

LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ENSANCHE DE BARCELONA

ESTUDIO TIPOLOGICO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LAS FACHADAS DEL ENSANCHE DE BARCELONA A TRAVÉS DE UN RECORRIDO POR LAS DISTINTAS ORDENANZAS URBANÍSTICAS

CRISTIAN MARTÍ GARCÍA | TUTORA: ISABEL CRESPO CABILLO | TRABAJO FINAL DE MÁSTER | CURSO 2014-2015



MÁSTER UNIVERSITARIO EN **ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**
ETSAB | UPC

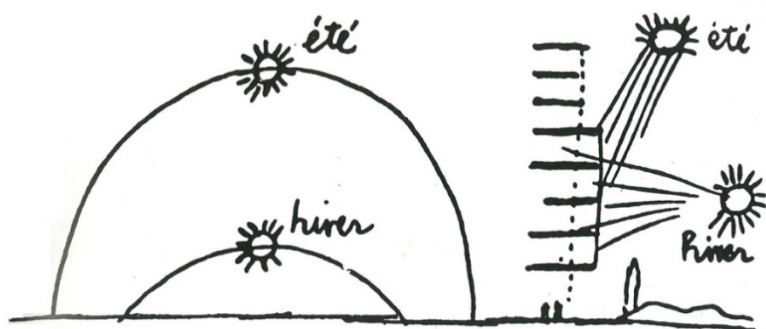
AGRADECIMIENTOS

A Isabel Crespo, tutora de esta tesina, por su tiempo, interés y ayuda.

A los profesores del máster, en especial a Helena Coch y Benoit Beckers, por enseñarme a hacerme preguntas.

A mi familia, amigos y compañeros.

INTRODUCCIÓN	5
ESTADO DEL ARTE	9
La realidad urbana del siglo XIX	11
La ciudad industrializada	13
Nuevas propuestas urbanas	15
El acceso solar en la antigüedad	17
El acceso solar	19
La envolvente solar	21
El acceso solar en las zonas urbanas del siglo XIX	25
Cuantificación del acceso solar	30
Higiene, criterio de diseño	31
El plan Cerdà y el urbanismo moderno	33
Tipología edificatoria	37
Las ordenanzas urbanísticas	38
LA RADIACIÓN EN EL ENSANCHE DE BARCELONA	41
El acceso solar. Factor de vista	45
Evolución de la radiación solar en la fachada exterior	47
La radiación en la fachada interior de manzana	57
Ubicación con mejor funcionamiento pasivo	61
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	71



Le Colmarin

INTRODUCCIÓN

La insalubridad y los problemas higiénicos de los espacios públicos y privados en la Barcelona del siglo XIX, sumado a la escasez de suelo edificable y las previsibles migraciones del campo a la ciudad, generó la necesidad de una nueva propuesta urbana de crecimiento.

El problema urbano existente en la Barcelona amurallada no era aislado, sino que estaba presente en las ciudades industrializadas. Lo que generó una discusión del modelo urbanístico global. Howard con la ciudad jardín para Inglaterra, Wright con el modelo teórico de Broadacre City y Le Corbusier con la Ville Contemporaine, son ejemplos de propuestas de crecimiento. Propuestas que a diferencia de la trama urbana existente, compacta y en muchos casos limitada por murallas por motivos defensivos, pasaba a ser extensiva y de baja densidad. Los nuevos medios de transporte, el coche como transporte individual y el ferrocarril como colectivo, hacía posible recorrer las grandes distancias existentes en la ciudad dispersa.

Sumado al debate urbano generado ante la crítica situación de salubridad en la ciudad, el garantizar un acceso solar mínimo a las viviendas se vio como la principal solución al problema. La baja densidad de la ciudad dispersa garantizaba un acceso solar tanto a las edificaciones como en el espacio público. Pero Knowles y Atkinson también estudiaron el modo de asegurarlo en un entorno urbano mediante el desarrollo de la envolvente solar.

En el caso de Barcelona, la propuesta de ensanche que se llevó a cabo fue la proyectada por Cerdà. Una propuesta de crecimiento extensiva reticular, que crecía de forma isótropa por el llano de fuera de murallas, uniendo Barcelona con el resto de municipios existentes que conservaron su morfología urbana. Retícula donde las edificaciones fueron consolidando progresivamente bajo distintas ordenanzas que cada vez permitían una mayor edificabilidad.

El crecimiento de los núcleos urbanos durante la industrialización no fue puntual, sigue presente en estos momentos y se prevé que lo siga siendo en el futuro. La población en las ciudades el año 2015 representa un 53,9% a nivel mundial y se espera alcanzar un 67,2% en 2050, porcentajes mucho superiores en los países de la OCDE. Consecuentemente, representa más del 50% del consumo de recursos energéticos y por lo tanto de las emisiones de CO₂. Consumos que van en aumento, frente a la disminución de los recursos creando una crisis energética.

Crisis energética y ambiental, que hace de las energías renovables y de las estrategias de diseño arquitectónico pasivo una solución al problema. Sistemas de captación pasivos para la climatización e iluminación de la vivienda, o la energía solar como fuente de energía para los sistemas activos, que a veces entran en conflicto con la ciudad compacta.

Los objetivos de la tesina es estudiar la repercusión del aumento de la edificabilidad del ensanche sobre el factor de vista de cielo y la radiación captada por las fachadas interior y exterior de las manzanas.

objetivos

Las sucesivas modificaciones de las ordenanzas con fines especulativos, supusieron el aumento de la edificabilidad de la ciudad. Con la consecuente modificación de la altura máxima edificable, que suponía una disminución del factor de vista de cielo, tanto del espacio público, como desde las edificaciones, afectando sobre todo a las plantas inferiores.

Pero en cuanto a la radiación, el enmascaramiento de las construcciones vecinas, no afectará igual en toda la manzana. Sino que tendrá una repercusión distinta en función de la orientación y el momento del año.

La metodología a seguir para estudiar los temas planteados será mediante el estudio tipológico de una manzana en un entorno teórico, suponiendo la máxima edificabilidad permitida según las ordenanzas del momento, asumiendo los errores que implican un estudio tipológico y no morfológico.

metodología

Se estudiará el factor de vista y la radiación recibida en los planos verticales de la envolvente para cuatro ordenanzas urbanísticas distintas.

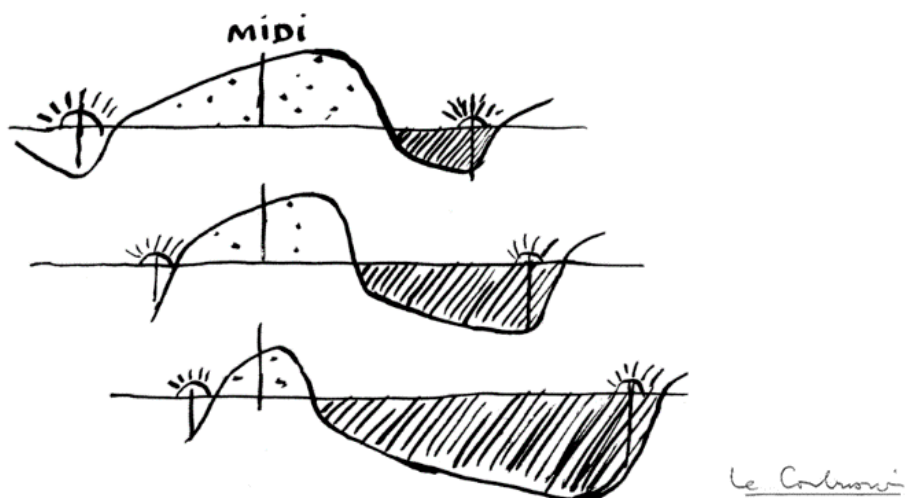
En primer lugar se analizará la ordenanza de menor densidad del año 1859. Seguido de las ordenanzas entre los periodos de 1860-1891 y la de 1891-1932, donde la superficie construida se iba incrementado progresivamente. Finalmente la de mayor edificabilidad del periodo 1932-1976, casi tres veces mayor a la primera.

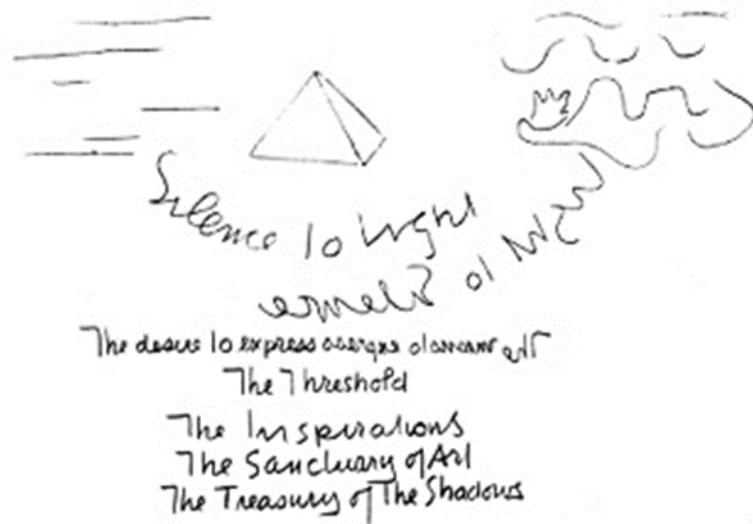
Se analizaran estas cuatro ordenanzas para estudiar como afectaba de forma progresiva la reducción en el factor de vista y radiación el crecimiento en altura de la ciudad. En las ordenanzas posteriores la edificabilidad empezó a descender.

Los cálculos se realizarán con el programa de diseño interactivo con la radiación solar y la luz natural *Heliodon 2TM* de Benoit Beckers y Luc Masset. Los datos de factor de vista se harán en el modo *orthographic*, que pondera el ángulo de incidencia. Y los valores de radiación en kWh/m² mensual y anual.

limitaciones

Se trata de un estudio tipológico, suponiendo la máxima ocupación permitida por la normativa. Y sólo teniendo en cuenta el enmascaramiento producido por las edificaciones vecinas, no se tiene en cuenta el papel que puede jugar la vegetación, ni se entra en elementos arquitectónicos dentro de esta envolvente permitidos por la normativa. Como puede ser la repercusión de los balcones o la no alineación de fachadas en el interior de manzana.





Silencio y Luz.

Silencio no significa muy silencioso, es algo que podría definirse como sin luz, sin oscuridad.

Son palabras inventadas.

Sin oscuridad, no existe una expresión semejante. ¿Pero por qué no? Sin luz. Sin oscuridad. Deseo de Ser. De expresar.

Podría decirse que es el alma del lugar, remontándonos con el pensamiento a algo en lo que coexisten luz y silencio.

Volvamos a la luz, la creadora de todas las presencias, es lo que produce un material, y el material está hecho para proyectar una sombra, y la sombra pertenece a la luz".

Louis I. Kahn



ESTADO DEL ARTE

Las condiciones de insalubridad debida a la alta densificación de Barcelona a finales del siglo XIX hicieron necesario un replanteamiento urbano y una propuesta de ensanche de la ciudad, como sucede en otras ciudades industrializadas.

Cerdà proyecta un crecimiento de Barcelona y al mismo tiempo se genera un debate sobre la forma de crecimiento urbano. La envolvente solar y el acceso solar empiezan a legislarse y a ser un criterio de diseño urbano como ya lo era en la antigüedad.

La realidad urbana del siglo XIX
La ciudad industrializada
Nuevas propuestas urbanas
El acceso solar en la antigüedad
El acceso solar. La envolvente solar
El acceso solar en las zonas urbanas del siglo XIX
Cuantificación del acceso solar
Higiene, criterio de diseño
El plan Cerdà y el urbanismo moderno
Tipología edificatoria
Las ordenanzas urbanísticas



La realidad urbana en la Barcelona del siglo XIX

A finales del siglo XVIII se inició en Barcelona la revolución industrial. Por lo que años después, en 1844, cuando Cerdà empezó a interesarse por las cuestiones urbanas, los problemas que sufría la ciudad dentro de las murallas ya tenía consecuencias graves sobre sus habitantes, en algunos aspectos más graves incluso que otras ciudades industrializadas como Inglaterra o París.

A pesar de las condiciones sanitarias y el alto índice de mortalidad, la población de Barcelona iba en aumento. En el periodo 1836-47 hubo 1039 muertes más que nacimientos, pero a pesar de eso, la población aumentó debido a la llegada de 53.712 inmigrantes. Un número muy elevado de personas, teniendo en cuenta que en 1836 la población de la ciudad ascendía a 133.541 personas.

La existencia de las murallas, la prohibición de edificar en la zona de tiro fuera de ellas y las constantes migraciones de la población rural a la ciudad, produjeron un importante hacinamiento y los consiguientes problemas de insalubridad. La densificación de la ciudad se refleja en que entre los 1772-73 sólo el 13,3% de los edificios de nueva planta tenían cuatro o más pisos, mientras que en el periodo 1790-91, ese porcentaje se eleva ya al 73,5%. Y además hay que tener en cuenta el gran número de casos en que se levantaron varios pisos de materiales ligeros sobre edificios preexistentes.

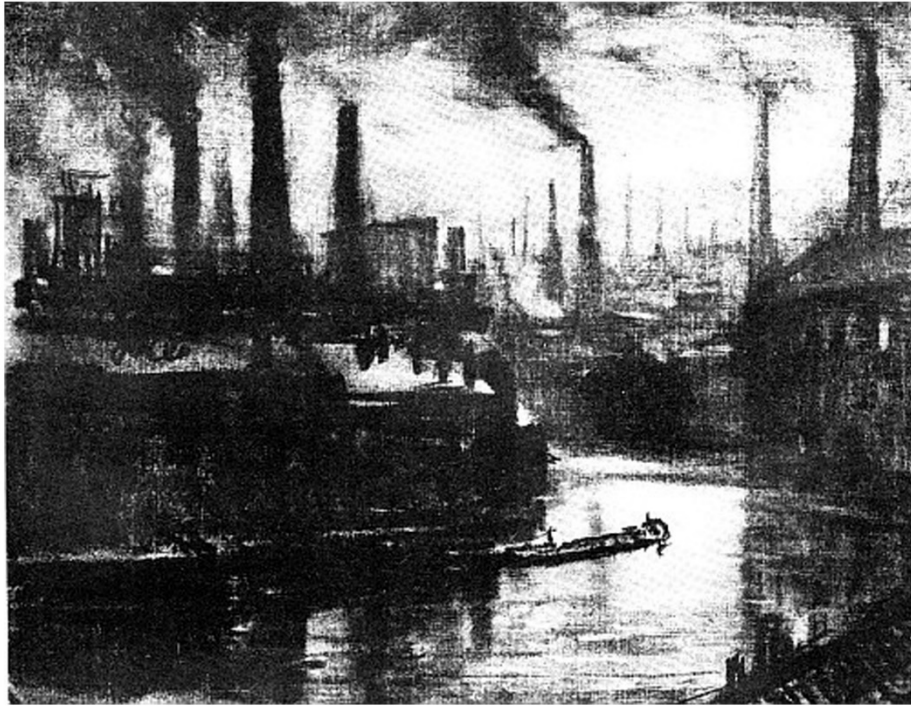
Hacinamiento de la ciudad que se traducía en graves problemas de insalubridad reflejados en los datos de esperanza de vida. Según Laureano Figuerola, la vida media de los barceloneses de ambos sexos y distintas clases sociales, entre 1862-64, es de 24,82 años.

Ildefons Cerdà, el encargado de dar una respuesta urbanística al problema existente decía: *“a medida que va disminuyendo la superficie urbana que toca por habitante, va aumentando la mortalidad”*.



Fig. 1.3
_carrer d'En Malla (1908). AFB.
Adolf Mas.

Fig. 1.1
_Kowloon Walled City /pg. 9/
Fig. 1.2
_imágenes catálogo exposición
Ildefons Cerdà (1976).



THE ANCIENT LIGHTS DECLARATORY ACT, 1906. (6 Edw. VII. No. 3.)

An Act to Declare the Law with respect to Ancient Lights.

[Assented to 27th September, 1906.]

1. Short Title.—This Act may be cited as “*The Ancient Lights Declaratory Act, 1906.*”

2. Right not deemed to exist by reason only of enjoyment or presumption of lost grant.—From and after the commencement of this Act, no right to the access or use of light to or for any building shall be deemed to exist, or be capable of coming into existence, by reason only of the enjoyment of such access or use for any period, or of any presumption of a lost grant based upon such enjoyment.

As to the effect of this section, see the Preliminary Note, *ante*.

3. Saving clause.—This Act shall not affect the rights of the parties to any decision pronounced by a competent court before the commencement hereof, or of the parties to any proceeding now pending, in which such question had arisen before such commencement.

4. Commencement of Act.—This Act shall come into force on the first day of March, one thousand nine hundred and seven.

La ciudad industrializada

Los problemas de salubridad en los núcleos urbanos descritos anteriormente en el caso de Barcelona, también estaban presentes en otras ciudades europeas industrializadas como Londres o París.

Condiciones urbanas que implicaron la intervención gubernamental para mejorar las condiciones de vida tanto en las ciudades existentes como en los futuros crecimientos que se preveía teniendo en cuenta las migraciones desde las zonas rurales.

Se determinaron unos códigos de la construcción a finales del siglo XIX y a principios del XX orientados a garantizar una correcta planificación urbana asegurando el acceso solar a todos los habitantes. Para lograrlo, se delimitaban unas alturas en función de la sección de la calle.

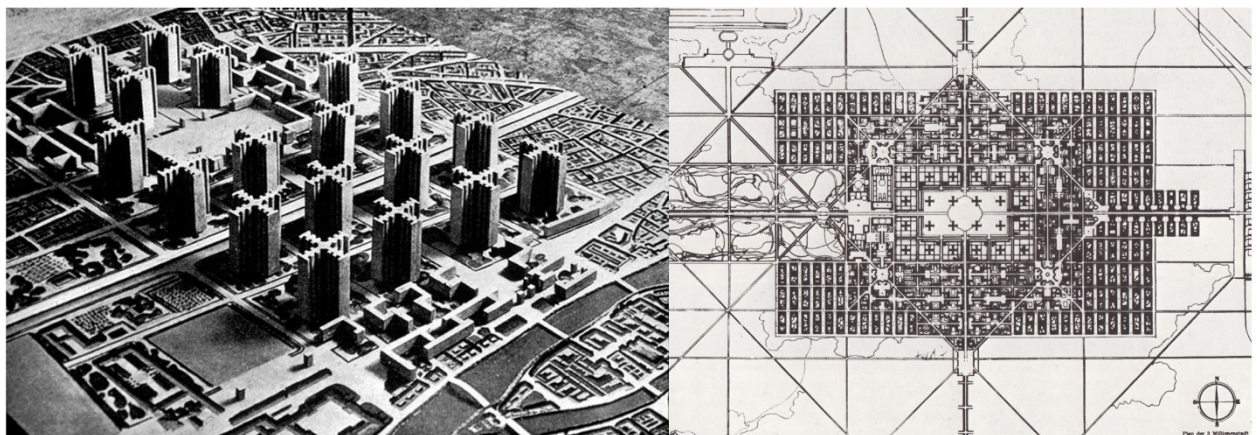
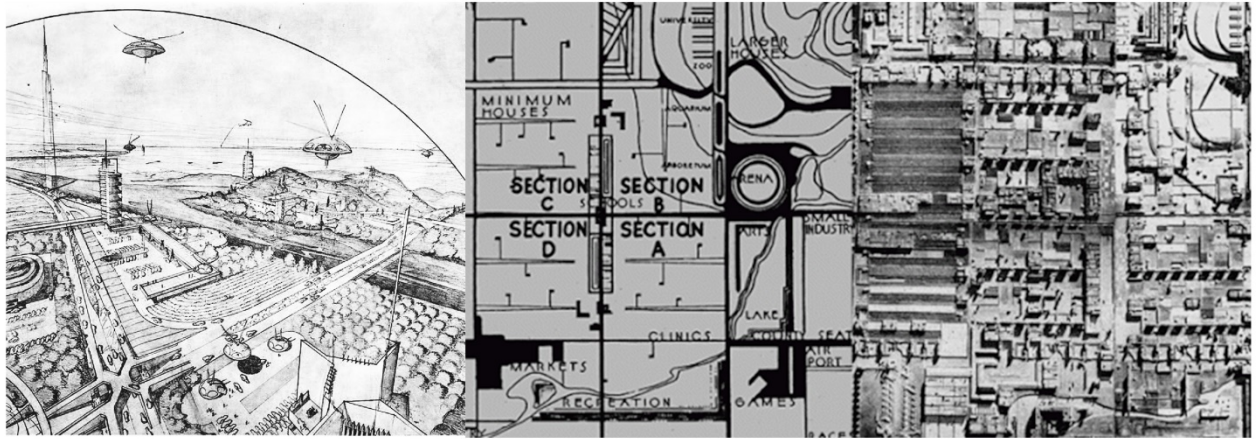
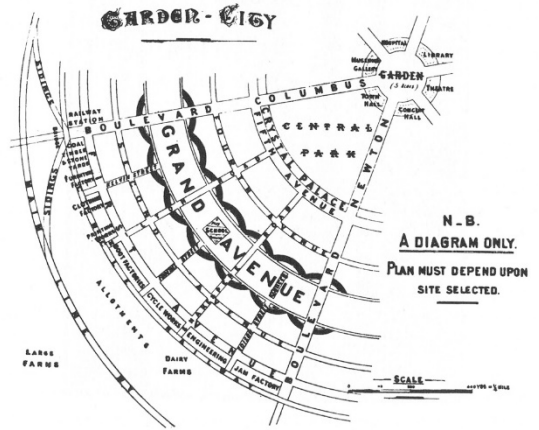
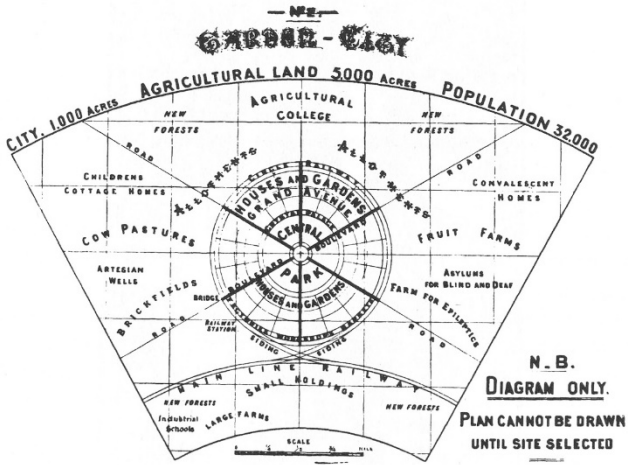
The ancient light declaratory act de 1906 en Inglaterra, legisla con el objetivo de proteger la disponibilidad ininterrumpida del acceso a la luz solar desde la ventana. Otorgándole al propietario el derecho a conservar el acceso solar que había tenido los últimos años. Es sólo una de las normativas, se redactaron más a las que se hará referencia más adelante.

La repercusión de la industrialización no sólo afectó a las zonas urbanas, sino que tuvo unas consecuencias más globales. Un cambio de fuente de energía y una consecuente repercusión medioambiental.

Con el descubrimiento de las primeras minas de carbón en Inglaterra en el siglo XIX, se inicia la Revolución industrial, con el uso intensivo de recursos fósiles como nueva fuente de energía. Recursos (carbón, gas, petróleo, etc.) cuya disponibilidad es cada vez menor aunque el desarrollo social hace que su demanda haya ido en aumento hasta los días de hoy.

El aumento de la demanda, frente a la escasez del recurso, provocó en los años 70 la crisis del petróleo. Momento a partir del cual se tomó consciencia de la dependencia hacia estas fuentes energéticas fósiles y no renovables.

El aumento de la población urbana aún se está produciendo, hasta el punto que la población urbana mundial en 2015 es del 53,9%, y se prevé que para el 2050 alcance el 67,2%. Cifras mucho más elevadas en los países de la OCDE, con un 80,9% de la población urbana en 2015 y hasta un 87,4% en 2050. Consecuentemente gran parte de la demanda energética se produce en los centros urbanos y por lo tanto son los responsables de una parte importante de las emisiones de CO₂.



Nuevas propuestas urbanas

En vista del crecimiento urbano descontrolado que empezaba a producirse en las ciudades, surgió la necesidad de dar respuesta a través de un nuevo modelo urbano a los problemas sociales y de habitabilidad que sufría la ciudad. El modo y la forma como debían producirse estos crecimientos generó un gran debate a principios del siglo XIX con diferentes teorías de crecimiento urbano.

Fig. 1.5
_Garden city. Howard.

Ebenezer Howard con su propuesta de ciudad jardín, supuso un gran cambio en la concepción de crecimiento urbano. Proponía una expansión suburbana con casas unifamiliares y espacios verdes incorporados a la vivienda. Mediante un contacto directo con la naturaleza, a diferencia de las zonas urbanas industrializadas, pretendía recuperar la salubridad y unas buenas condiciones higiénicas para el desarrollo humano. Un espacio público central, alrededor del cual y de forma radial van creciendo distintos anillos. El primer anillo era residencial, seguido por una avenida circular donde se encontraban los equipamientos: escuelas, comercios y edificios representativos. Y no era hasta el exterior de la ciudad cuando aparecían las industrias.

Fig. 1.6
_Broadcare City. Wright.

La ciudad dispersa de Howard, en contraposición a la ciudad compacta, es similar a la propuesta que años después hizo Lloyd Wright con Broadcare City. Proponiendo una dispersión orgánica de la ciudad. Donde las funciones de la ciudad moderna se distribuían de forma extensiva por el paisaje. Wright reconoce la importancia del automóvil como medio de transporte moderno, con la consecuente crítica a la ciudad compacta existente hasta el momento.

Pero el movimiento moderno, y así se refleja en las propuestas urbanas de Le Corbusier con la Ville Contemporaine para París, criticaban tanto la ciudad compacta industrializada como la ciudad jardín.

Fig. 1.7
_Plan Voison.
Ville 3 million inhabitants.
Le Corbusier.

Proponían un modelo estructurado por sectores según cuatro funciones básicas: hábitos, trabajo, recreación y circulación. El núcleo central estaba ocupado por los servicios administrativos, con edificios hasta 200 metros de altura. La zona residencial, mayoritariamente colectiva, se ubicaba en zonas adyacentes al núcleo administrativo alternando zonas verdes. Y no era hasta las franjas más exteriores donde se encontraban las instalaciones industriales. Proyecto urbano cuyos objetivos eran: proporcionar medios eficaces para las comunicaciones, crear una gran cantidad de zona verde, garantizar un mejor acceso solar y reducir el tráfico urbano.

El acceso solar en la antigüedad

La crisis energética actual, tiene un paralelismo con los problemas con los recursos de la antigua Grecia. La escasez de bosques de los que extraer madera como combustible para calentar los hogares en invierno en los núcleos urbanos, forzó el uso de fuentes de energía alternativas, para que la combustión de madera no fuera la única fuente de energía para climatizar en invierno los hogares. De modo que el uso de sistemas pasivos de captación en el diseño urbano y en la arquitectura, se lleva produciendo desde la antigüedad.

Afortunadamente disponían de una fuente de energía alternativa, el sol, fuente renovable y gratuita en un clima soleado casi todo el año. El conocimiento del recorrido solar, para beneficiarse de las aportaciones que nos da la radiación solar en invierno y evitar esta radiación en verano, es la principal estrategia.

Ken Butti y John Perlin en *A Golden Thread, 2500 years of Solar Architecture and Technology* estudian la evolución de la arquitectura solar desde los griegos hasta nuestros días.

"...the use of solar energy to help heat homes was a positive response to the energy shortage. Living in a climate that was sunny almost year-round, the Greeks learn to build their houses to take advantages of the sun's rays during the moderately cool winters, and to avoid the sun's heat during the hot summer."

Y así se refleja en las excavaciones de algunas ciudades, donde se observa como las viviendas están orientadas a sur, y las ciudades están planificadas para garantizar un acceso solar igualitario en invierno para todos los habitantes. Olynthus es un ejemplo. De este modo se reduce la dependencia de combustible fósil, garantizando la habitabilidad de los hogares, y el ahorro económico que eso suponía.

"The houses that faced south on the street and south to the sun were entered through the court, straight from the street. The houses that faced north to the street and south to the sun were entered through a passageway that led from the street through the main body of the house and into the court, from which access was gained to all other spaces."

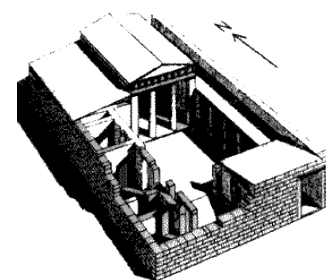


Fig. 1.7

_ciudad de Olynthus. Grecia.

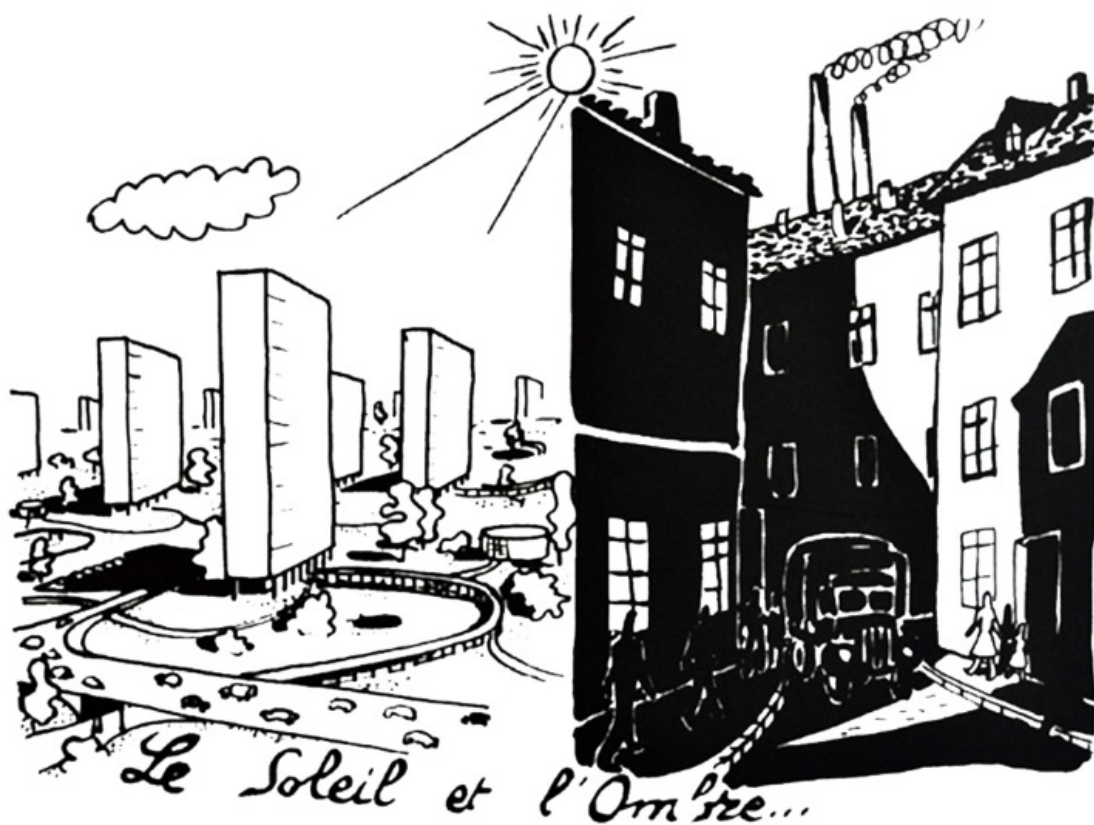
Sócrates decía que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno. Y la principal estrategia para lograrlo era con la orientación, el patio y la presencia de un pórtico previo al espacio habitable. Con estas variables se cumplía, como él decía, que *en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en el verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra.*

Los romanos no sólo copiaron las estrategias pasivas de captación de los griegos, sino que adaptaron estas estrategias a distintos climas presentes en el imperio. Entendiendo que la climatología del lugar iba a determinar las estrategias de diseño. Vitrubio decía:

“Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos debemos comenzar por tomar buena nota de los países y climas en que estas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Egipto, otro para España... otro aún diferente para Roma, y así sucesivamente con las tierras y países de características diferentes. Ello es tal porque la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras que otras se encuentran a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de casas deberían conformarse a las diversidades del clima.”

Recomendaba, por ejemplo, que para las regiones cálidas en el Norte de África, donde era necesario evitar la radiación solar, que los edificios estuvieran abiertos en la fachada norte, protegidos del sol. En cambio, en las regiones más templadas, como en Italia, lo contrario. Los edificios deberían cerrarse las estancias orientadas Norte y las estancias principales abiertas al Sur.

Aparte de aportar distintas estrategias sensibles al clima del lugar, los romanos introdujeron el uso del vidrio para mejorar el aprovechamiento de los sistemas de captación directos. Además, mientras estas estrategias, en el caso de los griegos, eran para edificaciones residenciales, los romanos lo extienden a cualquier construcción, los baños públicos son un ejemplo.



Le Courcier

El acceso solar

Del mismo modo que en un pasado la escasez de madera en los núcleos urbanos para climatizar los hogares forzó el uso de sistemas pasivos de captación, en el siglo XIX, con la crisis energética de fuentes fósiles introdujo criterios de acceso solar en los nuevos diseños urbanos.

Criterios de diseño que no sólo daban respuesta a la crisis energética, sino también a la insalubridad existente en la ciudad compacta densificada por la industrialización.

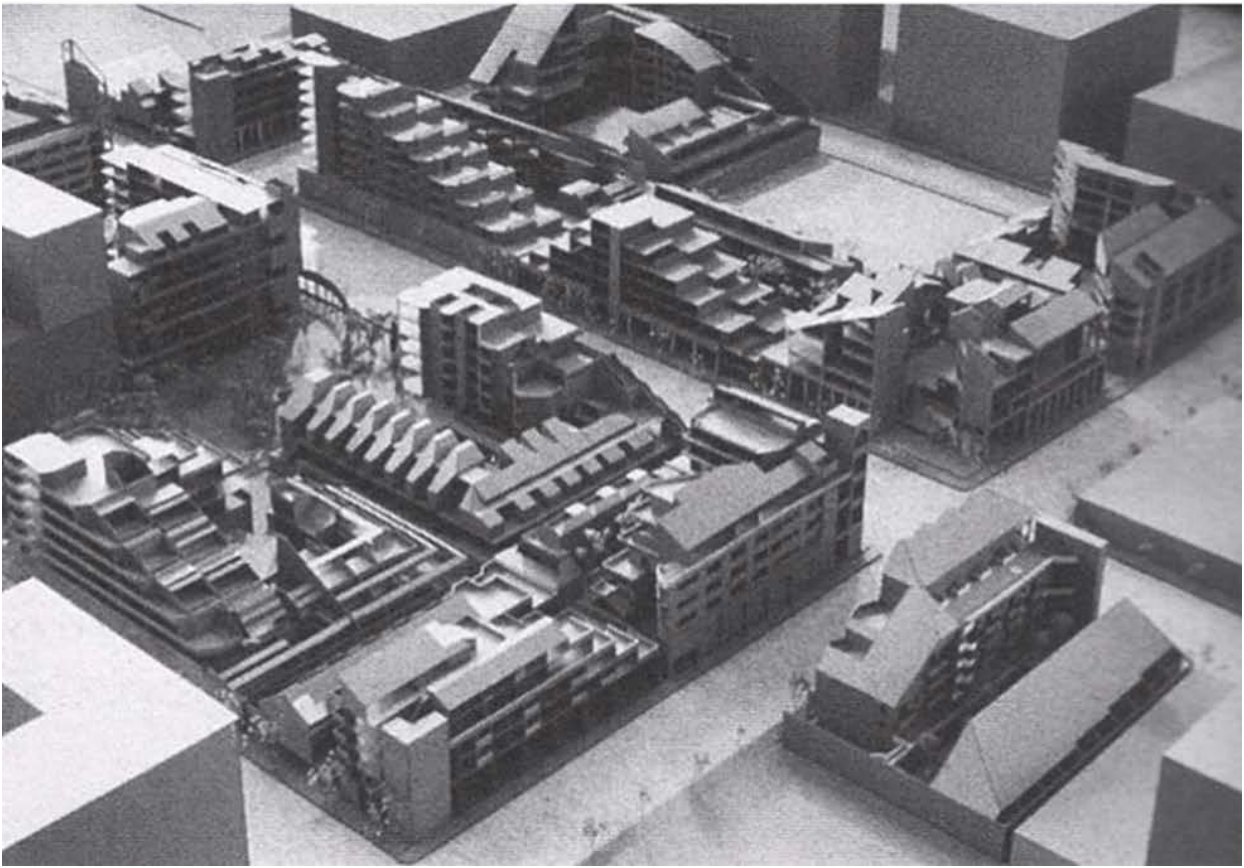
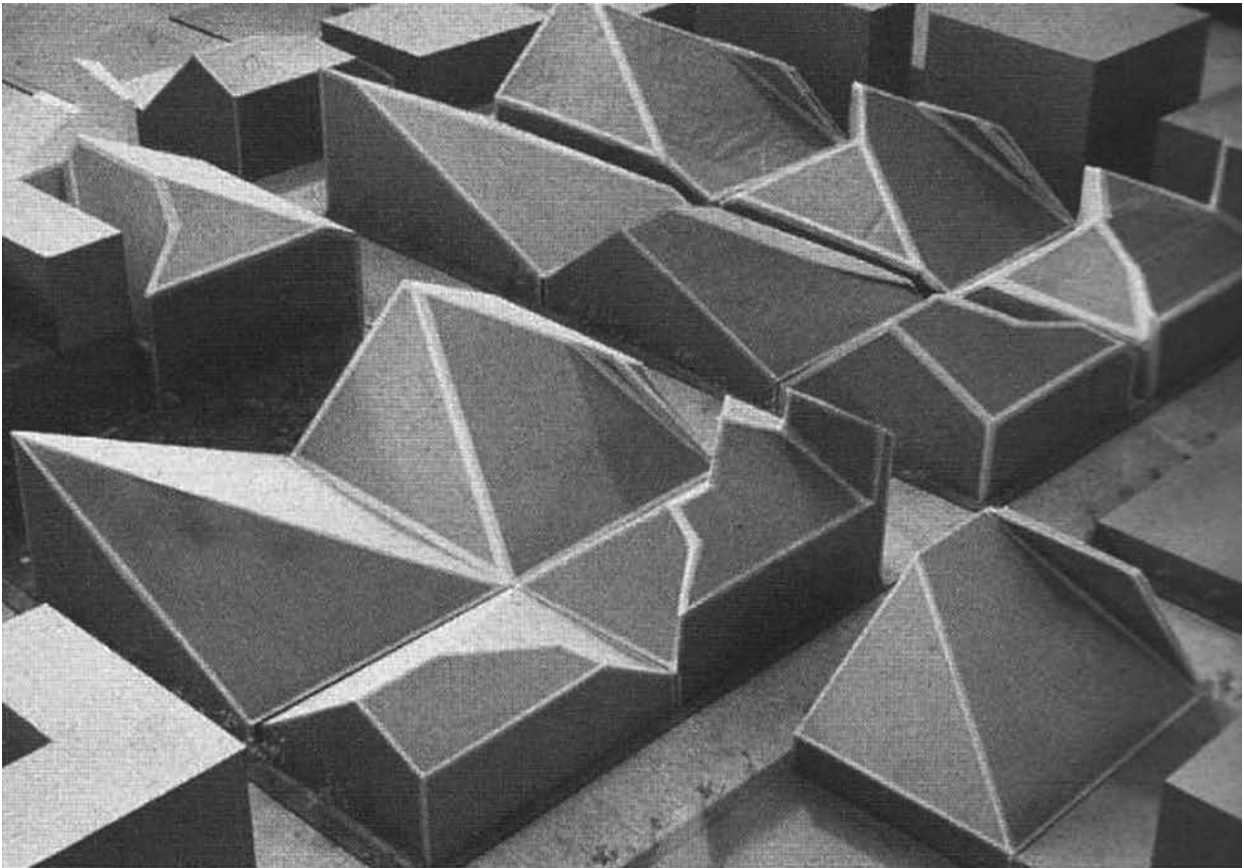
El acceso solar como parte de solución a los problemas e higiénicos de la ciudad, es común en todos los planeamientos urbanísticos del momento. En la figura 1.8 se refleja cómo Le Corbusier representa la gran diferencia que e entre su propuesta y la ciudad existente, con los espacios en sombra de la segunda.

El naturalista Theophrastus en la antigua Grecia ya reconocía la importancia del sol. *The sun provides the life-sustaining heat in animals and plants. It also probably supplies the heat of earthly flames. No doubt many people believe they are catching sun rays when making fire.* I en Roma llegaron a introducir el acceso solar en su legislación en el siglo VI. *Si un objeto está colocado en manera de ocultar el Sol a un 'heliocaminus', debe afirmarse que tal objeto crea sombra en un lugar donde la luz del Sol constituye una absoluta necesidad. Esto es así una violación del derecho del 'heliocaminus' al sol.*

La importancia del sol no solo radica en ser la fuente de luz para nuestra visión sino que está directamente relacionada con el buen funcionamiento de nuestro organismo. De acuerdo con Partonen, T & Pandi-Perumal, S.T. muchas funciones del cuerpo humano están guiadas por el ciclo día-noche, luz-oscuridad, el ritmo cicaniano. Y siendo la alteración de este ritmo el causante de perturbar el funcionamiento normal del organismo. Este ritmo es el encargado de regular en el cuerpo humano las secreciones hormonales, la temperatura del cuerpo, la actividad cardiovascular y el metabolismo en general. Existiendo, en la actualidad, una serie de enfermedades están relacionadas con la alteración de este ritmo.

Por lo que garantizar el acceso solar va directamente relacionado con la salubridad de la ciudad, de las viviendas y de los habitantes.

Fig. 1.8
_comparación Barcelona con
dibujo Le Corbusier



La envolvente solar

Mientras que garantizar el acceso solar en las edificaciones rurales resulta fácil, tan sólo colocando la edificación en la orientación que más nos beneficie en la captación, en un entorno urbano no sucede lo mismo. El trazado de las calles determinará la orientación del edificio. Y las edificaciones vecinas, teniendo en cuenta la obstrucción que generan, determinarán el acceso solar.

Según De Decker, mientras que el acceso solar en una edificación aislada depende de cuatro factores (latitud, el pendiente, la forma de la construcción y la orientación) en entornos urbanos intervienen otros factores. La altura de las edificaciones vecinas, el ancho de la calle y la orientación de ésta. Características que excepto la latitud también influyen en la ventilación sumado a las características del viento prevaleciente.

Aunque la mayor investigación alrededor del diseño solar pasivo durante los 70 estaba centrada en edificios aislados, Ralph Knowles inició una investigación orientada a las ciudades. Ciudades en crecimiento, bajo nuevos criterios urbanos, donde el acceso solar de las viviendas, como hemos visto anteriormente, era un objetivo a lograr.

Knowles desarrolló un método que logra un equilibrio entre en el acceso solar y la densidad de la población: la envolvente solar. Consiste en una serie de límites, que encierran la edificación, que determinan los límites construibles en relación al recorrido solar, predecible en cualquier estación y punto de la tierra.

La edificación dentro de estos límites teóricos impide que las propias edificaciones proyecten sombras a edificios vecinos durante aquellos periodos del día en que la energía que nos aporta el sol es más necesaria. No sólo del día sino también de aquella estación del año donde la aportación energética es más necesaria para que las estrategias de diseño pasivo del edificio funcionen correctamente, así como aquellos sistemas activos de captación.

Esta volumetría que nos delimita unos máximos construibles permite proyectar con la garantía que las futuras construcciones no vayan a perjudicar a la captación del edificio existente. Además, esta envolvente hace posible la máxima ocupación y densificación del suelo garantizando unas condiciones de aprovechamiento de los recursos solares, hasta el punto que algunas de las envolventes solares definidas por Knowles y sus

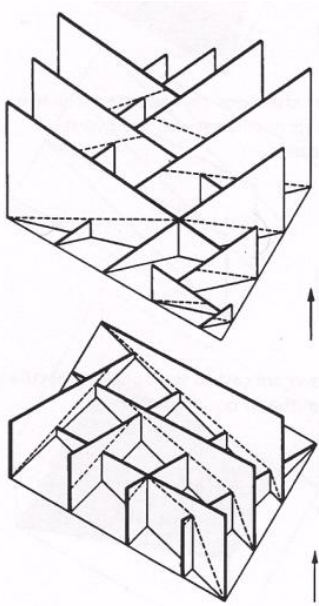


Fig. 1.9
_envolvente solar. Knowles.

alumnos, alcanzaban densidades por encima de la media de ciudades europeas.

Los límites que definen la envolvente solar no es son muy distintos a los que nos dan las normativas urbanísticas actuales y las existentes actualmente, que también definen una volumetría con una altura, un ancho y una profundidad delimitando los límites construibles.

La altura máxima edificable es una de las variables que más determina las normativas urbanísticas, y existen distintos modos de definirla. Un modo de establecer este límite es mediante un valor métrico o por el número de plantas. Pero también hay otras estrategias. Una de ellas es establecer una relación entre la superficie del solar y el suelo edificable, que en función de si se ocupa la totalidad del suelo o no, la construcción será más esbelta o menos. Esta relación entre las dos superficies ayuda a ver más clara la densidad. De modo que cuando la relación entre metros cuadrados construidos y metros cuadrados de solar es dos , $2 \text{ m}^2\text{const}/\text{m}^2\text{suelo}$, puede darse que el edificio tenga dos plantas si se ocupa la totalidad del solar, cuatro se ocupa la mitad del suelo.

A pesar que todos los modos de delimitar en altura la edificación favorecen de algún modo el acceso solar a la ciudad, estos límites no son los óptimos al ser únicamente geométricos, sin tener en cuenta las otras variables que influyen en la captación solar. La orientación del edificio, por ejemplo, y la repercusión que puede proyectar sobre las construcciones vecinas, no se tiene en cuenta. Un edificio con la misma densidad.

Comparando la geometría que nos definen las normativas urbanísticas y la envolvente solar, son claramente distintas. En el primer caso, es independiente de la orientación y es uniforme en el espacio. Mientras que en el segundo caso, los límites volumétricos vienen determinados por la geometría solar, la posición del sol a lo largo del día y a lo largo del año.

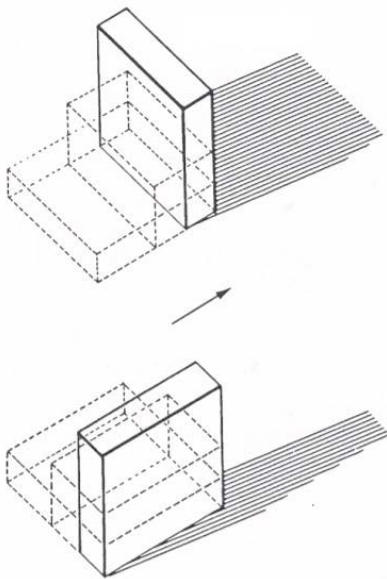
Mientras las normativas urbanísticas tradicionales definen con un prisma, el volumen edificable, la envolvente definida por el movimiento del sol está definida por planos con distintas inclinados, definidas por la orientación.

La repercusión de esta volumetría delimitadora sobre la geometría de la edificación que contiene es directa. Y la ocupación máxima de la envolvente solar, es la que asegura la máxima captación a la construcción.

Pero no es sólo la geometría solar la que define geometría de la envolvente solar sino que también van a influir los distintos parámetros que la persona que deba definir esta envolvente priorice. De modo que es importante que se cree un equilibrio entre el acceso solar y la urbanización, y que haya un equilibrio entre asegurar el acceso al sol y una densificación de la ciudad, que evite la ciudad dispersa.

Uno de los parámetros que hemos de tener en cuenta que más van a determinar el resultado es el número de horas que queremos garantizar de acceso solar, y por lo tanto evitar las sombras de las construcciones adyacentes. Conforme mayor sea el número de horas que queramos garantizar la radiación directa, menor será el volumen edificable que haya bajo la envolvente, y menor será la densidad.

El momento del día en que queremos evitar las obstrucciones también determina considerablemente la geometría resultante. Garantizar la radiación directa durante el amanecer o atardecer, es muy complicado por la inclinación del sol, sólo es posible prácticamente en edificaciones aisladas. En cambio, el acceso solar al mediodía es más fácil de lograr debido al ángulo de incidencia del sol, mayor al mediodía y menor a primeras y últimas horas del día. De modo que un diseño solar pasivo, el tiempo de radiación directa será muy importante y variará en función de las condiciones climáticas del entorno donde nos encontremos y de la estación del año. Siendo ángulos de incidencia, y el reparto de horas de sol a lo largo del año, determinados por el recorrido solar. Siendo distinto en función de la latitud.



La envolvente solar puede ser proyectada a distintas escalas. Desde una vivienda aislada, hasta para una ciudad completa.

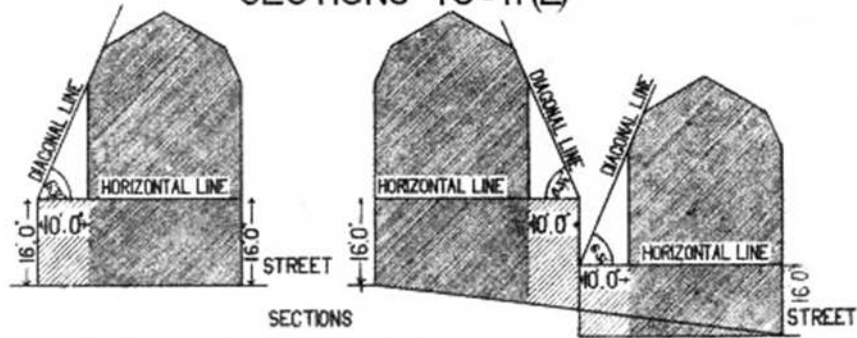
El proceso de definición de esta envolvente, es mucho más fácil cuando se parte de cero, es decir, sin ninguna preexistencia construida. No obstante, esta situación ideal sólo se dará en casos excepcionales, en la mayoría de los casos nos encontraremos en un entorno construido.

Cuando esto sucede, la envolvente solar debe adaptarse a las construcciones existentes. Es importante tener en cuenta que la futura edificación también va a modificar las condiciones iniciales de la siguiente construcción, por lo que nuestra edificación será referencia en futuras delimitaciones de volumen edificable.

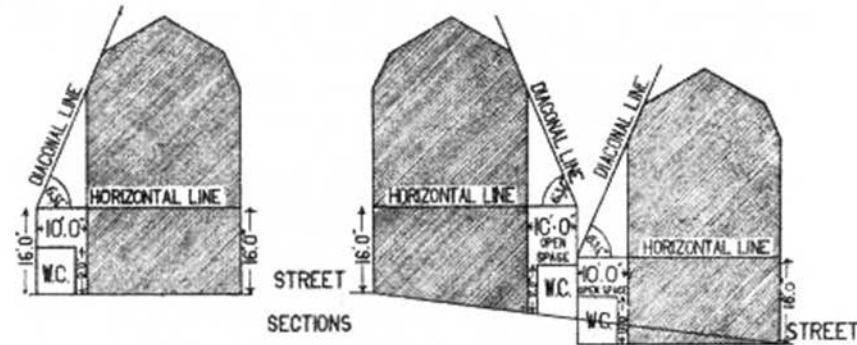
Una vez asegurado el acceso solar al volumen edificado, y asegurado gracias a la envolvente solar que nuestra edificación no va a perjudicar a las vecinas, es el momento en que interviene el arquitecto para garantizar que el sol llegue a las estancias de dentro del volumen.

Fig. 1.10
_comparación mismo volumen
con distinta orientación.

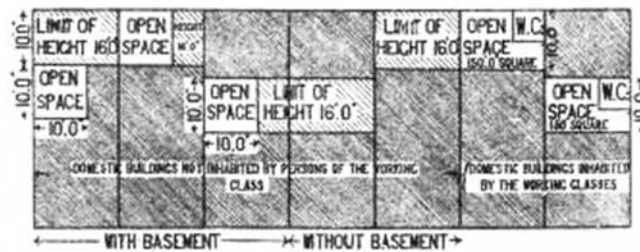
DOMESTIC BUILDINGS ON OLD STREETS
SECTIONS 40 & 41 (2)



DOMESTIC BUILDINGS NOT INHABITED BY PERSONS OF THE
WORKING CLASS



DOMESTIC BUILDINGS INHABITED BY THE WORKING CLASSES



PLANS

El acceso solar en las zonas urbanas del siglo XIX

Entre los años 1850 y 1930 se redactaron normativas urbanísticas en muchas ciudades europeas y norteamericanas, con el fin de garantizar el acceso solar y el aire fresco, debido a la grave situación de densificación urbana que se estaba generando.

Estas normativas previas a la envolvente solar de Knowles, se basaban en la relación entre la altura de las construcciones y el ancho de la calle. William Atkinson, arquitecto de Boston y defensor del diseño solar pasivo, en su libro ***The Orientation of Buildings, or Planning for Sunlight***, dijo:

"The method of limiting the height of buildings by a horizontal plane, either at a fixed height, or at a height proportional to the width of the street, is simple in application but is not scientific, since it assumes that what is the proper height for the front wall or facade is also the proper height for the rear portions of the building."

"Whereas, as a matter of fact, the rear portions may well be allowed to rise to a greater height, in proportion to their distance back from the street line. The height of the building should be limited by a slanting line drawn from the opposite side of the street at a certain angle."

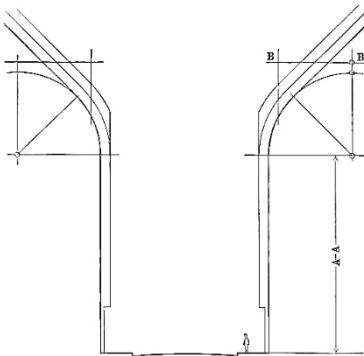


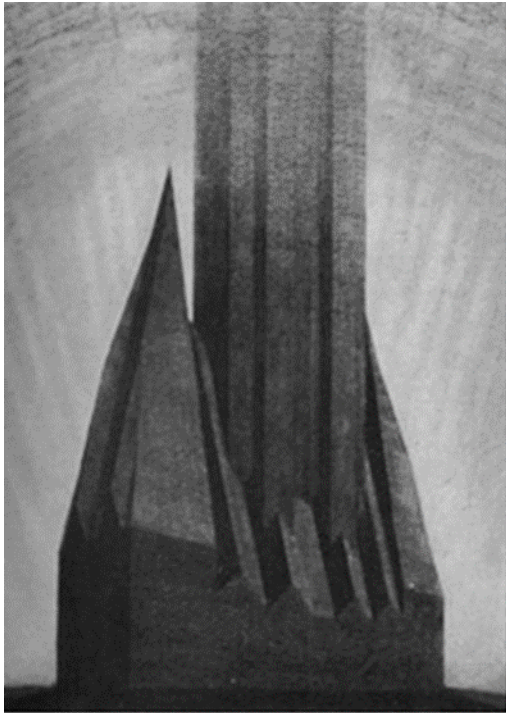
Fig. 1.11
_sección de calle en la
legislación francesa.

La adaptación de las normativas de Haussmann en la legislación de París de 1902 fueron las que inspiraron a Atkinson. Legislación que no sólo contiene que regulan el ancho de la calle y la altura de las edificaciones, sino que también habla de la forma del edificio.

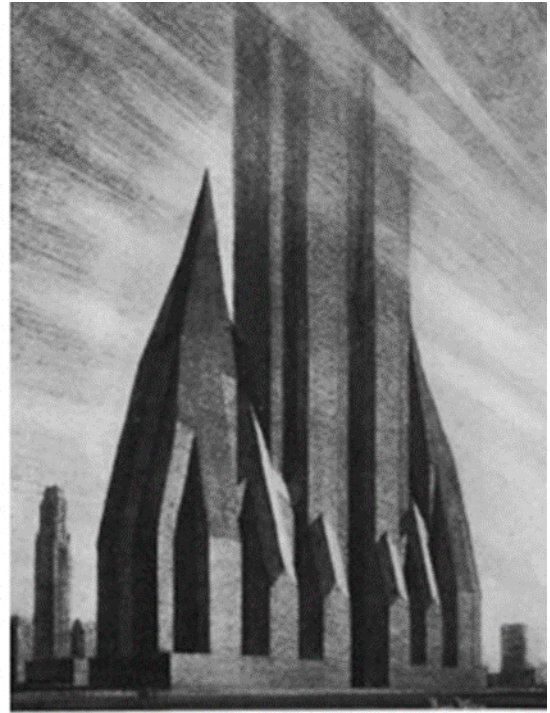
En la figura 11 se representa una fachada de París donde la línea vertical AA no podía ser superior a 20 metros y la altura de las plantas superiores venía determinada por el ancho de la calle, no pudiendo superar los 10 metros y debían ser curvados. Estas modificaciones geométricas en la parte superior de las edificaciones hacen facilitar el acceso solar a las partes inferiores del edificio al otro lado de la calle mientras se consigue una mayor densidad de edificación.

La ley de la edificación de Londres del año 1984 establecía criterios similares, pero a diferencia de la legislación francesa en lugar de ser curvados eran inclinados como se puede observar en la figura 12.

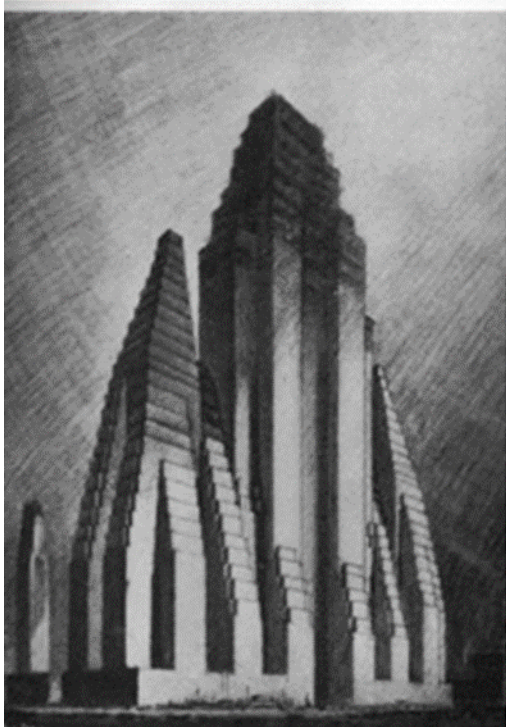
Fig. 1.12
_sección de calle en la
legislación inglesa (1984)



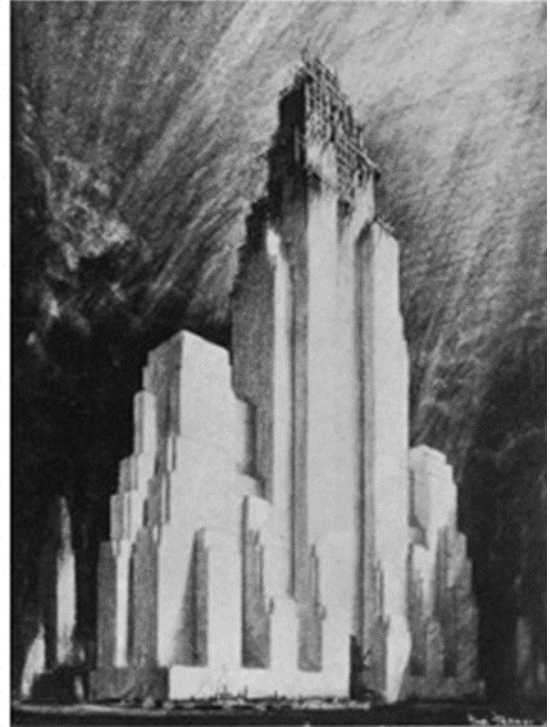
THE ENVELOPE AS DEFINED BY LAW.



THE ENVELOPE MODIFIED BY A PLAN.



THE MODIFIED ENVELOPE FILLED WITH RECTANGULAR FORMS.



THE MASS MODIFIED BY THE STEEL CONSTRUCTION.

Esta misma estrategia también se puede ver en los rascacielos escalonados fruto de la *Standard Zoning Enabling Act* de 1916 de EEUU aunque altura de los rascacielos impida el acceso solar.

Como se refleja en la imagen la envolvente solar va a condicionar mucho la imagen final del edificio.

La orientación que sigue el trazado de las calles es determinante en la forma y tamaño de la envolvente solar. En EEUU el diseño de la ciudad responden a la geometría que han subdividido las tierras.

Prácticamente en todo el medio oeste, las direcciones de las calles coinciden con los puntos cardinales, para que los bloques estén orientados este-oeste y norte-sur siguiendo la trama de Thomas Jefferson.

En cambio, en gran parte de América latina y el sur de EEUU, a pesar de que la retícula es similar, está orientada de modo que las calles siguen la dirección noreste y suroeste. Esta forma de crecimiento reticular da respuesta a la Ley de Indias, redactada el 1573, y es un manual para la construcción y administración de las colonias.

En Europa es menos fácil encontrar estas formas de crecimiento urbano. Las ciudades se han ido consolidando durante un periodo largo de tiempo, y en alguno de estos periodos, como en la edad media, no ha sido regulado. Haciendo imposible reconocer

No obstante, muchas de estas ciudades sufrieron ensanches en el siglo XX, que muchos de ellos sí que respondían a esta estructura reticular, como puede ser el caso de Barcelona con el ensanche Cerdà.

Atkinson dedica un capítulo entero en su libro *The Orientation of Buildings, or Planning for Sunlight*, referenciado anteriormente, a la importancia de la orientación la calle en la planeación solar. Criticando el modelo de crecimiento urbano que proponía Jefferson por no ser la orientación que optimiza el acceso solar y defendiendo la propuesta de Cerdà.

SETBACK PRINCIPLE
Typical example in a 1½ times district, for streets 50' to 100' wide

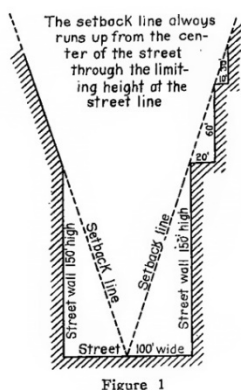


Fig. 1.13
_standard Zoning Enabling Act

"When streets are laid out at right angles to each other according to the checkerboard plan, the best distribution of sunlight is obtained when one series of streets runs northeast-southwest and the other northwest-southeast. It is unfortunate that in so many cases where the

'checkerboard' plan has been adopted, the streets have been laid out north-south and east-west, which is the worst arrangement possible."

Si el único argumento a la hora de decidir la orientación de la trama fuera lograr la máxima captación, la calle debería seguir la dirección este-oeste, logrando que las edificaciones recibieran la radiación de Sur.

El problema de esta orientación de la trama es que mientras las construcciones a sur tienen la mayor captación, en la norte sucede todo lo contrario, durante prácticamente la mitad del año está en sombra.

En cambio, con una orientación de la trama noreste-suroeste, se garantiza que durante todo el año se va a recibir radiación, tanto en las fachadas como en la calle.

"if we were to base our judgment wholly on the amount "In an east-west street the surface of the street receives no sunlight at all during six months of the year, and the buildings on the south side of the street are in perpetual shadow. In contrast, when the streets are oriented diagonal upon the cardinal points, the buildings shade the surface of the ground much less".

En la ciudad de Los Ángeles Ralph Knowles tuvo la oportunidad de estudiar la trama con las dos orientaciones, la de la primera trama más antigua y la más reciente girada 45 grados. Tras el estudio de la trama de Jefferson saca las siguientes conclusiones:

"Streets that run east-west in a built-up area will tend to be shadowed during all of a winter day. The streets thus remain dark and cold. By contrast, streets that run north-south are lighted and warmed during the midday. In summer, streets that run north-south will be shadowed in the morning and the afternoon, but will receive the full force of the midday sun."

"From the viewpoint of solar orientation, the Jeffersonian grid leaves something to be desired. Its east west streets are too dark and cold in winter, its north south streets too bright and hot in summer. In Los Angeles, the older Spanish grid seems to have advantages regarding street qualities of light and heat. During the winter, every street receives direct light and heat from the sun somewhere between 9 am

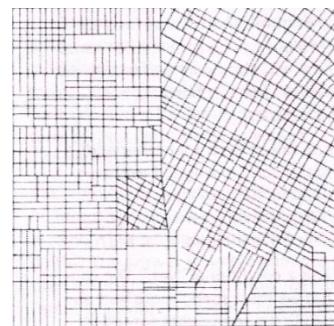


Fig. 1.14
_trama ortogonal y girada 45
grados de Los Ángeles

and 3 pm, the six hours of greatest radiation. Every street has the advantage of some shadow during most of the summer day."

No obstante, la orientación de la trama reticular siguiendo la dirección de los puntos cardinales también tiene aspectos positivos a considerar. Ya que la envolvente solar en este caso será de mayor volumen, por lo que será posible una ciudad más densa con el mismo acceso solar.

"Generally, the most height, and hence volume, are attainable at either of the two block orientations within the Jeffersonian grid, and the least volume is attainable at about the angular orientation of the Spanish grid. The street's gain in sunlight thus appears to be the developer's lose. Other design values can dictate grid orientation but, for volume alone, the Jeffersonian grid has the advantages."

Normalmente la orientación de la fachada de las edificaciones suele seguir la misma dirección que la calle en lugar de la orientación que mejor funciona según el recorrido solar, y eso puede llegar a ser un problema. Ya que el acceso solar en la fachada del edificio puede ser insuficiente. Knowles para solucionar este problema propone recurrir a estrategias que ya utilizaron en la antigüedad los griegos mediante la creación de patios y callejones. Y un ejemplo es el proyecto que hizo de Bunker Hill, en la trama orientada siguiendo los puntos cardinales en Los Ángeles, donde propone una calle interna. Con una serie de volúmenes de distintas dimensiones que van aumentando en altura gradualmente en diagonal, desde una esquina inferior de la rejilla hasta la opuesta superior.

Esta propuesta lo que hace es combinar los aspectos positivos que tienen ambas orientaciones para hacer posible el mejor asoleo, no sólo de la envolvente sino también del espacio público interior que se genera.

No obstante, cabe tener en cuenta, que aunque la envolvente solar viene definida por el recorrido solar, hay otros factores como la ventilación, donde la dirección del viento también va a determinar la geometría de la edificación.

Cuantificación del acceso solar

Existen dos criterios a la hora de cuantificar el acceso solar según Mardaljavic. El primer caso consiste en tener en cuenta la sombra proyectada en diferentes momentos del año. En este método de cálculo no se tiene en cuenta la irradiación del sol ni la luz de cielo, tan sólo la radiación directa. En cambio con el segundo método sucede lo contrario. Se basa en la luz difusa, es decir, la iluminancia proporcionada por el cielo nublado sin sol. En este caso lo que no se tiene en cuenta es la radiación directa.

En accesibilidad solar no sólo la radiación solar directa es importante (la que cuantifica el primer método), sino que la radiación difusa juega un papel importante en la iluminación de los espacios tanto interiores como exteriores. Esta radiación difusa proviene del cielo, y es más fría que la directa, su espectro se desplaza hacia los azules, y no proyecta sombras. El modo de cuantificar el nivel de iluminación por el efecto del cielo está relacionado con la cantidad de cielo que se ve desde el punto estudiado, tratándose de un valor independiente de factores temporales o geográficos, es un porcentaje únicamente definido por la geometría.

Ante estos dos métodos Mardaljavic propone un método de cálculo que tiene en cuenta tanto la radiación directa como la difusa. Se cuantifica toda la luz y energía acumulada del sol y del cielo que incide sobre una superficie, denominada. Siendo las unidades de medida de la luz-energía acumulada anual, irradiación total anual, Watts/hora m^2 anual; y en el caso de la iluminación total anual, luxes/hora anual. Es decir, que tiene en cuenta los valores de las dos radiaciones.

“The quantity and character of light from the sun and sky is subject to regular daily and seasonal patterns of variation together with irregular events governed by local meteorological conditions. It is proposed that a true measure of solar access is the cumulative effect of the irradiation (or illumination) that results from all of the unique sky and sun conditions. In other words, on a measure of all the light energy from the sun and sky that is incident on a surface over a period of a full year.”

En la imagen de la derecha están los cálculos anuales realizados sobre un plano horizontal, teniendo en cuenta tanto la radiación directa como difusa en San Francisco.

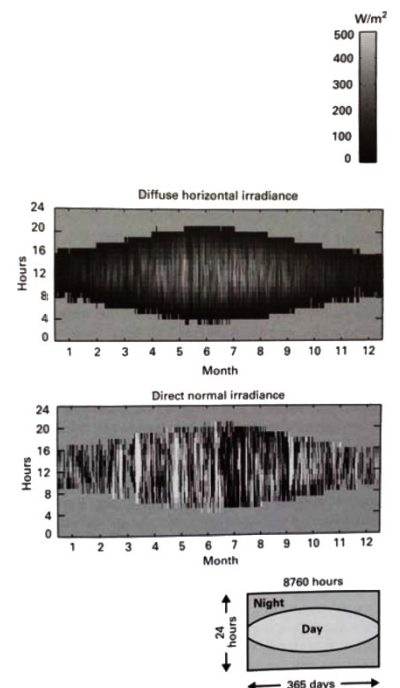


Fig. 1.15
_radiación directa y difusa en
Los Ángeles

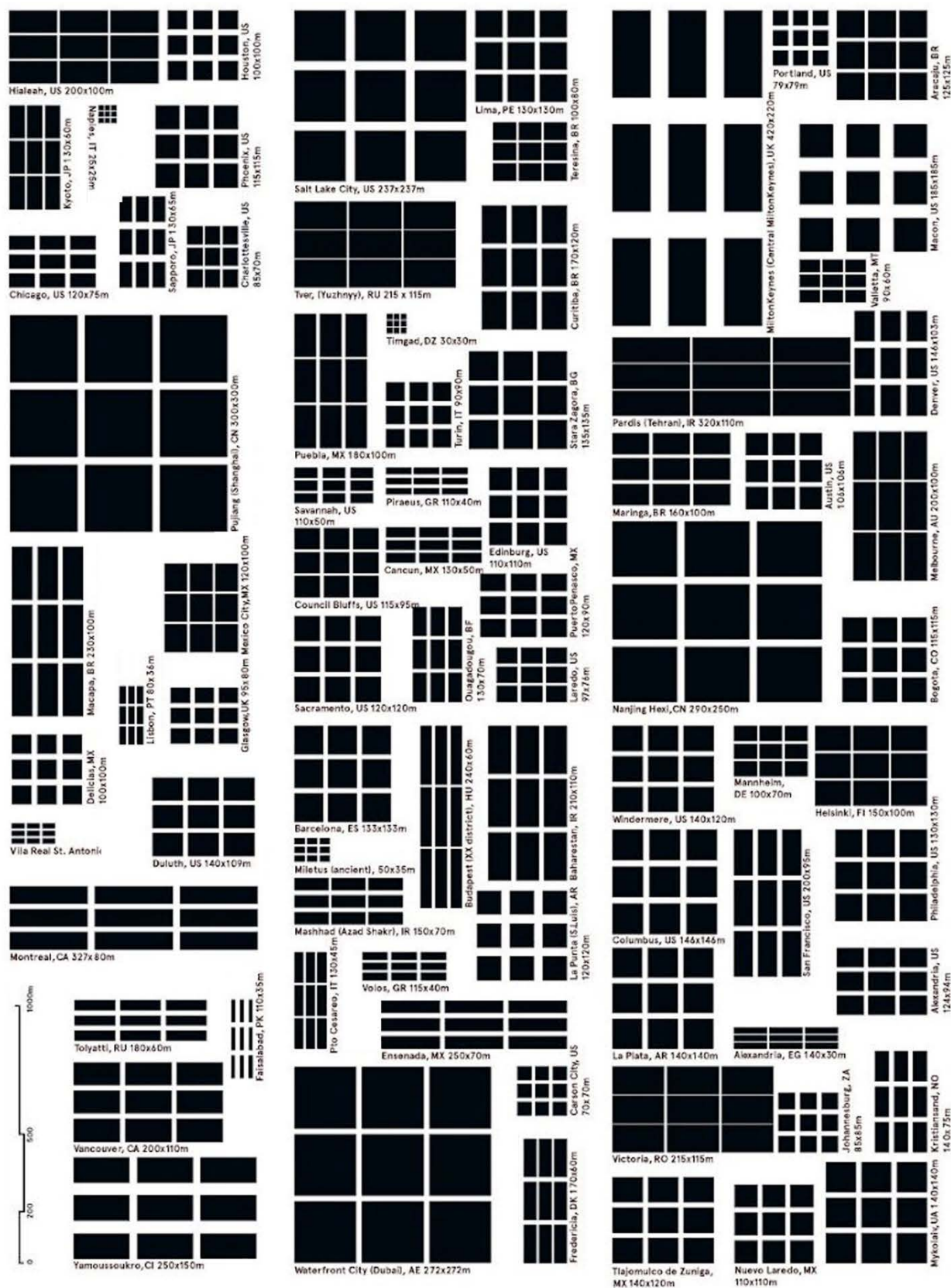
Higiene, criterio de diseño

Como se analizaba anteriormente en el apartado *La realidad urbana en la Barcelona del siglo XIX*, la alta densificación y los problemas de insalubridad en la ciudad dentro de murallas exigió un nuevo proyecto urbanístico de crecimiento. La higiene, directamente vinculada al acceso solar, es el motivo que justifica muchos de las decisiones que toma Cerdà a la hora de proponer su propuesta de ensanche, y así se refleja en la **Memoria del anteproyecto** del ensanche cuando da como causa a los problemas existentes a *los funestos resultados de haber permitido la excesiva aglomeración de habitantes sobre una superficie de terreno escasísima*.

La habitabilidad de la ciudad de Barcelona dentro de murallas es uno de los motivos básicos de preocupación en el proyecto de ensanche de Ildefons Cerdà. Y tanto las medidas y ocupación de las manzanas, como la las dimensiones y disposición de los jardines, se justifican para garantizar el acceso solar al interior de las viviendas.

*“Es indudable que la mejor, la más sencilla y la más higiénica de todas las combinaciones será aquella en la cual queda entre casa y casa un vacío igual a la planta de la misma. Con eso podrán **recibir luz**, aire y ventilación por todos los lados y no tendrán que apelar a la construcción de patios, depósitos perennes de aire viciado, ni tendrán pieza alguna interior sin **luz**, ni aire.”*

*“Las longitudes absolutas y relativas de la fachada y del fondo de los solares deberían ser tales que permitan que todas las piezas de servicio común a los diversos miembros de la familia, como las de uso particular a cada uno de sus individuos, pueden distribuirse de una manera adecuada a su objeto; y que las **condiciones fundamentales de salubridad**, moralidad e independencia en la vida privada queden plenamente satisfechas; que todas las piezas **reciban luz**, la ventilación, el calor y refrigeración convenientes de la manera más directa posible y sin la necesidad de pequeños patios.” (art. 96 de las ordenanzas)*



El plan Cerdà y el urbanismo moderno

La densidad de Barcelona a mediados del siglo XIX alcanzaba los 850 habitantes por hectárea, una de las más elevadas de Europa, sumado a las malas condiciones residenciales en sectores de la ciudad, fueron la causa de una fuerte presión a favor de la demolición de las murallas.

El crecimiento demográfico e industrial no sólo se produjo en la Barcelona amurallada, sino también en otros municipios del llano. Gràcia, Sants, Sant Andreu de Palomar y Sant Martí de Provençals a lo largo del siglo XIX recibieron una gran cantidad de industrias y por lo tanto obreros.

El Dr. Monlau, autor de *Elementos de higiene pública*, defendía la demolición ante la necesidad de mejorar las condiciones de higiene con el fin de reducir las enfermedades, causantes de una alta mortalidad. Además, las actividades industriales de la ciudad, que iban en aumento, demandaban nuevos espacios para la producción.

En agosto del 1854, el Capitán General de Barcelona accedió a su derribo de las murallas y al ensanche de la ciudad. Momento a partir del cual se inicia un largo proceso hasta la aprobación, el 31 de mayo de 1860, del Proyecto Cerdà.

El proceso que acabó el año 1860 con la aprobación del plan de ensanche, se inició el año 1854 con el encargo del levantamiento del “Plano topográfico de los alrededores de Barcelona”, seguido del encargo de un anteproyecto a Garriga i Roca. Simultáneamente, Cerdà estaba trabajando en su propuesta de ensanche y el Ministerio de Fomento aprobó en Junio de 1859, con alguna modificación, su propuesta. Desde Barcelona se solicitó la revocación de la aprobación, y se siguió con el proceso de concurso que se había iniciado, en el que concurren 14 proyectos y acaba ganando Antonio Rovira i Trias, planteando un esquema de crecimiento radial. Aunque finalmente el año 1860 se ratifica la aprobación definitiva del Proyecto Cerdà.

Cerdà desarrolla su proyecto de urbanización basado en tres componentes básicas. La primera de ellas relacionada con la higiene. Como respuesta a la situación urbana existente en la ciudad dentro de murallas. Realizó la *Monografía estadística de la clase obrera* junto a la *memoria del Anteproyecto* donde estudia las condiciones de vida de la ciudad amurallada. Condiciones críticas como se reflejan en la alta mortalidad y la vida media. En los años 1837-47 la vida media de los hombres estaba en los 38,3 años en la clase rica y 19,7 para la clase pobre.

La segunda de ellas se basaba en la circulación. Donde en la sección de la

calle, el espacio destinado al tráfico por motor es equivalente al destinado al peatón, tanto en las calles de 20 metros de ancho como en las de mayor sección. Y para garantizar los giros, los cruces tienen un chaflán de 20 metros de lado.

Y finalmente, en tercer lugar, la idea de una ciudad que se extiende por todo el llano de Barcelona mediante una trama homogénea. Una ciudad higiénica y funcional con el objetivo de permitir la igualdad entre los residentes.

Pero Cerdà no sólo planea un nuevo crecimiento de la ciudad, sino también una transformación urbana de la ciudad existente. Aunque esta segunda propuesta no se aprobó.

El plano del proyecto Cerdà se extiende por todo el llano de Barcelona a pesar de pertenecer a distintos municipios no sólo de Barcelona. La existencia de este espacio de 1,25 km concéntrico a la muralla era debido a las restricciones militares de edificar dentro de la distancia del tiro de cañón. Más allá de este espacio no edificado, que hizo más fácil el crecimiento de la ciudad, existían núcleos suburbanos administrativamente independientes, como Gràcia o Sants, que Cerdà integró en la trama propuesta.

Cerdà lo que propuso un sistema de trazados viarios superpuestos con distinta jerarquía, que se extendían en todo el llano absorbiendo las tramas urbanas existentes.

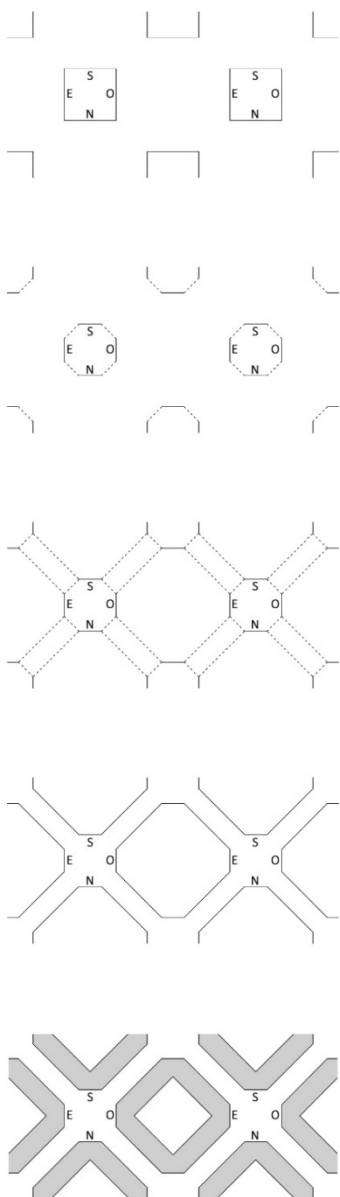
El trazado base, el más característico, es una retícula con una distancia entre ejes de 113,3 metros formado por unas calles de 20 metros de ancho, conteniendo en el interior de los ejes, el espacio edificable. Estos ejes están girados 45 grados respecto a la orientación de los ejes cardinales.

El trazado de una orden superior sería el regional. Son de mayor dimensión, pasando de 20 a 50 metros de ancho, marcan las líneas generales del proyecto, y lo sitúan en una escala de orden superior relacionándolo con las características físicas del lugar. La Gran Vía es el eje tangente a la parte superior de la montaña de Montjuïc, a la parte superior de la ciudad dentro de murallas, y que enlaza los dos valles fluviales. La Avenida Diagonal cruza la ciudad desde el mar hasta el límite de Collserola. Y la Meridiana y Paralel, que como su nombre indica, están orientadas de forma paralela a los paralelos y meridianos terrestres, con un origen virtual en el puerto de Barcelona.

Finalmente les superpone el ferroviario, con las características de trazado con unos radios de curvatura determinados por el radio de giro.

El espacio entre trazados dan lugar al espacio edificable, las manzanas, y en

las intersecciones que generan la superposición de estos trazados se generan los chaflanes. Siendo estos la imagen más característica del Ensanche de Barcelona. El cruce de las vías genera una plaza octogonal, con cuatro de estas caras construidas y en las otras cuatro saldrán calles que conectarán con otro chaflán. Estas caras construidas están orientadas a Norte, Sur, Este y Oeste, y la distancia entre las caras opuestas es de 50m, el ancho de la Gran Vía. El chaflán, aparte de facilitar el giro del tráfico rodado, genera una nueva tipología edificatoria en la manzana de características singulares. Por un lado tiene una orientación singular y por otro raramente tiene acceso al interior de manzana.



La construcción de esta ampliación de la ciudad fuera de murallas se hizo bajo las Ordenanzas de edificación, en sustitución de las Ordenanzas de policía urbana. Estas ordenanzas no se aprobaron hasta 1857, y se redactaron con la voluntad de asegurar unas buenas condiciones higiénicas de la edificación, para evitar la situación existente dentro de murallas. Una de las propuestas es que sólo fuera edificable el 50% de la parcela.

El proceso de anexión de estos municipios al de Barcelona no fue fácil, y Cerdà fue el encargado de llevarlo a cabo. El año 1897 quedaron anexionados, excepto Horta que lo hizo en el 1904 y Sarrià el 1921.

Tras estas anexiones Barcelona tiene 383.908 habitantes y agrega casi la mitad más 175.681, y la superficie del término municipal casi se multiplica por cinco, pasando de 15,5 km² a 77,8 km².

La construcción del ensanche no se hizo de golpe, sino que se ha ido consolidando a lo largo de los años. Los primeros veinticinco años se urbanizó el Passeig de Gràcia y la Gran Vía desde Plaça Catalunya hasta Paseo San Juan, y dentro de este ámbito, Roger de Llúria, Bruc, Girona, Consell de Cent y Diputació son los primeros ejes del proyecto en consolidarse. Posteriormente desde la ronda Sant Antoni y Universitat se impulsa el crecimiento desde la Gran Vía hacia Plaça Espanya, mientras la primera zona se va consolidando. En 1914 se empieza a urbanizar la Diagonal y con la Exposición Universal de 1929 se consolida la izquierda del ensanche. La Gran Vía no acaba en Glòries hasta 1970. Y no hasta años más tarde, con los juegos Olímpicos de 1992 cuando se produce un impulso significativo en la urbanización del ensanche. Se enlaza el tramo de Meridiana desde Padilla hasta Glòries con la Calle de Salvador Espriu y l'Avinguda litoral, con la posterior urbanización de la Vila Olímpica. Y no es hasta 2004, cuando la Diagonal llega al Mar.

Fig. 1.17
_esquema ensanche Cerdà



Tipología edificatoria

Durante los primeros años de construcción del ensanche, la tipología edificatoria de los edificios de viviendas era muy característica.

Se trataba de viviendas pasantes con fachada a calle y al interior de manzana, asegurando una buena ventilación, que estructuralmente estaba formada por un sistema de muros de carga paralelos al plano de fachada.

En cuanto a la fachada exterior se pueden reconocer los tres estratos de la composición clásica: *basamento*, *piano nobile* y *attico*. Diferencias que no son únicamente desde el punto de vista formal sino también funcional.

En estos tres estratos claramente diferenciados, la proporción de hueco macizo es muy diferenciada. En el estrato central el vacío adquiere una destacada proporción vertical, predominando la parte maciza sobre la vidriada, y con unos acabados superficiales poco destacables.

Referente a la proporción de hueco, es destacable que las dimensiones del hueco no es el mismo en todas las plantas. En las plantas inferiores la altura del techo y de la abertura es mayor que en las plantas superiores. Las dimensiones del hueco decrecen en altura, de modo que las aberturas con mayor SVF son de menor dimensión que las tienen un SVF inferior.

En cuanto a la parte inferior, el vacío pierde la proporción vertical, y la proporción de macizo vacío cambia, siendo la parte vidriada la que tiene más peso. Finalmente el estrato superior tiene las aberturas más pequeñas y molduras.

En cambio, la fachada interior está claramente dominada por la galería. Ocupando en su totalidad el estrato intermedio, con la importante presencia de la parte vidriada frente a la maciza. Es importante tener en presente. Que la proporción hueco – macizo de la fachada que hay detrás de la galería es similar a la fachada exterior. Y en esta fachada sucede lo mismo que en la exterior en cuanto a las distintas dimensiones de superficie captora, disminuyendo con la altura.

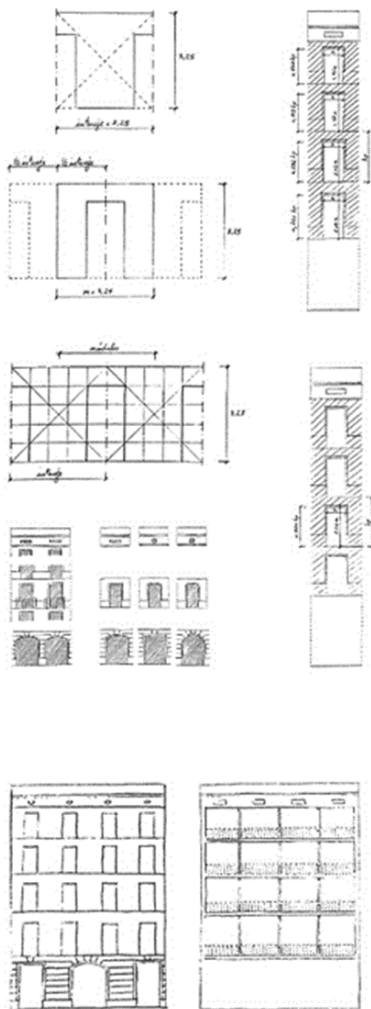


Fig. 1.18
_la fachada del ensanche Cerdà

Fig. 1.19
_Gran Via. Joan Martí. AFB.

Fig. 1.20
_imagen aérea de Barcelona.
Josep Gaspar. AFB.

Ordenanzas urbanísticas

El hecho que el ensanche se haya construido a lo largo de muchos años hace que las edificaciones se hayan edificado bajo distintas normativas. Estas normativas no sólo afectaba a las nuevas edificaciones, sino que los edificios ya construidos sufrían ampliaciones en altura. Crecimiento en altura que tenía una repercusión en el acceso solar y en la radiación captada por las fachadas, fruto del enmascaramiento creciente de las nuevas construcciones.

Tras la aprobación en 1860 del proyecto Cerdà hay un conjunto de ordenanzas que regulaban la construcción del ensanche. La característica fundamental es que la edificación no podía ocupar más de un 50% de la parcela, quedando el resto como jardín. Con la posibilidad de edificar en el patio de la parcela sin superar la altura del forjado de la planta baja. Inicialmente la altura máxima edificable era de 16 metros, correspondiendo a planta baja y tres pisos, aunque en poco tiempo se acaba aumentando a 20 metros, planta baja y cuatro pisos, y una ocupación de parcela del 70%. También se regulaba la altura interna de los pisos, 3,88 metros en la planta baja, 3,98 m para la primera planta, 3,29 para el segundo piso y 3,10 metros para el tercero.

La ordenanza del ensanche de Barcelona regula principalmente cuatro puntos:

- _ La alineación con el vial.
- _ La altura de la edificación ligada con el ancho de la calle.

- _ La profundidad edificable que se relaciona con la superficie de la manzana.

- _ La edificación en el interior del patio de manzana, muy relacionada con el punto anterior.

Pero no es hasta el año 1891 cuando se aprueba la primera ordenanza municipal. Una ordenanza que a pesar de ser densa se considera de referencia para el Ensanche Cerdà.

Los elementos que esta ordenanza regula:

- _ Alineación con el vial como forma de ordenación de la edificación.

- _ Una altura reguladora de 22m (PB+5), que para la sección de calle de 20m, la más extendida en el ensanche, representa prácticamente una sección 1:1.

_Un 73,6% de ocupación perimetral de la edificación principal, que implica una profundidad edificable de 27,9m.

_Sólo es posible la ocupación del interior de manzana con edificaciones de una planta.

_ La obligatoriedad de patios de ventilación

Las ordenanzas sucesivas, y sobre todo las aprobadas los años 1932, 1942, 1947 hasta 1958, tienen en común el aumento de la edificabilidad de las manzanas, tanto aumentando la altura reguladora edificable, como la ocupación del interior de manzana.

Algunas de las modificaciones más significativas son las siguientes:

_La ordenanza de 1932 añade una nueva planta, y autoriza una segunda a modo de ático retrasado 3m de la fachada, no siendo necesario en el interior si la manzana tiene más de 8000m².

_A partir del año 1942 se autoriza que los áticos puedan llegar a fachada un 50% de su longitud. Y se autoriza un volumen reducido para usos singulares encima del ático.

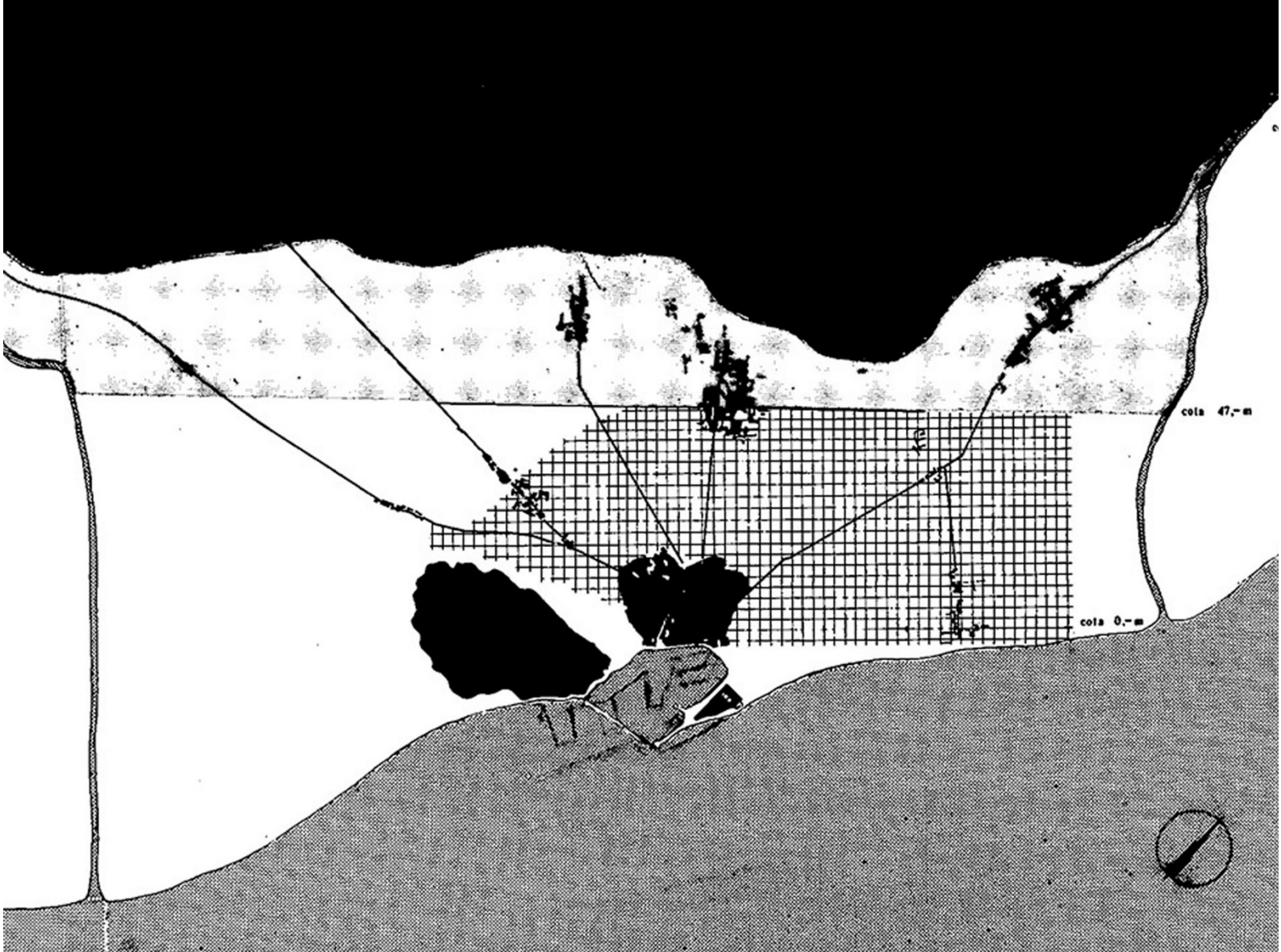
Estas distintas ordenanzas se traducen a una variación de la edificabilidad, de cómo fue proyectado y como en realidad se ha construido. Tan sólo en el periodo de redacción de la ordenanza, se pasó de una edificabilidad neta de 2 m² de techo por cada metro cuadrado de suelo, a 3,5 m²t/m²s. Hasta alcanzar con la legislación de 1947 7,16 m²t/m²s

No es hasta la ordenanza del PGM del 1976, cuando por primera vez se reduce la edificabilidad pasando de 7,16 a 4,5 m²t/m²s. La ocupación de parcela pasa a ser de 70%, suponiendo una profundidad edificable de 26 metros, con la posibilidad de balcones abiertos de 1,5 metros tanto al exterior como al interior de manzana.

¿Qué porción de sol tiene tu edificio? ¿Qué porción de sol entra en tu habitación? ¿Qué estudios de dominio sugiere la luz de tu edificio de mañana a la noche, de un día a otro, de una estación a otra, a lo largo de los años?

Resulta gratificante e impredecible la autorización que da el arquitecto a la abertura que ha elegido para que los rayos solares jueguen en su alféizar, entren por el en el edificio, se muevan y desaparezcan.

Wallace Stevens



LA RADIACIÓN SOLAR EN EL ENSANCHE DE BARCELONA

El ensanche proyectado por Cerdà, donde garantizar el acceso solar fue uno de los principales criterios de diseño, no ha sido el que se ha construido.

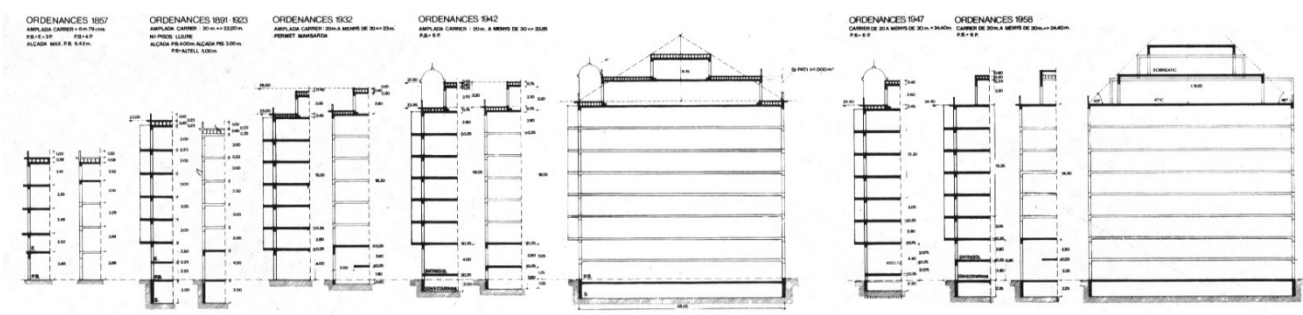
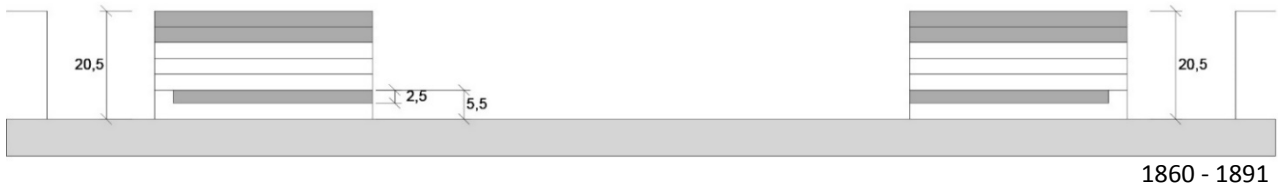
En esta parte de la tesina se estudiará la evolución del factor de vista de cielo y la radiación en las fachadas con las distintas ordenanzas urbanísticas, que favorecerían la densificación de la ciudad aumentando la altura edificable.

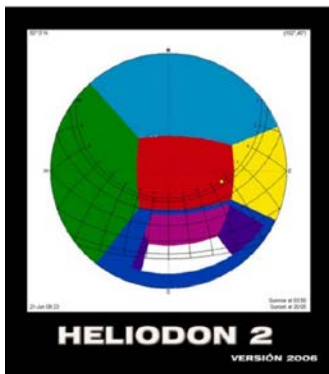
Factor de vista

Evolución de la radiación solar en la fachada exterior

La radiación en la fachada interior de manzana

Ubicación con mejor funcionamiento con sistemas captación pasivos





Teniendo en cuenta que el ensanche propuesto por Cerdà no es el que se ha acabado construyendo, el objetivo de la tesina es el estudio del factor de vista y de la radiación solar en las fachadas del ensanche de Barcelona, a través de un estudio comparativo por las distintas ordenanzas urbanísticas que triplicaron la edificabilidad. Del ensanche propuesto por Cerdà, a la ordenanza vigente hasta el año 1976.

El análisis se realizará en primer lugar desde un punto de vista geométrico, con el factor de cielo, para posteriormente dar una latitud y orientación a esta envolvente para estudiar la radiación.

El programa de cálculo con el que se van a obtener los datos va a ser *Heliodon 2TM*, en modo *ortographic* para el factor de vista y calculando la radiación anual y mensual.

Las ordenanzas sobre las que se van a realizar los cálculos son las correspondientes a las cuatro secciones superiores representadas a la izquierda, con las siguientes características:

_1859: las ordenanzas de Cerdà permitían una altura máxima edificable de 16 metros, quedando el interior de manzana libre.

_1860-1891: con la ordenanza de 1891 se valida el modelo de Cerdà con la manzana cerrada en los cuatro lados y una profundidad edificable máxima de 28 metros.

_1891-1932: la planta baja se desdobra y aparece el semisubterráneo. En el interior de manzana se ocupa hasta una altura de 5.5m.

_1932-1975: aparece el ático y sobreático, la ocupación del semisubterráneo del interior de manzana y la aparición de la tribuna en la fachada exterior.

Las siguientes ordenanzas a partir de este momento ya reducían la edificabilidad y no se van a tenerse en cuenta.

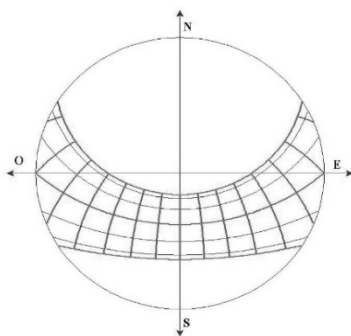


Fig. 2.3
_Heliodon

Fig. 2.1
_trama ensanche /pg. 41/
Fig. 2.2
_ordenanzas urbanísticas

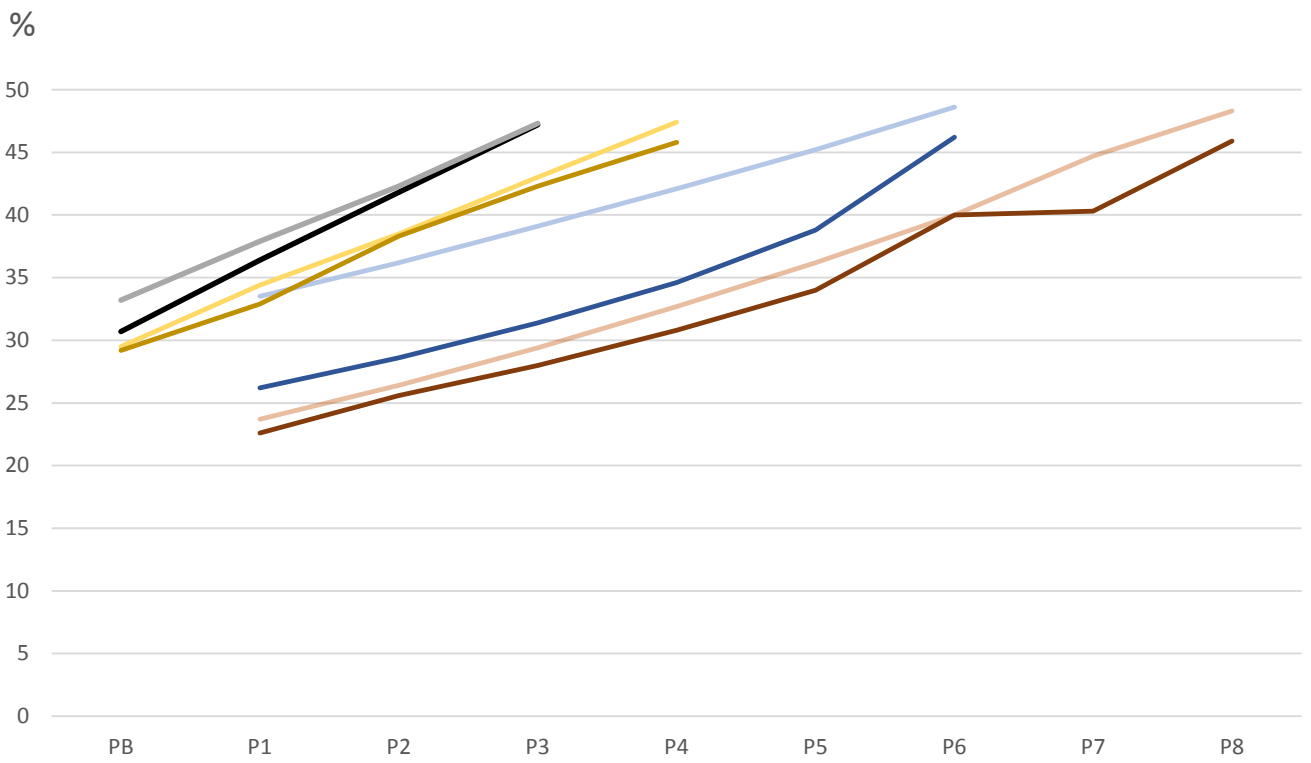
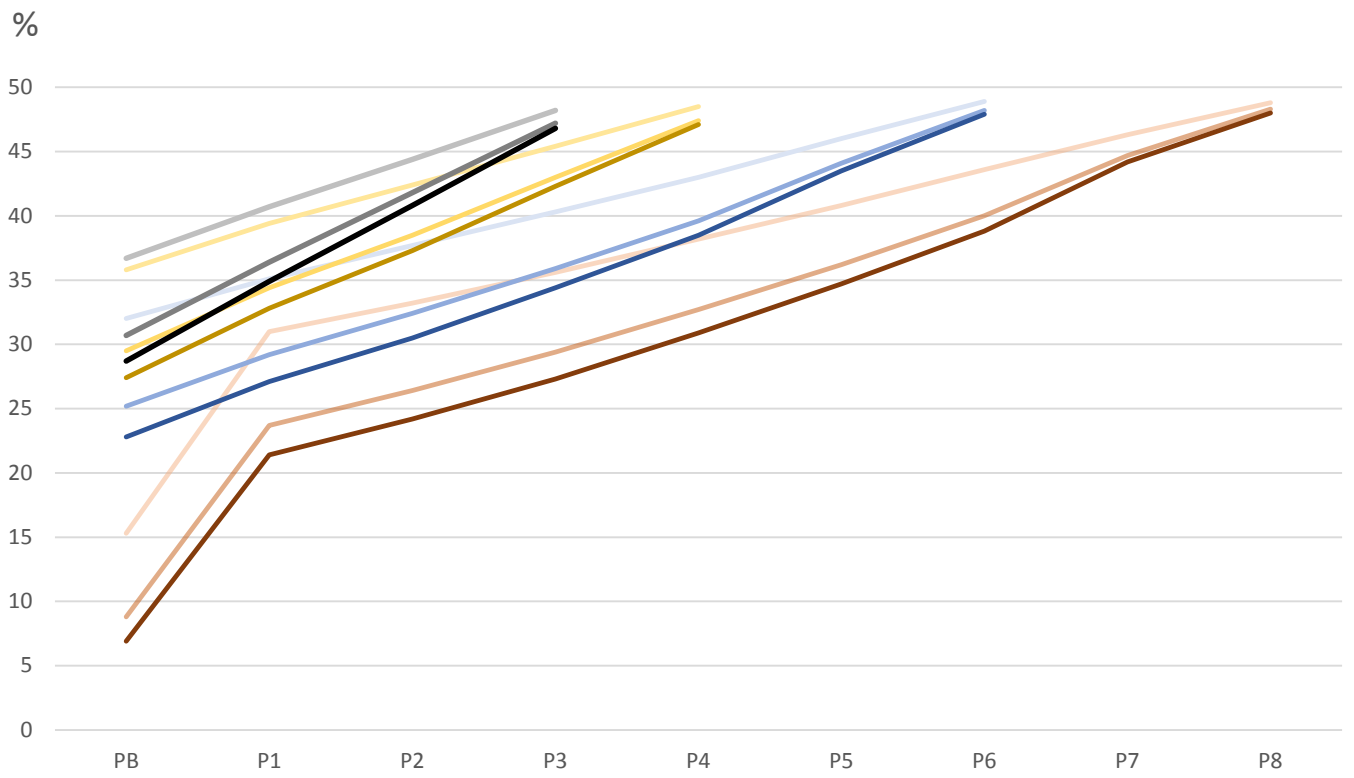
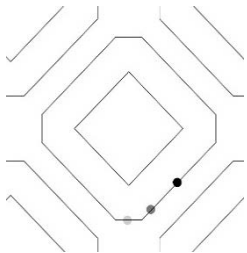


Fig. 2.4

_factor de vista en la fachada exterior para las ordenanzas del:

1859
1860-1891
1891-1932
1932-1976



El acceso solar. Factor de vista.

Uno de los modos de cuantificar el acceso solar, como ya se ha explicado anteriormente, es mediante la porción de cielo visible desde el punto o superficie que se calcule.

La iluminación que se recibe está también determinada por el ángulo de incidencia, del mismo modo que sucede con la radiación directa. El factor de cielo que pondera la incidencia es el factor de vista, y así se han hecho los cálculos grafiados a la izquierda.

El factor de vista está directamente relacionado con la iluminación natural dentro de las edificaciones. De modo que teniendo en cuenta que en el cielo claro puede alcanzarse 100.000 lux, sobre una superficie se recibirá la iluminancia proporcional según el porcentaje de factor de vista que tenga.

Los gráficos de la izquierda reflejan el estudio del factor de vista, en la fachada interior y exterior de la manzana, para las cuatro ordenanzas descritas anteriormente. Se trata de un estudio geométrico, sin tener en cuenta la latitud ni la orientación, y que se han realizado sobre todas las plantas y en distintas posiciones como se marca en las plantas de la izquierda.

Comparando los dos gráficos, se puede observar como el factor de vista en la fachada exterior e interior es distinta, siendo mayor en la segunda.

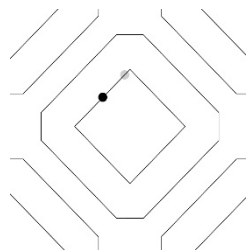
Si nos fijamos en el factor de vista de la planta baja, ha ido en descenso de a medida que se aumentaba la edificabilidad con las distintas ordenanzas, con un máximo del 30,7% con la ordenanza de 1859 a un mínimo del 8.8% con la ordenanza de 1986. Una reducción de un 21,9%, con la proporcional reducción de la iluminación natural.

Se refleja también como el factor de vista en el chaflán es superior, en todas las ordenanzas, a los otros puntos. Y como disminuye con la cuarta ordenanza el factor de vista en la planta baja por la presencia de la tribuna, rompiendo con la linealidad de descenso de las plantas superiores a las bajas.

Fig. 2.5

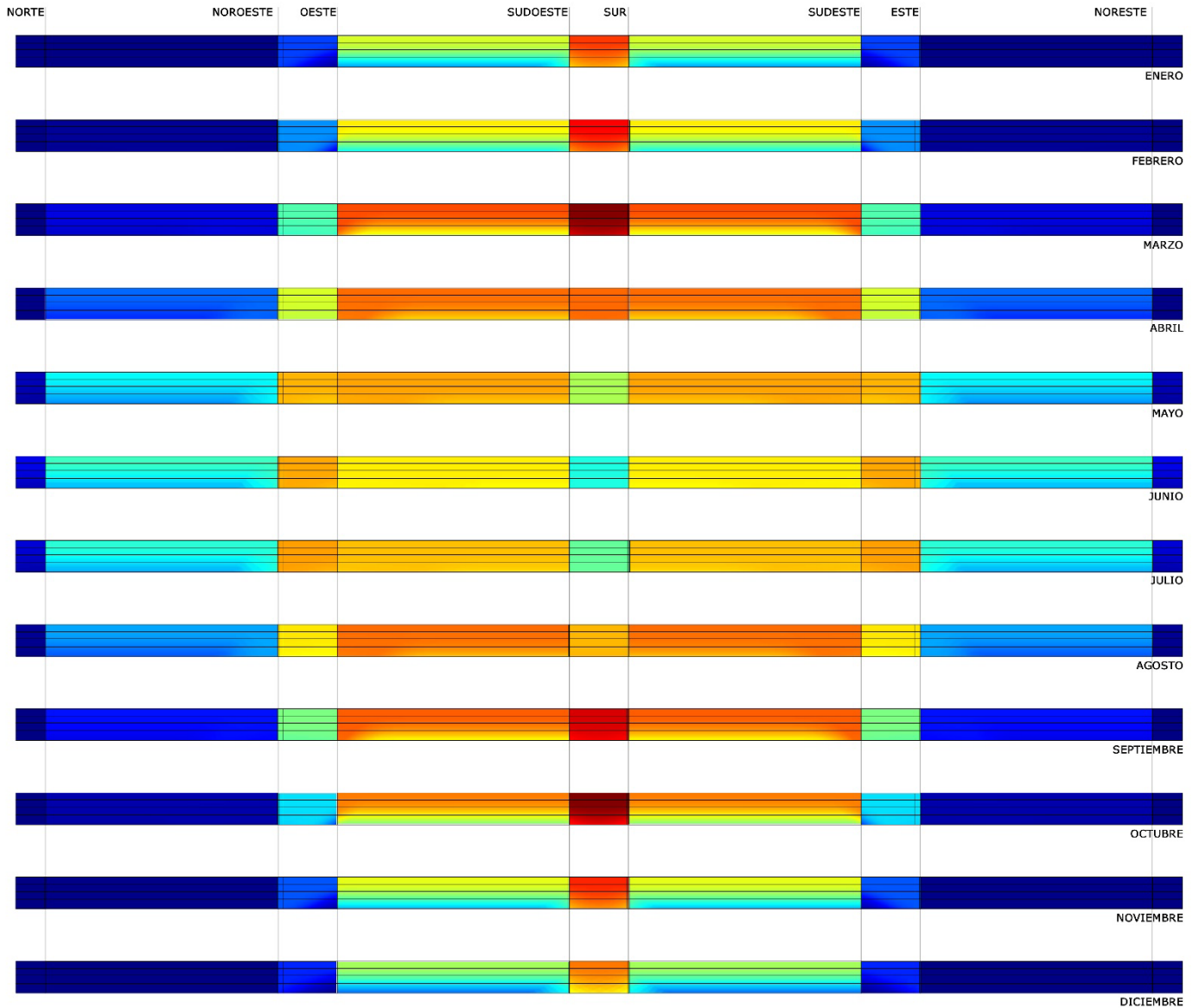
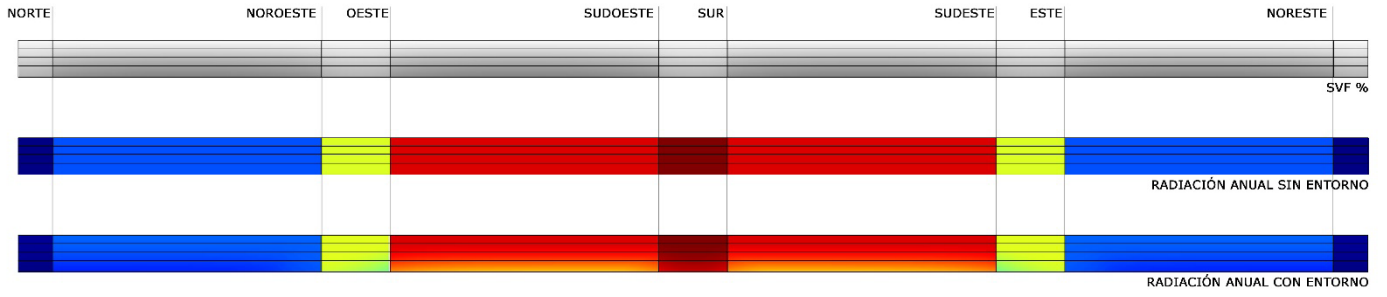
_factor de vista en la fachada interior para las ordenanzas del:

1859
1860-1891
1891-1932
1932-1976



ordenanza 1859
ordenanza 1860-1891
ordenanza 1891-1932
ordenanza 1932-1976

A continuación, a esta geometría se le va a dar una orientación y una latitud, la de Barcelona. Para observar cómo funciona una envolvente, donde la altura edificable es constante independientemente de la orientación donde se encuentre.



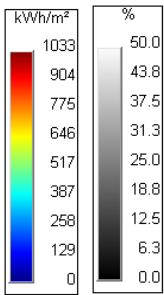


Fig. 2.6

Ordenanza 1859

_factor de vista.

_radiación anual en la fachada exterior de la manzana aislada.

_radiación anual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

Evolución de la radiación solar en la fachada exterior

En los tres primeros gráficos se representa el factor de vista, y la radiación solar que recibe la fachada exterior. Se representa la radiación que recibiría la manzana en un contexto aislado, sin enmascaramiento de las edificaciones vecinas, seguidamente de la radiación que en un contexto urbano, suponiendo la máxima edificabilidad que permitía la ordenanza que se esté estudiando.

En los gráficos de la izquierda se representa el funcionamiento de la fachada con la ordenanza de 1859, donde la altura máxima edificable era de 16 metros.

Como los gráficos de colores reflejan en la captación anual, prácticamente no se percibe diferencia entre la captación que reciben las fachadas cuando la manzana está aislada o en un contexto urbano. La disminución anual es de un 6,4%.

Pero la reducción de la captación por la sombra proyectada de las construcciones vecinas afecta de forma distinta en función de la posición del sol. En verano las pérdidas de captación son de un 3,75%, mientras en invierno son de un 7,08%, casi cinco veces más. Pero esta diferencia también es diferente dentro de una misma estación en función de la fachada que se analice. En invierno, donde la disminución de captación global alcanzaba 7,08%, en el caso de la fachada sureste – suroeste es de un 19%.

Es decir, en invierno el enmascaramiento que producen los edificios vecinos, tienen una repercusión en la captación cuatro veces mayor que en verano. Y a su vez, la disminución en invierno en la fachada sureste - suroeste es cuatro veces mayor que en la fachada sur. Mientras la reducción en la captación anual de toda la fachada exterior es del 3,75%, en la fachada sureste - suroeste es del 19%.

En los gráficos siguientes está representada la fachada exterior desplegada, con los doce meses del año, en un entorno construido. Se puede observar como el factor principal que determina la captación solar en fachada con esta ordenanza es la orientación. De modo que en un mismo plano de fachada, aunque puede llegar a haber diferencia entre la radiación de las plantas superiores y las inferiores, se observa que la diferencia es mucho mayor si se compara con un plano con otra orientación.

Por lo que en la ordenanza de 1859, se puede decir, que la orientación es la que determina la radiación que reciben las fachadas, a pesar de haber reducciones por las obstrucciones vecinas.

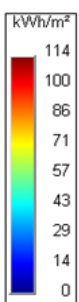
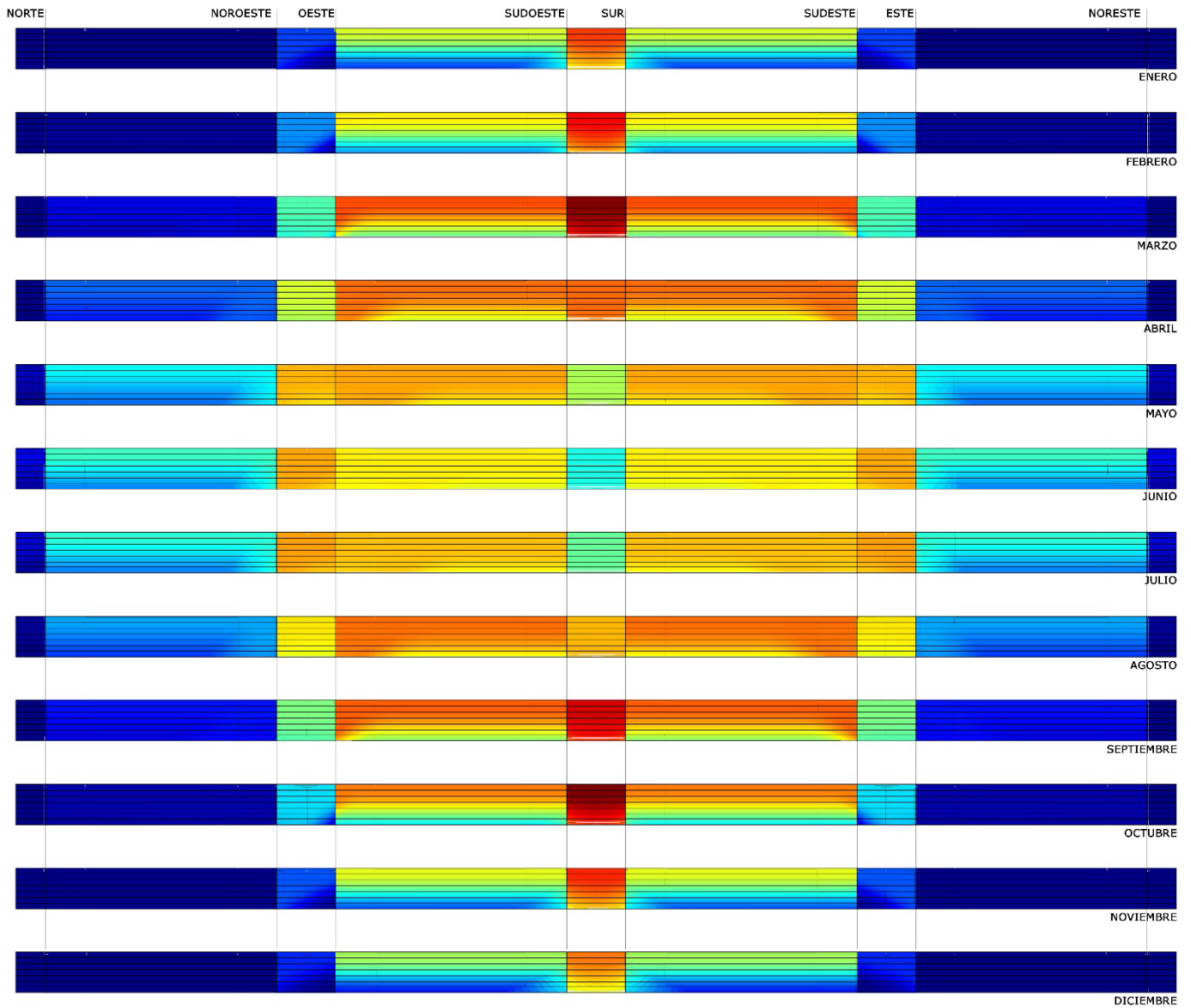
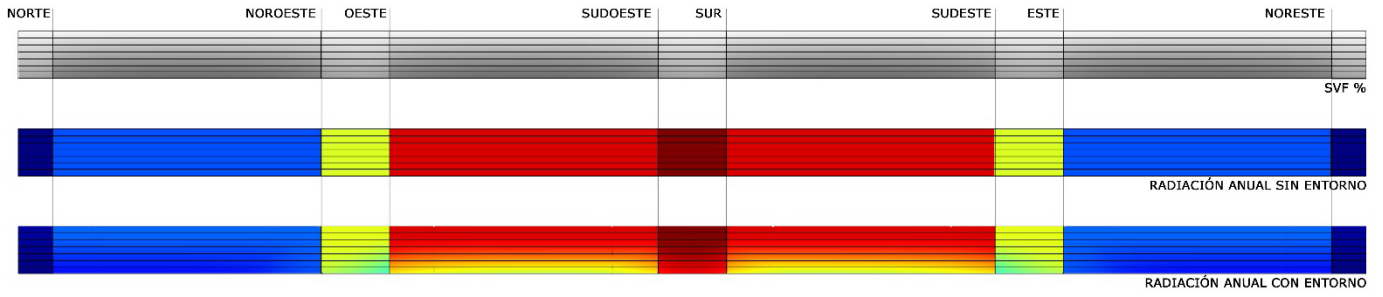


Fig. 2.7

Ordenanza 1859

_radiación mensual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.



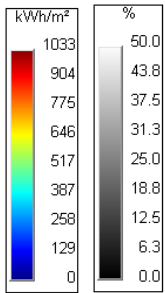


Fig. 2.8

Ordenanza 1860-1891

_factor de vista.

_radiación anual en la fachada exterior de la manzana aislada.

_radiación anual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

En los gráficos de la izquierda se representan lo mismo que en los gráficos anteriores pero con los datos de la ordenanza del periodo 1860-1891.

Con la ordenanza del periodo 1860-1891 se aumentó la altura edificable hasta los 20,5 metros y se aumentó la profundidad edificable, pasando de una edificabilidad de 2 a 3,5 m² t / m² s.

Los datos anuales nos dan una reducción en la captación por las obstrucciones vecinas del 10,74%, pasando de una captación de 7026,5 a 6271,1 MWh. Por lo que aumentando 4,5 metros la altura edificable se pasa de una pérdida del 6,4 al 10,74% anual, aumentándose las pérdidas un 4.34% respecto a la ordenanza de 1859.

Analizando las pérdidas en verano y en invierno, como se ha hecho en el caso anterior, siendo las pérdidas en el caso del verano del 5,74% y en invierno del 27,11%. Y en el caso de la fachada sureste - suroeste en invierno del 28,59%.

Como se explicaba en el estado del arte cuando se comparaba el distinto funcionamiento de la retícula cuando la orientación de las calles era según los puntos cardinales o por lo contrario estaba girada 45 grados en Los Ángeles, en el caso de la trama del ensanche también es posible estudiar los dos casos gracias a los chaflanes.

Las fachadas de los chaflanes están orientadas según los puntos cardinales y las fachadas de las calles en orientación sureste – suroeste o noreste - noroeste.

El funcionamiento de la radiación en los chaflanes es muy distinta de una orientación a otra. Siendo prácticamente nula la radiación que recibe la fachada norte, recibiendo esta radiación en verano; mientras la fachada sur es la que más recibe en invierno.

Además cabe destacar el hecho que el factor de vista en estos puntos es mayor, puesto que la fachada opuesta se encuentra a 50 metros, mientras en las calles está a 20 metros. Este dato geométrico se traduce en la uniformidad de la radiación recibida en todas las plantas de una misma fachada en los chaflanes. Se observa en el gráfico de la izquierda como la mayor diferencia entre la captación se produce en enero y diciembre, no obstante en la fachada sureste – suroeste la diferencia es mucho mayor.

Comprando el funcionamiento de los chaflanes y de las calles, se observa que las diferencias entre una fachada u otra en el caso de los chaflanes (norte-sur) son mayores que en el de las calles (sureste-noreste).

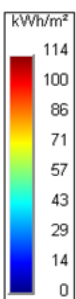
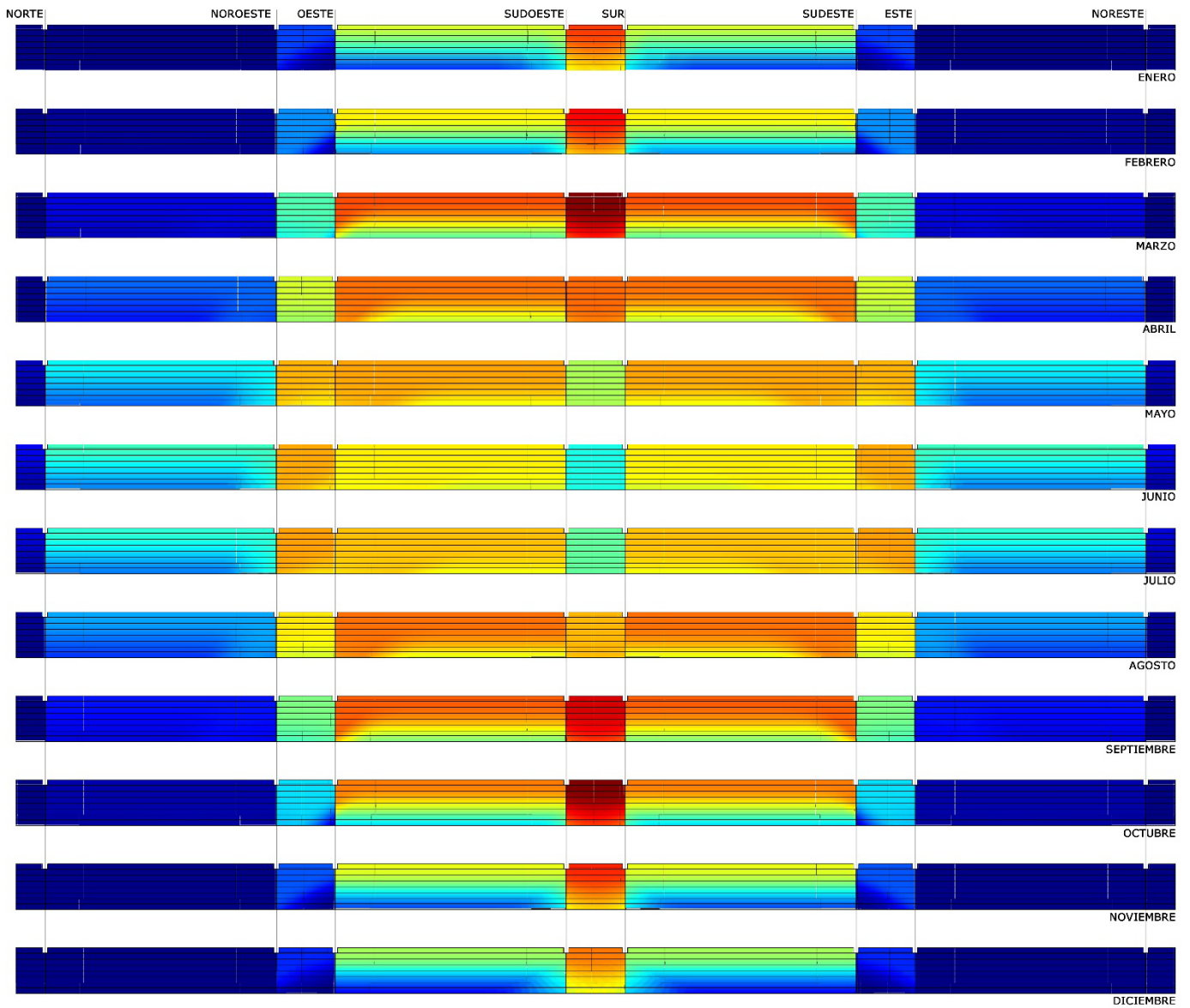
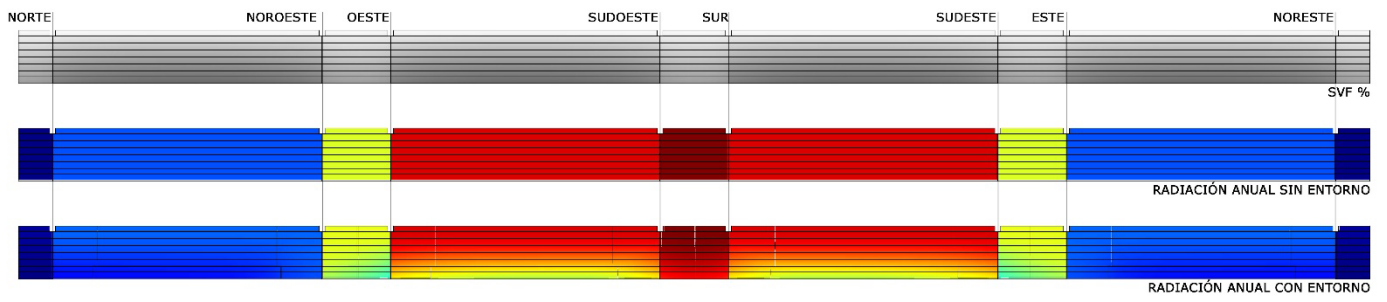


Fig. 2.9

Ordenanza 1860-1891

_radiación mensual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.



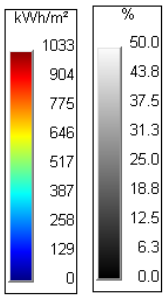


Fig. 2.10
 Ordenanza 1891-1932
 _factor de vista.
 _radiación anual en la fachada exterior de la manzana aislada.
 _radiación anual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

La tercera ordenanza a analizar aumenta la altura edificable, pero lo hace retrasada del plano de fachada. Sin perjudicar a la radiación que recibe la calle pero si a la fachada.

La reducción anual en toda la fachada exterior es de un 11,09% se puede constatar como a medida que aumentaba la edificabilidad de la manzana, progresivamente iba aumentando la obstrucción, aunque en este caso, la diferencia respecto al anterior es apenas de un 0,35%. Y las reducciones en invierno y verano son también muy similares a la ordenanza anterior.

En el análisis de las ordenanzas anteriores se ha cuantificado la reducción en la fachada suroeste - sureste en invierno. Vamos a ver ahora que reducciones se producen en todas las orientaciones a lo largo del año, en verano y en invierno.

_fachada sur

anual 4,32% junio 0% diciembre 7,9%

_fachada sureste - suroeste

anual 12,39% junio 0,94% diciembre 29,07%

_fachada este - oeste

anual 4,95% junio 1,05% diciembre 31,6%

_fachada noreste - noroeste

anual 13,40% junio 15,26% diciembre 2,36%

_fachada norte

anual 33,01% junio 29,98% diciembre 0%

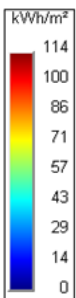
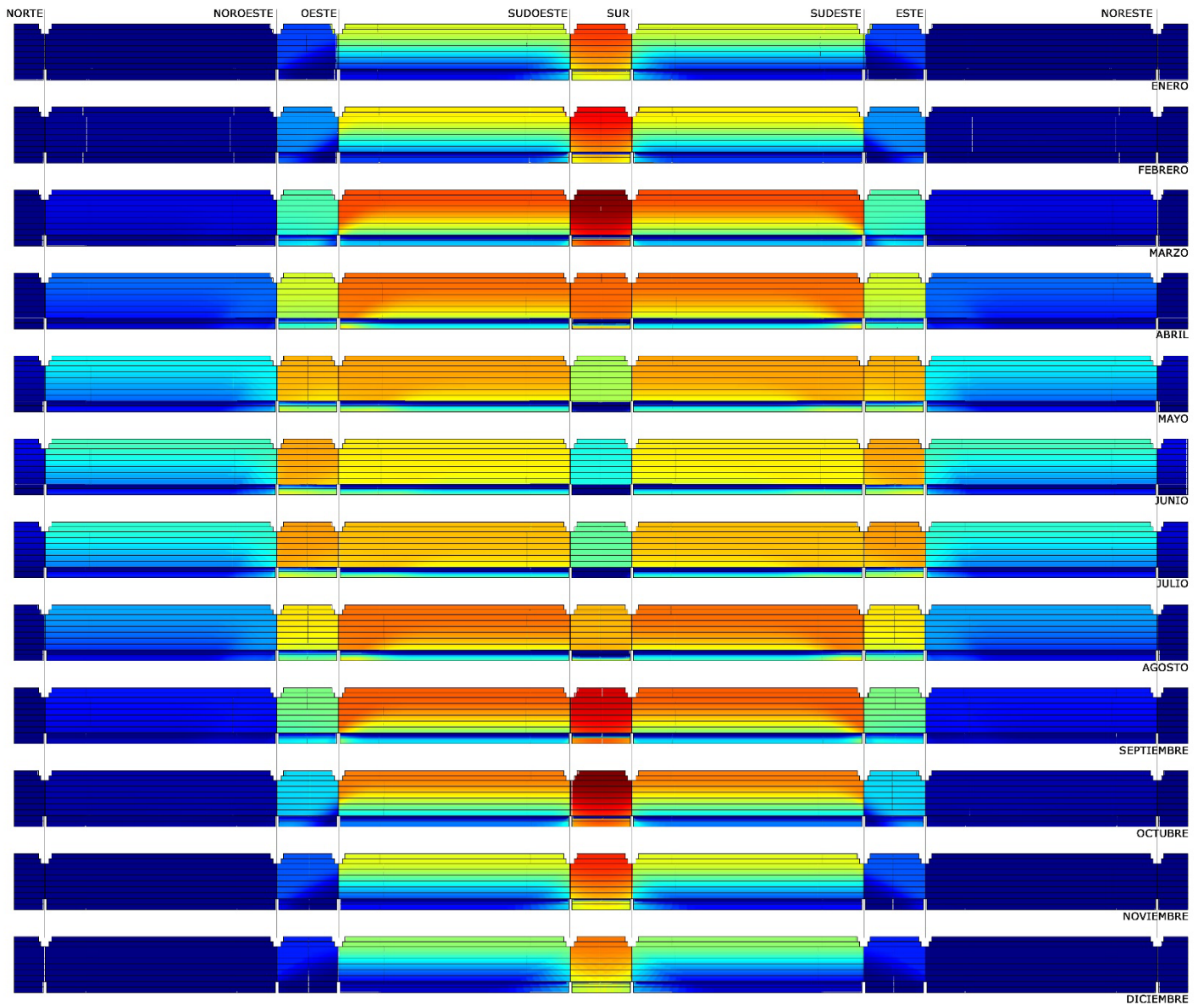
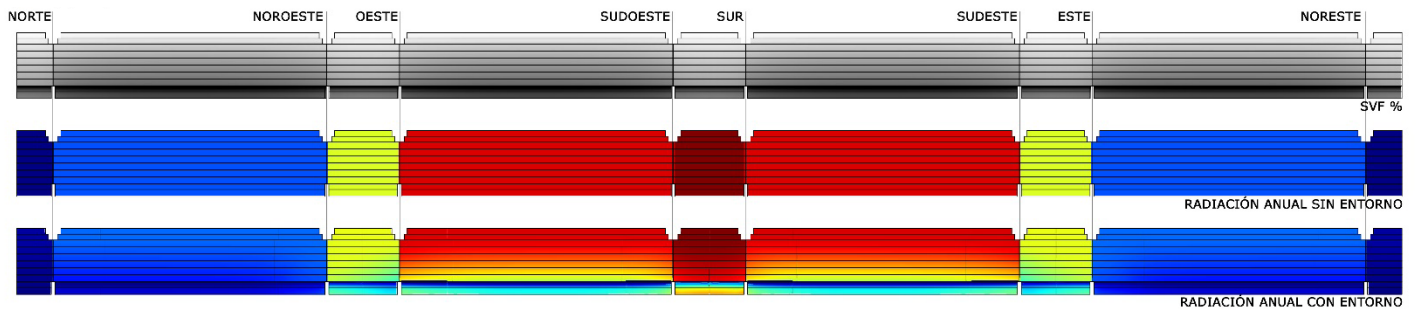


Fig. 2.11
 Ordenanza 1891-1932
 _radiación mensual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

Comparado los datos anteriores se puede observar como el recorrido solar influye claramente en la captación en un entorno consolidado. El hecho que durante el invierno el ángulo de incidencia de la radiación al mediodía se aproximadamente del 25 grados y de 4 al ocaso y salida del sol, hace que dos fachadas con el mismo factor de vista, en el caso de la fachada sur las pérdidas sean del 7,9%, en cambio, de un 31,6% en la fachada este - oeste.



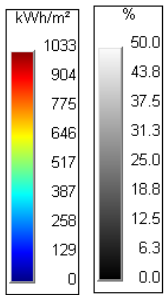


Fig. 2.12

Ordenanza 1932-1976

_factor de vista.

_radiación anual en la fachada exterior de la manzana aislada.

_radiación anual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

Y finalmente el análisis de la manzana con la ordenanza de 1976, la de mayor edificabilidad de todas, y a partir de la cual empezaría a reducirse con las normativas posteriores. La edificabilidad que se alcanza con esta ordenanza es de $7,29 \text{ m}^2 \text{ t} / \text{m}^2 \text{ s}$ casi tres veces superior a la que Cerdà proyectó.

En términos anuales, la reducción en la radiación captada en toda la fachada exterior por la obstrucción de las edificaciones vecinas alcanza el 16,81%. La mayor reducción con una diferencia del 10,4% respecto a la primera analizada.

La disminución de la captación en invierno es de 39% y de un 8,65% en verano. Aumentándose respecto la ordenanza del 1859, un 31% y un 4,9% respectivamente.

Lo que caracteriza esta manzana a diferencia de las tres analizadas anteriormente es que en este caso hay la presencia de una tribuna. La tribuna no sólo reducía el ancho de la calle, sino que arrojaba sombra sobre las plantas bajas como se refleja la imagen, siendo la primera ordenanza donde la envolvente exterior tiene una sombra propia.

Por lo que a la planta baja no sólo tiene una disminución por el crecimiento en altura sino que hay un elemento que le produce una sombra. Como se observará en los gráficos de la izquierda, este elemento que sobresale en fachada a partir de la primera planta reduce la captación hasta un 39% anual en la planta baja. Lo que refleja hasta qué punto puede reducir la captación el diseño arquitectónico dentro de la envolvente que permite la normativa. Mientras la reducción anual en esta última ordenanza es de un 16,81% la sombra propia por la tribuna es casi el doble. Por lo que la planta baja en este periodo alcanza una disminución en la captación total, teniendo en cuenta la sombra propia y la de las edificaciones vecinas, de más de un 55%.

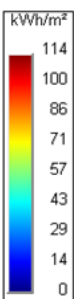


Fig. 2.13

Ordenanza 1932-1976

_radiación mensual en la fachada exterior en un entorno urbanizado.

La sombra arrojada por la tribuna en planta baja y su funcionamiento en las distintas orientaciones y a lo largo del año, nos aporta información sobre el uso del alero como elemento de protección al sol. Se puede comprobar como en la fachada sur, los meses de verano no reciben radiación, mientras en las fachadas noreste-noroeste si reciben. Teniendo en cuenta que ambas fachadas reciben una radiación similar en este momento del año, se puede constatar que el alero en la fachada sur funciona bien como protección solar, pero en otras orientaciones noreste - noroeste no.

kWh/m²

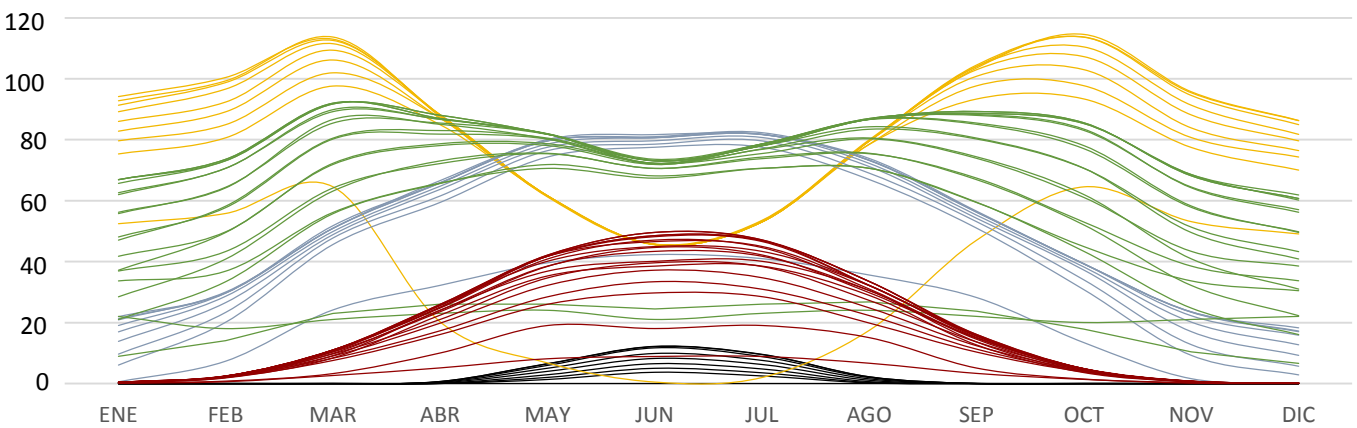
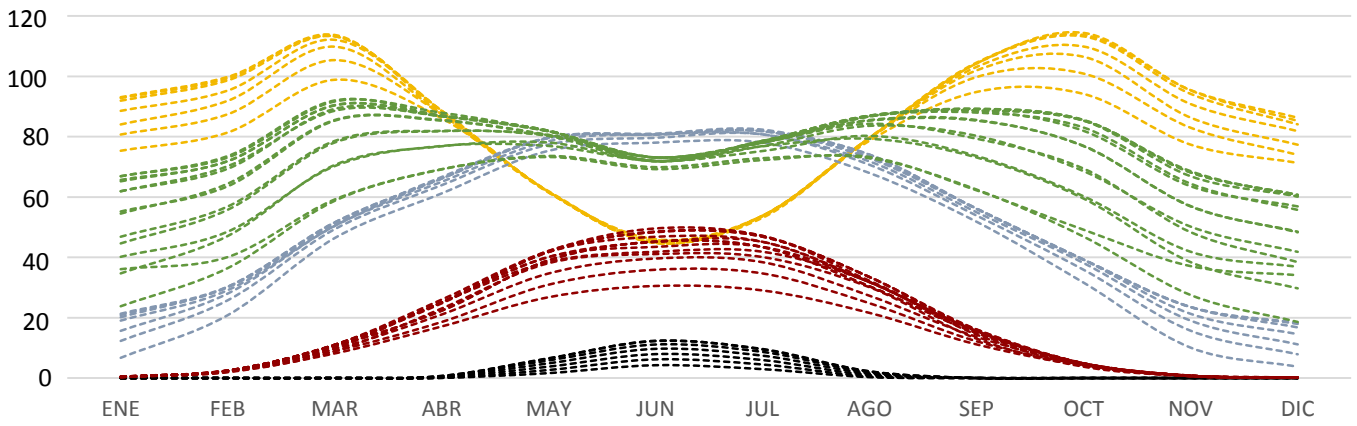
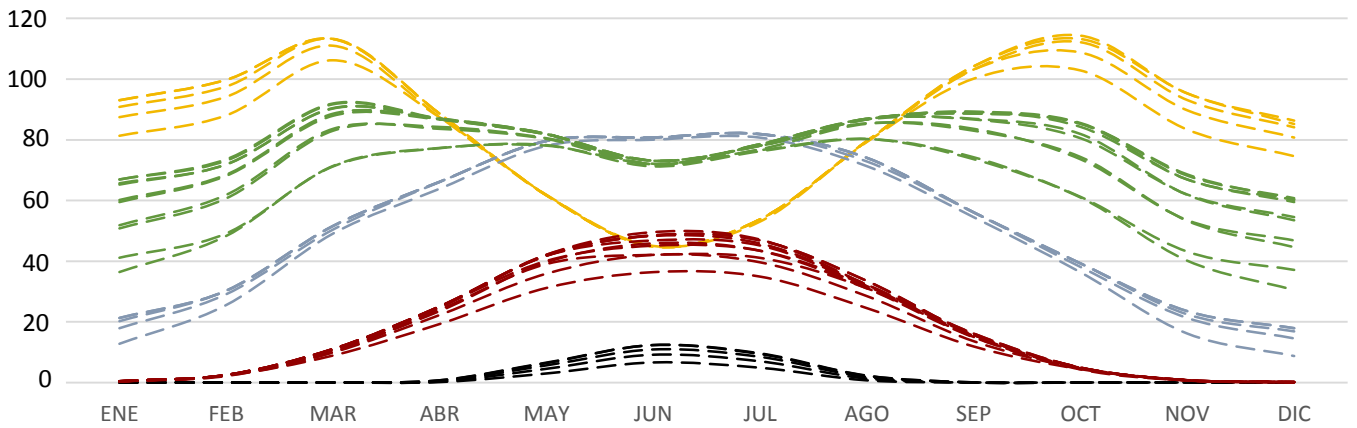
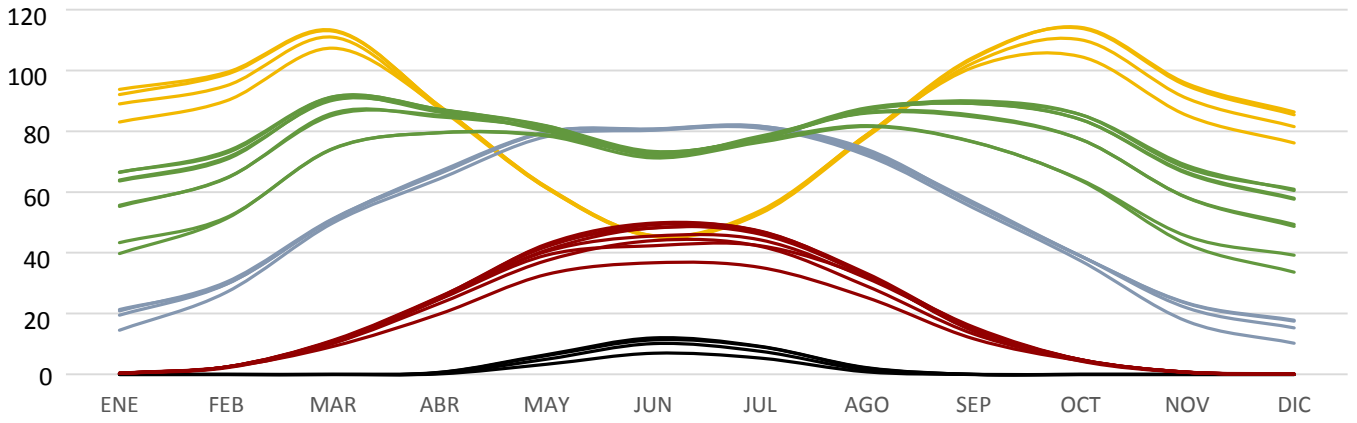


Fig. 2.14
Ordenanza 1859

Los gráficos de colores sobre las fachadas exteriores ha permitido observar que la repercusión de la reducción de la captación se produce con una gradación lineal en altura. Pero con cierta uniformidad en planta. Por eso motivo en los gráficos de la izquierda se ha representado la radiación que reciben las distintas plantas, en todas las orientaciones y en las cuatro ordenanzas que se están estudiando.

Al ver representada la radiación recibida por la fachada exterior para la cuatro alturas reguladoras distintas, y separada por planta, se observa claramente las consecuencias del aumento de la edificabilidad.

Fig. 2.15
Ordenanza 1860-1891

En el gráfico de la ordenanza de 1859 se observa claramente cinco comportamientos distintos en la distribución anual de la captación, distinguiéndose claramente una orientación de otra. Muy distinto a lo que sucede con el que representa la ordenanza de 1932 - 1976, donde sobretodo en los meses de invierno, si no fuera por el color no se podría distinguir entre una orientación u otra.

Fig. 2.16
Ordenanza 1891-1932

El hecho que la repercusión de las edificaciones vecinas no sea constante a lo largo del año, hace que el funcionamiento anual de la radiación captada en las plantas bajas se muy distinto al de las plantas superiores. Por ejemplo, si nos fijamos en el comportamiento anual de la planta baja y primera de la fachada sureste - suroeste, es más similar al comportamiento de la fachda este - oeste que al de una planta superior de su misma orientación.

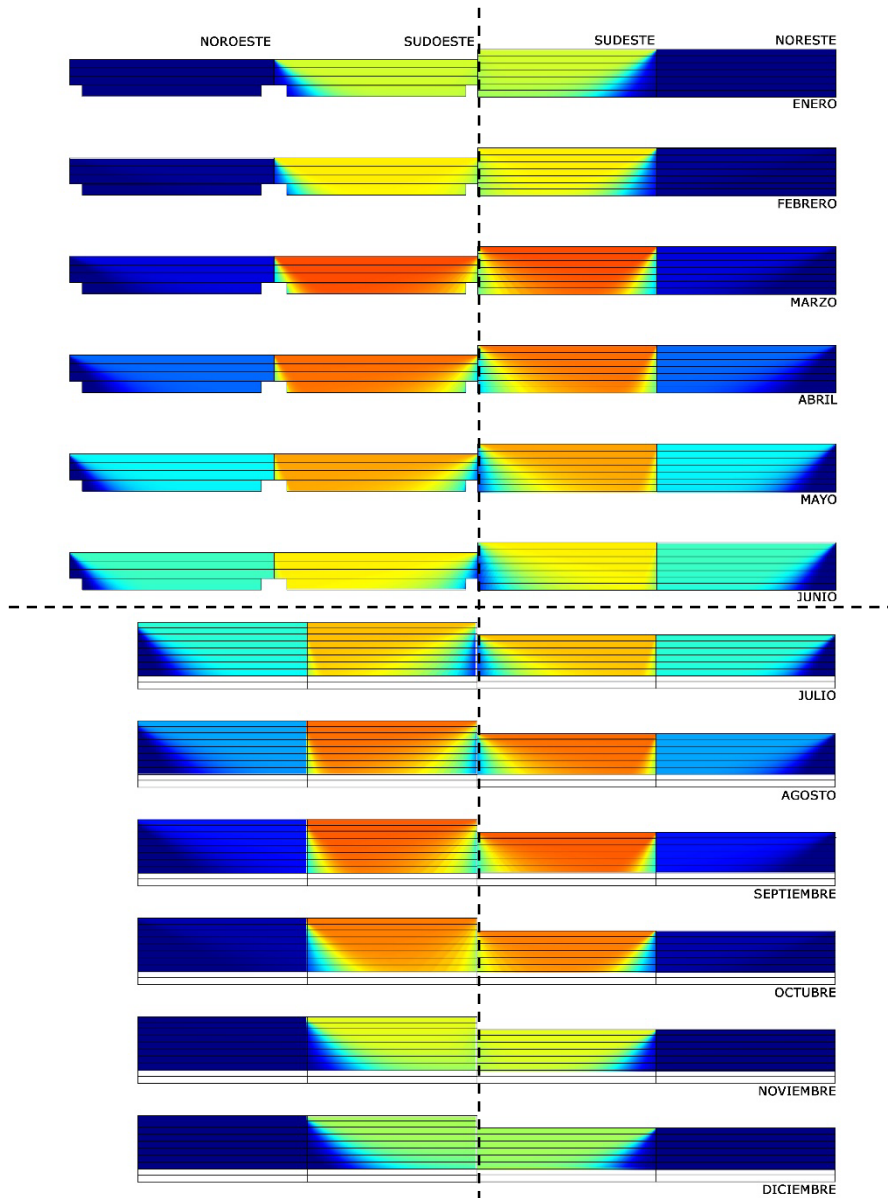
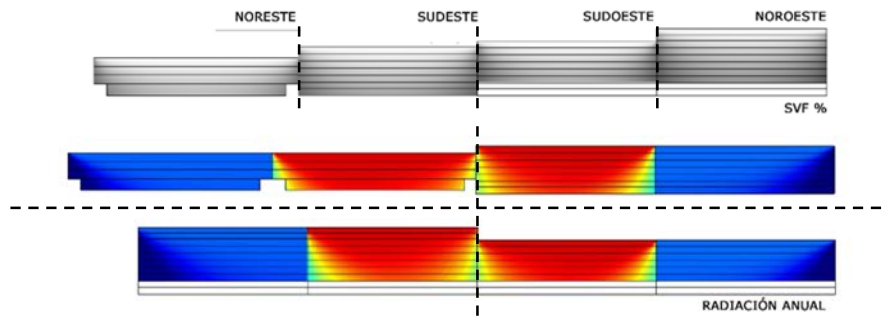
Fig. 2.17
Ordenanza 1932-1976

También es significativo, y común en todas las ordenanzas, observar como existe diferencia en la captación en función de la planta durante los meses de invierno. Diferencia que a medida que pasa el año (febrero – marzo) es cada vez menor, hasta que a partir del mes de abril, toda la fachada recibe lo mismo. Y no es hasta el mes de septiembre cuando empieza a haber menor captación en las plantas superiores.

Pero la reducción en la captación no es lineal. En los gráficos se refleja como la separación entre las líneas que representan las dos plantas superiores, es menor que la de las dos plantas superiores.

Finalmente, se refleja algo que ya se podía intuir con el análisis por fachadas hecho anteriormente con la ordenanza de 1891 – 1932. La enmascaramiento en las fahadas sur y sureste - suroeste afecta en invierno mientras que en la norte y noreste – noroeste sucede en verano.





La radiación en la fachada interior de manzana

El estudio de radiación realizado hasta el momento sólo se ha hecho sobre la fachada exterior, ahora se realiza sobre la interior.

Existen dos diferencias respecto a la fachada exterior. En primer lugar, en la fachada interior sólo hay cuatro orientaciones de fachada, no ocho como sucedía en la exterior por la existencia de los chaflanes. En segundo lugar, en la fachada exterior la obstrucción a la radiación directa nos la daban los edificios vecinos, excepto en la última ordenanza con la aparición de la tribuna. En el caso de la fachada interior, las manzanas vecinas no tienen ninguna repercusión sobre la captación, la obstrucción nos la da las edificaciones de la propia manzana.

Comparando el funcionamiento anual, entre la fachada exterior e interior se puede observar lo siguiente. En la fachada exterior, la captación en una misma planta es uniforme en cada orientación. No sucede lo mismo en la fachada interior. Dentro de una misma planta, es muy distinta la captación que se recibe en función de la cercanía de la esquina. Las fachadas sureste - suroeste a medida que se acerca al plano noreste - noroeste pierde radiación, siendo mayor la pérdida en las plantas bajas. Pero en el punto medio de la fachada hay uniformidad en la captación en todas las plantas.

_ordenanza 1859

NE-NO	anual	13,08%	junio	8,7%	diciembre	29,6%
SE-SO	anual	5,75%	junio	5,9%	diciembre	10,2%

_ordenanza 1860 - 1891

NE-NO	anual	21,01%	junio	15,2%	diciembre	65,6%
SE-SO	anual	10,41%	junio	10,1%	diciembre	18,1%

_ordenanza 1891 - 1932

NE-NO	anual	18,36%	junio	13,1%	diciembre	60,8%
SE-SO	anual	8,9%	junio	8,8%	diciembre	15,2%

_ordenanza 1932 - 1976

NE-NO	anual	22,9%	junio	16,3%	diciembre	68,6%
SE-SO	anual	11,3%	junio	10,8%	diciembre	21,1%

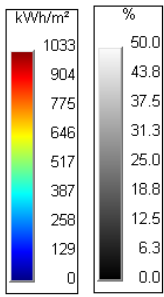
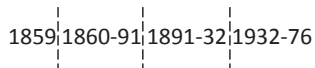


Fig. 2.18
_factor de vista.



_radiación anual en la fachada interior.

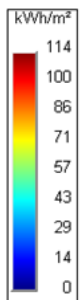
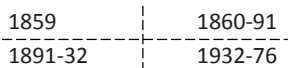
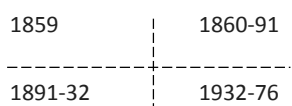
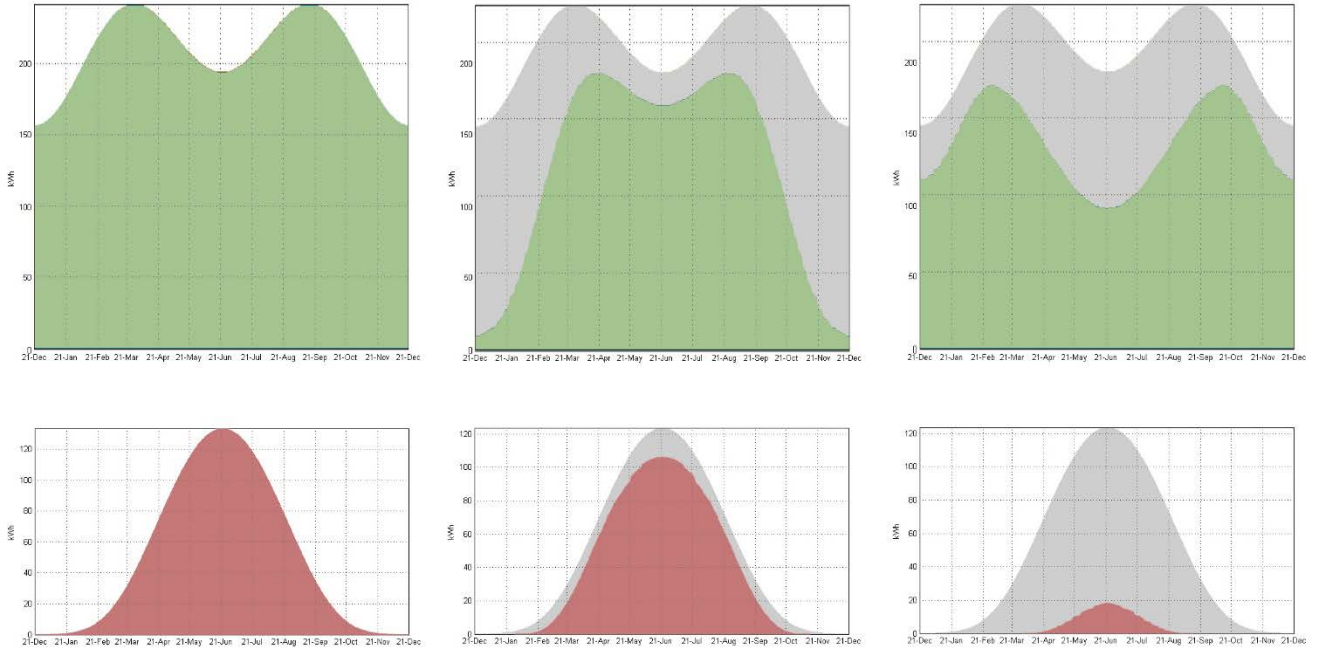


Fig. 2.19
_radiación mensual en la fachada la interior.





kWh/m²

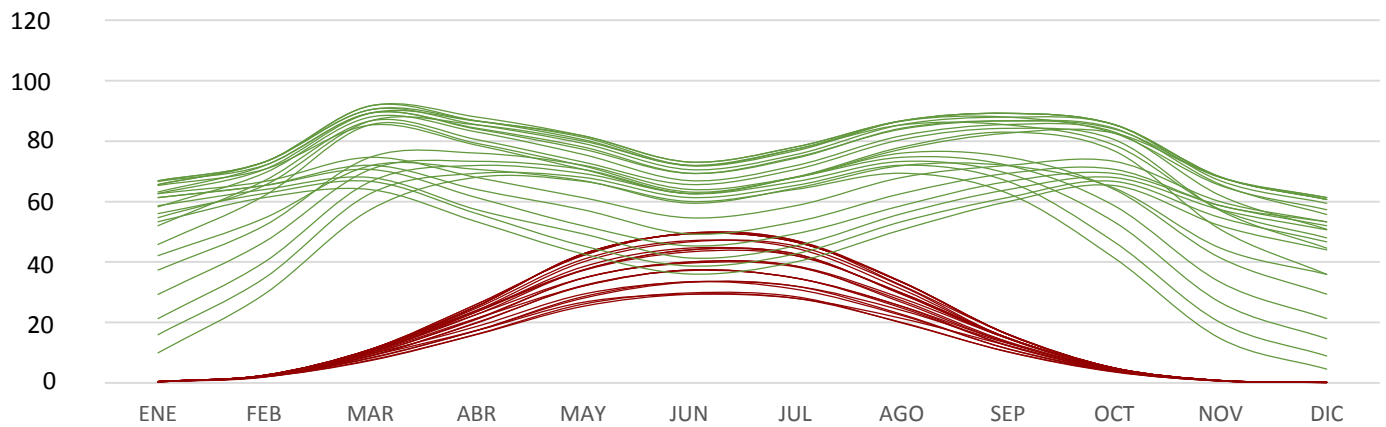
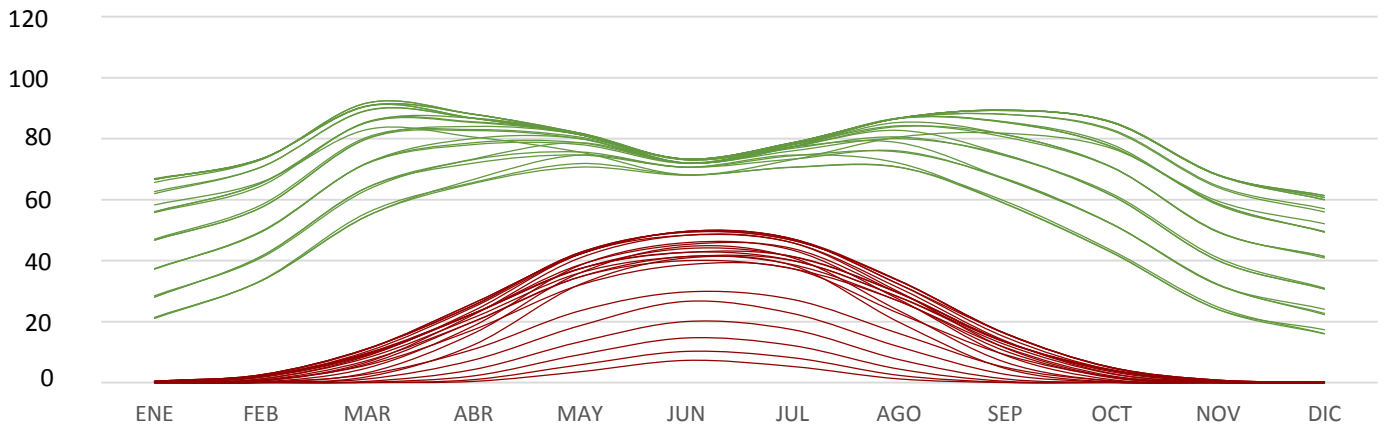


Fig. 2.20
_gráficos obtenidos desde Heliodon en tres puntos de la fachada sureste y sus opuestos en la noroeste.
Radiación que reciben respecto a la máxima por la orientación en la que se encuentran.

- radiación SE
- radiación NO
- máxima radiación

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24

Fig. 2.21
_radiación anual en la fachada SE exterior y NO interior.

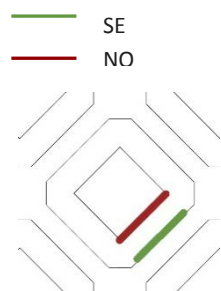
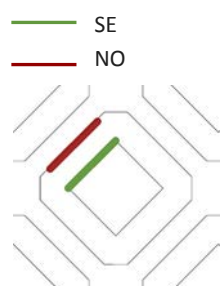


Fig. 2.22
_radiación anual en la fachada SE interior y NO exterior.



Siguiendo en la fachada interior de manzana, como ya se podía observar en los gráficos analizados en la página 56, las fachadas del interior de manzana y la exterior funcionan de forma muy distinta. En los gráficos de la derecha se va a comprar el funcionamiento de la fachada sureste – suroeste (verde) cuanto está en el interior y cuando está en el exterior, y los mismo con la noreste – noroeste (marrón).

Los dos gráficos de la izquierda están realizados sobre 24 puntos de la fachada, puesto que teniendo en cuenta los datos obtenidos en los gráficos de colores y que dentro de una misma planta la captación es muy irregular, no tendría sentido analizarlo por planta como se ha hecho con la fachada exterior.

Se puede observar claramente que los dos gráficos del mismo plano con la misma orientación, con la única diferencia de estar en el interior o exterior de fachada, son muy distintos. Tanto en la fachada sureste - suroeste, como en la noreste - noroeste cuando está en el exterior en lugar de 24 líneas, sólo se perciben 8. Esto sucede, como hemos podido observar anteriormente, a que en el exterior toda la planta tiene prácticamente la misma radiación, por lo que las líneas correspondientes a puntos en una misma planta se superponen.

No sucede lo mismo con las fachadas del interior de manzana.

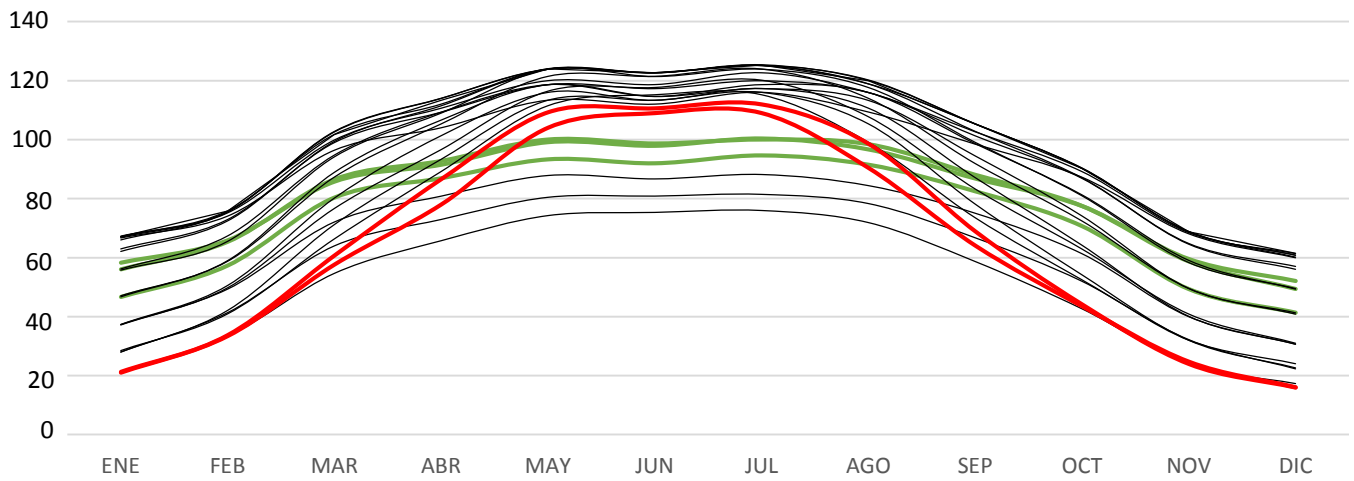
Los seis gráficos de la izquierda de la planta superior, extraídos de *Heliodon*, muestran la captación que reciben tres puntos de la fachada sureste y sus opuestos en la noroeste, respecto a la máxima que podrían recibir si no hubiera ninguna obstrucción. Se observa como el comportamiento dentro de una misma fachada es muy diferenciado, y aunque se mira la fachada en conjunto, la disminución en la captación es menor que en la exterior, puede haber mucha diferencia entre un punto y otro, sobretodo en invierno.

Como se hacía referencia en el estado del arte, la tipología edificatoria de viviendas en el ensanche era de viviendas pasantes. Con una fachada a calle y otra a interior de manzana.

Por lo que cada vivienda tenía una fachada cuya captación se veía reducida por la altura a la que se encontraba, y otra que la obstrucción la daba la cercanía o lejanía a la esquina en el interior de manzana.

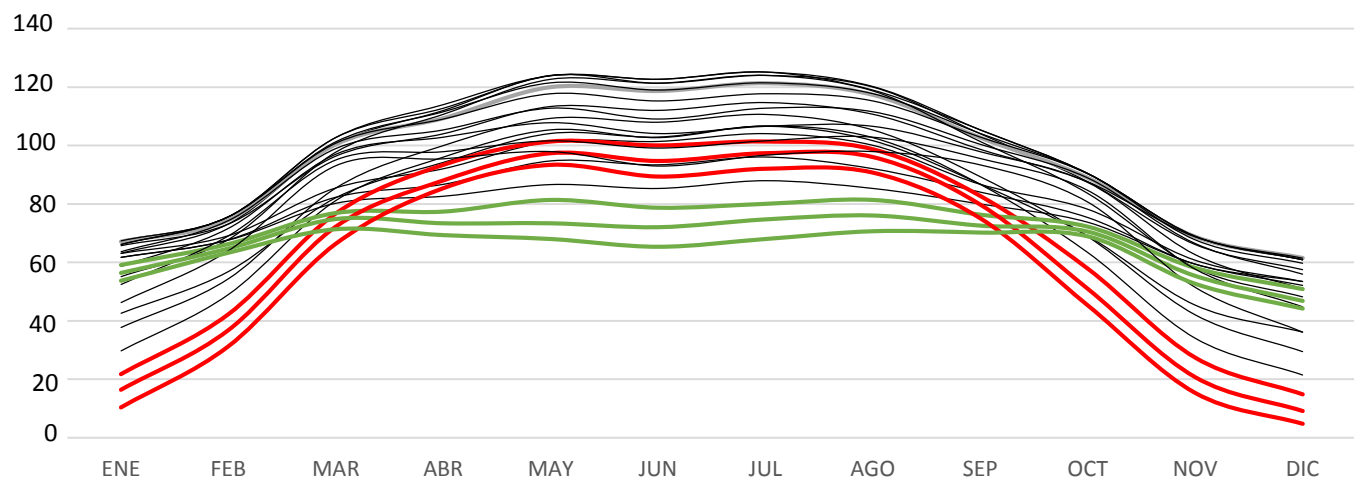
kWh/m²

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24



kWh/m²

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24



1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24

Ubicación con mejor funcionamiento energético con sistemas de captación pasivos

En el estado del arte se hacía referencia al hecho que en las ciudades es donde se produce gran parte de la demanda energética. Demanda que va a ir en aumento teniendo en cuenta el aumento de población urbana que se prevé. Parte de este consume es el que se produce por la climatización de las viviendas, por el que lograr que la energía solar a través de sistemas pasivos de captación logren el confort en el interior de la vivienda hará que se reduzca la demanda energética.

En esta última parte de la tesina se va a estudiar cual es la ubicación donde la captación para un buen sistema pasivo de climatización es mejor.

Teniendo en cuenta los datos climáticos de Barcelona, para un buen funcionamiento pasivo de climatización interesará aquella ubicación donde la captación en los meses de invierno sea mayor y en verano la menor.

El estudio se ha realizada suponiendo que cada punto del análisis anterior se corresponde a una vivienda pasante, coincidiendo con los puntos anteriormente analizados. Por lo que cada vivienda tendrá una fachada sureste exterior y una noroeste interior, o bien una fachada sureste interior y una noroeste exterior.

Para hacer los cálculos por vivienda su han sumado las aportaciones de las dos fachadas por cada uno de los 24 puntos.

Los gráficos de la izquierda representan el funcionamiento de las 24 viviendas y se observa como a pesar de tener todas ellas la misma orientación la radiación recibida es muy distinta de un punto a otro.

En líneas verdes se han identificado aquellos puntos que mejor funcionaban anualmente, con la máxima captación durante los meses de invierno y la mínima en verano. Lo contrario en líneas rojas.

Posteriormente se ha identificado a que posición correspondía cada línea, para ubicar la vivienda con la mejor orientación para el funcionamiento con sistemas pasivos de captación.

Es destacable que el punto 24 es la mejor posición cuando la fachada sureste da al interior de manzana y la peor cuando da a la calle.

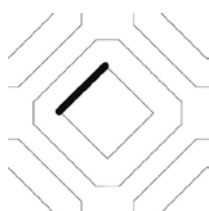
Fig. 2.23
_radiación anual en la fachada SE exterior + NO interior.

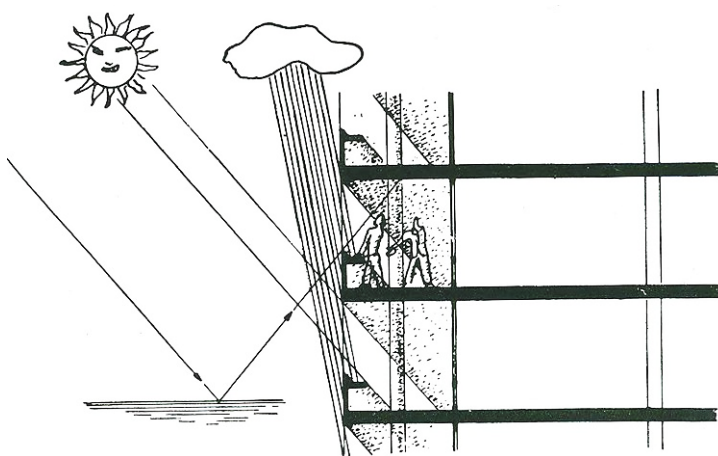
— buen funcionamiento
— mal funcionamiento



Fig. 2.24
_radiación anual en la fachada SE interior + NO exterior.

— buen funcionamiento
— mal funcionamiento





Le Colours

Conclusiones

Cerdà propuso una tipología edificatoria, una ocupación de manzana y un dimensionado de la envolvente construida, dando repuesta a los problemas de insalubridad e higiénicos presentes en la ciudad de Barcelona en el siglo XIX. Estrategias de proyecto urbano donde garantizar el acceso solar y la buena ventilación en las estancias de las viviendas era uno de los objetivos a lograr.

La propuesta de planeamiento urbanístico propuesto por Cerdà que se acabó construyendo, se redujo a la superposición de las tramas viarias. Mientras las ordenanzas urbanísticas encargadas de regular la edificación fueron modificándose aumentando la edificabilidad hasta el año 1976. Aumento de edificabilidad que se traducía en el aumento de la altura y profundidad edificable multiplicando por tres la superficie construible.

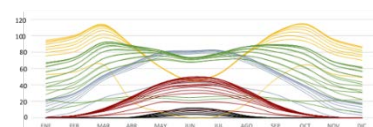
Los objetivos iniciales de la tesina eran el estudio de la repercusión del aumento de la edificabilidad en el factor de vista y radiación solar en las fachadas del ensanche. Y una vez finalizado el estudio mediante un modelo tipológico de la envolvente máxima edificable que permitían cuatro ordenanzas urbanísticas, sumado al estado del arte, se puede llegar a las siguientes conclusiones.

El aumento de la edificabilidad del ensanche de Barcelona, ha representado el aumento de la obstrucción de las edificaciones vecinas, pasando de una disminución en la captación del 6,4% al 16,8% anual.

Disminución que es mucho mayor en invierno cuando más necesaria es la radiación directa, con una disminución del **39%** en la ordenanza de 1932-1976, aumentándose un **31%** respecto a la ordenanza de 1859.

Reducción que en el caso del factor de vista representa pasar de una media del **32%** en planta baja a un **10,3%**, con la consecuente repercusión en la iluminación natural de los interiores.

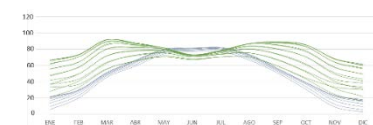
_La uniformidad en el planeamiento significa la desigualdad en la captación. Un planeamiento urbanístico donde el volumen edificable únicamente se encuentra determinada por la altura máxima y la profundidad, independientemente de la orientación en la que se va a encontrar, se traduce en una captación de radiación desigual. Y el ensanche de Barcelona es un ejemplo. En cambio, si el volumen edificable viniera delimitado teniendo en cuenta el recorrido solar, se garantizaría un acceso más igualitario al sol.



Teniendo en cuenta el comportamiento anual de la radiación en las fachadas exteriores, que es donde nos afecta por enmascaramiento las edificaciones de las manzanas vecinas, se pueden sacar algún criterio de cómo debería ser la envolvente solar.

La envolvente solar para lograr un óptimo funcionamiento de los sistemas pasivos de captación, debería reducir el enmascaramiento en las fachadas sureste-suroeste (exteriores) y aumentarlo en las noreste-noroeste. Esto se lograría si el volumen ubicado en la fachada sur y sureste-suroeste de la manzana fuera más alto que el norte noreste-noroeste.

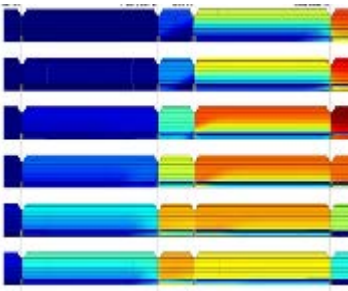
_El factor de vista puede modificar el comportamiento anual de la radiación en una fachada haciendo que su comportamiento sea como el de otra orientación.



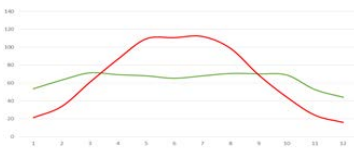
Se puede llegar a esta conclusión observando el comportamiento de las plantas bajas de la fachada sureste-suroeste y el de la fachada este-oeste. La fachada sureste-suroeste, sin obstrucciones, se caracteriza por tener la máxima captación los meses de marzo-octubre, con una bajada en los solsticios.

La planta baja y primera de la fachada sureste-suroeste tiene un comportamiento anual distinto, tiene la mínima captación en invierno y la máxima en verano. Como sucede en las fachadas este-oeste.

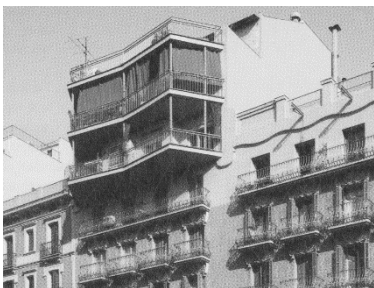
Por lo que en dos puntos distintos de una misma fachada, puede haber comportamientos propios de dos orientaciones.



_Analizando el comportamiento de la tribuna en la última ordenanza y la disminución en la captación en la planta baja, se puede afirmar que **los elementos arquitectónicos de la propia fachada pueden llegar a reducir la captación más que las edificaciones vecinas**. La reducción anual de la tribuna es de un 39% en planta baja, mientras en esta ordenanza en toda la fachada la reducción era de un 16,81%. Es importante destacar, que la tribuna nos arrojará sombra en aquella época del año en que no necesitamos radiación directa para los sistemas pasivos, mientras que con las edificaciones vecinas sucede lo contrario, las pérdidas se producen en invierno.



_En el momento de determinar la posición de la vivienda con mejor y peor funcionamiento pasivo de captación, el resultado ha sido que coincidían que ambas posiciones tenían una misma orientación y la misma altura. Con la única diferencia de que en un caso la fachada sureste daba a la calle y en el otro al interior de manzana.



Finalmente, la conclusión general que se podría sacar es que en un entorno urbano, la orientación nos da muy poca información de la radiación solar que recibe un plano. Radiación que puede cambiar con el tiempo teniendo en cuenta que cualquier intervención que se haga va a tener una repercusión sobre otras existentes. De ahí la importancia de tener en cuenta cuando se realiza una nueva construcción, no sólo que se puede perjudicar a edificaciones existentes, sino que en un futuro nuestras condiciones de asoleo pueden verse modificadas por nuevas construcciones.

Bibliografía

- Atkinson, William (1912). *The orientation of building or planning for sunlight*. New York: J. Wiley & sons. Columbia University Libraries.
- Beckers, B. (2004). *El diagrama solar*. (consultado: 25 de junio 2015)
http://www.heliodon.net/downloads/Beckers_2004_Ir_Le_diagramme_solaire.pdf
- Beckers, B., Masset, L. (2009). *Heliodon 2 - Guía del usuario* -. Liège, Compiègne y Barcelona. (consultado: 25 de junio 2015)
http://www.heliodon.net/downloads/Heliodon2_User_Guide_2009_es_02_11.pdf
- Beckers, B., & Vermeulen, T. (2011). *Quantification de la lumière naturelle dans les bâtiments urbains*, 1–44.
- Busquets i Grau, J. (2004). *Barcelona. La construcción urbanística de una ciudad compacta*. (2004th ed.). Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Busquets i Grau, J., & Corominas i Ayala, M. (2009). *Cerdà i la Barcelona del futur. Realitat versus projecte*. Barcelona: CCCB.
- Busquets i Grau, J., Corominas i Ayala, M., Eizaguirre i Garitagoitia, X., & Sabaté i Bel, J. (1991). *Treballs sobre Cerdà i el seu eixample a Barcelona*. (A. de Barcelona. & Ministerio de Obras públicas y transportes., Eds.). Barcelona.
- Busquets i Grau, J., Corominas i Ayala, M., Eizaguirre i Garitagoitia, X., & Sabaté i Bel, J. (1992). *Cerdà i el seu eixample a Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.
- Butti, K. (1980). *A Golden thread: 2500 years of solar architecture and technology*. Palo Alto: Cheshire Books; New York: Van Nostrand Reinhold.

- Corominas i Ayala, M. (2002). *Los orígenes del Ensanche de Barcelona. Suelo, técnica e iniciativa*. Barcelona: Edicions UPC.
- Cuchí, A., Arcas, J., Casals, M., Fombella, G. (2014) *Building a common home Building sector. A global visions report*. Produced by the Global Vision Area within the World SB14 Barcelona Conference.
- Curreli, A. (2009) *La integración de la radiación solar en la ciudad compacta*. ETSAB, UPC. Tesina dirigida por la Dra. Helena Coch.
- Curreli, A., & Coch Roura, H. (2011). Solar access in densely built urban environments: Formal parameters and comparative methodology in the case of Barcelona, Spain. *PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 235–240.
- Curreli, A., & Coch Roura, H. (2013). 3-D geometrical modelling and solar radiation at urban scale - morphological or typological digital mock-ups?, 1029–1034.
- De Decker, K. (2012). The solar envelope: how to heat and cool cities without fossil fuels. *Low-tech Magazine*. (consultado: 13 julio 2015) <http://www.lowtechmagazine.com/2012/03/solar-oriented-cities-1-the-solar-envelope.html>
- Franco, R. (2014). Acceso solar. ETSAB, UPC. Tesina dirigida por Dra. Isabel Crespo y Dr. Jaume Roset.
- Giovagnorio, I., Curreli, A., Marco, G., Helena, C., & Roura, C. (n.d.). *How environmental and energy issues shape the cities: a case-study in Barcelona, Spain.*, 11. Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona, Spain Università degli Studi di Cagliari, Italy.
- Grau, R. (2009). La razón en la ciudad: el Plan Cerdà. *Metroloplis*, n. 76(Pasado y futuro de la Barcelona territorio), 46–47.
- Knowles, R. L. (2003). The solar envelope: Its meaning for energy and buildings. *Energy and Buildings*, 35(1), 15–25.
- Littlefair, P. (2001). Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. *Solar Energy*, 70(3), 177–185.
- Montavon, M., Steemers, K., Cheng, V., & Compagnon, R. (2006). “La Ville Radieuse” by Le Corbusier once again a case study. *PLEA 2006 Conference on Passive and Low Energy Architecture*, (September), 6–8.

- Monteys, X., Callís, E., & Puigjaner, A. (2007). La ciutat, la cantonada i la casa. *Quaderns D'arquitectura I Urbanisme.*, num. 255.
- Solà-Morales, M. (1997). *Las formas de crecimiento urbano*. Edicions UPC. Barcelona.
- Solà-Morales, M. (2010). *Cerdà-Ensanche*. Barcelona: Laboratori d'urbanisme. Edicions UPC. Barcelona.
- Soria i Puig, A. (1976). Catálogo de la exposición Ildefonso Cerdà. Barcelona: Sirvent SAE.
- Strømmand-Andersen, J., & Sattrup, P. a. (2011). The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. *Energy and Buildings*, 43(8), 2011–2020.
- Tarragó, S. (1988, September). Barcelona com a model urbanístic. *Le Corbusier I Barcelona.*, 7–14.
- Vermeulen, T., Knopf-Lenoir, C., Villon, P., & Beckers, B. (2015). Urban layout optimization framework to maximize direct solar irradiation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 51, 1–12.
- Vila Robert, J. (1989). *La casa original del ensanche de Barcelona*. ETSAB, UPC. Tesis doctral dirigida por Dr. Juan Busquets.

Anexos

Factor de vista en la fachada exterior

Factor de vista en la fachada interior

Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1891

Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1932

Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1976

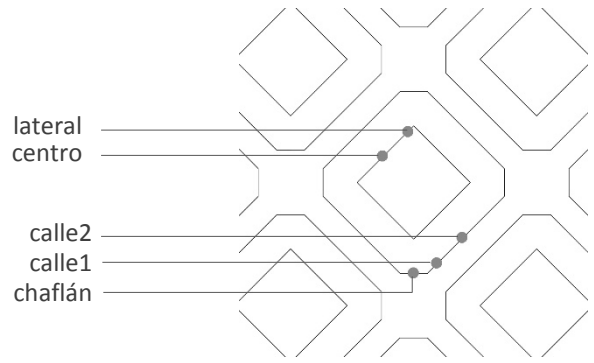
Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1859

Radiación en la fachada SE-SO exterior y NE-NO interior

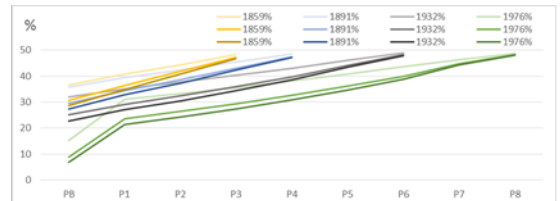
Radiación en la fachada SE-SO interior y NE-NO exterior

Radiación en 24 posiciones con fachada SE-SO exterior

Radiación en 24 posiciones con fachada SE-SO interior

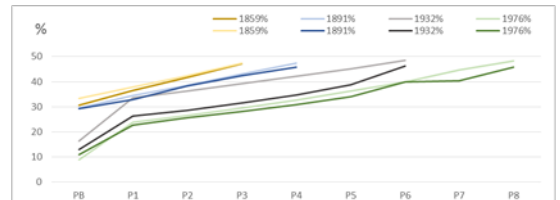


Factor de vista en la fachada exterior.

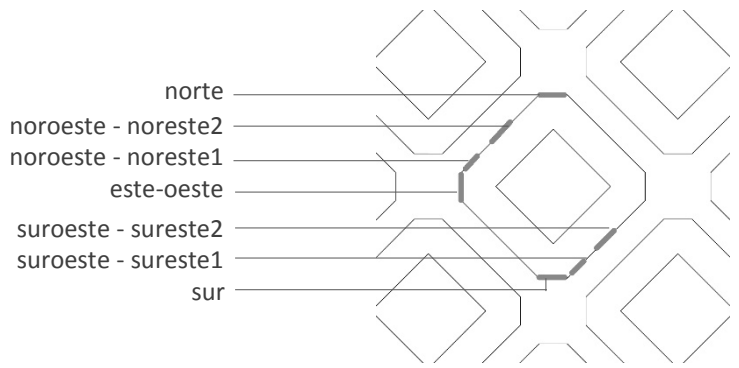


	CHAFLÁN				CALLE 1				CALLE 2			
	1859%	1891%	1932%	1976%	1859%	1891%	1932%	1976%	1859%	1891%	1932%	1976%
PB	36,7	35,8	32,0	15,3	30,7	29,5	25,2	8,8	28,7	27,4	22,8	6,9
P1	40,7	39,4	35,1	31	36,4	34,4	29,2	23,7	34,9	32,8	27,1	21,4
P2	44,4	42,4	37,7	33,2	41,8	38,5	32,4	26,4	40,8	37,3	30,5	24,2
P3	48,2	45,4	40,3	35,6	47,2	43	35,9	29,4	46,8	42,3	34,4	27,3
P4		48,5	43,0	38,2		47,4	39,6	32,7		47,1	38,5	30,9
P5			46,0	40,8			44,1	36,2			43,5	34,7
P6			48,9	43,6			48,2	40			47,9	38,8
P7				46,3				44,7				44,2
P8				48,8				48,3				48

Factor de vista en la fachada interior.

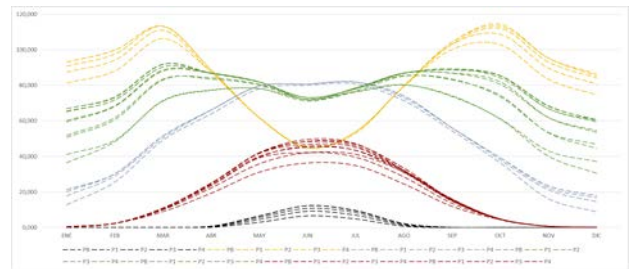


	CENTRO				LATERAL			
	1859%	1891%	1932%	1976%	1859%	1891%	1932%	1976%
PB	30,7	29,5	16,4	8,8	33,2	29,2	12,9	10,8
P1	36,4	34,4	33,5	23,7	37,9	32,9	26,2	22,6
P2	41,8	38,5	36,2	26,4	42,3	38,3	28,6	25,6
P3	47,2	43	39,1	29,4	47,3	42,3	31,4	28
P4		47,4	42,1	32,7		45,8	34,6	30,8
P5			45,2	36,2			38,8	34
P6			48,6	40			46,2	40
P7				44,7				40,3
P8				48,3				45,9

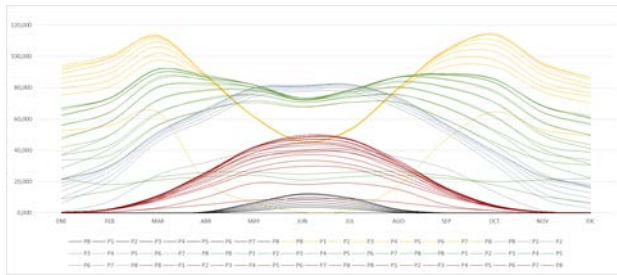


Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1891.

kWh/m² mensual



1891		EXTERIOR											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
N	PB	0,000	0,000	0,000	0,124	2,981	6,632	4,870	0,687	0,000	0,000	0,000	0,000
	P1	0,000	0,000	0,000	0,321	4,528	9,136	6,961	1,290	0,001	0,000	0,000	0,000
	P2	0,000	0,000	0,000	0,526	5,661	10,864	8,436	1,809	0,008	0,000	0,000	0,000
	P3	0,000	0,000	0,000	0,679	6,379	12,332	9,364	2,157	0,019	0,000	0,000	0,000
	P4	0,000	0,000	0,000	0,717	6,553	12,332	9,585	2,241	0,022	0,000	0,000	0,000
S	PB	81,372	88,097	106,254	87,424	61,870	45,057	53,127	79,354	100,202	102,892	83,389	74,647
	P1	87,444	94,170	110,987	87,444	61,659	44,843	53,812	79,596	103,139	108,744	89,686	80,717
	P2	90,807	97,534	113,229	88,565	61,659	44,843	53,812	79,596	103,139	112,108	93,049	84,081
	P3	93,049	99,776	113,229	88,565	61,659	44,843	53,812	79,596	104,260	113,229	95,291	85,202
	P4	93,049	99,776	113,229	88,565	61,659	44,843	53,812	79,596	104,260	114,350	95,291	86,323
EO	PB	12,777	25,555	49,092	63,887	78,009	80,027	80,699	71,284	54,472	36,315	16,140	8,742
	P1	17,937	29,148	50,448	66,143	79,596	80,717	81,839	72,870	56,054	38,117	21,300	14,574
	P2	20,179	30,269	51,570	66,143	79,596	80,717	81,839	73,991	56,054	39,238	22,422	16,816
	P3	21,300	30,269	51,570	66,143	79,596	80,717	81,839	73,991	56,054	39,238	23,543	17,937
	P4	21,300	30,269	51,570	66,143	79,596	80,717	81,839	73,991	56,054	39,238	23,543	17,937
SO-SE 1	PB	41,123	49,147	71,214	77,232	78,235	71,214	76,229	80,241	74,223	61,184	43,129	37,111
	P1	51,839	61,873	83,612	83,612	80,268	71,906	76,923	85,284	83,612	73,579	53,512	46,823
	P2	60,201	68,562	88,629	86,957	81,940	71,906	78,595	86,957	86,957	81,940	61,873	53,512
	P3	65,217	71,906	90,301	86,957	81,940	71,906	78,595	86,957	88,629	85,284	66,890	60,201
	P4	66,890	73,579	91,973	86,957	81,940	71,906	78,595	86,957	88,629	85,284	68,562	60,201
SO-SE 2	PB	36,431	48,327	71,375	77,323	78,067	72,119	76,580	80,297	73,606	60,967	40,149	30,483
	P1	50,805	60,719	83,024	84,263	80,545	73,110	78,067	85,502	83,024	74,349	53,284	44,610
	P2	59,480	68,154	87,980	86,741	81,784	73,110	78,067	86,741	86,741	80,545	61,958	54,523
	P3	65,675	71,871	90,458	86,741	81,784	73,110	78,067	86,741	89,219	84,263	66,914	59,480
	P4	66,914	73,110	91,698	86,741	81,784	73,110	78,067	86,741	89,219	85,502	68,154	60,719
NO-NE 1	PB	0,377	2,165	10,030	24,072	39,117	42,126	41,123	31,093	15,045	4,324	0,684	0,132
	P1	0,398	2,375	10,758	25,084	40,134	45,151	43,478	31,773	15,385	4,712	0,724	0,139
	P2	0,406	2,455	10,982	25,084	41,806	46,823	45,151	31,773	15,615	4,853	0,746	0,140
	P3	0,408	2,482	11,045	25,084	41,806	48,495	46,823	33,445	15,676	4,896	0,753	0,140
	P4	0,410	2,485	11,054	25,084	41,806	48,495	46,823	33,445	15,686	4,901	0,753	0,140
NO-NE 2	PB	0,378	2,341	8,922	19,331	31,227	36,431	34,944	24,535	11,896	4,420	0,701	0,132
	P1	0,403	2,425	9,960	22,305	35,936	42,131	39,653	28,501	13,631	4,644	0,741	0,139
	P2	0,408	2,463	10,603	23,544	39,653	45,849	43,371	30,979	14,870	4,796	0,751	0,016
	P3	0,409	2,481	10,971	24,783	42,131	48,327	45,849	32,218	16,109	4,884	0,752	0,140
	P4	0,409	2,486	11,053	24,783	42,131	49,566	47,088	32,218	16,109	4,902	0,753	0,140

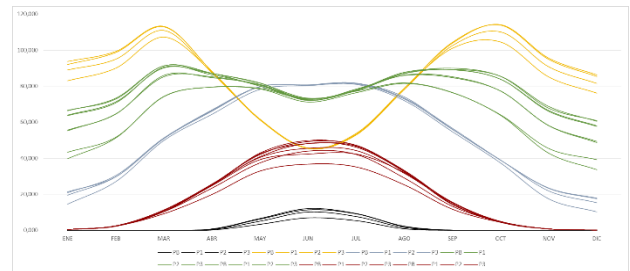


Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1976.

kWh/m² mensual

Radiación en la fachada exterior con la ordenanza de 1859.

kWh/m² mensual

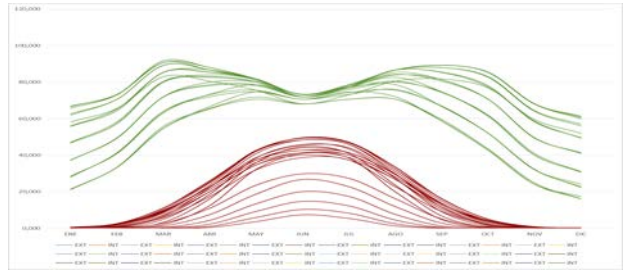


1859		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	EXTERIOR
N	PB	0,000	0,000	0,000	0,161	3,318	6,920	5,332	0,811	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	P1	0,000	0,000	0,000	0,410	5,051	10,169	7,646	1,525	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
	P2	0,000	0,000	0,000	0,639	6,207	11,385	9,133	2,071	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000
	P3	0,000	0,000	0,000	0,715	6,543	12,059	9,276	2,236	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000
S	PB	83,000	89,965	107,266	87,889	61,592	45,675	53,287	78,893	101,038	104,498	85,121	76,125	76,125
	P1	88,980	94,958	110,924	87,395	61,345	45,378	52,941	78,151	102,521	110,084	90,756	81,513	81,513
	P2	92,030	98,672	112,903	88,235	61,670	45,541	53,131	78,748	104,364	113,852	94,877	85,389	85,389
	P3	93,690	99,258	113,173	88,126	61,224	45,455	53,803	78,850	103,896	114,100	95,547	86,271	86,271
EO	PB	14,530	26,990	49,827	64,360	78,201	80,277	80,969	71,972	54,671	37,370	17,439	10,255	10,255
	P1	19,490	29,661	50,847	66,102	79,661	80,508	81,356	72,881	55,932	38,983	21,839	15,316	15,316
	P2	20,870	30,361	51,233	66,414	79,696	80,645	81,594	74,004	55,977	38,899	23,283	17,500	17,500
	P3	21,330	29,685	51,020	66,790	79,777	80,705	81,633	73,284	56,586	38,961	23,460	17,829	17,829
SO-SE 1	PB	43,340	51,600	74,303	79,463	78,431	71,207	76,367	81,527	76,367	64,079	45,408	39,216	39,216
	P1	55,620	64,475	85,967	84,703	80,910	72,061	78,382	85,967	84,703	77,324	58,154	49,305	49,305
	P2	63,650	70,721	90,523	86,280	80,622	72,136	77,793	87,694	89,109	83,836	66,478	57,992	57,992
	P3	66,390	73,306	91,286	87,137	81,604	73,306	77,455	87,137	89,903	85,411	67,773	60,858	60,858
SO-SE 2	PB	39,750	51,223	74,159	79,511	78,746	72,630	77,217	81,804	76,453	63,801	42,813	33,639	33,639
	P1	55,240	64,607	85,206	85,206	80,524	73,034	77,715	86,142	85,206	77,297	58,052	48,689	48,689
	P2	63,940	71,279	90,147	87,002	81,761	72,327	77,568	87,002	89,099	83,836	66,038	57,652	57,652
	P3	66,600	72,821	91,282	87,179	80,000	72,821	77,949	87,179	89,231	85,465	68,718	60,513	60,513
NO-NE 1	PB	0,380	2,214	10,294	24,768	39,216	42,312	42,312	31,992	14,448	4,424	0,696	0,132	0,132
	P1	0,400	2,416	10,951	25,284	40,455	45,512	44,248	31,606	15,171	4,783	0,736	0,139	0,139
	P2	0,408	2,475	11,024	25,460	42,433	48,091	46,676	32,532	15,559	4,884	0,750	0,140	0,140
	P3	0,409	2,484	11,046	24,896	42,877	49,793	47,026	33,195	15,214	4,898	0,752	0,140	0,140
NO-NE 2	PB	0,386	2,359	9,174	19,878	32,875	36,697	35,168	25,229	11,674	4,458	0,713	0,133	0,133
	P1	0,405	2,439	10,290	23,386	37,418	43,966	42,095	28,999	13,302	4,705	0,745	0,138	0,138
	P2	0,408	2,473	10,482	25,157	40,881	48,218	46,122	32,495	14,277	4,861	0,752	0,139	0,139
	P3	0,409	2,485	11,282	25,641	42,051	49,231	47,179	32,821	14,554	4,901	0,753	0,141	0,141

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24

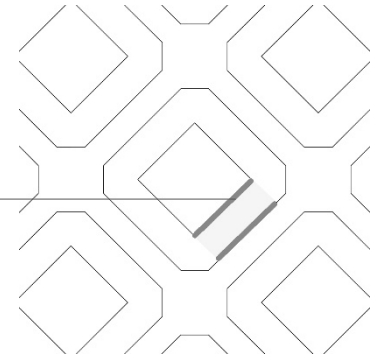
Radiación en la fachada SE-SO exterior y NE-NO interior.

kWh/m² mensual



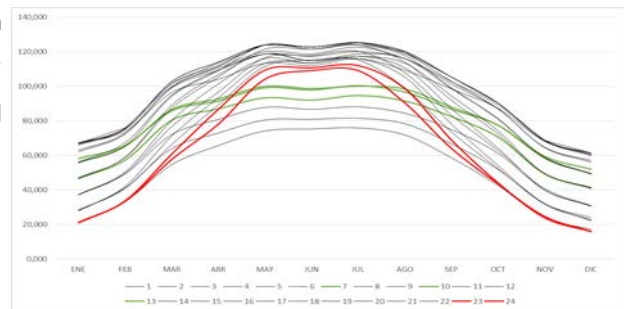
		SE-SO CARRER											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	EXT	66,667	73,333	90,667	88,000	81,333	73,333	78,667	86,667	89,333	85,333	68,000	61,333
	INT	0,259	1,871	9,228	22,667	38,667	45,333	44,000	29,333	13,333	3,867	0,509	0,077
2	EXT	66,914	73,110	91,698	87,980	81,784	73,110	78,067	86,741	89,219	85,502	68,154	60,719
	INT	0,408	2,487	11,071	26,022	42,131	49,566	47,088	33,457	16,109	4,908	0,752	0,138
3	EXT	66,667	73,333	90,667	88,000	81,333	73,333	78,667	86,667	89,333	85,333	68,000	61,333
	INT	0,411	2,489	11,065	25,333	42,667	49,333	46,667	33,333	16,000	4,908	0,755	0,140
4	EXT	66,667	73,333	90,667	86,667	81,333	73,333	78,667	86,667	89,333	85,333	68,000	60,000
	INT	0,041	0,771	5,736	17,333	32,000	38,667	37,333	22,667	9,131	1,933	0,121	0,005
5	EXT	65,675	73,110	91,698	87,980	81,784	73,110	78,067	86,741	89,219	85,502	68,154	60,719
	INT	0,323	2,349	10,927	26,022	42,131	49,566	47,088	32,218	16,109	4,747	0,649	0,089
6	EXT	66,667	73,333	90,667	86,667	81,333	73,333	78,667	86,667	89,333	85,333	68,000	60,000
	INT	0,403	2,480	11,056	25,333	42,667	49,333	46,667	33,333	16,000	4,897	0,747	0,135
7	EXT	58,240	65,675	83,024	80,545	75,589	68,154	73,110	80,545	81,784	76,828	59,480	52,045
	INT	0,001	0,166	2,729	10,937	23,544	29,740	27,261	16,109	5,004	0,621	0,007	0,000
8	EXT	61,958	70,632	89,219	86,741	81,784	73,110	78,067	86,741	87,980	83,024	64,436	57,001
	INT	0,141	1,834	10,206	24,783	42,131	49,566	47,088	32,218	14,870	4,069	0,367	0,017
9	EXT	62,667	70,667	89,333	86,667	81,333	73,333	78,667	86,667	88,000	82,667	64,000	56,000
	INT	0,328	2,289	9,711	22,667	37,333	44,000	41,333	29,333	13,333	4,248	0,597	0,083
10	EXT	56,000	65,333	85,333	85,333	81,333	72,000	77,333	86,667	85,333	77,333	58,667	49,333
	INT	0,000	0,013	1,183	7,404	18,667	26,667	22,667	11,756	2,695	0,136	0,000	0,000
11	EXT	55,762	64,436	85,502	85,502	81,784	73,110	78,067	86,741	85,502	78,067	58,240	49,566
	INT	0,032	1,114	8,705	23,544	42,131	48,327	45,849	30,979	13,631	2,941	0,129	0,000
12	EXT	56,000	65,333	85,333	86,667	81,333	72,000	77,333	86,667	85,333	77,333	58,667	49,333
	INT	0,209	2,061	9,464	22,667	37,333	42,667	41,333	29,333	13,333	3,984	0,447	0,027
13	EXT	46,667	57,333	80,000	82,667	80,000	72,000	77,333	84,000	81,333	70,667	49,333	41,333
	INT	0,000	0,000	0,371	4,255	13,333	20,000	17,333	7,511	1,156	0,015	0,000	0,000
14	EXT	47,088	58,240	80,545	83,024	80,545	73,110	78,067	84,263	80,545	70,632	49,566	40,892
	INT	0,004	0,543	6,765	22,305	40,892	48,327	45,849	29,740	11,367	1,817	0,029	0,000
15	EXT	46,667	57,333	80,000	84,000	81,333	72,000	77,333	85,333	81,333	70,667	49,333	41,333
	INT	0,091	1,688	8,960	22,667	37,333	42,667	40,000	28,000	13,192	3,515	0,260	0,003
16	EXT	37,333	49,333	72,000	78,667	78,667	72,000	76,000	80,000	74,667	61,333	40,000	30,667
	INT	0,000	0,000	0,073	2,164	9,160	14,667	12,164	4,400	0,380	0,000	0,000	0,000
17	EXT	37,175	49,566	71,871	78,067	78,067	71,871	76,828	80,545	74,349	61,958	40,892	30,979
	INT	0,000	0,213	4,820	18,587	38,414	45,849	43,371	27,261	8,955	0,979	0,002	0,000
18	EXT	37,333	49,333	72,000	80,000	80,000	72,000	77,333	82,667	74,667	61,333	40,000	30,667
	INT	0,025	1,235	8,188	21,333	36,000	41,333	40,000	28,000	12,469	2,885	0,113	0,000
19	EXT	28,000	41,333	64,000	72,000	74,667	70,667	73,333	76,000	66,667	52,000	32,000	24,000
	INT	0,000	0,000	0,007	0,972	5,832	10,236	8,163	2,376	0,092	0,000	0,000	0,000
20	EXT	28,501	40,892	63,197	73,110	75,589	70,632	74,349	75,589	66,914	52,045	32,218	22,305
	INT	0,000	0,059	3,173	16,109	35,936	44,610	40,892	23,544	6,638	0,455	0,000	0,000
21	EXT	28,000	41,333	64,000	73,333	78,667	72,000	77,333	78,667	66,667	52,000	32,000	22,667
	INT	0,004	0,800	7,215	20,000	34,667	41,333	38,667	26,667	11,496	2,196	0,035	0,000
22	EXT	21,333	33,333	54,667	65,333	70,667	68,000	70,667	70,667	58,667	42,667	24,000	17,333
	INT	0,000	0,000	0,000	0,388	3,565	7,309	5,292	1,204	0,016	0,000	0,000	0,000
23	EXT	21,066	33,457	55,762	65,675	71,871	68,154	70,632	70,632	59,480	43,371	24,783	16,109
	INT	0,000	0,010	1,941	12,392	32,218	40,892	38,414	19,827	4,648	0,181	0,000	0,000
24	EXT	21,333	33,333	54,667	66,667	74,667	70,667	74,667	72,000	58,667	42,667	24,000	16,000
	INT	0,000	0,452	6,113	20,000	34,667	40,000	37,333	26,667	10,300	1,543	0,005	0,000

noroeste interior
sureste exterior

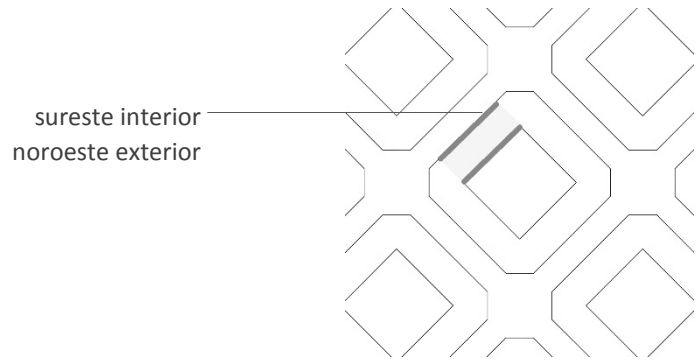


Radiación en 24 posiciones con
fachada SE-SO exterior.

kWh/m² mensual

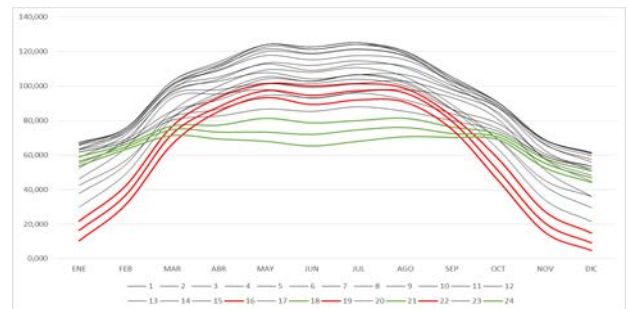


	SE-SO CARRER											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	66,925	75,204	99,895	110,667	120,000	118,667	122,667	116,000	102,667	89,200	68,509	61,411
2	67,322	75,597	102,768	114,002	123,916	122,677	125,155	120,198	105,328	90,410	68,906	60,856
3	67,077	75,823	101,732	113,333	124,000	122,667	125,333	120,000	105,333	90,241	68,755	61,473
4	66,708	74,104	96,403	104,000	113,333	112,000	116,000	109,333	98,464	87,267	68,121	60,005
5	65,999	75,460	102,625	114,002	123,916	122,677	125,155	118,959	105,328	90,249	68,803	60,808
6	67,069	75,813	101,723	112,000	124,000	122,667	125,333	120,000	105,333	90,231	68,747	60,135
7	58,242	65,841	85,752	91,482	99,133	97,893	100,372	96,654	86,788	77,449	59,487	52,045
8	62,099	72,466	99,425	111,524	123,916	122,677	125,155	118,959	102,850	87,093	64,803	57,019
9	62,995	72,956	99,044	109,333	118,667	117,333	120,000	116,000	101,333	86,915	64,597	56,083
10	56,000	65,347	86,516	92,737	100,000	98,667	100,000	98,423	88,028	77,469	58,667	49,333
11	55,794	65,550	94,207	109,046	123,916	121,437	123,916	117,720	99,133	81,007	58,369	49,566
12	56,209	67,395	94,797	109,333	118,667	114,667	118,667	116,000	98,667	81,317	59,113	49,360
13	46,667	57,333	80,371	86,921	93,333	92,000	94,667	91,511	82,489	70,681	49,333	41,333
14	47,092	58,783	87,310	105,328	121,437	121,437	123,916	114,002	91,912	72,449	49,595	40,892
15	46,757	59,021	88,960	106,667	118,667	114,667	117,333	113,333	94,525	74,181	49,593	41,336
16	37,333	49,333	72,073	80,831	87,827	86,667	88,164	84,400	75,047	61,333	40,000	30,667
17	37,175	49,779	76,691	96,654	116,481	117,720	120,198	107,807	83,305	62,937	40,895	30,979
18	37,359	50,568	80,188	101,333	116,000	113,333	117,333	110,667	87,136	64,219	40,113	30,667
19	28,000	41,333	64,007	72,972	80,499	80,903	81,496	78,376	66,759	52,000	32,000	24,000
20	28,501	40,952	66,371	89,219	111,524	115,242	115,242	99,133	73,553	52,499	32,218	22,305
21	28,004	42,133	71,215	93,333	113,333	113,333	116,000	105,333	78,163	54,196	32,035	22,667
22	21,333	33,333	54,667	65,721	74,232	75,309	75,959	71,871	58,683	42,667	24,000	17,333
23	21,066	33,467	57,703	78,067	104,089	109,046	109,046	90,458	64,128	43,551	24,783	16,109
24	21,333	33,785	60,780	86,667	109,333	110,667	112,000	98,667	68,967	44,209	24,005	16,000



Radiación en 24 posiciones con fachada SE-SO interior.

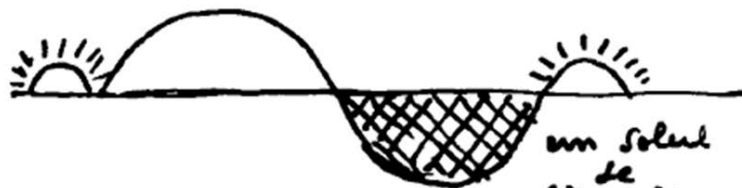
kWh/m² mensual



	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	SE-SO INTERIOR											
1	63,077	73,156	100,399	112,000	124,000	121,333	124,000	120,000	104,000	87,575	66,088	57,473
2	67,325	75,602	102,771	114,002	123,916	122,677	125,155	120,198	105,328	90,414	68,910	60,860
3	67,077	74,489	100,399	109,333	120,000	118,667	121,333	117,333	102,667	88,908	68,755	61,473
4	55,077	67,821	97,725	110,667	122,667	121,333	124,000	118,667	101,333	83,572	58,088	48,140
5	67,325	75,600	102,751	112,763	123,916	122,677	125,155	118,959	105,328	90,409	68,908	60,859
6	65,744	73,155	96,377	104,000	113,333	112,000	114,667	110,667	98,667	87,569	68,755	61,473
7	42,512	56,827	82,083	94,176	104,089	102,850	106,568	101,611	86,741	68,984	45,309	36,066
8	66,084	75,591	101,270	111,524	121,437	118,959	121,437	117,720	104,089	90,362	68,907	60,859
9	63,076	69,131	85,457	92,000	101,333	101,333	104,000	100,000	86,667	78,163	60,755	53,473
10	37,736	54,443	85,493	100,000	109,333	108,000	110,667	105,333	89,333	68,833	42,075	29,473
11	66,081	75,565	100,791	109,046	117,720	115,242	117,720	115,242	102,850	90,261	67,659	59,620
12	61,741	67,744	82,267	86,667	94,667	93,333	96,000	92,000	84,000	75,331	59,415	53,473
13	29,729	49,024	81,161	96,000	105,333	102,667	106,667	102,667	86,667	63,360	34,048	21,469
14	63,595	74,264	98,949	105,328	112,763	109,046	112,763	111,524	100,372	88,856	66,405	55,898
15	61,733	67,644	80,267	82,667	86,667	85,333	88,000	85,333	80,000	73,751	59,405	52,136
16	21,717	42,225	76,697	93,333	101,333	100,000	101,333	98,667	82,667	57,799	27,359	14,799
17	58,625	71,674	97,027	102,850	107,807	104,089	106,568	106,568	97,872	87,358	62,656	50,938
18	59,051	66,215	76,856	77,333	81,333	78,667	80,000	81,333	76,276	72,164	58,035	50,799
19	16,349	36,764	72,191	88,000	97,333	94,667	97,333	96,000	79,707	50,879	20,647	9,076
20	52,394	69,068	95,072	97,893	101,611	99,133	101,611	102,850	95,539	84,626	57,651	44,742
21	56,360	64,695	74,788	73,333	73,333	72,000	74,667	76,000	72,535	70,469	55,333	46,799
22	10,303	31,223	66,335	85,333	93,333	89,333	92,000	90,667	75,007	45,208	15,252	4,692
23	46,191	63,957	93,069	95,415	97,893	92,937	96,654	97,893	93,321	80,601	51,399	36,067
24	53,677	63,287	71,351	69,333	68,000	65,333	68,000	70,667	70,205	68,897	52,629	44,132

Les 24 heures Solaires

un soleil
de
levé



un soleil
de
côté à
nouveau

Si la totalité des conditions
nécessaires et suffisantes n'est
pas acquise, il y a déséquilibre,
insuffisance — malheur chaque
jour et... toute la vie!

Le Corbousier