Capítulo V:

EVALUACIÓN ENERGÉTICA

V.1. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN.

A partir de la caracterización formal de las teatinas, y concretamente de las características de la habitación (Título IV.4.3.) y del propio componente (Título IV.4.4.), se identifican las particularidades típicas de dichos elementos, planteándose finalmente un 'ambiente modelo' que contiene una 'teatina modelo'. El objetivo es que el conjunto 'habitación-teatina' termine ostentando las caracterísitcas típicas de dichos elementos en cuanto a su disposición, forma y acabados.

No se ha considerado el edificio o la propia cuadrícula como parte del conjunto a evaluar, en la medida que los indicios han demostrado que la teatina no conformaba precisamente parte de un sistema más amplio.

A partir de la elección de ambos modelos, que se presentan en un siguiente título (V.1.3. Definición del 'Ambiente y Teatina Modelo'), se desarrolla la evaluación energética posterior (V.2. Evaluación del Comportamiento Energético). Esta evaluación busca identificar el comportamiento térmico y lumínico del conjunto 'habitación-teatina' frente a sus capacidades objetivas de generar el confort a sus ocupantes. Concretamente se evalúan los siguientes aspectos:

ASPECTO	MODALIDAD	RECURSO O INSTRUM.
	Evaluación Térmica	
Radiación Solar	Ordenador	Autocad - Render
Ventilación	In situ / Maqueta	Anemómetro / Humo Termómetro / Higrómetro
	Evaluación Lumínica	
Nivel de iluminación	Maqueta	Luxómetro
Deslumbramiento	Cálculo	Índice de deslumbramiento

Tabla V.1. - 01:
Aspectos a analizarse, modalidades y herramientas utilizadas.

En las siguientes páginas se detalla la metodología específica utilizada según los fenómenos a evaluar, tanto térmicos (radiación solar y ventilación), como lumínicos (nivel de iluminación y deslumbramiento).

V.1.1. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN TÉRMICA.

Radiación solar:

Se evalúa concretamente la cantidad de radiación solar que penetra en la habitación a través de la teatina. La forma del componente, el tamaño de la abertura, la orientación de la misma y la presencia del alero, terminan siendo las características principales que condicionan su desempeño frente a dicho fenómeno.

Se identifican en primer lugar, a partir de la utilización del ábaco de fugas sobre la proyección polar equidistante, los días y horas en que la radiación solar directa ingresa a través de la abertura. Como segundo paso se visualiza la penetración solar en el ambiente en los momentos del año y del día identificados previamente.

La herramienta elegida para este fin, buscando una rápida visualización y presentación de los resultados, es el programa informático 'Autocad'. Dicho programa, además de contar con una base de datos de ciudades y una calculadora para identificar la posición del sol en cualquier día y hora del año, permite simular, a través de la renderización, los resultados del arrojo de sombras y de la penetración solar.

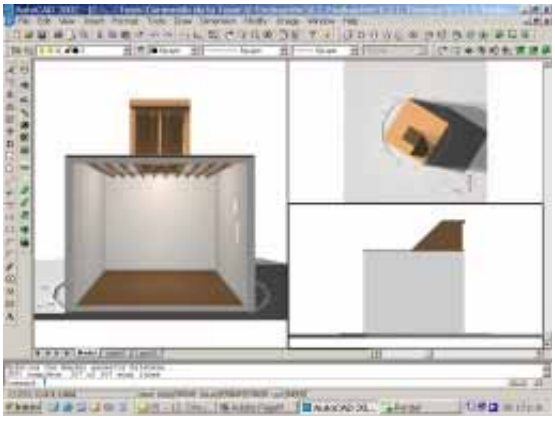


Gráfico V.1.1. - 01:
Vista del procedimiento de la identificación de las caracterísiticas de la penetración solar con la ayuda del programa informático '*Autocad*'.

Una vez observados los resultados de la renderización, se identifican los momentos del año y las horas del día en que la radiación solar pueda estar significando una ganancia excesiva e indeseada de calor al interior de la habitación. La cantidad aproximada de radiación (W / m^2) que termina ingresando se deduce a partir de la utilización de los ábacos de cálculo de radiación que se superponen a la proyección polar equidistante (proyección y ábacos expuestos en el Anexo 03).

Ventilación:

Una primera evaluación de este aspecto consiste en identificar las cualidades del aire al interior de una habitación con teatina en función de las condiciones externas. Para ello se realiza una medición secuencial de la temperatura y de la humedad realiva del aire en ambas ubicaciones.

Para identificar el efecto que tiene la teatina sobre la cualidad del aire al interior de la habitación, la secuencia considera dos situaciones: una primera con la teatina y la puerta de ingreso abiertas y una siguiente, en un día de similares características, con la teatina cerrada y la puerta abierta. En ambos casos es necesario predisponer el estado de las aberturas con anterioridad a la medición (como mínimo, 12 horas).

Interesa realizar la prueba en un día típico de verano, en el cual las condiciones exteriores terminan creando una situación potencial de inconfortabilidad en las personas.

Así, una primera estación de medición se ubica a la intemperie, protegida de la radiación externa por una cobertura blanca con aberturas apersianadas (Stevensons Screen) y elevada a unos 125 cms. del suelo. Una segunda estación se ubica en el centro de la habitación a una altura de 150 cms. y una tercera, dispuesta debajo de la abertura horizontal de la teatina, a treinta centímetros de la cobertura.

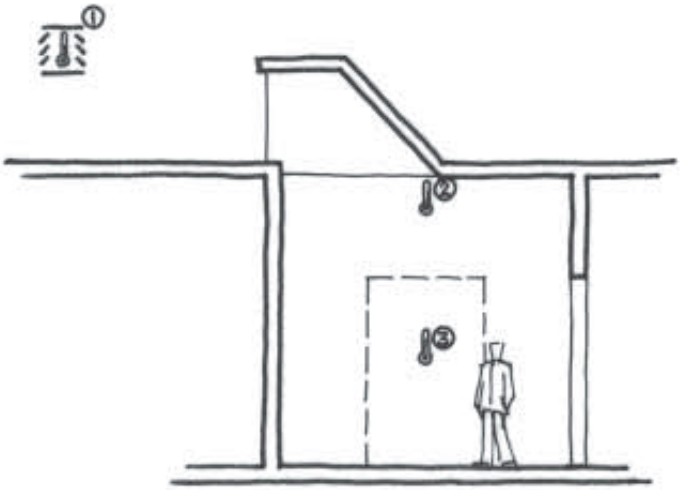


Gráfico V.1.1. - 02: Ubicación de las tres estaciones de medición de temperatura y humedad relativa del aire.

Una segunda evaluación a realizarse pretende identificar el recorrido y la velocidad que presenta el viento al interior de la habitación, una vez ingresado a ella, sea a través de la teatina o de una abertura adicional. Los procedimientos para identificar dicho comporta-

miento se diferencian según se quiera averiguar su distribución al interior de la habitación o las velocidades que llega a alcanzar el aire interior de la misma en función del que se presenta al exterior.

En cuanto a la distribución del viento al interior, se identifican *in situ* los recorridos del mismo a partir de la generación puntual de humo en la parte anterior a la abertura de la teatina y en diversos puntos al interior de la habitación.

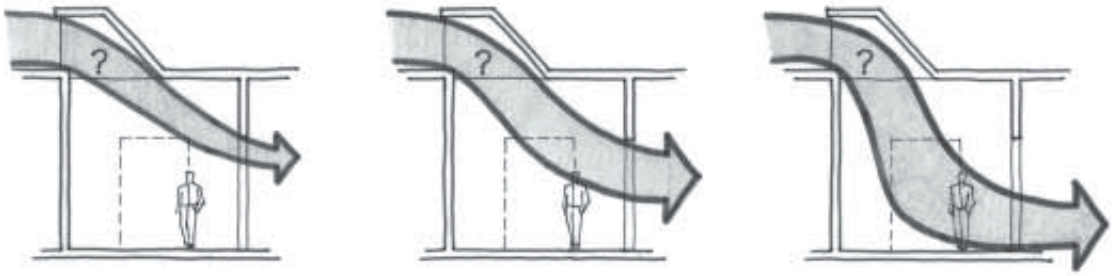


Gráfico V.1.1. - 03:
Alternativas del recorrido de la corriente de aire a través del ambiente.

No se descarta la colocación adicional de elementos 'suspendidos' (fibras delgadas y ligeras) que ayuden a delatar la existencia y la dirección del viento, más aún cuando no está descartada la posibilidad de que la teatina, principalmente en ausencia de viento y en las noches, funcione como 'torre de viento' evacuando el aire caliente interior y permitiendo el ingreso de aire más frio desde las demás aberturas.

Al ser la convección un fenómeno que en los edificios está directamente ligado a la inercia térmica de los materiales y a la disposición y conexión de los espacios, para esta segunda evaluación la prueba *in situ* termina siendo nuevamente la más adecuada.

Finalmente, para identificar la velocidad del aire al interior, y este en relación al existente en el exterior, se colocan dos anemómetros simultáneamente, calibrados entre sí; el primero frente a la teatina y el segundo dentro de la habitación, en lugares predeterminados en función de la distribución anteriormente identificada.

V.1.2. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN LUMÍNICA.

Nivel de Iluminación:

La evaluación de este parámetro, buscando la flexibilidad y la rapidez en las mediciones, se efectúa a partir de la confección de modelos a escala (maquetas). Se trata de representar en ellas, de la manera más precisa, las características de la teatina y de la habitación modelo previamente definidas. La aproximación a la realidad lumínica se logra fundamentalmente en la medida que se imitan las cualidades típicas de las superficies interiores y las características formales del elemento.

El comportamiento de la luz en una maqueta, que imita fielmente a la realidad (tanto exterior como interior), permite lograr adicionalmente una valoración cualitativa del resultado lumínico al interior de la habitación.

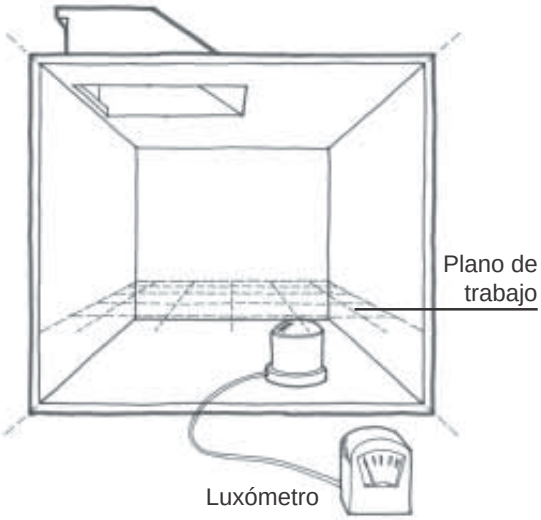


Gráfico V.1.2. - 01:
Se considera adecuada una maqueta a escala 1:15 y una trama tentativa de 25 puntos (5 x 5, en el caso de plantas cuadrangulares), para la elaboración de las curvas isoluxes.

Dentro de la valoración del parámetro, interesa identificar los niveles de iluminación (iluminancias, en luxes) y, a partir de dichos resultados, la distribución de los mismos al interior del ambiente. La medición, bajo cielo cubierto real, se hace con la ayuda de un luxómetro, el cual permite relacionar los resultados al interior con el nivel de iluminación exterior, obteniendo finalmente el '*porcentaje de luz natural*' (denominado en inglés, *Daylight Factor, DF-%*).

La representación gráfica de los resultados, tanto de la teatina modelo, como de las alternativas adicionales planteadas, se realiza a través de las '*curvas Iso-DF%*'. Los detalles adicionales de la medición se exponen en el título de la evaluación misma.

Deslumbramiento:

Para la evaluación del deslumbramiento, se considera la situación particular que origina la abertura de la teatina cuando, según la ubicación de la persona que se encuentra dentro de la habitación, termina observando a través de la misma, una porción de cielo dentro de su campo visual.

Para esta valoración se hace uso del 'Índice de Deslumbramiento Unificado' (Unified Glare Ratio, UGR. Ver fórmulas y tablas en Anexo 04 y resultados en el Anexo 06) considerando situaciones extremas, tanto de ubicación del usuario dentro del ambiente, como de la luminancia del cielo frente a la del segundo plano.

Debido a la gran cantidad de cálculos que se requieren para predecir la existencia del fenómeno de deslumbramiento en diversos puntos del ambiente, se considera la utilización de una *hoja de cálculo*; ello además de la facilidad que ofrece el mismo programa en lo que respecta a la presentación de los resultados.

Los consideraciones específicas en la predicción del deslumbramiento se encuentran detallados en la propia evaluación (V.2.2.2. Deslumbramiento).

V.1.3. DEFINICIÓN DEL 'AMBIENTE Y TEATINA MODELO'.

A partir de las fichas levantadas (Ver Anexo 01), que contenían en total noventa y cuatro teatinas en similar número de habitaciones, se caracterizan ambos elementos en el Capítulo IV (IV.4.3. La habitación y IV.4.4. La teatina). A continuación, y en base a los contenidos de dichos títulos, se propone una habitación y una teatina que, relacionadas entre sí, representen una situación típica en sus proporciones, dimensiones y acabados.

Esto permite, durante la evaluación, la sistematización de los resultados, principalmente de aquellos basados en las pruebas con modelos a escala. También facilita la interpretación de los resultados de dichas pruebas, a partir de la comparación de los mismos.

La Habitación.

Las habitaciones que contenían las teatinas eran utilizadas generalmente como dormitorios (cámaras) o ambientes anexos a estos (recámaras). Sus proporciones las acercaban a la forma cúbica, aunque alargada en planta en uno de sus lados. Una dimensión prácticamente constante es su altura de piso a techo que, en promedio, y redondeando la cifra, gira en torno a los cuatro metros con veinte centímetros (4.20 metros).

En cuanto a la proporción en planta, la habitación suele ser ligeramente rectangular, resultando uno de sus lados, generalmente, entre un 35 y un 40 % más largo que el otro. Promediando las medidas y manteniendo la proporción mencionada, las dimensiones del ambiente modelo serían de 6.00 x 4.40 metros. Según se comentó en la caracterización de la habitación, si se obvian los casos extremos de habitaciones con plantas deproporcionadas (un 20% de las mismas, aproximadamente), las dimensiones promedio rondaban los 5.50 x 4.50 metros.

Se plantean finalmente dos ambientes 'modelo' que, según convenga, se les considera en una u otra evaluación a realizarse. El primero, el Modelo A, es un ambiente de planta cuadrangular de 5.00 metros de largo y de ancho, por 4.20 metros de altura. Una segunda opción a considerarse, el Modelo B, tendrá las medidas interiores de 6.00 metros de largo, por 4.40 metros de ancho, por 4.20 metros de altura (ver Gráfico V.1.3. - 01).

En todos los casos, y al margen de los materiales que conforman las estructuras que envuelven el espacio, los acabados interiores corresponden igualmente a aquellos utili-

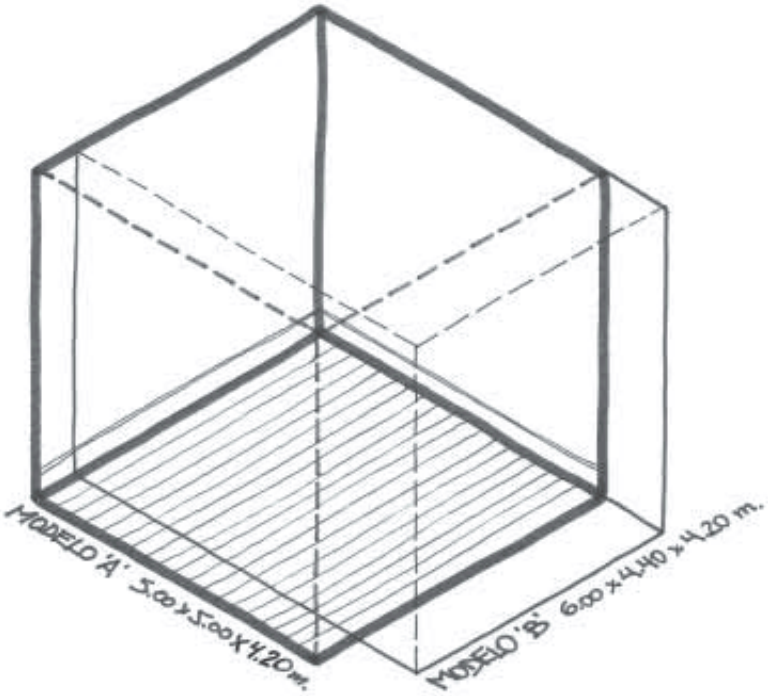


Gráfico V.1.3. - 01: Medidas interiores de la habitación modelo en sus dos alternativas.

zados de manera más frecuente en las habitaciones de los edificios levantados. Esto es: un entablado de madera de tonalidad oscura en el piso (coeficiente de reflexión del piso, $C_{r\,pi}$ = 0.30), unos muros en acabado beige claro ($C_{r\,mu}$ = 0.65) con un zócalo de madera de 20 centímetros de altura y una cubierta en acabado de pintura blanca ($C_{r\,cu}$ = 0.70).

Correspondiendo con la mayoría de los casos, la única abertura considerada para iluminar será la propia teatina. La habitación contará también con cuatro puertas de madera oscura ($C_{r\,pu}$ = 0.30), ubicadas en la parte central de cada una de las paredes interiores. Dichas puertas tendrán unas dimensiones de 1.20 x 2.40 metros.

La presencia de cuatro puertas, habiéndose adelantado que las habitaciones solían tener entre dos y tres, y que cuatro o más sólamente tenían aquellas habitaciones más importantes de los edficios más representativos, se debe en parte a la intención de compensar la presencia de adornos o cuadros, que eran comúnmente considerados en la época en que se concibieron las teatinas.

La presencia de mobiliario es igualmente considerada en alguno de los casos, ello para valorar precisamente su relación con el desempeño térmico y lumínico al interior de la

habitación. Por último, para el material exterior de la cobertura del techo, que influirá directamente en el desempeño lumínico del componente, se considera la torta de barro tradicional ($C_{r\ te}$ = 0.55).

Teatina

Con respecto a la teatina, y con relación a la propia disposición de la habitación, se considera en primer lugar su orientación absoluta con respecto al norte geográfico. Alineados los planos de la teatina ortogonalmente con los muros de la propia habitación, el plano de la abertura termina estando orientada, en la gran mayoría de las veces (más del 80 %), hacia el sur-sur-oeste (SSO); exactamente unos treinta grados en dirección al oeste, midiendo desde el sur.

Con respecto a la posición relativa de la teatina en la habitación, el plano de dicha abertura coincide sobre una de las paredes internas del ambiente. De otro lado, con respecto al eje central de la teatina en el sentido más largo (perpendicular al plano de la abertura), este termina coincidiendo con el eje central de la cubierta de la habitación.

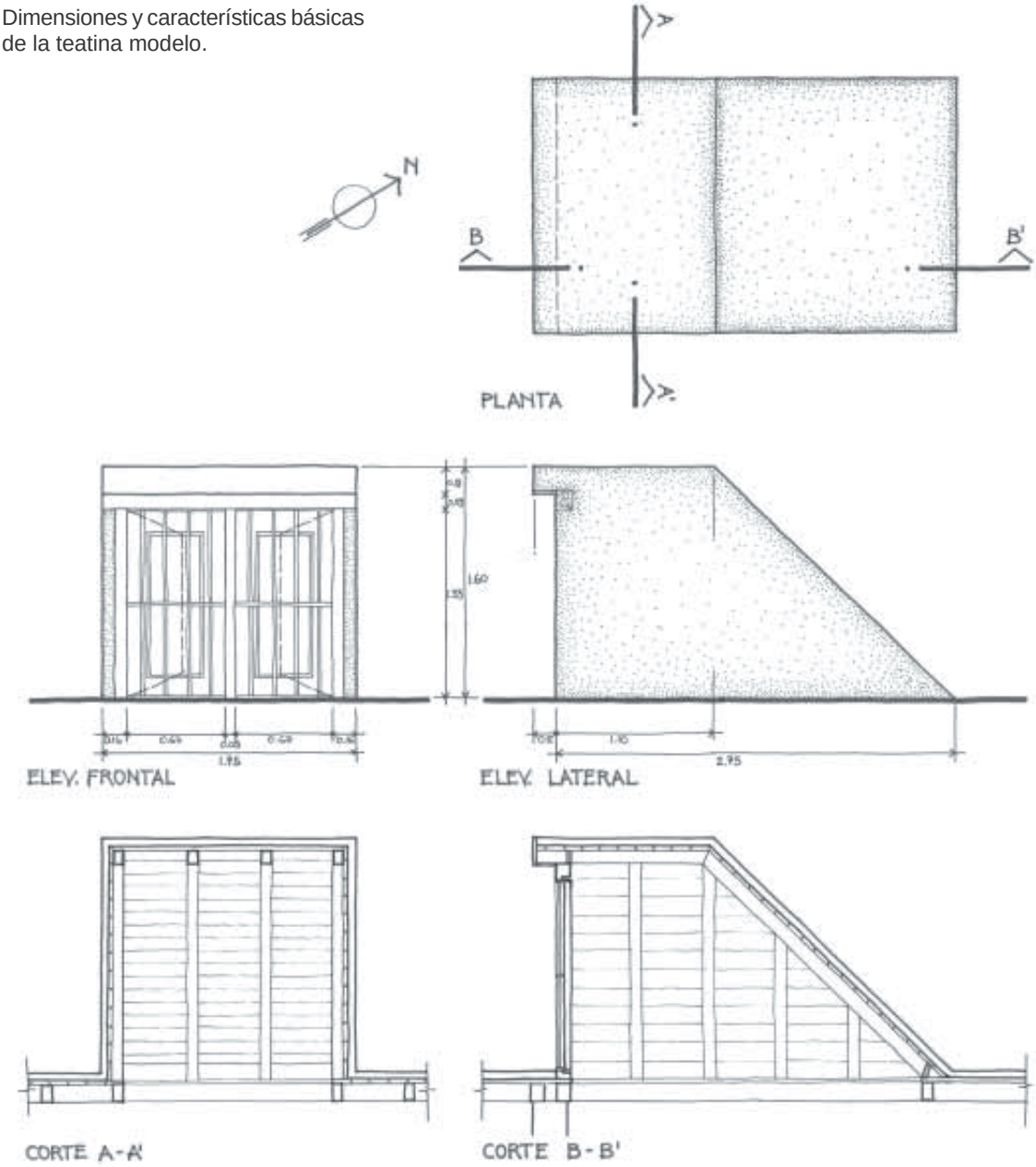
Cabe recalcar que, en el caso de una habitación con planta rectangular, no existe una relación directa entre las proporciones de dicha planta con respecto a aquellas de la abertura que deja la teatina en la cubierta.

En todo caso, esta última particularidad genera dos posibilidades de ubicación relativa: una primera, con la abertura de la teatina ubicada sobre uno de los muros de mayor tamaño, y una segunda opción, con la abertura sobre uno de los muros más pequeños (ver Gráfico IV.4.4.1. - 03 en página 203).

Con respecto a las proporciones y dimensiones del componente, las medidas exteriores promedio, ya expuestas en el capítulo correspondiente a la caracterización, y redondeadas a 0.05 metros, son: ancho, 1.75 m.; altura, 1.60 m.; largo inferior, 2.75 m.; largo superior, 1.10 m. y volado del alero, 0.15 m.

En función de sus particularidades constructivas, y nuevamente considerando las características comunes de los componentes levantados, se termina por deducir las demás dimensiones exteriores e interiores de la teatina modelo (ver Gráfico V.1.3. - 02).

Gráfico V.1.3. - 02:
Dimensiones y características básicas de la teatina modelo.



Con respecto a los acabados del componente, el interior de la estructura coincide con el color de la cubierta de la habitación, es decir, blanco ($C_{r\,cu}$ = 0.70). Se considera la existencia de cerramientos abatibles opacos y/o traslúcidos, según las condiciones que convengan a la evaluación correspondiente.

En el caso de elegir un cerramiento acristalado, este será un vidrio simple ($C_{t\,vi}$ = 0.90), asumiendo un nivel de mantenimiento convencional ($C_{m\,vi}$ = 0.90) debido a la actividad no-industrial que se le asigna al espacio interior, además de suponer que

existe la voluntad y las facilidades para acceder para su limpieza desde el techo. Adicionalmente se considera eventualmente la existencia de una reja (barras de acero) ubicada en la parte anterior a la abertura.

Todos los coeficientes de reflexión y transmisión, asignados a los diversos elementos de la habitación y de la teatina, se deducen a partir de las cifras que presentan diversas tablas (ver Anexo 04). Estos coeficientes se comprueban, además, con el uso de un luxómetro que mide la cantidad de luz que recibe la superficie, en relación a la que logra transmitir o reflejar la misma (en el caso de la reflexión se recomienda hacer la medición de la luz que refleja la superficie a 15 cm. de distacia de la misma). Esto hace finalmente que dichos factores se aproximen de forma considerable a la realidad.

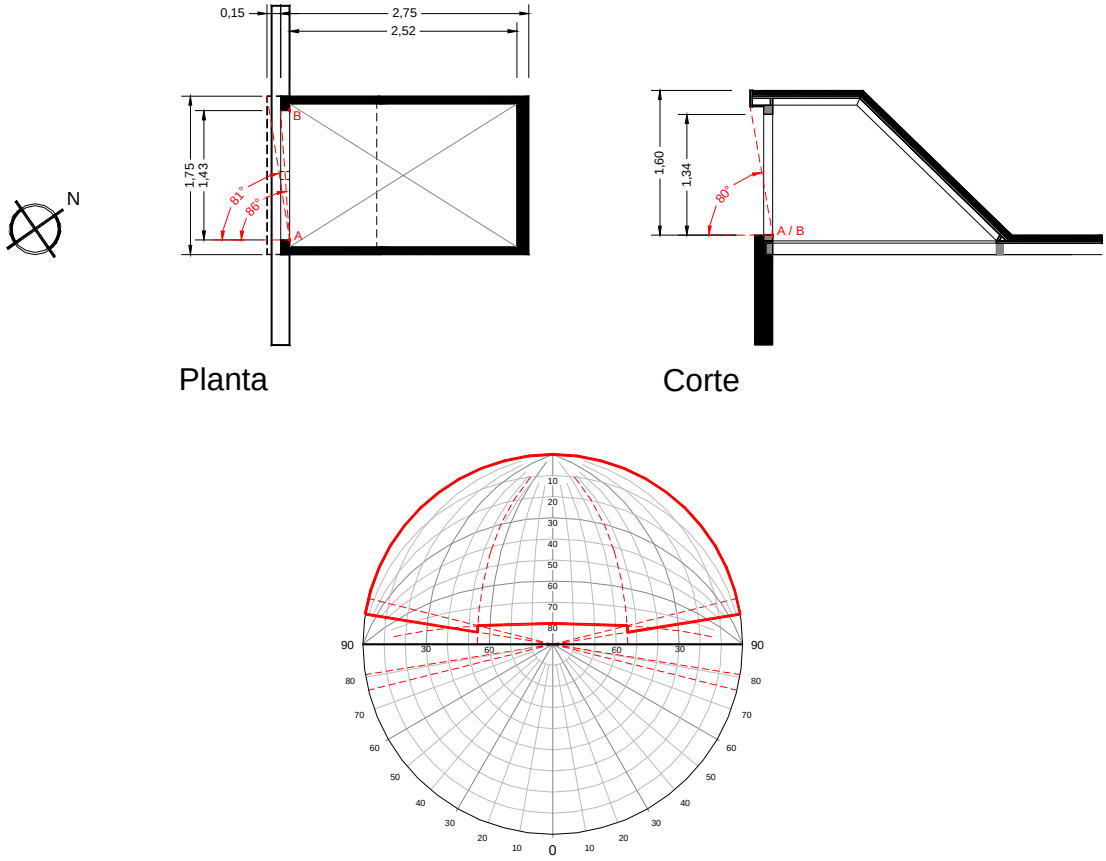
V.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO.

V.2.1. EVALUACIÓN TÉRMICA.

V.2.1.1. Radiación Solar.

El primer aspecto a considerarse dentro del presente título se refiere a la radiación solar directa que termina ingresando a través de la abertura de la teatina. Los ángulos obtenidos a partir de la teatina modelo, pasados al ábaco de fugas y sobrepuestos a la proyección polar equidistante, permiten deducir los días del año y las horas en las que dicha radiación termina ingresando al componente.

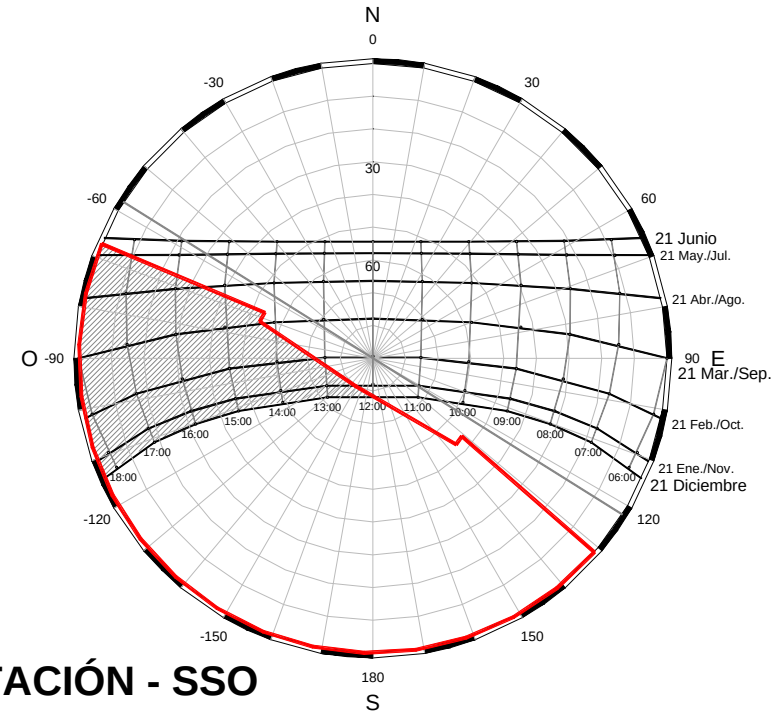
Considerando la orientación típica de la abertura de la teatina (SSO, específicamente 32º al oeste de la dirección sur), la primera de las proyecciones presenta los días y las horas en las cuales existe la posibilidad que dicha radiación penetre al interior del componente (ver Gráfico V.2.2.1. - 03 en la página siguiente).



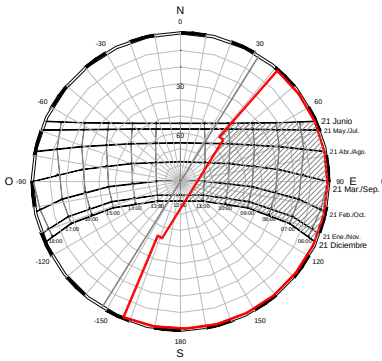
Gráficos V.2.1.1. - 01 y 02:
Medidas y ángulos de la teatina modelo y representación de su abertura sobre el ábaco de fugas de la proyección polar equidistante.

Las tres proyecciones adicionales muestran los resultados obtenidos en la medida que la abertura coincida con las otras tres orientaciones restantes, aún sabiendo que estas representan una mínima proporción frente a la anterior (aproximadamente en el 13%, 6% y 1% de las veces las aberturas se orientan al SEE, NOO y NNE respectivamente).

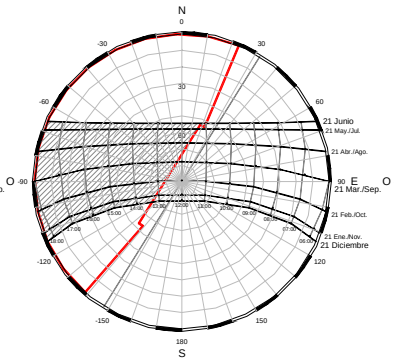
Se deduce que entre los meses de septiembre y marzo se produce la mayor penetración solar a través de la teatina con la orientación más recurrente (SSO). Además, los días en los que se da una mayor cantidad de horas de penetración solar terminan coincidiendo con los meses más cálidos. En las páginas siguientes se simula la manera en que la



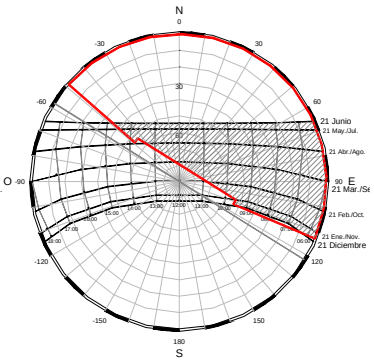
ORIENTACIÓN - SSO



ORIENTACIÓN - SEE



ORIENTACIÓN - NOO

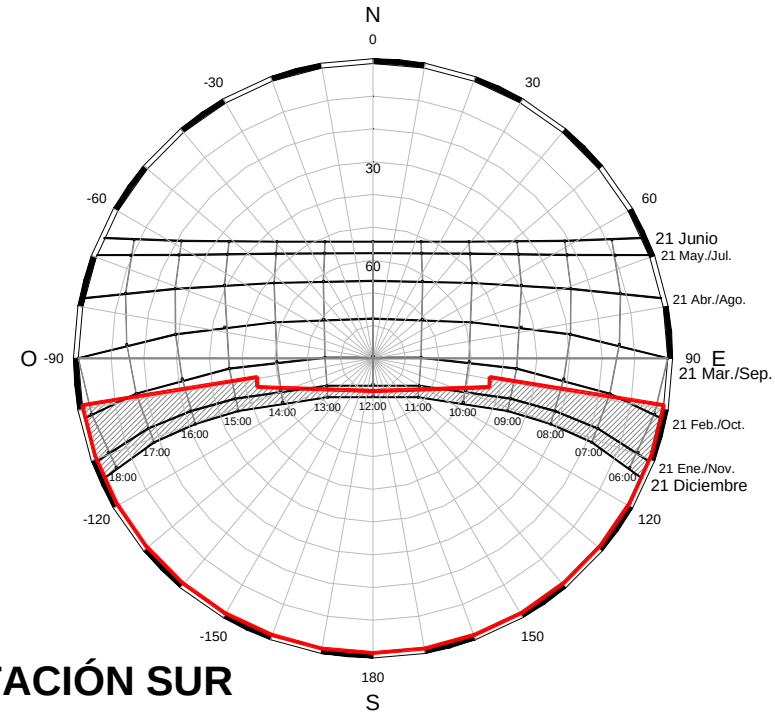


ORIENTACIÓN - NNE

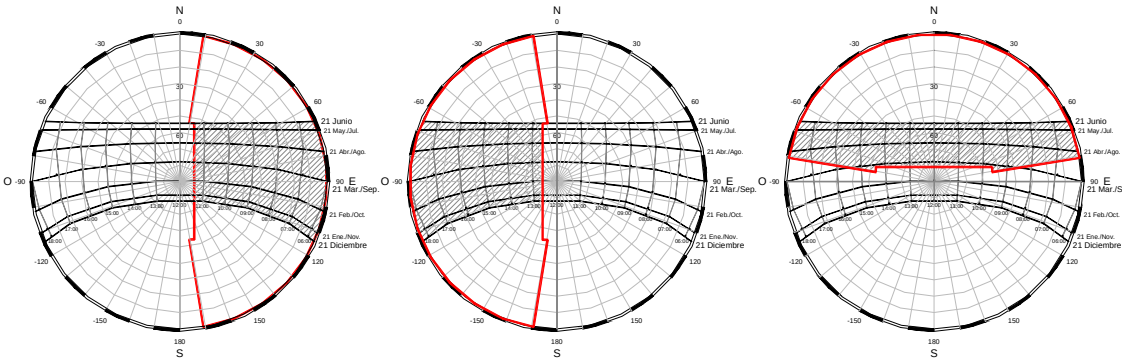
Gráfico V.2.1.1. - 03:
Horas y días de ingreso potencial de radiación solar a través de la abertura de la teatina según su orientación.

radiación solar penetra a través del componente hasta el interior de la habitación (Modelo A, 5.00 x 5.00 x 4.2 m.), permitiendo tener una mejor idea de la cantidad y de la forma en que ésta termina ingresando.

Previamente se presentan los resultados que tendría la penetración solar, frente a una teatina cuya orientación hipotética coincida con los puntos cardinales (N, S, E y O). Se puede deducir a *priori*, que la posibilidad de proteger la abertura de la radiación solar en las orientaciones norte y sur terminan siendo mucho mayores.



ORIENTACIÓN SUR



ORIENTACIÓN ESTE **ORIENTACIÓN OESTE** **ORIENTACIÓN NORTE**

Gráfico V.2.1.1. - 04:
Horas y días de ingreso potencial de radiación solar a través de la abertura de la teatina según su orientación hipotética.

Gráficos V.2.1.1. - 05 y 06:
Vista superior de la teatina e interior de la habitación con la incidencia solar aproximada en los meses de Septiembre y Marzo.

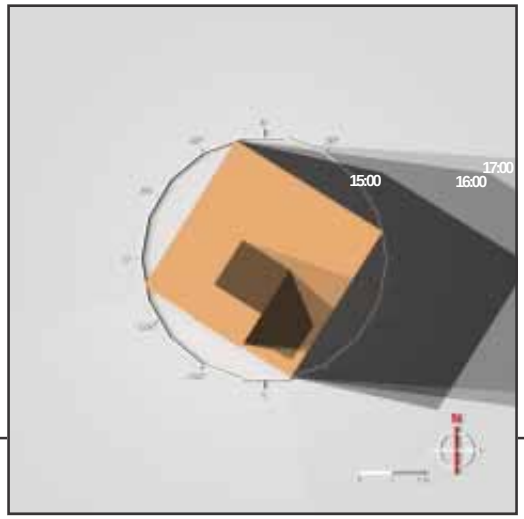
Ubicación: **LIMA**

Latitud: 12º 05' Sur

Longitud: 77º 02' Oeste

21 DE SEPTIEMBRE / 21 DE MARZO

	Acimut	Altura
06:00	-	-
07:00	86.79	14.66
08:00	83.11	29.27
09:00	78.18	43.74
10:00	70.08	57.87
11:00	52.01	70.83
12:00	0.00	77.92
13:00	-52.01	70.83
14:00	-70.08	57.87
15:00	**-78.18**	**43.74**
16:00	**-83.11**	**29.27**
17:00	**-86.79**	**14.66**
18:00	-	-



Vista Superior.

Vista Interior.

Gráficos V.2.1.1. - 07 y 08:
Vista superior de la teatina e interior de la habitación con la incidencia solar aproximada en los meses de Octubre y Febrero.

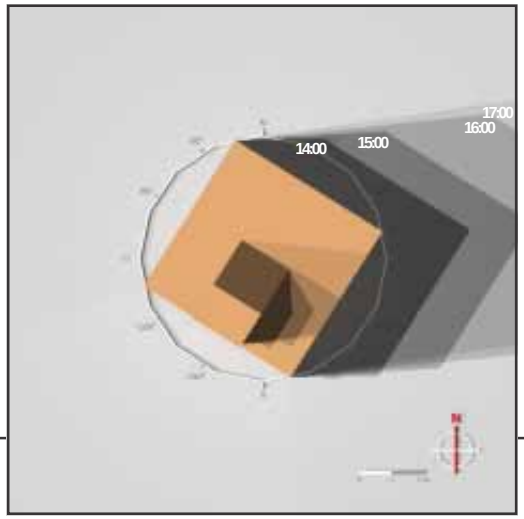
Ubicación: **LIMA**

Latitud: 12º 05' Sur

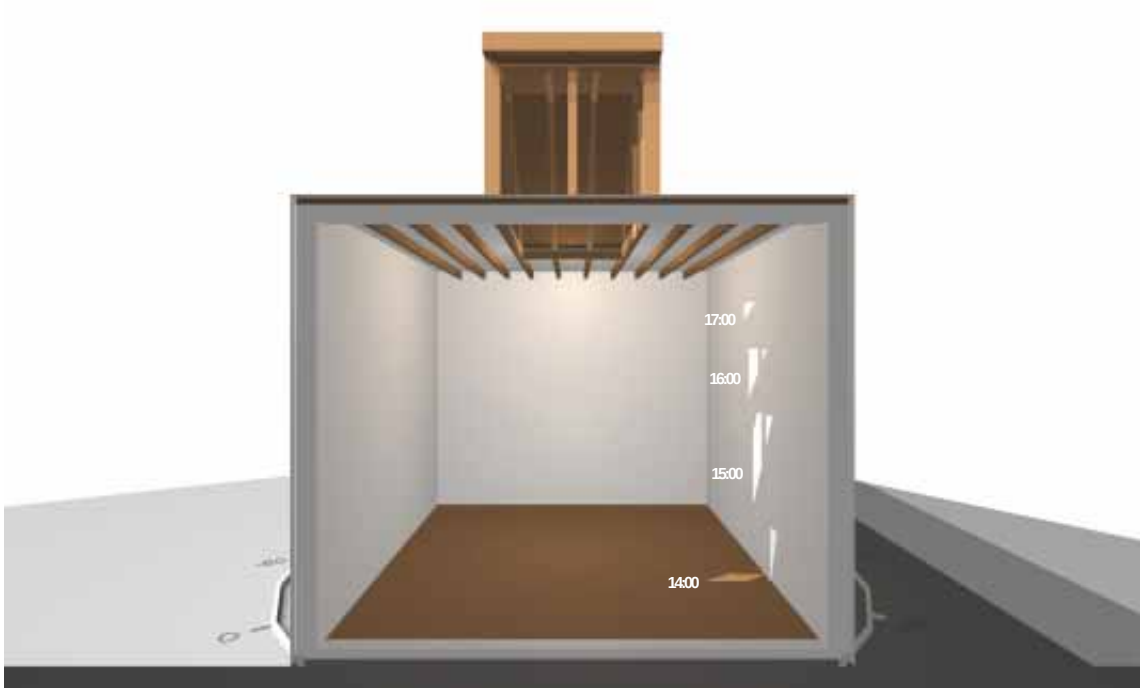
Longitud: 77º 02' Oeste

21 DE OCTUBRE / 21 DE FEBRERO

	Acimut	Altura
06:00	101.25	2.39
07:00	98.52	16.84
08:00	96.21	31.39
09:00	94.12	46.00
10:00	92.03	60.64
11:00	89.29	75.31
12:00	0.00	89.42
13:00	-89.29	75.31
14:00	**-92.03**	**60.64**
15:00	**-94.12**	**46.00**
16:00	**-96.21**	**31.39**
17:00	**-98.52**	**16.84**
18:00	-101.25	2.39



Vista Superior.



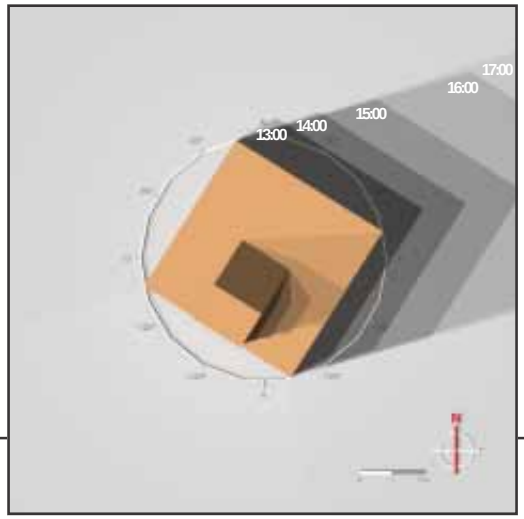
Vista Interior.

Gráficos V.2.1.1. - 09 y 10:
Vista superior de la teatina e interior de la habitación con la incidencia solar aproximada en los meses de Noviembre y Enero.

Ubicación: **LIMA**

Latitud: 12º 05' Sur

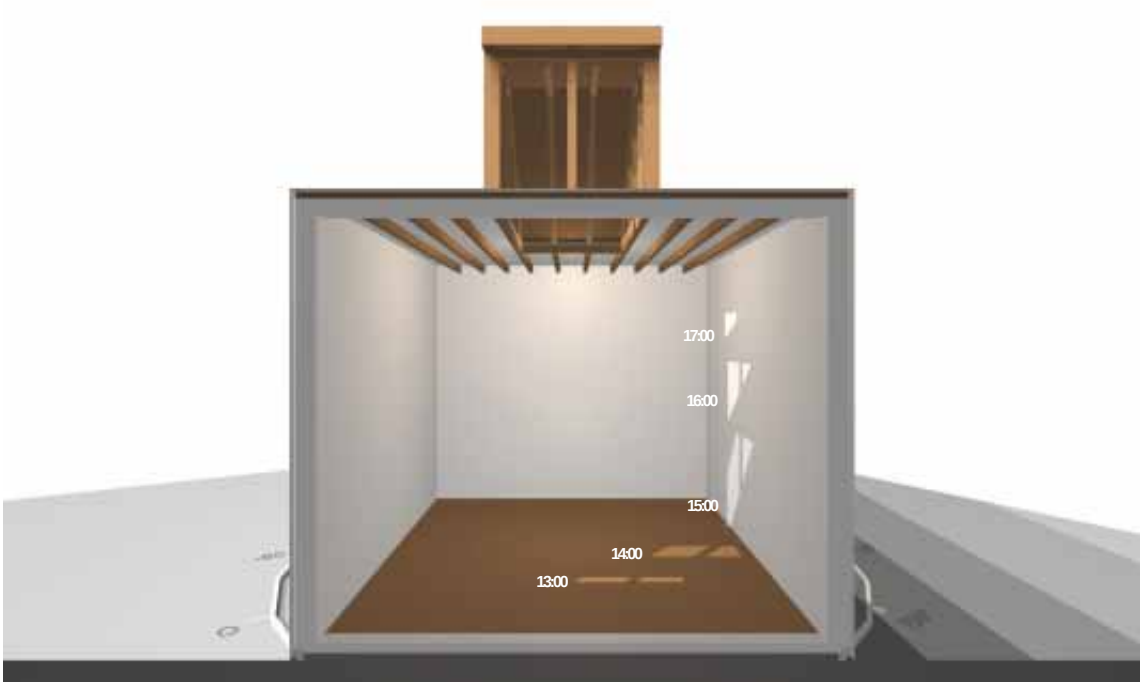
Longitud: 77º 02' Oeste



Vista Superior.

21 DE NOVIEMBRE / 21 DE ENERO

	Acimut	Altura
06:00	109.59	4.10
07:00	107.35	18.02
08:00	106.18	32.07
09:00	106.39	46.16
10:00	109.26	60.15
11:00	120.71	73.57
12:00	180.00	82.08
13:00	**-120.71**	**73.57**
14:00	**-109.26**	**60.15**
15:00	**-106.39**	**46.16**
16:00	**-106.18**	**32.07**
17:00	**-107.35**	**18.02**
18:00	-109.59	4.10



Vista Interior.

Gráficos V.2.1.1. - 11 y 12:
Vista superior de la teatina e interior de la habitación con la incidencia solar aproximada en el mes de Diciembre.

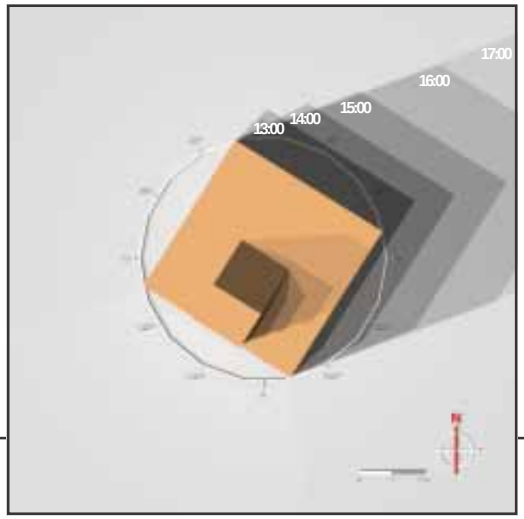
Ubicación: **LIMA**

Latitud: 12º 05' Sur

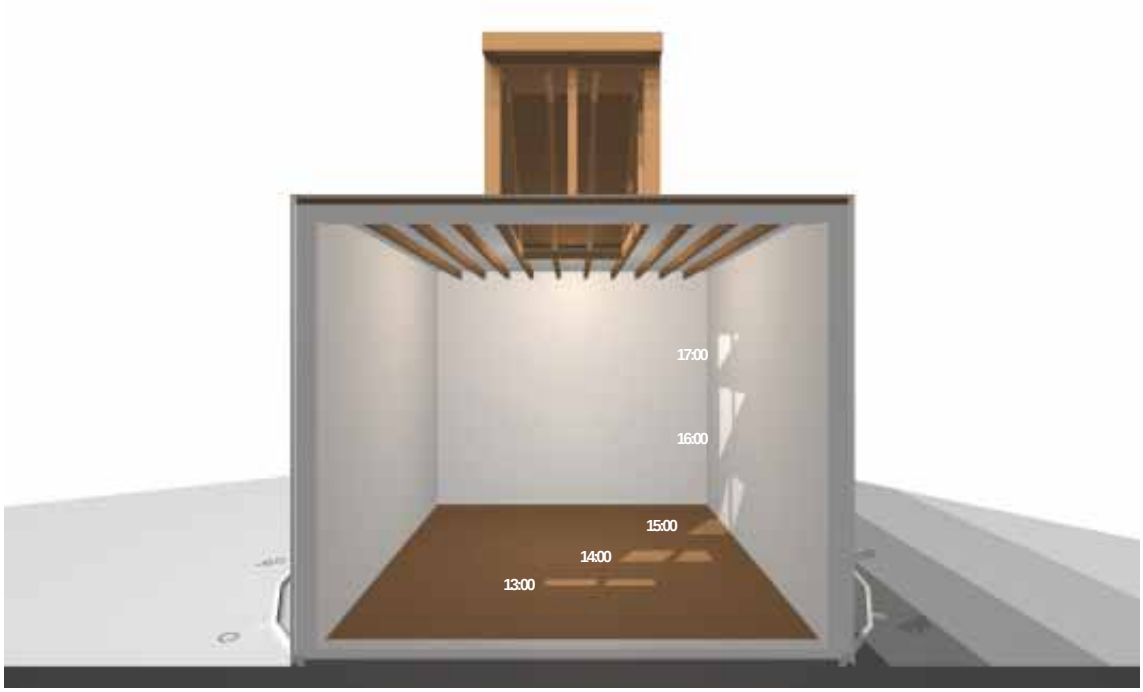
Longitud: 77º 02' Oeste

21 DE DICIEMBRE

	Acimut	Altura
06:00	113.03	4.79
07:00	111.01	18.39
08:00	110.31	32.13
09:00	111.41	45.85
10:00	116.01	59.32
11:00	130.75	71.74
12:00	180.00	78.58
13:00	**-130.75**	**71.74**
14:00	**-116.01**	**59.32**
15:00	**-111.41**	**45.85**
16:00	**-110.31**	**32.13**
17:00	**-111.01**	**18.39**
18:00	-113.03	4.79



Vista Superior.



Vista Interior.

La radiación solar directa que llega a penetrar a través de la abertura resulta siendo prácticamente inexistente en los meses de mayo, junio y julio. En abril y agosto llega a ser muy pequeña, incidiendo de forma más evidente entre los meses de octubre y febrero. Existe una coincidencia en cuanto que los meses de enero y febrero, junto con marzo, ostentan las mayores temperaturas en el año, y que las mismas se terminan produciendo precisamente en las horas en que la radiación directa entra a la habitación; en horas de la tarde, después del mediodía.

Para el cálculo de la cantidad aproximada de energía que penetra al interior del componente por efecto de la radiación solar directa y difusa, se identifica en principio el área de la abertura vertical expuesta que recibe dicha radiación. Los meses considerados para el cálculo son enero y febrero, en la medida que durante los mismos la penetración solar resulta siendo significativamente mayor que en marzo (ver los Gráficos V.2.1.1. - 13 y 14 en la página siguiente).

La radiación solar directa que arriba a las paredes interiores de la habitación termina siendo sólo una fracción de aquella que logra atravesar la abertura vertical de la teatina. La forma misma del componente ('caja' que sobresale del nivel de techo), los marcos de la abertura, la presencia del alero y la existencia de una reja, hacen que gran parte de la radiación incida sobre dichos elementos y sobre las paredes laterales interiores de la misma teatina.

Aún así, debido a la propia dirección del viento, se asume que prácticamente la totalidad de la radiación que llega a incidir sobre los elementos anteriormente mencionados (marco, rejas y paredes interiores) termina ingresando al interior de la habitación en forma de calor. Es por ello que el área final considerada para el cálculo de la ganancia térmica por efectos de la radiación solar directa que incide sobre la abertura vertical termina correspondiendo con la de las puertas de la abertura a las que les cae dicha radiación.

Identificadas las áreas comprometidas es posible determinar, a partir del ábaco correspondiente colocado sobre la proyección polar equidistante (ver ábaco en el Anexo 03, Gráfico 04), la cantidad de radiación solar, directa y difusa, que incide sobre una superficie vertical dispuesta según la orientación típica de la teatina modelo. Los resultados se obtienen sobre la misma proyección, en Watts por metro cuadrado (W / m^2).

Gráfico V.2.1.1. - 13:
ENERO.
Sombra provocada por el alero sobre la abertura de la teatina y área de la misma que recibe radiación solar directa según las horas indicadas.

Gráfico V.2.1.1. - 14:
FEBRERO.
Sombra provocada por el alero sobre la abertura de la teatina y área de la misma que recibe radiación solar directa según las horas indicadas.

Se deduce finalmente la cantidad aproximada de energía solar, en Watts, que llega a ingresar al interior de la habitación (ver Tabla V.2.1.1. - 01). Dichos resultados, que fluctúan entre los 300 y 900 Watts, resultan siendo mayores sobre las 16:00 horas en ambos meses, ello debido a la menor obstrucción que representa el alero, además de la mayor perpendicularidad de los rayos solares con respecto a la abertura.

Las cantidades de energía (calor) que termina ingresando a través de la abertura de la teatina en forma de radiación directa no dejan de resultar significativas. Aún así, estas no llegan a comprometer en principio el confort térmico al interior de la habitación, toda vez que la intensidad y constancia de la ventilación que se da a través de ella misma asegu-

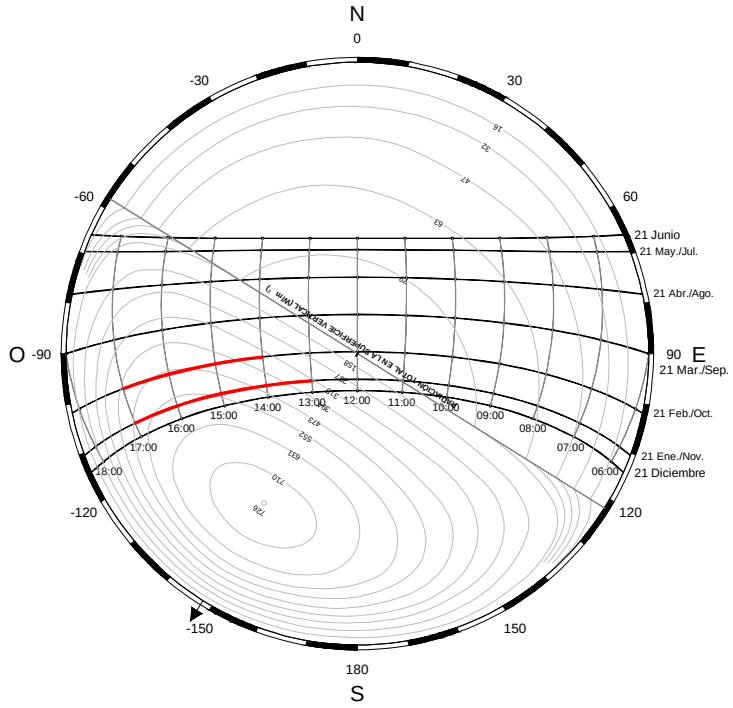


Gráfico V.2.1.1. - 15:
Ábaco superpuesto a la proyección polar equidistante del recorrido solar. Los meses de enero y febrero están marcados y permiten deducir, según las horas, la cantidad de energía solar directa y difusa que incide en la abertura de la teatina orientada al SSO (W / m^2).

		Area (m²)	Watts / m²	Watts
ENERO	13:00	0.93	320	**298**
	14:00	1.35	450	**608**
	15:00	1.56	540	**842**
	16:00	1.69	580	**980**
	17:00	1.77	480	**850**
FEBRERO	14:00	1.03	330	**340**
	15:00	1.44	440	**634**
	16:00	1.64	480	**787**
	17:00	1.77	410	**726**

Tabla V.2.1.1. - 01:
Valores finales aproximados de la cantidad de energía solar (Watts) que ingresa a la habitación a través de la abertura de la teatina según las horas y los meses indicados.

ran que dicho calor termine siendo rápidamente desplazado. Este aspecto concreto, relacionado precisamente con el tema de la ventilación, se aborda en el título siguiente.

Existen un par de aspectos adicionales que aportan en la valoración del fenómeno. Uno de ellos es reconocer que la radiación es ligeramente mayor en los meses de diciembre y enero que, aún cuando la temperatura del aire es relativamente elevada, no lo es tanto como en febrero y marzo. Una segunda consideración es que a las 16:00 horas, cuando

la energía solar que ingresa es mayor, la temperatura del aire exterior ya se ha reducido por lo menos en uno o dos grados centígrados (alrededor de los 24.5 ºC, ver Gráfico III.1 - 05). Se puede afirmar que el ingreso de dicha energía solar en cantidades significativas se reduce únicamente a tres o cuatro horas del día.

El componente ostenta una abertura relativamente pequeña y medianamente protegida por un alero. Ambas particularidades, principalmente la segunda, reduce el área efectiva de incidencia solar en las horas más conflictivas en relación a la temperatura exterior (entre las 13:00 y las 15:00 horas).

En función de la orientación relativa de la abertura frente al recorrido solar, se presume *a priori* que la consideración de un eventual sistema de parasoles verticales resultaría bastante eficiente como un elemento de protección de la radiación directa, sin que ello implique la interrupción considerable del ingreso de luz y viento.

El segundo aspecto a considerarse dentro del presente título es la de la ganancia de energía hacia el interior de la teatina y de la propia habitación a partir de la transmisión de calor por conducción, fenómeno que se termina produciendo a través de los elementos opacos que conforman el componente cenital.

En la medida que se identifica un ingreso continuo de corriente de aire a través de la abertura de la teatina en las horas más cálidas, se asume que no existe una diferencia de temperaturas a considerarse entre las superficies exterior e interior del componente; en definitiva, no existe una transmisión de calor 'aire-aire'. Aún así, existe una cantidad de energía que termina atravesando el componente e ingresando al interior del mismo, ello debido a la radiación solar (directa e indirecta) que termina incidiendo sobre las superficies exteriores opacas.

Para la predicción de la energía (calor) que traspasa el elemento a través de dichas superficies se hace necesario recurrir al concepto de temperatura 'sol-aire' (t_{sa}), variable que 'reemplaza' a la temperatura exterior y que considera, además de esta última, la cantidad de radiación solar (directa e indirecta) que incide sobre las superficies (*R*), la absorbidad del material expuesto a dicha radiación (α) y la resistencia de la superficie externa al paso de calor (r_o).

A partir de estas últimas consideraciones, y asumiendo una situación estable en las condiciones de temperatura y radiación, la fórmula base que permite predecir la energía (o calor, en Watts) transmitida debido a una diferencia de temperaturas exterior e interior del aire ($Q = U \cdot A \cdot \Delta t$), se presenta de la siguiente manera en la medida que se considere la radiación incidente:

$$Q = U \cdot A \cdot \alpha \cdot R \cdot r_o,$$

donde:

Q	=	Cantidad de calor transmitido hacia el interior, Watts.
U	=	Valor-U de la envolvente, W / m² Cº.
A	=	Área proyectada expuesta a la radiación solar, m².
α	=	Absorbidad (*absorptivity*) de la superficie,
R	=	Radiación solar incidente, directa y difusa, en Watts.
r_o	=	Resistencia de la superficie externa, m² Cº / W

El Valor-U (U, ó transmitancia térmica, unidad: W / m² Cº) se obtiene a partir de la inversa de la sumatoria de cada una de las resistencias (Valor-R) que ofrece el cerramiento de la teatina. Estos últimos suelen deducirse a partir de tablas y, en el caso de los propios materiales, a partir del espesor y de la conductividad térmica (Valor-k) que ostentan (la Tabla V.2.1.1. - 02, en la página siguiente, presenta el procedimiento detallado).

Para la deducción del área expuesta a la radiación directa, se considera el momento más crítico del día, es decir, las horas cercanas al mediodía, situación en la que los rayos del sol son más fuertes, además de incidir de forma perpendicular a una gran parte del componente. El área proyectada comprometida en dicho momento, asumiendo las dimensiones de la teatina modelo, termina aproximándose a los 5.00 m².

La absorbidad de la superficie exterior (α), considerando el acabado superficial y el color del material, se asume como 0.45; la radiación incidente sobre las superficies expuestas (*R*) se considera como 1000 Watts, cifra aproximada que permite acercarse a los valores que se suelen alcanzar al mediodía; finalmente, el valor de r_o presenta un valor que, bajo las condiciones expuestas, se asume como 0.05 m² Cº / W.

A partir de las variables deducidas, la cantidad aproximada de energía (Q) que atraviesa las superficies opacas del componente se acerca a los 170 Watts. Esta cantidad de calor resulta siendo relativamente baja, ello debido a las cualidades térmicas

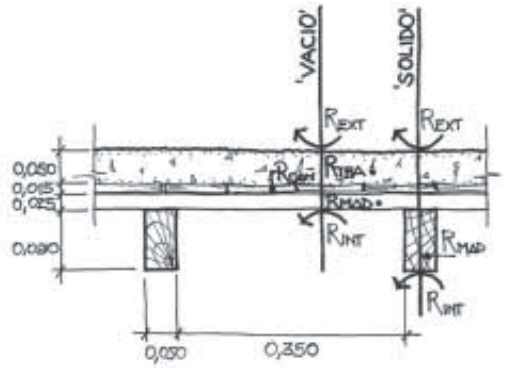


Gráfico V.2.1.1. - 16:
Esquema de las diferentes resistencias térmicas del cerramiento de la teatina.

Tabla V.2.1.1. - 02:
Procedimiento de cálculo del Valor-U del cerramiento típico de una teatina.

'SÓLIDO' (coef. cor. = 0.125)	**Espesor (m)**	**Conductividad Térmica (W/mºC) Valor-k**	**Resistencia Térmica (m^2Cº/W) Valor-R**
Superficie interna	-	-	0.106
Vigueta de madera	0.090	0.140	0.643
Entablado	0.025	0.140	0.179
Caña	0.015	0.085	0.176
Torta de Barro	0.050	0.450	0.111
Superficie externa	-	-	0.050
Valor-R Total (m^2Cº/W)			**1.265**
Valor-U / 'Sólido' (Transmitancia, W/m^2Cº)			**0.791**

'VACIO' (coef. cor. = 0.875)	**Espesor (m)**	**Conductividad Térmica (W/mºC) Valor-k**	**Resistencia Térmica (m^2Cº/W) Valor-R**
Superficie interna	-	-	0.106
Entablado	0.025	0.140	0.179
Caña	0.015	0.085	0.176
Torta de Barro	0.050	0.450	0.111
Superficie externa	-	-	0.050
Valor-R Total (m^2Cº/W)			**0.622**
Valor-U / 'Vacio' (Transmitancia, W/m^2Cº)			**1.607**

Valor-U / Total* (W/m^2Cº)	**1.505**

* Valores-U Parciales multiplicados por los coeficientes de corrección en función del área efectiva.

de los materiales que la conforman, además del acabado relativamente claro de las superficies exteriores.

Resulta previsible que dicho calor que atraviesa el material opaco, significativamente menor que aquel provocado por la radiación directa, y que termina ingresando a las inmediaciones de la teatina y posteriormente a la habitación, termina siendo igualmente evacuado con relativa facilidad y rapidez por el movimiento de aire que se genera gracias a la propia teatina.

Un aspecto adicional a considerar, asociado a la radiación que incide sobre el cuerpo opaco de la teatina, es el de la relación entre la inclinación del recorrido solar frente a la forma misma del componente. La ligera inclinación hacia el sur del recorrido solar en verano hace que una pequeña parte de radiación directa termine ingresando a través de la abertura vertical de la teatina, tal como ya se ha visto en las páginas anteriores.

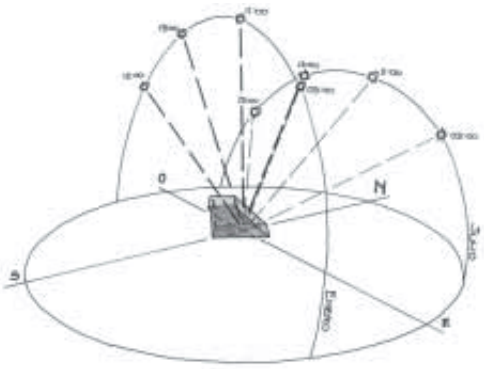


Gráfico V.2.1.1. - 17:
Vista del recorrido solar sobre la teatina, mostrando dicho recorrido en los meses de Enero (verano) y Julio (invierno).

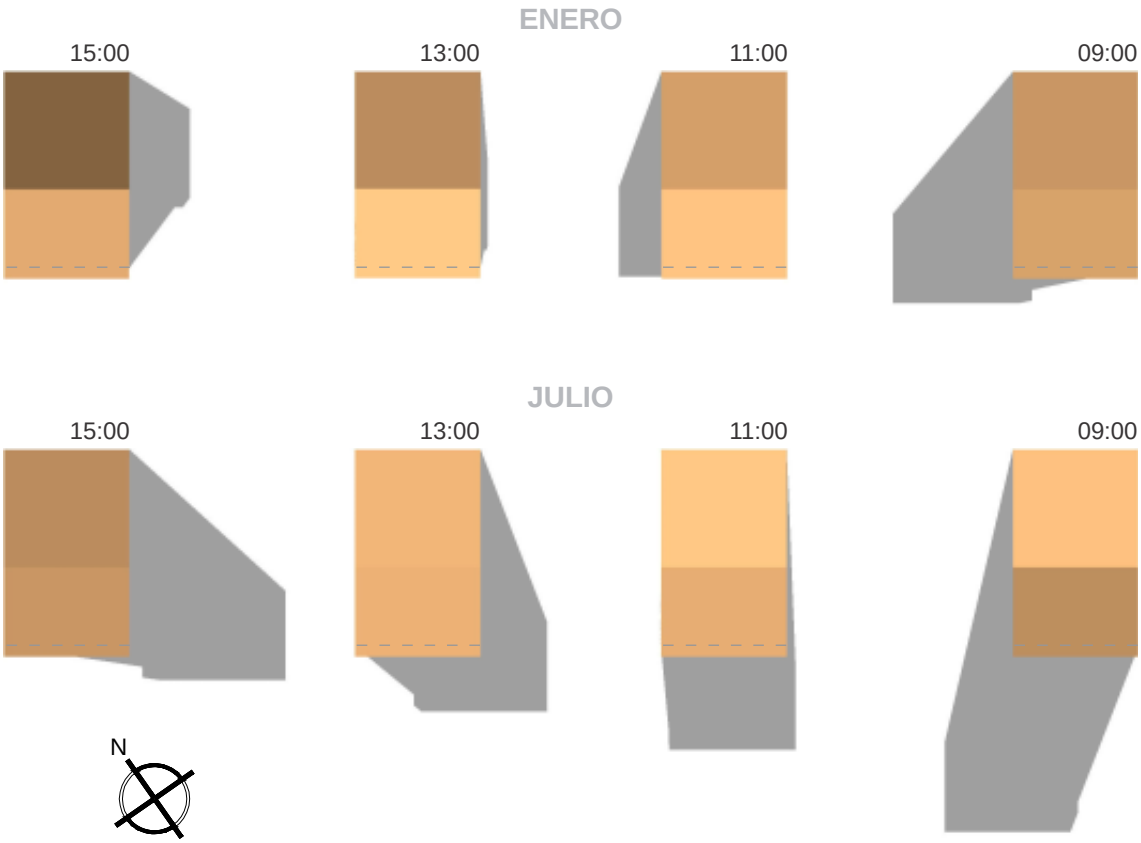


Gráfico V.2.1.1. - 18:
Arrojo de sombras de la teatina en los meses de Enero (inicios de verano) y Julio (inicios de invierno) durante las horas de mayor incidencia solar. La intensidad de la radiación solar directa sobre las superficies superiores de la teatina está en relación directa a la propia luminosidad que presentan.

Frente a ello resalta el hecho que la inclinación de una de las superficies (la posterior a la abertura vertical, que a su vez resulta siendo la de mayor área) termina evitando una gran parte de dicha radiación directa, compensando en parte las ganancias de calor previamente contempladas (ver Gráficos V.2.1.1. - 17 y 18). De otro lado la radiación solar directa en los meses de invierno, que esporádicamente se llega a producir en la ciudad, termina cayendo de forma casi perpendicular a dicha superficie inclinada.

En definitiva, se puede afirmar que, tanto la radiación solar directa y difusa que ingresa a través de la abertura de la teatina, como el calor que logra atravesar el material opaco, no llegan a tener una marcada capacidad de elevar, de forma efectiva, la temperatura al interior de la habitación; ello toda vez que la ventilación que provee el propio componente asegura *a priori* la evacuación continua del calor excedente, salvo en aquellas horas en las que el aire exterior es más cálido que el interior. Precisamente, como se verá en la última parte del título siguiente, la cantidad de calor que termina ingresando mediante la propia ventilación en las horas más cálidas del día (entre las 12:00 y las 15:00 horas) resulta siendo significativamente mayor.

De otro lado, la radiación solar directa que termina ingresando hasta el interior de la habitación, a una altura que alcanza el nivel de los usuarios, si presenta situaciones potenciales de disconfort térmico en la medida que dicha radiación llegue a incidir sobre los ocupantes del ambiente. En todo caso, dicha radiación llega a darse únicamente entre los meses de noviembre y enero.

V.2.1.2. Ventilación.

El tema de la ventilación se trata a partir de dos consideraciones: una primera que hace referencia a las características energéticas propias del aire, y una segunda que indaga sobre el movimiento del mismo al interior de la habitación.

La prueba 'in situ', realizada en una de las habitaciones de la Casa de la Riva (ver Anexo 01, Ficha 09) para la identificación de las características del aire, se efectuó durante el verano, en un lapso de 72 horas consecutivas. Las características de dichos días fueron muy similares y, ante todo, resultaron típicos de la estación: con presencia de radiación solar directa, de temperaturas relativamente altas y de brisa constante.

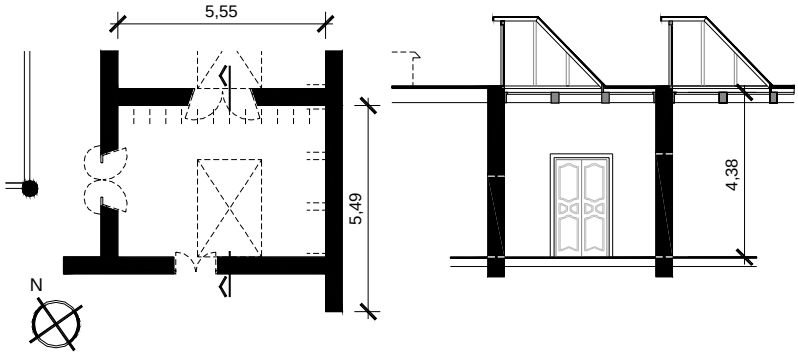


Gráfico V.2.1.2. - 01:
Dimensiones del ambiente evaluado (Habitación 01 en Ficha 09, ver Anexo 01).

Foto V.2.1.2. - 01:
Vista interior de la habitación.

Foto V.2.1.2. - 02:
Vista, en primer plano, de la estación exterior. Al fondo la teatina

Foto V.2.1.2. - 03:
Vista de los dos termohigrómetros interiores.

En cuanto al aspecto energético del aire, habiendo permanecido la habitación con la puerta y la teatina abierta, se realizó una primera medición horaria de la temperatura y la humedad relativa del mismo en tres puntos diferentes (ver detalles en V.1.1. Metodología de Evaluación Térmica) por 24 horas consecutivas. Luego, habiendo permanecido la teatina cerrada las 24 horas siguientes, se procedió a una segunda secuencia de medición horaria de 24 horas adicionales, simulando una habitación sin teatina; únicamente con la puerta abierta (ver Gráficos V.2.1.2. - 02 y 03. Los resultados numéricos se encuentran en el Anexo 06).

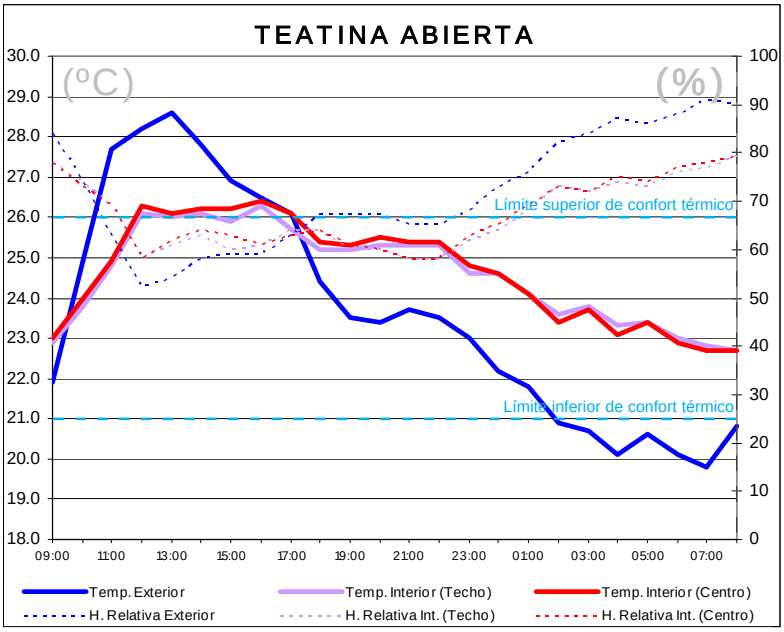


Gráfico V.2.1.2. - 02: Datos de temperatura y humedad relativa del aire, con la abertura vertical de la teatina abierta, en las tres estaciones dispuestas: exterior (azul), interior bajo abertura de la teatina (lila) e interior a 150 cm. sobre el nivel del suelo (rojo).

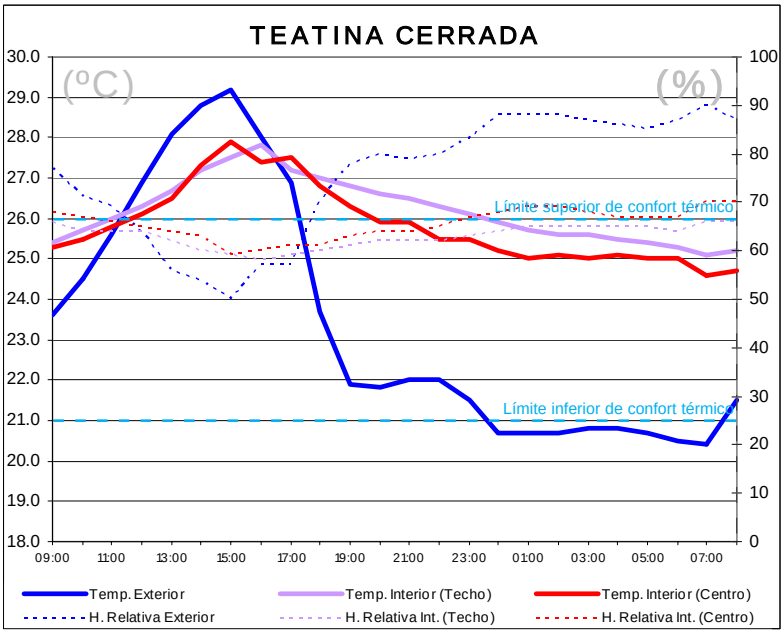


Gráfico V.2.1.2. - 03: Datos de temperatura y humedad relativa del aire, con la abertura vertical de la teatina cerrada, en las tres estaciones dispuestas: exterior (azul), interior bajo abertura de la teatina (lila) e interior a 150 cm. sobre el nivel del suelo (rojo).

Los mismos resultados se presentan a continuación sobre el ábaco psicométrico del aire (Gráficos V.2.1.2. - 04 y 05), en donde se evidencia con mayor claridad la variación de las condiciones de temperatura y humedad relativa durante las mediciones bajo las dos condiciones de abertura de la teatina.

Se resalta el hecho que, para el caso de la teatina abierta, la zona de confort termina ampliándose en la medida que se termina dando precisamente una condición de movimiento de aire al interior de la habitación.

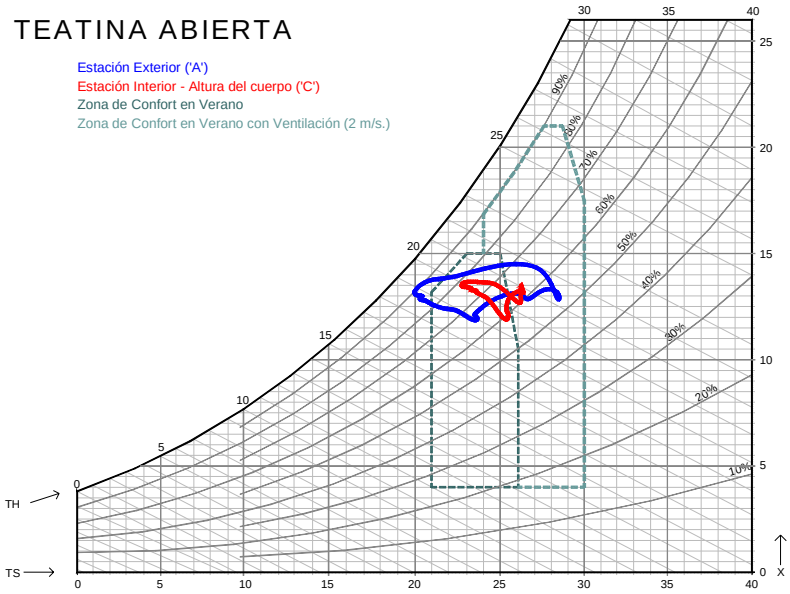


Gráfico V.2.1.2. - 04: Datos de temperatura y humedad relativa del aire sobre el ábaco psicométrico considerando la abertura vertical de la teatina abierta. Se representa las estaciones exterior (en azul) e interior (a nivel de la persona, en rojo).

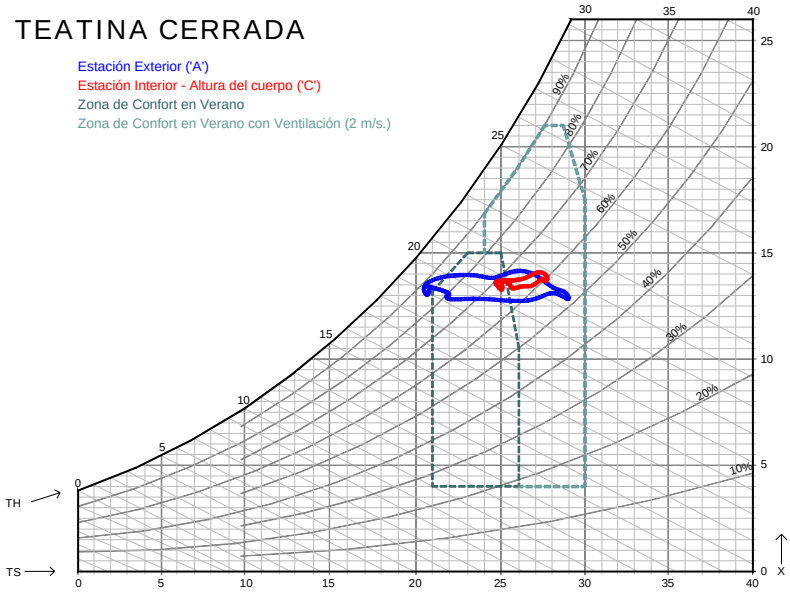


Gráfico V.2.1.2. - 05: Datos de temperatura y humedad relativa del aire sobre el ábaco psicométrico, considerando la abertura vertical de la teatina cerrada. Se representa nuevamente las estaciones exterior e interior.

Se advierte en principio una estrecha relación entre las tendencias de las condiciones exteriores e interiores en ambas situaciones, tanto a nivel de temperatura como de humedad relativa del aire. Aún así, en el caso de la teatina cerrada, esta relación es menos abrupta y presenta un ligero desfase (de aproximadamente una hora).

Un primer aspecto que resalta en los resultados es que, si bien en ambos días la temperatura exterior llega a ubicarse alrededor de los 29 grados centígrados, con la teatina cerrada esta alcanza prácticamente los 28 grados dentro de la habitación, mientras que con la teatina abierta no llega a alejarse de los 26 grados (ello a pesar que, como se verá en las siguientes páginas, el viento ingresa directamente al centro de la habitación, precisamente donde se encuentra el sensor interno).

Llama la atención la temperatura mínima que alcanza el aire al interior de la habitación con la teatina abierta en las primeras horas de la mañana. Aún cuando los valores terminan rondando los 23 grados centígrados, dichas temperaturas relativamente bajas son las que permiten finalmente enfriar la masa al interior de la habitación (paredes, piso, techo y, eventualmente, mobiliario); dicha masa 'enfriada' termina absorbiendo, en principio, gran parte del calor del aire en las horas en donde la temperatura resulta más alta.

Resultan igualmente llamativos los niveles de temperatura y humedad relativa del aire que se da entre el nivel de las personas y la parte alta de la habitación. Ellos terminan siendo prácticamente iguales cuando la teatina se encuentra abierta. En el caso de la teatina cerrada, salvo en horas de la tarde, si se presenta un desfase entre dichos resultados que evidencia un aire más caliente (entre medio y un grado centígrado más) que se tiende a acumular en la parte alta de la habitación.

Con respecto a la humedad relativa del aire, esta mantiene en todo momento la relación directa con respecto la temperatura del mismo. Así, en el caso de la teatina cerrada se evidencia una situación muy estable durante el día y con valores que suelen estar entre los 60 y 70%. En el caso de la teatina abierta, dichos valores, coincidiendo con la tendencia exterior, llegan a ser más variables, principalmente en horas de la madrugada y primeras de la mañana, en las que el porcentaje llega al 80%; aún así, esta cifra representa 10% menos de lo que se da en ese momento en el exterior.

Las diferencias entre los resultados obtenidos con la teatina abierta y cerrada serían incluso más notorias en la medida que el tiempo previo a la segunda medición hubiese resultado más extenso (y por lo mismo, más real). Un hecho que influyó adicionalmente en que la diferencia de los resultados no fuera más amplia fue la presencia de una ligera infiltración de aire a través de la carpintería de la teatina; situación que resultó prácticamente inevitable debido a la antigüedad de la estructura y a su estado de conservación.

Se pudo constatar adicionalmente que, a pesar del alto nivel de humedad relativa que presenta el aire exterior por muchas horas, no llega a percibirse que la superficie de tierra con la que son recubiertos los techos de las casas lleguen a humedecerse lo necesario como para que se pueda presentar un posterior fenómeno de evaporación (y por extensión, de enfriamiento del aire y el propio techo). Las lloviznas de verano son tan eventuales que difícilmente se encuentre alguna relación que vincule el fenómeno mencionado con el material y la teatina misma.

Dicho fenómeno sí podría estar relacionado con aquellas afirmaciones que recuerdan que en los siglos precedentes era común tender ropa y poner vegetación en los techos. Las lloviznas persistentes y la elevada humedad relativa que terminan humedeciendo efectivamente la torta de barro, pero que llegan a presentarse precisamente en los meses de invierno, descartan la eficiencia y la propia utilidad del fenómeno de evaporación.

Dentro del segundo aspecto a tratar en el tema del aire, que es el del movimiento del mismo al interior de la habitación, interesa en principio su recorrido y su velocidad, ya

Fotos V.2.1.2. - 04 y 05: Las pruebas con humo, tanto desde el exterior como desde el interior de la habitación, se constituyeron en el principal medio de identificación del recorrido del aire.

sea que este ingrese por la teatina o, en caso contrario, que el propio componente permita su salida. La propia habitación la Casa de la Riva sirvió como lugar de experimentación. Se utilizaron dos anemómetros de forma paralela (uno a la altura de la abertura de la teatina y otro al centro de la habitación, a la altura del cuerpo) para determinar la relación entre ambas velocidades.

La colocación de dos cintas ligeras de papel en la puerta de ingreso a la habitación, una en la parte superior y otra en la inferior, permitieron identificar de forma paralela y continua si el aire ingresaba o salía por ella y por la propia teatina. Esto mismo era posible confirmarlo a partir de pruebas puntuales y sistemáticas realizadas con la máquina de humos (ver Fotos V.2.1.2. - 06 y 07).

Se observó que la dirección del viento a nivel del techo, a pesar de no ser muy estable, llegó a venir principalmente desde el sur y sur-oeste durante el día, ingresando por la teatina y saliendo por la puerta de la habitación hacia la galería abierta del patio del edificio. En horas de la tarde, entre las 6 y 8 de la noche, comenzó a ser más predominante el sentido contrario, manteniéndose la tendencia en adelante: el viento entraba frecuentemente por la puerta y la teatina se convertía en una torre de viento.

Las mismas pruebas con humo permitieron deducir el recorrido del viento al interior de la habitación. Dichas pruebas realizadas principalmente en las horas más calurosas del día, que coinciden con el ingreso de un viento constante por la abertura de la teatina, evidenciaron que el viento se introducía con relativa fuerza a través de ella y que bajaba

Fotos V.2.1.2. - 06 y 07: Sobre la misma teatina, y generando humo en un mismo punto de la abertura, es posible evidenciar los dos diferentes sentidos que puede tomar el viento con respecto a la habitación.

rápidamente al centro de la habitación, para luego repartirse por la parte baja de todo el ambiente y terminar saliendo por la puerta (ver los gráfico V.2.1.2. 07 y siguientes).

Debido a ciertas características particulares de dicha teatina (una gran viga que atraviesa la abertura horizontal, una farola a pocos metros de la abertura vertical y edificios a los alrededores que alteraban las características del viento exterior) se consideró necesario confrontar los resultados con una situación en la que la teatina, manteniendo la proporción y la orientación habitual, salvara las limitaciones de la primera.

Es preciso mencionar que durante el tiempo en que la teatina estuvo cerrada, y manteniéndose abierta sólo la puerta que sale al corredor del patio, el viento al interior se hizo imperceptible (velocidades menores a 0.5 m/s.). Lo que sí se pudo evidenciar, principalmente en las horas más frías y a partir del movimiento de las tiras colgadas en la puerta, fue el ingreso de una débil corriente de viento por la parte baja de la abertura, que terminaba saliendo por la parte alta de la misma (Ver Foto V.2.1.2. - 08).

Retomando el tema del recorrido del viento al interior de una habitación con la teatina abierta, una de las teatinas que presenta un entorno más despejado, que de alguna manera se acerca al perfil de ciudad en los años en que la construcción de dichos componentes llegó a darse de forma sistemática, es la que se encuentra en la Casona de San Marcos (ver Habitación y Teatina 04 de la Ficha 02, Anexo 01 y fotografía en la página siguiente).

Foto V.2.1.2. - 08:
Tiras colgadas en la puerta de la habitación con la teatina cerrada. La inclinación de las mismas indica el ingreso de aire por la parte inferior y la salida del mismo (evidentemente más caliente) por la parte superior, identificándose una corriente convectiva al interior de la habitación.

Se consideró apropiado realizar nuevamente las pruebas de recorrido y velocidad en esta última teatina, durante las horas más cálidas (entre las 11:00 y las 15:00 horas), una semana después de haberse realizado las pruebas anteriores (Casa de la Riva) y en un día de características similares a las descritas para la misma. Resultó evidente una mayor velocidad del viento exterior a la altura del techo (promedio de 2.5 m/s., llegando muchas veces a situarse alrededor de los 5 m/s.) y una mayor constancia en cuanto a su dirección (que, de otro lado, coincidió casi perfectamente con la de la abertura de la teatina, es decir, SSO).

En cuanto al recorrido del viento al interior, este coincidió en gran parte con el comportamiento que tuvo en la habitación de la Casa de la Riva. Es este segundo caso, el vano (con una ventana baja y una alta) se encuentra al frente de la abertura de la propia teatina; de esta manera, el recorrido del aire terminó resultando más evidente y marcado (ver las secuencias de las fotos en las páginas siguientes).

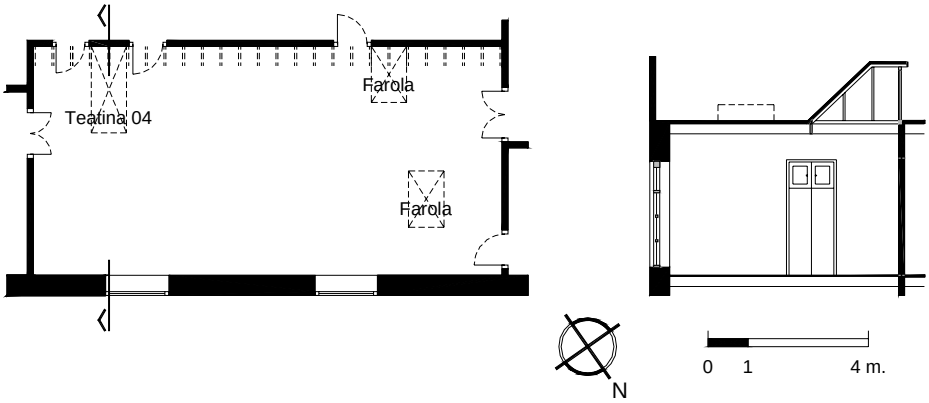


Gráfico V.2.1.2. - 06:
Dimensiones del ambiente evaluado (Habitación 04 en Ficha 02, ver Anexo 01).

Foto V.2.1.2. - 09: Vista de la teatina considerada para la evaluación y de su entorno

Fotos V.2.1.2. - 10 a 17:
Secuencia de fotografías (una por segundo) de la prueba con humo que evidencia la velocidad y el recorrido del viento al entrar por la teatina y salir por una ventana baja al frente de su abertura.

Manteniendo la ventana baja abierta y la alta cerrada, el viento entra por la teatina, baja abruptamente con un ángulo aproximado de 45º (ángulo similar al que forma la superficie inclinada del elemento con respecto a la abertura horizontal) y termina chocando con el piso y repartiéndose en todas las direcciones de la habitación, buscando principalmente la salida por la parte baja y media de la propia ventana.

Con respecto a la intensidad del viento, las velocidades alcanzadas en la parte interior central de la habitación representaron entre un 50 y 60% de la velocidad al exterior. Es así que, con una velocidad exterior entre 2 y 3 m/s., al interior, en la parte central, esta fluctuaba entre 1 y 1.8 m/s. En la periferia de la habitación el aire termina siendo generalmente perceptible, pero con velocidades significativamente menores (generalmente por debajo de los 0.8 m/s).

Una segunda experimentación se hizo con las ventanas bajas cerradas y las altas abiertas. Estas últimas representan aproximadamente la tercera parte del área de las primeras, relación que influyó directamente en la velocidad alcanzada al interior de la habitación, significativamente menor a la de la prueba anterior.

En este caso, para las velocidades exteriores anteriormente citadas (de 2 a 3 m/s.), las velocidades al centro de la habitación fluctuaron únicamente entre los 0.5 a 0.9 m/s. (25 a 30% de la velocidad exterior); las velocidades terminaron reduciéndose en un 50 % con respecto a la ventana baja abierta. En la periferia de la habitación estas se hacían prácticamente imperceptibles (menores a 0.5 m/s).

Fotos V.2.1.2. - 18 a 33:
Secuencia de fotografías de una segunda prueba con humo pero con la ventana alta.

El recorrido del viento al interior terminó siendo también bastante particular ya que, a pesar de la evidente disminución de velocidad, el viento nuevamente bajó a la parte central, recorriendo a lo largo de la habitación por la parte baja y subiendo frente a la ventana para terminar saliendo por la parte alta abierta. Si el aire exterior termina descendiendo una vez ingresado a la habitación, a pesar de ser más cálido que aquel que se encuentra al interior de la misma, se debe tanto a la diferencia de presiones que el propio viento termina generando, como al hecho que ambos, aire exterior e interior, terminan mezclándose rápidamente a partir de la existencia de ciclos convectivos continuos al interior del ambiente.

La filmación de videos (de los cuales se han extraído las fotos presentadas) y la generación de humo puntual en distintas zonas de la habitación permitieron visualizar con mayor precisión el recorrido, el cual se encuentra finalmente esquematizado en los gráficos de las páginas siguientes.

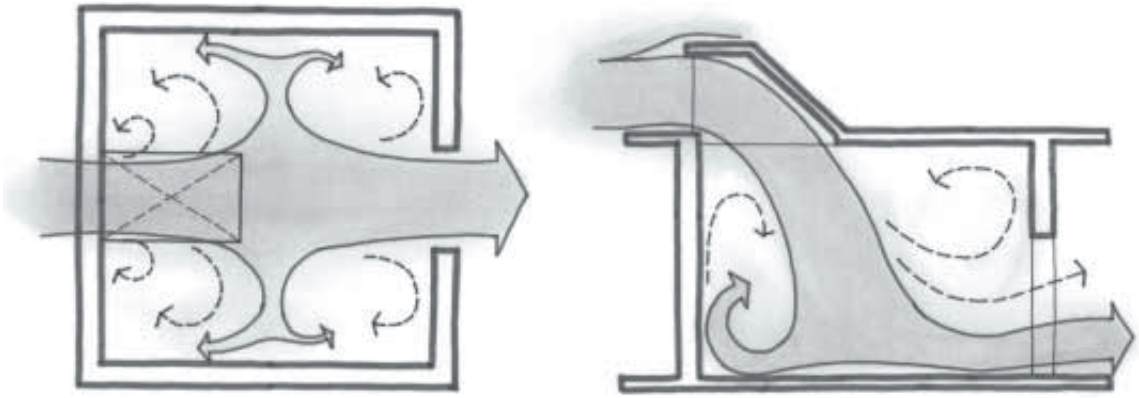


Gráfico V.2.1.2. - 07:
Patrón de recorrido típico del viento al interior de una habitación con teatina y puerta (o ventana baja) frente a ella.

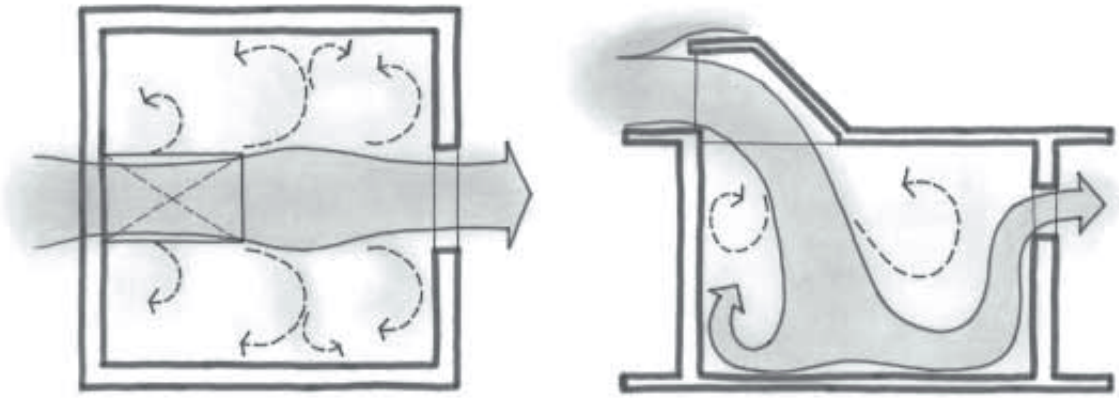


Gráfico V.2.1.2. - 08:
Patrón de recorrido típico del viento al interior de una habitación con teatina y ventana alta frente a ella.

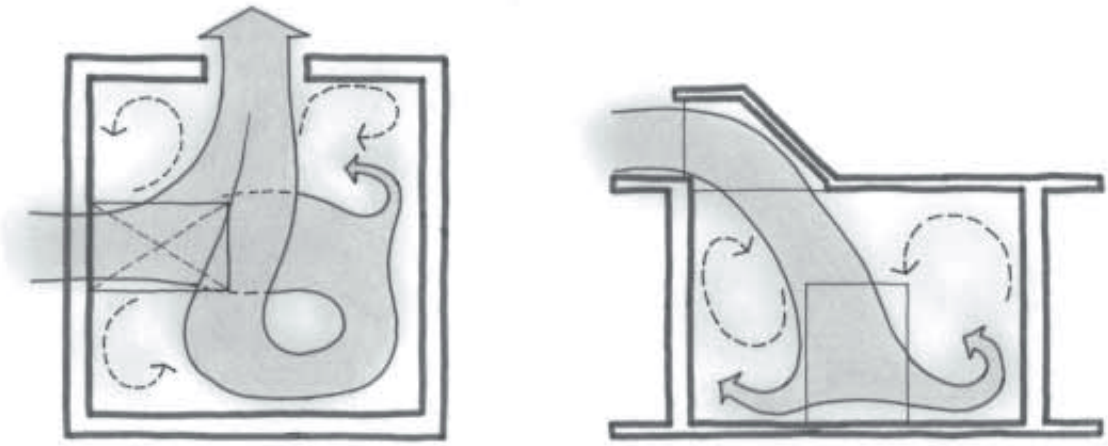


Gráfico V.2.1.2. - 09:
Patrón de recorrido típico del viento al interior de una habitación con teatina y puerta (o ventana baja) en una pared lateral a ella.

Un aspecto adicional a tratar, relacionado directamente con la intensidad y el recorrido de la ventilación, es el del desempeño térmico de la envolvente de la teatina en su capacidad de permitir el paso y la acumulación de calor, debido principalmente de la radiación que recibe. Este aspecto resulta importante en la medida que dicha acumulación de calor al interior del propio componente, principalmente durante los meses de verano y en las horas más cálidas, puede llegar a alterar el comportamiento del viento que ingresa o sale a través del mismo.

La capacidad de almacenar calor de los materiales que conforman la envolvente de la teatina (inercia térmica), relacionada principalmente con la densidad y el espesor de los mismos, resulta siendo moderada. Las secciones de barro, caña y madera (ver Fotos V.2.1.2. - 34 y 35), además del coeficiente de reflexión de la superficie exterior, logran amortiguar la radiación que recibe la envolvente durante en las horas previas al mediodía, sin acumular excesivamente el calor en su estructura.

La propia capacidad de inercia térmica de la estructura de la teatina permite que se de un enfriamiento nocturno de su masa que, a su vez, logra retardar el calentamiento de la misma durante las primeras horas de la mañana. Esto ayuda a evitar, además, los movimientos convectivos al interior de la habitación, haciendo que el ingreso del aire hacia el interior se produzca de forma más efectiva.

Con respecto a la relación entre la ventilación y la ganancia solar, y a partir de aquellos resultados obtenidos en el título anterior, se evidencia que, tanto la radiación

Foto V.2.1.2. - 34:
Detalle de la estructura de una teatina.
El mal estado de la misma permite identificar los materiales que conforman la envolvente: madera, caña y barro.
Nótese el espesor de este último.

solar que ingresa directamente a través de la abertura de la teatina, como el calor que atraviesa el material opaco debido a dicha radiación, no logran alterar de forma evidente la intensidad y el recorrido del viento que termina generándose al interior de la habitación.

Para tener una idea de la capacidad de renovación del aire interior, se puede deducir que, a partir del área de la abertura de la teatina (1.10 m^2) y de la velocidad promedio del viento que termina ingresando a la habitación a través de dicha abertura (aproximadamente 1.5 m/s.), el volumen de aire representa unos 6.000 m^3/h. (cifra que representa alrededor de 200 veces el aire fresco que necesita una persona.

Para efectos de una habitación típica de 105 m^3 (5.00 x 5.00 x 4.20 m), la renovación del aire se acerca a los 58 cambios de aire por hora (c.a.h.), cifra que es muy superior a la requerida para la mayor parte de las actividades domésticas y comerciales, superior incluso que la que se requiere para cocinas de restaurantes (una habitación doméstica requiere aproximadamente 1 a 2 c.a.h.).

La deducción de dichas cantidades termina confirmando la capacidad que tiene el elemento de evacuar los eventuales sobrecalentamientos que se generan a partir de la radiación que incide sobre las superficies exteriores, además de aquella que termina pasando a través de su abertura. Como ya se adelantó en el título anterior, esta ventilación también genera el ingreso de calor en los momentos del día en que el aire exterior es superior al interior; horas que se reducen a un máximo de tres o cuatro por día, generalmente entre las 12:00 y las 15:00 horas. La ganancia por ventilación (Q_v) se deduce a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_v = Ha \cdot N \cdot V \cdot \Delta T,$$

donde:

Q_v = Ganancia total por ventilación, Watts.

Ha = Capacidad calorífica del aire, 0.34 Watts / $m^3 \cdot ºC$ (constante).

N = Número de cambios de aire por hora, se asume 58 c.a. / h.

V = Volumen interior de la habitación, 105 m^3 para la habitación modelo 'A' (5.0 x 5.0 x 4.2 m.).

ΔT = Diferencia promedio de temperaturas exterior e interior entre las 12:00 y las 15:00 horas, aproximadamente 1.5 ºC (ver Anexo 06).

La ganancia de energía por ventilación sería aproximadamente de 3,100 Watts entre las horas indicadas, situación que se revierte durante gran parte del día en el que se da una pérdida. Si bien la cantidad es significativa, esta termina mezclándose con un aire interior que se mantiene fresco en la medida de la presencia de la masa térmica de la propia habitación. El movimiento de aire provee a su vez de ventilación directa a las personas, fenómeno que, en definitiva, es el que logra mantener una situación de confort térmico durante las horas más 'conflictivas' del día.

V.2.2. EVALUACIÓN LUMÍNICA.

V.2.2.1. Nivel de iluminación.

La presente evaluación busca identificar la distribución de los niveles de iluminación (iluminancias) al interior de la habitación, ello sobre un plano de trabajo ubicado a 80 centímetros del nivel del piso terminado. Los resultados finales, obtenidos a partir de mediciones con un luxómetro, son presentados como un porcentaje frente al nivel de iluminación exterior sobre un plano horizontal en un espacio abierto (Factor de luz Natural o Daylight Factor, *DF%*; los resultados numéricos se encuentran en el Anexo 06).

Todas las pruebas han sido realizadas considerando una habitación con los mismos acabados de muros y techos; las características ya se han presentado en la definición del 'ambiente modelo': muros en acabados claro mate (r = 0.65) y el piso en acabado de madera (marrón oscuro, r = 0.30). Se han considerado, adicionalmente, la presencia de cuatro puertas (de dimensiones típicas y en acabado de madera oscura), cada una de ellas ubicada en la parte central de las paredes de la habitación.

Una última consideración general, común en todas las pruebas, es la ausencia de cristales y marcos en las aberturas de los componentes evaluados (salvo un listón central presente en todas las pruebas). En caso se pretenda deducir un resultado que contemple puertas con marcos y cristales, se deberá de considerar los factores de corrección pertinentes: el coeficiente de mantenimiento de ventana (k_1, aproximadamente 0.9), el coeficiente de obstrucción de ventana (k_2, por la presencia del marco de la misma, entre 0.75 y 0.95) y el coeficiente de transmisión de cristal (k_3, aproximadamente 0.9).

Las pruebas han sido realizadas bajo cielo cubierto, cuidando que se presente una uniformidad en el mismo que permita la comparación posterior de los resultados. Las medi-

Foto V.2.2.1. - 01:
Maquetas 'intercambiables' de techos con las diferentes opciones de los componentes de iluminación.

ciones se realizaron igualmente bajo condiciones 'típicas' de cielo cubierto, evitándose realizarlas cuando las misma resultaran 'extremas' (ausencia de lloviznas y niveles de iluminación mayores de 10,000 y menores de 50,000 luxes).

Asimismo, las mediciones interior/exterior se hicieron de forma continua para evitar las variaciones temporales de la iluminancia del cielo. Por último, la ubicación de la maqueta procuró un espacio abierto y con la menor interferencia de objetos en el cielo, imitando de alguna manera las condiciones originales en las que fueron concebidos los componentes (ver Foto V.2.2.1. - 01).

Con respecto a las pruebas, las dos primeras evalúan las condiciones originales de la teatina (en función de las dimensiones de la teatina modelo), considerando la estructura del techo y del propio componente en acabado de pintura blanca (Prueba A.01.) y en acabado de madera barnizada (Prueba A.02.).

Para todas las pruebas siguientes se asume un acabado con pintura blanca y sin la estructura vista, tanto para el techo como para la estructura interior de la teatina. El aspecto de ambos componentes terminan siendo más cercanos a lo que se daría en la actualidad a partir de las posibilidades constructivas.

Así, las dos pruebas siguientes mantienen las dimensiones de la teatina modelo, salvo por las características descritas en el párrafo anterior, además de la ausencia de rejas y

Foto V.2.2.1. - 02:
Vista de la porción de cielo 'disponible' para las pruebas de Iluminancia y deslumbramiento.

puertas opacas. La primera de ellas considera una altura de habitación 'tradicional' (de 4.20 metros, Prueba B.01.), mientras la segunda considera una altura 'contemporánea' (de 3.00 metros, Prueba B.02.).

Las Pruebas C.01. y C.02. no consideran un componente de iluminación cenital, sino unas ventanas altas 'convencionales'; la diferencia entre ambas termina siendo nuevamente la altura entre el piso y el techo. Las dimensiones de la abertura se mantienen con respecto a las de la prueba anterior, es decir, terminan siendo iguales a aquellas que se dedujeron para la teatina 'modelo'.

En cuanto a las Pruebas D.01. y D.02., estas consideran nuevamente una teatina 'modelo', con la particularidad de ubicarse sobre habitaciones Modelo 'B' (6.00 x 4.40 x 4.20 metros), la primera de ellas con la abertura coincidiendo sobre uno de los muros cortos de la habitación y la segunda sobre uno de los largos.

Las Pruebas E.01. y E.02. tienen la particularidad de alterar las proporciones de la abertura vertical de la teatina modelo, pero manteniendo sus dimensiones en área útil. En la primera de ellas se considera una abertura rectangular, teniendo la base una dimensión que dobla a la de la altura; en la segunda prueba la altura tiene una dimensión que mide el doble que la de la base.

Con respecto a las Pruebas E.03. y E.04., son las proporciones de las teatinas y sus respectivas aberturas las que se mantienen. Lo que cambian son las dimensiones: en la primera de ellas las medidas de la abertura vertical y horizontal terminan siendo un 50% más pequeñas y en la segunda un 50% más grandes. En el caso de la Prueba E.05. todas las dimensiones y proporciones se mantienen, salvo la forma particular de la abertura horizontal. Ella presenta una forma trapezoidal, característica que coincide con la de algunas teatinas encontradas (Ver Anexo 01, Ficha 03, 04 y 08).

La Prueba F.01. simula la parte frontal de la teatina modelo, dejando de considerar aquella que abarca la superficie inclinada; ello termina manteniendo las dimensiones de la abertura vertical y reduce de forma drástica las de la abertura horizontal. La Prueba F.02. también mantiene la parte frontal de la teatina modelo, además de las dimensiones de la propia abertura horizontal. La particularidad es la ausencia de la superficie inclinada, reemplazada por la extensión de las otras superficies ortogonales; el aspecto termina

siendo el de una especie de farola con un solo lado abierto. La Prueba F.03., por su parte, simula una farola convencional (superficie horizontal opaca sobre aberturas verticales) con una altura y una abertura horizontal de dimensiones iguales a las que tienen la teatina modelo.

Las dos últimas pruebas indagan sobre el desempeño de las teatinas en la medida de su ubicación relativa con respecto al ambiente; sea que la abertura vertical de la misma se ubique en un vértice del techo (Prueba G.01.), o cuando ella termine ubicándose sobre la parte central de la habitación (Prueba G.02).

A continuación se presenta una tabla resumen de las pruebas realizadas (ver Tabla V.2.2.1 - 01), y seguidamente los resultados de cada una de ellas. Dichos resultados están acompañados por los planos esquemáticos de la habitación y de la teatina evaluada, por la vista interior del ambiente, por el detalle del componente y por el resultado en planta de la distribución de la luz (curvas Iso-*DF%*). Los resultados mostrados son el promedio, el máximo y el mínimo de la medición. Es necesario precisar que, si bien la vista de la habitación ha sido fotografiada bajo condiciones reales de cielo cubierto, la foto del componente busca únicamente que se reconozcan sus características formales.

Prueba	Descripción	Habitación	Cubierta*
A.01.	Teatina modelo, con rejas, color de cubierta: blanco.	A	V
A.02.	Teatina modelo, con rejas, color de cubierta: marrón.	A	V
B.01.	Teatina modelo.	A	CR
B.02.	Teatina modelo. Altura de techo = 3.00 m.	A	CR
C.01.	Ventana alta convencional.	A	CR
C.02.	Ventana alta convencional. Altura de techo = 3.00 m.	A	CR
D.01.	Teatina modelo, sobre muro corto.	B	CR
D.02.	Teatina modelo, sobre muro largo.	B	CR
E.01.	Teatina de abertura rectangular, A = 2H, área = a.**	A	CR
E.02.	Teatina de abertura rectangular, H = 2A, área = a.**	A	CR
E.03.	Teatina modelo, abertura 50 % más pequeña.	A	CR
E.04.	Teatina modelo, abertura 50 % más grande.	A	CR
E.05.	Teatina de planta trapezoidal.	A	CR
F.01.	Farola rectangular pequeña, un lado abierto.	A	CR
F.02.	Farola rectangular grande, un lado abierto.	A	CR
F.03.	Farola rectangular grande, cuatro lados abiertos.	A	CR
G.01.	Teatina modelo. Abertura en vértice de techo.	A	CR
G.02.	Teatina modelo. Abertura centrada en la habitación.	A	CR

* 'Cubierta' se refiere al acabado interior del techo de la habitación: con viguetas vistas (V) o con cielo raso (CR).

** 'A' es el ancho de la abertura de la teatina, 'H' la altura y 'a' el área de la misma.

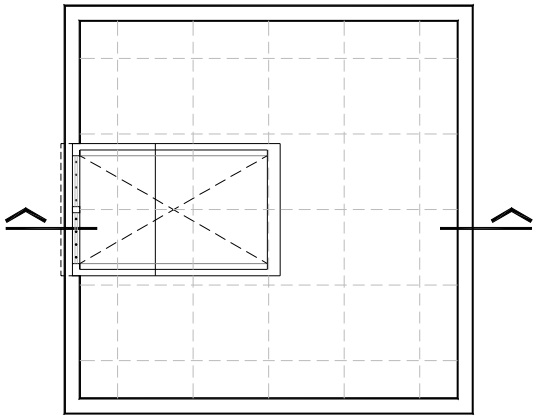
Tabla V.2.2.1. - 01:
Relación de pruebas realizadas y descripción general de las características de la habitación y del componente.

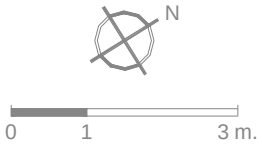
Gráficos V.2.2.1. - 01a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba A.01.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'A' (planta cuadrangular). Tanto la cubierta como el interior de la teatina tienen la estructura de madera vista, además de una reja en la abertura de la misma, tal como se disponía tradicionalmente.
La cubierta y la estructura interior de la teatina, al igual que en el resto de las pruebas (salvo en la siguiente), tienen un acabado de pintura blanca.

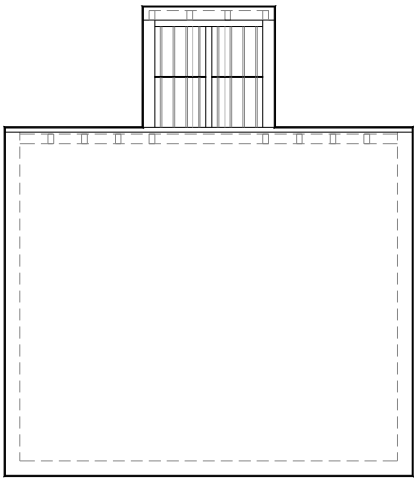
Prueba A.01.

Habitación Modelo A.
Cubierta con viguetas vistas.
Teatina modelo con rejas.

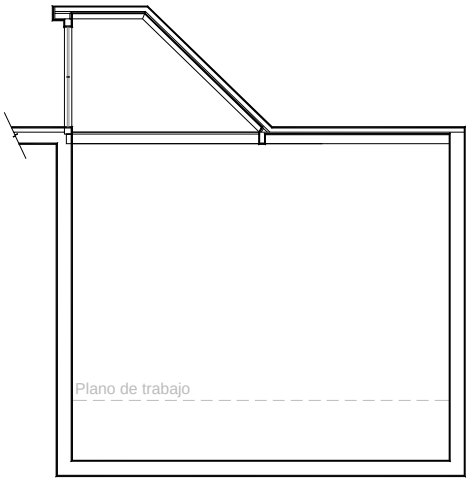




Planta



Elevación (sso)

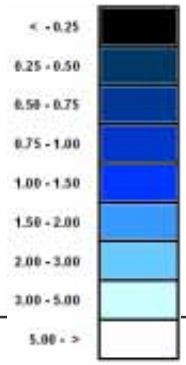


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 01b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba A.01.

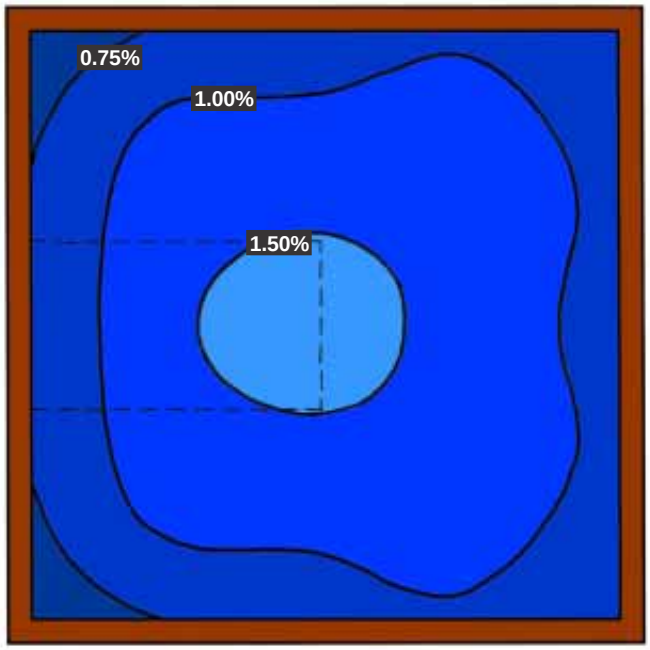
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.13 %
Valor máximo:	1.68 %
Valor mínimo:	0.78 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



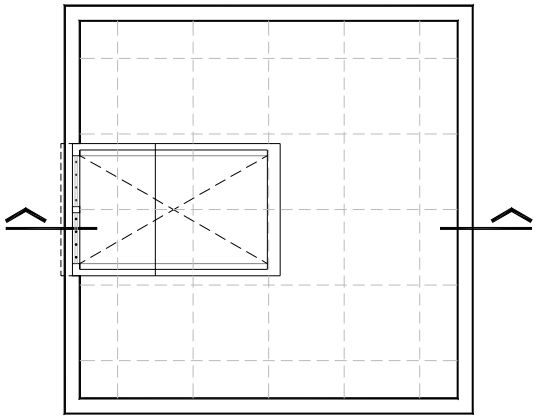
Curvas ISO - DF%

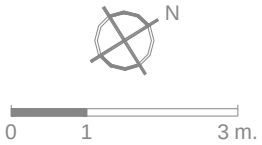
Gráficos V.2.2.1. - 02a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba A.02.

Situación similar a la anterior (teatina modelo sobre habitación modelo 'A'), manteniendo la reja de la abertura, pero considerando un color marrón oscuro en el acabado de la cubierta y de la estructura interna de la teatina.
Dicho acabado corresponde con el que se utilizaba habitualmente en las teatinas originales (desde fines del siglo XVIII hasta mediados del XIX).

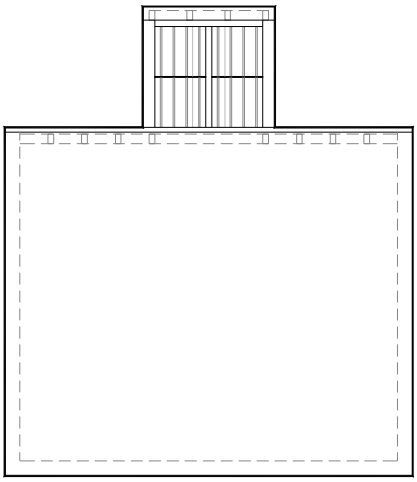
Prueba A.02.

Habitación Modelo A.
Cubierta con viguetas vistas, color marrón.
Teatina modelo con rejas.

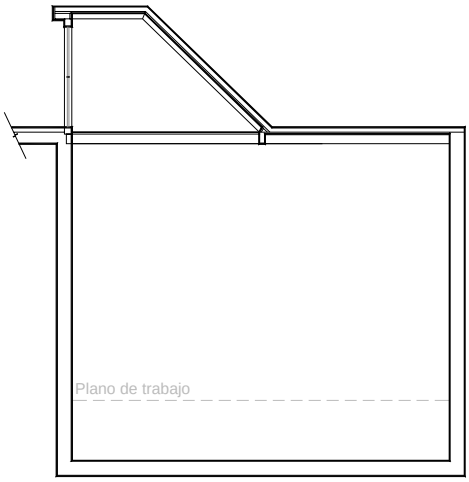




Planta



Elevación (sso)

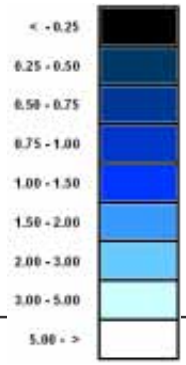


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 02b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba A.02.

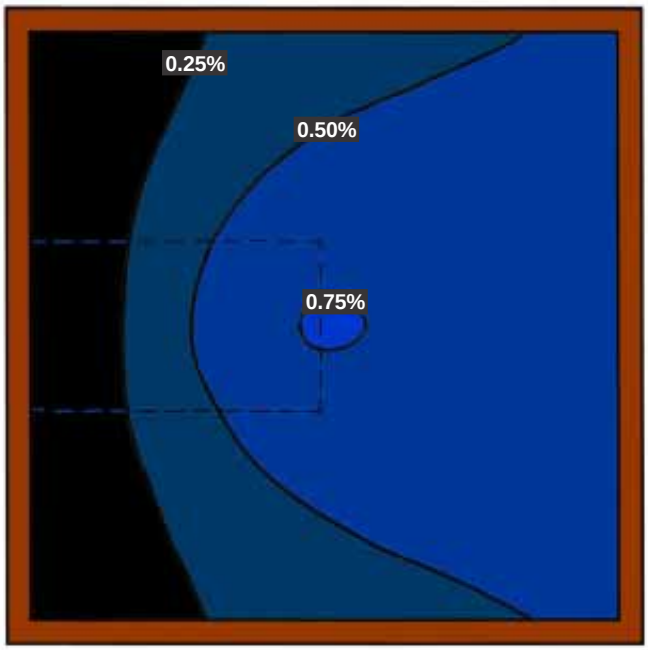
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	0.46 %
Valor máximo:	0.77 %
Valor mínimo:	0.10 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



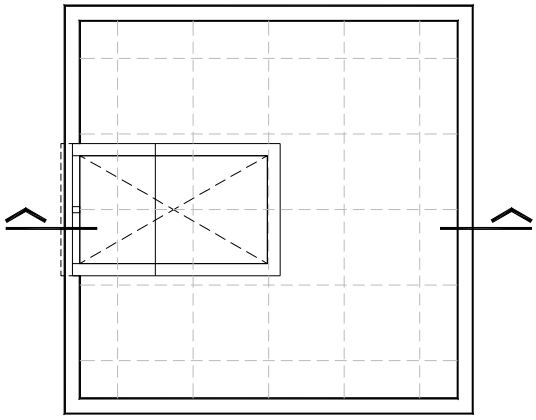
Curvas ISO - DF%

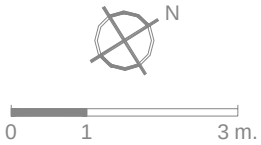
Gráficos V.2.2.1. - 03a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba B.01.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'A'. A diferencia de las pruebas anteriores, esta presenta la cubierta y el interior de la estructura de la teatina forradas de un cielo raso con acabado en color blanco.
Dicha característica, además de la ausencia de rejas, se mantiene en el resto de las pruebas.

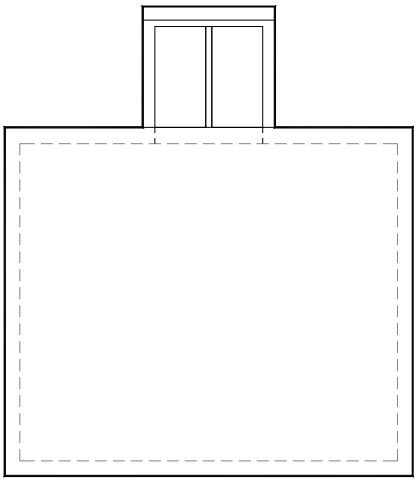
Prueba B.01.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina modelo.

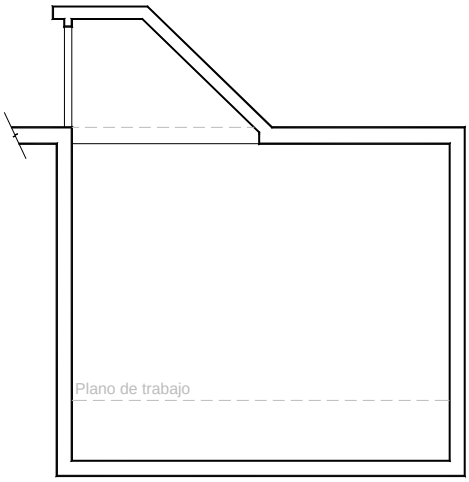




Planta



Elevación (sso)



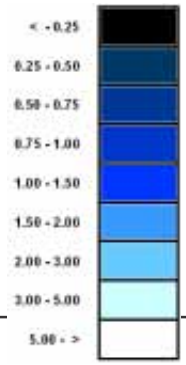
Corte

Gráfico V.2.2.1. - 03b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba B.01.

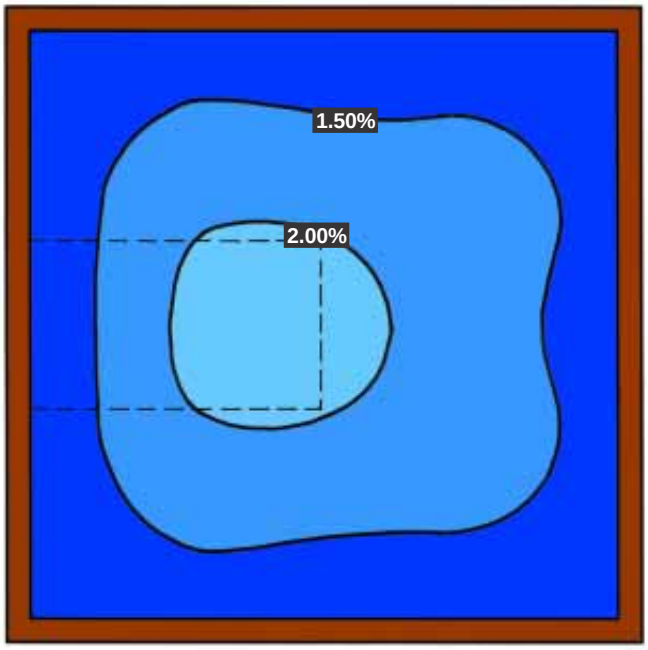
Vista de la habitación y de la teatina.

Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.61 %
Valor máximo:	2.22 %
Valor mínimo:	1.23 %



Leyenda (Unidades: DF%).



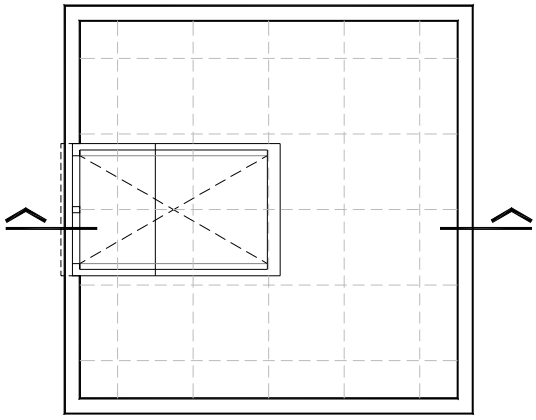
Curvas ISO - DF%

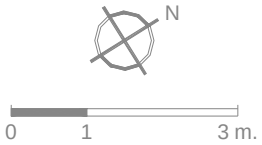
Gráficos V.2.2.1. - 04a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba B.02.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'A', modificada esta última en cuanto a su altura.
La situación resulta similar a la prueba anterior, con la particularidad que la altura del techo se acerca a la convención de espacios contemporáneos, es decir 3.00 metros.

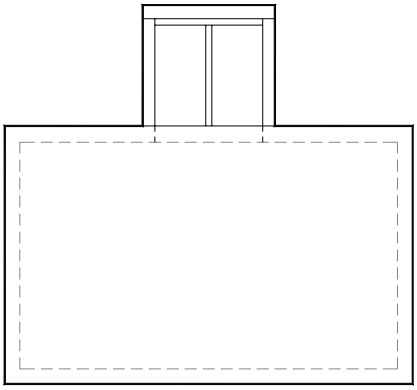
Prueba B.02.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Altura de la habitación = 3.00 m.
Teatina modelo.

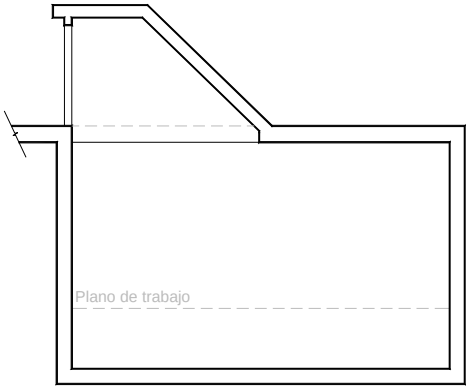




Planta



Elevación (sso)

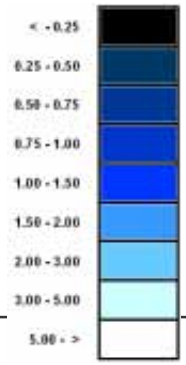


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 04b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba B.02.

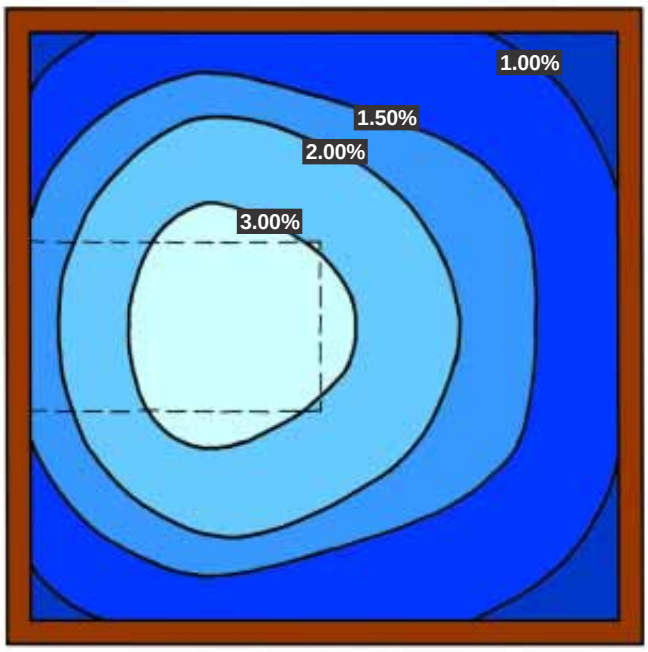
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.94 %
Valor máximo:	4.08 %
Valor mínimo:	1.02 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



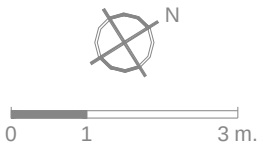
Curvas ISO - DF%

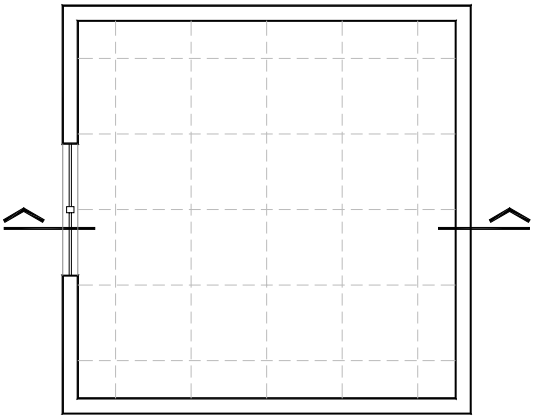
Gráficos V.2.2.1. - 05a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba C.01.

Ventana alta convencional, ubicada bajo la posición habitual de la teatina modelo. Las características de su abertura coinciden con las de dicha teatina.
La habitación corresponde al modelo 'A' con la cubierta de cielo raso en acabado color blanco.

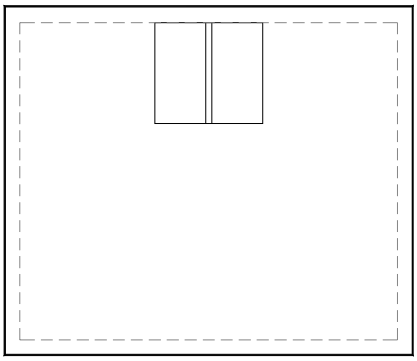
Prueba C.01.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Ventana alta.

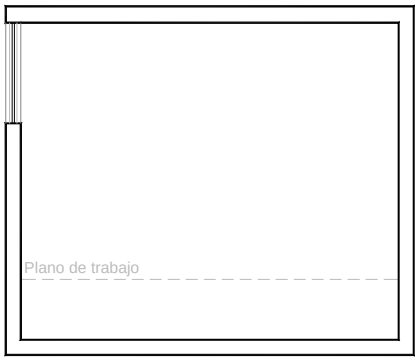




Planta



Elevación (sso)

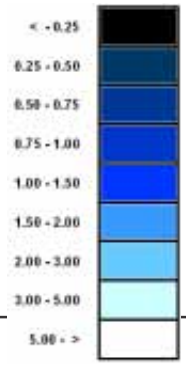


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 05b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba C.01.

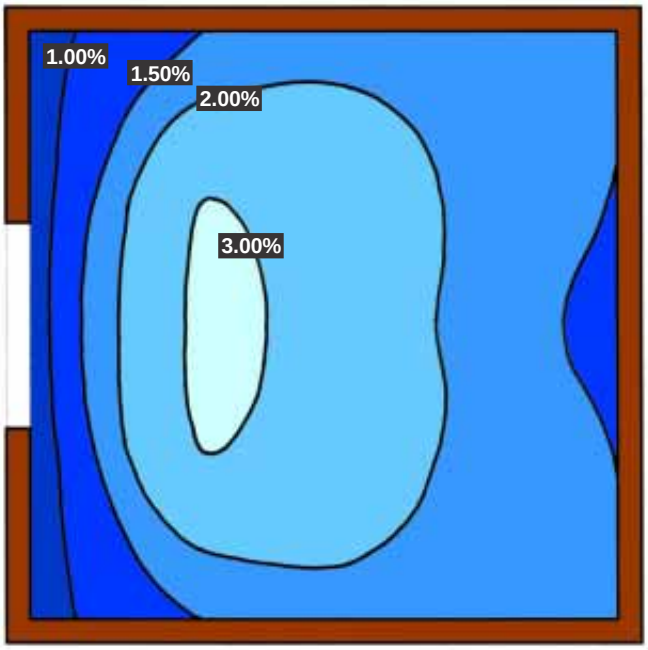
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.98 %
Valor máximo:	3.22 %
Valor mínimo:	1.18 %



Vista de la habitación y de la ventana.

Leyenda (Unidades: DF%).



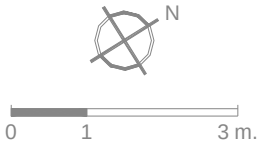
Curvas ISO - DF%

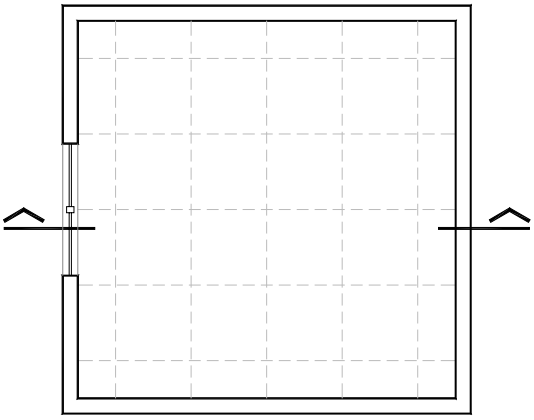
Gráficos V.2.2.1. - 06a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba C.02.

Ventana alta convencional con las mismas características que las de la prueba anterior. Las características de la habitación también se mantienen, salvo por la particularidad en la altura del techo. Nuevamente se considera la altura asumida como 'convencional', es decir 3.00 metros.

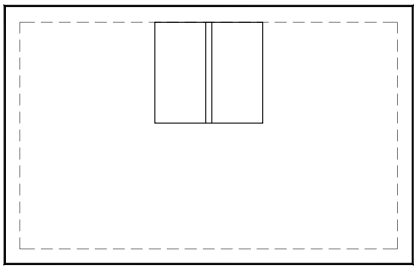
Prueba C.02.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Ventana alta.

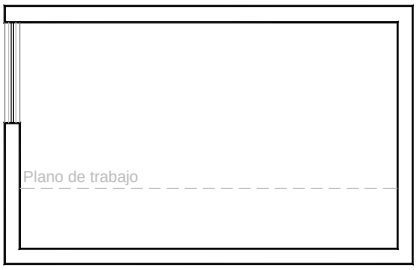




Planta



Elevación (sso)

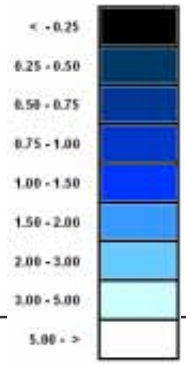


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 06b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba C.02.

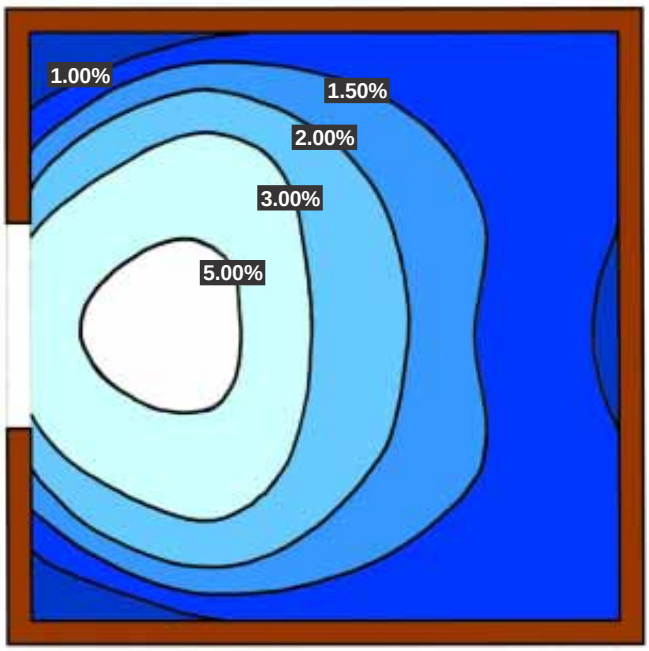
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	2.37 %
Valor máximo:	5.68 %
Valor mínimo:	1.12 %



Vista de la habitación y de la ventana.

Leyenda (Unidades: DF%).



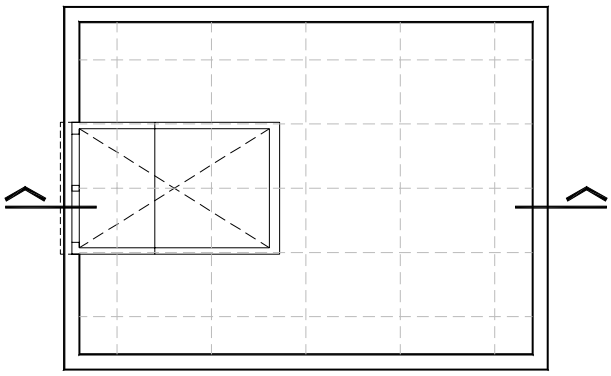
Curvas ISO - DF%

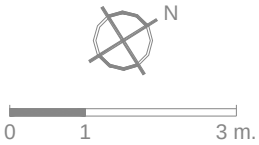
Gráficos V.2.2.1. - 07a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba D.01.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'B' (planta rectangular).
La teatina está ubicada en uno de los muros cortos de la habitación.

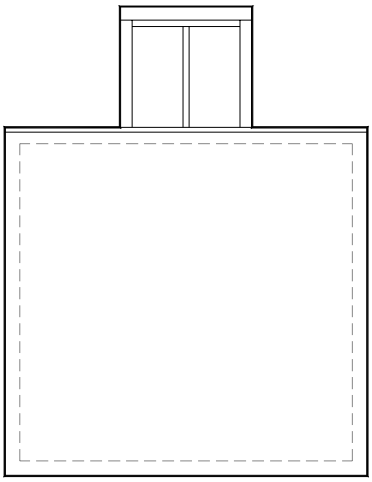
Prueba D.01.

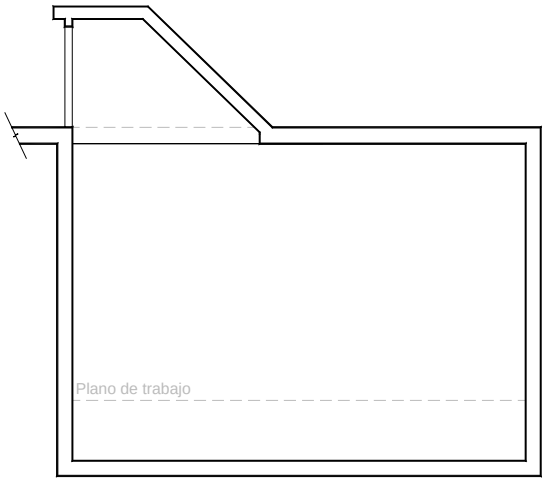
Habitación Modelo B.
Cubierta con cielo raso.
Teatina modelo.





Planta





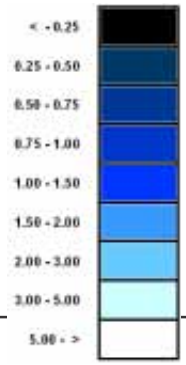
Elevación (sso)

Corte

Gráfico V.2.2.1. - 07b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba D.01.

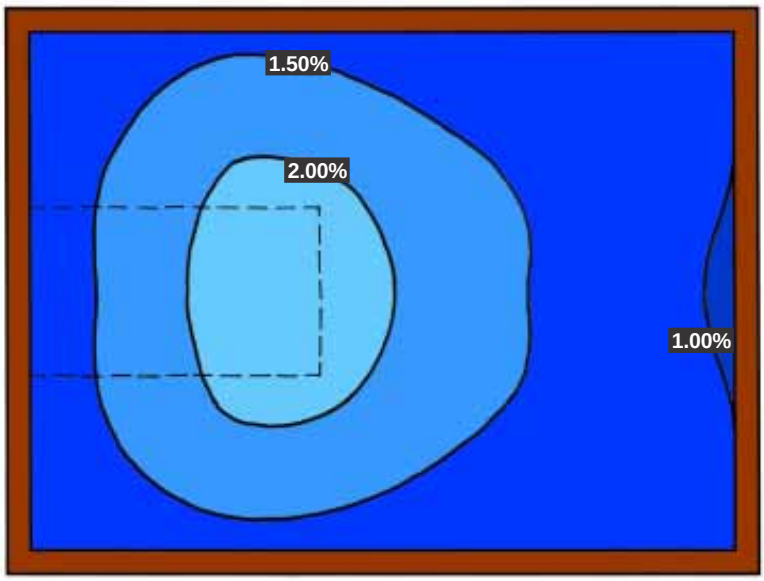
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.55 %
Valor máximo:	2.32 %
Valor mínimo:	1.09 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



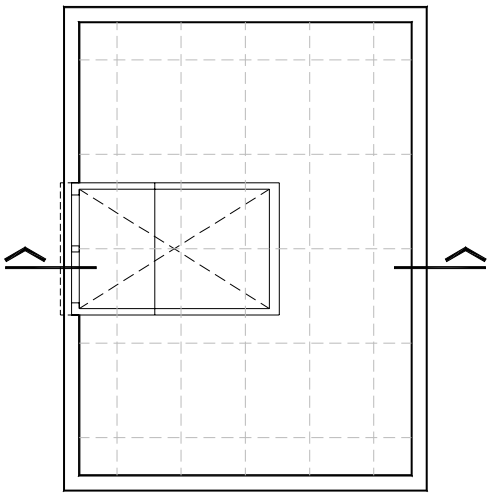
Curvas ISO - DF%

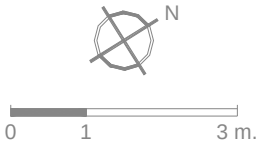
Gráficos V.2.2.1. - 08a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba D.02.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'B'.
La teatina está ubicada en uno de los muros largos de la habitación.

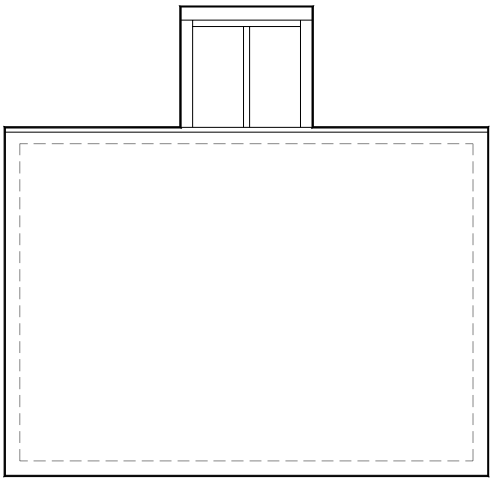
Prueba D.02.

Habitación Modelo B.
Cubierta con cielo raso.
Teatina modelo.

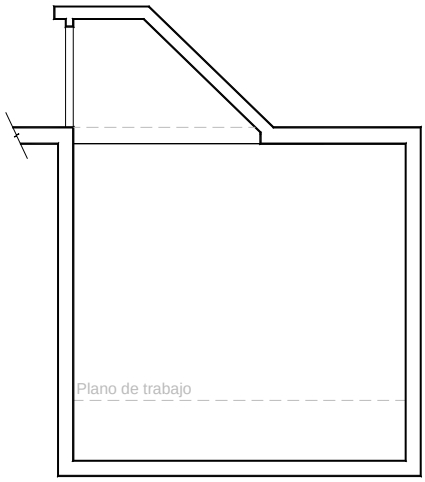




Planta



Elevación (sso)

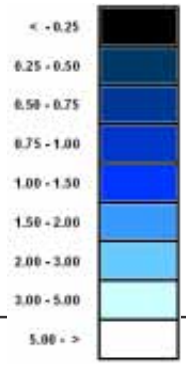


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 08b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba D.02.

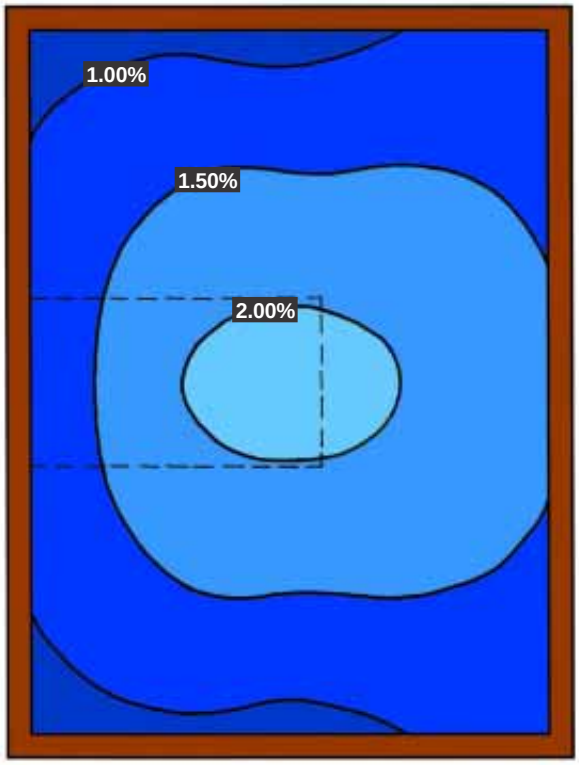
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.49 %
Valor máximo:	2.23 %
Valor mínimo:	1.02 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



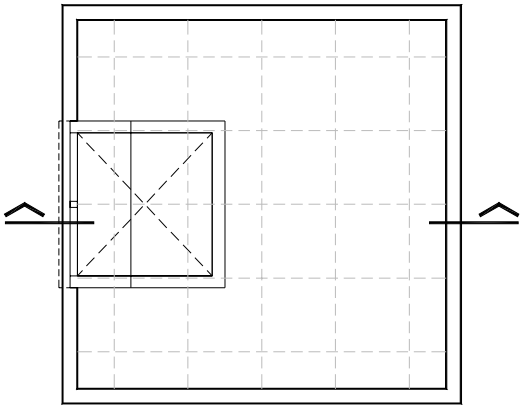
Curvas ISO - DF%

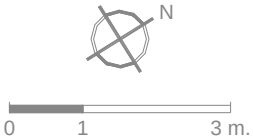
Gráficos V.2.2.1. - 09a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba E.01.

Teatina de proporción particular sobre habitación modelo 'A'.
Las singularidades que mantiene la teatina, en esta y en las dos pruebas siguientes (Pruebas E.02. y E.03.) con respecto a la teatina modelo, son el área neta de la abertura (1.80 m², sin considerar el marco), el área de la superficie horizontal en la cubierta y la inclinación de la superficie oblicua.
En este caso, la proporción del plano total de la abertura es de un ancho (A) con una dimensión que corresponde a dos veces la altura (H).

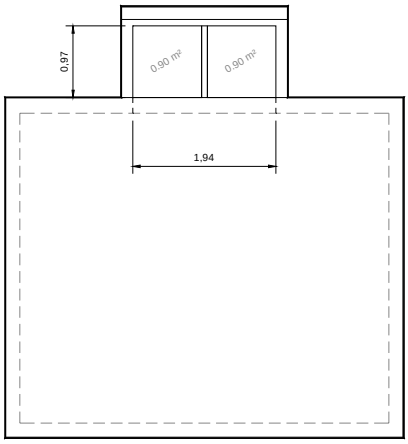
Prueba E.01.

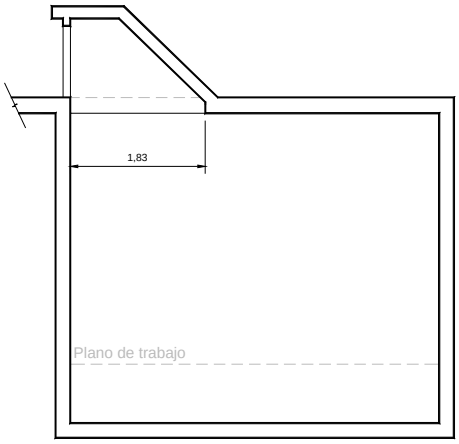
Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina de abertura rectangular:
Área de abertura horizontal = 3.55 m².
A = 2H, área de abertura = 1.80 m².
A = 1.94 m.; H = 0.97 m.





Planta

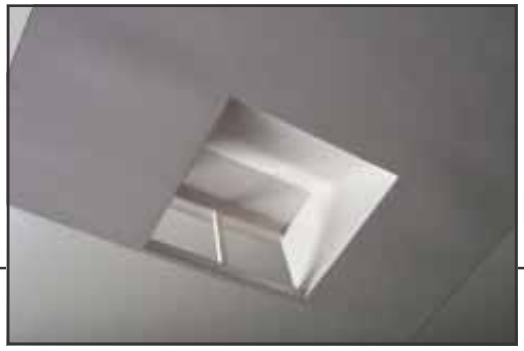




Elevación (sso)

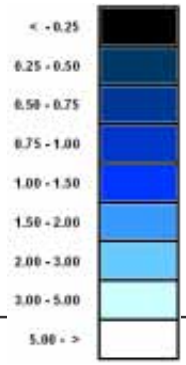
Corte

Gráfico V.2.2.1. - 09b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba E.01.



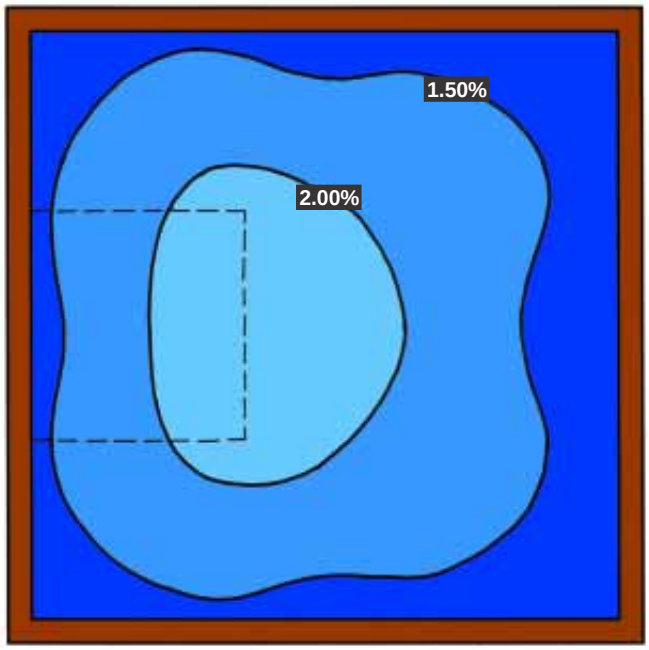
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.71 %
Valor máximo:	2.32 %
Valor mínimo:	1.31 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



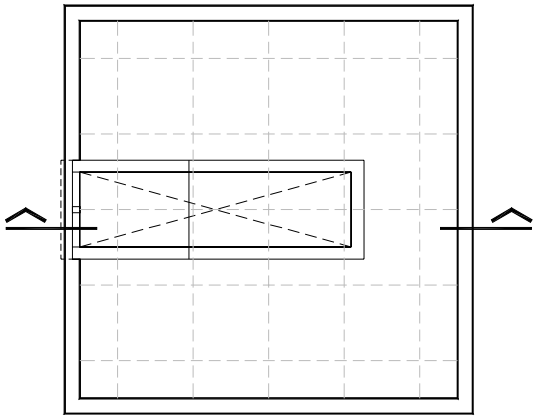
Curvas ISO - DF%

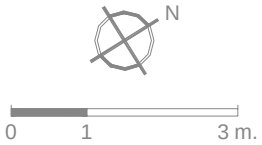
Gráficos V.2.2.1. - 10a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba E.02.

Teatina de proporción particular sobre habitación modelo 'A'.
Manteniendo las condicionantes descritas en la prueba anterior, en este caso la proporción del plano total de la abertura es de un ancho (A) con una dimensión que corresponde a la mitad de la altura (H).

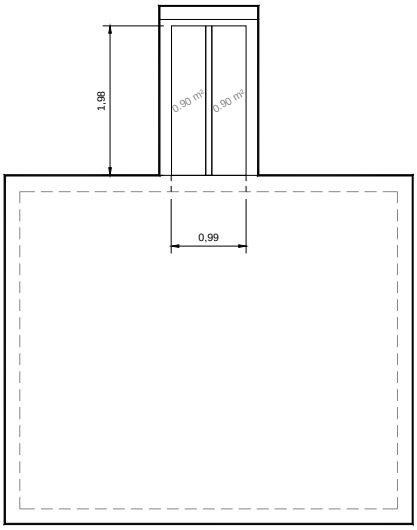
Prueba E.02.

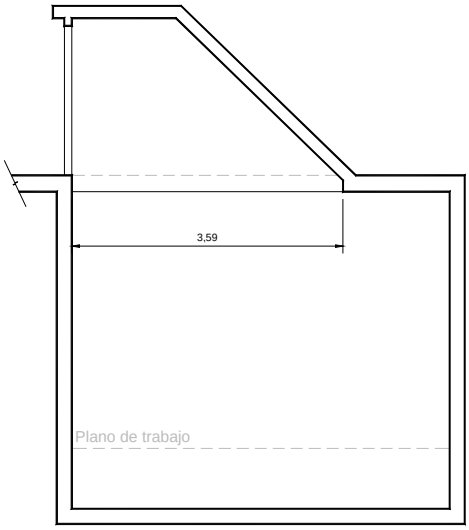
Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina de abertura rectangular:
Área de abertura horizontal = 3.55 m².
2A = H, área de abertura = 1.80 m².
A = 0.99 m.; H = 1.98 m.





Planta





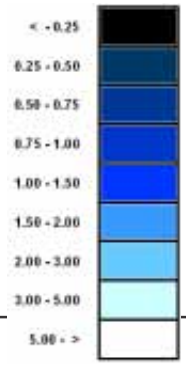
Elevación (sso)

Corte

Gráfico V.2.2.1. - 10b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba E.02.

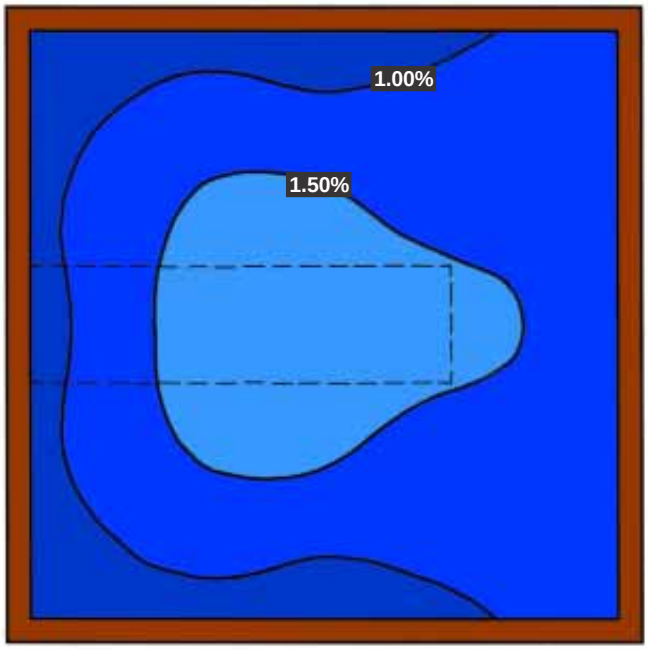
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.27 %
Valor máximo:	1.96 %
Valor mínimo:	0.91 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



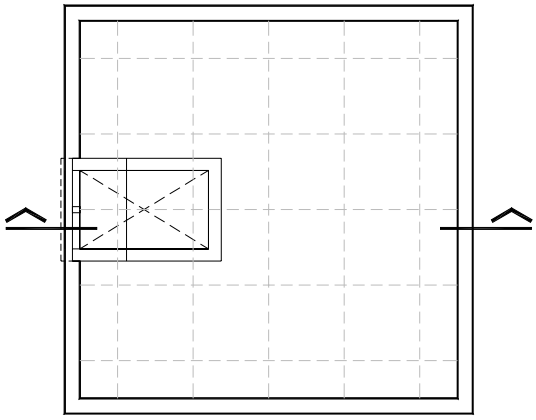
Curvas ISO - DF%

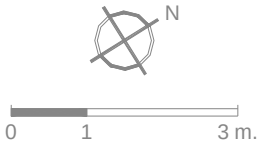
Gráficos V.2.2.1. - 11a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba E.03.

Teatina de proporciones similares a la modelo (Prueba B.01) sobre habitación modelo 'A'.
Dichas proporciones de la teatina tienen la particularidad que las dimensiones de las aberturas (vertical y horizontal) son un 50 % más pequeñas.

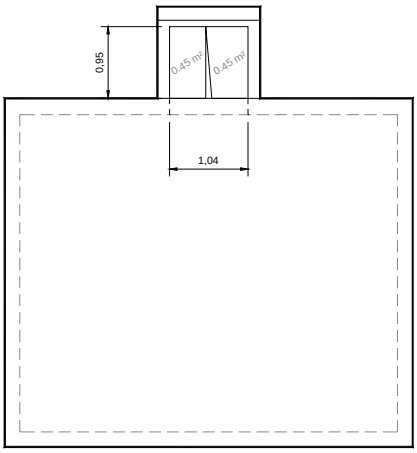
Prueba E.03.

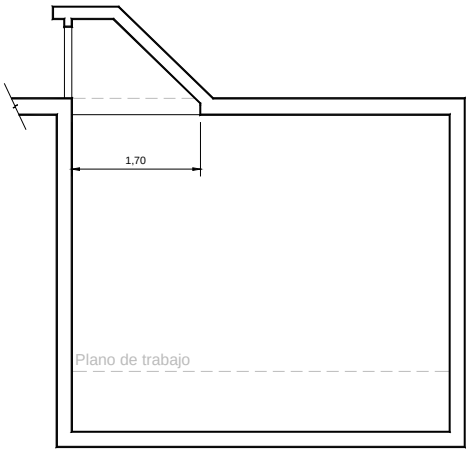
Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina de proporción similar a la modelo, con aberturas un 50 % más pequeñas.
Área de abertura horizontal = 1.775 m².





Planta





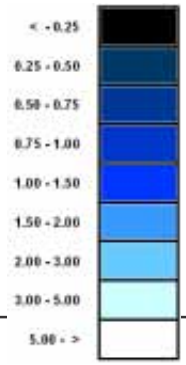
Elevación (sso)

Corte

Gráfico V.2.2.1. - 11b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba E.03.

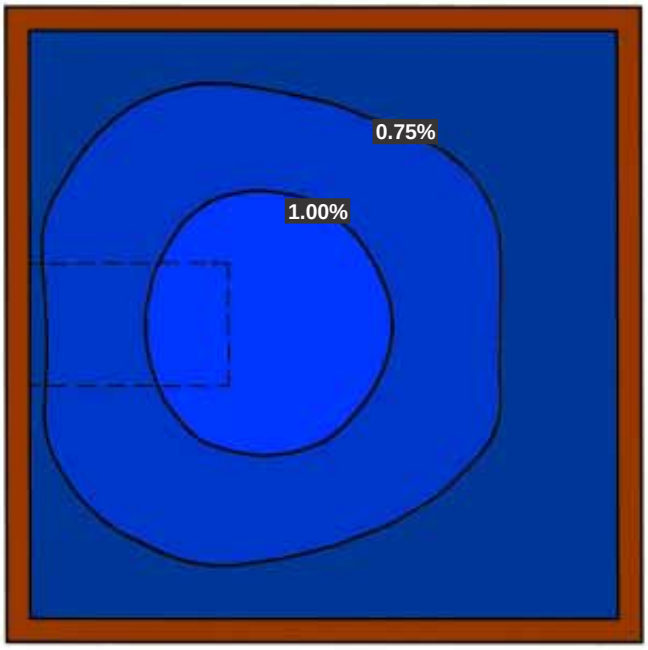
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	0.81 %
Valor máximo:	1.17 %
Valor mínimo:	0.63 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



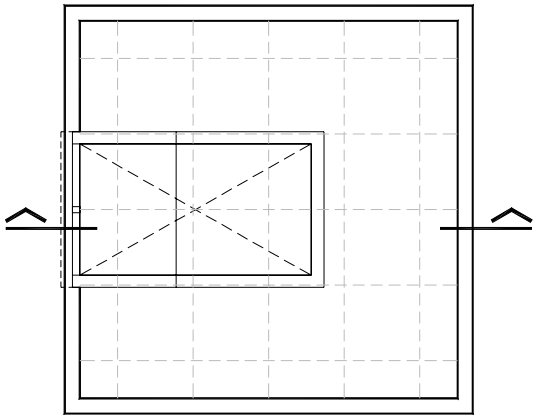
Curvas ISO - DF%

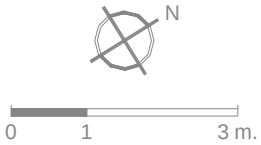
Gráficos V.2.2.1. - 12a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba E.04.

Teatina de proporciones similares a la modelo (Prueba B.01) sobre habitación modelo 'A'.
Al igual que en la prueba anterior, el componente mantiene la proporción básica de la teatina modelo, pero en este caso con las dimensiones de sus aberturas (vertical y horizontal) un 50 % más grandes.

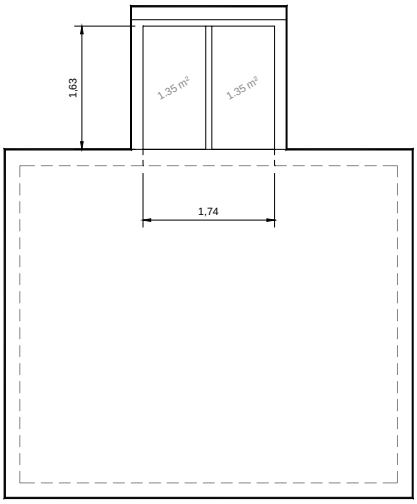
Prueba E.04.

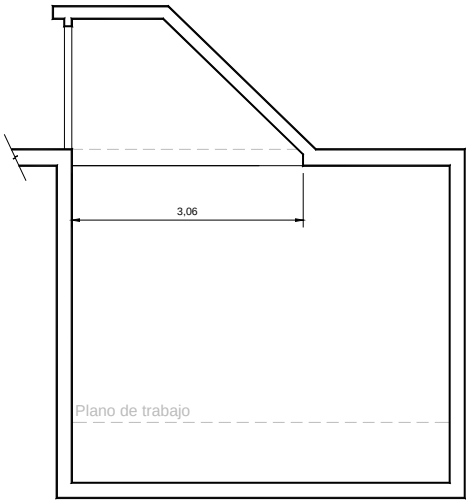
Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina de proporción similar a la modelo, con aberturas un 50 % más grandes.
Área de abertura horizontal = 5.325m².





Planta





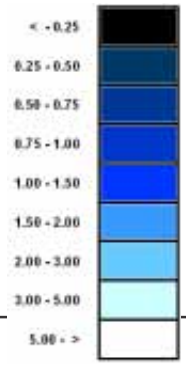
Elevación (sso)

Corte

Gráfico V.2.2.1. - 12b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba E.04.

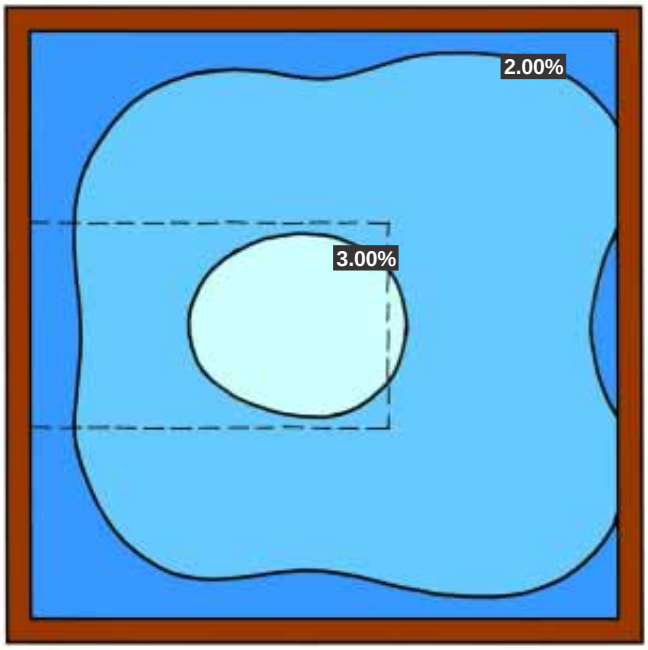
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	2.29 %
Valor máximo:	3.15 %
Valor mínimo:	1.75 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



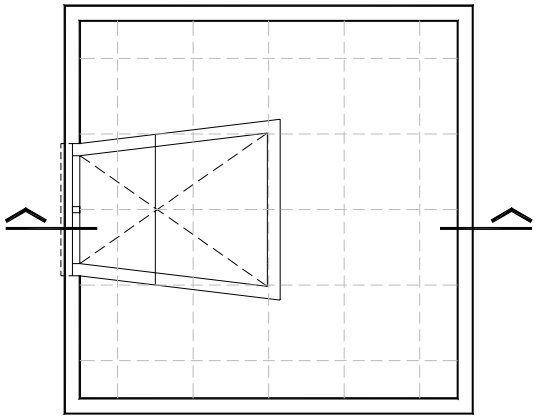
Curvas ISO - DF%

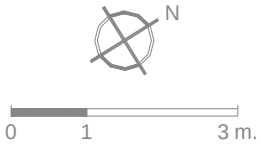
Gráficos V.2.2.1. - 13a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba E.05.

Teatina de planta trapezoidal sobre habitación modelo 'A'. Esta opción fue considerada en muchos casos en las teatinas aparentemente más tardías.
Salvo la forma de la abertura horizontal que provoca la variante, el resto de las características se mantienen con respecto a la teatina modelo inicial (Prueba B.01.), entre ellas, las dimensiones de su abertura vertical.

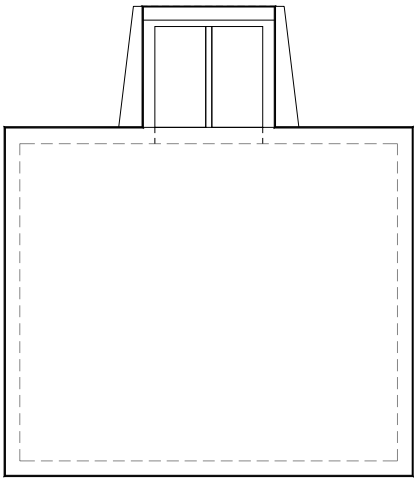
Prueba E.05.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina de planta trapezoidal.

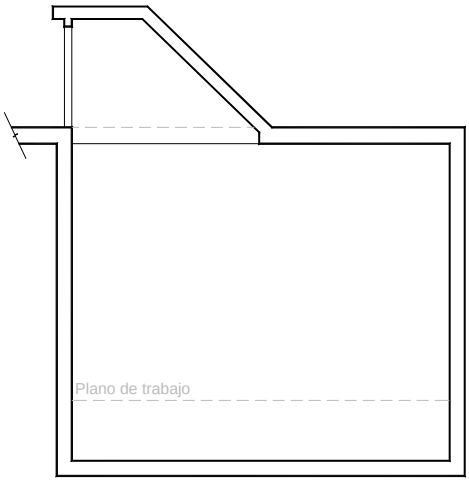




Planta



Elevación (sso)

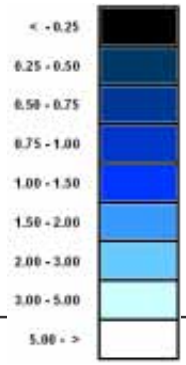


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 13b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba E.05.

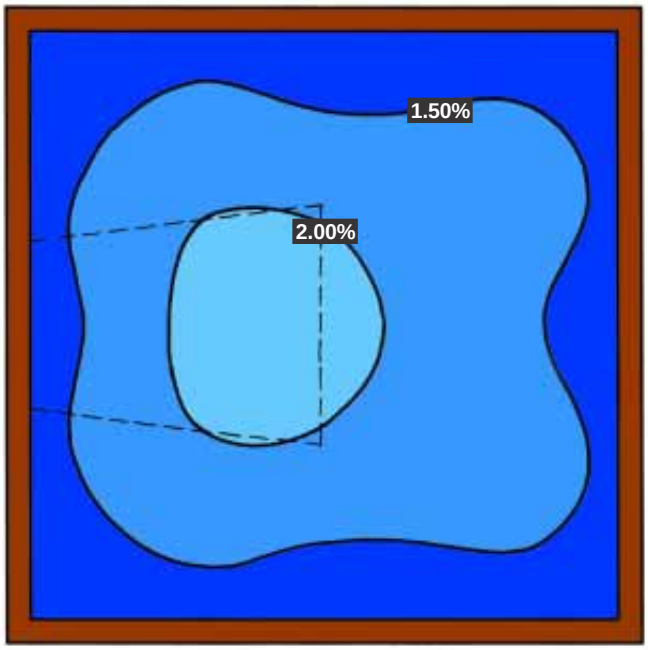
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.65 %
Valor máximo:	2.22 %
Valor mínimo:	1.33 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



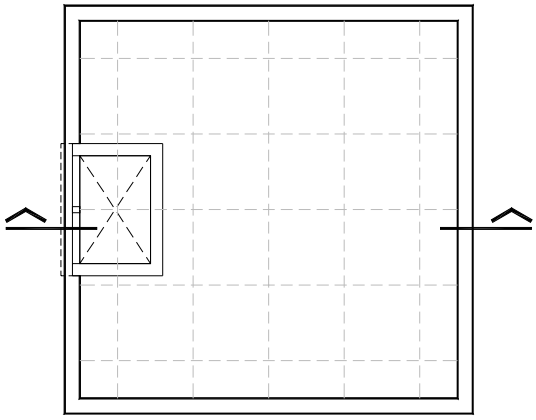
Curvas ISO - DF%

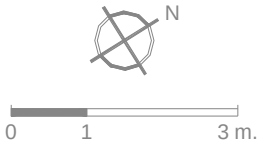
Gráficos V.2.2.1. - 14a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba F.01.

Lucernario de planta rectangular sobre habitación modelo 'A'.
Manteniendo las dimensiones de la abertura de la teatina modelo, se ha eliminado el sector del componente que contiene la superficie inclinada.

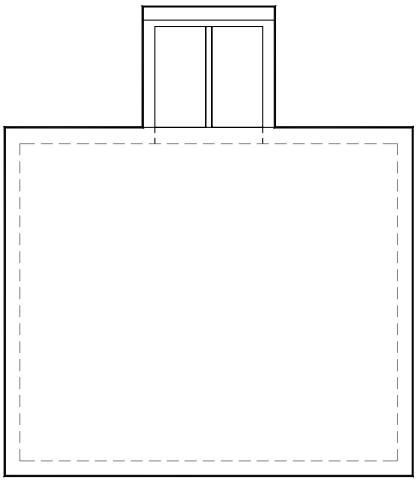
Prueba F.01.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Lucernario pequeño,
un lado abierto.

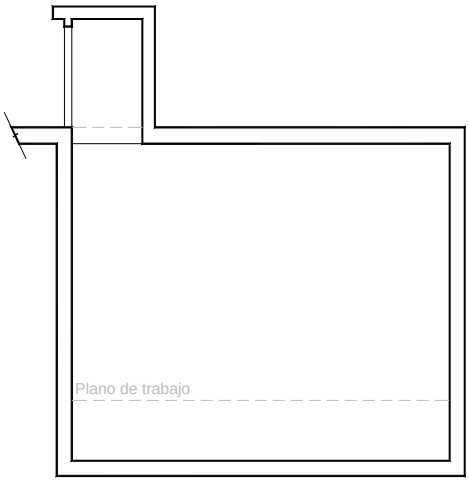




Planta



Elevación (sso)

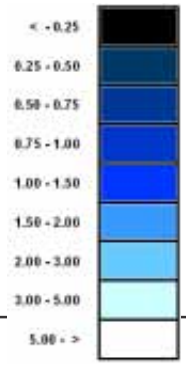


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 14b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba F.01.

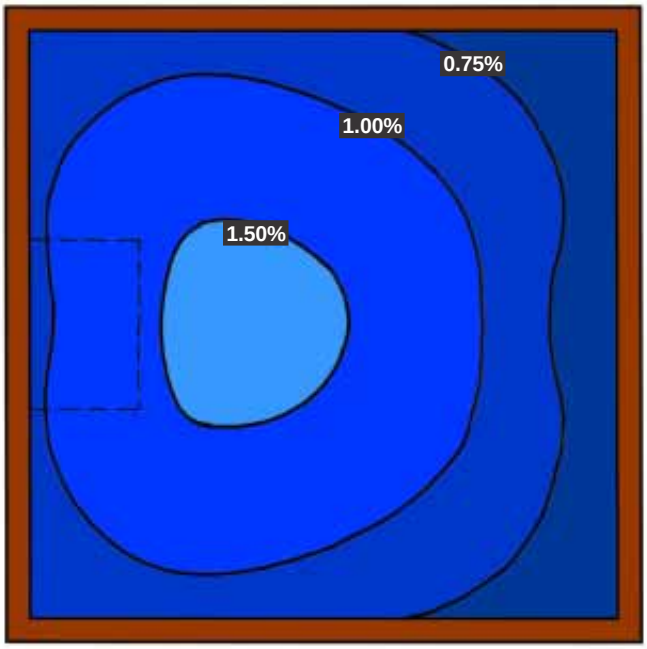
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.08 %
Valor máximo:	1.70 %
Valor mínimo:	0.69 %



Vista de la habitación y del lucernario.

Leyenda (Unidades: DF%).



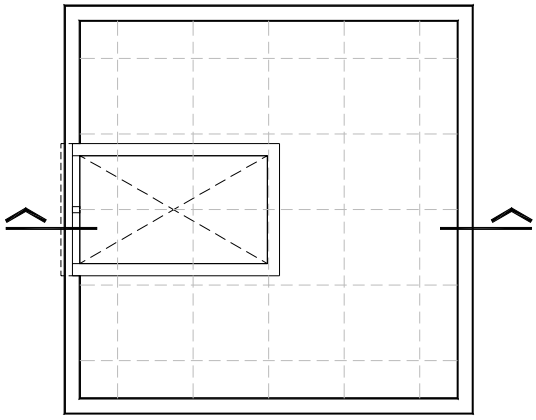
Curvas ISO - DF%

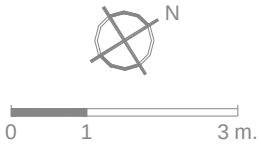
Gráficos V.2.2.1. - 15a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba F.02.

Lucernario de planta rectangular sobre habitación modelo 'A'.
Manteniendo las dimensiones de las aberturas vertical y horizontal de la teatina modelo, se ha convertido el sector que contiene la superficie inclinada en parte del paralelepípedo que termina configurando un lucernario.

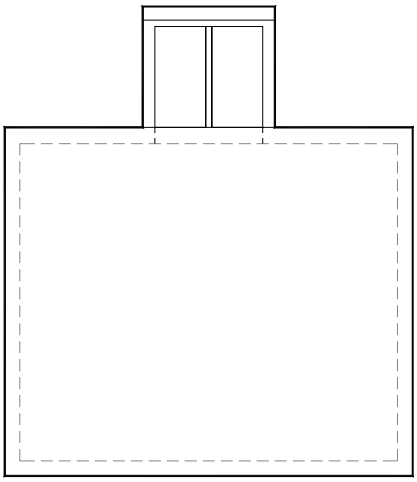
Prueba F.02.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Lucernario grande,
un lado abierto.

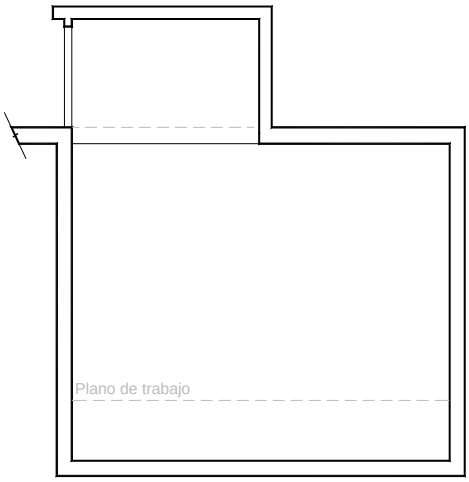




Planta



Elevación (sso)



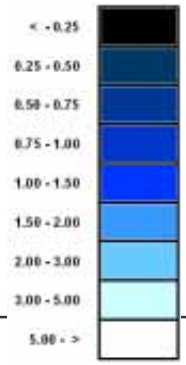
Corte

Gráfico V.2.2.1. - 15b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba F.02.

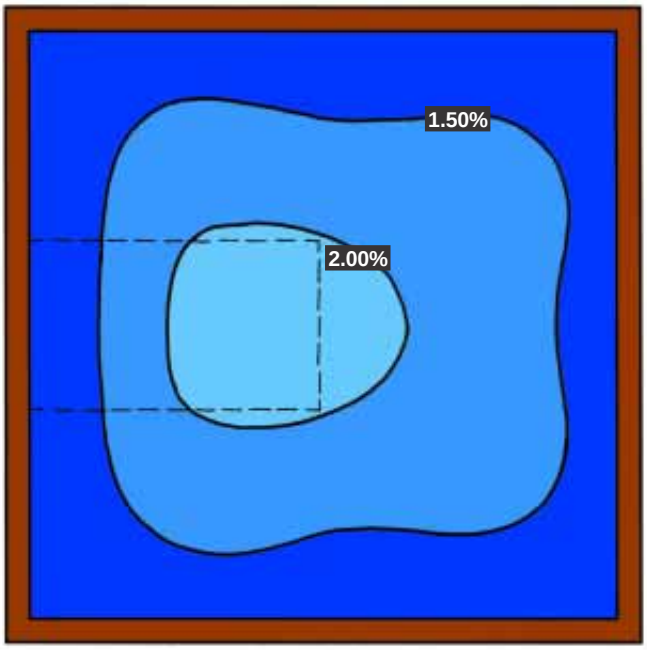
Vista de la habitación y del lucernario.

Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.61 %
Valor máximo:	2.25 %
Valor mínimo:	1.22 %



Leyenda (Unidades: DF%).



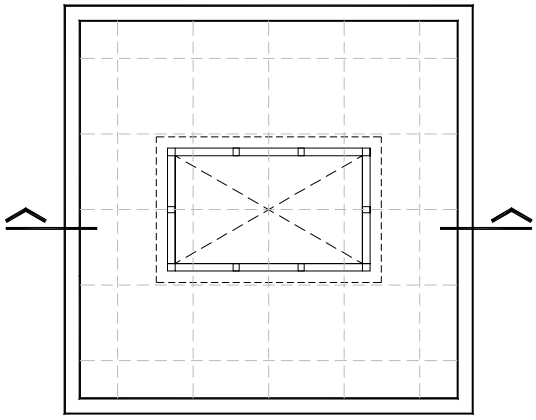
Curvas ISO - DF%

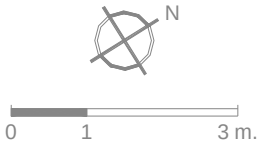
Gráficos V.2.2.1. - 16a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba F.03.

Farola de planta rectangular sobre parte central de la habitación modelo 'A'.
Manteniendo las dimensiones de la abertura horizontal de la teatina modelo y la forma del lucernario de la prueba anterior, se han abierto las cuatro superficies verticales.

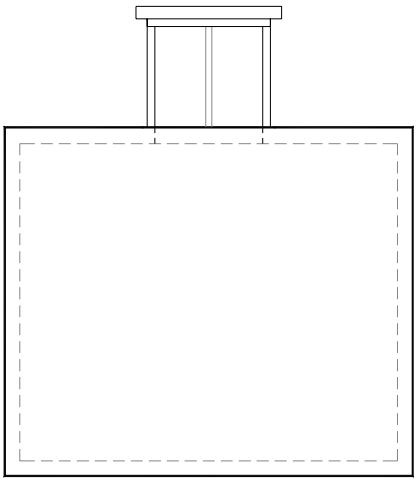
Prueba F.03.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Farola rectangular grande,
cuatro lados abiertos.

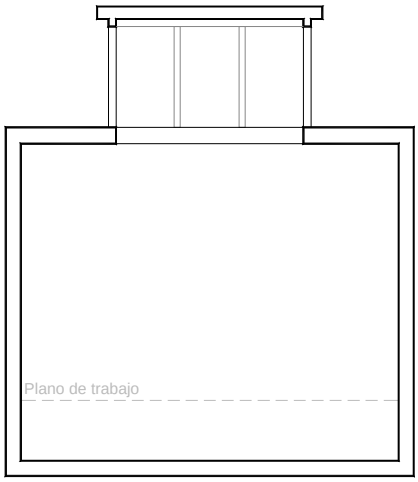




Planta



Elevación (sso)

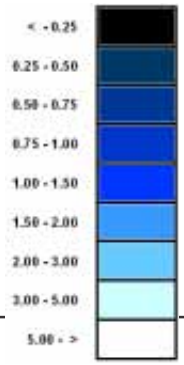


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 16b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba F.03.

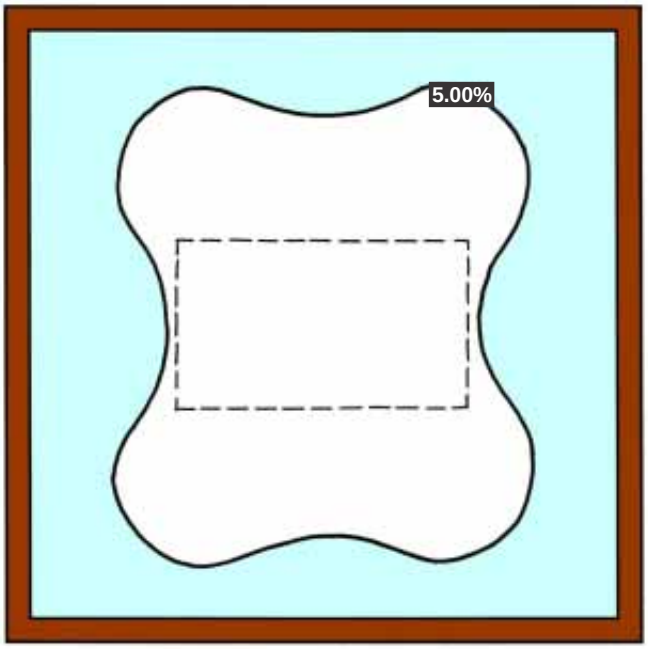
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	5.05 %
Valor máximo:	5.91 %
Valor mínimo:	4.10 %



Vista de la habitación y de la farola.

Leyenda (Unidades: DF%).



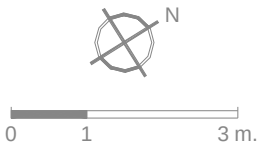
Curvas ISO - DF%

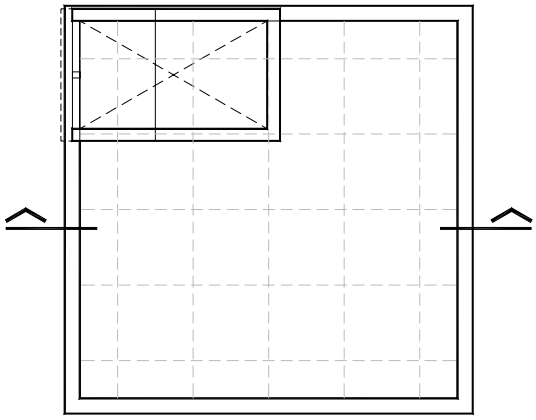
Gráficos V.2.2.1. - 17a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba G.01.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'A'.
La teatina se encuentra 'descentrada' del eje de la habitación, coincidiendo una de sus paredes laterales con una de la propia habitación. Se ubica en un vértice del techo.

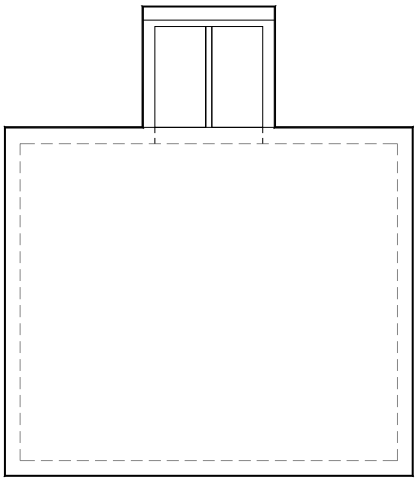
Prueba G.01.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina modelo.

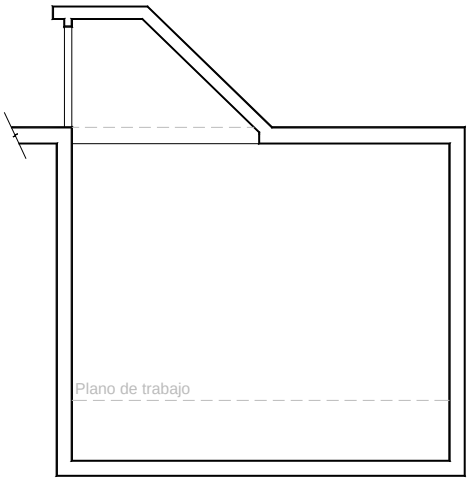




Planta



Elevación (sso)

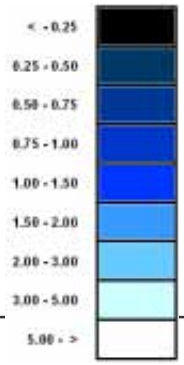


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 17b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba G.01.

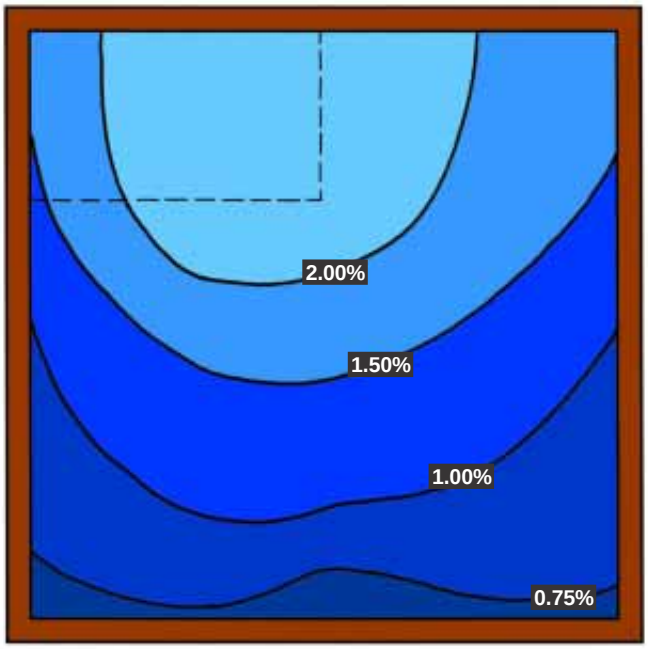
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.51 %
Valor máximo:	2.53 %
Valor mínimo:	0.76 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).



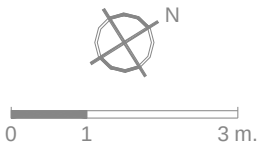
Curvas ISO - DF%

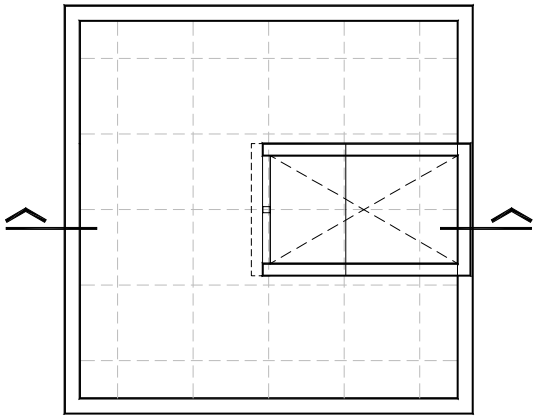
Gráficos V.2.2.1. - 18a:
Esquemas en planta, corte y elevación
de la habitación con el componente de iluminación.
Prueba G.02.

Teatina modelo sobre habitación modelo 'A'.
La teatina se encuentra nuevamente fuera de su ubicación tradicional. Centrada en su lado más largo con el eje de la habitación, el techo inclinado termina coincidiendo con una de las paredes de la misma, quedando la abertura vertical prácticamente al centro de la habitación.

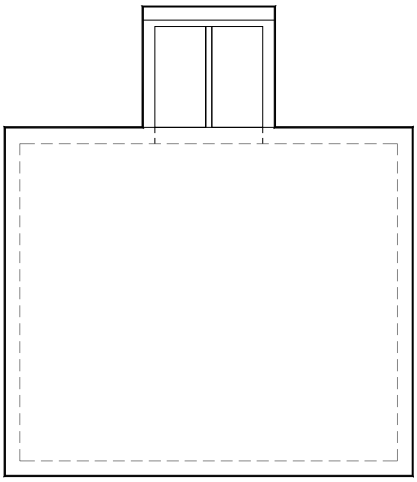
Prueba G.02.

Habitación Modelo A.
Cubierta con cielo raso.
Teatina modelo.

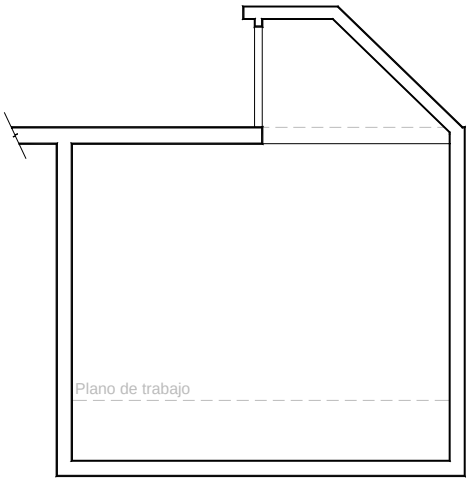




Planta



Elevación (sso)

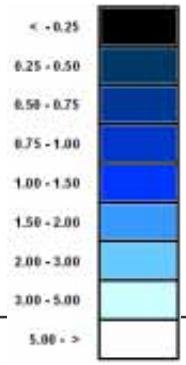


Corte

Gráfico V.2.2.1. - 18b:
Distribución de la luz (curvas iso-DF %) sobre el plano de trabajo al interior de la habitación. Prueba G.02.

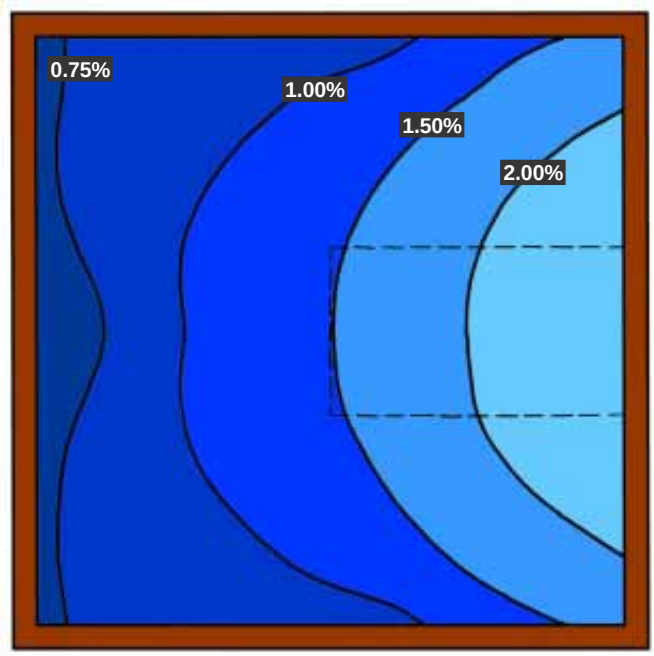
Valores del Factor de Luz Natural o Daylight Factor (DF%):

Valor promedio:	1.36 %
Valor máximo:	2.35 %
Valor mínimo:	0.72 %



Vista de la habitación y de la teatina.

Leyenda (Unidades: DF%).

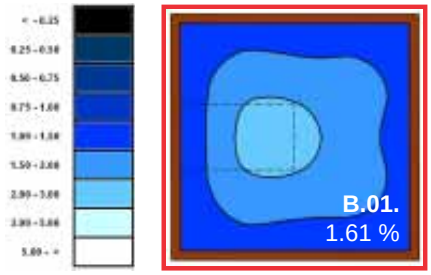


Curvas ISO - DF%

A continuación se presenta una descripción concisa y esquemática del desempeño lumínico de los diferentes componentes. Dicha descripción está acompañada del resultado gráfico y del valor promedio del Factor de Luz Natural (*DF*%, en la parte inferior derecha del mismo).

La Prueba B.01. (ver el marco rojo) no sólo contempla una teatina con las proporciones y dimensiones de la teatina modelo, sino que también se ubica sobre la habitación considerada en prácticamente todas las pruebas (Habitación Modelo A, de planta cuadrangular y altura típica). Es por ello que dicha prueba se presenta en adelante como la base a partir de la cual se terminan valorando el resto de los resultados.

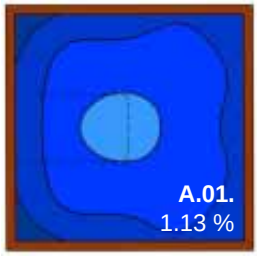
Una consideración previa es que, en la medida que los valores obtenidos en las evaluaciones terminen superando los 200 luxes, resulta posible la realización de una gran cantidad de actividades no especializadas (Ver Tabla 01 en Anexo 04). Sabiendo que los valores de iluminancia bajo un cielo nublado limeño suele estar generalmente sobre los 15,000 luxes, la obtención de valores de *DF*% superiores al 1.33% terminan creando las condiciones mínimas anteriormente descritas.



Pruebas A.01. y A.02.

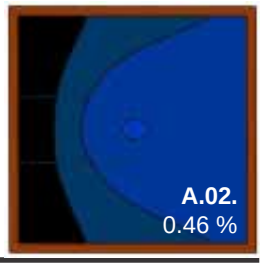
El patrón de distribución de la luz en la Prueba A.01. mantiene una gran semejanza con respecto al de la prueba base (Prueba A.02.).

La existencia de las rejas y de las puertas, además de las propias viguetas y de los encuentros entre las tablas que resultan de la estructura vista de la cubierta, influyen en la menor cantidad de luz que termina llegando al plano de trabajo. Dicha cantidad representa aproximadamente el 70% del que se da en la prueba base.



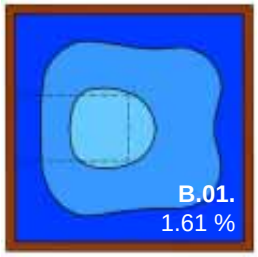
En el caso de la Prueba A.02., que considera las rejas, las puertas y la propia estructura de la teatina y de la cubierta con un acabado en madera natural (marrón oscuro), el patrón de distribución de la luz termina resultando muy diferente. Dicha distribución es menos 'regular', coincidiendo las zonas más oscuras con la parte baja de la propia abertura vertical de la teatina.

La cantidad promedio que se alcanza resulta significativamente más baja, representando poco menos del 30% de lo que se consigue en la prueba base.



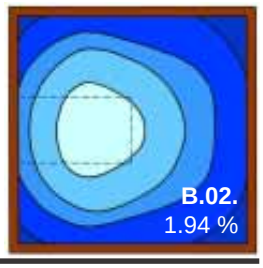
Pruebas B.01. y B.02.

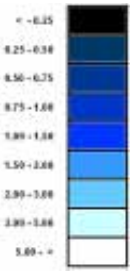
La prueba base, como ya se ha adelantado, considera una teatina 'modelo' sin rejas, ni cristales, ni marcos y con las superficies lisas con un acabado de pintura blanco mate. Esta se ubica sobre una habitación típica (Habitación Modelo 'A', 5.00 x 5.00 x 4.20 m.) y, en la medida que no se indique lo contrario, dichas características se mantienen en el resto de las pruebas.

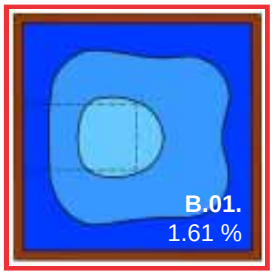


Llama la atención la uniformidad con la que se distribuye la luz bajo estas condiciones, además del valor relativamente alto que alcanza el nivel de iluminación sobre el plano de trabajo.

En cuanto a la Prueba B.02., en la que se mantienen todas las condiciones anteriores, salvo la altura del techo (3.00 m.), se evidencia una mayor cantidad de luz que termina arribando al plano de trabajo (aproximadamente un 20% más). Aún así, la distribución resulta menos uniforme; se llega incluso a obtener niveles más bajos en los contornos de la habitación frente a los que se obtuvieron en la prueba base.



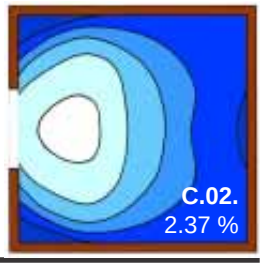




Pruebas C.01. y C.02.

Ambas pruebas, en las que se contempla la existencia de ventanas altas convencionales, evidencian la presencia de una mayor cantidad de luz que arriba al plano de trabajo. En la primera de ellas (que considera la altura de una habitación típica, 4.20 metros) se termina dando una cantidad de iluminancia promedio 23% mayor que el de la prueba base, mientras en la segunda (Prueba B.02., con una altura de habitación 'convencional' de 3.00 metros) un 47% mayor.

La distribución de la luz en ambos casos es bastante irregular, resultando esto más evidente en la prueba que contempla el techo de altura 'convencional'. En esta última se consiguen valores superiores al 5% frente a la ventana, pero, al mismo tiempo, existen valores inferiores al 1% en algunos de los límites del plano de trabajo.

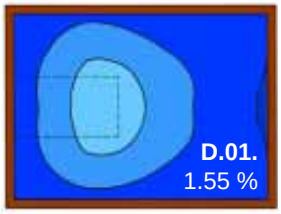


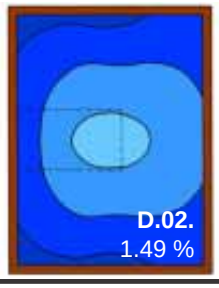
Pruebas D.01. y D.02.

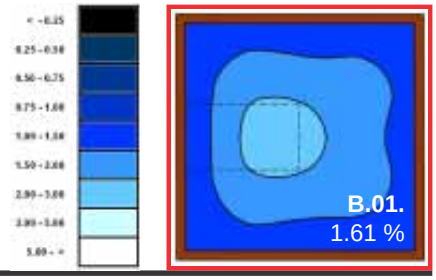
La única variante en las dos evaluaciones, con respecto a la prueba base, son las proporciones de la habitación (en este caso se considera la Habitación Modelo 'B', de 6.00 x 4.40 x 4.20 metros).

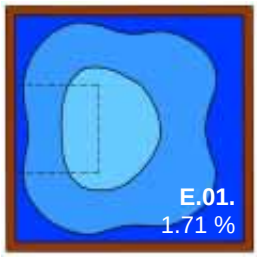
Los valores medios del nivel de iluminación obtenidos resultan siendo muy similares a los de la prueba base. La ligera diferencia en los valores resulta prácticamente proporcional a la diferencia de las propias áreas de las habitaciones (5.6% más de área que la Habitación Modelo 'A').

Si bien en ambos casos se aprecia una distribución relativamente homogénea de la luz sobre el plano de trabajo, en la medida que la abertura de la teatina coincida con uno de los muros cortos de la habitación (Prueba D.01.), el resultado de la cantidad promedio de luz que llega al plano de trabajo es ligeramente mayor, además de evidenciar una distribución relativamente más adecuada. En relación a este último aspecto, la teatina sobre una planta cuadrangular (prueba base) evidencia una distribución aún mejor.



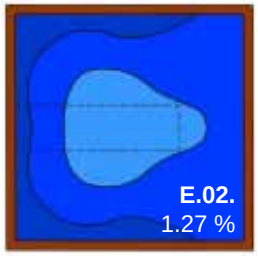






Pruebas E.01. a E.05.

La particularidad en las dos primeras pruebas es que en ambas se mantienen las áreas netas de las aberturas de la teatina, tanto de la vertical como de la horizontal, en relación a la prueba base. Mientras que la abertura vertical de la teatina modelo (prueba base) tiene una proporción que se acerca a la forma cuadrangular, las pruebas E.01. y E.02. consideran una teatina con una abertura vertical de proporción rectangular.

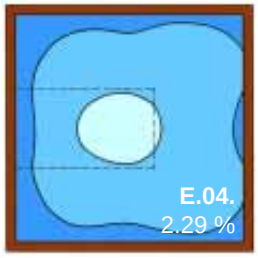


En la primera de ellas (Prueba E.01.) la dimensión de la base de la abertura resulta siendo el doble que el de la altura. En la segunda (Prueba E.02.) la situación es inversa.

Resulta evidente el mejor desempeño lumínico de la teatina con la abertura vertical menos 'esbelta' (Prueba E.01.). Se logra mantener una distribución homogénea de los niveles de iluminación (situación que no se logra del todo con la teatina de la Prueba E.02.), además de elevar ligeramente la cantidad promedio de luz que incide sobre el plano de trabajo (un 6% más en el primer caso frente a un 21% menos en el caso de la teatina 'esbelta').

De otro lado, con respecto a las Pruebas E.03. y E.04., en ellas si se mantuvieron las proporciones de la teatina modelo, estas vez variando precisamente las áreas netas de las aberturas: un 50% más pequeña en la Prueba E.03. y un 50% más grande en la Prueba E.04.

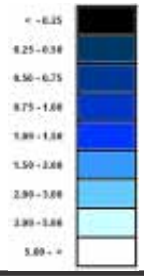
En primer lugar se aprecia que la distribución de la luz al interior de la habitación, a la altura del plano de trabajo, mantiene el patrón básico que presenta la prueba base, es decir, una marcada homogeneidad.

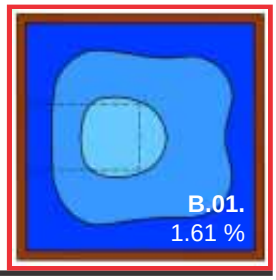


La diferencia en la cantidad promedio del nivel de iluminación que se da sobre el plano de trabajo si resulta marcada. En la prueba E.03. el valor obtenido es un 50% menor que aquel de la prueba base, mientras que en la Prueba E.04. dicho valor es un 43% mayor. La proporción entre la cantidad de luz y el tamaño de las aberturas de la teatina coincide exactamente en el caso de la primera de las pruebas, llegando a acercarse bastante en el segundo caso.

Finalmente, la Prueba E.05. mantiene todos las características de la prueba base, salvo por la forma trapezoidal de la abertura horizontal de la teatina.

Esta variante altera ligeramente el resultado, llevando un poco más de luz a los vértices de la habitación opuestos a la abertura de la teatina. Eleva, además, el nivel de iluminación promedio a la altura del plano de trabajo, aunque no de forma significativa (un 2.5% aproximadamente).

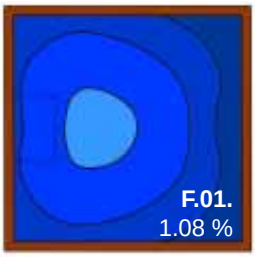




Pruebas F.01. a F.03.

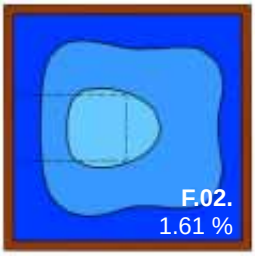
En la Prueba F.01., en la que se ha 'sustraído' la parte del volumen de la teatina que está conformada por la superficie inclinada, la apariencia del componente termina siendo una especie de 'farola' con un sólo lado abierto.

A partir del resultado se evidencia la menor cantidad de luz que incide sobre el plano de trabajo (aproximadamente 32% menos que la alcanzada en la prueba base) y la distribución poco homogénea que resulta. Los valores obtenidos en el sector opuesto a la abertura llegan incluso a rondar el 0.5% de *DF*%.



En la Prueba F.02. también se ha eliminado la superficie inclinada del elemento, aunque en este caso el cuerpo de la teatina se ha completado con superficies ortogonales. Las áreas de las superficies vertical y horizontal terminan coincidiendo con las de la prueba base.

Tanto el patrón de distribución de la luz, así como el valor promedio de iluminancia resultan siendo prácticamente los mismos. Se deduce que la presencia de dicho plano inclinado no incide en el desempeño lumínico del componente, en lo que a nivel de iluminación se refiere.

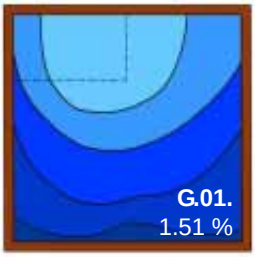


La prueba F.03. se diferencia radicalmente de las anteriores al presentar una farola como fuente de iluminación cenital (componente conformado por una abertura horizontal, cuatro aberturas verticales y una superficie opaca horizontal superior). Las medidas de dicha farola corresponden con aquellas que presenta la teatina modelo. En relación al nivel de iluminación alcanzado, no sólo mantiene una distribución homogénea del mismo, sino que los valores alcanzados resultan significativamente más altos (nivel promedio de iluminancia mayor en más de 200% con respecto al alcanzado en la prueba base).

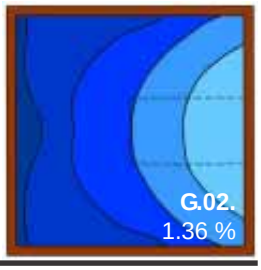
Pruebas G.01. y G.02.

Las dos últimas pruebas mantienen las características formales de la prueba base, variando únicamente la ubicación relativa de la teatina en la habitación.

En la Prueba G.01. la teatina se ubica en un vértice de la cubierta de la habitación, causando que la distribución de los niveles de iluminación sean más irregulares y perjudicando los sectores más apartados de la abertura. El valor promedio de las iluminancias también resulta ligeramente menor (aproximadamente un 6% más bajo).



En el caso de la Prueba G.02. la teatina se 'desplaza' hasta el muro contrario, coincidiendo prácticamente la abertura de la teatina con el centro de la habitación. Nuevamente la distribución resulta marcadamente irregular en comparación con la prueba base, además de lograr un nivel promedio bastante menor, incluso en relación a la prueba anterior (un 16% más bajo que el alcanzado en la prueba base).



V.2.2.2. Deslumbramiento.

La evaluación de la teatina en cuanto a su capacidad de producir deslumbramiento en los usuarios de los espacios que la contienen se realiza a partir del método de predicción propuesto por la CIE: El 'Índice de Deslumbramiento Unificado' (Unified Glare Ratio, UGR. Ver II.3.2. Herramientas de Evaluación Lumínica).

La habitación considerada para las pruebas de deslumbramiento responde al modelo de planta cuadrangular (Modelo 'A': 5.00 m. x 5.00 m. x 4.20 m.). Además, los cálculos consideran, en principio, cuatro aspectos asumidos como variables:

- Dos tipos de habitación: Modelo 'A' con altura 'tradicional' (4.20 metros) y Modelo 'B' con altura 'contemporánea' (3.00 metros).
- La altura de la línea de visión, asumida como paralela al piso, simula la posición relativamente habitual al interior de un ambiente de uso convencional; es decir sentado, a 120 centímetros sobre el nivel de piso terminado.
- Cinco puntos diferentes de la habitación, alineados todos ellos frente a la abertura vertical de la teatina (ver Gráfico V.2.2.2. - 01): a, b, c, d y e.
- Cinco posibilidades típicas de nivel de iluminación que provee un cielo cubierto sobre un plano horizontal: 15,000, 30,000, 45,000 y 60,000 luxes.

Una evaluación adicional, que permite valorar los resultados obtenidos a partir de las condiciones anteriores, se realiza considerando la habitación con la presencia de una ventana alta, cuyas dimensiones de la abertura coinciden con las de la teatina.

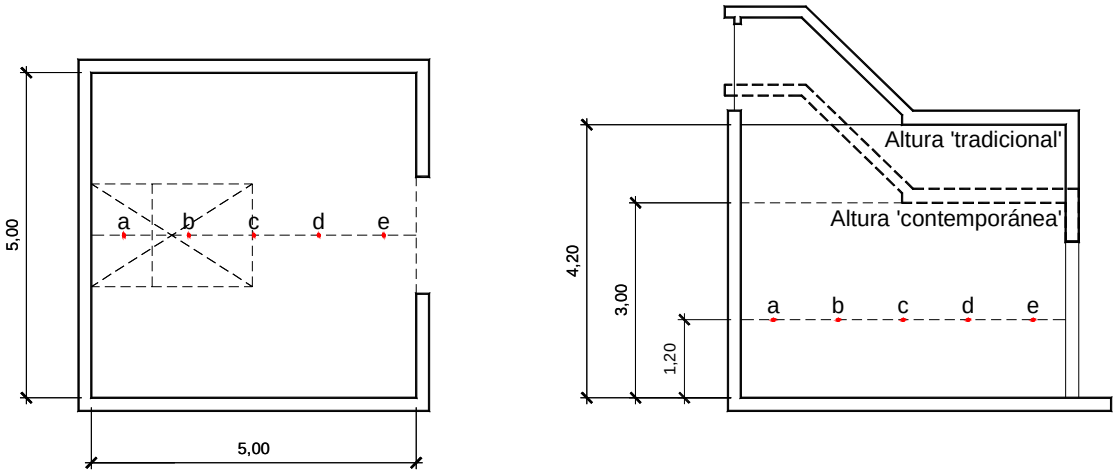


Gráfico V.2.2.2. - 01:
Habitaciones modelo y puntos de medición para la evaluación del fenómeno de deslumbramiento.

A continuación se presenta el procedimiento del cálculo detallado, aplicado para cada uno de los casos (Tablas resumen de todos los cálculos en Anexo 06):

Índice de Deslumbramiento Unificado
(Unified Glare Rating - UGR)

Fórmula $UGR = 8 \cdot \log [(0{,}25 / L_b) \cdot \Omega (L^2 \cdot \varpi / p^2)]$ … donde:

L_b Luminancia del fondo (o contorno inmediato de la fuente de luz, cd · m^{-2}).
L Luminancia de las partes luminosas de cada fuente de luz en la dirección del ojo del observador (cd · m^{-2}).
ϖ Ángulo sólido de las partes luminosas de cada fuente de luz desde el ojo del observador (estereo-radián, sr).
p Índice de posición para cada fuente de luz en relación a la línea de visión.

Valores insertados | Valores deducidos | Valores finales

Luminancia de la fuente de luz (Cielo), L :

$L = E_s / \phi$	donde,	L =	3,634.42
	$E_s = [(E_h + 2 \cdot E_h \cdot \text{sen}\ \zeta) / 3]$ (Fórmula CIE para cielo cubierto)		
E_h =	15,000	Iluminancia (en luxes) que produce el cielo en el plano horizontal.	
E_s =	11,418	Iluminancia que produce la porción vista de cielo cubierto. Valor de ζ deducido líneas abajo.	

Luminancia del fondo (Segundo plano), L_b:

$L_b = E_b \cdot r / \phi$	donde,	L_b =	122.28
	$E_b = (DF\%_b \cdot E_h) / 100$		
$DF\%_b$ =	3.94	Factor de luz natural (DF%) promedio del fondo o segundo plano.	
E_b =	591	Iluminancia (luxes) sobre el plano de las superficies del fondo. $E_b = (DF\%_b \cdot E_h) / 100$.	
r =	0.65	Coeficiente de reflexión promedio del fondo.	

Índice de posición, p :

		p =	5.39
T (lateral)	0.00	Se mantiene en 0 en la medida que el observador se ubique frente a la abertura.	
H (altura)	3.54	Distancia en altura entre el punto de observación y el centro de la fuente luminosa.	
R (profundidad)	4.23	Distancia en profundidad entre el punto de observación y el centro de la fuente luminosa.	
T / R	0.00	El valor de p se obtiene directamente de la tabla correspondiente.	
H / R	0.84		

Angulo sólido, ϖ:

$\varpi = A_p / r^2$	donde,	ϖ =	0.04
$A_p = a \cdot h'$ =	1.14	Área proyectada de la parte luminosa de la fuente de luz (m^2).	
$r = (R^2 + H^2)^{-2}$ =	5.52	Distancia desde el observador al centro de la parte luminosa proyectada de la fuente de luz (m).	
ζ = atan (H/R) =	39.93	Ángulo entre la línea visual y el centro de la parte luminosa proyectada de la fuente de luz (º).	
a (ancho)	1.34	Ancho de la parte luminosa proyectada. En este caso coincide con el de la ventana (m).	
h'	0.85	Altura de la parte luminosa proyectada. Obtenida directamente del gráfico (m).	

Hasta 16: Imperceptible. // De 16 a 24: Tolerable, según actividad.
De 24 a 28: Inconfortable // A partir de 28: Intolerable.

UGR 12

Tabla V.2.2.2. - 01: (Arriba) 'Hoja de cálculo' con la fórmula 'UGR' que permite deducir la existencia de deslumbramiento a partir de las variables planteadas.
En este caso se presenta el procedimiento desde el punto 'e' de la Prueba A.01.: Teatina en Habitación Modelo 'A' con altura tradicional; iluminancia exterior de 15,000 luxes sobre un plano horizontal.

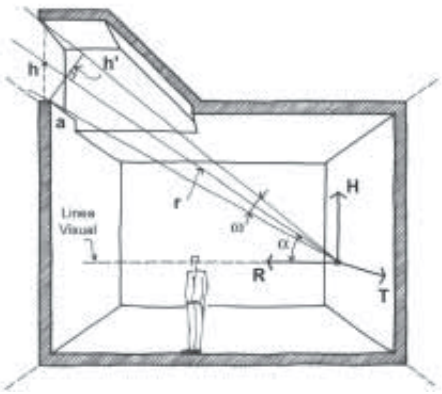


Gráfico V.2.2.2. - 02:
Variables consideradas dentro del cálculo del fenómeno de deslumbramiento.

Entre las consideraciones tomadas en cuenta para la determinación de las variables, sobresalen los siguientes aspectos:

- Los puntos de evaluación se colocan frente a la abertura en la medida que permite identificar los valores más críticos de deslumbramiento. No sólo el área efectiva de la fuente luminosa resulta mayor, sino que su ubicación misma en relación al campo visual del observador termina resultando más 'conflictiva'.
- Se asume el cielo cubierto, no sólo por ser el más frecuente para el caso de Lima, sino por ser potencialmente más deslumbrante debido al mayor brillo que posee en relación al contraste que se genera entre el mismo y las superficies interiores.
- El factor de luz natural ($DF\%_b$) promedio del fondo (segundo plano, o contorno) de la fuente luminosa se determina a partir de las pruebas en modelos a escala. El promedio se obtiene de las muestras obtenidas en los puntos # 1, 2, 3 y 4 (ver el Gráfico V.2.2.2. - 03, la Foto V.2.2.2 - 01, los planos en las páginas siguientes y las fichas de medición en el Anexo 06).
- Se ha mantenido la teatina abierta y sin la presencia de barras frente a ella; se trata de una situación extrema en la que el deslumbramiento resulta ligeramente mayor.

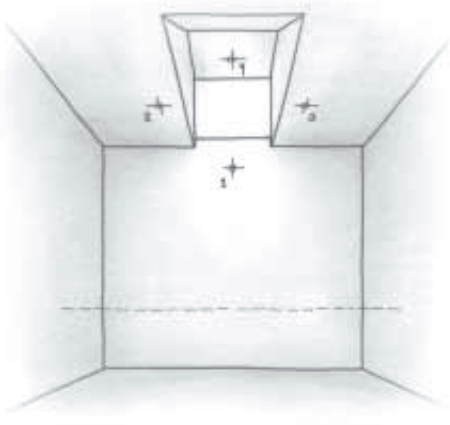


Gráfico V.2.2.2. - 03:
Puntos de medición para determinar el nivel medio de luminancia de 'fondo' de la fuente de luz (superficies alrededor de la abertura de la teatina).

Foto V.2.2.2. - 01:
Vista del modelo a escala con las aberturas que permiten la medición de la iluminancia que llega sobre las superficies predeterminadas.

- Los colores de las superficies interiores coinciden con aquellos tomados en cuenta en la evaluación de la iluminancia (tonos claros, utilizados mayormente desde fines de siglo XIX y actualmente vigentes, r = 0.65 aproximadamente).
- Los valores de H y R (para deducir el Índice de Posición, *p*) se obtienen de los planos en busca de una mayor precisión (ver Gráficos V.2.2.2. - 05a y siguientes).
- Otro valor que se obtiene del corte es la altura relativa de la fuente de luz (h'). Su valor aproximado se puede deducir geométricamente ($h' \approx h \cdot \cos \alpha$, siendo h la altura real de la ventana), pero la presencia del alero, del espesor del muro y de la propia estructura de la teatina hacen que la deducción de dicho ángulo a partir del gráfico (corte) sea más exacta.
- Para conseguir el valor del Índice de Posición (*p*) se utiliza, en principio, la tabla presentada en el Anexo 04 (Tabla 03). Para agilizar el cálculo se ha deducido la fórmula polinomial que contiene los resultados en la medida que la relación T / R sea igual a cero (0), siendo este el caso en todos los cálculos debido a la ubicación relativa de los puntos (ver Gráfico V.2.2.2. - 04).

A continuación se presentan los planos que permitieron obtener los valores H, R y h' para todos los cálculos, acompañadas de las tablas que resumen los resultados de los mismos (ver los cálculos detallados en el Anexo 06, Datos Lumínicos).

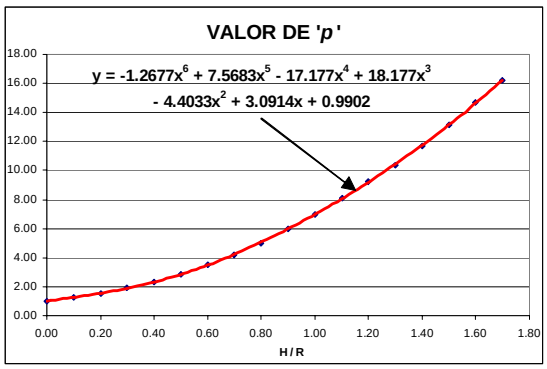


Gráfico V.2.2.2. - 04:
Fórmula que permite la deducción del valor *p* de forma directa.

Foto V.2.2.2. - 02:
Vista desde el interior de una habitación (Casa de Ejercicios de Santa Rosa). La sensación de deslumbramiento resulta evidente. Esta, además, crece en la medida que los colores del fondo sean más oscuros (la menor luminancia del segundo plano genera un mayor contraste).

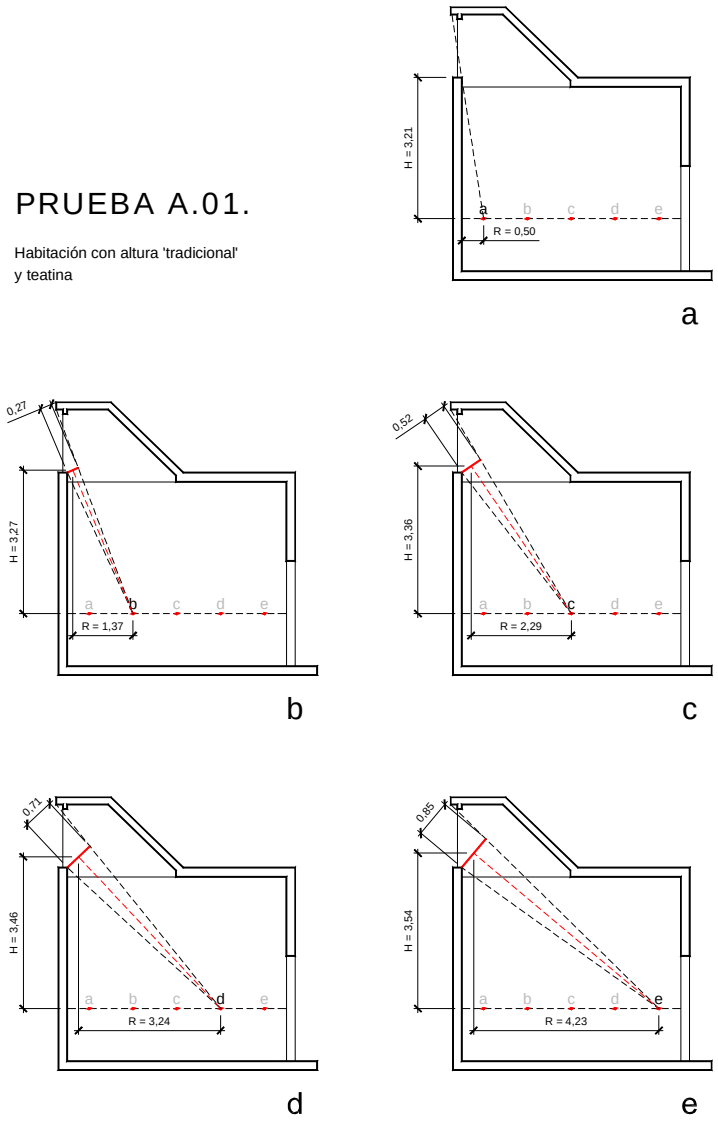


Gráfico V.2.2.2. - 05a: Vistas en corte para la Prueba A.01. con los valores de H, R y h' según las diferentes posiciones.

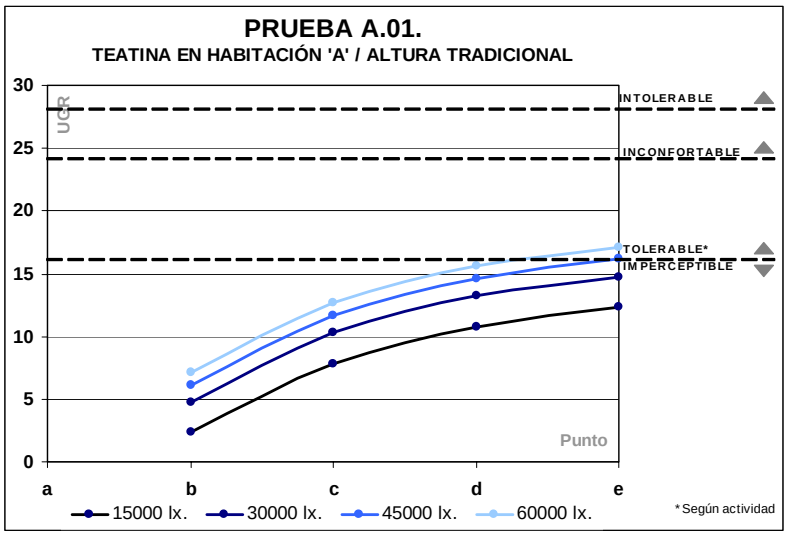


Gráfico V.2.2.2. - 05b: Resultados de la Prueba A.01. a partir del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).

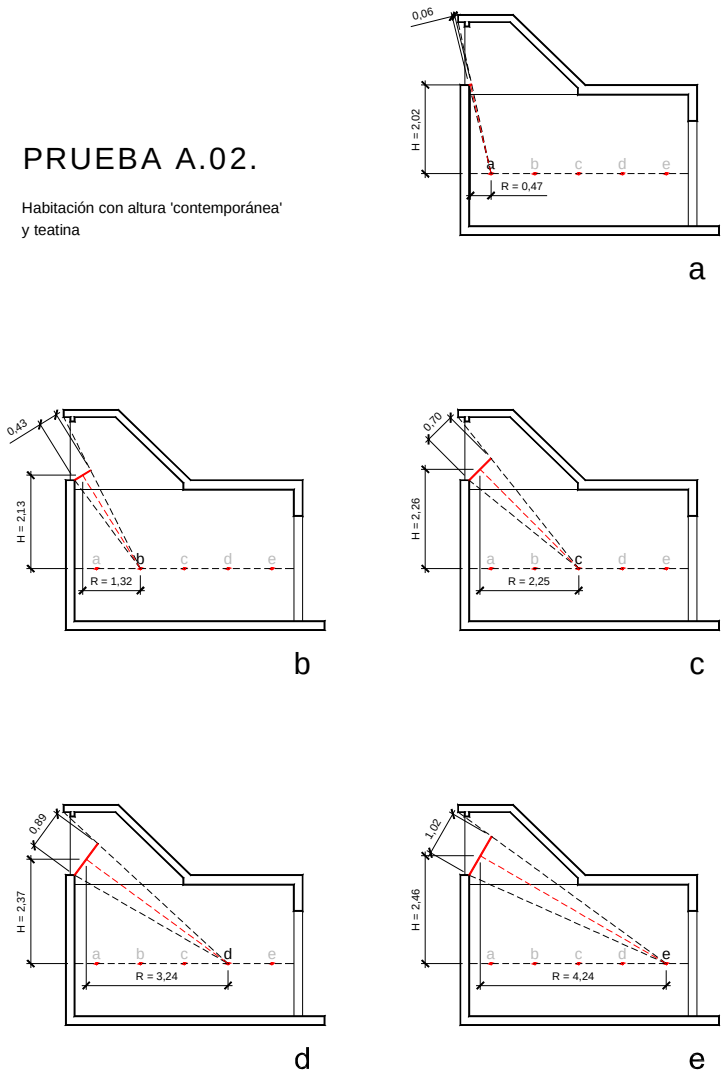


Gráfico V.2.2.2. - 06a: Vistas en corte para la Prueba A.02. con los valores de H, R y h' según las diferentes posiciones.

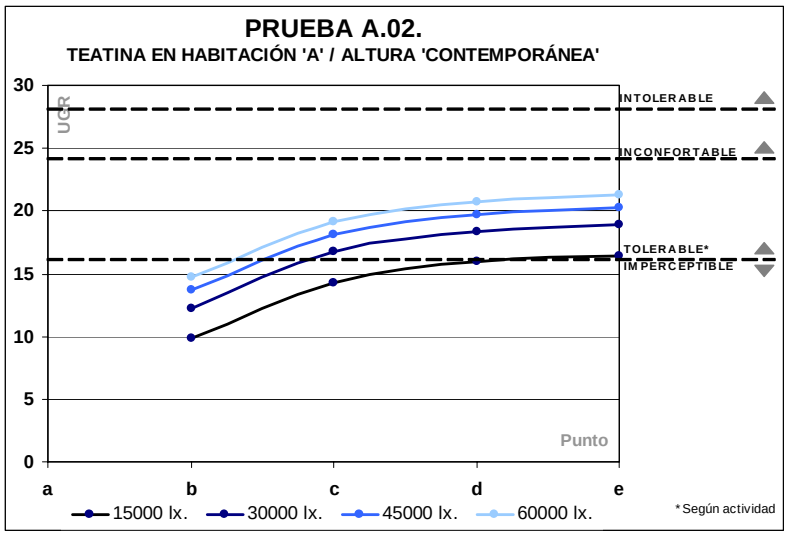


Gráfico V.2.2.2. - 06b: Resultados de la Prueba A.02. a partir del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).

PRUEBA B.01.

Habitación con altura 'tradicional'
y ventana alta.

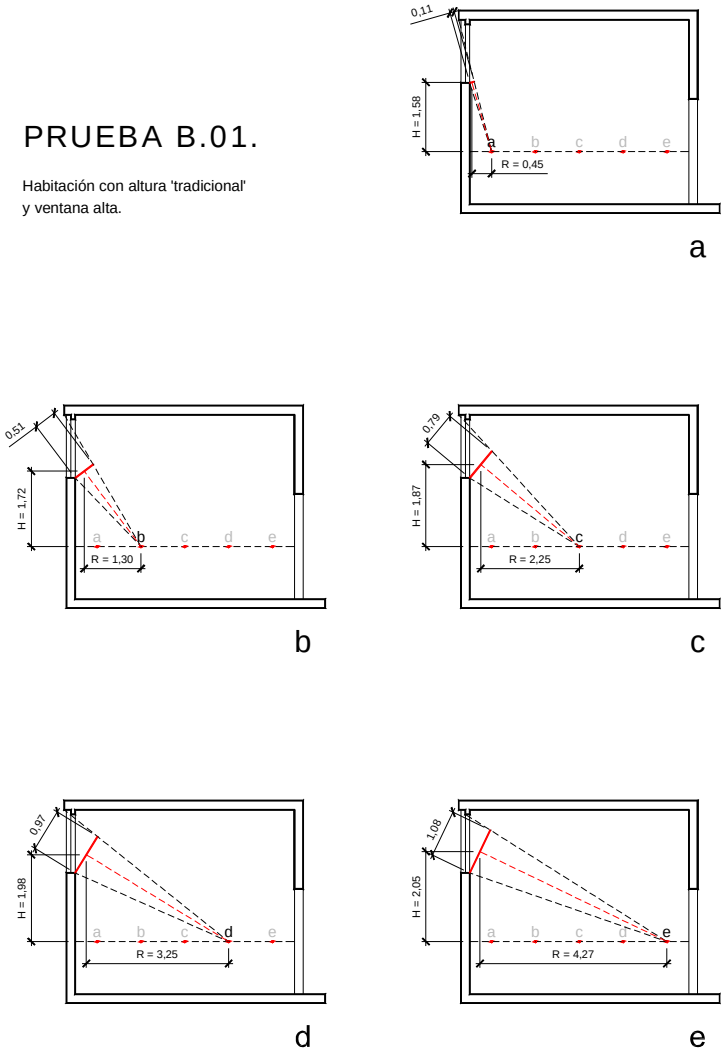


Gráfico V.2.2.2. - 07a: Vistas en corte para la Prueba B.01. con los valores de H, R y h' según las diferentes posiciones.

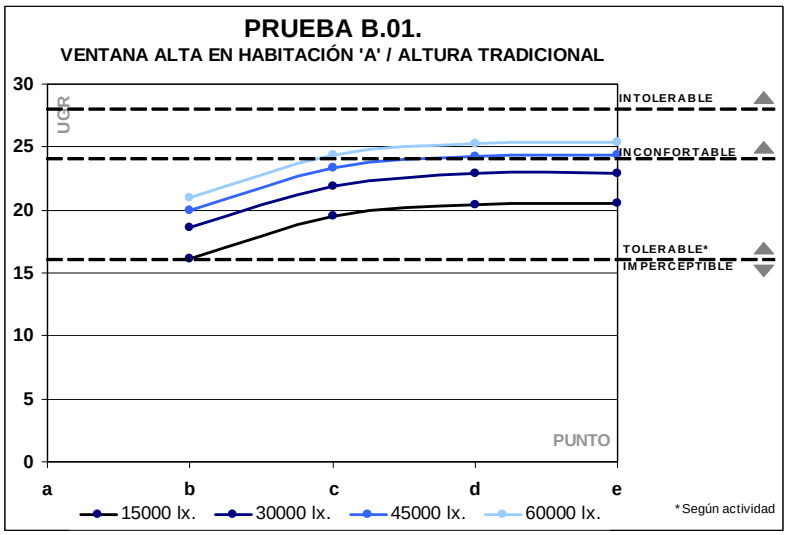


Gráfico V.2.2.2. - 07b: Resultados de la Prueba B.01. a partir del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).

PRUEBA B.02.

Habitación con altura 'contemporánea' y ventana alta.

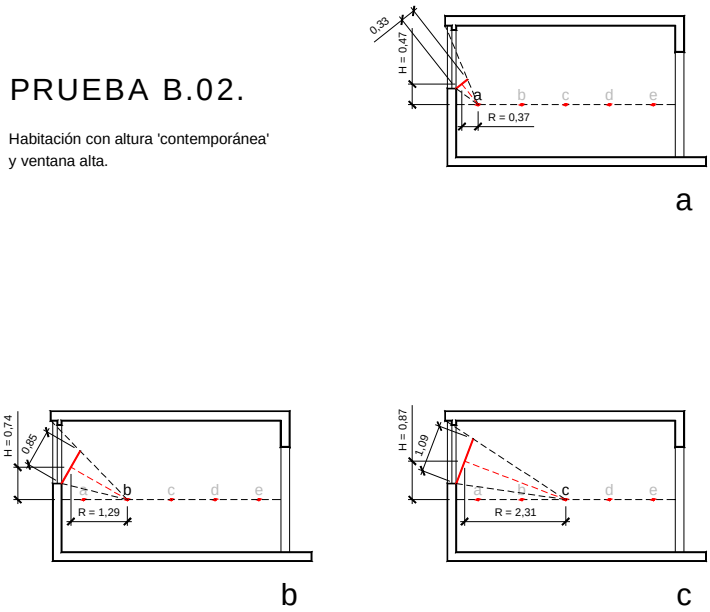


Gráfico V.2.2.2. - 08a: Vistas en corte para la Prueba B.02. con los valores de H, R y h' según las diferentes posiciones.

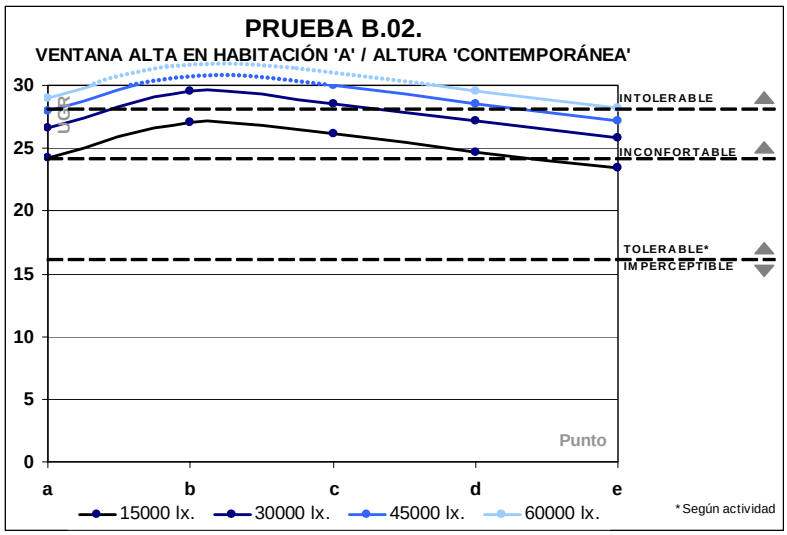


Gráfico V.2.2.2. - 08b: Resultados de la Prueba B.02. a partir del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).

Resulta común la existencia de valores de iluminancia exterior menores a los 15.000 luxes (principalmente en las primeras y últimas horas del día, además de aquellos días en que existen garúas o lloviznas) y aún cuando no es muy habitual que dichos valores lleguen a niveles cercanos a los 60.000 luxes, se ha considerado precisamente dicho rango (ente 15.000 y 60.000 luxes) en la medida que la existencia potencial del fenómeno del deslumbramiento resultan mayores bajo las condiciones de un cielo cubierto de mayor brillo (luminancia).

Se puede deducir, a partir de los resultados obtenidos en la Prueba A.01., que bajo las condiciones asumidas para la evaluación, una teatina modelo ubicada en una habitación típica y con acabados interiores claros, no es capaz de causar deslumbramiento a una persona sentada, con la vista paralela al piso y en dirección al propio componente.

En la medida que se asuma una altura de techo 'contemporánea' (3.00 metros, Prueba A.02.) las posibilidades de deslumbramiento aparecen, principalmente en los puntos más alejados (d y e) y bajo un cielo nublado más brillante. Aún así, y en función de la actividad que se realice, el grado de deslumbramiento no llega a generar una situación que pueda considerarse como inconfortable.

Realizada la evaluación en una habitación con las mismas características, con una altura de techo típica (4.20 metros) e iluminada por una ventana alta de las mismas dimensiones que las dos teatinas previamente consideradas, la posibilidad de deslumbramiento termina dándose prácticamente desde todas las posiciones y bajo cualquier situación de luminosidad del cielo (ver Prueba B.01.). Aún así esta situación llega a ser en parte tolerable (en función de la actividad realizada), llegando a ser inconfortable en los puntos más alejados de la abertura vertical de la teatina y cuando el brillo del cielo nublado ostenta mayor luminosidad (entre 30,000 y 45,000 luxes).

Un último cálculo (Prueba B.02.) evidencia la situación de inconfortabilidad que se termina teniendo en una habitación con ventana alta y con una altura de techo 'contemporánea'. La situación de deslumbramiento que genera la fuente de luz (ventana) se percibe prácticamente desde todos los puntos y bajo todas las condiciones de cielo cubierto. Este deslumbramiento llega a ser incluso intolerable en la zona central de la habitación y cercana a la propia ventana (puntos b y c).

A pesar de la relatividad de los resultados, en la medida que tanto la altura como la dirección de la línea visual suele ser variable, se termina corroborando el mejor desempeño que ostenta la iluminación cenital frente a la lateral (a través de una abertura vertical a la altura de los muros) en su capacidad de evitar el disconfort visual asociado al fenómeno del deslumbramiento.

La misma variabilidad de los factores a considerarse alrededor del fenómeno en cuestión no permiten predecir con facilidad los eventuales deslumbramientos (directos e indirectos) que puedan generarse a partir de la abertura de la teatina bajo circunstancias específicas: lectura y escritura sobre un plano horizontal, pantallas de ordenadores, cuadros sobre determinadas paredes, etc. En general, se ha de considerar en estos casos la posibilidad de intervenir sobre la propia fuente de luz, sobre la distribución y orientación del mobiliario y sobre la correcta elección en el uso de acabados de superficies especulares.