48.** Relación de área de aperturas y muros en frentes de patios

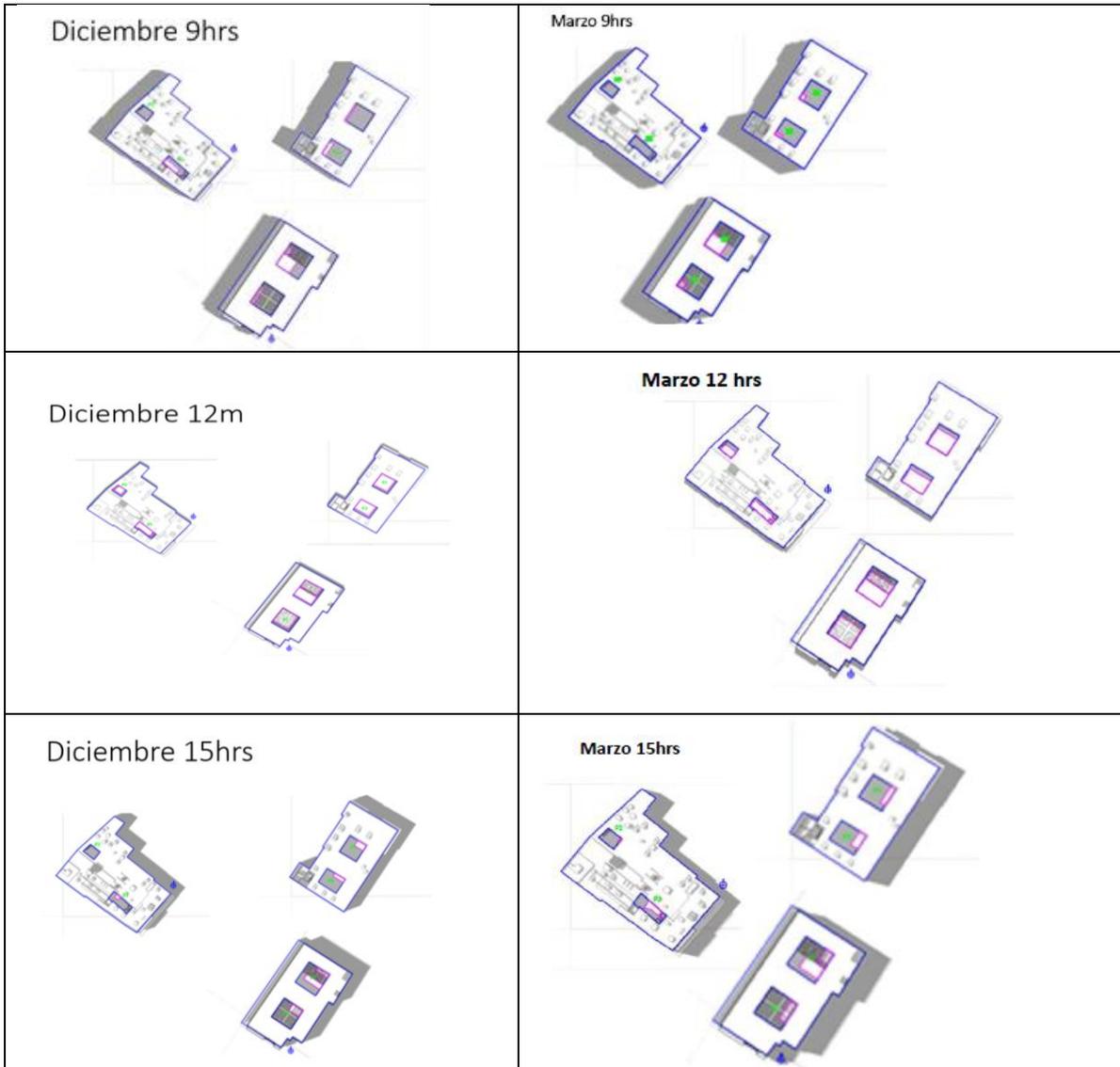
CASA DE ALIAGA	AREAS DE LOS PAREDES					AREAS DE LAS APERTURAS					AREA DE LOS FRENTES
	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	
PATIO 1	159.85	62.8	14	65.5	17.55	41.3	13.8	7	10.2	10.3	201.15
%	79.47	81.98	66.67	86.53	63.02	20.53	18.02	33.33	13.47	36.98	100
PATIO 2	254.4	71.1	52	72.3	59	65.7	22.4	18.1	22.2	3	320.1
%	79.48	76.04	74.18	76.51	95.16	20.52	23.96	25.82	23.49	4.84	100

CASA PILATOS	AREAS DE LOS PAREDES OPACAS					AREAS DE LAS APERTURAS					AREA DE LOS FRENTES
	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	
PATIO 1	545.1	139.7	151	100	154.4	181.8	42.1	30.8	81.6	27.3	726.9
%	74.99	76.84	83.06	55.07	84.98	25.01	23.16	16.94	44.93	15.02	100
PATIO 2	533	172	102	167	92	100.7	47	15.1	25.2	13.4	633.7
%	84.11	78.54	87.11	86.89	87.29	15.89	21.46	12.89	13.11	12.71	100

TORRE TAGLE	AREAS DE LOS PAREDES OPACAS					AREAS DE LAS APERTURAS					AREA DE LOS FRENTES
	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	AREA TOTAL	AREA SO	AREA NO	AREA NE	AREA SE	
PATIO 1	580.15	125.8	136.85	150	167.5	193.94	67.2	40	48.24	38.5	774.09
%	74.95	65.18	77.38	75.68	81.31	25.05	34.82	22.62	24.34	18.69	100
PATIO 2	469.06	157.9	127.36	68	115.8	116.94	34.1	26.64	26	30.2	586
%	80.04	82.24	82.70	72.81	79.32	19.96	17.76	17.30	27.84	20.68	100



**Figura 63.** Gráficos de sombras en patios a 9, 12, y 15 hrs. en solsticio de diciembre y equinoccios de marzo

De otro lado, los frentes con mayor área de aperturas son el NO y SE en la Casa de Aliaga y el SO y NE en el Palacio Torre Tagle y Casa Pilatos. En ambos patios cuadrados (Casa Pilatos y Torre Tagle) los frentes que miran al NO y SE son los que tienen mayor porcentaje de área de muro. Reciben por tanto el sol de la mañana en verano y el sol de la tarde en invierno. En el patio rectangular de la Casa Aliaga son más bien los frentes que miran al SO y NE los que tienen mayor porcentaje de área de muro. Reciben el sol de la mañana en invierno y el sol de la tarde en verano. Como se ha visto el patio rectangular no tiene galería y los dos patios cuadrados si las tienen. En el caso de la Casa Pilatos incluso la galería está delimitada por una arquería mientras que en Torre Tagle la galería del primer nivel está conformada por la sombra que proyecta la galería en voladizo del segundo nivel.

De otro lado se tiene que en la Casa Aliaga los frentes SE y SO tiene un 18% y 33% de su área de muro como aperturas, en la Casa Pilatos 23% y 15% y en el Palacio Torre Tagle 34% y 19% respectivamente.

## 6. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Como lectura general se tiene que los resultados son favorables en invierno, pero no en verano.

En primer lugar, cabe precisar las distintas condiciones del entorno de entonces con el entorno actual, así como la ubicación distante de la estación meteorológica y finalmente algo muy importante que es temperaturas más extremas en el clima, un verano más caliente y un invierno más frío que antes.

Luego, se puede afirmar que el clima ha sido una variable considerada en los ejemplos de arquitectura residencial limeña estudiados. Aunque no se ha encontrado un comportamiento que nos sugiera que hay un diseño bioclimático integral en las casas trabajadas, podemos referirnos a variadas acciones que representan búsquedas para conseguir confort.

Hay que tener presente también que tanto la Casa de Aliaga como la Casa Pilatos son la suma de varias intervenciones a lo largo del tiempo por las destrucciones de los sismos u otras razones. Solo el caso del Palacio Torre Tagle es una intervención que se mantiene prácticamente tal cómo se construyó en su momento.

### 6.1 Casos de estudio

#### 6.1.1 Casa De Aliaga

Del análisis podemos decir más específicamente que:

- En relación a los espacios abiertos se tiene que en verano el Patio 1 registra mayor incremento de temperatura respecto del exterior y cuenta con corrientes de viento que por la tarde pueden llegar a 1m/s. El Patio 2 tiene un menor incremento de temperatura y se ubica al inicio del día y final de la tarde en la ZCV. Estos ambientes se ubican en la ZEVNM en verano. En invierno el Patio 1 se ubica en la ZC por varias horas y también en la ZCI mientras que el Patio 2 presenta mayor número de horas en la ZCI y algunas horas en la ZC.

- Consideramos que lo anterior se explica por las características físicas que propician condiciones climatológicas determinadas. El Patio 1 tiene menor altura, no cuenta con galerías y tiene entonces mayor exposición solar no solo en su piso sino en sus muros. Estas características lo hacen más cálido y por tanto confortable en invierno y no tanto en verano pues, aunque recibe corrientes de aire, éstas no tienen velocidad suficiente para

alcanzar confort. El Patio 2 en cambio tiene mayor altura y galerías en su segundo nivel, por tanto, menor exposición solar en su piso y menor en sus muros. Adicionalmente, elementos como una fuente de agua que refresca y un árbol que proporciona sombra contribuyen a que sea un espacio confortable en verano. Esto produce que uno sea más cómodo en invierno y el otro más cómodo en verano. Si bien se trata de espacios uno más público y otro más privado dan la posibilidad a los habitantes de la casa de contar durante el año con un espacio abierto confortable.

- Respecto a los espacios interiores durante el verano, los resultados de la mañana se ubican en la ZCV prácticamente en todos los ambientes. Por la tarde eso solo sucede en los ambientes exteriores mientras que en los ambientes interiores los resultados se ubican en la ZVNM, como al medio día en toda la casa. Aquí hay que tener presente que en la actualidad la carpintería de los ambientes no se está usando de la manera más apropiada para una óptima ventilación pues la edificación ya no es una casa habitación sino un museo. Esto favorecería que los ambientes interiores almacenen más calor. En invierno los resultados son favorables y se ubican por no poco tiempo en la ZC y la ZCI, mientras que el SENAMHI arroja resultados en la ZGI y ZCI respectivamente. Siendo las habitaciones privadas más cálidas que las habitaciones sociales al final de la tarde.

- Se observa resultados particulares entre los ambientes sociales y los ambientes privados. Los ambientes privados tienen condiciones que favorecen la conservación del calor ganado mientras que en los ambientes sociales sucede lo contrario. Esto sería acertado por cuanto la Sala Francesa (salón principal) al estar más fresca en verano por la noche sería más cómoda para las actividades sociales con buen número de personas. De otro lado el dormitorio resulta más cálido. Estas diferencias resultan de la disposición de los ambientes en su relación con los patios. El Salón presenta ventanas en ambos frentes para favorecer la ventilación cruzada, uno de ellos hacia el Patio 2 y el otro frente hacia el hall con linternas o pequeñas farolas para la evacuación de aire caliente. Los ambientes privados tienen ventilación a través de las teatinas y funcionarían en conjunto con las puertas. Es decir, por un lado, se tiene ventilación cruzada con efecto chimenea en los ambientes sociales mientras que en los ambientes privados ventilación cenital a través de las teatinas.

- Esta casa fue construida en la primera mitad del siglo XVI, pero destruida y reconstruida en el siglo XVIII y remodelada también en el siglo XIX. No es resultado por tanto de un solo diseño sino de la suma de intervenciones. La decisión de que el Patio1

tenga menor altura al encontrarse en el segundo nivel, más que una decisión de diseño sería una adaptación a la topografía si se acepta la afirmación que bajo esa parte de la casa había un resto arqueológico.

### **6.1.2 Casa Pilatos**

De manera semejante a la Casa De Aliaga, la Casa Pilatos también es el resultado de más de una intervención y no de un diseño arquitectónico planteado en su totalidad.

- Los espacios exteriores presentan aquí una respuesta un tanto mejor que en los otros casos en verano. En la medición realizada en marzo, los resultados del Patio 1 se ubican parcialmente en la ZCV y en las horas centrales del día en la ZVNM. En abril, los resultados se ubican en la ZCV y por la mañana en la ZC mientras que la data del SENAMHI lo hace en la ZVNM y escasamente en la ZCV. Esto último se debe a que la data del SENAMHI presenta alta humedad. El Patio 2 estaría favorecido por la cobertura de lona y se ubica principalmente en ZC y a veces en ZCV. En invierno las condiciones en ambos espacios mejoran respecto del exterior y se ubican en el límite de la ZCI.

- Los espacios intermedios presentan mayor incremento de la temperatura respecto del exterior el más desfavorable de ellos es el balcón que en verano puede incrementar 5°C. tanto en estos espacios como en los espacios interiores las condiciones se consiguen ubicar solo en ocasiones en la ZCV.

- En invierno si bien aumenta la temperatura, la HR suele estar en el límite de lo recomendable. Aquí no nos es posible distinguir comportamientos diferentes en los espacios interiores que hemos trabajado que han tenido anteriormente uso de salón (la Audiencia) o Alcoba (el Pleno)

### **6.1.3 Palacio Torre Tagle**

- El Palacio Torre Tagle a diferencia de las otras dos casas fue diseñado y construido en su totalidad en la primera mitad del siglo XVIII, antes del sismo de 1746. A los doscientos años de vida colonial, esta edificación es sin duda una muestra del nivel alcanzado hasta ese momento en la actividad proyectual y constructiva en Lima.

- Respecto a los espacios abiertos se ha visto en verano un incremento de la temperatura respecto del exterior, sin embargo, las condiciones en ambos patios consiguen ubicarse en la ZCV temprano en la mañana y al final de la tarde. El Patio 2 incluso alcanza la ZC. Aquí también este segundo patio sería más confortable en verano que el Patio 1. En los niveles superiores se observó comportamientos distintos. El segundo nivel del Patio1 era

más fresco que su primer nivel, pero en el Patio 2 sucedía a la inversa. De otro lado en invierno los resultados son favorables pues mientras que la data del SENAMHI se ubica en la ZGI, ambos patios alcanzan la ZCI y Patio1 alcanza incluso la ZC. Por tanto, aquí también el Patio 1 es más confortable en invierno. El Patio 1 es también menos húmedo que el Patio 2, que suele registrar el límite tolerable de humedad. El comportamiento en invierno de los segundos niveles de los patios guarda la misma relación con sus primeros niveles en verano. Asimismo, en verano la terraza del segundo piso sería confortable solo por la tarde, mientras que en invierno presenta mayor número de horas en confort. Esto podría explicarse por cuanto al tener mayor dimensión en su segundo nivel, el Patio 2 tiene más área de muro para captar y almacenar mayor radiación solar. De otro lado, al recibir el primer piso sombra de las galerías del segundo piso el área de muro que gana calor es menor.

- Los balcones presentan un mejor comportamiento que los patios y aunque las velocidades de las corrientes de aire en ellos no llegan a lo considerado como óptimo según los indicadores ya mencionados devienen en espacios confortables en verano por su envolvente altamente permeable.

- Los espacios interiores en su mayoría no han presentado en verano buenos resultados. Si bien las habitaciones cuentan con vanos suficientes para facilitar la ventilación cruzada, su limitado uso perjudica la ventilación. Esto es más crítico en las habitaciones del primer piso con la Sala de la Carroza. En el caso de la Sala de Reuniones 1, su frente hacia el Patio, casi paralelo a la dirección del viento tiene dos ventanas que permitiría ingreso y salida del aire. Además, sus puertas tienen la parte alta que funcionan también a manera de ventanas. Adicionalmente las puertas que comunican a las demás habitaciones están todas alineadas y ello facilitaría el movimiento el aire. El cambio de uso da lugar a que las puertas interiores se mantengan cerradas no favoreciendo el movimiento del aire. Es distinta la respuesta en el Salón y especialmente en el comedor pues éste último tenía buena corriente de aire.

- Si bien los dos ejemplos anteriores presentan algunas estrategias útiles al confort consideramos que en este tercer ejemplo hay un trabajo más elaborado lo que nos puede sugerir que la consideración de estrategias bioclimáticas en el diseño fue progresivamente ganando más presencia. Cuenta con un trabajo elaborado para una apropiada ventilación aprovechando la dirección del viento, así como un diseño de la carpintería adecuado que contribuye con ese fin.

- En los tres casos vemos la organización de la vivienda en torno a dos patios ambos de distintas características y por tanto ambos constituyen escenarios con algunas diferencias en cada vivienda.

El uso de teatinas solo está presente en las dos primeras viviendas, pero como consecuencia de intervenciones en la segunda mitad del siglo XVIII. A diferencia del Palacio Torre Tagle construido décadas antes cuando aún no se había introducido la teatina en nuestro medio.

Lamentablemente los espacios trabajados tienen en la actualidad un uso limitado, consideramos que esto ha repercutido en los resultados obtenidos. Las habitaciones no habrían podido recibir la renovación de aire que en uso cotidiano habrían tenido. Esto habría dado lugar a un sobre calentamiento de varios de los ambientes, distorsionando su respuesta al clima del entorno.

#### **6.1.4 Los Patios**

En los patios se confirma lo que se dijo en cada caso: que el primer patio es más cálido que el segundo. Se ha visto que se presentan características distintas en los tres patios estudiados. Esto se debería a que las viviendas se edificaron en momentos distintos y dos de ellas fueron reconstruidas. Asimismo, las técnicas estructurales y constructivas habrían evolucionado. De manera semejante, interesa ver si se habría desarrollado estrategias de diseño para un buen aprovechamiento de las condiciones climáticas. Se observa una cierta disposición para que el lado SO que enfrenta las corrientes de aire cuente con un mayor porcentaje de aperturas que el promedio. No sucede lo mismo en el frente que recibe las corrientes de viento del SE.

#### **6.2 Elementos y aspectos de posible aplicación en edificaciones contemporáneas**

Las edificaciones estudiadas pertenecen a un estrato socioeconómico alto de la época colonial. Se trata de un área de terreno considerable para una sola familia la misma que a veces incluía en su edificación locales de comercio u otros para actividades laborales. El interés por rescatar algunos aspectos tiene por objeto utilizarlos especialmente en vivienda colectiva contemporánea, más aún si consideramos que como consecuencia del cambio climático tenemos un verano más cálido y un invierno más frío. En un clima como Lima los usuarios de vivienda colectiva, en especial la vivienda social, tendrían que sentirse confortables sin la necesidad de contar con artefactos como estufas eléctricas,

ventiladores y menos aún pequeños equipos de aire acondicionado. Consideramos entonces interesante rescatar los siguientes aspectos:

- La organización de la vivienda en torno a patios u otro tipo de espacios colectivos, dos en los casos trabajados, que ofrezcan distintas condiciones climáticas, uno es más fresco y el otro es más cálido, esto permitiría a lo largo de todo el año contar por lo menos con un espacio exterior confortable y por tanto muy válido para el uso cotidiano. Hemos observado que esto se consigue no solo con los materiales sino también con el uso de las galerías que otorgan sombra, el uso de plantas y por otro lado la cantidad de área de muro y piso expuestos al sol que consiguen almacenar calor para luego devolverlo al patio.
- El uso de espacios intermedios como el balcón, caso de cerramiento con celosía, como espacio intermedio muestra mejor resultado que el Salón en el verano. Se trata entonces de explorar en espacios en altura que también pueden ser colectivos que sean delimitados por alguna envolvente perforada.
- La búsqueda de ventilación cruzada, siempre será necesaria en el caso de Lima, puede no ser fácil de conseguir si no se cuenta con ambientes de dos frentes. En esos casos cabe explorar algún otro tipo de recurso como la chimenea de viento encontrada en Torre Tagle.
- El trabajo de detalle de la carpintería: ventanas con apertura altas y bajas que permitan ingreso y salida del aire favoreciendo su movimiento interior. Así como la posibilidad de puertas con apertura como ventanas, sea en la hoja misma o en la sobre luz.
- El uso de ventanas altas además de las ventanas bajas, cuando se tenga espacios de doble altura.

## 7. CONCLUSIONES

- El clima de la ciudad ha cambiado a lo largo de los siglos desde que las edificaciones estudiadas fueron construidas. Actualmente se tiene un rango de temperatura más amplio que antes. Esto repercutiría de alguna manera en la evaluación del comportamiento térmico de las viviendas.
- Se considera que para una apropiada evaluación de cualquier edificación es conveniente contar con las mediciones de clima del espacio próximo exterior a ella: calle, avenida o plaza.
- Se considera necesario investigar el rango de confort que nos permita establecer nuestros propios límites a considerar en el diagrama psicrométrico.
- La actual Norma EM.110 vigente requiere considerar la ventilación como aspecto importante para el confort ambiental, en el caso de Lima es un tema central a resolver.

### SOBRE LOS PATIOS

- Los patios analizados muestran un cierto manejo de algunas decisiones de diseño que dan lugar a resultados particulares. De manera general como hemos visto, los patios ofrecen condiciones confortables de noche y primeras horas de la mañana en el verano y en el invierno desde finales de la mañana hasta la media tarde.
- En la Casa De Aliaga las condiciones climáticas diferentes en cada patio se corresponderían con sus distintas características físicas. El Patio 1 tiene mayor área de exposición solar no solo en piso sino también en muros. Consigue entonces ganar y almacenar más calor que el Patio 2, que tiene menor área de piso con exposición solar y cuyos muros están protegidos por galerías. El Patio 1 entonces es más cálido en ambas estaciones por tanto es el espacio confortable para el invierno. Registra corrientes de aire que, en verano contribuyen a aminorar la sensación de calor por las tardes y que se pueden sobrellevar en invierno gracias al calor ganado por ese patio. De otro lado, el Patio 2 no cuenta con corrientes de aire, pero gana menos calor por su configuración espacial y además hace uso de elementos adicionales para refrescar el ambiente: vegetación menor, un árbol que le da sombra y una fuente. Es el espacio más confortable para verano.
- El uso de cobertura resulta una acción favorable en un patio como se ha visto en el Patio 2 de la Casa Pilatos donde se mejoraron sus condiciones climatológicas.

- En el Palacio Torre Tagle también se tiene una particular conformación espacial del Patio 2. Si bien el Patio 1 consigue ser más cálido en el primer nivel en el Patio 2 se consigue que sea más cálido en el segundo nivel donde está la terraza. El primer nivel más protegido del sol se mantiene más fresco como es usual en los segundos patios.

#### ESPACIOS INTERMEDIOS

- El balcón colonial muestra en el caso del Palacio de Torre Tagle un comportamiento favorable al clima como espacio intermedio, de expansión del interior y confortable. Lamentablemente por desconocimiento sus características esenciales se han perdido en remodelaciones como en la Casa Pilatos por el cambio de celosía de madera a cristal.

#### ESPACIOS INTERIORES

- Los resultados obtenidos muestran un comportamiento térmico favorable en invierno y un comportamiento térmico desfavorable en nuestro verano.
- En la Casa De Aliaga se ha trabajado de manera diferente en los espacios sociales y en los privados. Se consigue que la alcoba sea más cálida pues conserva más calor a diferencia del Salón que es más fresco y por tanto apropiado para las reuniones sociales. Se observa el uso de dos estrategias bioclimáticas: ventilación cruzada y efecto chimenea. La primera con una buena ubicación de vanos en paredes opuestas y uso de teatinas y la segunda estrategia con el uso de farolas.
- El Palacio Torre Tagle es el que mostraría el nivel alcanzado en diseño y construcción hasta antes del sismo de 1746. Aunque no se hayan conseguido buenos resultados en el verano consideramos que su diseño busca claramente una óptima ventilación de la edificación. La estrategia principalmente usada es la ventilación cruzada, no está aprovechada ahora, está presente en la ubicación de las ventanas y el diseño de la carpintería.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

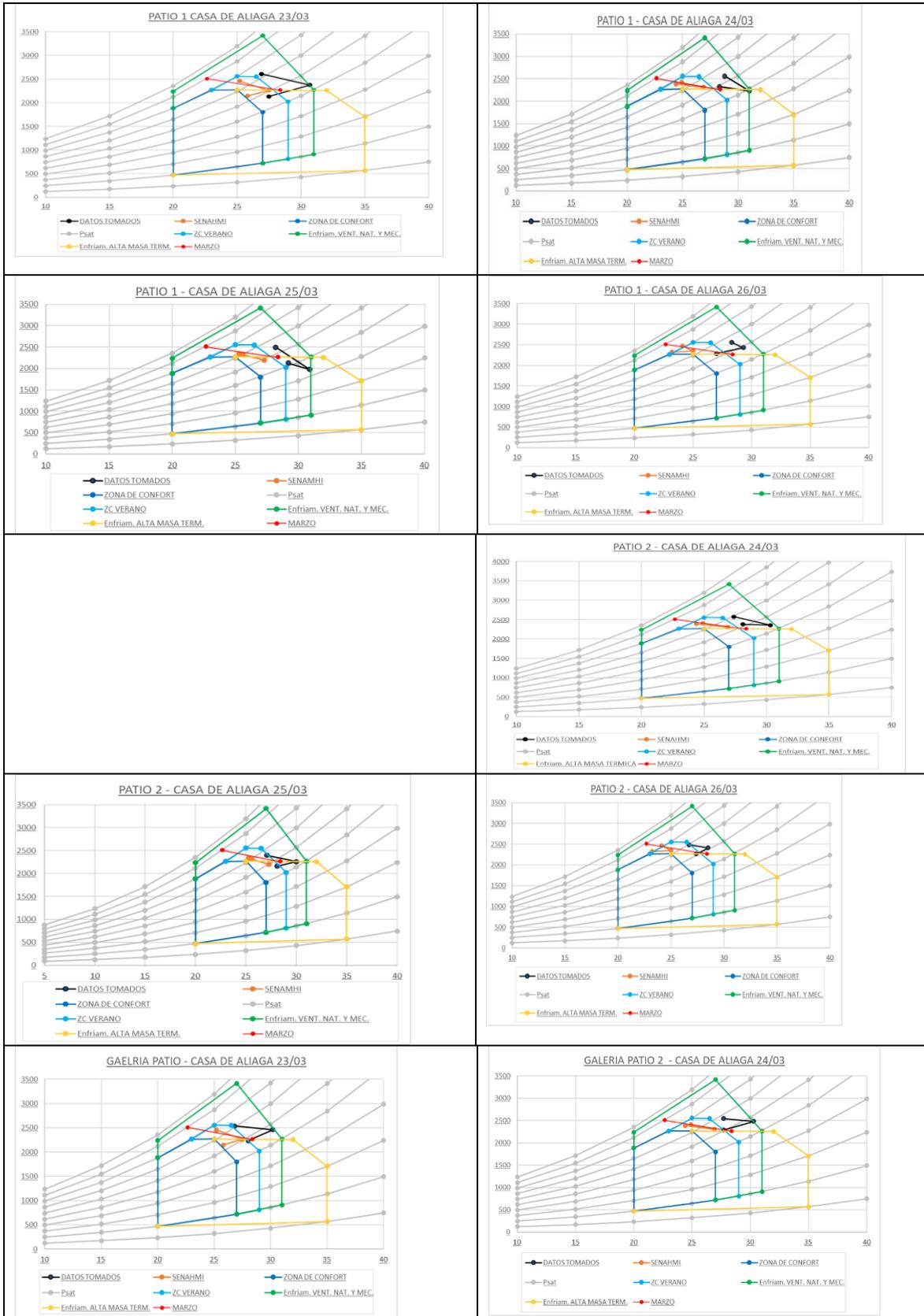
- Asadi, S.; Fakhari, M.; Sendi, M. (2016) A Study on the Thermal Behavior of Traditional Residential Buildings: Rasoulia house Case Study. *Journal of Building Engineering*, 7 334-342 [doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.07.012](https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.07.012) .
- Cañas , I., & Martín, S. (2004). Recovery of Spanish vernacular construction as a model. *Building and Environment*, 39(12), 1477 – 1495. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.04.007>
- Capel Molina, J. J. (1999). Lima, un clima de desierto litoral. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 25-45.
- Crespo Rodríguez, M. D. (2006). *Arquitectura Doméstica de la Ciudad de los Reyes (1535-1750)*. Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Universidad de Sevilla – Diputación de Sevilla
- Desogus, G., Felice Cannas, L.G., Sanna A. (2016) Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: the Sardinian case study. En: *Energy and Buildings*, 129, 547-588 [doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.051](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.051)
- Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18, 11-23. [doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Buildings and Urban Design*. New York, Toronto: John Wiley & Sons Inc.
- Gunther Doering, J. (2004). Arquitectura de la Casa de Aliaga. En *Casa Solariega De Aliaga* (págs. 30-73). Lima.
- Harth-Terré, E., y Márquez Abanto, A. (1962). *Historia de la Casa Urbana Virreinal Limeña*. Lima: Revista del Archivo Nacional del Perú.
- Labaki, L., & Kowaltowski, D. (1998). Bioclimatic and vernacular design in urban settlements of Brazil, *Building and Environment*, 33(1), 63-77. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(97\)00024-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00024-3)
- Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F., Sabio-Ortega, A., & García Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49(3), 736-755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>
- Matos Mar, J. (2016). *PERU Estado desbordado y sociedad nacional emergente*. Lima: Universidad Ricardo Palma Editorial Universitaria.
- Neila Gonzalez, J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en su entorno sostenible*. Madrid: Munilla - Lería.
- Pacon Lung, M., & Velarde Lopez, C. (1989). *La Profesionalización de la mano de obra como principio de una adecuada praxis en la conservación*. Lima. Lima: Tesis de

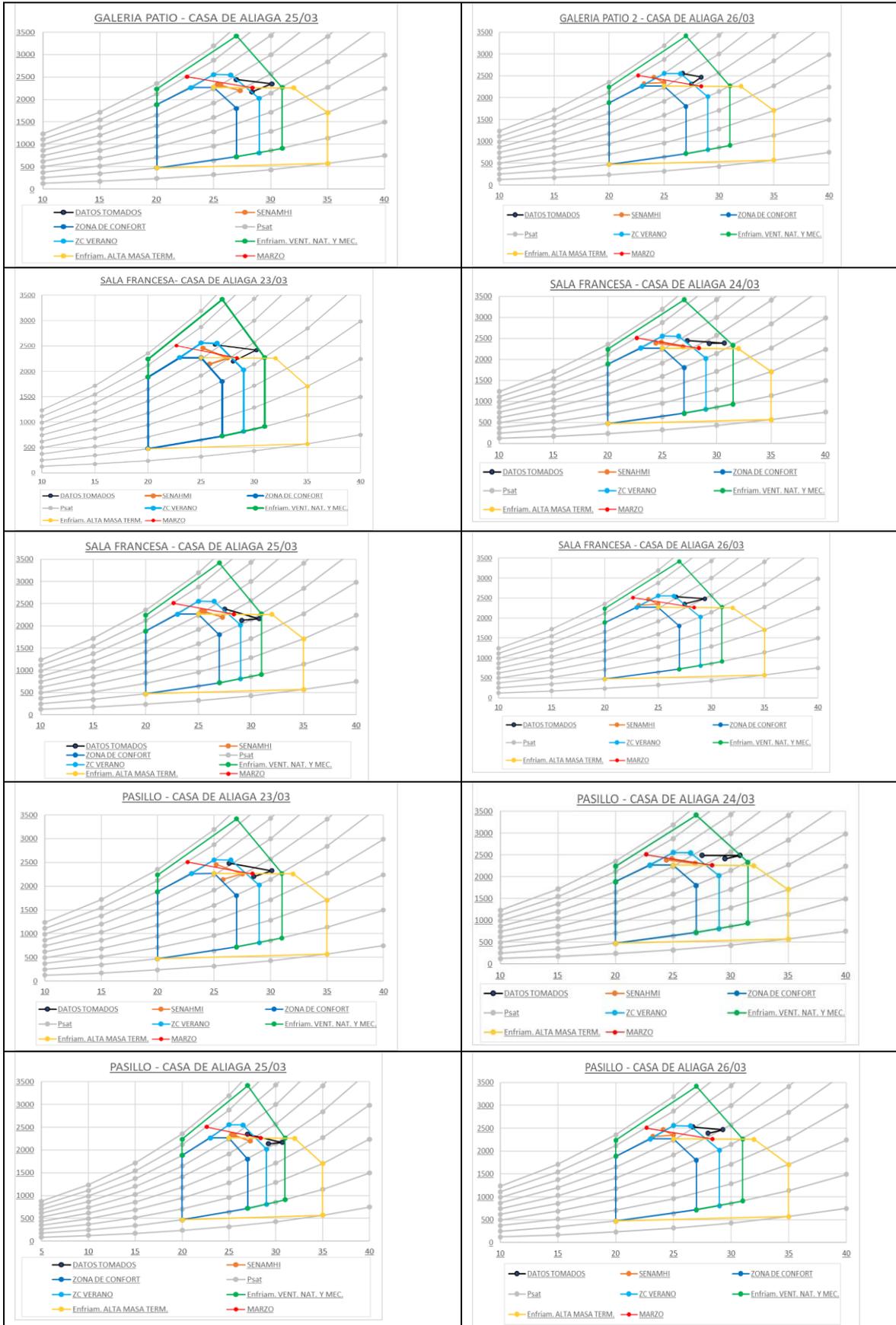
Grado Universidad Ricardo Palma.

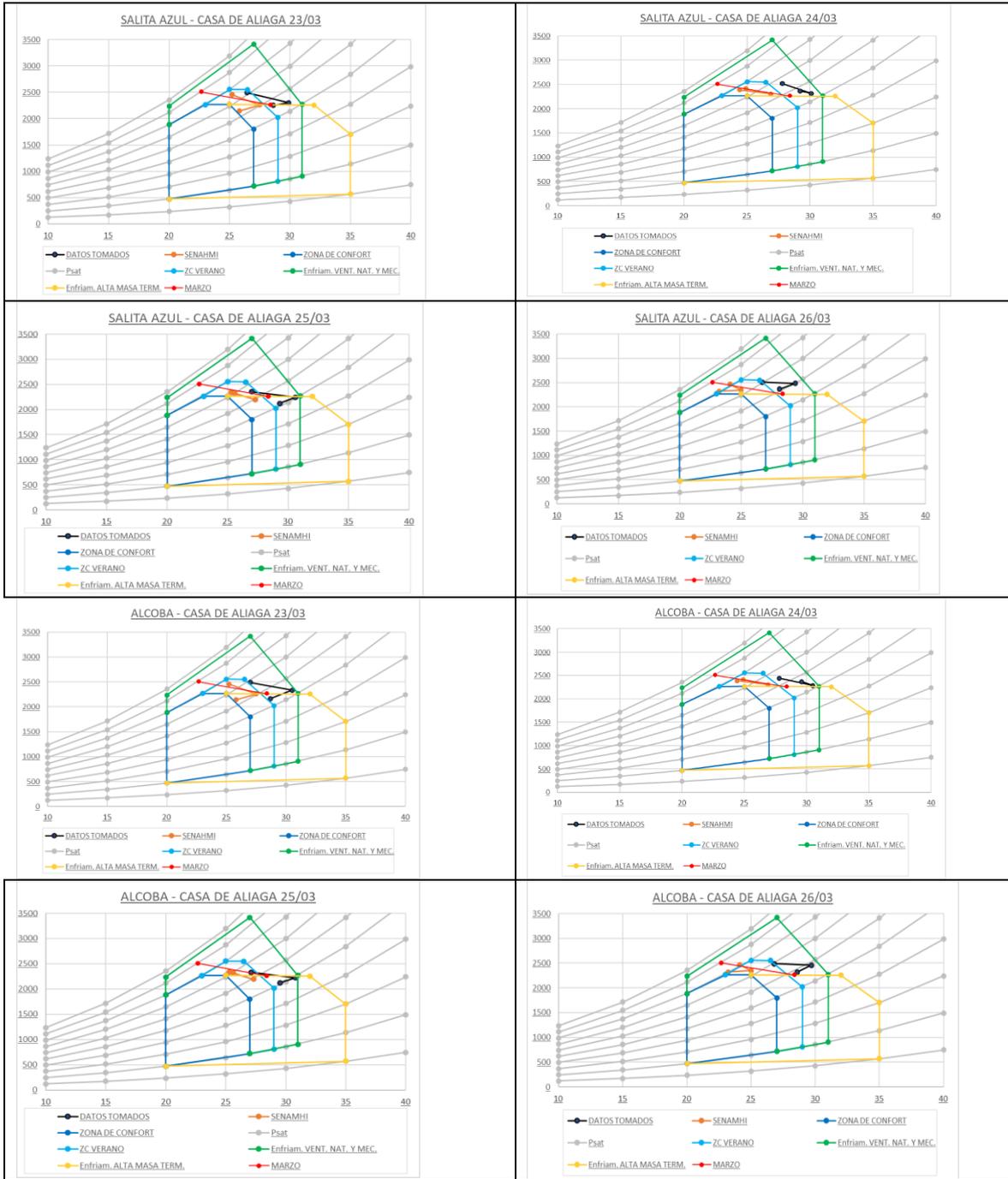
- San Critóbal, A. (2001). *La Casa Virreynal Cuzqueña*. Lima: INIFUA UNI.
- Singh, Manoj Kumar; Mahapatra, Sadhan; Atreya, S.K. (2009) Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. *Building and Environment*, 44 (5), 878-888 [doi:10.1016/j.buildenv.2008.06.008](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.008)
- Singh, M., Mahapatra, S., & Atreya, S. (2010). Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India. *Building and Environment*, 45(2), 320-329. [http://dx.doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.009](http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.009)
- Seiner Lizarraga, L. (2002). *Estudios de Historia Medioambiental. Perú, siglos -XVI-XX*. Lima: Universidad de Lima, Fondo de Desarrollo Editorial.
- Seiner Lizárraga, L. (2018). *Hipólito Unanue Observaciones sobre el clima de Lima, y sus influencias en los seres organizados, en especial el hombre*. Lima: Congreso de la República - Pontificia Universidad Católica del Perú - Instituto Riva Agüero.
- SENAHMI. (2021). *Climas del Perú - Mapa de CLasificación Climática Nacional*. Lima: Red Activa Soluciones Gráficas SAC.
- Silgado Ferro, E. (1978). *Historia de los Sismos mas notables ocurridos en el Perú (1513-1974)*. Lima: Instituto de Geología y Minería.
- Velarde, H. (1958). LA Restauración del Palacio Torre Tagle. *Revista Fanal*, 14(54). <https://dtipian.wordpress.com/2017/08/03/la-restauracion-del-palacio-de-torre-tagle/>
- Wieser Rey, M. (2006). *Las teatinas de Lima. Análisis energético-ambiental y perspectivas de uso contemporáneo*. (Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I, Ed.) Barcelona.
- Zhai, Z., & Previtali, J. (2010). Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy. *Energy and Buildings*, 42, 357-365. [doi:10.1016/j.enbuild.2009.10.002](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.10.002)

## 9. ANEXO

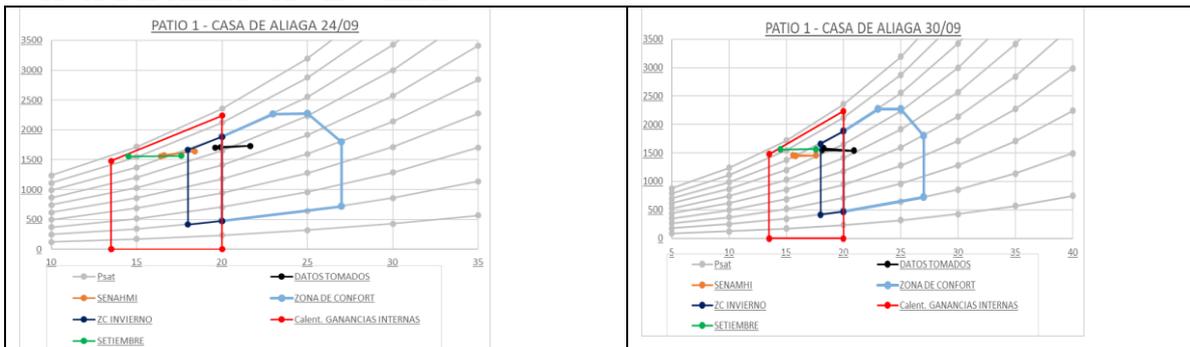
### CASA DE ALIAGA - VERANO

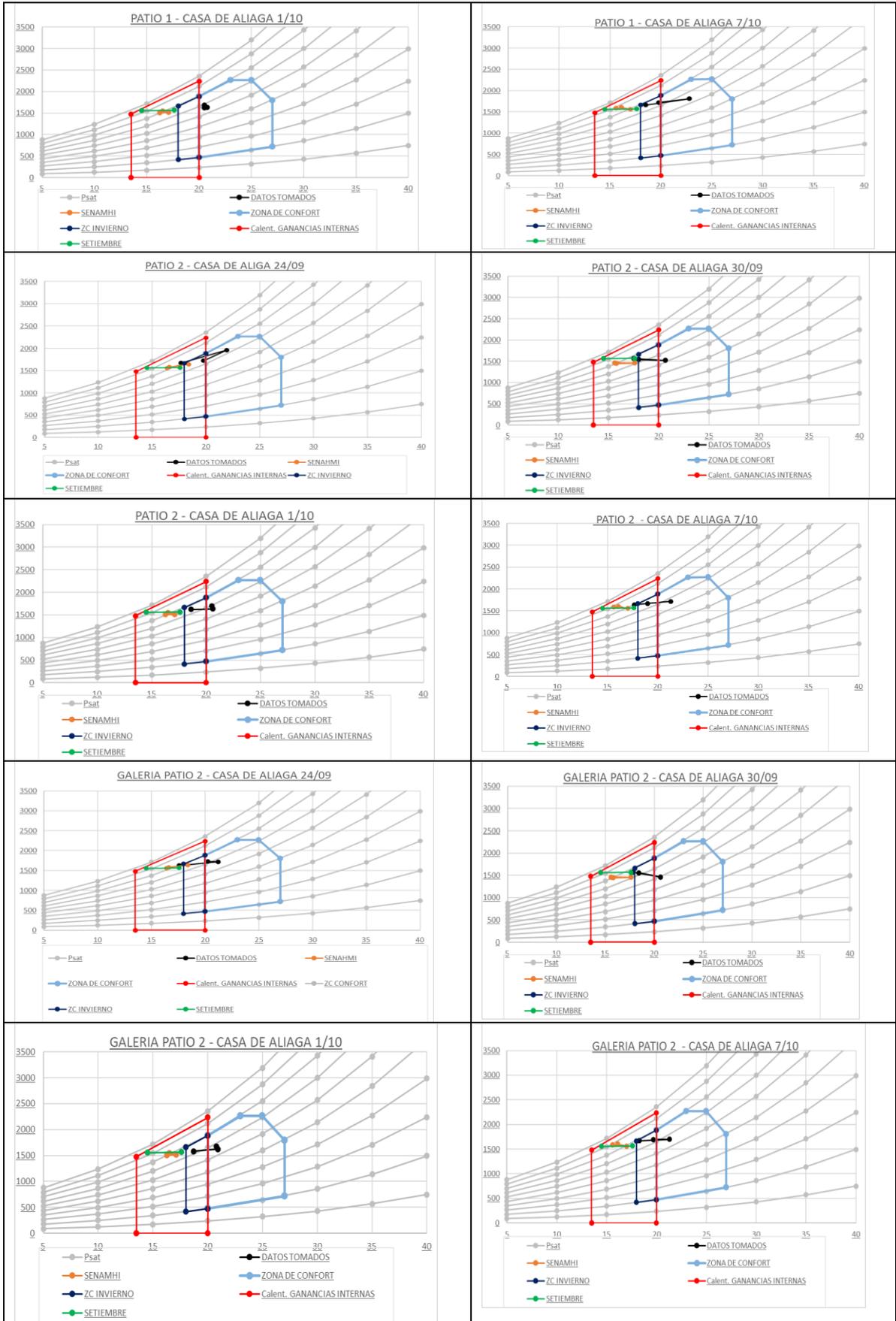


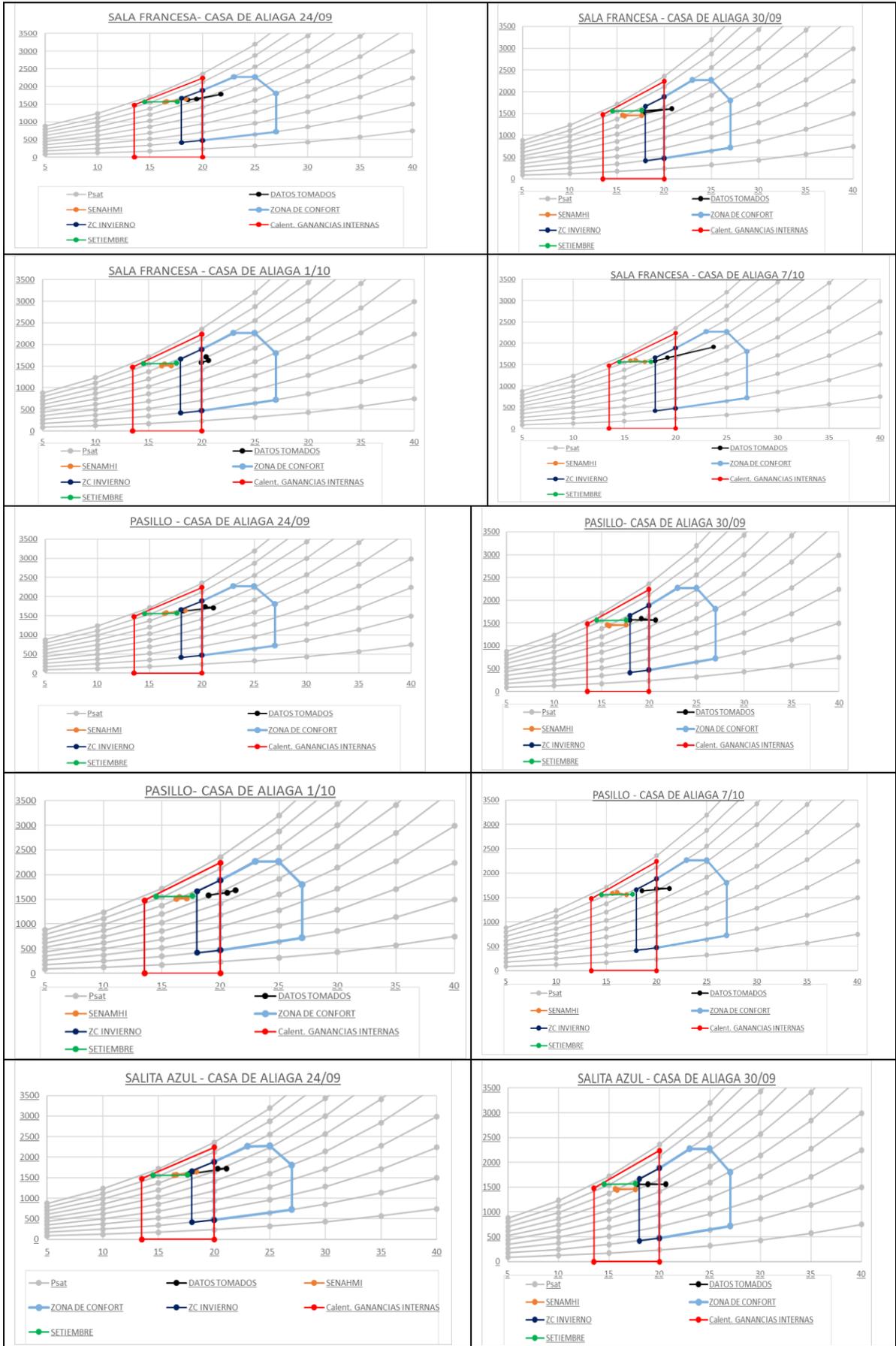


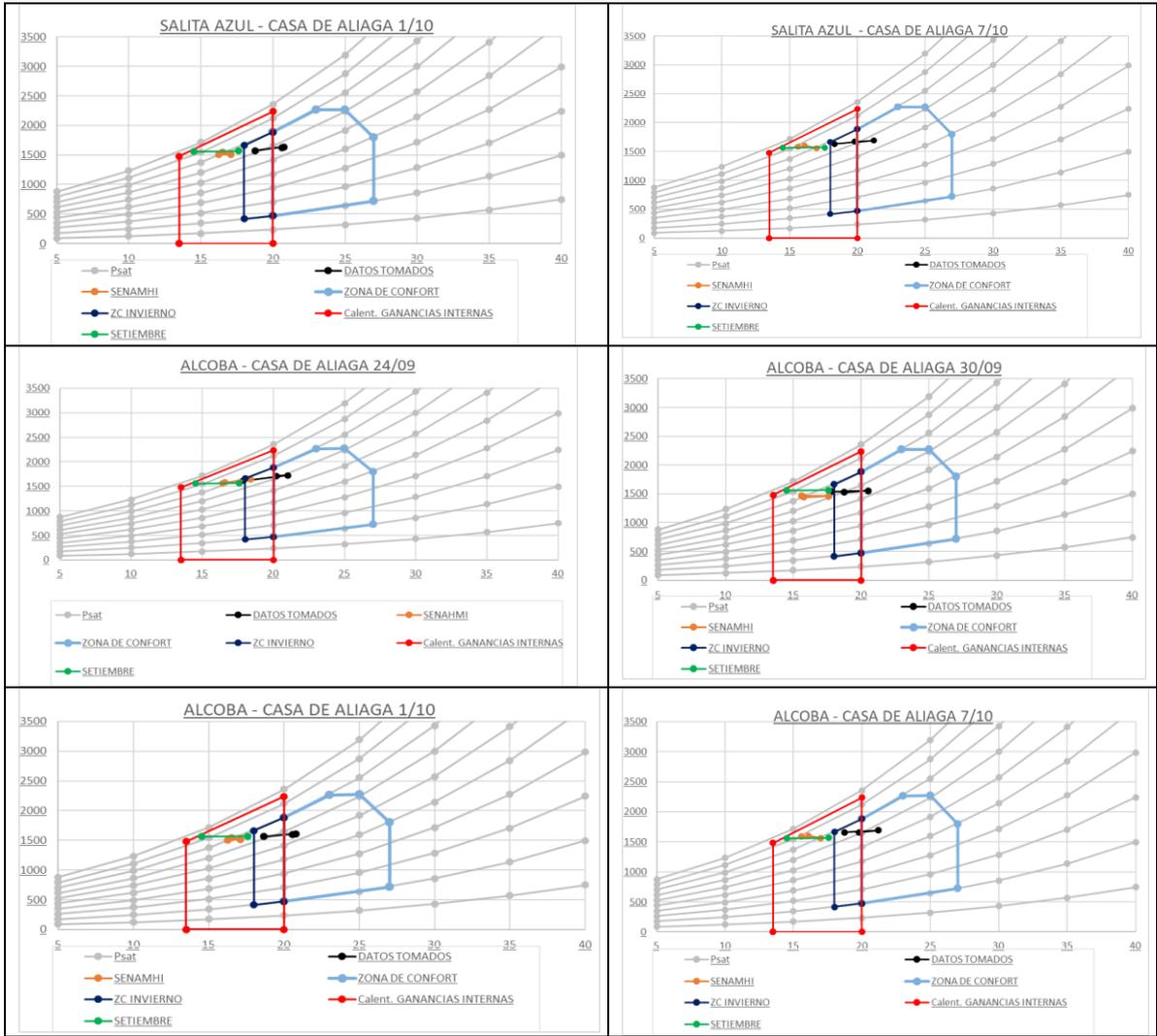


### CASA DE ALIAGA - INVIERNO

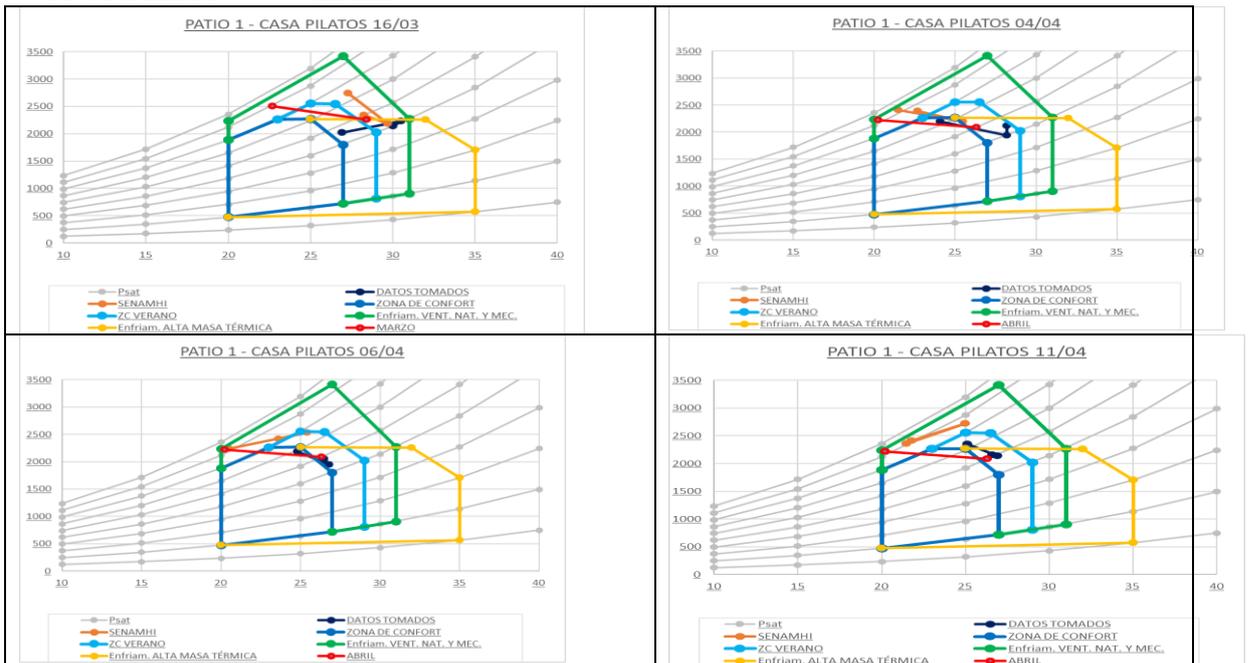


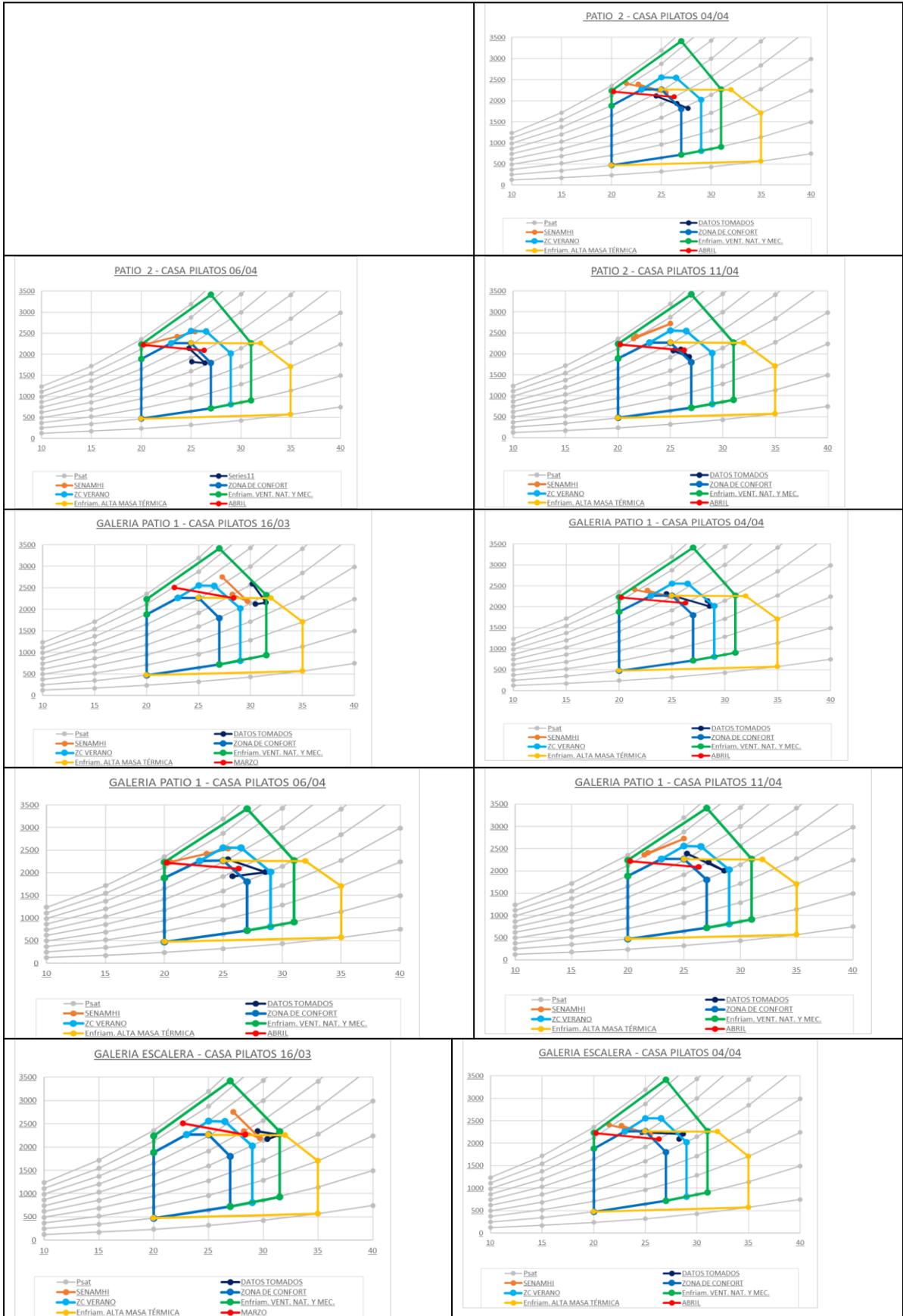


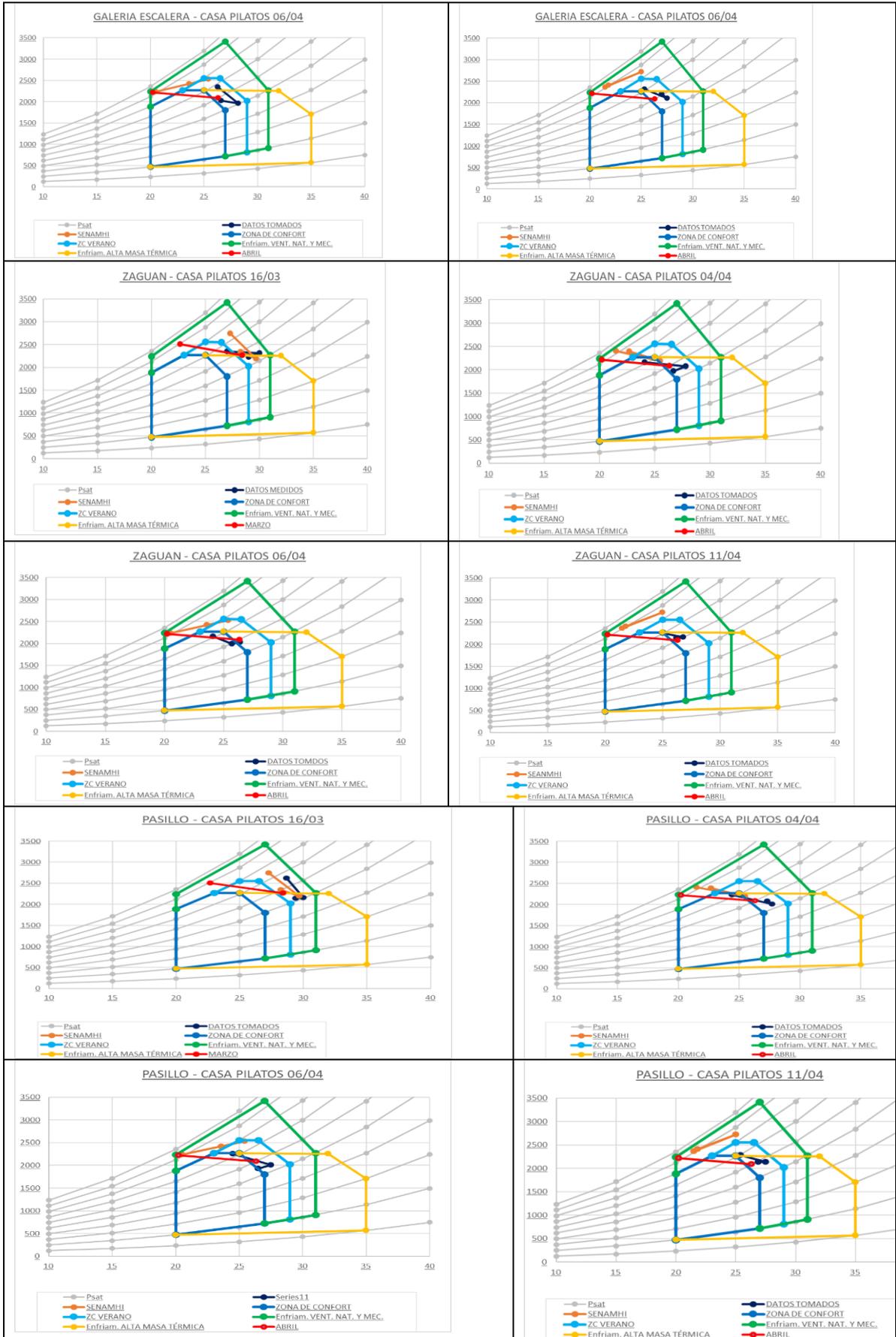


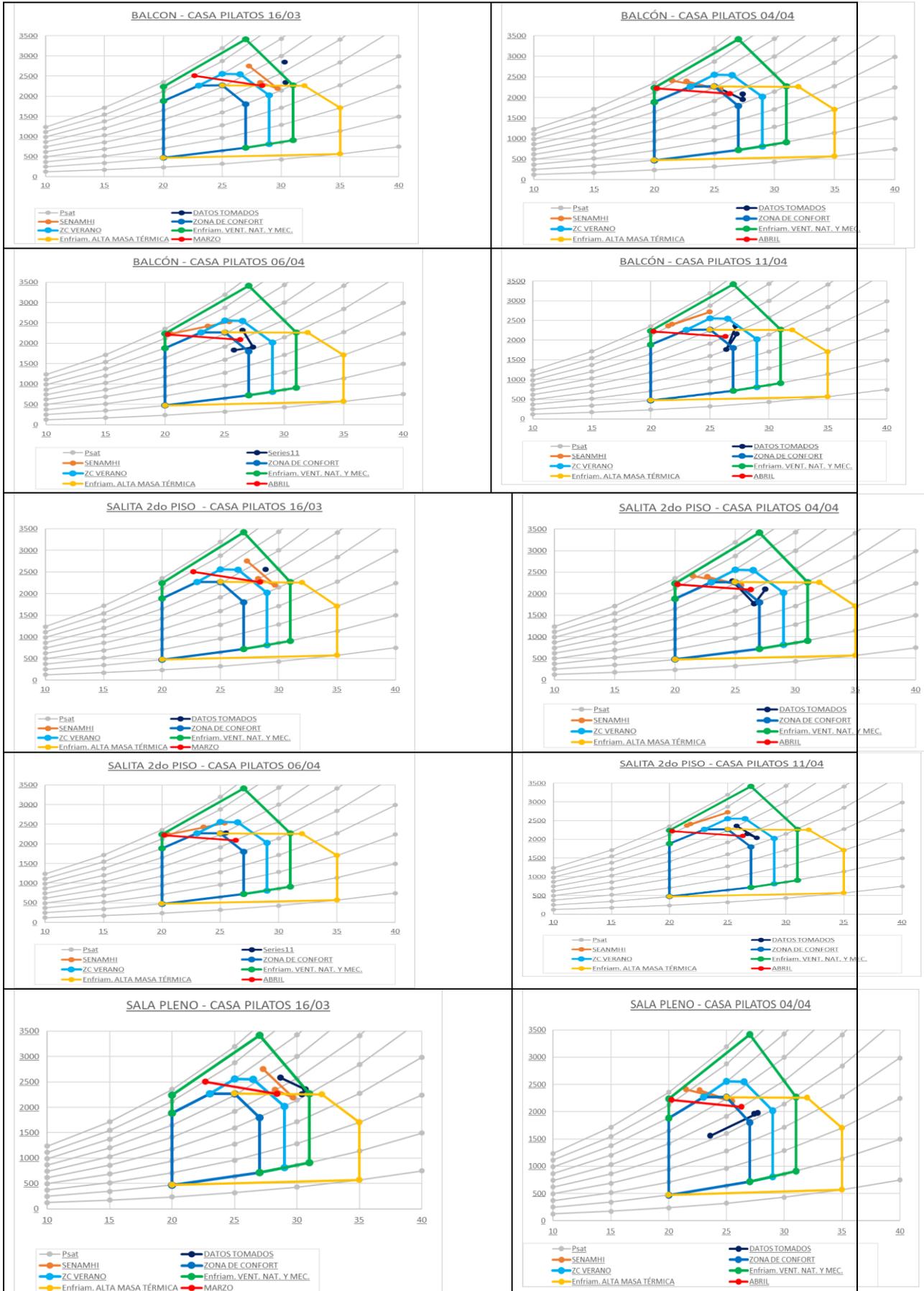


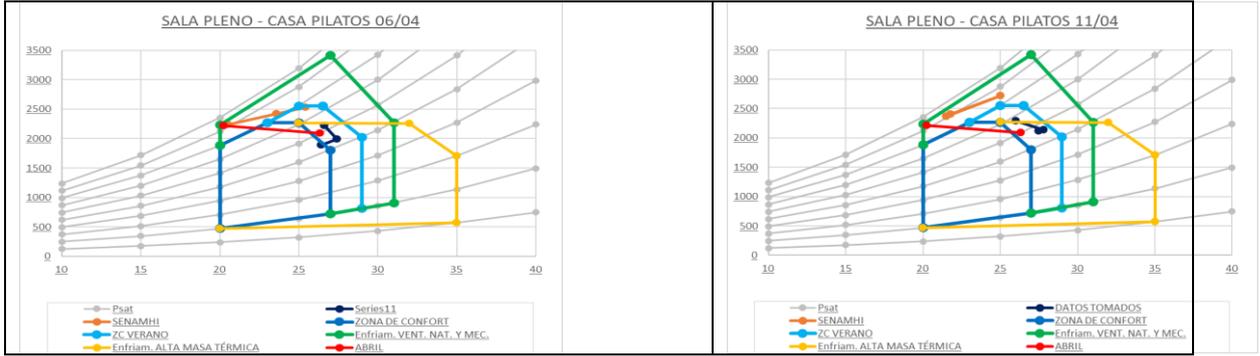
### CASA PILATOS - VERANO



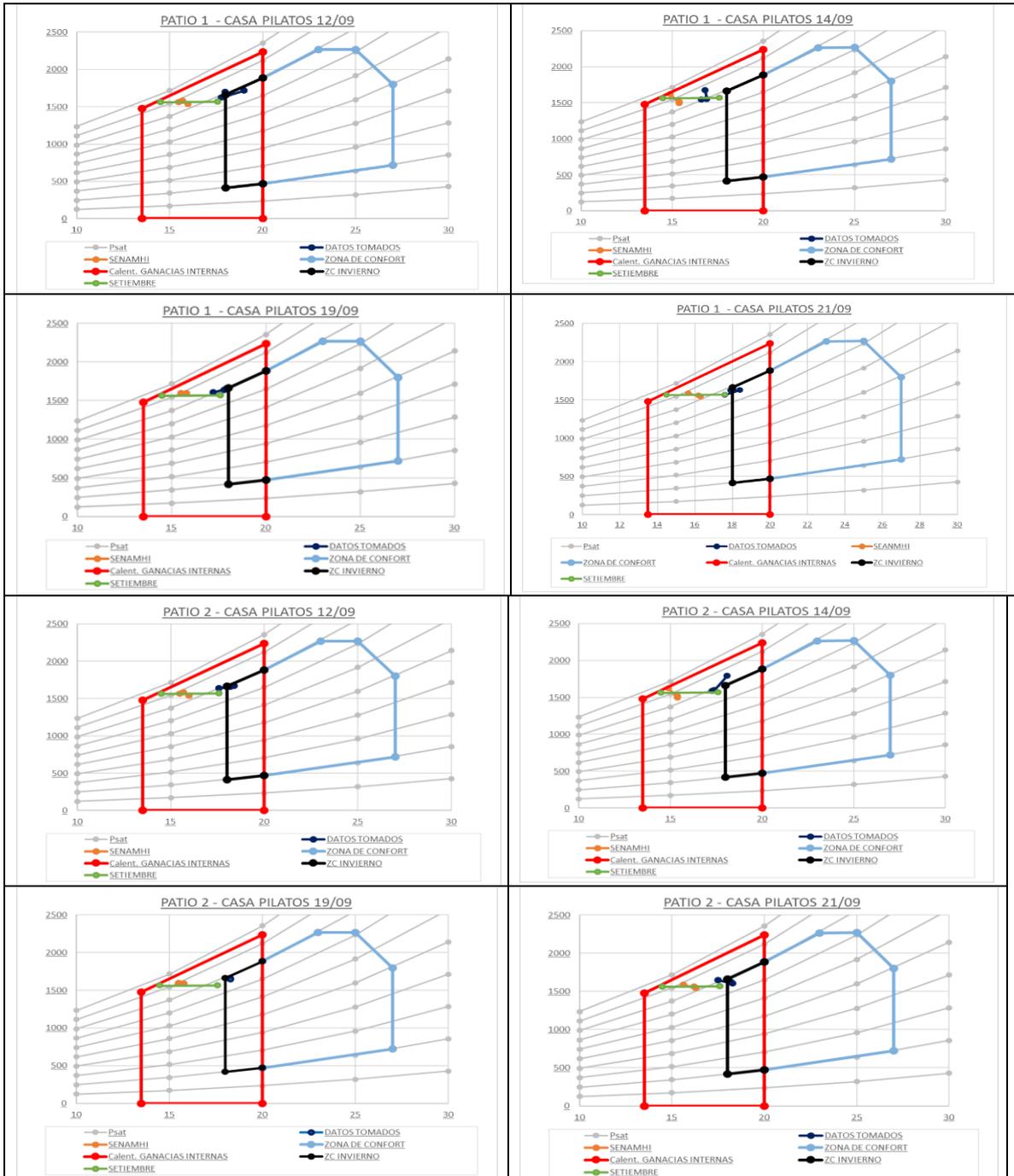


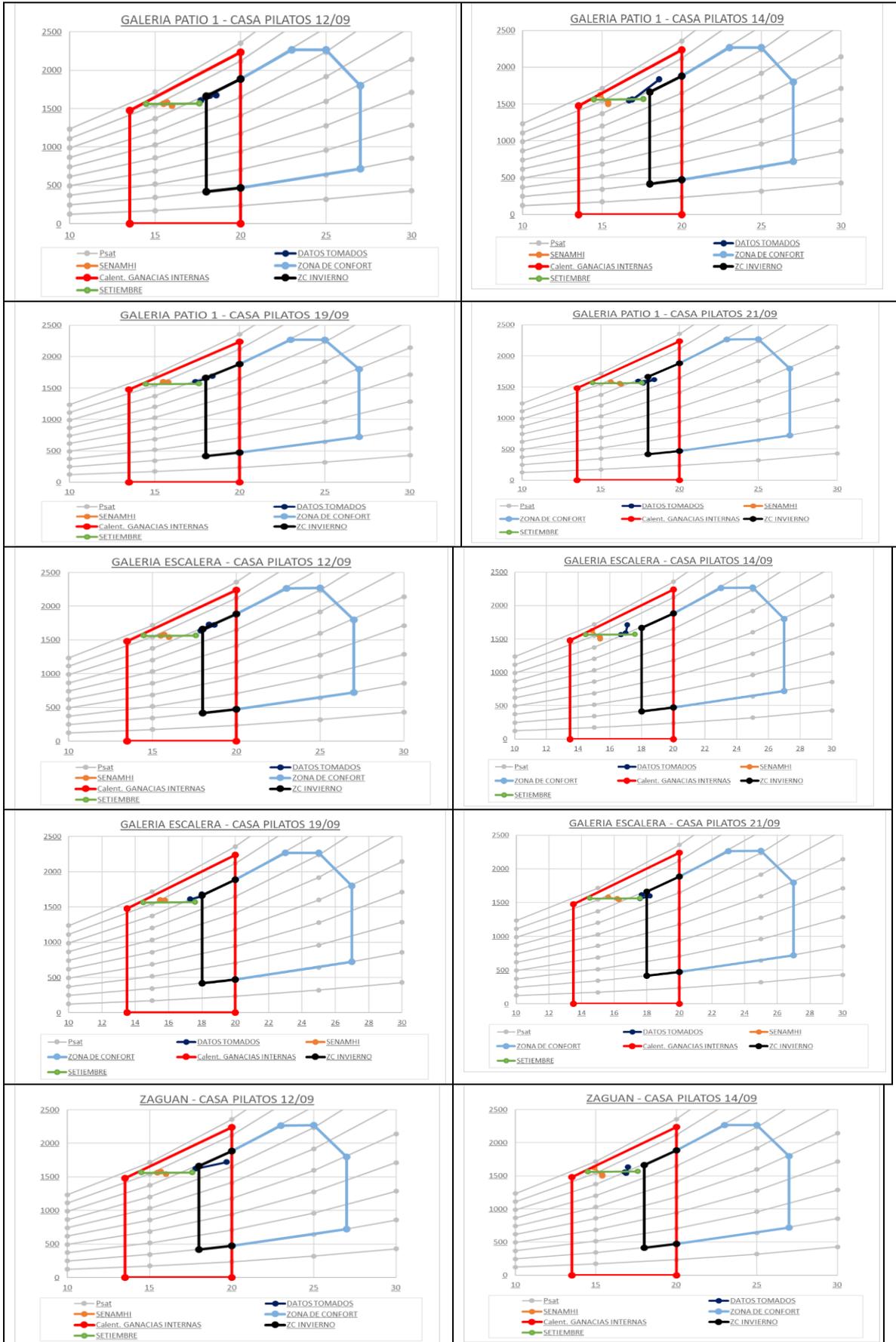


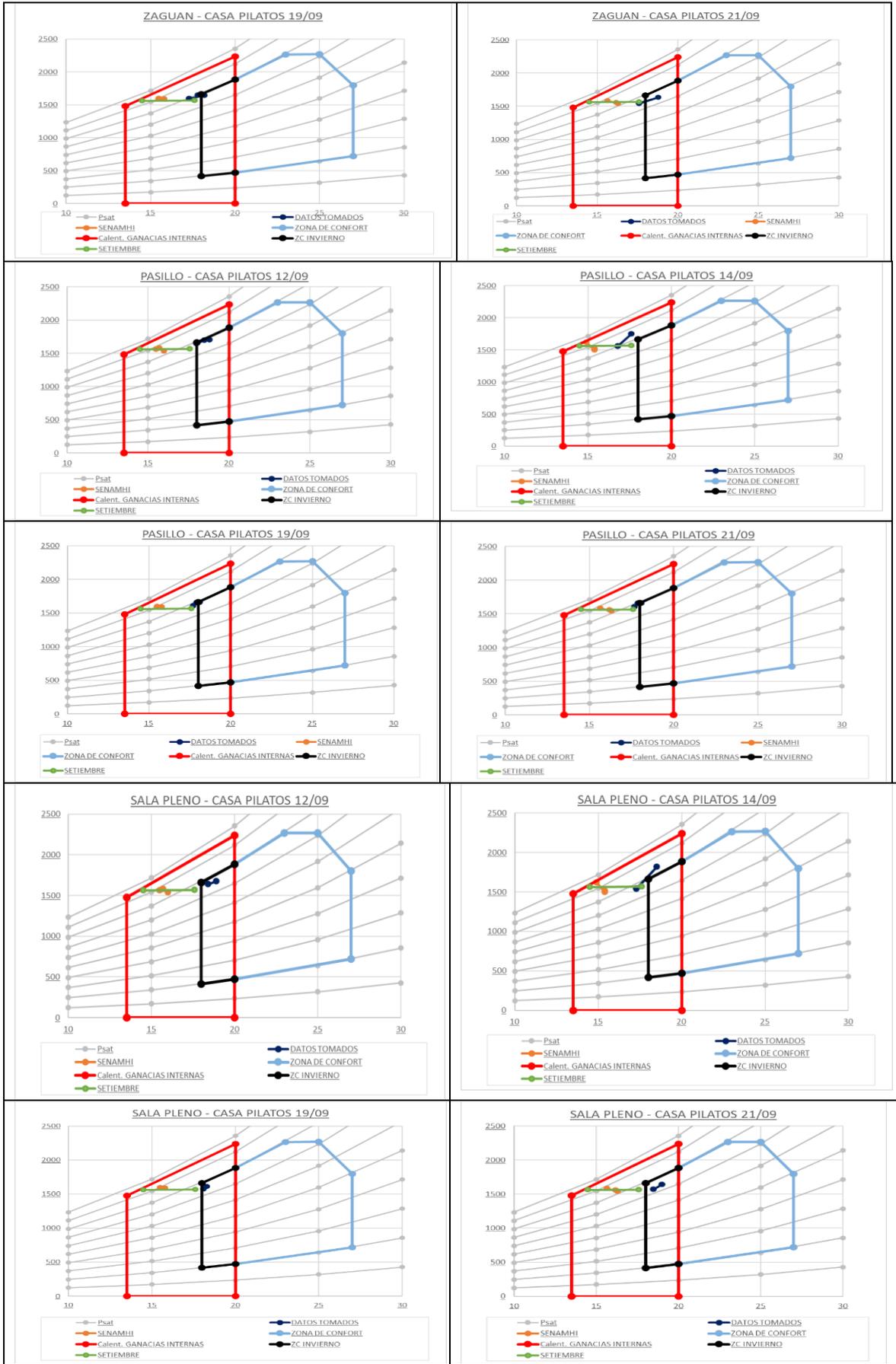


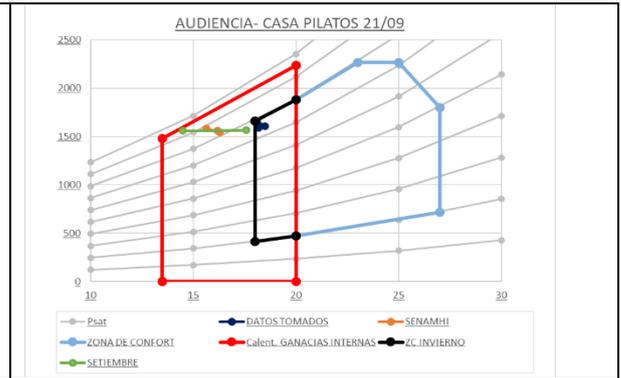
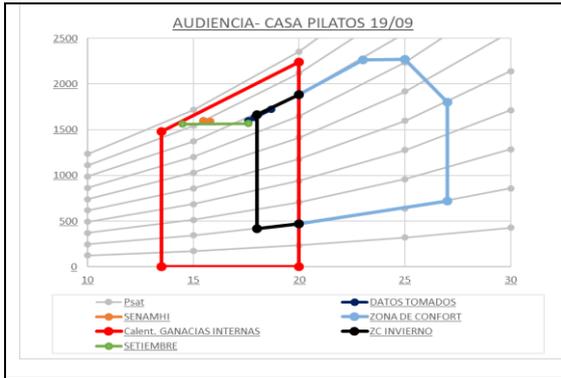


## CASA PILATOS - INVIERNO

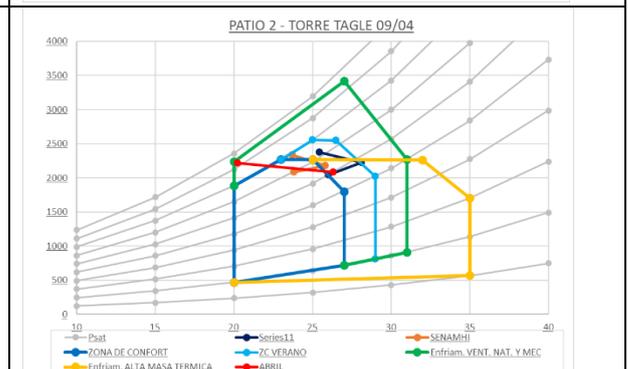
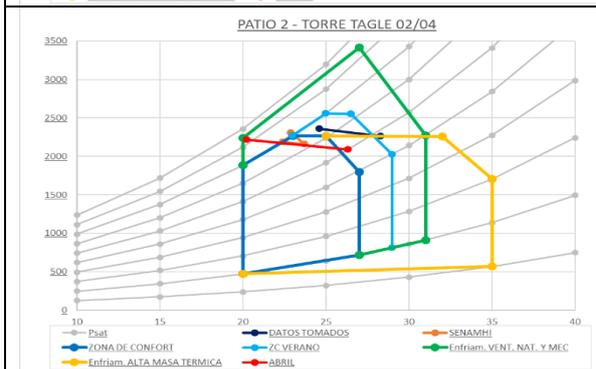
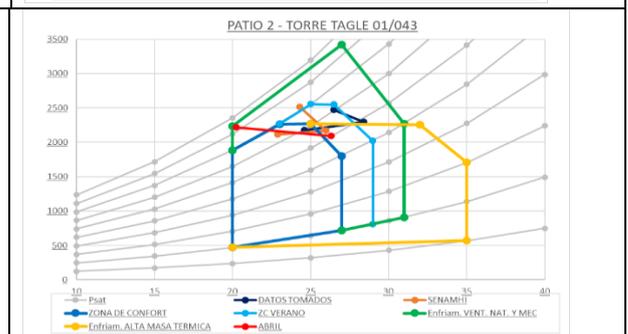
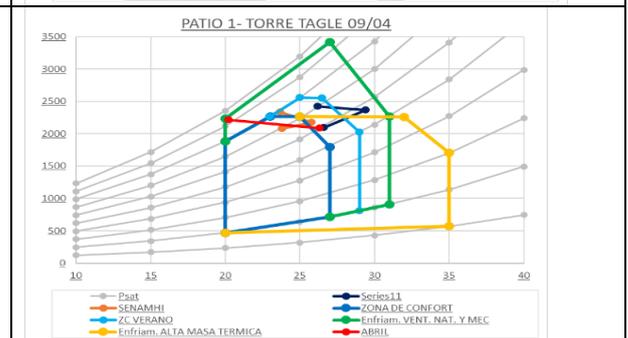
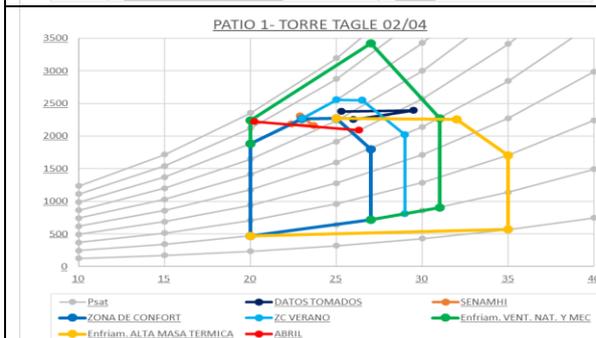
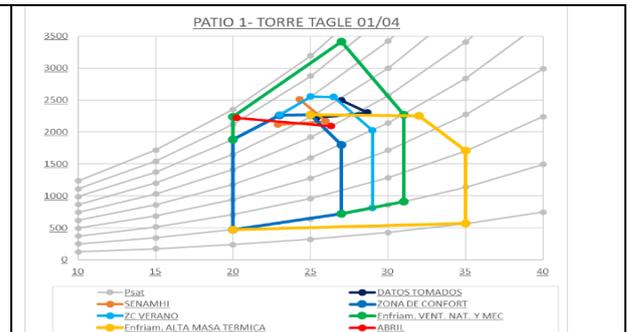
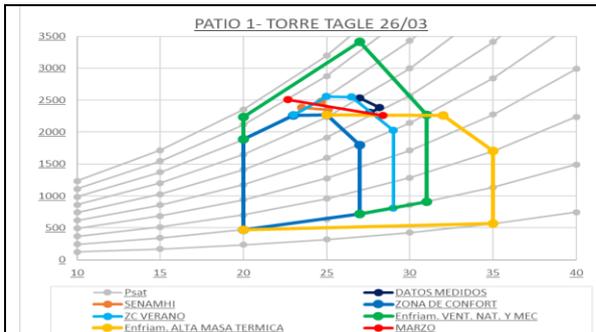


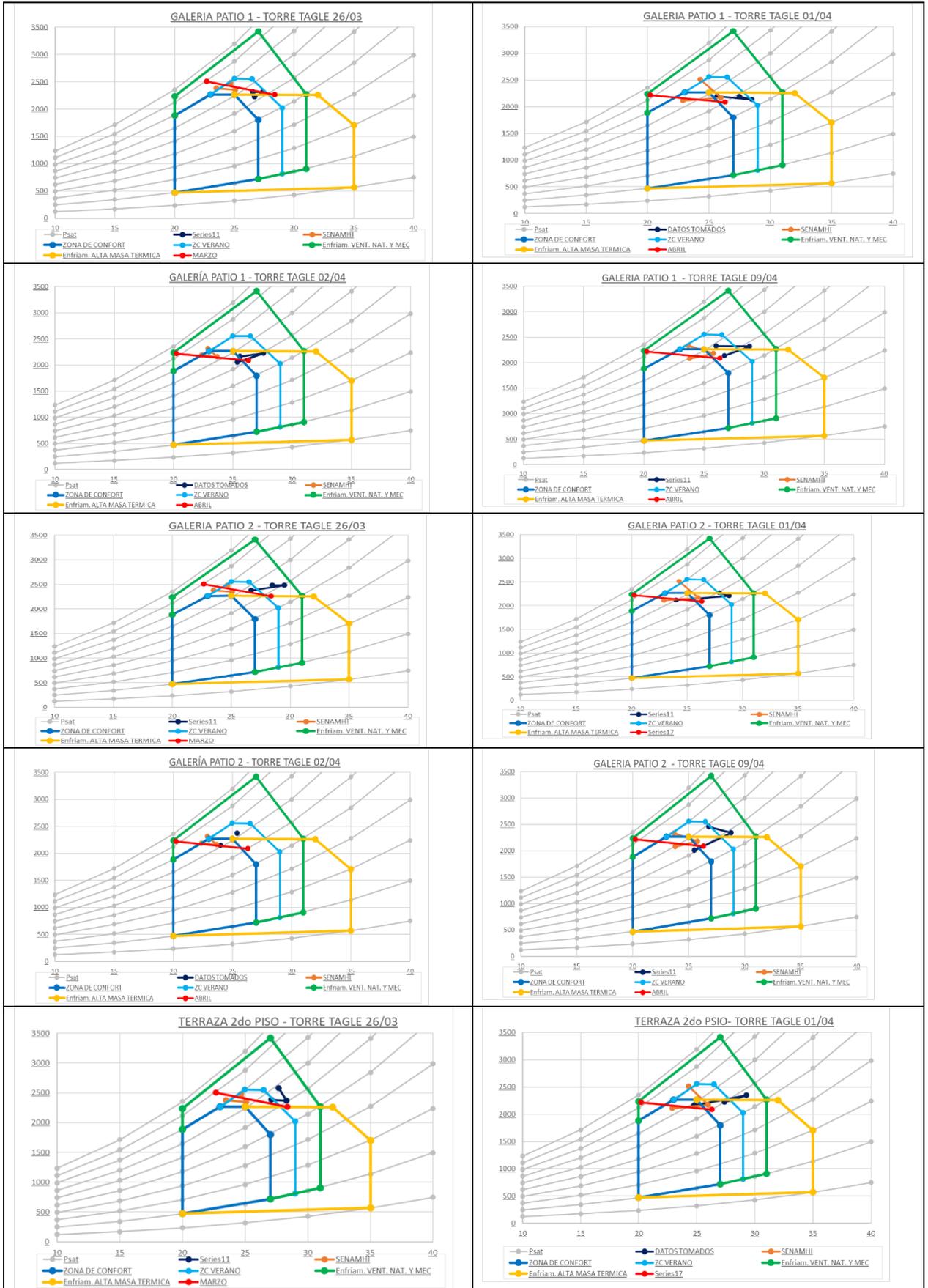


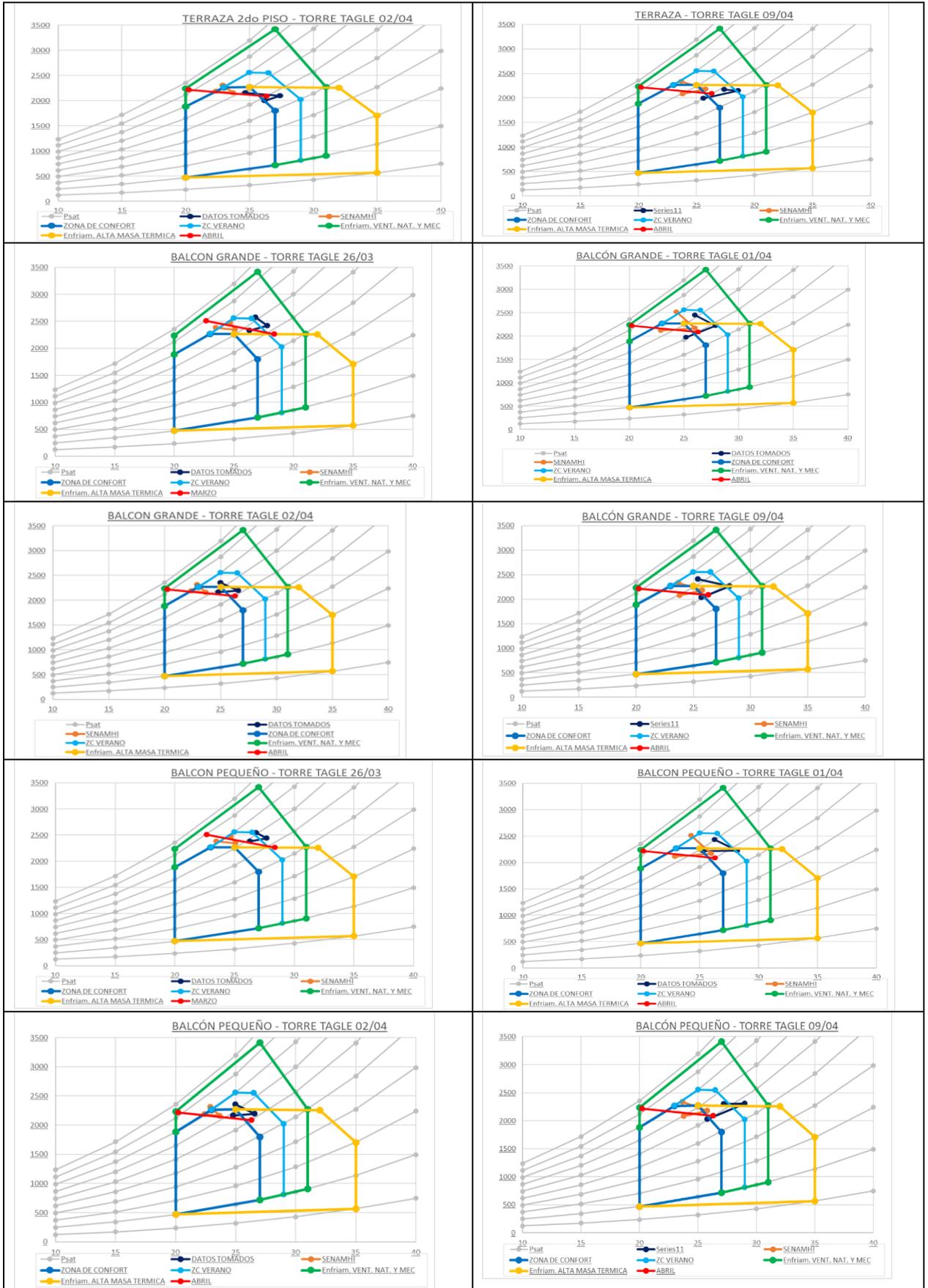


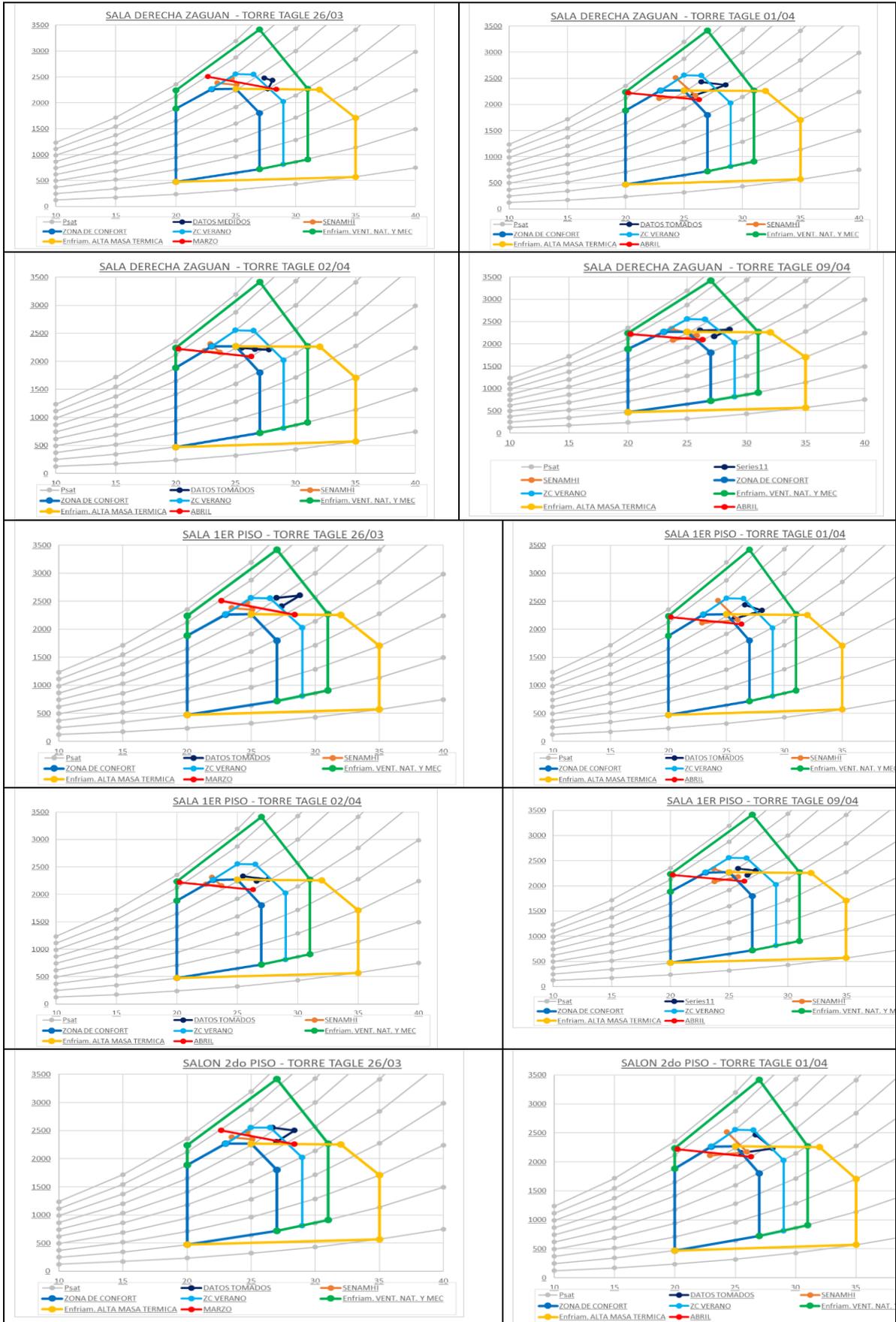


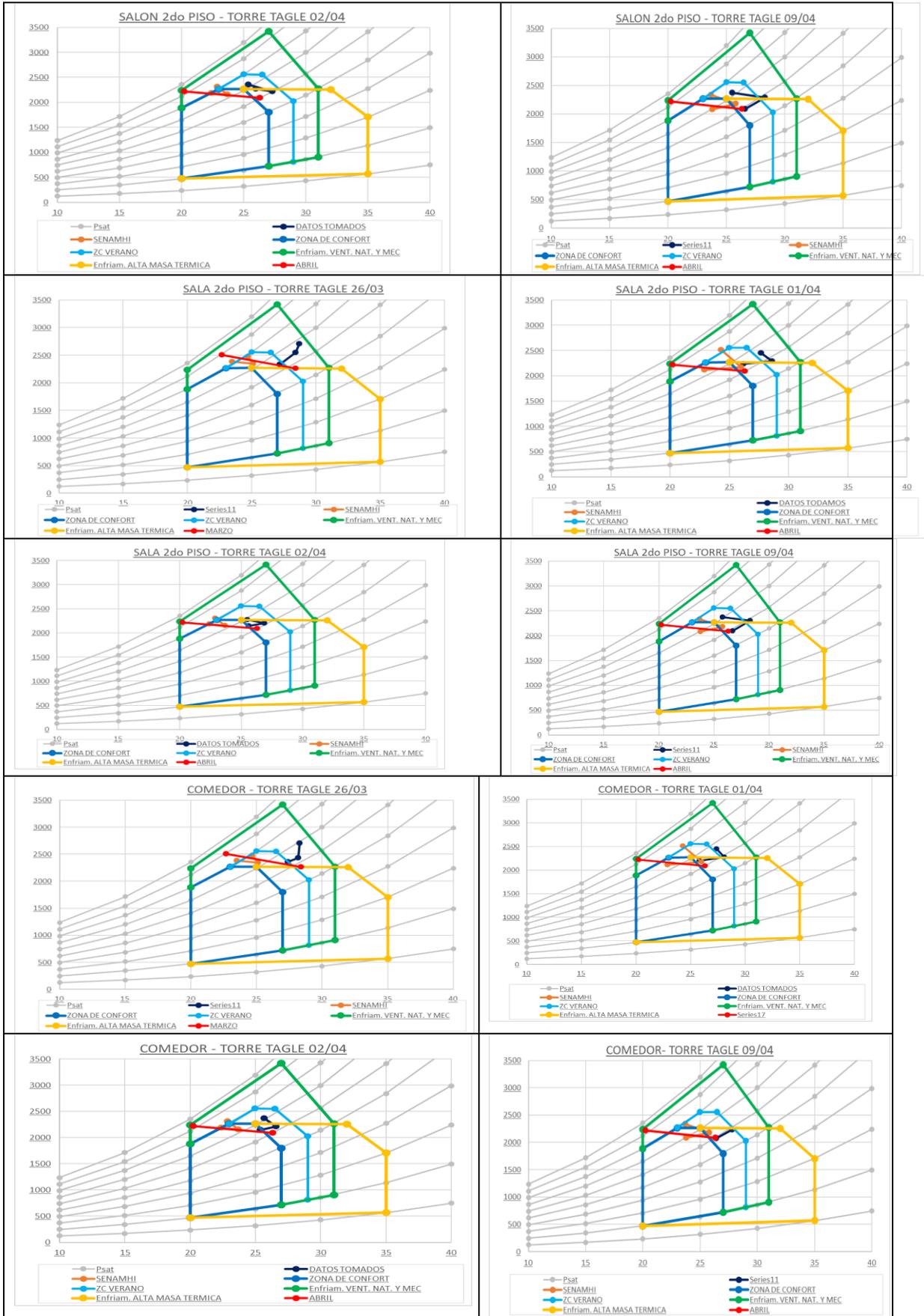
## PALACIO TORRE TAGLE - VERANO



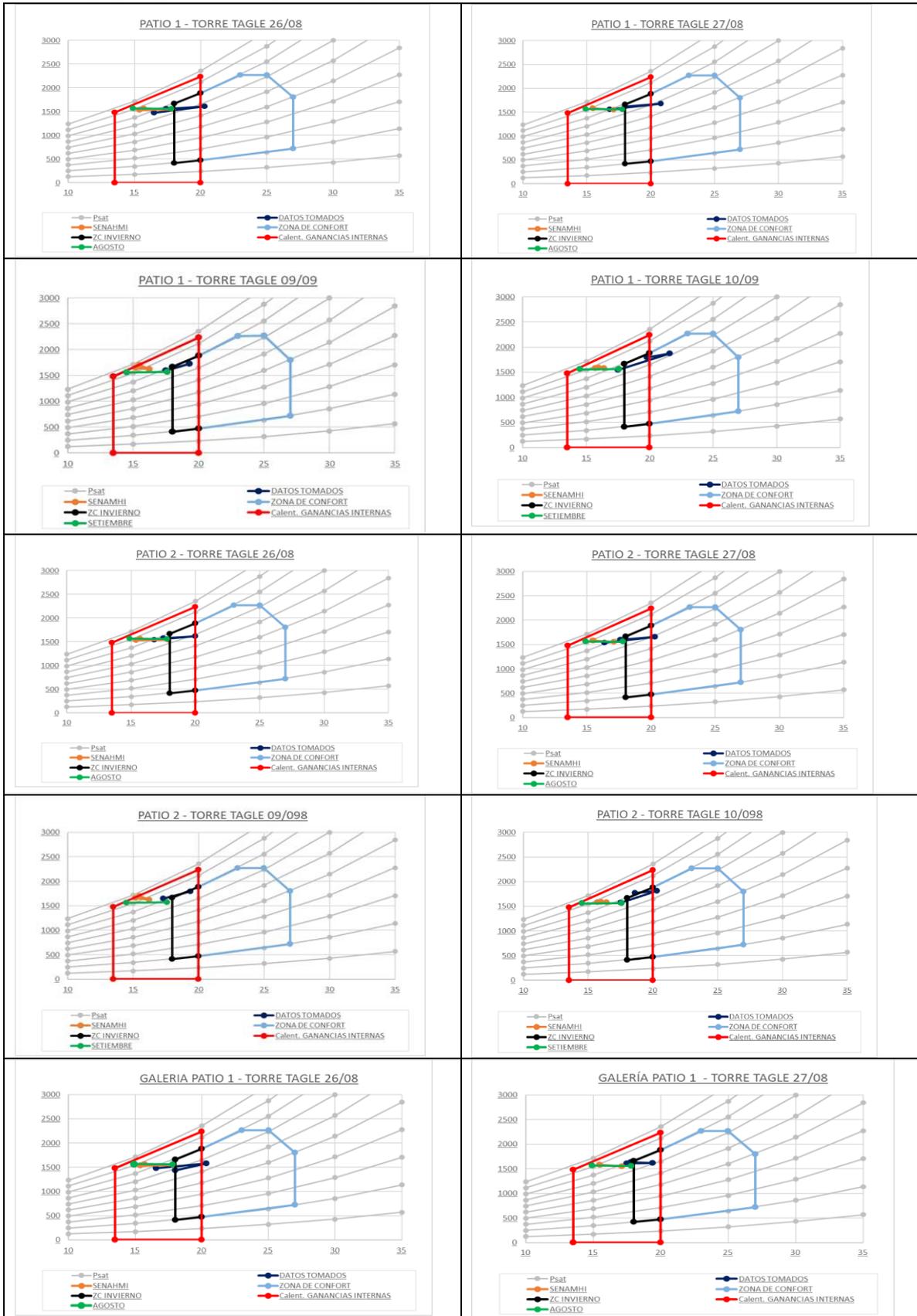


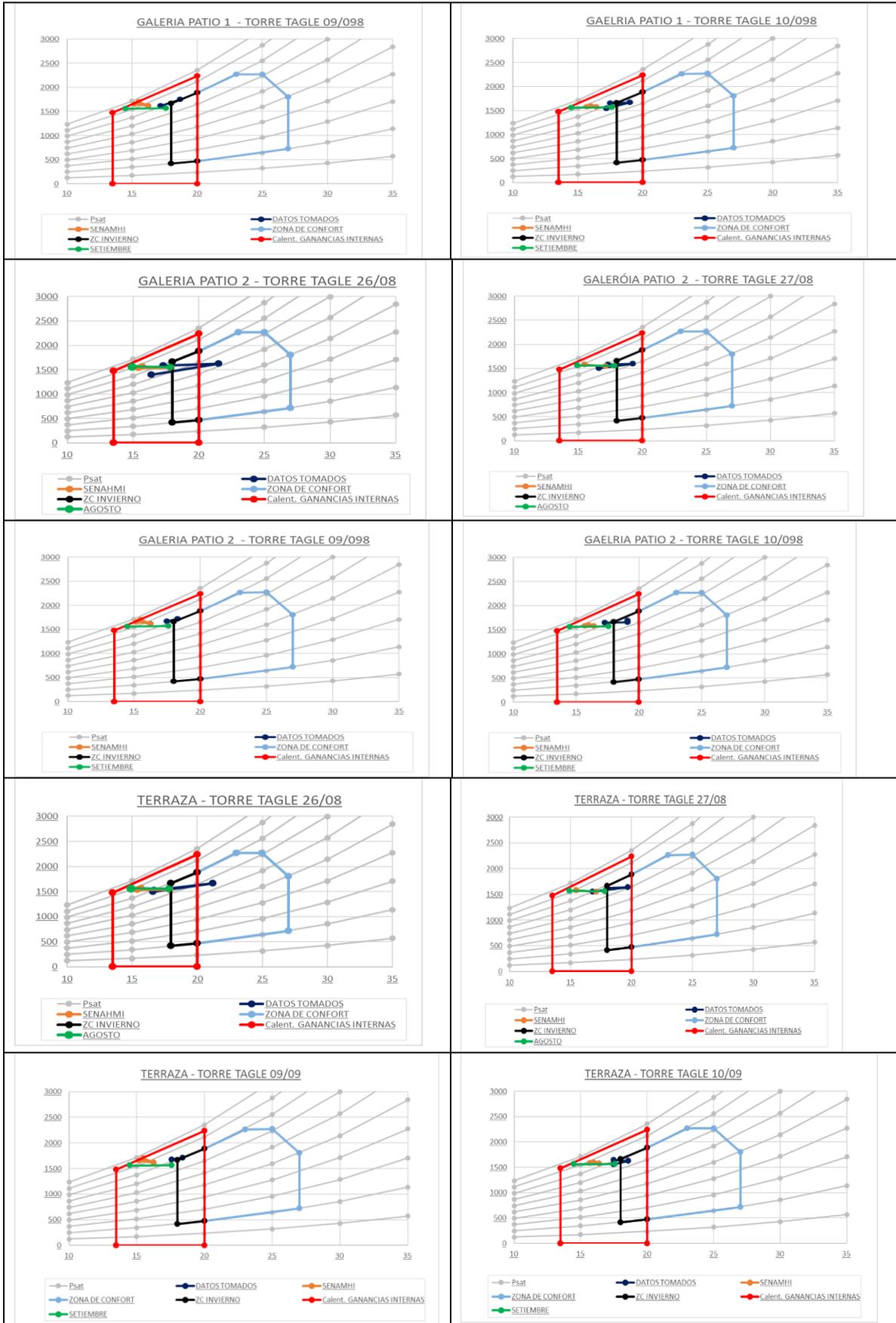


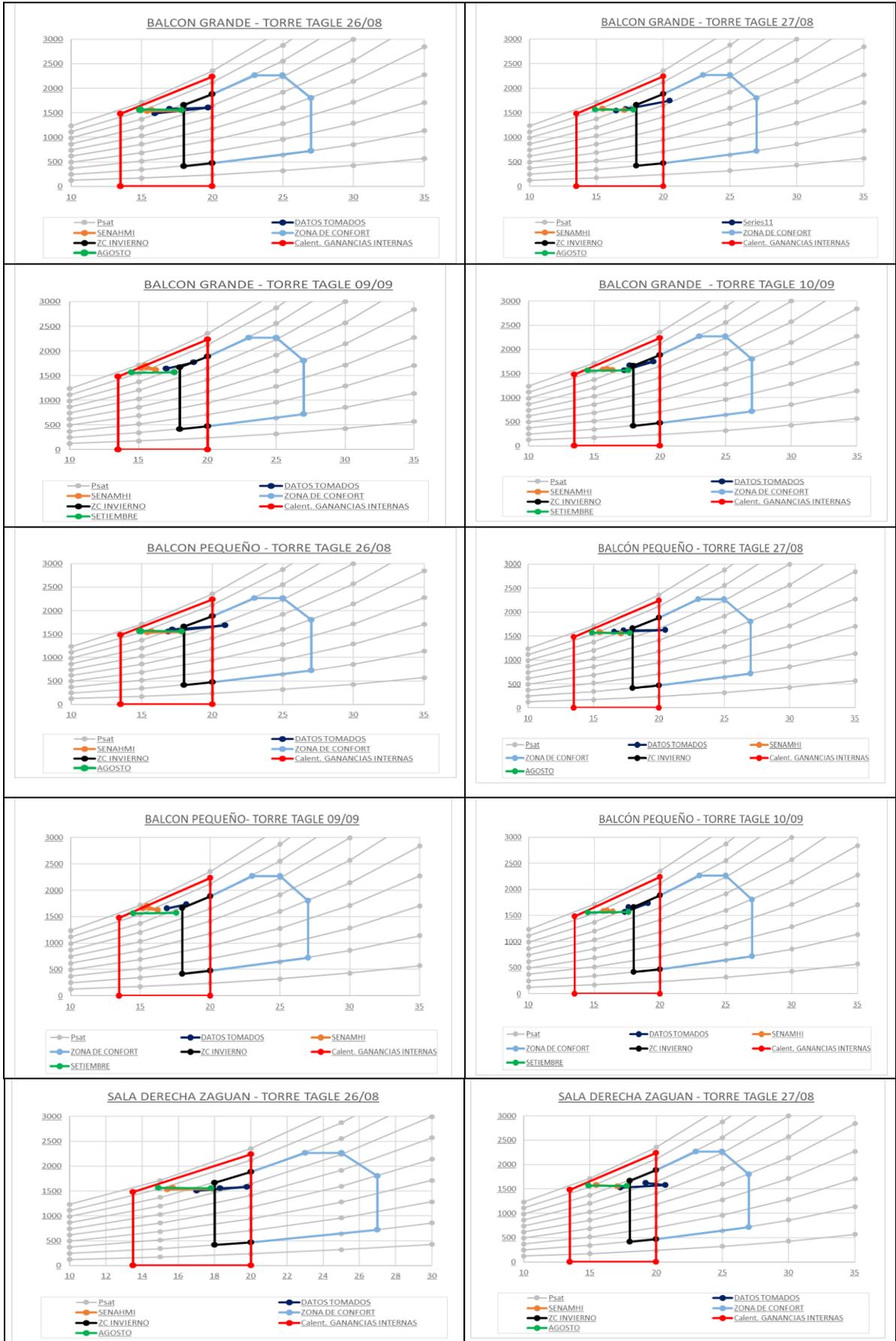


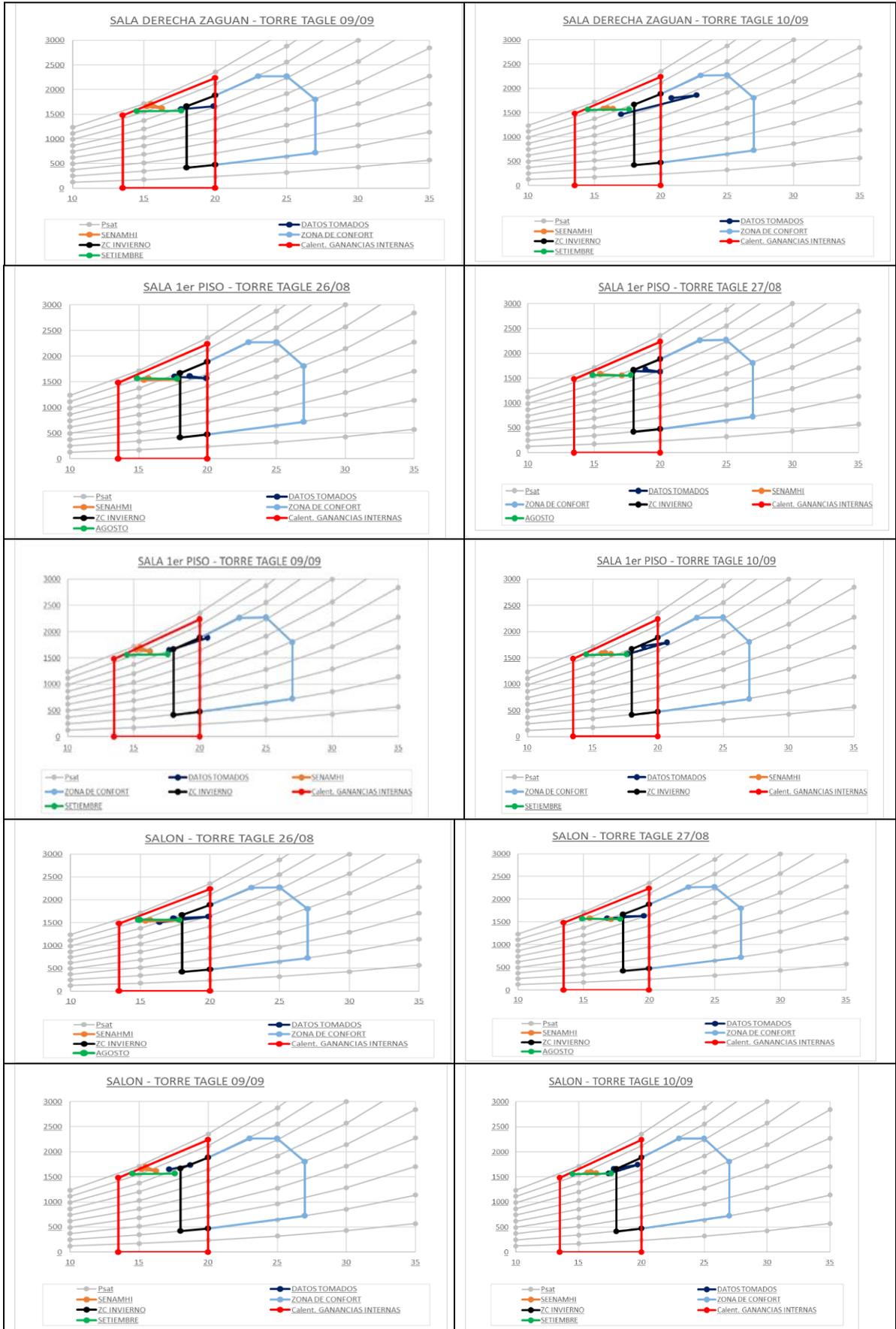


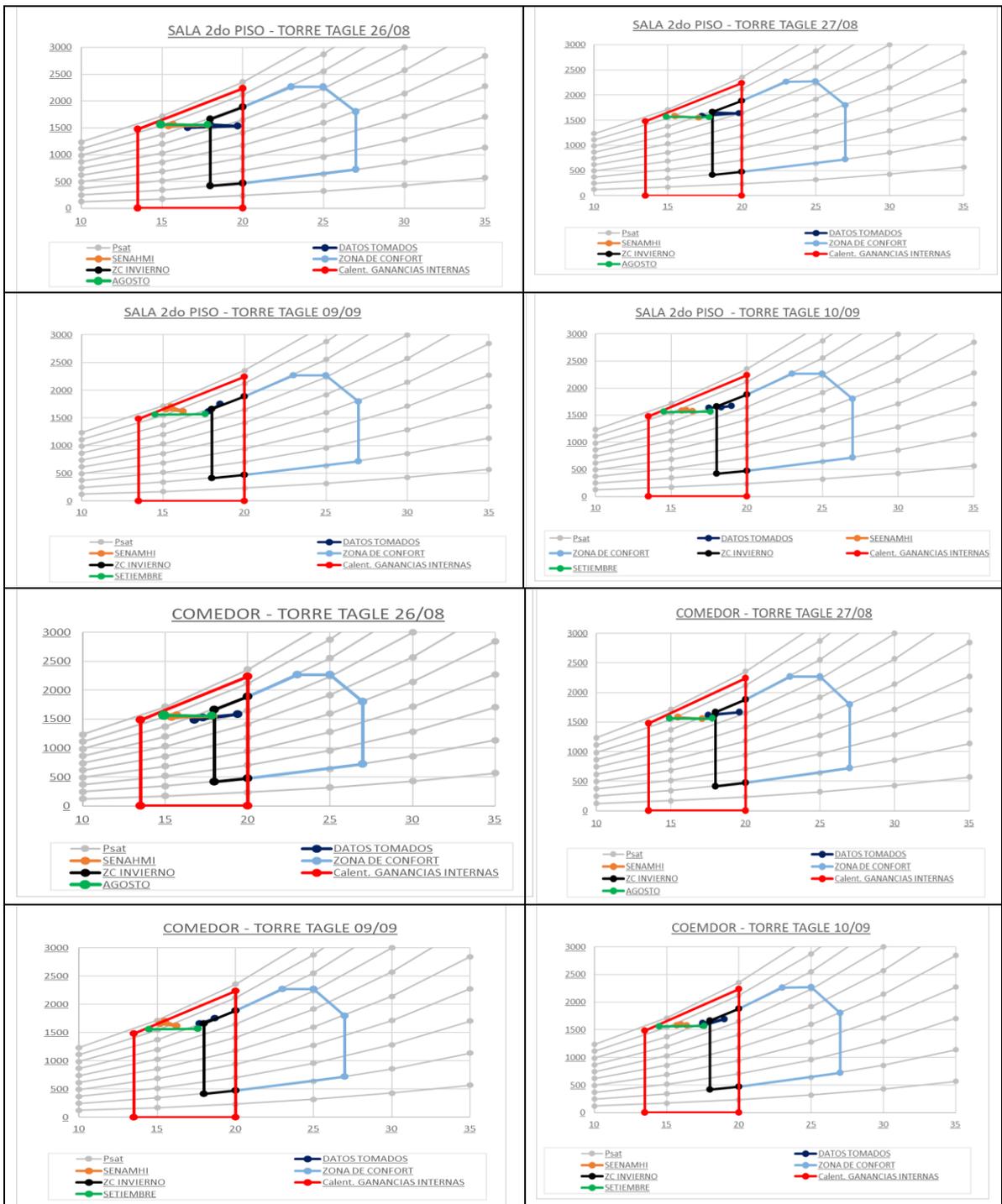
# PALACIO TORRE TAGLE - INVIERNO











**CALCULO DE TRAMITANCIA TÉRMICA U EN PALACIO TORRE TAGLE**

MURO 2do piso	ENLUCIDO YESO	Espesor (m)	0.01	0.4	REVOQUE DE BARRO Y PAJA	Espesor (m)	0.04	0.09	PANEL QUINCHA	Espesor (m)	0.15	0.17	PANEL QUINCHA	Espesor (m)	0.17	0.15	0.17	REVOQUE DE BARRO Y PAJA	Espesor (m)	0.04	0.09	0.4	ENLUCIDO DE YESO	Espesor (m)	0.01	0.4	0.11	Rse W/m <sup>2</sup> .C	1/U	2.874	0.348	U W/m <sup>2</sup> .C	2.36	U NORMA EM 110			
	Rsi W/m <sup>2</sup> .C																																				
	0.06																																				
MURO 1er piso	ENLUCIDO YESO	Espesor (m)	0.01	0.4	REVOQUE DE BARRO Y PAJA	Espesor (m)	0.04	0.09	MURO DE ADOBE	Espesor (m)	0.8	0.9	REVOQUE DE BARRO Y PAJA	Espesor (m)	0.04	0.09	0.4	ENLUCIDO DE YESO	Espesor (m)	0.01	0.01	0.4	1.998	0.11	0.501	U W/m <sup>2</sup> .C											
	Rsi W/m <sup>2</sup> .C																																				
	0.06																																				
Carpin- tería	CARPINTERIA MADERA	Espesor (m)	0.05	0.13																																	
	Rsi W/m <sup>2</sup> .C																																				
	0.06																																				
TECHO	ENTABLADO DE MADERA 1 1/2" 58%	Espesor (m)	0.038	0.13	VIGAS DE MADERA 20% y entablado	Espesor (m)	0.438	0.13	0.158	0.13	0.1	0.09	0.1	0.09	0.025	0.71	0.05	1.736	0.576	U W/m <sup>2</sup> .C																	
	Rsi W/m <sup>2</sup> .C																																				
	0.09																																				
PISO	MUERTO DE MADERA 3" X 4"	Espesor (m)	0.1	0.13	CAMARA DE AIRE 4"	Espesor (m)	0.026	0.025	0.13	0.09	0.09	2.776	0.360	U W/m <sup>2</sup> .C																							
	Rsi W/m <sup>2</sup> .C																																				
	0.1																																				