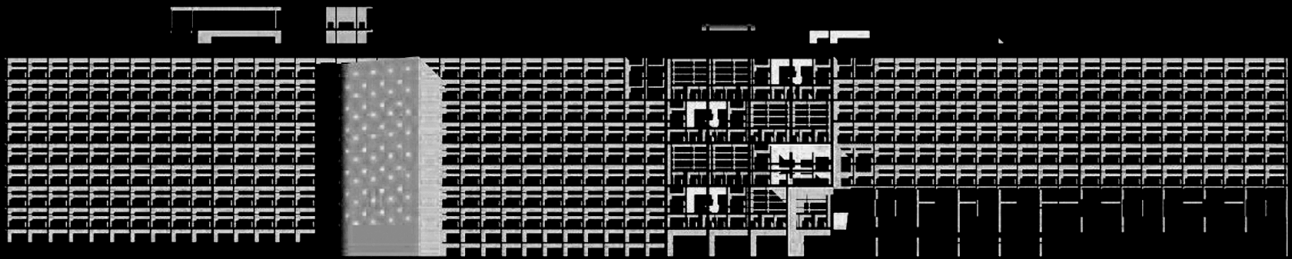


# 07

El *brise-soleil*  
o la doble fachada de Le Corbusier.



La arquitectura del movimiento moderno, originada en el clima central europeo, inicialmente fue basada en los principios higienistas en boga en el momento. Los paños de vidrio sonaban con una declaración de la hipótesis de la optimización de la iluminación y la ventilación con la fluidez espacial deseada. Le Corbusier fue un pionero en cuanto a seguir esta tendencia para la construcción de paredes acristaladas con poco espesor, como en el caso del Edificio del Ejército de Salvación, pero también fue el primero en cambiarla por la invención de los *brise-soleil*, que utilizó en sus proyectos desde el 1935 en adelante. El hecho es que requerimientos exigidos en los climas mediterráneos y tropicales decididamente interactuaban en supuestos de naturaleza compositiva. Este artículo analiza ejemplos de sistema sombreado en la obra de Le Corbusier como elemento compositivo y climático y su trayectoria evolutiva, basado en los estudios de Almodóvar, Siret y Requena, como una forma de rescatar las posibilidades del elemento sombreado como parámetro de composición frente a las nuevas tecnologías de proyecto.

#### **Brise-soleil or the Double Facade of Le Corbusier**

*The architecture of the modern movement, originated in the central European climate, initially supported the principles of hygienists in vogue at the time. The large glazed areas sounded with a statement of assumptions of lighting and ventilation optimization with the desired spatial fluidity. Le Corbusier was a pioneer to follow this trend to construct glass walls with little thickness, as in the case of The Salvation Army Building, but was also the first to change this trend by the invention of the brise-soleil, used in his projects, from 1935 and on. The fact is that climatic requirements demanded in Mediterranean and tropical climates interacted decisively on compositional nature assumptions. This paper analyzes examples of shading systems, in the work of Le Corbusier, such as compositional element and its evolutionary trajectory and climate, from the studies of Almodovar, d. Siret and Requena, as a way to rescue the possibilities of shading element as architectural composition parameter in the face of new design technologies.*



#### **Autores**

**Dra. Sílvia Morel Corrêa**

**Dr. Roni Anzolch**

**Acad. Renato Fonseca Pedrotti**

Faculdade de Arquitetura

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Brasil

#### **Palabras claves**

Brise-soleil

Composición de fachadas

Iluminación natural

Le Corbusier

Protección solar

#### **Key words**

Brise-soleil

Facade design

Le Corbusier

Natural lighting

Solar shading

---

**Artículo recibido | Artigo recebido:**

10 / 06 / 2016

**Artículo aceptado | Artigo aceito:**

29 / 11 / 2016

---

**Email:** silmcorrea@ufrgs.br

## INTRODUCCIÓN

Este artículo forma parte del proyecto de investigación sobre los componentes de fachadas en la Arquitectura Moderna desarrollado con el apoyo de la Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul (Fapergs).

El *brise soleil* fue, desde sus inicios, un elemento compositivo de calidad reconocida en nivel mundial, y tuvo su apogeo en los años 40 hasta los 70, cuando cae en desuso. Hoy vuelve a ser aplicado, sin embargo, el sistema de sombreado se ve, en muchos casos, restringido a su aspecto compositivo, en cuanto que en su concepción original y más íntegra, debía incorporar la coherencia constructiva y la adaptación al clima, hace al surgimiento de las ventanas acristaladas. Le Corbusier fue un pionero en construcción de paredes acristaladas con poco espesor, como en el caso del edificio del Ejército de la Salvación, pero también fue el primero en cambiar esta tendencia por la invención del *brise-soleil*, que utilizó en sus proyectos, en Europa, África, India y Estados Unidos. Y es posible entender un esfuerzo metodológico de su parte para la comprensión de un fenómeno de carácter múltiple.

Así pues, es oportuno rescatar la evolución del *brise-soleil* en la obra de Le Corbusier para entender su complejidad a través del análisis de diferentes tipos de brises y su efecto en el exterior e interior de los edificios. Por lo tanto, nos propomos emprender un recorrido a través de las obras, elegidas por su relevancia, desde un punto de vista medioambiental, con base en los estudios de Almodovar, Siret y Requena, teniendo en cuenta la orientación y la protección solar en los solsticios de invierno y verano (Le Corbusier defendió que al menos hubiera dos horas de penetración solar en el invierno) (Le Corbusier, 1993). Del mismo modo, desde el punto de vista arquitectónico se consideran aspectos como la forma, la integración al conjunto, la inserción en la fachada y la importancia en la composición. Como una contribución al debate realizamos simulaciones de rendimiento termoluminoso mediante el software Energyplus,<sup>1</sup> considerando el efecto de la temperatura exterior y los intercambios de aire a través de la ventilación natural. Este artículo presenta el Ministerio de Educación en Río de Janeiro de Lúcio Costa y equipo, la experiencia de Argel, con los edificios de Ponsik y el rascacielo «biológico» del barrio de la Marina, la

Unidad de Habitación de Marsella y las obras en India: el edificio del Secretariado en Chandigarh, la Asociación de Hilanderos y la villa Shodan en Ahmedabad.

La desastrosa experiencia en el Edificio del Ejército de Salvación en París es el marco inicial de una lógica de diseño de los brises-soleil. Allí logra comprender los efectos del sobrecalentamiento de la vidriería expuesta que, por lo tanto, haría profundizar el conocimiento científico y la investigación sobre la inercia térmica, la ventilación natural y el control de la radiación solar. Sin embargo, la búsqueda de una solución no queda limitada en sus aspectos funcionales. El cerramiento sufre un cambio drástico, la losa se extiende en un voladizo para dar sombra y el cerramiento se descompone en un conjunto de volúmenes y de superficies que al mismo tiempo dan un espesor a la fachada. Son las formas abiertas, exteriormente activas de los parasoles que pasan a dar una nueva escala y orden simbólico al edificio. Este mecanismo de control de la radiación es la interposición de la luz solar, que Le Corbusier utiliza de dos formas: mediante el *brise-soleil* y posteriormente con lo que Ignazio de Viar llamó de edificios parasoles. En el primer grupo están el Ministerio de Educación y Salud, el rascacielos de Argel, la Unidad de Habitación de Marsella y el Edificio del Secretariado en Chandigarh. En el segundo están el edificio de la Asociación de Hilanderos y la casa Hutheesing-Shodan.

1. U.S. Department of Energy, Energy Plus Energy Simulation Software.

2. Ministério de Educação e Saúde, memorial descritivo publicado en la revista *Arquitetura e Urbanismo*, jul./ago. 1939. Republicado Costa (1962).



**FIGURA 1** | Ministerio de Educação e Saúde – fachada noroeste. Fuente: Nelson Kon (en línea). Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/08.086/1917> (fecha de consulta: 10 de mayo de 2015).

### EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y SALUD (MES)

En Brasil, a pesar de no haber sido el pionero, el MES fue sin duda una de las obras más emblemáticas con relación al empleo del *brise-soleil*. Su caso asume relevancia por el hecho de que, en 1943, fue la primera obra terminada e inaugurada con la implementación del *brise-soleil*. Aunque Le Corbusier no participó directamente en el proyecto fue nombrado como asesor por el promotor, el ministro Gustavo Capanema (Le Corbusier, 1993:82). El MES es una aplicación pionera de la «planta y fachada libre» en un edificio de oficinas en altura así como por las varias innovaciones y mejoras técnicas. Son notables las losas-hongo revestidas con material aislante en su cara inferior, los *brises* de control manual, que se alejan de la fachada para permitir la circulación del aire y se calibran dimensionalmente para evitar la sensación de rejilla y también se destacan las aberturas que garantizan la ventilación cruzada en los paneles divisorios del piso tipo (Comas, 2000).

Se sabe que hubo una percepción, por parte del equi-

po de arquitectos brasileños, de los problemas que se producirían con la transposición directa de la propuesta de uso de la luz natural del movimiento moderno a la realidad de Rio de Janeiro —es decir, luz excesiva—, molestias de insolación y una carga térmica excesiva. Su propuesta para solucionar estos problemas a través de un elemento arquitectónico que tuviera la virtud de controlar y filtrar esta luz fue, en primer lugar, una intención práctica, pero se convirtió en una actitud que marcó profundamente la arquitectura brasileña y dirigió la atención al tema de la contextualización, sin renunciar a la búsqueda de claridad, característica del Movimiento Moderno.<sup>2</sup>

La fachada Nor-noroeste tiene solo un tipo de solución para el brise, que se aplica en toda su área y establece un tratamiento superficial sin interrupciones (Fig. 1). Aunque le Corbusier había preferido el uso de placas fijas (Von Moos, 2013), el equipo de arquitectos brasileños, encabezado por Lucio Costa, optó por elementos móviles. En el memorial de proyecto se comenta:

«Verificamos que la adopción de placas fijas, si bien podría resolver el problema de la insolación, sería menos satisfactorio en lo concerniente a la iluminación, pues, habiendo sido calculada para días claros, resultaría, por fuerza, deficiente en los sombríos, obligando el uso de luz eléctrica en horas que otros edificios podrían dispensarla. (...) Además de esto, consideramos que siendo la dirección de los rayos solares variable en relación a la fachada, el mejor sistema de evitarlos debería ser móvil. Con esas razones y basados en experiencias con los mejores resultados en el edificio de la *Obra do Berço*, en la Laguna Rodrigo de Freitas, donde, debido a la orientación, fue adoptado el tipo vertical, decidimos emplear también un proceso semejante que garantice a cualquier hora del día, disposición adecuada a las necesidades do trabalho». (Costa, 2007)

El proyecto del *brise-soleil* dividía la fachada noroeste en módulos de 2 m con profundidad de 1,30 m, con 3 paneles horizontales fijos en sus costados, 50 cm frente a las ventanas. Los brises se calcularon para el sol del mediodía del cenit y un sol de invierno a 45°. Debemos tener en cuenta que en los meses más calientes el promedio de las temperaturas máximas de Rio supera los 30° y la humedad relativa fluctúa en torno al 80%.

Para Almodóvar (2004), en los meses de verano se observa, sin embargo, que durante la mayor parte del día las lamas no reciben radiación solar directa. Como consecuencia, su existencia no está justificada como elemento de protección solar, y debido a su color no sería una solución óptima desde el punto de vista lumínico. En los croquis realizados sobre el funcionamiento de las lamas, como se ve en la Fig. 2, aparecen dibujadas solo dos, pensando que éstas recibirían sol al medio día en verano.

El análisis lumínico, de acuerdo con Requena, concluye que las lamas en las tres posiciones tienen una óptima adaptación a las líneas de sombra y permiten controlar la entrada de sol con la inclinación de las mismas. Si analizamos el *brise-soleil* en sección, podemos observar que la superficie acristalada se extiende desde aproximadamente un metro de altura hasta el techo (Fig. 2). Este es un factor crucial en el desempeño lumínico de los brises, pues la altura mayor del techo ga-

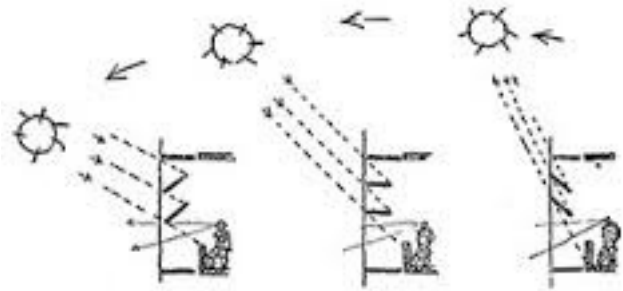
rantiza una mayor penetración de luz en las zonas más distantes de la ventana. Según Requena, el nivel de iluminancia de 500 lux en el plano de trabajo se consigue en todas las opciones, excepto en días nublados, para el fondo de la habitación. Los gradientes entre la parte más próxima a la fachada y el interior evitan los deslumbramientos y garantizan el confort visual (Requena, 2011:121). Las lamas se disponen de forma que, sea cual fuere su posición, no impidan las vistas de la ciudad. Esta estrategia la consideramos adecuada; la superficie opaca (casi un tercio de la fachada) realmente no produciría un incremento de iluminación aprovechable.

#### LA EXPERIENCIA DE ARGEL

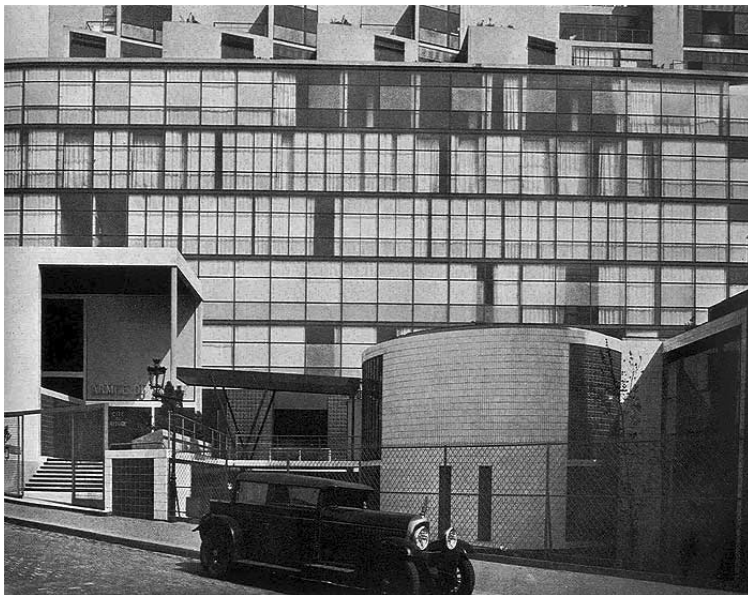
A los finales de los años 20, Le Corbusier se ocupa del tema del sombreado como resultado de lecciones obtenidas a partir de errores que incluyeron el edificio *La Cité de Refuge de l'Armée du Salut* (París, 1933), diseñado con una fachada sur totalmente acristalada,<sup>3</sup> la cual en el mes de junio se convertía en intolerablemente caliente (Fig. 3). En este momento ya se acerca intuitivamente a la solución teniendo en cuenta el sol, como se constata en los primeros estudios de 1928 para Cartago (Le Corbusier, 1946:108). En 1930, en el diseño del edificio Clarté, en Ginebra, demostró una especie de transición al nuevo enfoque con relación al pan de verre y su protector solar (Fig. 4). En este edificio la losa a medios pisos se extendía más allá de la línea de la fachada de vidrio, lo que creaba una solución que permitía el paso de la luz del sol del invierno y evitaba la radiación alta en el verano. Poco después, en 1933, en otro proyecto residencial que no se construyó, en Barcelona, la intención del parasol se hizo más evidente: la planta superior estaba protegida por profundas terrazas y el piso intermedio por persianas horizontales pivotantes de hormigón.

En el período de 1930–1938, Le Corbusier desarrolló una serie de estudios para Argel que incluían el edificio de viviendas de *Ponsik*. En este proyecto, cada una de las fachadas fue correctamente tratada, dependiendo del tipo de insolación recibida: para el lado norte, poco expuestos a la luz solar directa, diseñó grandes paneles de vidrio; para el este, con pocas aberturas, y para el sur y oeste diseñó *brises-soleil*. En la fachada

3. El Edificio del Ejército de Salvación fue posteriormente transformado y su fachada recibió la adición de *brise-soleil* con la colaboración de Pierre Jeanneret, Cohen (2007:51).



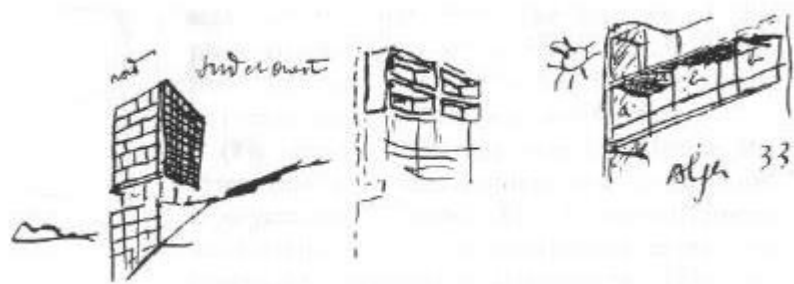
**FIGURA 2** | Croquis del funcionamiento de las lamas presentado en la memoria descriptiva del proyecto. Fuente: Costa, 2007.



**FIGURA 3** | Edificio do Exército de Salvación y la fachada acristalada. Fuente: [http://www.ronet.pl/index.php?mod=impresje&impresja\\_id=165](http://www.ronet.pl/index.php?mod=impresje&impresja_id=165) (fecha de consulta: 15 de diciembre de 2015).



**FIGURA 4** | Edificio Clarté, Ginebra. En este edificio la losa a medios pisos se extendía más allá de la línea de la fachada de vidrio. Fuente: Boesiger Zurich (1984).



**FIGURA 5** | Estudios para los apartamentos de alquiler de Ponsik. Fuente: Le Corbusier (1946:104).

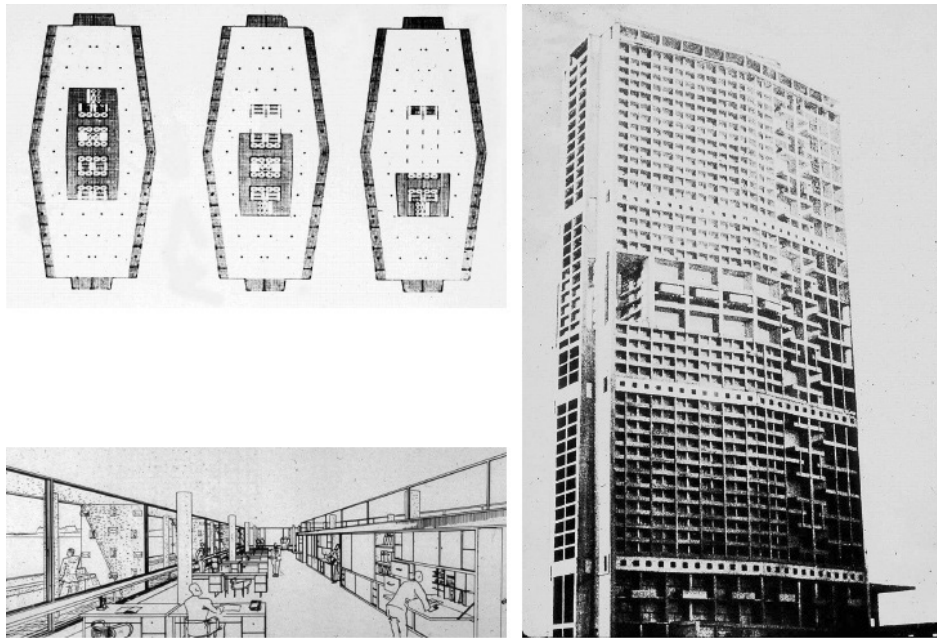


FIGURA 6 | Rascacielos del Quartier de la Marine: edificio de oficinas con la estructura de hormigón, pan de verre integral, *brise-soleil* en *loggia* con diferentes espaciamentos. Fuente: Le Corbusier, 1946, p.108.

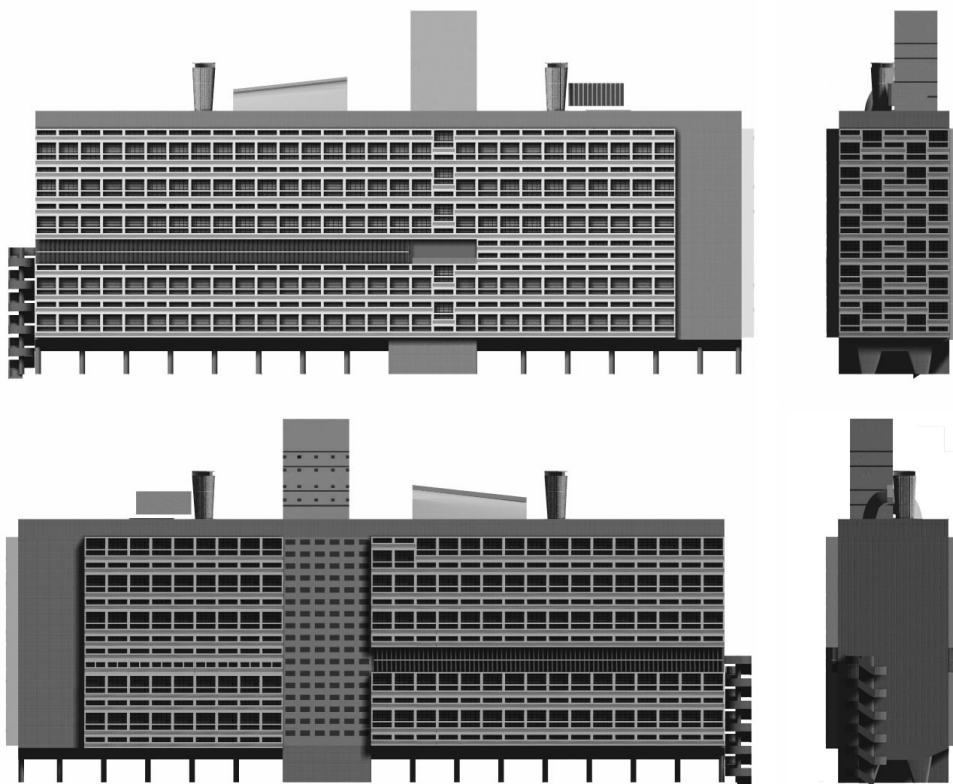


FIGURA 7 | Unidad de Habitación de Marsella, arriba: fachadas este y sur, abajo: oeste y norte.  
Fuente: <http://misfitsarchitecture.com/tag/unite-dhabitation-marseilles/> (fecha de consulta: 30 de mayo de 2015).

4. *Ibidem*, p. 50.

5. *Idem*, p.62.

oeste, donde la radiación solar tenía bajos ángulos de incidencia e intercepción más difícil, Le Corbusier hizo lamas verticales u oblicuas (1946:105). Es posible ver en estos bocetos que el elemento está diseñado como una adición al paño de vidrio (Fig. 5).

Continuando con esa investigación, el arquitecto realiza entre 1938 y 1939 un plan de desarrollo para el distrito de la Marina que aporta una nueva solución constructiva y estética del rascacielos destinado a oficinas comerciales. El rascacielos del Quartier de la Marine es un verdadero elemento de biología que contiene con precisión órganos específicos: una estructura independiente, un recipiente totalmente acristalado con el *brise-soleil* diseñado para disminuir la ganancia térmica en las horas calientes y, por lo contrario, permitir la entrada de la luz del sol en invierno.<sup>4</sup> El *brise-soleil* se utiliza en forma de una *loggia*, elemento arquitectónico tradicional reintroducido en la arquitectura moderna. Su expresión regular aparece en dos quintas partes de las fachadas. En el diseño de los brises de la fachada alternó ritmos y diferentes espaciamientos, lo que generó una jerarquía inspirada en los fenómenos naturales en una analogía con el pino<sup>5</sup> (Fig. 6). Hizo diversas escalas de distribución con la multiplicación del sistema hasta los extremos exteriores y utilizó la sección áurea para producir la envoltura armoniosa del prisma puro y marcar el ritmo proporcional con la escala humana. Así se lograron variaciones, con libertad compositiva, estableciendo un principio de composición de abajo hacia arriba. Este rascacielos marca un cambio hacia la plasticidad, el desarrollo maduro de la fachada con textura y enfáticamente proporcionado, hecho posible por el uso del *brise-soleil* adosado al esqueleto de hormigón armado.

#### LA UNIDAD DE HABITACIÓN DE MARSELLA

La Unidad de Habitación de Marsella evoca la imagen de un gran transatlántico, referenciado por Le Corbusier en *Vers Une Architecture*. Aquí, el arquitecto retoma la fachada especializada del rascacielos de la Marine con la variación de los elementos y creando una textura en la fachada. El *brise-soleil* en forma de *loggia* fue la alternativa para los apartamentos y los *brises* verticales, para las calles de espacios comerciales y de servicios de la planta intermedia, de modo que es reconocible desde el exterior (Fig. 7). El germen de este elemento podría estar en los estudios realizados para Argel, en el edificio del Quartier de la Marine o el Palacio de Justicia, cuyo brise fuera bautizado por le Corbusier como *les brise-soleil en alvéoles*. Le Corbusier escribe:

*«Dès lors, le pan de verre deviennent d'usage individuel au milieu même de l'agglomération que représente une unité d'habitation. Le balcon brise-soleil, devenu portique, devenu loggia, permet à chacun de contrôler son propre vitrage dedans et dehors: le nettoyage des vitres, les choix des rideaux. Le vitrage étant désormais à l'abri de la pluie, le bois peut reprendre la place du fer. A ce moment, la fenêtre de bois n'est plus faite d'un châssis à plat, mais de cadres posés "de champ"».* (Candela Suárez, 2005)

En este proyecto, Le Corbusier en realidad se enfrenta a una situación compleja: tener que demostrar los méritos de la solución de los *brise-soleil* en las direcciones de donde el sol es menos eficaz. La *loggia* de Marsella es un prototipo, un dispositivo destinado a generalizarse, a afirmarse y a ser refinado. En la descripción de Wogenscky:

*«Una ventana acristalada de 3,66 m de ancho y 4,80 m de altura se abre a la sala común sobre el espacio exterior. Entra la luz que fluye en el apartamento hasta la cocina que está en plena claridad. Esta gran vidriera de 3,66 m se abre, en la longitud y dos metros de altura en una loggia formando una verdadera extensión al aire libre de la sala común. Esta loggia forma el brise-soleil, que es de-*



*cir, permite que el sol entre profundamente en el apartamento en invierno; en verano, por el contrario, bloquea la penetración». (Siret, 2002:2)*

Para Daniel Siret, en Marsella, es evidente que el *brise-soleil* real trabaja al revés del *brise-soleil* teórico: en la configuración este-oeste, la *loggia* mal permite penetrar el sol en invierno y protege poco en verano. En el verano, con las 15 horas solares, la *loggia* protege solo la mitad de la fachada oeste y expone la otra mitad a los rayos más calientes de la tarde. La simulación térmica predice un aumento significativo de las temperaturas internas. Contrariamente, en invierno, por la tarde, más de la mitad de la fachada está a la sombra de la *loggia* (2002:5).

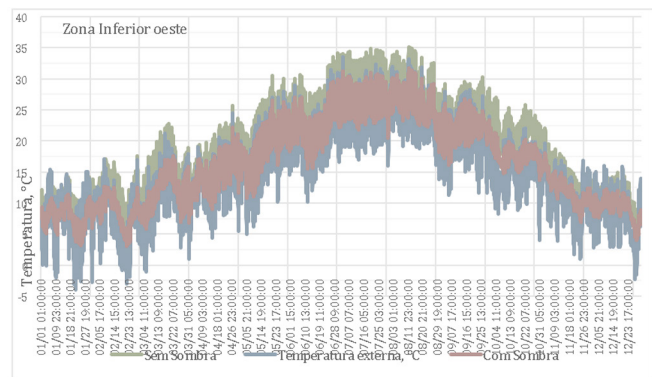
De acuerdo con el diagrama de sombreado desarrollado por Olgyay y Olgyay (Mackenzie, 1993), la fachada oeste (el lado más largo) permite dos horas de penetración solar de 15:00 a 17:00 en los meses de verano y solo 20 minutos de luz directa del sol en los meses de invierno. Por el contrario, la máscara de sombra demuestra que la elevación del sur (lado corto) funciona admirablemente, permite hasta ocho horas de penetración de la luz del sol en los meses de invierno y la sombra completa desde abril hasta septiembre. En otras palabras, si el edificio fuese girado en 90° los brises trabajarían mucho más efectivamente.

Las simulaciones desarrolladas por Corrêa *et al.* (2015:1495) demostraron que el brise mitiga el efecto de las altas temperaturas tanto en verano como en invierno. Los gráficos siguientes muestran la comparación de la fachada con y sin sombra, el *brise-soleil* produce una reducción significativa de temperaturas, del orden de 2 a 5° de amplitud tanto en la fachada este como en la oeste (ambas con la ventana a doble altura). Esta reducción es favorable en el verano, pero en el invierno las temperaturas son iguales o más bajas que las temperaturas externas, justamente por el sombreado que proporcionan (Fig. 8).

## EL SECRETARIADO DE CHANDIGARH

El edificio del Secretariado funciona como sede de los gobiernos municipales de Punjab y Haryana. Es el más grande de los tres edificios administrativos del Capitolio de Chandigarh y marca por el lado izquierdo el borde del complejo del Capitolio. Tiene una forma alargada, horizontal y masiva de hormigón, 254 m de largo y 42 m de altura. Está compuesto por seis bloques de ocho pisos, divididos por las juntas de dilatación, sustentado por dos rampas esculturales para la circulación vertical a lo largo de los niveles de las instalaciones.

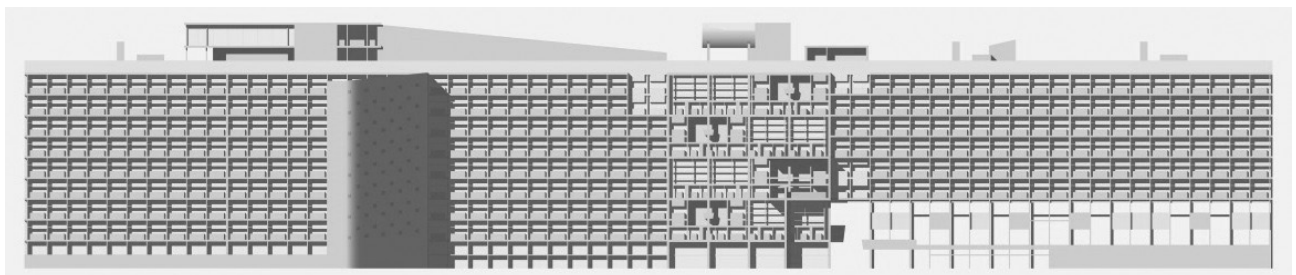
El bloque horizontal de hormigón bruto ha sido objeto de cuidadoso estudio teniendo en cuenta el relieve escultórico dado al hormigón por el efecto de los diferentes tipos de *brise-soleil*. Por este trabajo compositivo el edificio tiene semejanzas con el bloque de Marsella y tenía un propósito igualmente elevado: revolucionar el moderno edificio administrativo. El Secretariado estaba entre los primeros edificios diseñados como un «edificio saludable» con cuidadosa atención puesta a la iluminación natural, la ventilación y la eficiencia organizacional. Es la forma simple y convencional donde las variaciones de la estructura y distribución interna no interrumpen su volumen compacto pero son reproducidas bidimensionalmente en un diseño muy elaborado del *brise-soleil*. Posee la fachada rítmica que crea un deleite para los ojos en un común bloque gris. La jerarquía administrativa se reconoce a primera vista (Fig. 9). Las oficinas tienen un *brise-soleil* estandarizado, cuyo elemento principal forma un alto antepecho donde se reprodujo el mismo esquema de fachada profunda, haciendo accesible la *loggia* desde el interior. Para reducir visualmente la magnitud de su fachada masiva, el Secretariado fue diseñado como un edificio modular que fragmenta levemente la elevación en los elementos del programa. Desplazado con relación al eje de simetría del conjunto, el bloque de los ministros, con doble altura, puede ser fácilmente identificado por su vasta *loggia* en un contrapunto escultural a la apariencia en serie de los otros despachos (Fig. 10).



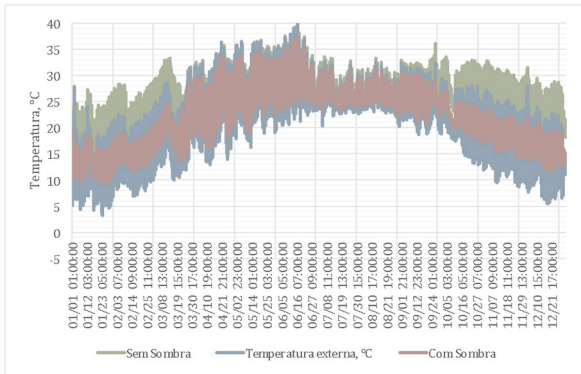
**FIGURA 8** | Marsella: Apartamento de la fachada oeste con doble altura. Desempeño anual de las temperaturas internas con *brise-soleil* (en rojo) comparado al desempeño la fachada sin brises (en verde) y a las temperaturas ambiente exterior (en azul).



**FIGURA 9** | Fachada del edificio del Secretariado de Chandigarh. Fuente: acervo de los autores.



**FIGURA 10** | Alzado del edificio del Secretariado de Chandigarh. Fuente: <http://heldinaline.tumblr.com/post/101920384187/secretariat-building-capitol-complex-chandigarh>



**FIGURA 11** | El Secretariado de Chandigarh: Desempeño anual del *brise-soleil* (en rojo) a través de las temperaturas internas en las oficinas del plano tipo, bloque C, comparados con el desempeño de la fachada sin sombreado (en azul) y temperaturas del ambiente exterior (en verde).



**FIGURA 12** | Villa Shodan. Vista de la fachada SO y la distribución no uniforme de los brises. Fuente: acervo de los autores.



**FIGURA 13** | La Asociación de Hilanderos de Ahmedabad. *Brise-soleil* de la fachada este, como elemento compositivo (que soporta los elementos vegetales) visiblemente separado de la fachada. Fuente: acervo de los autores.

6. Indian Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers. Chandigarh tiene un clima temperado húmedo, con verano seco y caliente. Para la simulación de Chandigarh se utilizaron los archivos climáticos de la ciudad vecina de Dehradun.

Para maximizar la iluminación natural y aumentar la ventilación cruzada, se implementó este plano largo y estrecho. Así, el corte de este vasto edificio de oficinas es proporcionado por la protección contra el sol: *brise-soleil*; contra el calor del aire: respiración natural y artificial; por una modulación rigurosa proporcionada por el Modulor, trayendo a todas las cosas una estatura humana (Pagnotta, 2011). En el Secretariado, el hormigón crudo se interpone en las aberturas de las dos fachadas principales, con elementos verticales y estrechos, 27x7 cm de sección y 366 cm de altura, los cuales constituyen los *ondulatoires* (Le Corbusier, 1957:78). Dentro de los paños de vidrio con carpintería de madera se introdujeron los *aérateurs* de entrada. Los de salida estaban conectados a conductos que llevaban el aire hacia la cubierta (Requena Ruiz, (2011:92).

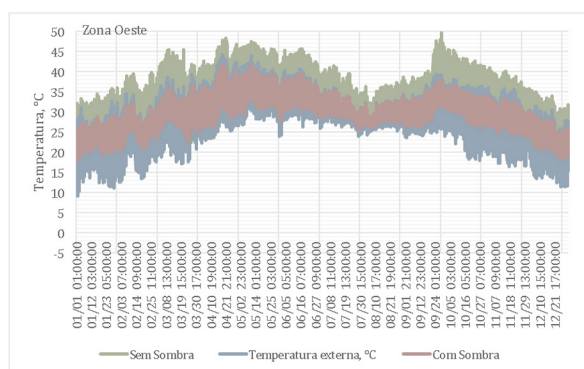
Entre todos los desafíos que tuvo el arquitecto en sus proyectos en India, la adaptación al clima no fue el menor. Se trató de hacer la demostración de las virtudes de la Arquitectura Moderna en un clima difícil, que tiene una temporada muy caliente desde marzo a mayo (temperaturas cerca de los 40° C) y una muy húmeda de junio a octubre.<sup>6</sup>

Las simulaciones muestran que los *brises* mitigan las temperaturas durante todo el año con una amplitud de 2 a 8° C; sin embargo, las amplitudes más grandes ocurren en los meses de octubre a marzo. En tanto, de marzo a octubre se presentan temperaturas más elevadas y las internas pueden llegar a los 37° C, aunque alcanzarían los 40° C sin el sombreado (Fig. 11).

## LA VILLA SHODAN

Esta casa, terminada en 1956, está situada en Ahmedabad, capital de la provincia de Gujarat. Los proyectos de la villa Shodan y del edificio de la Asociación de Hilanderos han sido desarrollados casi al mismo tiempo. Puede considerarse una evocación de varios de los temas de Le Corbusier. Con recortes en la cubierta, sostenida por pilares y en la rampa que conduce a los pisos superiores es una reminiscencia de la Villa Savoye, que juega según Le Corbusier (1857), un doble «al modo tropical, indiano». Tiene una configuración en L en los dos niveles superiores, en un cuadrado alrededor de un espacio vacío. En Ahmedabad, Le Corbusier optó por una arquitectura totalmente abierta, donde el aire circulaba de forma natural, delimitando espacios con necesidades especiales donde el usuario pudiera gestionar iluminación y ventilación. La terraza ajardinada, al modo de la Villa Savoye y de los *Inmuebles-villa* se convirtió, con su triple altura, en un mecanismo escalar que magnifica la vivienda, confiriéndole proporciones casi monumentales. Aunque los dibujos iniciales presentaban una distribución uniforme de brises en la fachada SO, de acuerdo con Doshi, arquitecto indio que desarrolló el proyecto de la casa, Le Corbusier los modificó por encontrarlos muy rígidos. Pero también porque intentaba expresar el jardín con un ritmo y la sala con otro. Se trata de cómo introdujo otros ritmos en el ritmo principal (Candela Suárez, 2005:187). Se puede observar la gradación de luz y sombra que permiten a ventanas de diferentes dimensiones y *brise-soleil* crear un espectacular juego plástico, ausente en la estética de las casas de los años 20.

El *brise-soleil* es una evolución del concepto utilizado en la *Unité d'habitation*, donde los alvéolos o cápsulas se anteponen a los apartamentos y al jardín suspendido y velan tanto los espacios cubiertos como los semicubiertos con una nueva textura que unifica, con un plano profundo, las diferentes situaciones que acontecen tras él (Fig. 12). Se puede decir que en la Villa Shodan el *brise-soleil* con su profundidad, aumenta las capas que componen la fachada e imposibilita así reconocerla en un único plano o más bien reconocerla en múltiples planos entrelazados (Candela Suárez, 2005:203).



**FIGURA 14** | Ahmedabad: Desempeño anual del *brise-soleil* (en rojo) a través de las temperaturas internas en la sala de conferencias de la fachada oeste, comparado al desempeño de la fachada sin los brises (en azul) y temperaturas ambiente exterior (en verde).

En la *Unité d'Habitation*, el *brise-soleil* es el resultado de la prolongación de los apartamentos, donde no puede disociarse de la arquitectura que vela o protege. Arquitectura y *brise-soleil* son una pieza monolítica. La profundidad es la dimensión dominante. En la casa Shodan parece haber una intención de disociar arquitectura y *brise-soleil*, evidenciada en las fachadas NO, SE y SO, con una separación entre el muro y los *brises*, configurando una nueva fachada (Fig. 12).

#### LA ASOCIACIÓN DE HILANDEROS EN AHMEDABAD

El edificio de la Asociación de Hilanderos quizás resume lo que se observa sobre el trabajo de Le Corbusier en la India. La estructura es rigurosamente disciplinada, el edificio está orientado de acuerdo con los vientos dominantes. Las fachadas este y oeste tienen sus brises precisamente calculados de acuerdo con la latitud local y el trayecto solar en tanto que las fachadas norte y sur son prácticamente cerradas (Requena Ruiz, 2012:5). Le Corbusier optó por una arquitectura completamente abierta, donde el aire circulaba de forma natural, una

construcción en la que la estructura, los *brise-soleils* y la envolvente exterior configuraban el soporte base de elementos vegetales, en una anticipación de las fachadas verdes. Los *brises-soleils* aparecen una vez más como un importante elemento compositivo (Fig. 13). En el lado oeste éstos aparecen en ángulo para evitar que el temible calor del sol de la tarde penetre profundamente en la planta. Por otro lado, el edificio es una composición espacial osada donde abunda el espacio de circulación, lo cual permite que la brisa del río Sabarmati pase a través de los espacios al aire libre sombreados, ofreciendo un maravilloso refugio dentro de una ciudad hostil y caótica (Le Corbusier, 1957:144).

La configuración abierta del edificio transformaba la arquitectura en una construcción porosa al paso del aire y protegida de la radiación y dejaba las zonas privadas delimitadas por cerramientos específicos. Así como en Chandigarh, a lo largo de las carpinterías proyectó un aerateur cada 1,42 m para garantizar la ventilación cruzada y disipar el calor interior. La buena aireación, acompañada de la gran altura libre (3,66 m) de los espacios, preveía mitigar la sensación térmica en los pe-

ródos cálidos del clima tropical. En las obras de los años 40 la construcción indisoluble de la estructura y *brise-soleil* añadía la inercia y superficie de captación del parasol a la del resto del edificio y comprometía la habitabilidad en períodos de verano. El calor captado en la fachada era cedido a la estructura y, si carecía de una correcta ventilación, no llegaba a ser disipado en ciclos de menor temperatura. Este efecto fue monitorizado en el edificio de la Casa de Brasil (Requena Ruiz, 2012:5). Con el objetivo de evitar estas deficiencias realizó tres modificaciones en el sistema. En primer lugar, redujo el volumen de hormigón armado expuesto a la radiación solar directa. En segundo lugar, introdujo una discontinuidad constructiva entre el *brise-soleil* y el forjado, que quedaron unidos puntualmente por ménsulas. El calor, captado y almacenado en el *brise-soleil*, no se transmitía por conducción al forjado interior y se evitaba así aumentar la cesión de energía. En tercer lugar, disminuyó al máximo los elementos de hormigón presentes en el plano de fachada con exposición directa al sol y sustituyó los antepechos unidos a la estructura por barandillas metálicas o piezas de hormigón independizadas.

Ahmedabad está localizada en la latitud 23°06' N y longitud 72°40' E; las temperaturas máximas diarias en verano superan los 40° C y las mínimas de invierno no bajan de los 10° C, combinándose con la estación de monzón intenso, con temperaturas hasta los 35° C y humedad relativa media superior al 70%. En las simulaciones hechas para las salas de conferencias en la fachada oeste, los picos de temperaturas son más elevados, llegan hasta 45° o 49° C y el efecto de los *brises* acusa reducciones de hasta 10° C (Fig. 14). Sin embargo, la sensación térmica en el ambiente interno puede ser más alta debido a la humedad relativa igualmente elevada. En definitiva, esta combinación de factores no se suele solucionar solamente con estrategias pasivas.

## CONCLUSIONES

El *brise-soleil* es el elemento que caracteriza la producción del período tardío de la obra de Le Corbusier. Fue un medio de contraponer la vulnerabilidad de la fachada totalmente acristalada y de evitar la retención de calor sin tener que volver a la tradición de la fachada sólida y perforada. Coherente con la comprensión dialógica de Le Corbusier, la transparencia ideal de la pared externa no fue totalmente abandonada; sus efectos se combinan con la adición de ese nuevo elemento tectónico. Sin embargo, el *brise-soleil* era más que un dispositivo técnico; introdujo una pared gruesa y permeable cuya profundidad y subdivisiones le otorgan a la fachada la morfología y la expresión edicular que se había perdido con la eliminación de la ventana y la pilastra. Por lo tanto, este proceso debe ser visto como un paso en dirección a la tradición monumental que permitió transformar la lámina o la torre, como en Argel o en el edificio del Secretariado en Chandigarh, en una forma monumental cuya superficie podía ser manipulada, creando una jerarquía de escalas proporcional tanto al ser humano como al edificio como un todo.

Si en un primer momento el *brise-soleil* fue un elemento funcional, basado en una aproximación intuitiva, en los proyectos siguientes pasó a ser un elemento compositivo, como se demuestra en el caso de Argel, con la variación de los espaciamientos de los *brises*, produciendo distintas texturas en la fachada. Inicialmente se puede afirmar que Le Corbusier creó una doble fachada, lo cual es evidente al observar en los primeros proyectos la línea de adición del *brise* como un elemento que se acopla a la línea del plano de vidrio y que acaba siendo construido junto a la placa de hormigón. En según momento, en la Unité d'Habitation, el *brise-soleil* es el resultado de la prolongación de los apartamentos, donde no puede dissociarse de la arquitectura que vela o protege. Arquitectura y *brise-soleil* son una pieza monolítica. La profundidad es la dimensión dominante. Por

fin, en el edificio del Secretariado, aplica el mismo procedimiento en las capsulas de las oficinas, en cambio, rompe con esta practica en el bloque de los ministros, donde el *brise* no es más la continuidad, sino un elemento autonomo que crea una nueva textura y distinta escala en la fachada. Este gesto se consolida en las obras siguientes. En Ahmedabad, los brises mantienen la profundidad pero vuelven a separarse creando una vez más la doble fachada.

Los resultados de este estudio evidencian la cuestión central de la dualidad entre el sol del invierno y el sol de verano, así como la dificultad de trabajar en los lugares con climas más rigurosos, lo que no suele tener una solución fácil en el proyecto. En el caso de la Unidad de Habitación de Marsella, los *brises* no impiden una incidencia solar directa de dos horas en las tardes de verano y no permiten el aporte solar en el invierno. En los casos de los edificios del Secretariado y de la Asociación de Hilanderos, las temperaturas internas permanecen muy elevadas en los períodos calientes. Sin embargo, las simulaciones presentadas demostraron el efecto térmico favorable de los *brises*, con la mitigación de las temperaturas internas en comparación con las condiciones sin el sombreado y con las temperaturas ambiente exterior. Aunque en los casos de Chandigarh y Ahmedabad no se logra en confort interno con las técnicas pasivas, la reducción de las mismas temperaturas a través de los *brises* y del conjunto de estrategias pasivas no es despreciable.

Pero no se puede restringir esta apreciación exclusivamente a los brises sino a la totalidad del sistema espacial propuesto por Le Corbusier, expuesto en la conjunción del *brise-soleil* con las aberturas y la configuración del edificio. La aproximación de Le Corbusier al problema es claramente heurística, expresada por la comprensión paulatina de la interrelación de los fenómenos térmicos e luminosos con sus proposiciones compositivas y la búsqueda laboriosa del refinamiento del *brise-soleil*. En sus últimos proyectos en India, la casa Shodan y la Asociación de Hilanderos es posible percibir, más allá del Le Corbusier funcionalista y maquinista, otro Le Corbusier más rico y con más elementos poéticos, como los brises que dan soporte a las plantas, precursor de las fachadas verdes y aun con los ritmos cambiantes de la casa Shodan, donde los brises hacen la mediación entre interior y exterior no como una actitud defensiva sino más bien como un pacto amigable con la naturaleza. ■



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMODÓVAR, J.M. (2004).** «De la ventana horizontal al brise-soleil de Le Corbusier: Análisis ambiental de la solución propuesta para el Ministério de Educação de Río de Janeiro.» *Arquitextos* 051.02, 05. Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/554> (fecha de consulta: 10 de mayo de 2015).
- CANDELA SUÁREZ, M. (2005).** *El proyecto definitivo para la Villa Hutheesing-Shodan*. En: *Massilia, Annuaire D'Etudes Corbuseennes*. San Cugat del Vallés: Centre d'Investigacions Estétiques, 2005.
- COHEN, J.-L. (2007).** *Le Corbusier 1887-1965 - Lirismo da Arquitetura na Era da Máquina*. Bremen: Taschen, 2007.
- COMAS, C.E.D. (2000).** «A máquina para recordar: Ministerio da Educação no Rio de Janeiro, 1936/45.» *Arquitextos* 005.01, 01. Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/01.005/967> (fecha de consulta: 18 de mayo de 2015).
- CORRÊA, S.; Anzolch, R.; Pedrotti, R. (2015).** Brise-soleil: evolución y transformación en la obra de Le Corbusier. En: *Le Corbusier 50 years later. International Congress*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València (versión electrónica).
- COSTA, Lucio. (2007).** Ministerio de Educação e Saúde, Memorial Descritivo. En: XAVIER, A. (Org.): *Sobre Arquitetura* (2a ed.). Porto Alegre: UniRitter.
- INDIA METEOROLOGICAL DEPARTMENT.** Disponible. Station Ahmedabad: Mean Monthly Climatic Parameters. En: <http://imdahm.gov.in/ahm.htm> (fecha de consulta: 31 de mayo de 2015).
- LE CORBUSIER (1993).** *Le Corbusier - A Carta de Atenas*. São Paulo: Hucitec-Edusp.
- (1946). *Le Corbusier - Oeuvre Complète 1938-1946*. Erlenbach-Zurich: Les Editions d'Architecture.
- (1957). *Le Corbusier et son atelier rue de Sèvres 35. Oeuvre Complète 1952-1957* (9° ed.). Erlenbach-Zurich: Les Editions d'Architecture.
- MACKENZIE, C. (1993).** *Le Corbusier in the sun*. Disponible en: <http://www.architectural-review.com/1993-february-le-corbusier-in-the-sun/8616242.article> (fecha de consulta 24 de mayo de 2015).
- MOOS, S. von (2009).** *Le Corbusier - Elements of a Syntesis*. 010 Publishers.
- PAGNOTTA, B. (26 de septiembre de 2011).** *AD Classics: Chandigarh Secretariat / Le Corbusier*. Disponible en: <http://www.archdaily.com/?p=162279> (fecha de consulta: 25 de mayo de 2015).
- REQUENA RUIZ, I. (2011).** *Arquitectura adaptada al clima en el movimiento moderno: Le Corbusier (1930-1960)*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/23997> (fecha de consulta: 25 de mayo de 2015).
- (octubre-diciembre 2012). «Bioclimatismo en la Arquitectura de le Corbusier: El Palacio de los Hilanderos.» *Informes de la Construcción*, 64, 528, 549-562. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/2425> (fecha de consulta: 25 de mayo de 2015).
- SIRET, D.; Harzallah, A. (2006).** «Architecture et contrôle de l'ensoleillement.» CERMA-UMR CNRS 1563. *Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes*. Disponible en: <http://www.cafepedagogique.net/communautes/EquipedeRecherchesurlesambiances/Documents/Architecture%20et%20contrôle%20de%20l'ensoleillement.pdf> (fecha de consulta: 18 de mayo de 2015).
- SIRET, D. (juio de 2002).** «L'illusion du brise-soleil par Le Corbusier. Colloque langages scientifiques et pensée critique: modelisation, environnement, d'ecision publique.» *Cerisy, France*. Disponible en: <http://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00580040/document> (fecha de consulta: 18 de mayo de 2015).
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (s.f.).** «EnergyPlus Energy Simulation Software.» Disponible en: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (fecha de consulta 24 de mayo de 2015 ).