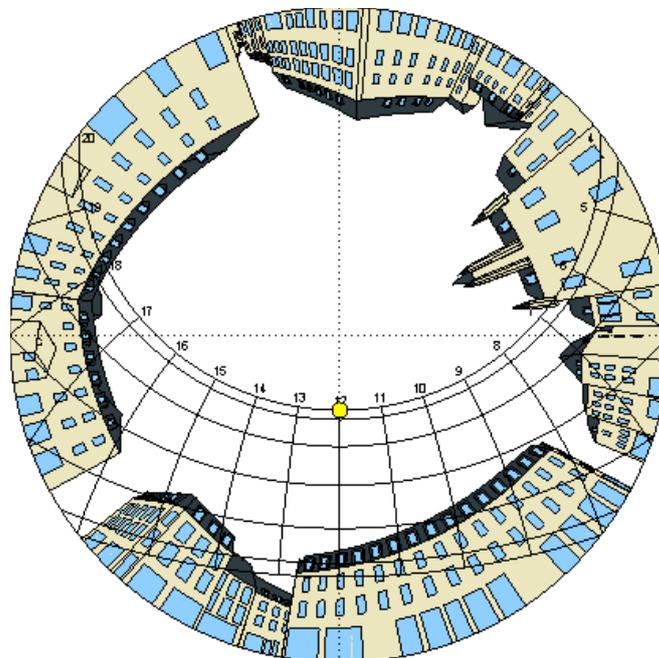


Tesina: Impacto Solar en la Escala Urbana.

Master IDERA: Arquitectura y Medio Ambiente, Integración de las Energías Renovables en la Arquitectura. 2008-2010

Denisse Lecea Salinas- Universitat Politecnica de Catalunya-ETSAB



TUTOR:

D. Benoit Beckers – Université de Technologie de Compiègne-GSU

“Croyez ceux qui cherchent la vérité, doutez de ceux qui la trouvent”
André Gide

Agradecimientos:

Un especial agradecimiento a mi tutor de tesina *D. Benoit Beckers* por su disposición, atención y apoyo para trazar los objetivos de este trabajo. A todo el equipo de AVENUES de la UTC en Francia por su colaboración.

Un profundo agradecimiento a mis padres quienes son siempre el principal impulso y apoyo para desarrollar cada proyecto imaginado.

Septiembre 2010.

ELABORACIÓN DE UN MÉTODO PARA EVALUACION DEL IMPACTO SOLAR EN EL CONTEXTO URBANO: APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE COMPIÈGNE, FRANCIA.

INDICE

1. RESUMEN
2. INTRODUCCIÓN: DE LA ESCALA ARQUITECTONICA HACIA LA ESCALA URBANA.
 - 2.1. Antecedentes/Panorama actual.
 - 2.2. Objetivos.
 - 2.3. Metodología de investigación.
 - 2.4. Palabras clave.
3. ENERGÍA SOLAR EN LA CIUDAD.
 - 3.1. Energía solar.
 - 3.2. Potencial Solar Urbano
 - 3.3. Los parámetros.
 - 3.4. Normativa.
4. MÉTODO PARA ESTUDIAR EL IMPACTO SOLAR URBANO.
 - 4.1. Desarrollo del modelo.
 - 4.2. Descripción del modelo.
 - 4.3. Descripción del método de estudio.
5. ANÁLISIS DEL IMPACTO SOLAR DE UNA NUEVA CONSTRUCCIÓN SOBRE SU ENTORNO URBANO.
 - 5.1. Estudio de tipología de techos en contexto urbano de Compiègne, Francia.
 - 5.2. Estudio de modelo urbano simplificado.
 - 5.3. Estudio de modelo urbano Compiègne, Francia.
6. CONCLUSIONES.
7. ANEXOS.
8. BIBLIOGRAFÍA.

1. RESUMEN

El estudio de impacto solar de una nueva construcción sobre su entorno, surge a partir de la reflexión global de la situación energética del sector residencial y terciario; responsable de más del 43% del consumo de energía final. Un planteamiento que pretende articular la eficiencia energética desde la escala arquitectónica hasta la escala urbana enfocándose particularmente en la energía solar.

Esta tesina comienza con un análisis de la energía solar en la ciudad para localizar su potencial urbano. Se desarrolla un modelo 3D del centro de la ciudad de Compiègne, Francia para posteriormente realizar simulaciones en el software de Heliodon2TM. Se define la forma de desarrollar el modelo 3D urbano para ser utilizado en este estudio. Se desarrolla un método de estudio que pretende evaluar el impacto solar dentro del contexto urbano. Para analizar como desarrollar este método de estudio se utiliza un segundo modelo 3D simplificado, a partir del cual se proponen unos parámetros e indicadores. Los cuales serán utilizados para realizar el método de estudio y producir evaluaciones entre unas tipologías de edificios propuestas que se integran dentro del contexto urbano. Se retoma el método de estudio definido por sus parámetros e indicadores correspondientes y se aplica a un contexto urbano dentro del modelo urbano de Compiègne.

Se definen los elementos urbanos importantes del cual debe consistir el modelo urbano 3D: techos, fachadas, ventanas, frontera y suelo. Estos elementos elaborados en una simplificación formal discriminando detalles de decoración que no son relevantes a la escala urbana. En el desarrollo del método de estudio se definen los parámetros importantes a utilizar para llevar a cabo los cálculos. Estos incluyen el flujo solar recibido en kWh/m², el asoleamiento recibido en horas y el factor de cielo. Considerando estos parámetros se proponen los indicadores siguientes, bajo los cuales se hacen los cálculos para evaluar el impacto solar.

Indicador número uno: Flujo de radiación solar durante el periodo anual en techos. (kWh/m²). Indicador número dos: Flujo de Radiación solar durante el invierno en fachadas orientadas a sur. (kWh/m²). Indicador número tres: Asoleamiento en el suelo durante el invierno. (horas) Indicador número cuatro: Factor de cielo en ventanas. (%).

A partir de estos cuatro indicadores y sus parámetros correspondientes se pueden realizar cálculos específicos y sencillos que resultan en un análisis de impacto solar de una nueva construcción sobre su contexto urbano. Al final será el usuario quien tenga que priorizar para cada caso específico bajo que criterios tendrá que evaluar cada tipología de edificio propuesta. A continuación se proponen unos criterios de evaluación que podrían surgir a partir de este estudio.

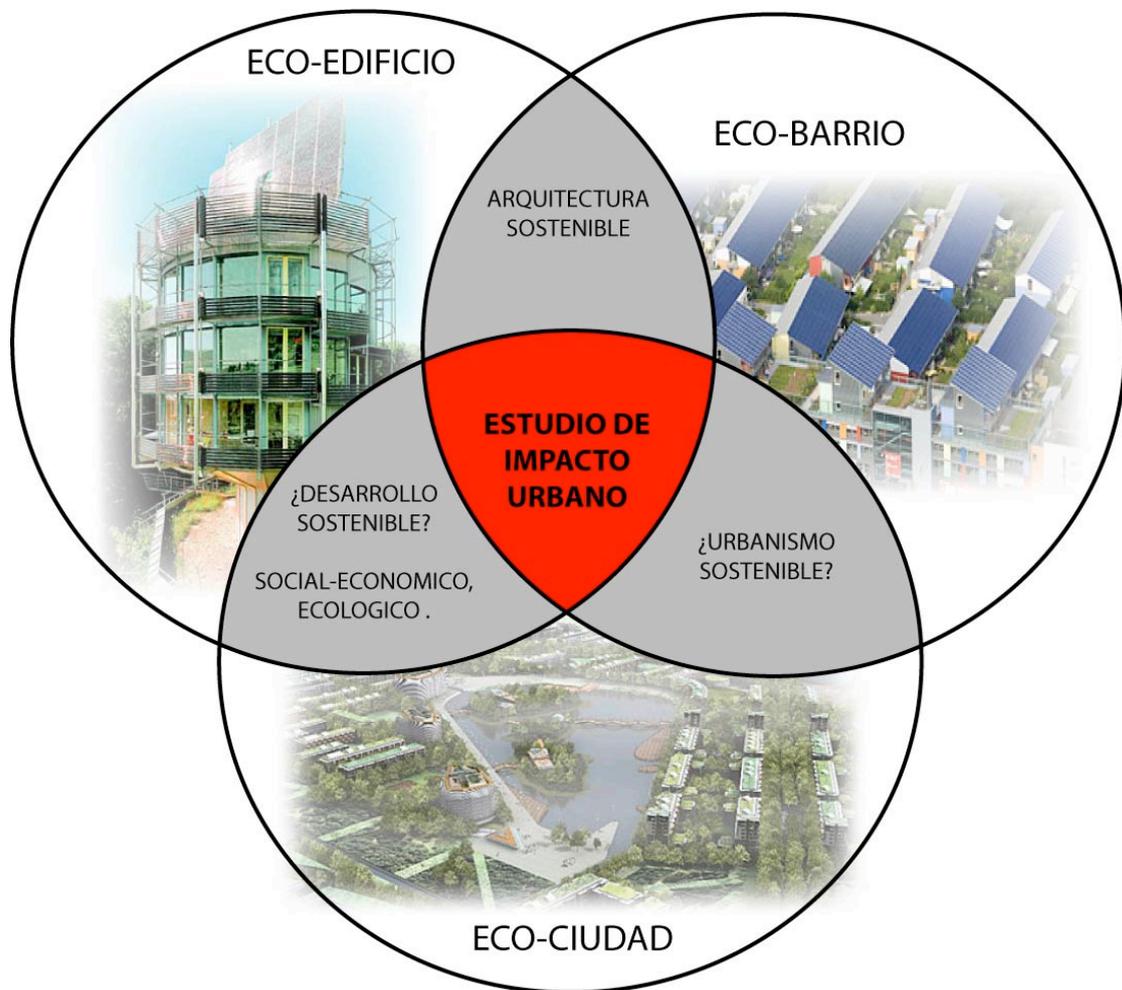
Si se busca el mayor potencial de energía solar en los techos de una ciudad, se deberá respetar la altura del contexto urbano, buscando siempre no producir máscaras importantes sobre el límite de la altura existente. Sin embargo, el criterio de orientación puede variar según el caso y es importante de evaluar para cada proyecto en particular.

En la protección de los aportes térmicos a las fachadas de un contexto urbano, el criterio a seguir es en relación a la longitud horizontal en eje este-oeste del contexto urbano. Entre menor sea la longitud horizontal en este eje, menos máscaras producirá hacia el norte influyendo menos a las fachadas del contexto urbano orientadas al sur. Para este escenario también será importante estudiar la orientación del edificio dentro de cada contexto.

Cuando se quiere beneficiar el espacio urbano exterior, el criterio mira hacia las máscaras existentes del contexto urbano. Lo ideal será cuidar en que el nuevo edificio sume el menor área posible de las máscaras ya existentes. Esto se puede lograr cuando se proyecta para arrojar las mismas máscaras ya existentes o muy cercanas a estas.

En relación al factor de cielo, aunque es un poco más complejo, al final aporta importante información para este estudio de impacto. Este criterio queda más variable para cada contexto urbano en particular. Sin embargo, el usuario tendrá que priorizar según el interés que se quiera lograr como impacto dentro del contexto urbano. Ya sea enfocarse en controlar el mayor número de ventanas que no sean afectadas por su factor correspondiente de cielo, o bien el menor número de ventanas que puedan ser afectadas en relación al mayor valor de diferencia. Otra visión más general podría ser en afectar por equidad a todo el contexto urbano en valores medios de pérdidas en factor de cielo.

2. INTRODUCCIÓN



2.1 Acercamiento de los antecedentes al panorama actual.

“Wir haben die historische chance zu einer energieversoigung ohne reitere klimaschäden.”
Hermann Scheer.

“Tenemos una oportunidad histórica de un continuo suministro de energía sin mas daños al medio ambiente.”¹ La energía solar es la fuente de energía mas abundante y permanente que obtenemos en la Tierra. En un año la cantidad de energía solar que recibe la superficie terrestre es unas 10,000 veces

¹ Frase de Herman Scheer, Presidente de Eurosolar.

mayor que cualquier otro tipo de energía utilizada . Es una energía limpia con un alto potencial térmico, lumínico y responsable de hacer funcionar a otras energías renovables. Existen diversas tecnologías creadas para aprovechar esta energía en diferentes campos. Su protagonismo dentro de la arquitectura y el urbanismo prevalece desde culturas muy antiguas que aprovechaban esta energía de manera pasiva para sus asentamientos urbanos y construcciones.

En la actualidad existe un alto nivel de consciencia y preocupación por el tema del cambio climático. Una realidad global que vivimos y que responsabiliza a todo aquel que interactúa con el medio ambiente. El rol del sector económico de la construcción y los edificios es muy importante por su grande participación en el consumo de energías y emisiones de CO₂. Este sector es responsable sobre un 40% en el consumo energético final y genera cerca de un 35% de las emisiones de CO₂, en la mayoría de los países del mundo.² Las áreas urbanas suman cerca de la mitad de la población en el mundo y cada vez son mas densificadas y menos sostenibles.

No es una coincidencia la importante participación de la eficiencia energética en la profesión de la arquitectura y la construcción. Desde comienzos del siglo XX diferentes países se interesaron por alternas fuentes de energía. En 1938 Estados Unidos a través del Instituto de Tecnología de Massachusets desarrolla investigaciones de energía solar renovable para los edificios.³ Europa, Israel, Japón, Rusia y otros países también comenzaron a desarrollar tecnología solar en consecuencia de la II Guerra Mundial. En 1973 con la crisis del petróleo, países como Francia se encuentran ante la necesidad de fuentes de energía alternas a los hidrocarburos. La energía nuclear se convierte un una segunda opción prometedora para estos países. Aunque el interés por desarrollar nuevas fuentes de energía y el conocimiento del potencial de las energías renovables comienza desde principios del siglo XX, es hasta finales de siglo que se convierte en una preocupación mundial. A partir del protocolo de Kyoto en 1997 la situación del cambio climático se convierte en una responsabilidad global.

Los edificios y la construcción tienen un protagonismo en el consumo energético y emisiones de CO₂. Es un sector necesario a corregir en todos los países para influir en el cambio climático. Existen dos áreas importantes a influir; la construcción existente y la nueva construcción. Las intervenciones se realizan a diferentes escalas; la escala arquitectónica, la escala barrial y la escala urbana. Para el área de la nueva construcción existen grandes aportaciones a los tres niveles de escala. Para la escala arquitectónica conocemos los diferentes términos para el edificio: verde, ecológico, sostenible, bioclimática, autosuficiente, energético, pasivo, zen, entre otros. Son muchas las terminologías, lo importante es que al final el objetivo es conseguir un ahorro energético, reducción en las emisiones de CO₂, generar energías limpias, y obtener sostenibilidad en el edificio desde su ejecución y a través de todo su ciclo de vida. Arquitectura que logra iluminación natural, ventilación pasiva, reutilización de aguas, fachadas y techos verdes, integración de paneles

² Olivier, David. Les économies d'énergie dans l'habitat existant. Ed. Mines Paris. Pag. 17

³ Yañez, Guillermo. Arquitectura Solar e Iluminación Natural. Ed. Munillalieria. Pag.39

fotovoltaicos y térmicos, calefacción y refrigeración pasiva, sostenibilidad en su huella ecológica y ciclo de vida. Una nueva arquitectura profundamente controlada con diferentes estrategias para lograr una eficiencia energética máxima. Diversos ejemplos a través del mundo pueden comprobar la posibilidad de obtener estos resultados. Los diferentes sistemas de evaluación y calificación ecológica de los edificios son los responsables de impulsar y calificar estos proyectos ; LEED, BREEAM, MINERGIE, BEPOS, BBC, CMES, GoBOMA, CASBEE, etc.

Para la escala del barrio también se han logrado interesantes ejemplos, propuestas de nuevos eco-barrios o barrios verdes. Utilizando los mismos principios se busca influir en un mayor número de edificios integrándolos en un pequeño barrio aislado de su entorno donde este núcleo es controlado para funcionar de una manera sostenible. Un barrio ejemplar bien conocido por estas estrategias es el que propuso el Arquitecto Rolf Disch en Alemania, "Am Schlierberg"⁴. A una escala mas grande aparecen proyectos de la ciudad ecológica, considerando los principios del urbanismo bioclimático o sostenible. Nace de la idea de crear una nueva ciudad ecológica y sostenible dentro de un área potencial escogida. Dando lugar a lo que conocemos por ciudades verdes, ecocity, Arcosanti, Zero Carbon City, urbanismo sostenible, entre otros. En la actualidad hay varios ejemplos en desarrollo que buscan grandes objetivos para lograr estrategias de urbanismo sostenible. El proyecto de la ciudad de Dongtan en China, Arcosanti en Arizona, Masdar en Abu Dhabi, Freiburg en Alemania, Curitiba en Brasil, son solo algunos por mencionar.

Considerando la vida útil de un edificio podríamos suponer que todos estos proyectos que se hacen en la actualidad y desde hace 10 o 20 años probablemente influirán en el cambio climático hasta dentro de unos 50 años o mas. La influencia que pueda aportar la nueva construcción es muy insignificante en relación a la construcción existente. Si la solución mas atractiva es corregir con la nueva construcción , deberíamos empezar con la demolición de ciudades enteras para reconstruirlas de una manera controlada. El área de la construcción existente, es un sector muy importante a corregir, si se quieren lograr los objetivos de reducción energética y emisiones de CO₂. Sin embargo es un sector en el que se interviene poco y muy lentamente, en comparación con la nueva construcción. En la escala arquitectónica, existen muchas investigaciones y realizaciones de rehabilitación del edificio para una eficiencia energética. Mientras que a la escala del barrio y la escala urbana las investigaciones y aportaciones son mas ambiguas y experimentales. Se interponen diversos factores mas complejos a solucionar.

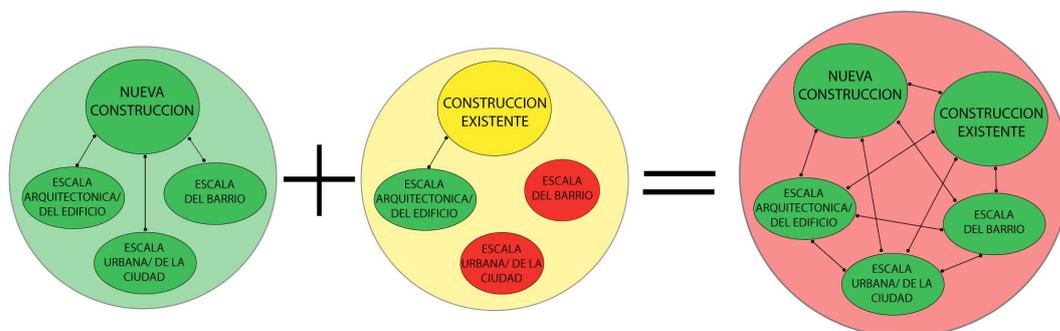
La realidad esta en que no podemos evadir que ya sea un edificio, dos, un conjunto que crea un eco-barrio o una nueva ciudad sostenible siempre existe un entorno urbano, una "frontera"⁵ que es afectada. En cualquier caso existe una

⁴ Torres Vincent. "Urbanismo Ecologico en Freiburg".
www.pensamientocritico.org

⁵ Frontera: delimitación urbana hipotética que representa el crecimiento de un tejido urbano.

urbanización que rodea o se acerca y que interactúa entre sí. Si la intervención energética se hace en la nueva edificación o en la existente siempre nos enfrentaremos con la realidad del contexto urbano. Surge la reflexión del tema de la eficiencia energética donde intervienen tanto las dos áreas de edificación en sus tres diferentes escalas. El análisis de la función energética desde la escala urbana, comprende la forma de interacción de la ciudad en términos energéticos. Con el objetivo de potenciar los recursos existentes pasivos y optimizar los activos.

Supongamos que cubrimos una ciudad con PFV con la correcta orientación en su máxima eficiencia. Esto podría resultar en un gran ahorro energético a nivel urbano en primera instancia. Sin embargo, intervienen más factores importantes para analizar. ¿Cuál resultado tendría sobre el microclima de la ciudad o la isla de calor resultante. ¿Cuál sería la solución para obtener la continuidad eléctrica dentro de la red de la ciudad. La regulación y protección de esta inversión económica, cuando existe movilidad constructiva en la ciudad.



Una reflexión desde una visión más general analiza la función energética en una ciudad desde la escala urbana. Buscando potenciar todo el esfuerzo e investigación disponible que busca crear ciudades más sostenibles, que generen menos daño al medio ambiente y con mejor calidad de vida. Los conocimientos en el presente sobre la eficiencia energética en el edificio son muy diversos. Dentro del área de la nueva construcción, existen muchos proyectos en todas las escalas que se están desarrollando. Mientras que en el área de la construcción existente permanece en un estado más experimental, ya que los desarrollos se hacen en la rehabilitación del edificio pero al cambiarse la escala al barrio y a la ciudad quedan aun muchos factores por analizar para poder corregir.

Es importante administrar y organizar estos conocimientos para que las decisiones que se tomen sean las correctas y las más funcionales. Las ciudades funcionan como organismos con una estructura celular que tiene una continua interacción entre materia y energía. Por esto es necesario llegar a una visión más dinámica de analizar el problema. Reflexionar sobre la articulación de este sector en todas sus áreas y escalas. Comprender como funciona un área urbana considerando la construcción existente y la futura construcción desde una visión general a la escala urbana hacia una visión más detallada hasta la evaluación del edificio. Podemos resumir que los edificios en conjunto forman los barrios y los barrios en conjunto forman una ciudad y el crecimiento de la ciudad crea una urbanización más grande y densa. Si uno sucede al otro y así consecutivamente

es imposible verlos por separado. Lo mismo sucede con la construcción nueva y la existente, no se puede hacer el análisis por separado porque siempre existirá una interacción entre ambos.

La solución está en articular todos estos factores entre sí para entender como están funcionando. Articular la construcción existente con la construcción nueva desde la escala del edificio hacia la del barrio hasta la escala de la ciudad. Las interacciones que resultan entre esta articulación entre materia y energía. Puntualmente desde el análisis de la energía solar, desarrollar un estudio de impacto que evalúe esta articulación entre la ciudad. Buscar proteger la construcción existente con potencial a ser rehabilitada energéticamente, cuando se integra la nueva construcción con eficiencia energética, considerando el entorno urbano influido que a su vez también goza de un potencial de energía solar.

Esta reflexión es la que propone la investigación a un estudio de impacto de energía solar a la escala urbana. La palabra urbana compromete a considerar la reglamentación existente que regula estos sectores para que puedan funcionar y coexistir. Por esto es necesario analizar lo que las leyes, reglamentos y códigos proponen dentro del ámbito energético en este sector. De forma paralela es importante evaluar dentro de este marco reglamentario que es posible de efectuar, hasta que nivel se protege, se limita y se impulsa para lograr una sostenibilidad urbana que funcione en la realidad. El rol en el que participa el marco regulatorio es importante para imponer los desarrollos de investigación al proyecto real de una forma ordenada y benéfica. Así bien, este estudio de impacto pretende también hacer una evaluación al marco regulatorio existente que administra la energía solar en la edificación y la ciudad.

2.2 Objetivos.

- Elaborar un método de estudio para evaluar el impacto solar en el contexto urbano para su futura aplicación en ciudades y casos reales.
- Encontrar los parámetros necesarios para modelizar la ciudad y desarrollar el estudio.
- Comprender las interacciones entre materia y energía dentro de una ciudad considerando la construcción existente y la futura construcción.
- Definir indicadores para la evaluación del impacto solar en el contexto urbano.
- Aplicar método de estudio en un caso para analizar y en un segundo caso real.
- Definir conclusiones que puedan utilizarse en futuros casos de estudio.

2.3 Metodología de trabajo.

Para desarrollar el método de estudio de impacto se inicia con la investigación sobre la energía solar y sus aportes existentes dentro de una ciudad. El análisis del comportamiento de energía solar a la escala urbana. La búsqueda de la participación de la energía solar y eficiencia energética dentro del marco regulatorio y reglamentario en Compiègne, correspondiente a la aplicación del estudio.

Desarrollo de un modelo urbano tipo, simplificado en el logiciél Heliodon II. Logiciél que trabaja con la radiación solar y la luz natural, permite estudiar los trayectos solares desde cualquier punto del globo y analizar la incidencia de la luz solar directa, así como la luz difusa del cielo, en cualquier edificio o zona urbana, teniendo en cuenta el enmascaramiento producido por otros edificios u obstáculos naturales. Un programa que es muy útil para los análisis de proyectos. Utilizando como herramientas de apoyo, Autocad, Sketchup, 3dsMax y Excel. Durante este desarrollo se define los factores necesarios e importantes para realizar el modelo urbano. Se buscan los parámetros e indicadores necesarios para hacer la evaluación del estudio de impacto en el contexto urbano. Se establece un método a seguir para estudiar el impacto solar dentro de dicho contexto urbano.

La siguiente parte comprende aplicar el estudio del modelo urbano tipo simplificado a tejidos urbanos de la ciudad de Compiègne, Francia. Desarrollando casos de estudio que permitan evaluar las comparaciones .

2.4 Palabras Clave.

Impacto Solar, Potencial Solar, Frontera, Parámetros, Derechos de Sol.

3. ENERGÍA SOLAR EN LA CIUDAD.

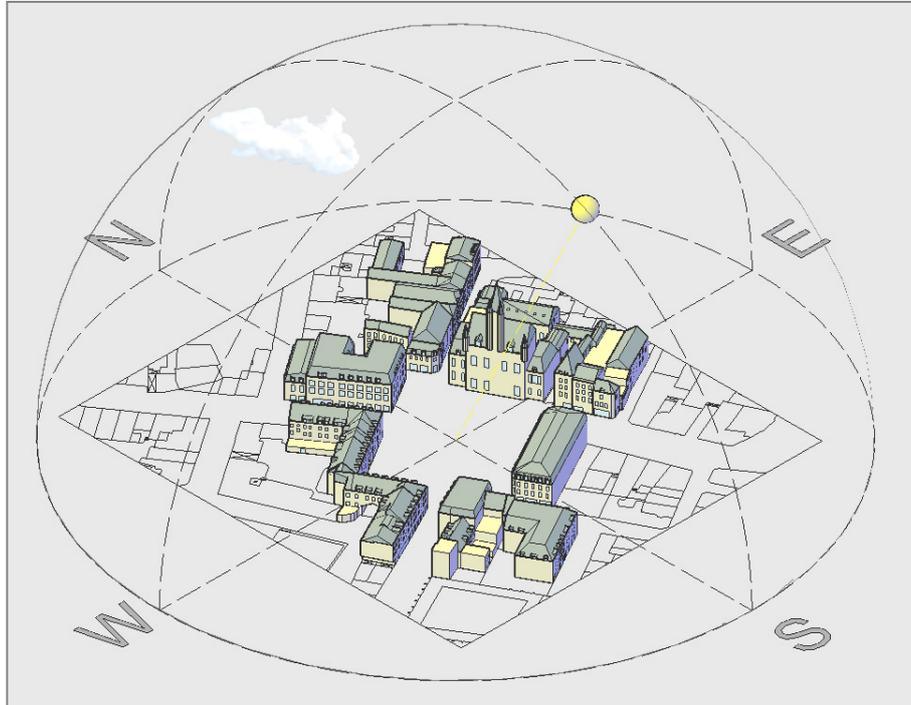


Fig.1 Boveda sobre tejido urbano de la ciudad de Compiègne, Francia. Elaborado por D. Rodriguez. Grupo Avenues. Workshop Seus Marzo 2010.

3.1 Energía solar.

“El Sol es la fuente de energía mas abundante y permanente que tiene la Tierra. La energía total que emite el Sol, en forma de ondas electromagnéticas, es del orden de 4×10^{23} kW, quedándole todavía combustible para unos cinco mil millones de años, según estimaciones basadas en la vida de las estrellas. De toda esta energía, la Tierra intercepta 1.7×10^{14} kW, siendo la irradiación solar recibida en la estratósfera, en un plan perpendicular a los rayos del Sol, de 1.373 W/m^2 .”⁶ La radiación solar se subdivide en tres franjas espectrales: radiación ultravioleta 6%, radiación visible 48% y radiación infrarroja 46%. La radiación global suma la radiación directa mas la difusa mas la reflejada. La posición inclinada de la tierra y su forma de girar elíptica alrededor del sol generan los solsticios de verano, invierno, y los equinoccios de otoño y primavera en los diferentes hemisferios terrestres.

⁶ Yañez, Guillermo. Arquitectura Solar e Iluminación Natural. Ed. Munillleria. Pag. 210

La energía solar nos aporta tres importantes componentes: térmico, lumínico y mascarar de sombras. A partir de estas tres componentes surgen diversos aportes benéficos para el edificio y la ciudad. Entre la radiación directa, difusa y reflejada, obtenemos calor, luz y sombras principalmente. Para la radiación directa son muy influyentes las obstrucciones. Para la radiación difusa es importante el albedo del suelo, siendo difusa es importante como potencial de iluminación natural principalmente. El calor sirve de una manera pasiva para controlar el confort térmico ambiental de la ciudad como también del edificio. De manera pasiva sirve para diferentes tecnologías activas destinadas al consumo energético del edificio. La luz sirve para la iluminación natural del ambiente, como del edificio también. Las sombras proporcionan un regulador de apoyo tanto para el factor térmico como el lumínico en el edificio y el ambiente urbano.

La energía acumulada en el medio ambiente y la incidida en la materia, principalmente: techos, ventanas, fachadas, suelos. Cuando es transmitida a un plano se desarrolla en 4 diferentes instancias: transmitancia, absorción, reflectancia y emitancia. Estas varias dependiendo su longitudes de onda.

3.2 Potencial Solar Urbano.

“The consideration of solar Rights in urban design is Essentials in order to allow passive heating of buildings in winter and to improve the comfort conditions of people in the street, sidewalks and open spaces. A design that doesn't consider the solar Rights of buildings and open spaces may cause uncomfortable conditions inside the buildings and outdoors.”⁷ La energía solar es una energía solar limpia de la cual se dispone gratuitamente. Tanto en su aspecto térmico como de iluminación natural, el sol tiene grandes aportaciones en el medio ambiente. Dentro de una ciudad si esta energía es bien utilizada se puede beneficiar tanto en la época de verano como de invierno. En un contexto urbano el potencial solar es muy grande, de aquí surge el termino derechos de sol. Termina el cual se refiere que dentro de un contexto urbano cada espacio tiene derecho a recibir su parte de sol correspondiente para gozar de sus aportes energéticos y ser utilizados pasivamente en la arquitectura.

Un contexto urbano conformado por sus elementos principales: suelos, fachadas, techos y ventanas reciben energía solar. Estos elementos son afectados bajo los diferentes comportamientos de irradiación, absorción, reflexión, transmisión y así comienzan a interactuar la energía recibida en el contexto. Al final la idea es de obtener las mayores ganancias térmicas durante el periodo de invierno y optimizar el mayor potencial de iluminación natural posible. Durante el verano también es interesante si se conoce como esta funcionando el sol como tratar las protecciones solares y manipular el ambiente para producir perdidas térmicas interesantes para esta época del año.

Otro aspecto en el cual el sol tiene grandes aportaciones es para el funcionamiento de diferentes tecnologías activas. Es necesario para la energía

⁷ Guedi Capeluto. Solar Rights in the Design of Urban Spaces. PLEA2006.Geneva, Switzerland. Sept.2006.

fotovoltaica, térmica, eólica, entre otras. La importancia de administrar bien la energía solar para gozar de todos sus beneficios para su uso urbano y arquitectónico.

3.3 Los Parámetros.

Los parámetros utilizados para llevar a cabo este estudio se definen a partir del flujo solar recibido, el asoleamiento en horas y el factor de cielo captado en un contexto urbano dado. Estos parámetros se calculan por medio del programa Heliodon 2TM. "Es un programa para el diseño interactivo con la radiación solar y la luz natural en los proyectos arquitectónicos y urbanos. Permite estudiar los trayectos solares desde cualquier punto del globo y analizar la incidencia de la luz solar directa, así como de la luz difusa del cielo, en cualquier edificio o zona urbana, teniendo en cuenta el enmascaramiento producido por otros edificios u obstáculos naturales."⁸

"La primera etapa del cálculo de la iluminación solar consiste en conocer la posición del sol en todo momento dentro de los ejes locales del observador. Desde un punto de la tierra, el movimiento del sol se basa esencialmente en dos rotaciones, la primera con un largo período, un año, y un radio considerable, una unidad astronómica, o sea unos 150 millones de kilómetros, la segunda con un período corto, un día, que se realiza alrededor del eje norte-sur de la esfera terrestre. "⁹ Se definen ambos movimientos a través de formulas desarrolladas en base a la ley de Liu y Jordan y la resolución de la ecuación de Kepler. Se considera el movimiento de la tierra alrededor del sol y la posición del sol dada a partir de su posición angular sobre una trayectoria supuesta circular. Se considera también la influencia de la atmosfera. Según su inclinación, el rayo solar atraviesa un espesor variable de la atmósfera. Por medio de este desarrollo se precisan los cálculos de flujo solar en kWh/m² y asoleamiento en horas dentro del software Heliodon 2TM. Se precisan para una ubicación geográfica dada con su latitud y altitud correspondientes para producir los cálculos de energía solar.

"El Factor de Cielo dado por un ángulo sólido trata de una segunda fuente de luz, difusa y homogénea. Consiste en la porción del cielo visible desde un punto determinado de la escena. En ausencia de todo obstáculo, con un horizonte despejado, la respuesta sería: toda la bóveda celeste, una semi-esfera de radio indeterminado. El factor de cielo es el porcentaje de esta totalidad que podemos ver desde un punto particular de una escena dada. Este parámetro resulta particularmente útil para cuantificar el impacto de una nueva construcción sobre su entorno."⁸

⁸ B. Beckers. Manual de Heliodon. www.heliodon.net.

⁹ B. Beckers, Luc Masset, Pierre Beckers. Una proyección sintética para el diseño arquitectónico con la luz del sol. 8th Ibero-american Conference of Mechanical Engineering CIBIM08, Oct.2007, Cusco, Perú.
www.heliodon.net/heliodon/index.html

3.4 Normativa.

El sector residencial y terciario en Francia consume mas del 43% de la energía final. (Datos franceses de 2006, en Grenier 2007). Esto ha provocado la creciente preocupación sobre la eficiencia y ahorro energético en el sector urbano y de construcción. A partir de esto y desde los compromisos con el protocolo de Kyoto, se han implementado reglamentos para provocar la regulación de este aspecto energético en este sector. Así mismo como existen regulaciones a nivel urbano y de construcción, también las existen ahora desde el aspecto energético cuando se quiere ejecutar dentro de este sector. Sin embargo aun queda muy impreciso cuando se trata de las reglamentaciones térmicas aplicadas a la ciudad. Por lo tanto es un área que debe de siempre estudiarse paralelamente a los estudios energéticos de la ciudad y el edificio para poder cumplir con los objetivos de eficiencia y ahorro energético.

“En Francia existen dos medios reglamentarios en relación al aspecto energético: el primero es la reglamentación térmica a la escala del edificio y el segundo es por parte de la reglamentación urbana, los planes locales de urbanismo que condicionan la evolución de la urbanización y la construcción.”¹⁰

La evolución de la Reglamentación Térmica (actualmente RT2005 y próxima RT 2012) van hacia una fuerte iniciación a la eficiencia energética. “Cependant, les modes de calcul associés à ces RT se focalisent sur le bâtiment en occultant son environnement. Ils ne permettent pas d’évaluer correctement un simple îlot urbain composé de parties construites à différentes époques et avec des techniques variées. Plus qu’un problème de calcul, on peut penser qu’il s’agit d’une limitation intrinsèque de techniques nécessairement basées sur des valeurs forfaitaires et des calculs simplifiés. La thermique du bâtiment devrait être complétée par une thermique urbaine qui suit ses propres raisonnements et genere une réglementation originale pour le contrôle de l’efficacité thermique à l’échelle urbaine (problème multiéchelle, voir Beckers et al., 2009)”¹¹

Los modos de cálculo asociados en este RT se enfocan en el edificio ocultando su entorno (medio ambiente). No permiten evaluar correctamente un simple contexto urbano compuesto de partes construidas en diferentes épocas y con técnicas variadas. Más que un problema de cálculo, podemos pensar que se trata de una limitación intrínseca de técnicas necesariamente basadas en valores globales y cálculos simplificados. La térmica del edificio debería ser completada por térmica urbana que siga sus propios raciocinios y genere una reglamentación original para el control de la eficacia térmica a la escala urbana.

¹⁰ Prevost Aurélie. Optimiser l’efficacité énergétique du bâti et de la ville grâce à la modélisation 3D. Enjeux et perspectives d’application. Compiègne, Fr. 2010.

¹¹ B.Beckers. Optimiser l’efficacité énergétique du bâti et de la ville grâce à la modélisation 3D. Enjeux et perspectives d’application. Compiègne, Fr. 2010.

4. MÉTODO PARA ESTUDIAR EL IMPACTO SOLAR URBANO.

4.1 Desarrollo del Modelo.

Para llevar a cabo estudios de orden energético en la ciudad es necesario realizar simulaciones virtuales antes que experimentar directamente en las ciudades. A partir del centro de la ciudad de Compiègne, Francia se modela el centro de esta ciudad para posteriormente poder ser estudiada desde el nivel energético y poder proponer decisiones o estrategias a nivel urbano. Para este tipo de modelos, es importante definir hasta qué nivel de detalle se puede simplificar sin afectar los cálculos que se apeguen a la realidad. Una primera parte consta en el desarrollo del modelo 3D de la ciudad de Compiègne, Francia. Durante este desarrollo se definirán parámetros de modelización para futuros modelos a simular.

Una vez definido el modelo real, volvemos a la parte de estudio. Un segundo modelo 3D de contexto urbano simplificado al máximo, manteniendo los parámetros importantes definidos por el primer modelo. Se mantiene la importancia de los elementos urbanos: techos, fachadas, ventanas, suelo y frontera. Sin embargo se realiza con las formas mas simples posibles, con el fin de poder manipular de forma mas rápida este modelo simplificado, mientras que se busca los parámetros para definir el método de estudio a llevar a cabo.

Con el método de estudio definido, se vuelve al modelo real para aplicarse de la misma manera que con el modelo analítico y llevar a cabo el análisis y poder conocer el impacto de energía solar en las situaciones propuestas.

4.2 Descripción del Modelo.

El modelo se desarrolla en 3D en diferentes softwares de apoyo como Autocad, 3dsMax y Sketchup. Se prepara el formato para utilizarse en Heliodon 2. Software que sirve como herramienta para controlar desde los aspectos energético y visual, la iluminación natural en los proyectos arquitectónicos o urbanos. El modelo real de la ciudad de Compiègne, Francia se compone por 21,735 triángulos en formato STL separados en tres capas: fachada 3,759; ventanas 7,402 y techo 10,574. Las fachadas y techos se componen por superficies relevantes con su propia orientación y sin solución de continuidad. Para los techos se respetan sus pendientes, pero se discrimina la parte decorativa. Las ventanas son superficies planas ubicadas a un centímetro de distancia de las fachadas. El modelo analítico se realiza igualmente manteniendo los mismos elementos de: fachadas, techos y ventanas. Se procura simplificar al

máximo sus formas para reducir el número de triángulos y trabajar mas rápido en la búsqueda de diferentes análisis para proponer el método de estudio.



Fig.2 Imagen satelital de la zona modelizada. Aérea: 61,900 m², perímetro: 1,190m.

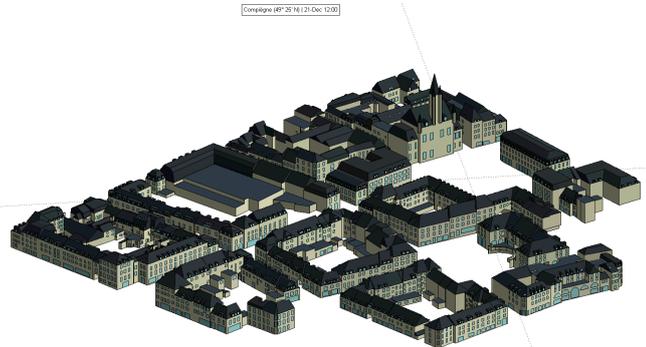


Fig.3 Vista aera del modelo. Elaborado por A. Pumar, D. Lecea, D. Rodriguez, con la participación de estudiantes del Workshop Project "The sun in the city" UTC-GSU. Primavera

4.3 Descripción del método de estudio.

Cuando se trabaja en la escala urbana es importante simplificar los niveles de detalle que se utilizarían en la escala arquitectónica. Para trabajar con simulaciones de contextos urbanos con el fin de hacer evaluaciones y analisis, es necesario considerar el nivel exacto de simplificacion de los elementos urbanos . Hay que definir los elementos importantes que serian afectados y que nos interesa estudiar.

El contexto urbano se conforma de edificios, vias, parques, plazas, vegetacion u otros elementos ambientales mas específicos. La finalidad es estudiar la radiacion solar que llega en una ciudad o tejido urbano. Asi que se consideran los elementos que participan en este intercambio energético. Los techos, ventanas, fachadas y suelos; son los elementos que en su mayor simplificacion urbana suman lo que resulta en un contexto urbano. A partir de la definicion de estos elementos, surge otro parámetro a estudiar. Cual es el nivel de detalle necesario de estos elementos para calcular y evaluar correctamente el impacto solar. Será importante considerar las pendientes y tipologías de techos, o funcionaría una simplificacion máxima del techo. Es necesario considerar el espesor de las fachadas, su albedo. Para las ventanas, que exactitud es necesaria mantener en sus medidas, en su forma, o su profundidad. En el caso de los suelos surge el planteamiento sobre la denominacion de tipos de vias, parques o plazas. Es necesario especificar las pendientes del terreno, en que porcentajes sera importante mantener estas pendientes. A diferencia de la escala arquitectonica, trabajar con simulaciones de contextos urbanos , el crecimiento o expansion del

contexto es imprescindible. Las ciudades están creciendo siempre y expandiéndose esto es proceso natural urbano, por lo cual es importante considerarse. Hay que definir siempre una frontera sea existente o supuesta.

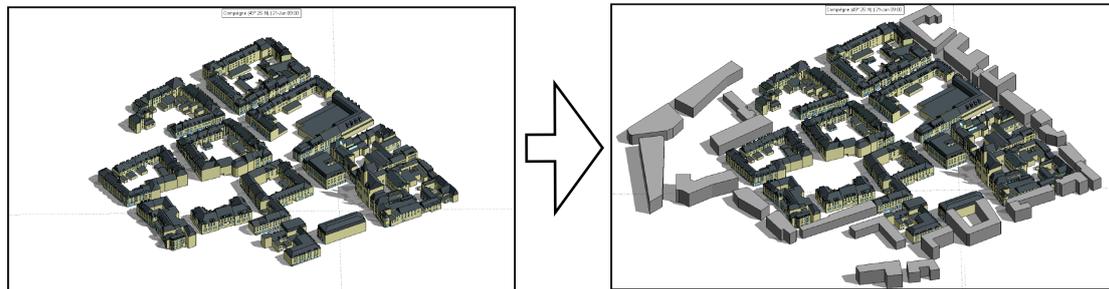


Fig.4 Vista aera del modelo 3D Compiègne Francia con integración de Frontera.

Una vez establecidos los parámetros y la forma de definir el modelo se procede a analizar los indicadores a tomar en cuenta para calcular el impacto solar en el contexto urbano. La radiación solar tiene aportes energéticos y lumínicos que llegan a los techos, fachadas, suelos y ventanas de un contexto urbano. A partir de este planteamiento hay que analizar como se comporta la energía solar recibida en la ciudad para definir los indicadores que se tendrán que calcular.

Para los techos, el aspecto energético que me interesa estudiar es el flujo solar recibido en sus superficies. La parte lumínica no me interesa ya que al nivel urbano es discriminante. Para evaluar el impacto solar en los techos de un contexto urbano me interesa entonces su flujo solar. El potencial de aplicación de paneles fotovoltaicos y ganancias energéticas sobre las superficies de los techos se traduce en analizar los cálculos resultantes del flujo solar recibido en estas superficies. Considerando una vez que me interesa calcular el flujo solar recibido en los techos ahora hay que definir como se hará este cálculo. Es importante considerar la ubicación considerando la altitud y latitud. Dentro del espacio del clima existen variaciones con las que se pueden trabajar. El sol varía en su comportamiento según su orientación y posición. Existen las cuatro temporadas de clima del año: primavera, verano, otoño e invierno en trescientos sesenta y cinco días del año con veinticuatro horas cada día. Con esta información obtenemos una infinidad de posibilidades a considerar al momento de querer producir un cálculo para obtener los flujos radiativos. Según la temporada de clima podría ser en invierno, verano, otoño o primavera. Sobre estas cuatro posibilidades podríamos enfocarnos en un mes, una semana, un día. En el espacio temporal también obtenemos diferentes variantes a tomar en cuenta en su forma de cálculo. Podría hacerse sobre las 24 horas del día, sobre 12 horas de un día o a una hora especificada.

El interés principal es evaluar el potencial fotovoltaico y térmico en los techos. Los paneles fotovoltaicos o térmicos están instalados y funcionando durante todo el año. Por esto es necesario analizar su comportamiento anual no puedo discriminar ningún día del año. Con esta información puedo definir el cálculo del flujo solar recibido durante el periodo anual. Este cálculo sobre todos

los techos del contexto y posteriormente analizar sobre los techos mas afectados. Así podré definir el potencial de energía solar de los techos.

Indicador número uno: Flujo de Radiación Solar durante Pérido Anual en Techos. (kWh/m²)

El segundo elemento urbano son las fachadas. Las fachadas reciben del sol ganancias de energía y luz natural. Cuando no existe una apertura, la luz natural no afecta. Como se esta tomando en cuenta la fachada como un elemento separado de la ventana, en esta situacion la iluminación natural no me interesa. Entonces una vez mas tenemos el interes sobre el flujo de radiación que llega a las fachadas. Durante el verano el sol del cual es necesario protegerse es del oeste y en menor parte el este. Sin embargo para el caso del verano existen diferentes posibilidades para obtener esta protección. Mientras que en el invierno el interés mayor es sobre las ganancias solares del sur. Para este caso si se obstruye este flujo, este no existe y no se puede manipular. El impacto mas influyente será entonces sobre el flujo de radiación recibido en las fachadas orientadas al sur para obtener las máximas ganancias de energía solar. Mi segundo indicador se define en el flujo de radiación solar recibido en fachadas orientadas a sur.

Indicador número dos: Flujo de Radiación Solar Durante el Invierno en Fachadas Orientadas a Sur.(kWh/m²)

El tercer elemento urbano es el suelo. La radiación que llega al suelo provoca energía e iluminación. La presencia de las máscaras que se forman con las sombras arrojadas al suelo durante toda la época del año. En la epoca del verano me interesa obtener áreas sombreadas a nivel urbano y durante el invierno optimizar las áreas soleadas. Es muy sencillo poner un toldo, o crear una terraza, o ubicar plantas y vegetación para producir ambientes mas sombreados. El periodo del verano no me resulta interesante para analizar. En cambio durante el invierno si me interesa aprovechar el máximo asoleamiento posible tratando de manipular en el comportamiento de las máscaras.

Indicador número tres: Asoleamiento en el Suelo Durante el Invierno. (horas)

El cuarto elemento urbano son las ventanas. Para este caso el interés principal será sobre la porcion de cielo que logra llegar a la ventana. Analizar el comportamiento del factor de cielo sobre las ventanas para interpretar el porcentaje de luz natural que se esta recibiendo. Para este elemento se puede discriminar la parte del flujo solar ya que resultaría en una repetición del indicador de las fachadas. El intento es de definir los indicadores mas importantes y discriminar todos aquellos que nos aporten informacion que no nos interesa.

Indicador número cuatro : Factor de Cielo en Ventanas(%).

5. ANÁLISIS DEL IMPACTO SOLAR DE UNA NUEVA CONSTRUCCION SOBRE SU ENTORNO URBANO.

5.1 Estudio de tipología de techos en contexto urbano de Compiègne, Francia.

En este estudio se analizan dos tejidos urbanos extraídos del modelo de la ciudad de Compiègne. Se estudia el comportamiento de sus techos bajo la energía solar recibida en diferentes casos. Se varían los cálculos tomando en cuenta la suma de todos los techos, un conjunto de techos mas influídos y un solo techo afectado para estudiar sus variaciones.

5.2 Estudio de modelo urbano simplificado.

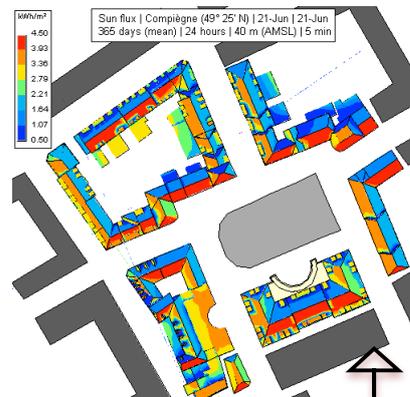
Para este análisis se desarrollan los estudios en el modelo urbano simplificado . Se llevan a cabo los diferentes cálculos bajo el aspecto de energía solar en sus dos partes: energía e iluminación, para definir el método de estudio. Se aplican los cuatro indicadores ya definidos. Por medio de discriminación se llega a un metodo de evaluación práctico y sencillo.

5.3 Estudio de modelo urbano Compiègne, Francia.

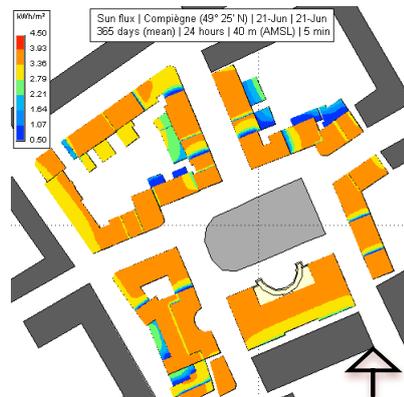
El ultimo analisis se aplica a un tejido urbano dentro del modelo real de la ciudad de Compiègne. El método de estudio y evaluación antes definido por el modelo simplificado se traslada a este ejemplo para verificar que funcione de la manera correcta.

5.1 Análisis de tipología de techos: reales con sus pendientes o simplificados planos.

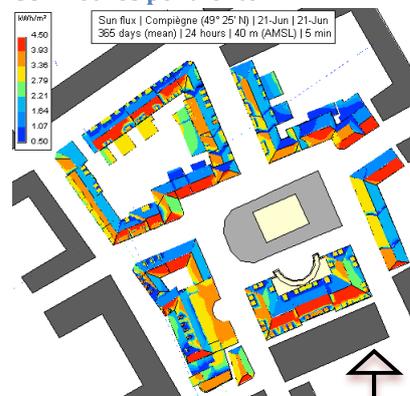
Caso 1: Contexto Urbano situado en el centro de Compiègne, Francia.



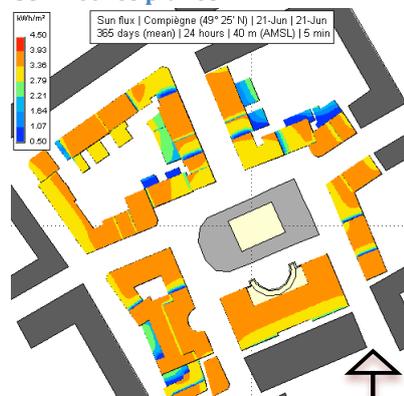
CU1 Techos pendiente



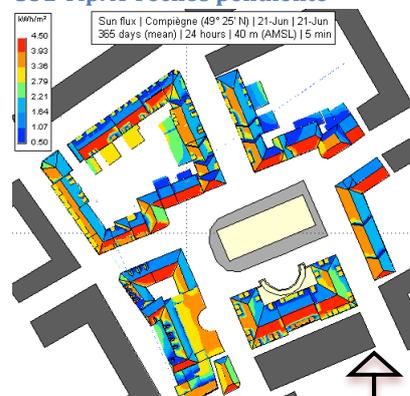
CU1 Techos planos



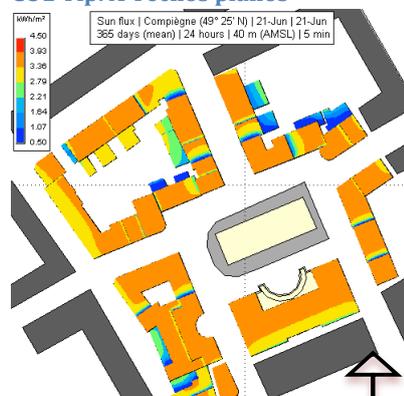
CU1 Tip. A Techos pendiente



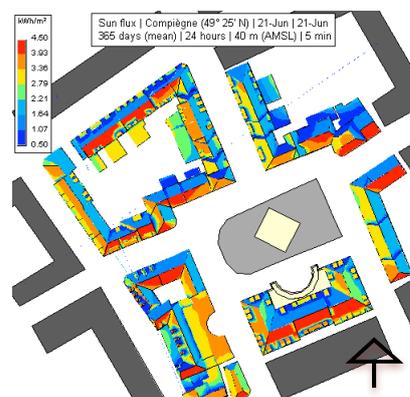
CU1 Tip. A Techos planos



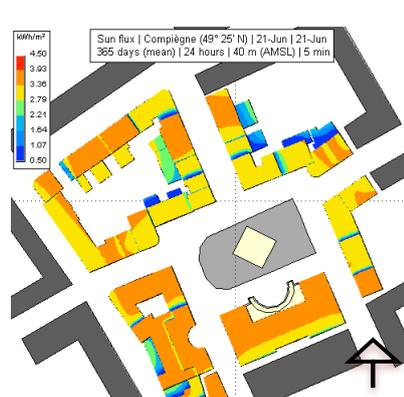
CU1 Tip. B Techos pendiente



CU1 Tip. B Techos planos



CU1 Tip. C Techos pendiente



CU1 Tip. C Techos planos

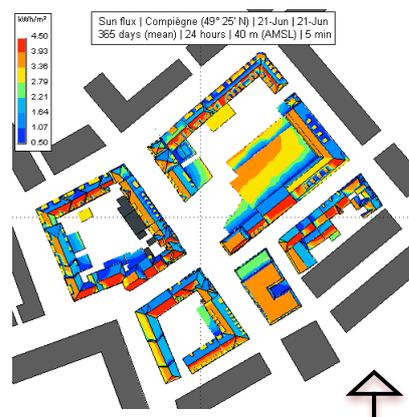
Diferencia entre Tipología de Techos (kWh)

| | techos pendiente | techos planos | diferencia |
|-----------|------------------|---------------|------------|
| CU1 | 8,462,186.40 | 8,128,099.10 | 334,087.30 |
| CU1 con A | 8,364,146.90 | 8,051,923.00 | 312,223.90 |
| CU1 con B | 8,461,086.60 | 8,127,056.10 | 334,030.50 |
| CU1 con C | 8,264,702.20 | 7,959,918.90 | 304,783.30 |

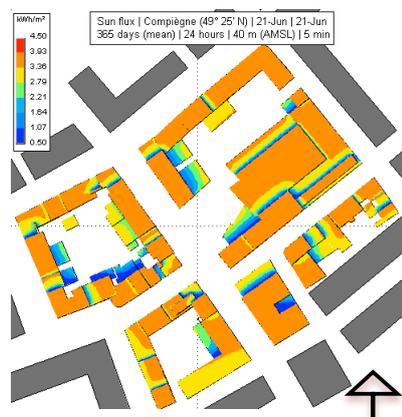
| Pérdidas entre tipología de techos con pendiente y planos | |
|---|--------|
| CU1 | 3.95 % |
| CU1 con A | 3.73 % |
| CU1 con B | 3.95 % |
| CU1 con C | 3.69 % |
| PROMEDIO | 3.83 % |

Promedio de pérdida: 3.8%

Caso 2: Contexto Urbano situado en el centro de Compiègne, Francia.



CU2 Techos pendiente



CU2 Techos planos

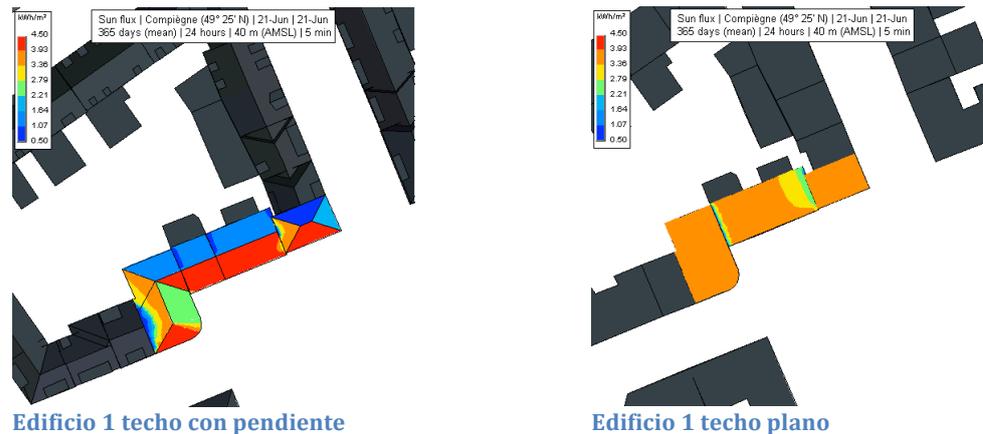
Diferencia entre Tipología de Techos (kWh)

| | techos pendiente | techos planos | diferencia |
|-----|------------------|---------------|------------|
| CU2 | 13,778,718.20 | 13,176,263.20 | 602,455.00 |

| Pérdidas entre tipología de techos con pendiente y planos | |
|---|--------|
| | 4.37 % |

Promedio de pérdida: 4.4%

Caso 3: Un edificio dentro del contexto urbano del centro de Compiègne, Francia.



| | Diferencia entre tipología de techos kWh | | |
|------------|--|-------------|------------|
| | techo pendiente | techo plano | diferencia |
| Edificio 1 | 566,542.2 | 544,842.60 | 21,699.60 |

| |
|---|
| Pérdidas entre tipología de techos con pendiente y planos |
| 3.8 % |

Promedio de pérdida: 4%

Trabajando con la escala urbana, al momento de modelizar un contexto urbano se procura simplificar al máximo sus elementos para poder realizar sus cálculos de la manera mas rápida posible. Una pregunta que surge al decidir sobre la simplificación es en relación a la tipología de los techos del contexto urbano a analizar. Es necesario mantener la forma real de sus techos, cuando estos son complejos y con pendientes variables? O bien, es posible simplificar al máximo suponiendo que todos los techos son planos y así realizar los cálculos. Para contestar esta pregunta se estudian tres casos en un contexto real del centro de la ciudad de Compiègne. Se extraen dos secciones de contextos urbanos, cada uno con sus techos reales, y la segunda opción simplificando los techos al convertirlos en planos. Se realizan los cálculos sobre el flujo solar recibido durante el periodo anual y se comparan las diferencias. Para el primer caso el ejercicio se realiza con el contexto urbano solo y luego integrando tres diferentes tipologías de edificios. Una vez visto los resultados, el segundo caso se realizo solo con el contexto urbano. Ya que en el caso anterior se muestra que es suficiente estudiar las diferencias bajo el contexto urbano solo. El tercer caso se hace sobre un edificio en especifico para ver como cambia su comportamiento.

En el primer caso, las perdidas son de un promedio de 320,000 kWh en un período anual. Esto refleja un promedio de un 4% cuando se cambia de los techos reales a los techos planos. En el segundo caso nos acercamos mucho al mismo promedio de 4% sobre el periodo anual, en este caso con perdidas de hasta 600,000 kWh durante un periodo anual. El tercer caso se enfoca el calculo

a un solo edificio para ver como varia el comportamiento y el resultado es casi similar.

Para un estudio de impacto, ya que este refleja el comportamiento entre una situación y otra, no es importante la pérdida de este 4%. Ya que la relación de comparación entre situaciones se mantendrá la misma. Lo que si es importante mantener para el estudio de impacto es una tipología escogida, es decir trabajar todos los cálculos con los techos reales, o bien con los techos simplificados planos. Debe existir siempre la misma tipología entre cálculos para mantener la relación de comportamiento. No es recomendable trabajar con techos reales y simplificados en un mismo caso. Esto dependerá siempre de la complejidad con la que quiera trabajar el usuario y el tiempo del que disponga.

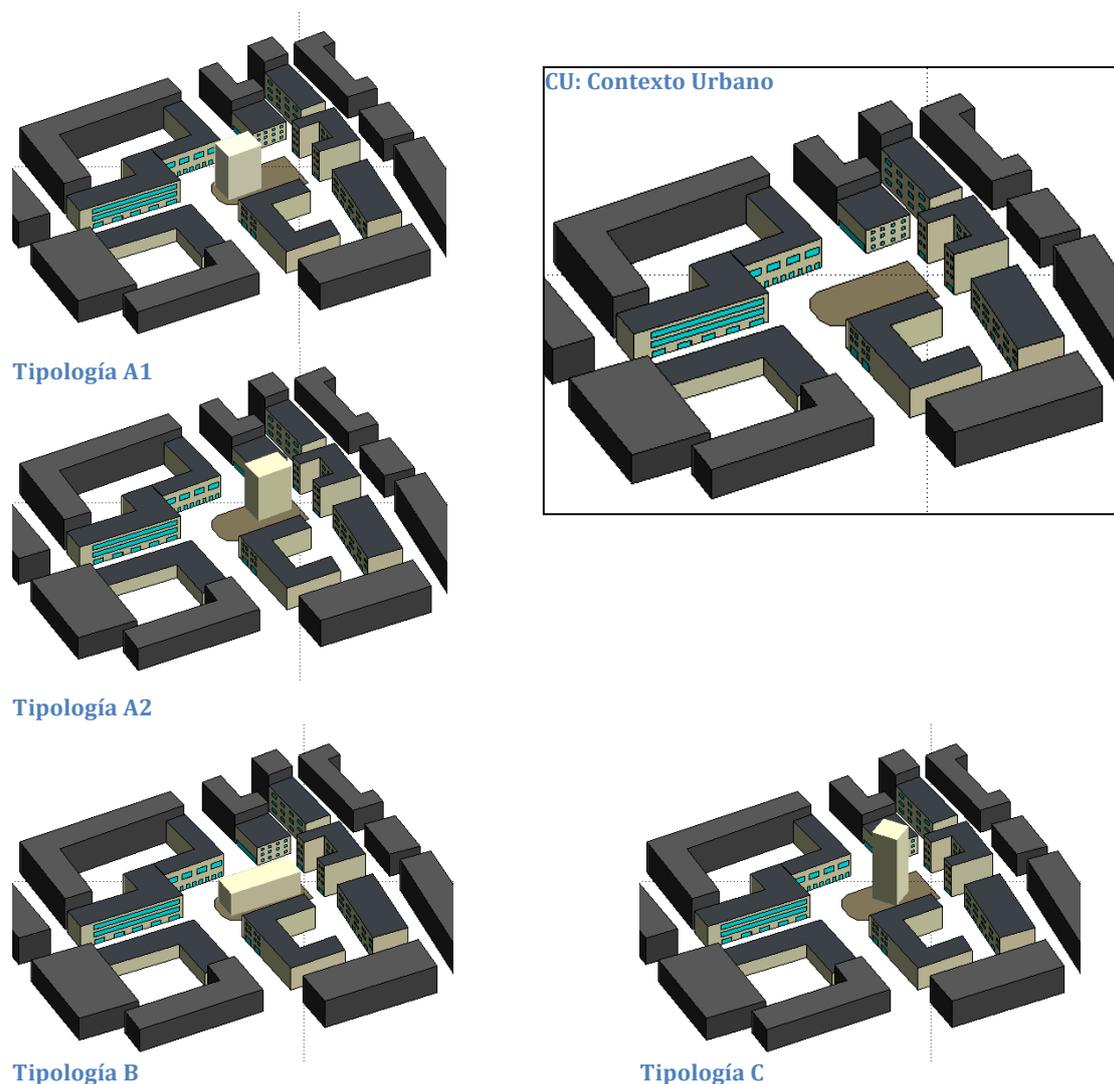
De otro punto de vista, si se quiere hacer un estudio de potencial de energía solar mas específico a un edificio o un conjunto de edificios para estudiar su potencial fotovoltaico es posible que las necesidades cambien. Será necesario hacer el análisis sobre el techo mas parecido a la realidad dentro de su contexto para evaluar bien el costo-beneficio y la rentabilidad de dicha inversión.

Entonces se puede decir que para un estudio de impacto a la escala urbana es posible trabajar con la simplificación de los techos planos. También en el caso de que se quiera evaluar el potencial fotovoltaico de una ciudad o un contexto urbano se pueden utilizar los techos planos considerando de un 3-5% de margen de error y así obtener una primer idea sobre un cálculo mas rápido de lo que esta sucediendo dentro de ese contexto urbano. Los resultados que se buscan no serán afectados para realizar las evaluaciones y análisis necesarios. Mientras que si lo que se busca es realizar un estudio del potencial energético solar, ya sea sobre un techo o varios, será mas recomendable mantener el detalle mas real de pendiente y forma de sus techos.

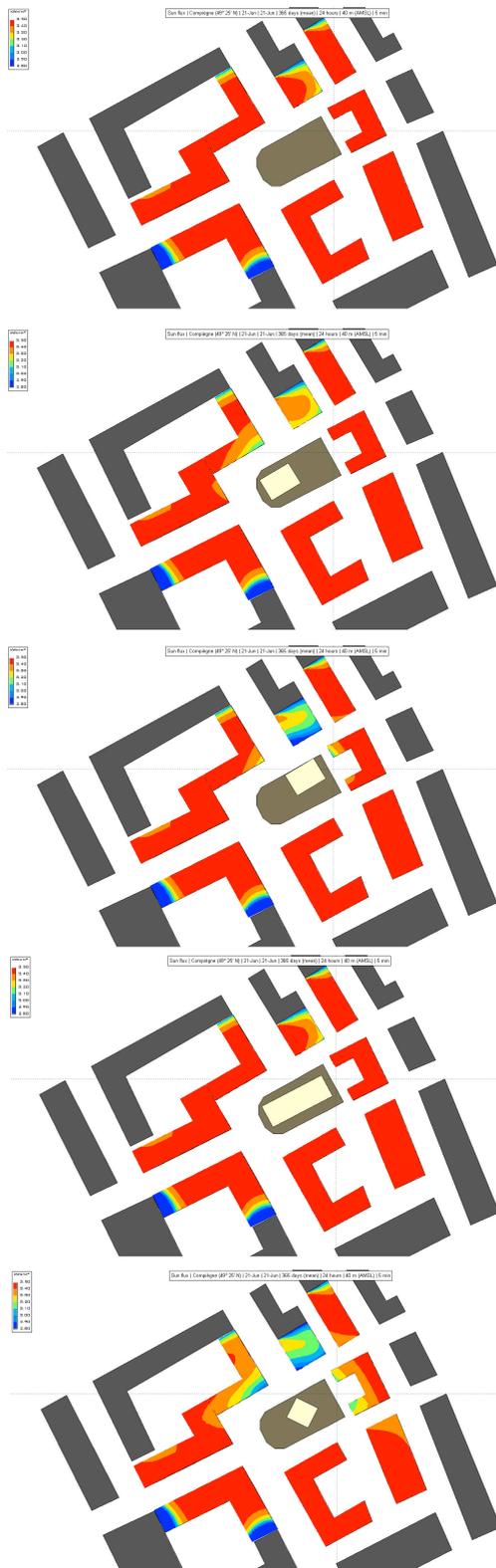
5.2 Análisis de primer caso del contexto urbano bajo sus cuatro indicadores: modelo simplificado.

Para evaluar el impacto solar de una nueva construcción sobre su entorno urbano, se realiza primero con un modelo simple para estudiar y realizar diversos análisis de manera más rápida y sencilla. El modelo se conforma a partir de la simplificación de una sección de contexto urbano del centro de la ciudad de Compiègne, Francia. Como ya se mencionó anteriormente este modelo de contexto urbano lo crean sus elementos principales: las fachadas, techos, ventanas, suelo y la delimitación urbana presente por una frontera supuesta. Se proponen cuatro diferentes tipologías de edificio para estudiar en todos los casos. Estas comparten la misma volumetría, pero varían en sus dimensiones: altura, longitud, profundidad.

En cada análisis, la evaluación se hace en comparación al contexto urbano solo, sin ninguna topología de edificio añadida. Es decir se hace un primer cálculo sobre "CU" contexto urbano, posteriormente se realiza el mismo cálculo para "CU + tipología 1,2,3..." Después se analiza la diferencia entre cada tipología y el contexto urbano y se comparan sus resultados. Las cuatro diferentes tipologías propuestas se denominan como A1, A2, B y C. Los resultados se buscan de la siguiente manera para cada indicador: CU; CU+A1; CU+A2; CU+B; CU+C. Luego se analizan las diferencias entre "CU - (CU+A1)" y así correspondientemente.



Indicador número uno: Potencial de Energía Solar Sobre Techos.

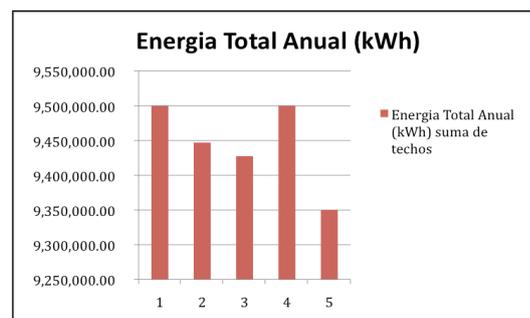


Cálculo de flujo solar recibido en techos durante el periodo anual. Suma de cálculo de todos los techos. Suma de tres techos mas afectados para disminuir rango sumatorio. Comparación de un techo especificado para analizar comportamiento entre las tres diferentes variables de sumatorias.

Enseguida se muestra los resultados sobre los cálculos del flujo solar recibido sobre la suma de todos los techos del contexto urbano que se estudia.

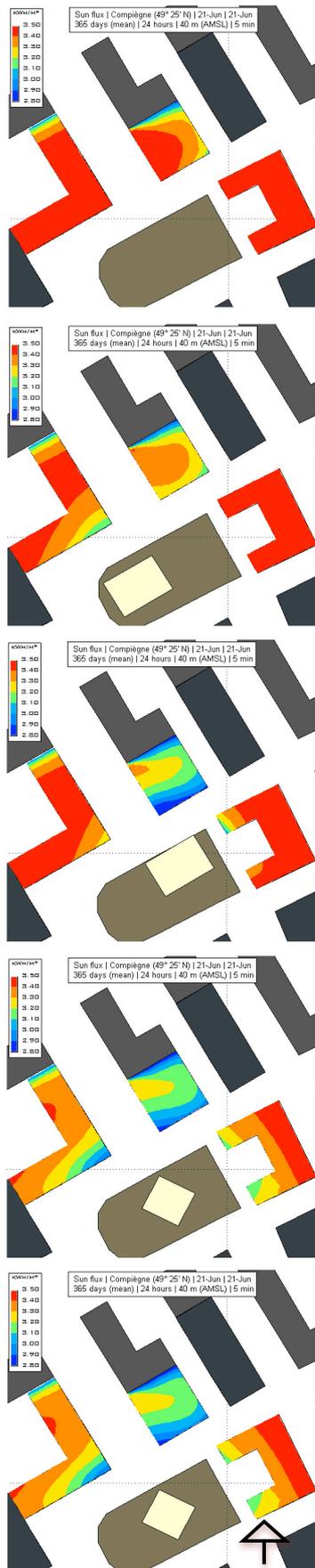
El "CU" se considera como el total de aportes solares posibles y luego se hace una comparación con cada tipología.

| ENERGIA TOTAL ANUAL (kWh) | | |
|---------------------------|--------------------|--------------|
| TIPOLOGIA | TECHOS TOTAL | % |
| 1.CU | 9,500,326.4 | 100 |
| 2.CU+A1 | 9,447,363.5 | 99.44 |
| 3.CU+A2 | 9,427,846.9 | 99.24 |
| 4.CU+B | 9,500,321.4 | 99.99 |
| 5.CU+C | 9,350,349.5 | 98.42 |



Para este caso la tipología de edificio que reduce menos el potencial energético solar es el B. El cual puede ser un poco obvio ya que es el edificio mas bajo en altura por lo que resulta ser el que menos produce mascarar a los edificios de su entorno. El edificio tipología B mantiene casi el 100% del flujo solar recibido. Una segunda opción a considerar podría ser el A1, luego le sigue el A2 y al final el C. Es interesante ver como el edificio C califica

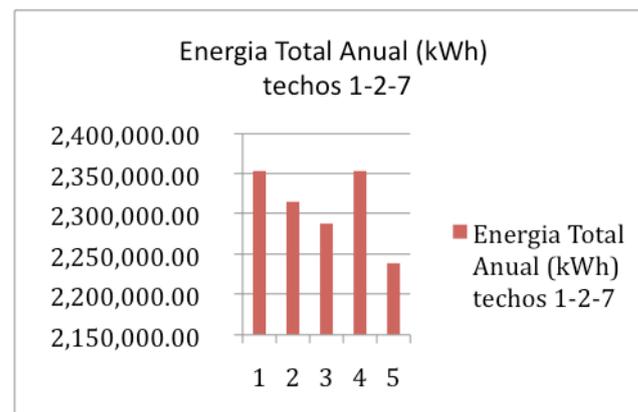
antes que el A2. Por lo que también influye la orientación del edificio y no solo la altura.



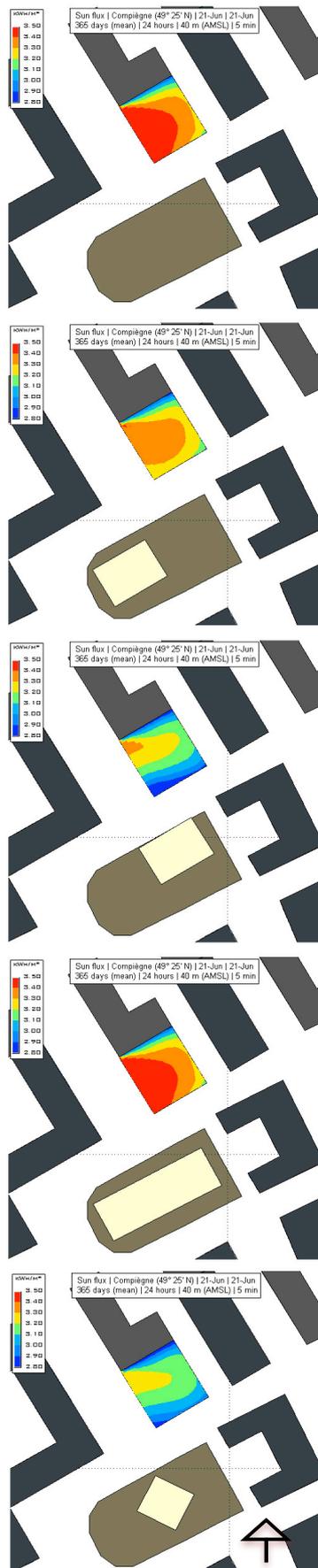
Calculo de flujo solar recibido anual sobre tres techos mas afectados del contexto urbano.

Cuando reducimos los cálculos del contexto urbano a solo tres techos, de los cuales han sido mas afectados, podemos ver que las diferencias anteriores que oscilaban hasta un 2% se incrementan hasta un 5%. Así que al reducir el rango de comparación, se vuelve mas interesante la elección entre una tipología y otra. Igualmente para este caso las tipologías mas potenciales siguen permaneciendo entre la tipología B y la A1.

| ENERGIA TOTAL ANUAL (kWh) | | |
|---------------------------|---------------------|--------------|
| TIPOLOGIA | TECHOS 1-2-7 | % |
| 1. CU | 2,354,568.00 | 100.00 |
| 2. CU+A1 | 2,315,562.70 | 98.34 |
| 3. CU+A2 | 2,289,089.70 | 97.22 |
| 4. CU+B | 2,354,563.00 | 99.99 |
| 5. CU+C | 2,239,201.80 | 95.10 |



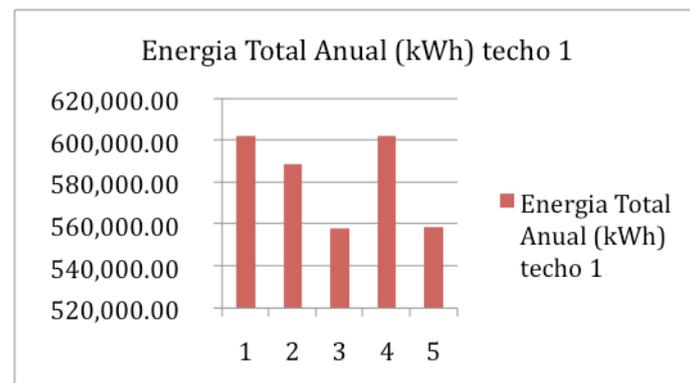
Calculo de flujo solar recibido anual sobre un techo especifico que nos interesa.



Ahora analizaremos como varían los resultados cuando nos concentramos en solo uno de los techos del contexto urbano.

| ENERGIA TOTAL ANUAL (kWh) | | |
|---------------------------|-------------------|--------------|
| TIPOLOGIA | TECHO 1 | % |
| 1.CU | 602,044.70 | 100.00 |
| 2.CU+A1 | 588,949.80 | 97.82 |
| 3.CU+A2 | 558,221.70 | 92.72 |
| 4.CU+B | 602,039.70 | 99.99 |
| 5.CU+C | 558,776.90 | 92.81 |

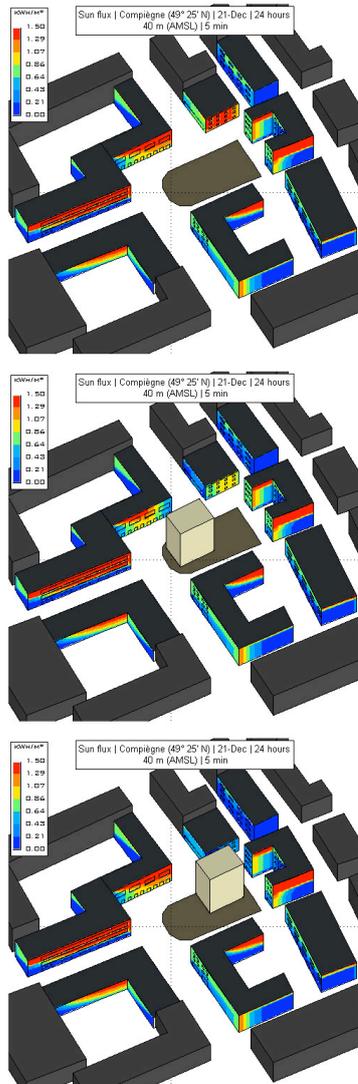
Para estos resultados las variaciones incrementan casi hasta un 8% el cual ya es mas significativo cuando pensamos en la rentabilidad de los paneles fotovoltaicos. Si para este caso, suponemos que este techo tuviera instalados paneles fotovoltaicos y su funcionamiento normal funciona a un 90% de su potencia. Ahora si dentro del contexto se agregara un edificio de tipología C este funcionamiento se reduciría a un 82.8% de su potencia. Es evidente que para la inversión hecha, la disminución de un 7.20% por año, no será muy atractivo.



Al final vemos que variando el rango de cuantos techos se toman en cuenta, aunque el impacto de cada tipología se mantiene igual, varia los porcentajes de impacto para cada caso. Para esto es importante establecer cual es el caso que nos interesa. Caso numero uno seria estudiar el potencial solar de un contexto urbano para su potencial de paneles fotovoltaicos. Con estos cálculos se podrá definir cuales son las áreas mas interesantes a explotar y de cuales seria prudente

prescindir. Un segundo caso podría ser estudiar una inversión de paneles fotovoltaicos ya existente, cuando el contexto urbano se va modificar e intentar proteger al máximo su potencial.

Indicador número dos: Flujo de Radiación Solar Durante el Invierno en Fachadas Orientadas a Sur.

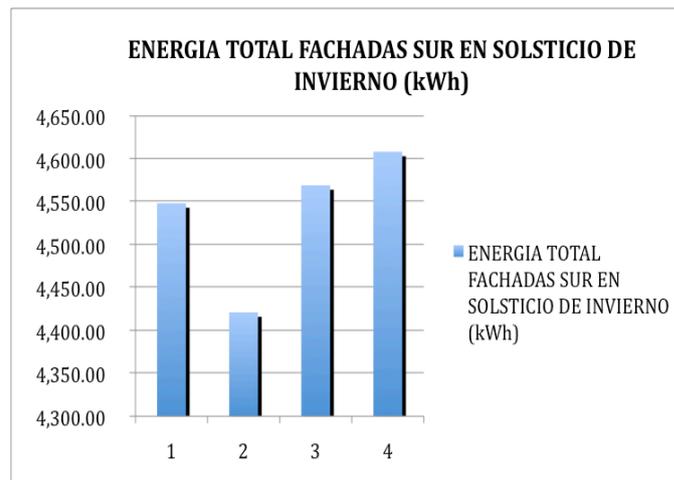
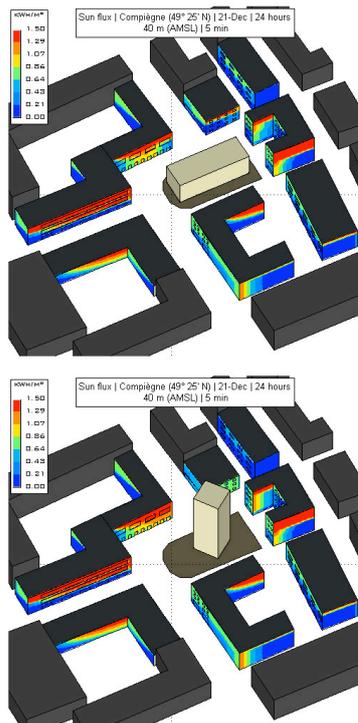


En el estudio del intercambio energético solar dentro del contexto urbano entre las fachadas el enfoque se hará sobre las fachadas que se orientan a sur. Son estas que mas nos interesa como varia el impacto, ya que son estas mismas que generan los mayores aportes solares durante el periodo de invierno. Los cálculos se hacen primero por la suma de todas las fachadas orientadas a sur que conforman el contexto urbano. Luego se analiza sobre tres fachadas las cuales sufren el mayor impacto cuando se inserta el nuevo edificio.

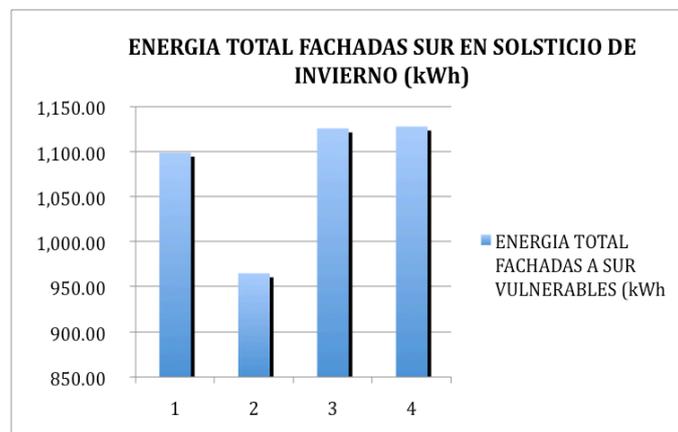
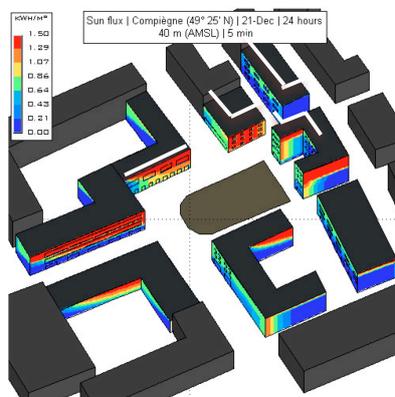
Calculo de flujo solar recibido durante el solsticio de invierno sobre suma de fachadas orientadas a sur dentro del contexto.

| ENERGIA TOTAL SOLSTICIO INVIERNO kWh | | |
|---|----------------|--------------|
| TIPOLOGIA | FACHADAS TOT. | % |
| CU | 5,183.7 | 100 |
| 1.CU+A1 | 4,548.3 | 87.74 |
| 2.CU+A2 | 4,421.1 | 85.29 |
| 3.CU+B | 4,569.3 | 88.15 |
| 4.CU+C | 4,608.4 | 88.90 |

Analizando los resultados vemos que las variaciones oscilan entre el 11% hasta el 15% aproximadamente. Aquí la tipología mas interesante es la C, la cual tiene las menores perdidas con el 11.10 % del porcentaje optimo obtenido en el contexto urbano. Le precede la tipología A1 y como opción que mas perjudica es la tipología B convirtiéndose bajo este indicador en la opción menos interesante o mas peligrosa.



El segundo caso de calculo toma la suma de las fachadas orientadas a sur dentro del contexto que sufren la mayor variabilidad entre si, según la topología con la que están interactuando energéticamente.



| ENERGIA TOTAL SOLSTICIO INVIERNO kWh | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| TIPOLOGIA | FACHADAS Vul. | % |
| CU | 1,504.90 | 100 |
| 1.CU+A1 | 1,099.00 | 73.03 |
| 2.CU+A2 | 965.10 | 64.13 |
| 3.CU+B | 1,126.00 | 74.82 |
| 4.CU+C | 1,128.10 | 74.96 |

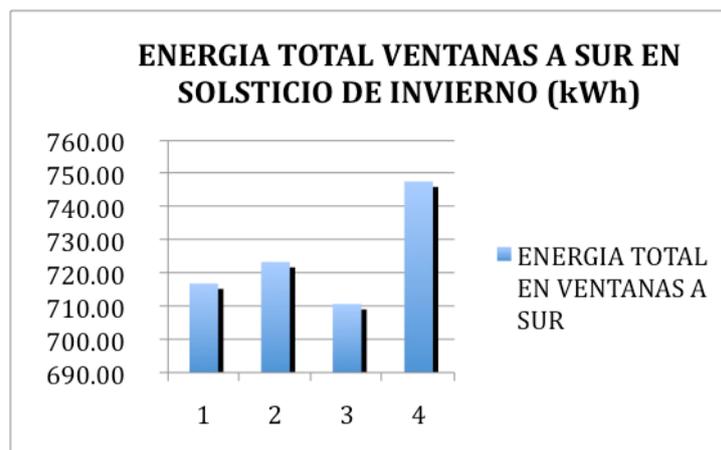
enfoca a una sola fachada.

Los resultados incrementan el impacto hasta un 25%, eso es casi un 10% mas del los resultados anteriores donde se tomaban en cuenta todas las fachadas orientadas a sur dentro del contexto. La tipología C bajo este indicador resulta la mas atractiva seguida por la opción B, mientras que la tipología A2 resulta la menos atractiva cuando el calculo se

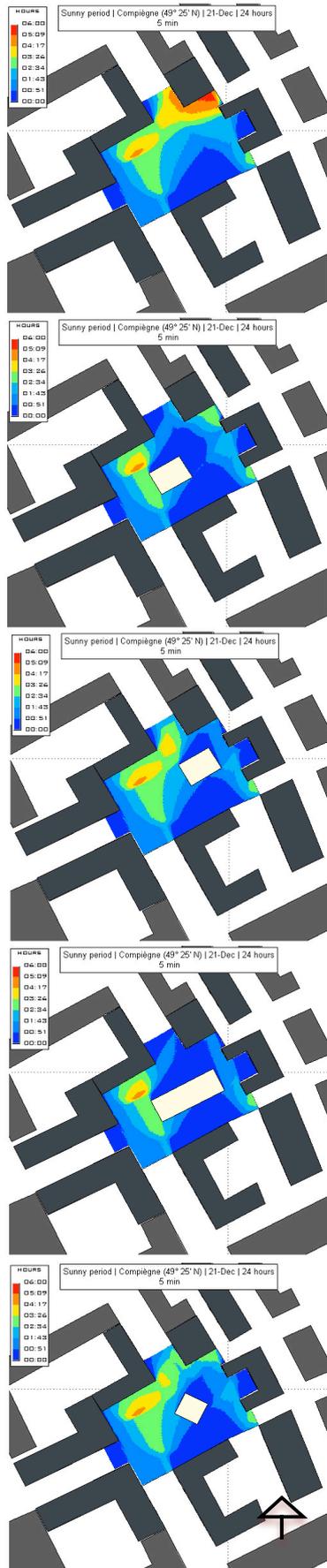
Una tercera variable del cálculo será sobre la energía solar recibida en las ventanas orientadas a sur presentes sobre estas fachadas. El análisis de los resultados de la suma de ventanas será un parámetro más para orientarnos sobre el comportamiento de las tipologías y el impacto de cada una sobre este indicador. En este caso los resultados apuntan una vez más a la opción C como la más atractiva seguida por la opción A2 y la B como la menos interesante. Los resultados son en relación directa con la fachada, por lo que nos indica que esta variable no es necesaria utilizar para efectos de evaluación. Basta con el cálculo y análisis sobre las fachadas mismas. De esta manera reducimos a simplificar el cálculo y optimizar el tiempo de llevarlo a cabo.

| ENERGIA TOTAL SOLSTICIO INVIERNO kWh | | |
|---|---------------|--------------|
| TIPOLOGIA | TOTAL VENT | % |
| CU | 808.70 | 100 |
| 1. CU+A1 | 716.90 | 88.65 |
| 2. CU+A2 | 723.40 | 89.45 |
| 3. CU+B | 710.70 | 87.88 |
| 4. CU+C | 747.70 | 92.46 |

Los porcentajes varían de un 7.6% hasta casi un 12%.



Indicador número tres: Asoleamiento En el Suelo Durante el Invierno.



Un contexto urbano se conforma además de sus edificios también de sus plazas, parques, o áreas urbanas distintas que son importantes también a tomar en cuenta, como podría ser una parada de autobús, sendas peatonales, terrazas, etc.

Los cálculos se hacen sobre el asoleamiento recibido en una porción de suelo

| | Mean Daylight (h) | |
|-----------|-------------------|------------|
| | Verano | Invierno |
| CU | 9.1 | 1.9 |
| A1 | 6.8 | 1.2 |
| A2 | 7.1 | 1.5 |
| B | 6.3 | 1.0 |
| C | 7.2 | 1.5 |

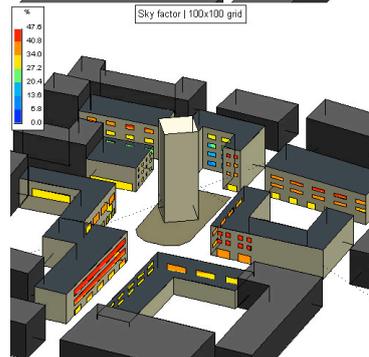
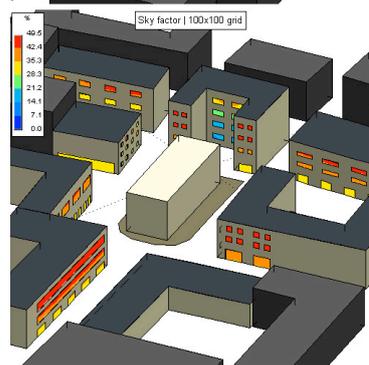
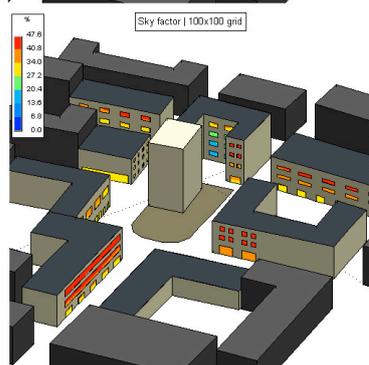
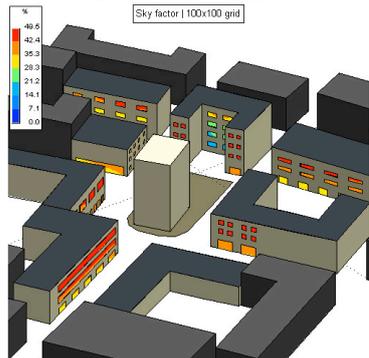
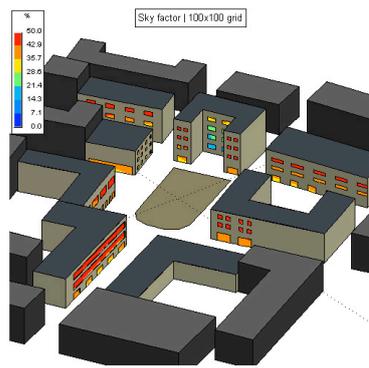
específica que nos interesa analizar. Cuando obtenemos el promedio de horas de sol que se reciben sobre esta porción de suelo es posible analizar el comportamiento solar

que está sucediendo en este contexto urbano. En la tabla indica los valores promedio de iluminación en horas para el contexto urbano y para cada una de las tipologías. Si se toma como el máximo posible el asoleamiento recibido en el suelo del CU se puede comparar posteriormente la variabilidad con cada tipología. En realidad los resultados de verano no son tan interesantes porque estos pueden ser manipulados por medio de la arquitectura y el paisaje. En cambio para la estación de invierno dentro del entorno urbano esto no puede ser modificable, no se puede reproducir un asoleamiento natural en un área específica. Es por esto que bajo este indicador es interesante tomar en cuenta y optimizar lo que la energía solar existente nos puede brindar.

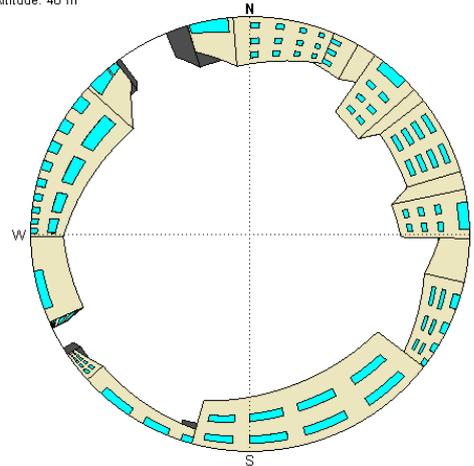
Es interesante por ejemplo para el potencial de áreas para terrazas soleadas en invierno, o paradas de autobús con asoleamiento natural. Si por medio de un cambio de tipología de edificio que aun no existe estos parámetros se pueden manipular es importante analizarlos para optimizar la energía solar que se puede recibir.

Para este caso la tipología C y A2 son las más interesantes bajo este indicador siendo la B la más débil.

Indicador número cuatro: Factor de Cielo en Ventanas



Compiègne (49° 25' N)
Altitude: 40 m



| DIFERENCIA PROMEDIO FACTOR DE CIELO % | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|------|------|
| Dif. % | CU-A1 | CU-A2 | CU-B | CU-C |
| 0 | 14 | 10 | 24 | 10 |
| 0.1-3 | 56 | 51 | 63 | 46 |
| 3.1-5 | 25 | 18 | 17 | 18 |
| 5.1-10 | 20 | 26 | 14 | 44 |
| >10 | 3 | 13 | 0 | 0 |
| # ventanas | 118 | 118 | 118 | 118 |

Ver en anexos: Cálculos Factor de Cielo Modelo Simplificado.

Si buscamos influir en el menor número de ventanas con pérdidas sobre el 10%: B-C

Si buscamos encontrar la tipología que tenga 0% pérdidas en un mayor número de ventanas : B-A1

Si buscamos encontrar la tipología que tenga el menor número de ventanas con los mayores valores(5-10%) de: B-A1.

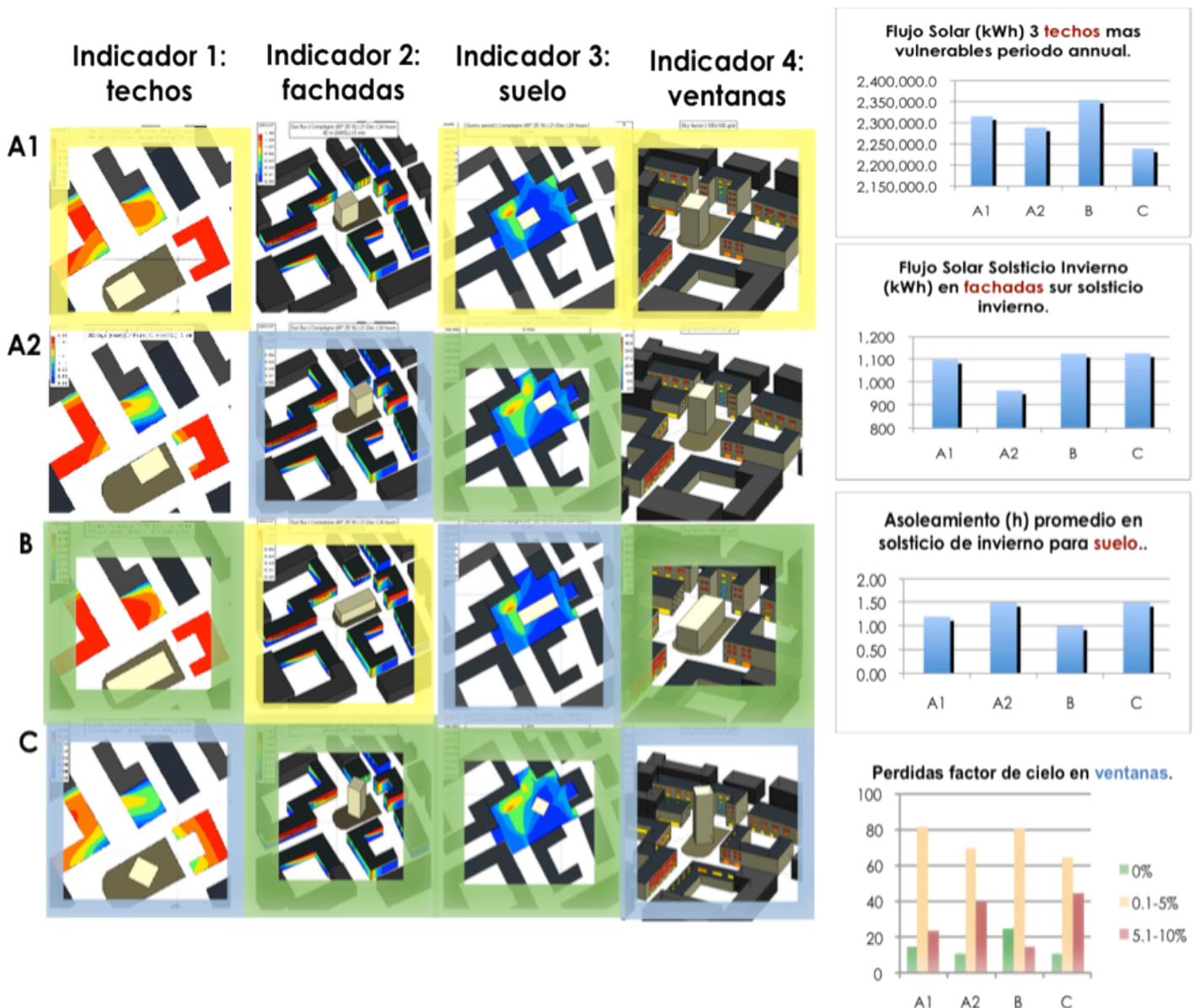
Si buscamos la tipología que sume el mayor número de ventanas con los menores valores (0-3%) de pérdida de factor de cielo: B-A1.

Se calcula el factor de cielo para todas las ventanas del contexto urbano para CU y cada una de las tipologías. Después, se hace una diferencia entre los resultados de CU y cada una de las tipologías. Una vez obtenidas las diferencias para cada una de las tipologías se evalúa para cada ventana la tipología que causa las menores pérdidas. Se suman las

ocurrencias de cada ventana existente para cada tipología y de esta información se analiza el comportamiento del factor de cielo.

La tipología A2 es la que sufre del mayor número de ventanas perjudicadas con pérdidas sobre el 10% de factor de cielo. Aunque el edificio C provoca la pérdida de factor de cielo en un mayor número de ventanas en un rango de valor entre 5% y 10%. Para poder evaluar mejor este indicador sería importante definir áreas o edificios por tipo de uso. Por ejemplo decir que un uso comercial se beneficia más del factor de cielo que un uso residencial. Así estos datos nos podrían dar orientaciones más específicas. Otra parte importante consiste en definir qué ventanas son las que interesa estudiar. Priorizar por edificio o por zonificación. Por ejemplo, suponiendo que todas las ventanas corresponden a un área comercial, una conclusión importante podría ser tomar en cuenta el número de ventanas afectadas sobre un 5%. Por lo que las tipologías que corresponden a las pérdidas en un mayor número de ventanas sobre este 5% serán las opciones menos atractivas. En su caso se eliminarían la opción A2 y C. Reduciendo a tomar en cuenta bajo este indicador la opción A1 y B. Cuando la opción B bajo un interés global de todo el contexto en relación al factor de cielo, es la más adecuada.

Grafico comparativo de 4 tipologias de edificio dentro del contexto urbano del modelo simplificado , evaluadas bajo sus cuatro indicadores propuestos. El marco verde señala la mejor opcion para cada caso, seguido por el amarillo y el gris que enmarca el resultado mas debil.



Los resultados muestran que bajo cada indicador el resultado optimo es variable. Por ejemplo la tipologia "C" resulta la mejor opcion bajo el indicador numero dos y tres, mientras que funciona muy mal bajo el indicador uno y cuatro. Un edificio esbelto y alto, en este caso, resulta ser una buena opcion para proteger los derechos de sol de las fachadas colindantes . Tambien lo es en la busqueda de un comfort luminico en el espacio urbano exterior.

En consecuencia no se puede obtener un solo resultado que favorezca los cuatro indicadores al mismo tiempo en su maximo rendimiento. Sin embargo, cuando se proponen escenarios resultara una tipologia optima segun el interes. Los escenarios pueden ser diversos en relacion al objetivo que se busca, en este caso se proponen tres escenarios para evaluar los resultados.

Escenarios:

1. Interés por el potencial fotovoltaico/térmico urbano.

Indicar el mejor resultado del indicador del flujo solar recibido en techos durante el periodo anual.

2. Búsqueda de la eficiencia energética del contexto urbano.

Indicar el mejor resultado que englobe el indicador del flujo solar recibido en las fachadas y el factor de cielo presente en las ventanas.

3. Lograr el confort del medio ambiente urbano.

Indicar el mejor resultado del asoleamiento recibido en el suelo.

Considerando cada escenario se puede fundamentar una tipología correcta para cada situación. En respuesta al escenario que busca fomentar el potencial fotovoltaico y térmico urbano, la tipología "B" será la más adecuada. En el escenario número dos que habla sobre la eficiencia energética del contexto urbano, la tipología "B" también resulta la más correcta. Aunque bajo el indicador número dos la tipología "C" es la mejor, bajo el indicador cuatro resulta la peor. Mientras que la tipología "B" obtiene el mejor resultado para el indicador cuatro y un resultado muy bueno bajo el indicador 2. En consecuencia podemos agrupar el escenario uno y dos y decir que la tipología "B" resulta la más óptima cuando se busca proteger el potencial fotovoltaico/térmico y también funcionara correctamente en la búsqueda de obtener eficiencia energética del contexto urbano. Por otra parte, la tipología "A2" y "C" son las más correctas cuando se busca obtener un mejor confort del medio ambiente urbano.

Análisis del segundo caso del contexto urbano bajo sus cuatro indicadores: modelo del centro de la ciudad de Compiègne, Francia.

En este segundo caso de estudio se reproduce el mismo análisis anterior del modelo analítico a una sección de contexto urbano real ubicado en el centro de la ciudad de Compiègne, Francia. Se mantienen las mismas cuatro topologías de edificio y los mismos elementos urbanos que conforman el contexto. La diferencia está en que en este caso se trabaja con un modelo de un contexto real.

La forma de llevar a cabo los cálculos es la misma que la anterior bajo sus mismos cuatro indicadores. Una vez más se hace un primer cálculo sobre "CU" contexto urbano, posteriormente se realiza el mismo cálculo para "CU + tipología 1,2,3..." Después se analiza la diferencia entre cada tipología y el contexto urbano y se comparan sus resultados. Las cuatro diferentes tipologías propuestas se denominan como A1, A2, B y C. Los resultados se buscan de la siguiente manera para cada indicador: CU; CU+A1; CU+A2; CU+B; CU+C. Luego se analizan las diferencias entre "CU - (CU+A1)" y así correspondientemente.

5.3 Indicador número uno: Potencial de Energía Solar Sobre Techos.

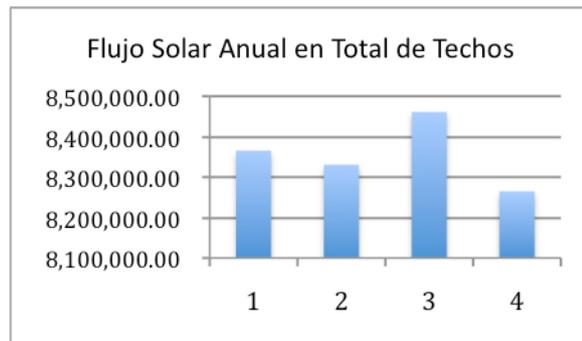


Cálculo de flujo solar recibido en techos durante el periodo anual. Suma de calculo de todos los techos. Suma de tres techos mas afectados para disminuir rango sumatorio y análisis sobre un techo específico.

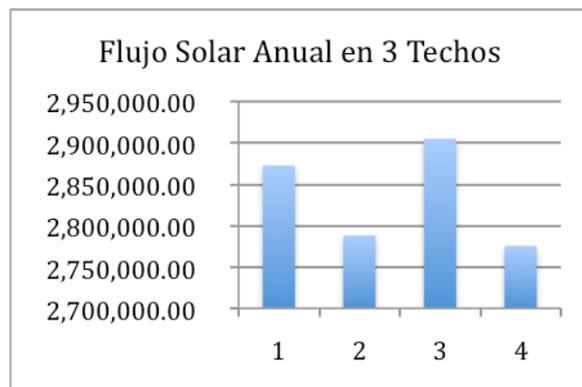
Quando se realiza el mismo cálculo del modelo simplificado al modelo real se obtienen las mismas relaciones de resultados. La opción B y la A1 resultan las mas atractivas con las menores pérdidas. Estos resultados se repiten a través de los tres casos. La opción C es la que mas provoca pérdidas en el entorno. Esta información se traduce en la relación directa entre el entorno y la altura del nuevo edificio a integrarse. El interés por el comportamiento de las máscaras que produce el nuevo edificio sobre su entorno es lo que afectará el potencial de energía solar sobre los techos del contexto afectado.

También es interesante reflexionar un poco sobre la orientación de los edificios cuando los resultados evalúan a la topología A1 mejor que la A2. Cuando se haga este estudio es necesario priorizar el impacto directo que interesa. Si es un solo techo en particular que se quiere proteger su sensibilidad o se busca afectar lo menos posible a todo el entorno edificatorio que colinda con el nuevo edificio.

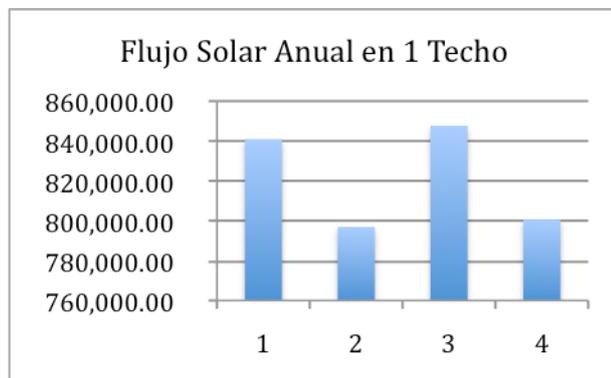
| | Total techos kWh | % |
|----------------|---------------------|--------------|
| CU | 8,462,186.40 | 100 |
| 1. CU+A1 | 8,365,460.00 | 98.86 |
| 2. CU+A2 | 8,330,797.90 | 98.45 |
| 3. CU+B | 8,461,086.60 | 99.99 |
| 4. CU+C | 8,264,702.20 | 97.67 |



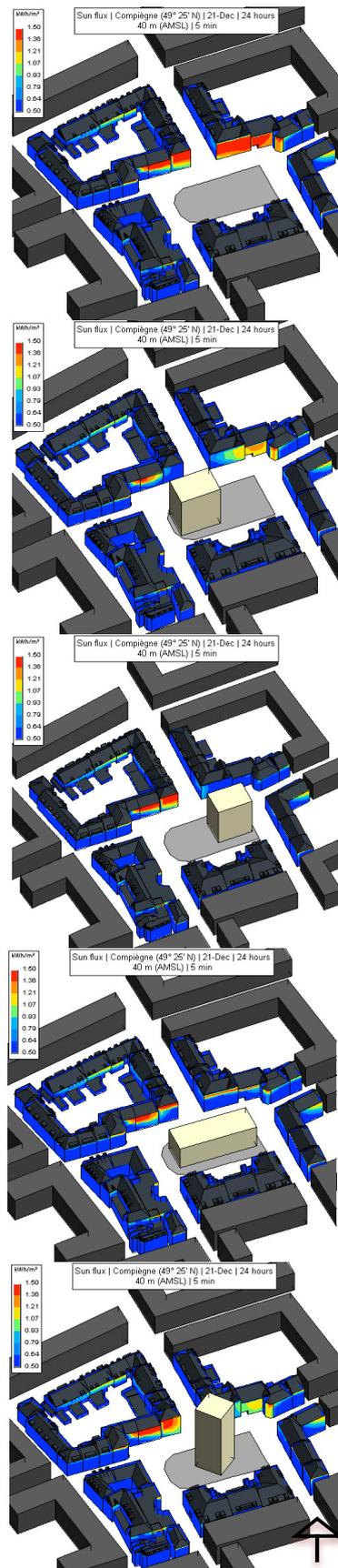
| | 3 techo kWh | % |
|----------------|---------------------|--------------|
| CU | 2,905,714.30 | 100 |
| 1. CU+A1 | 2,872,635.30 | 98.86 |
| 2. CU+A2 | 2,787,981.30 | 95.95 |
| 3. CU+B | 2,905,049.10 | 99.98 |
| 4. CU+C | 2,775,372.20 | 95.51 |



| | 1 techo kWh | % |
|----------------|-------------------|--------------|
| CU | 848,308.80 | 100 |
| 1. CU+A1 | 840,797.10 | 99.11 |
| 2. CU+A2 | 796,884.70 | 93.94 |
| 3. CU+B | 847,664.70 | 99.92 |
| 4. CU+C | 800,663.00 | 94.38 |



Indicador número dos: Flujo de Radiación Solar Durante el Invierno en Fachadas Orientadas a Sur.



Flujo Solar Recibido en Total de Fachadas.

| | kWh | % |
|-------------|-----------------|--------------|
| CU | 1,701.00 | 100 |
| CU+A1 | 1,252.00 | 73.60 |
| CU+A2 | 1,255.50 | 73.81 |
| CU+B | 1,177.90 | 69.25 |
| CU+C | 1,381.30 | 81.21 |

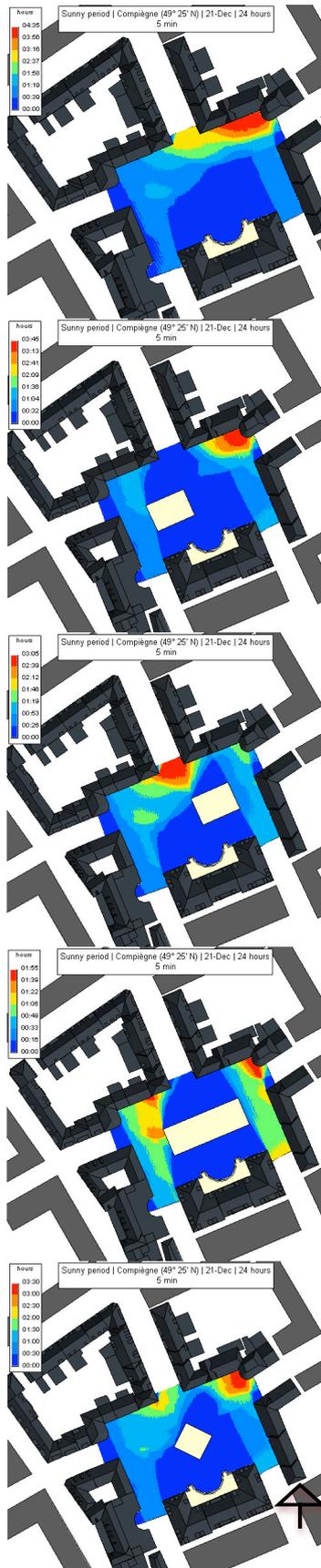
Flujo Solar Recibido en Fachada mas Vulnerable.

| | kWh | % |
|--------------|--------------|--------------|
| CU | 401.8 | 100 |
| CU+A1 | 258.0 | 64.21 |
| CU+A2 | 401.4 | 99.90 |
| CU+B | 320.3 | 79.72 |
| CU+C | 387.0 | 96.32 |

En este calculo los resultados nos arroja una primera opcion ideal, siendo la tipologia "C". Sin embargo la tipologia "A2" puede ser una segunda opcion bajo su calificacion de este indicador. Si analizamos bajo el total de energia recibida sobre la suma de las fachadas mas afectadas durante el invierno, la opcion "C" es la mas recomendable, seguida de la opcion "A1". Pero cuando se analiza la fachada sur mas influida, la opcion "A2" es la que logra menos perdidas sobre esta fachada en particular.

La decision entre una y otra tipologia, dependera relativamente si se quiere beneficiar al conjunto de todas las fachadas en general del entorno o sobre una fachada en particular.

Indicador número tres: Asoleamiento En el Suelo Durante el Invierno.



Asoleamiento durante solsticio de Invierno Promedio de horas

| | |
|--------------|------------|
| CU | 1 |
| CU+A1 | 0.6 |
| CU+A2 | 0.7 |
| CU+B | 0.4 |
| CU+C | 0.7 |

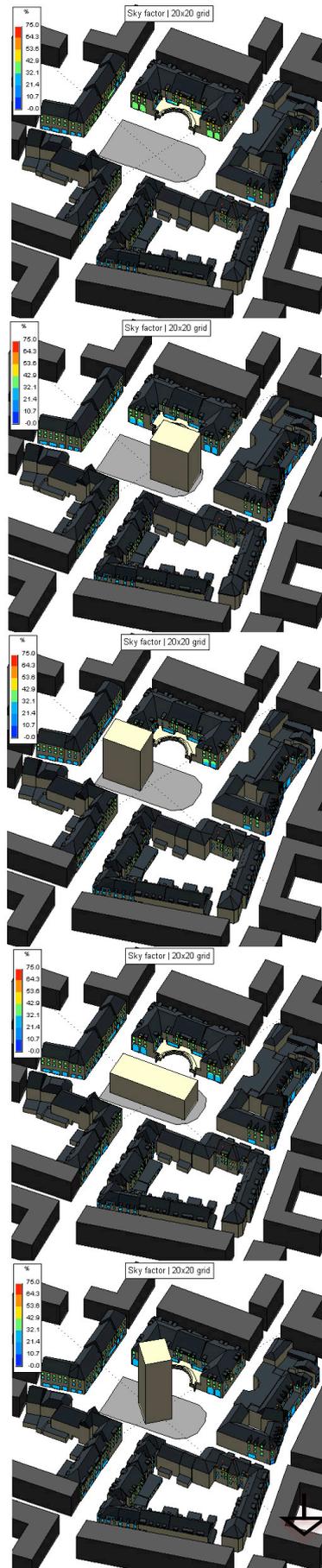
Bajo este indicador nos interesa encontrar cual tipología logra menos perdidas de asoleamiento en el espacio exterior durante el periodo de verano. La opcion "A2" y la "C" son las mas recomendables bajo este indicador.

Una observacion resaltante apartir de los diagramas de asoleamiento de suelo, puede deducir que se obtendran mejores resultados cuando se trabaja dentro de la mascara ya arrojada del mismo contexto urbano.

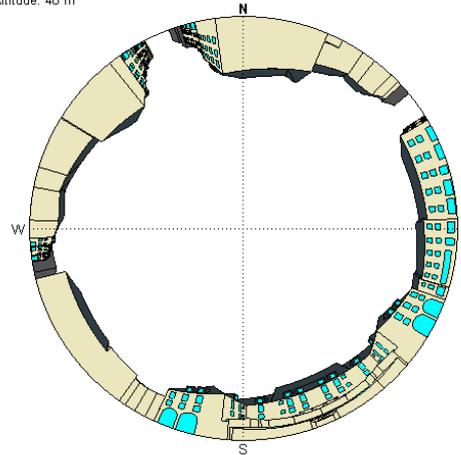
Otra especificacion bajo este indicador puede ser muy variable, dependiendo del fin para el que se quiera estudiar. En este caso se supone una situacion general de influir en lo menos posible al espacio exterior, de ser asi manipulando las mascaras durante el invierno y aprovechar al máximo posible el asoleamiento durante este periodo del año, el cual es mas vulnerable.

Se podria bien delimitar mas un espacio de suelo para ser estudiado, como por ejemplo para ubicacion de paradas de autobus urbano, o una terraza. Este indicador podria extenderse a otros usos de analisis y estudios mas especificos.

Indicador número cuatro: Factor de Cielo en Ventanas



Compiègne (49° 25' N)
Altitude: 40 m



PROMEDIO DE FACTOR DE CIELO %

| Dif. % | CU-A1 | CU-A2 | CU-B | CU-C |
|------------|-------|-------|------|------|
| 0 | 40 | 66 | 115 | 36 |
| 0.1-3 | 205 | 157 | 175 | 169 |
| 3.1-5 | 44 | 62 | 32 | 43 |
| 5.1-10 | 36 | 33 | 12 | 86 |
| >10 | 9 | 16 | 0 | 0 |
| # ventanas | 334 | 334 | 334 | 334 |

Ver en anexos: Cálculos Factor de Cielo Modelo Compiègne.

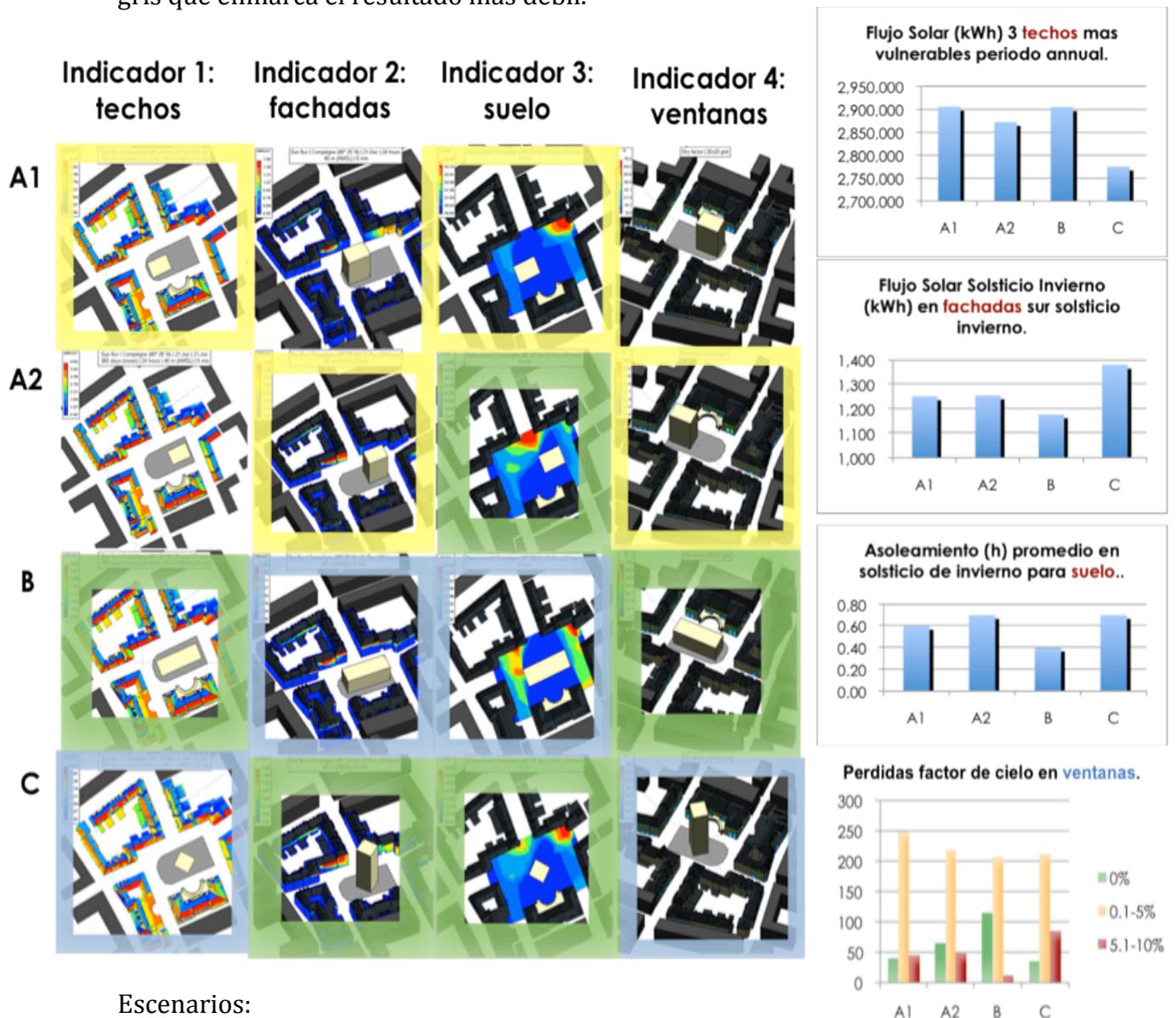
Si buscamos influir en el menor número de ventanas con pérdidas sobre el 10%: B-C

Si buscamos encontrar la tipología que tenga 0% pérdidas en un mayor número de ventanas : A2-B

Si buscamos encontrar la tipología que tenga el menor número de ventanas con los mayores valores(5-10%) de: B, A1,A2.

Si buscamos la tipología que sume el mayor número de ventanas con los menores valores (0-3%) de pérdida de factor de cielo: A2

Grafico comparativo de 4 tipologias de edificio dentro del contexto urbano del modelo de Compiègne , evaluadas bajo sus cuatro indicadores propuestos. El marco verde señala la mejor opcion para cada caso, seguido por el amarillo y el gris que enmarca el resultado mas debil.



6. CONCLUSIONES

En el desarrollo de modelos 3D para simulaciones urbanas es importante mantener un nivel de detalle intermedio para realizar los cálculos que se aproximen a la realidad. El desarrollo es manual para modelar grandes superficies sin detalles de ornamentación correctamente orientadas sin solución de continuidad. El número de triángulos en el modelo 3D urbano varía entre 30,000 – 50,000. El modelo se desarrolla en tres capas: techos, fachadas y ventanas. Las ventanas se localizan a 1cm. de superficie de la fachada para evitar fallos de visualización y evitar modificar los resultados de cálculos a causa de este ajuste. Es importante considerar la tipología de techos reales cuando el interés sobre el potencial urbano fotovoltaico y térmico es zonificar las áreas potenciales en los techos. Es necesario conservar las pendientes reales y orientación de los techos. Sin embargo, es posible simplificar la tipología de techos a planos cuando el interés es solo analizar el impacto del potencial fotovoltaico. La frontera es un elemento que siempre se debe conservar para representar el futuro crecimiento de un tejido urbano y la presencia de edificios colindantes siempre existentes. Su función es de aproximar los cálculos resultantes al contexto real.

En la búsqueda de evaluar el impacto de un nuevo edificio sobre su contexto urbano surge la propuesta del estudio de impacto solar a la escala urbana. Tomando en consideración los criterios definidos para modelos 3D en simulaciones urbanas se propone un primer modelo simplificado. Al cual se agrega un edificio con una volumetría constante y una tipología variable en su altura, longitud y orientación. Este modelo se utiliza para realizar diversos cálculos que permitan proponer unos indicadores que funcionen para evaluar el impacto solar de un nuevo edificio. Como resultado del método de estudio se proponen cuatro indicadores discriminantes y no redundantes. Una vez establecidos se utilizan para evaluar el impacto solar del modelo 3D simplificado y en un segundo ejercicio en un modelo urbano de la ciudad de Compiègne. Los cuatro indicadores propuestos son los siguientes:

1. Flujo de Radiación Solar durante Período Anual en Techos. (kWh/m²).

Este parámetro se calcula sobre el periodo anual solamente, porque nos interesa el potencial solar fotovoltaico o térmico; tecnologías que trabajan durante todo el año. El cálculo puede hacerse del flujo solar recibido solo sobre los techos afectados por las máscaras producidas por el nuevo edificio durante un periodo anual. De esta manera se reduce el tiempo de cálculo y se obtienen resultados correctos.

El comportamiento bajo este indicador funciona en relación a las alturas y orientaciones de los edificios. Un edificio del mismo nivel de altura o más bajo del contexto urbano, será siempre la opción ideal para proteger el potencial de energía solar en los techos. La orientación del edificio es importante en la búsqueda de manipular las máscaras producidas a los edificios vecinos.

2. Flujo de Radiación Solar Durante el Invierno en Fachadas Orientadas a Sur.(kWh/m²).

El parámetro se enfoca en el cálculo solo en el solsticio de invierno, porque este promedia todo el periodo del invierno, por lo que resulta interesante mantener el cálculo solo en las fachadas orientadas a sur con el interés de proteger sus ganancias térmicas. Las fachadas que interesa calcular son solo aquellas que son influidas por el nuevo edificio.

Bajo este indicador la tipología de edificio se comporta similar que el indicador número uno a diferencia que este funciona en relación a la longitud horizontal y no a la vertical. La menor sea la longitud horizontal del edificio menos perjudica a sus fachadas. En conclusión los dos criterios a tomar en cuenta en relación al impacto solar en las fachadas es la longitud horizontal del edificio en el eje este-oeste y la orientación del edificio. Cuando las máscaras producidas por el nuevo edificio sean mayores hacia el norte mayor será el impacto hacia las fachadas sur del contexto urbano durante el periodo de invierno.

3. Asoleamiento en el Suelo Durante el Invierno. (horas)

El cálculo de este indicador se simplifica hacia el solsticio de invierno, siendo el periodo más sensible. Cuando se trata de proteger el espacio exterior urbano se analiza el asoleamiento en horas en una porción de suelo que interesa estudiar. El comportamiento bajo este indicador funciona en relación de menor longitud en el eje este-oeste y el de orientación en relación a las máscaras. Se busca una situación de un edificio que arroje máscaras dentro del área sombreada ya existente del contexto urbano. Cuando las máscaras producidas por el edificio nuevo suman la menor parte a la máscara arrojada en el suelo ya existente dentro del contexto urbano.

4. Factor de Cielo en Ventanas(%).

Este indicador calcula la porción de cielo visible desde las ventanas de los edificios. Se relaciona con el porcentaje de luz difusa que llega a las ventanas. Cuando se presentan nuevas obstrucciones este porcentaje disminuye. Se busca obtener la menor reducción de este porcentaje ante la presencia de una nueva edificación. Se consideran siempre solo las ventanas influidas por la nueva obstrucción.

Los resultados de los cálculos obtenidos de cada indicador se han estudiado a través de la comparación de los datos obtenidos sobre el contexto urbano especificado y las variaciones que presenta cuando se introduce el nuevo edificio propuesto en sus tipologías variables. Analizando las comparaciones para cada situación se obtiene una evaluación del impacto solar de cada una de las tipologías de edificio introducidas. Sin embargo, los resultados en conjunto conllevan a una situación de análisis de multicriterio que no permite obtener un resultado absoluto. En consecuencia es necesario proponer escenarios que propongan un interés específico por el usuario que permita señalar una respuesta correcta. Los escenarios que se proponen son los siguientes:

1. Optimizar el potencial fotovoltaico/térmico urbano.

Mejor resultado para el indicador numero 1 [flujo solar techos].

2. Obtener la eficiencia energética del contexto urbano.

Mejor resultado de suma de indicador numero 2 [flujo solar fachadas] + 4 [factor de cielo ventanas].

3. Conseguir el confort del medio ambiente urbano.

Mejor resultado del indicador numero 3 [asoleamiento en suelo].

Considerando escenarios se puede obtener una respuesta correcta que atienda un interes específico por el usuario. Con el fin de fundamentar que cierta tipología de edificio funcionara mejor dentro del contexto urbano estudiado. En el desarrollo de esta investigación se puede repetir en diferentes contextos urbanos la evaluación que tendrá el impacto solar de un nuevo edificio dentro de su contexto urbano. De una forma sencilla, rápida y eficiente se podría repetir este método de estudio para otros casos y obtener una evaluación que fundamente la protección del potencial solar urbano cuando se va introducir un nuevo edificio.

7. ANEXOS.

CALCULOS DE FACTOR DE CIELO MODELO COMPIÈGNE.

Town: Compiègne
 Latitude: 49° 25' N
 Altitude: 40 m (AMSL)
 Grid size: 20x20

PROMEDIO DE FACTOR DE CIELO %

| Dif. % | CU-A1 | CU-A2 | CU-B | CU-C |
|------------|-------|-------|------|------|
| 0 | 40 | 66 | 115 | 36 |
| 0.1-3 | 205 | 157 | 175 | 169 |
| 3.1-5 | 44 | 62 | 32 | 43 |
| 5.1-10 | 36 | 33 | 12 | 86 |
| >10 | 9 | 16 | 0 | 0 |
| # ventanas | 334 | 334 | 334 | 334 |

| Object | Surface | Area (m ²) | Mean sky factor (%) | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------------------------|---------------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|--|
| | | | CU | A1 | cu-a1 | A2 | cu-a2 | B | cu-b | C | cu-c | |
| 8 bis FENE | 8 bis FENETI | 2.3 | 41.1 | 37.9 | 3.2 | 32.7 | 8.4 | 38 | 3.1 | 35.3 | 5.8 | |
| | 8 bis FENETI | 6.5 | 35.9 | 34 | 1.9 | 28 | 7.9 | 32.1 | 3.8 | 31.2 | 4.7 | |
| | 8 bis FENETI | 4.9 | 35.4 | 33.2 | 2.2 | 27.7 | 7.7 | 31.9 | 3.5 | 31.5 | 3.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 41.1 | 37.9 | 3.2 | 33.1 | 8 | 38.1 | 3 | 36.1 | 5 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 40.8 | 37.7 | 3.1 | 34.4 | 6.4 | 38.1 | 2.7 | 35.3 | 5.5 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 39.7 | 37.1 | 2.6 | 33.3 | 6.4 | 37.1 | 2.6 | 35.6 | 4.1 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 38.1 | 35.6 | 2.5 | 33 | 5.1 | 36.2 | 1.9 | 34.3 | 3.8 | |
| | 8 bis FENETI | 22.5 | 33.6 | 31.6 | 2 | 27.8 | 5.8 | 31.2 | 2.4 | 29.9 | 3.7 | |
| | 8 bis FENETI | 9.1 | 30.5 | 29.6 | 0.9 | 25.9 | 4.6 | 29 | 1.5 | 28.1 | 2.4 | |
| | 8 bis FENETI | 3.2 | 37.1 | 35.7 | 1.4 | 32.6 | 4.5 | 36 | 1.1 | 33.9 | 3.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.0 | 42.8 | 40.9 | 1.9 | 37.9 | 4.9 | 41.6 | 1.2 | 39.5 | 3.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.0 | 42.8 | 41.4 | 1.4 | 38.6 | 4.2 | 41.9 | 0.9 | 39.9 | 2.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.0 | 42.8 | 41.7 | 1.1 | 39.6 | 3.2 | 41.9 | 0.9 | 39.9 | 2.9 | |
| | 8 bis FENETI | 3.2 | 36.7 | 36.6 | 0.1 | 34 | 2.7 | 36.6 | 0.1 | 34.6 | 2.1 | |
| | 8 bis FENETI | 3.2 | 37.1 | 36.8 | 0.3 | 33.1 | 4 | 36.6 | 0.5 | 35 | 2.1 | |
| | 8 bis FENETI | 7.8 | 30.1 | 30 | 0.1 | 26.5 | 3.6 | 29 | 1.1 | 28.5 | 1.6 | |
| | 8 bis FENETI | 4.7 | 29.8 | 29.8 | 0 | 27.1 | 2.7 | 29.1 | 0.7 | 28.6 | 1.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 39 | 37.6 | 1.4 | 28.2 | 10.8 | 33.8 | 5.2 | 32.8 | 6.2 | |
| | 8 bis FENETI | 6.0 | 35.5 | 33.8 | 1.7 | 24.9 | 10.6 | 28.6 | 6.9 | 29.2 | 6.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 39.5 | 36.6 | 2.9 | 28 | 11.5 | 34.2 | 5.3 | 34.7 | 4.8 | |
| | 8 bis FENETI | 6.0 | 36.3 | 33.9 | 2.4 | 25.3 | 11 | 29.3 | 7 | 31.9 | 4.4 | |
| | 8 bis FENETI | 4.3 | 36.9 | 34.5 | 2.4 | 26.8 | 10.1 | 30.8 | 6.1 | 31 | 5.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 39.8 | 36.8 | 3 | 29.1 | 10.7 | 34.6 | 5.2 | 33.3 | 6.5 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 39.9 | 37 | 2.9 | 30.5 | 9.4 | 35.2 | 4.7 | 34.6 | 5.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 39.8 | 36.9 | 2.9 | 30.3 | 9.5 | 35.7 | 4.1 | 34.3 | 5.5 | |
| | 8 bis FENETI | 7.9 | 36.8 | 34.8 | 2 | 28 | 8.8 | 31.2 | 5.6 | 31.6 | 5.2 | |
| | 8 bis FENETI | 8.1 | 36.5 | 34.3 | 2.2 | 27.4 | 9.1 | 31.4 | 5.1 | 31.8 | 4.7 | |
| | 8 bis FENETI | 7.8 | 28.3 | 27.2 | 1.1 | 26.3 | 2 | 27.3 | 1 | 25.9 | 2.4 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 34.6 | 33.7 | 0.9 | 32.8 | 1.8 | 33.9 | 0.7 | 32.4 | 2.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 35.1 | 33.7 | 1.4 | 31.5 | 3.6 | 33.3 | 1.8 | 31.9 | 3.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 34.3 | 33.3 | 1 | 31.5 | 2.8 | 33.2 | 1.1 | 31.5 | 2.8 | |
| | 8 bis FENETI | 5.7 | 28.5 | 27.2 | 1.3 | 25.6 | 2.9 | 26.9 | 1.6 | 25.7 | 2.8 | |
| | 8 bis FENETI | 5.9 | 29.9 | 28.5 | 1.4 | 26.2 | 3.7 | 27.6 | 2.3 | 26.6 | 3.3 | |
| | 8 bis FENETI | 9.3 | 27 | 26.1 | 0.9 | 25.6 | 1.4 | 26.2 | 0.8 | 25.4 | 1.6 | |
| | 8 bis FENETI | 11.0 | 27.7 | 26.7 | 1 | 25.9 | 1.8 | 26.8 | 0.9 | 25.6 | 2.1 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 45 | 42.2 | 2.8 | 36.5 | 8.5 | 42.8 | 2.2 | 39.2 | 5.8 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 44.9 | 42.6 | 2.3 | 36.8 | 8.1 | 43 | 1.9 | 40.6 | 4.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 44.5 | 42.2 | 2.3 | 37.9 | 6.6 | 42.9 | 1.6 | 38.6 | 5.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 43.6 | 41.3 | 2.3 | 37.3 | 6.3 | 42.1 | 1.5 | 39.7 | 3.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.3 | 42.2 | 39.6 | 2.6 | 37.4 | 4.8 | 40.8 | 1.4 | 38.3 | 3.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 42.8 | 40.6 | 2.2 | 31.1 | 11.7 | 38.2 | 4.6 | 35.6 | 7.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 42.9 | 39.6 | 3.3 | 30.5 | 12.4 | 38 | 4.9 | 37.4 | 5.5 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 43.7 | 40.4 | 3.3 | 32.3 | 11.4 | 39.1 | 4.6 | 36.5 | 7.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 43.9 | 40.8 | 3.1 | 34 | 9.9 | 39.9 | 4 | 38 | 5.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.5 | 43.5 | 40.4 | 3.1 | 33.6 | 9.9 | 39.6 | 3.9 | 37.1 | 6.4 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 39.5 | 38.3 | 1.2 | 35.9 | 3.6 | 38.2 | 1.3 | 36.2 | 3.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 38.8 | 37.8 | 1 | 36.3 | 2.5 | 38.1 | 0.7 | 36.1 | 2.7 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 40 | 38.9 | 1.1 | 38.2 | 1.8 | 39.4 | 0.6 | 37.8 | 2.2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 34.2 | 33.3 | 0.9 | 32.6 | 1.6 | 33.5 | 0.7 | 32.3 | 1.9 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 39.8 | 38.8 | 1 | 38.1 | 1.7 | 39.2 | 0.6 | 37.8 | 2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 33.8 | 32.9 | 0.9 | 32.3 | 1.5 | 33.3 | 0.5 | 32 | 1.8 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 39.5 | 38.4 | 1.1 | 37.9 | 1.6 | 38.9 | 0.6 | 37.5 | 2 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 33.4 | 32.6 | 0.8 | 32.3 | 1.1 | 33 | 0.4 | 31.9 | 1.5 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 39.2 | 38.4 | 0.8 | 38 | 1.2 | 38.8 | 0.4 | 37.6 | 1.6 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 33.1 | 32.4 | 0.7 | 32.1 | 1 | 32.8 | 0.3 | 31.8 | 1.3 | |
| | 8 bis FENETI | 2.2 | 38.8 | 38 | 0.8 | 37.6 | 1.2 | 38.4 | 0.4 | 37.2 | 1.6 | |
| 6 FENETRA | 6 FENETRAC | 2.0 | 32.9 | 32.9 | 0 | 32.8 | 0.1 | 32.9 | 0 | 32.9 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 2.0 | 35.8 | 35.8 | 0 | 35.7 | 0.1 | 35.8 | 0 | 35.8 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 1.7 | 42.2 | 42.2 | 0 | 42 | 0.2 | 42.2 | 0 | 42.2 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 1.7 | 42.6 | 42.6 | 0 | 42.5 | 0.1 | 42.6 | 0 | 42.6 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 2.0 | 33.5 | 33.5 | 0 | 33.4 | 0.1 | 33.5 | 0 | 33.5 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 1.7 | 36.4 | 36.4 | 0 | 36.3 | 0.1 | 36.4 | 0 | 36.4 | 0 | |
| | 6 FENETRAC | 2.0 | 25.9 | 25.9 | 0 | 25.8 | 0.1 | 25.9 | 0 | 25.9 | 0 | |

| | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 6 FENETRAC | 2.0 | 29.4 | 29.4 | 0 | 29.3 | 0.1 | 29.4 | 0 | 29.4 | 0 |
| 6 FENETRAC | 2.0 | 33.1 | 33.1 | 0 | 32.9 | 0.2 | 33.1 | 0 | 33.1 | 0 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 38.9 | 38.9 | 0 | 38.8 | 0.1 | 38.9 | 0 | 38.9 | 0 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 43.1 | 41.8 | 1.3 | 42.8 | 0.3 | 42.7 | 0.4 | 41.7 | 1.4 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 43.4 | 42.1 | 1.3 | 43.1 | 0.3 | 43 | 0.4 | 41.9 | 1.5 |
| 6 FENETRAC | 17.2 | 29.2 | 26.2 | 3 | 28.9 | 0.3 | 27.6 | 1.6 | 26.4 | 2.8 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 33.7 | 30.7 | 3 | 33.3 | 0.4 | 32.4 | 1.3 | 30.6 | 3.1 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 34.3 | 31.8 | 2.5 | 33.9 | 0.4 | 33.3 | 1 | 31.4 | 2.9 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 38.5 | 35.5 | 3 | 38 | 0.5 | 37.6 | 0.9 | 35.3 | 3.2 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 37.5 | 34.6 | 2.9 | 37 | 0.5 | 36.8 | 0.7 | 34.7 | 2.8 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.1 | 39.4 | 2.7 | 41.9 | 0.2 | 41.3 | 0.8 | 39.5 | 2.6 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.5 | 39.8 | 2.7 | 42.2 | 0.3 | 41.7 | 0.8 | 39.6 | 2.9 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42 | 39.9 | 2.1 | 41.7 | 0.3 | 41.6 | 0.4 | 39.5 | 2.5 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.7 | 40.6 | 2.1 | 42.3 | 0.4 | 42.2 | 0.5 | 40.3 | 2.4 |
| 6 FENETRAC | 12.7 | 29.5 | 27.7 | 1.8 | 29.1 | 0.4 | 28.7 | 0.8 | 27.2 | 2.3 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.5 | 41.1 | 1.4 | 42.2 | 0.3 | 42.3 | 0.2 | 40.6 | 1.9 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.7 | 41.3 | 1.4 | 42.4 | 0.3 | 42.5 | 0.2 | 40.9 | 1.8 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 48.6 | 44.4 | 4.2 | 47.7 | 0.9 | 48.6 | 0 | 43.2 | 5.4 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 48.1 | 43.7 | 4.4 | 46.8 | 1.3 | 48.1 | 0 | 42.6 | 5.5 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 35.7 | 29.8 | 5.9 | 34.1 | 1.6 | 32.5 | 3.2 | 29.7 | 6 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 39.8 | 33.8 | 6 | 38 | 1.8 | 37.4 | 2.4 | 33.4 | 6.4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 39 | 32.8 | 6.2 | 37.6 | 1.4 | 37.4 | 1.6 | 33.6 | 5.4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 34.9 | 30 | 4.9 | 33.4 | 1.5 | 32.6 | 2.3 | 29.6 | 5.3 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 39 | 33.8 | 5.2 | 37.5 | 1.5 | 37.1 | 1.9 | 33.9 | 5.1 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 39.1 | 34.4 | 4.7 | 38 | 1.1 | 38 | 1.1 | 34.9 | 4.2 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 34.6 | 30.3 | 4.3 | 33.6 | 1 | 32.6 | 2 | 30.2 | 4.4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 38.9 | 34.5 | 4.4 | 37.8 | 1.1 | 37.4 | 1.5 | 34.5 | 4.4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 40 | 35.6 | 4.4 | 39.4 | 0.6 | 38.9 | 1.1 | 35.7 | 4.3 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 34.5 | 30.6 | 3.9 | 33.6 | 0.9 | 32.9 | 1.6 | 30.5 | 4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 39.3 | 35.2 | 4.1 | 38.5 | 0.8 | 38.4 | 0.9 | 35.3 | 4 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 41.1 | 37 | 4.1 | 40.5 | 0.6 | 40.3 | 0.8 | 37.6 | 3.5 |
| 6 FENETRAC | 8.2 | 30 | 28.6 | 1.4 | 29.8 | 0.2 | 29.5 | 0.5 | 28.3 | 1.7 |
| 6 FENETRAC | 3.1 | 34.1 | 32.9 | 1.2 | 33.8 | 0.3 | 33.8 | 0.3 | 32.6 | 1.5 |
| 6 FENETRAC | 2.1 | 38.9 | 37.8 | 1.1 | 38.6 | 0.3 | 38.9 | 0 | 37.6 | 1.3 |
| 6 FENETRAC | 3.1 | 33.7 | 32.6 | 1.1 | 33.4 | 0.3 | 33.4 | 0.3 | 32.2 | 1.5 |
| 6 FENETRAC | 2.1 | 38.3 | 37.2 | 1.1 | 38 | 0.3 | 38.3 | 0 | 36.8 | 1.5 |
| 6 FENETRAC | 3.1 | 33.5 | 32.3 | 1.2 | 33.2 | 0.3 | 33.1 | 0.4 | 31.7 | 1.8 |
| 6 FENETRAC | 2.1 | 37.8 | 36.5 | 1.3 | 37.5 | 0.3 | 37.8 | 0 | 36.1 | 1.7 |
| 6 FENETRAC | 11.7 | 30.3 | 28.7 | 1.6 | 30 | 0.3 | 29.7 | 0.6 | 28.5 | 1.8 |
| 6 FENETRAC | 2.1 | 37 | 35.5 | 1.5 | 36.7 | 0.3 | 37 | 0 | 35.2 | 1.8 |
| 6 FENETRAC | 2.1 | 36.9 | 35.4 | 1.5 | 36.5 | 0.4 | 36.9 | 0 | 34.9 | 2 |
| 6 FENETRAC | 3.1 | 32.9 | 31.3 | 1.6 | 32.5 | 0.4 | 32.3 | 0.6 | 31 | 1.9 |
| 6 FENETRAC | 3.1 | 33.1 | 31.8 | 1.3 | 32.8 | 0.3 | 32.6 | 0.5 | 31.2 | 1.9 |
| 6 FENETRAC | 4.4 | 32.3 | 30.2 | 2.1 | 31.8 | 0.5 | 31.5 | 0.8 | 29.8 | 2.5 |
| 6 FENETRAC | 4.4 | 33.3 | 31.2 | 2.1 | 32.7 | 0.6 | 32.5 | 0.8 | 30.8 | 2.5 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 36.3 | 34.3 | 2 | 36 | 0.3 | 36.1 | 0.2 | 34.1 | 2.2 |
| 6 FENETRAC | 3.0 | 35.6 | 33.3 | 2.3 | 35.3 | 0.3 | 35.3 | 0.3 | 33.3 | 2.3 |
| 6 FENETRAC | 2.0 | 34.6 | 34.6 | 0 | 34.5 | 0.1 | 34.6 | 0 | 34.6 | 0 |
| 6 FENETRAC | 1.7 | 42.5 | 42.5 | 0 | 42.4 | 0.1 | 42.5 | 0 | 42.5 | 0 |
| 3 FENETRAC | 14.9 | 37.7 | 37.3 | 0.4 | 37.6 | 0.1 | 37.7 | 0 | 37.1 | 0.6 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 31.8 | 31.8 | 0 | 31.3 | 0.5 | 31.8 | 0 | 30.9 | 0.9 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 28.9 | 28.8 | 0.1 | 28.9 | 0 | 28.9 | 0 | 28 | 0.9 |
| 3 FENETRAC | 3.8 | 32.8 | 32.5 | 0.3 | 32.8 | 0 | 32.8 | 0 | 32.3 | 0.5 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 36.1 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | 35.4 | 0.7 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 40.1 | 39.6 | 0.5 | 39.8 | 0.3 | 40.1 | 0 | 38.7 | 1.4 |
| 3 FENETRAC | 1.6 | 44.8 | 44 | 0.8 | 44.8 | 0 | 44.8 | 0 | 43.9 | 0.9 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 35.1 | 35.1 | 0 | 35 | 0.1 | 35.1 | 0 | 34.3 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 39.2 | 38.4 | 0.8 | 39.1 | 0.1 | 39.2 | 0 | 37.9 | 1.3 |
| 3 FENETRAC | 1.6 | 44.8 | 44 | 0.8 | 44.8 | 0 | 44.8 | 0 | 44.4 | 0.4 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 35.1 | 34.3 | 0.8 | 35.1 | 0 | 35.1 | 0 | 34.3 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 3.8 | 24.8 | 24.5 | 0.3 | 24.5 | 0.3 | 24.8 | 0 | 24.4 | 0.4 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 26.8 | 26.6 | 0.2 | 26.3 | 0.5 | 26.8 | 0 | 26.4 | 0.4 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 28.8 | 28.7 | 0.1 | 28.8 | 0 | 28.8 | 0 | 28.4 | 0.4 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 31.2 | 30.9 | 0.3 | 31 | 0.2 | 31.2 | 0 | 30.6 | 0.6 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 28.4 | 27.9 | 0.5 | 28 | 0.4 | 28.4 | 0 | 27.6 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 33.8 | 33.1 | 0.7 | 33.8 | 0 | 33.8 | 0 | 33 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 36.2 | 35.5 | 0.7 | 36.2 | 0 | 36.2 | 0 | 35.4 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 32.7 | 31.9 | 0.8 | 32.7 | 0 | 32.7 | 0 | 31.9 | 0.8 |
| 3 FENETRAC | 1.6 | 42.9 | 42.4 | 0.5 | 42.7 | 0.2 | 42.9 | 0 | 42.3 | 0.6 |
| 3 FENETRAC | 1.6 | 44.2 | 43.7 | 0.5 | 43.6 | 0.6 | 44.2 | 0 | 43.7 | 0.5 |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 34.2 | 34.2 | 0 | 34.2 | 0 | 34.2 | 0 | 33.8 | 0.4 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 31.5 | 31.5 | 0 | 31.5 | 0 | 31.5 | 0 | 31.5 | 0 |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 36.7 | 36.7 | 0 | 36.7 | 0 | 36.7 | 0 | 36.2 | 0.5 |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 39.2 | 39 | 0.2 | 39.2 | 0 | 39.2 | 0 | 38.5 | 0.7 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 3 FENETRAC | 1.5 | 36.1 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | 35.7 | 0.4 | |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 34.4 | 34.4 | 0 | 34.4 | 0 | 34.4 | 0 | 34 | 0.4 | |
| 3 FENETRAC | 0.4 | 39.8 | 39.4 | 0.4 | 39.7 | 0.1 | 39.8 | 0 | 38.9 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 33.5 | 33.5 | 0 | 33.5 | 0 | 33.5 | 0 | 33 | 0.5 | |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 38.6 | 38.1 | 0.5 | 38.2 | 0.4 | 38.6 | 0 | 37.7 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 2.0 | 25.7 | 25.7 | 0 | 25.7 | 0 | 25.7 | 0 | 25.4 | 0.3 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 29.1 | 29 | 0.1 | 29.1 | 0 | 29.1 | 0 | 28.7 | 0.4 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 33.5 | 33 | 0.5 | 33.2 | 0.3 | 33.5 | 0 | 32.6 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 70.4 | 69.6 | 0.8 | 70.4 | 0 | 70.4 | 0 | 69.4 | 1 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 71 | 70.2 | 0.8 | 71 | 0 | 71 | 0 | 70.1 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 70.9 | 70.5 | 0.4 | 70.9 | 0 | 70.9 | 0 | 69.6 | 1.3 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 68.8 | 68.5 | 0.3 | 68.7 | 0.1 | 68.8 | 0 | 68.3 | 0.5 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 71.4 | 70.3 | 1.1 | 71 | 0.4 | 71.4 | 0 | 70.6 | 0.8 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 69.5 | 68.4 | 1.1 | 69.1 | 0.4 | 69.5 | 0 | 68.7 | 0.8 | |
| 3 FENETRAC | 1.7 | 42.2 | 40.5 | 1.7 | 41.3 | 0.9 | 41.5 | 0.7 | 40.1 | 2.1 | |
| 3 FENETRAC | 1.7 | 42.6 | 40.7 | 1.9 | 41.7 | 0.9 | 41.9 | 0.7 | 40.2 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 1.5 | 43.2 | 40.5 | 2.7 | 42.3 | 0.9 | 42.4 | 0.8 | 40.4 | 2.8 | |
| 3 FENETRAC | 1.5 | 43.3 | 40.6 | 2.7 | 42.4 | 0.9 | 42.5 | 0.8 | 40.5 | 2.8 | |
| 3 FENETRAC | 1.5 | 43.5 | 40.5 | 3 | 42.6 | 0.9 | 42.3 | 1.2 | 40.7 | 2.8 | |
| 3 FENETRAC | 1.8 | 43.7 | 39.2 | 4.5 | 41.9 | 1.8 | 42.6 | 1.1 | 40.4 | 3.3 | |
| 3 FENETRAC | 1.8 | 43.7 | 39.5 | 4.2 | 42 | 1.7 | 42.6 | 1.1 | 40.5 | 3.2 | |
| 3 FENETRAC | 10.0 | 28.2 | 24.8 | 3.4 | 26.5 | 1.7 | 26.7 | 1.5 | 25.3 | 2.9 | |
| 3 FENETRAC | 2.3 | 33 | 29.8 | 3.2 | 31.6 | 1.4 | 32.2 | 0.8 | 30.4 | 2.6 | |
| 3 FENETRAC | 2.3 | 33.4 | 29.5 | 3.9 | 31.9 | 1.5 | 32.4 | 1 | 30.6 | 2.8 | |
| 3 FENETRAC | 2.3 | 36.9 | 33.2 | 3.7 | 35.6 | 1.3 | 36.6 | 0.3 | 34.2 | 2.7 | |
| 3 FENETRAC | 2.3 | 36.6 | 33.6 | 3 | 35.2 | 1.4 | 36.4 | 0.2 | 34.2 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 0.3 | 62.2 | 62.2 | 0 | 62.2 | 0 | 62.2 | 0 | 61.8 | 0.4 | |
| 3 FENETRAC | 0.3 | 72.6 | 72.4 | 0.2 | 72.6 | 0 | 72.6 | 0 | 71.7 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 20.9 | 28.1 | 26.6 | 1.5 | 27.2 | 0.9 | 27.7 | 0.4 | 26 | 2.1 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 32.4 | 30.7 | 1.7 | 31.5 | 0.9 | 32.1 | 0.3 | 30 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 32.6 | 31 | 1.6 | 31.8 | 0.8 | 32.5 | 0.1 | 30.8 | 1.8 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 32.1 | 31.1 | 1 | 31.3 | 0.8 | 32 | 0.1 | 30.4 | 1.7 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 37.1 | 35.9 | 1.2 | 36.5 | 0.6 | 37 | 0.1 | 35.4 | 1.7 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 37.5 | 36 | 1.5 | 36.9 | 0.6 | 37.4 | 0.1 | 35.7 | 1.8 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 37.6 | 35.7 | 1.9 | 37.1 | 0.5 | 37.5 | 0.1 | 35.5 | 2.1 | |
| 3 FENETRAC | 9.6 | 28.1 | 25.3 | 2.8 | 26.7 | 1.4 | 27.1 | 1 | 25.7 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 32.4 | 30.2 | 2.2 | 31.2 | 1.2 | 31.9 | 0.5 | 30 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 32.2 | 29.8 | 2.4 | 31 | 1.2 | 31.6 | 0.6 | 30 | 2.2 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 36.9 | 34.8 | 2.1 | 36.1 | 0.8 | 36.9 | 0 | 34.5 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 36.6 | 34.3 | 2.3 | 35.8 | 0.8 | 36.6 | 0 | 34.4 | 2.2 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 37.3 | 35.3 | 2 | 36.6 | 0.7 | 37.3 | 0 | 35.2 | 2.1 | |
| 3 FENETRAC | 2.5 | 31.9 | 30 | 1.9 | 31 | 0.9 | 31.5 | 0.4 | 29.5 | 2.4 | |
| 3 FENETRAC | 0.1 | 72 | 71.9 | 0.1 | 71.9 | 0.1 | 72 | 0 | 71.2 | 0.8 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 65.7 | 65.3 | 0.4 | 65.7 | 0 | 65.7 | 0 | 64.8 | 0.9 | |
| 3 FENETRAC | 0.2 | 68 | 68 | 0 | 68 | 0 | 68 | 0 | 67.8 | 0.2 | |
| 3 FENETRAC | 0.6 | 60.8 | 60.8 | 0 | 60.8 | 0 | 60.8 | 0 | 60.5 | 0.3 | |
| 5 FENETRAC | 5 FENETRAC | 6.0 | 29.2 | 28.8 | 0.4 | 28.2 | 1 | 28.7 | 0.5 | 27.5 | 1.7 |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.2 | 33.9 | 0.3 | 33.3 | 0.9 | 34.1 | 0.1 | 32.4 | 1.8 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.4 | 34 | 0.4 | 33.7 | 0.7 | 34.4 | 0 | 33 | 1.4 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.8 | 34.4 | 0.4 | 34.1 | 0.7 | 34.8 | 0 | 33.5 | 1.3 | |
| 5 FENETRAC | 6.0 | 29.6 | 29.2 | 0.4 | 28.8 | 0.8 | 29.2 | 0.4 | 28.1 | 1.5 | |
| 5 FENETRAC | 2.6 | 38.5 | 38 | 0.5 | 36.6 | 1.9 | 38.2 | 0.3 | 36 | 2.5 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 29.5 | 29 | 0.5 | 27.8 | 1.7 | 28.6 | 0.9 | 27.1 | 2.4 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.2 | 33.6 | 0.6 | 32.4 | 1.8 | 33.5 | 0.7 | 31.6 | 2.6 | |
| 5 FENETRAC | 1.6 | 43.9 | 43.4 | 0.5 | 43.9 | 0 | 43.9 | 0 | 43.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.3 | 40 | 39.7 | 0.3 | 40 | 0 | 40 | 0 | 40 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 38.2 | 38.1 | 0.1 | 38.2 | 0 | 38.2 | 0 | 38.2 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 36.9 | 36.8 | 0.1 | 36.9 | 0 | 36.9 | 0 | 36.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 35.1 | 35 | 0.1 | 35.1 | 0 | 35.1 | 0 | 35.1 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 37.9 | 37.7 | 0.2 | 37.9 | 0 | 37.9 | 0 | 37.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.8 | 40.5 | 40.3 | 0.2 | 40.5 | 0 | 40.5 | 0 | 40.5 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.5 | 41.1 | 40.6 | 0.5 | 41.1 | 0 | 41.1 | 0 | 41.1 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 40.1 | 39.8 | 0.3 | 40.1 | 0 | 40.1 | 0 | 40.1 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 37.9 | 37.7 | 0.2 | 37.9 | 0 | 37.9 | 0 | 37.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.5 | 35 | 34.9 | 0.1 | 35 | 0 | 35 | 0 | 35 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 36.1 | 35.9 | 0.2 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | 36.1 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 36 | 35.9 | 0.1 | 36 | 0 | 36 | 0 | 36 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 39.6 | 39.4 | 0.2 | 39.6 | 0 | 39.6 | 0 | 39.6 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.8 | 40 | 39.9 | 0.1 | 40 | 0 | 40 | 0 | 40 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.8 | 36.4 | 36.2 | 0.2 | 36.4 | 0 | 36.4 | 0 | 36.4 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.5 | 40.6 | 40.5 | 0.1 | 40.6 | 0 | 40.6 | 0 | 40.6 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.5 | 40.9 | 40.8 | 0.1 | 40.9 | 0 | 40.9 | 0 | 40.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 3.9 | 26.9 | 26.9 | 0 | 26.9 | 0 | 26.9 | 0 | 26.4 | 0.5 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 33.4 | 32.5 | 0.9 | 33.4 | 0 | 33.4 | 0 | 32.5 | 0.9 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 5 FENETRAC | 2.2 | 29.6 | 29 | 0.6 | 29.6 | 0 | 29.6 | 0 | 29.3 | 0.3 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 23.5 | 23.4 | 0.1 | 23.5 | 0 | 23.5 | 0 | 23.5 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 42.5 | 41.6 | 0.9 | 39.4 | 3.1 | 41.7 | 0.8 | 39.1 | 3.4 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 43 | 42.2 | 0.8 | 40.3 | 2.7 | 42.3 | 0.7 | 39.8 | 3.2 | |
| 5 FENETRAC | 2.6 | 38.5 | 38 | 0.5 | 36.4 | 2.1 | 38.2 | 0.3 | 35.6 | 2.9 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 29.4 | 28.8 | 0.6 | 27.4 | 2 | 28.4 | 1 | 26.6 | 2.8 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 33.8 | 33 | 0.8 | 31.8 | 2 | 33 | 0.8 | 30.9 | 2.9 | |
| 5 FENETRAC | 2.6 | 38.7 | 38.2 | 0.5 | 37 | 1.7 | 38.4 | 0.3 | 36.5 | 2.2 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 29.8 | 29.3 | 0.5 | 28.2 | 1.6 | 28.9 | 0.9 | 27.4 | 2.4 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.4 | 33.9 | 0.5 | 32.7 | 1.7 | 33.8 | 0.6 | 31.8 | 2.6 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 37.4 | 37.1 | 0.3 | 36.3 | 1.1 | 37.4 | 0 | 35.5 | 1.9 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 34.2 | 33.7 | 0.5 | 33.2 | 1 | 33.9 | 0.3 | 32.2 | 2 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 37.6 | 37.3 | 0.3 | 36.7 | 0.9 | 37.6 | 0 | 35.9 | 1.7 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 34.4 | 34 | 0.4 | 33.4 | 1 | 34.2 | 0.2 | 32.6 | 1.8 | |
| 5 FENETRAC | 7.6 | 28.9 | 28.7 | 0.2 | 27.9 | 1 | 28.4 | 0.5 | 27.2 | 1.7 | |
| 5 FENETRAC | 2.0 | 29.7 | 28.1 | 1.6 | 24.9 | 4.8 | 27 | 2.7 | 25.2 | 4.5 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 33.6 | 32.2 | 1.4 | 29.6 | 4 | 31.6 | 2 | 29 | 4.6 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.1 | 32.9 | 1.2 | 30.4 | 3.7 | 32.3 | 1.8 | 29.8 | 4.3 | |
| 5 FENETRAC | 8.6 | 29.5 | 28.4 | 1.1 | 25.5 | 4 | 27 | 2.5 | 25.5 | 4 | |
| 5 FENETRAC | 5.2 | 29.7 | 28.8 | 0.9 | 26.3 | 3.4 | 28 | 1.7 | 26 | 3.7 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34 | 32.9 | 1.1 | 30.9 | 3.1 | 32.8 | 1.2 | 30.1 | 3.9 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 38 | 36.9 | 1.1 | 35.1 | 2.9 | 37.5 | 0.5 | 34.5 | 3.5 | |
| 5 FENETRAC | 5.2 | 29.8 | 29 | 0.8 | 26.9 | 2.9 | 28.3 | 1.5 | 26.7 | 3.1 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 34.5 | 33.6 | 0.9 | 31.8 | 2.7 | 33.5 | 1 | 31.3 | 3.2 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 38 | 37.1 | 0.9 | 35.5 | 2.5 | 37.4 | 0.6 | 35 | 3 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 36.8 | 36.3 | 0.5 | 35.7 | 1.1 | 36.8 | 0 | 34.8 | 2 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 37.1 | 36.7 | 0.4 | 35.9 | 1.2 | 37.1 | 0 | 35.1 | 2 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 34.7 | 34.2 | 0.5 | 33.6 | 1.1 | 34.3 | 0.4 | 32.6 | 2.1 | |
| 5 FENETRAC | 1.9 | 34.5 | 34 | 0.5 | 33.2 | 1.3 | 34.1 | 0.4 | 32.3 | 2.2 | |
| 5 FENETRAC | 15.0 | 29.6 | 29.1 | 0.5 | 28.3 | 1.3 | 29.1 | 0.5 | 27.4 | 2.2 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 42.3 | 40.9 | 1.4 | 38.1 | 4.2 | 41.3 | 1 | 37.3 | 5 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 38.1 | 36.5 | 1.6 | 34 | 4.1 | 36.8 | 1.3 | 33.4 | 4.7 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 38.2 | 36.8 | 1.4 | 34.9 | 3.3 | 37.3 | 0.9 | 33.6 | 4.6 | |
| 5 FENETRAC | 3.2 | 42.4 | 41.1 | 1.3 | 38.3 | 4.1 | 41.4 | 1 | 37.5 | 4.9 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 44.9 | 44.6 | 0.3 | 44.9 | 0 | 44.9 | 0 | 44.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 44.4 | 44.1 | 0.3 | 44.4 | 0 | 44.4 | 0 | 44.4 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 1.4 | 43.9 | 43.4 | 0.5 | 43.9 | 0 | 43.9 | 0 | 43.9 | 0 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 33 | 32.3 | 0.7 | 33 | 0 | 33 | 0 | 32.1 | 0.9 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 36.1 | 34.9 | 1.2 | 35.9 | 0.2 | 36.1 | 0 | 35 | 1.1 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 47.3 | 46 | 1.3 | 43.4 | 3.9 | 47.3 | 0 | 42 | 5.3 | |
| 5 FENETRAC | 2.6 | 42.9 | 42.5 | 0.4 | 40.9 | 2 | 42.5 | 0.4 | 40.5 | 2.4 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 43.6 | 43.2 | 0.4 | 42.3 | 1.3 | 43.3 | 0.3 | 41.7 | 1.9 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 43.2 | 42.9 | 0.3 | 41.9 | 1.3 | 43 | 0.2 | 41 | 2.2 | |
| 5 FENETRAC | 2.2 | 42.9 | 42.6 | 0.3 | 41.7 | 1.2 | 42.6 | 0.3 | 40.5 | 2.4 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 37 | 36.7 | 0.3 | 36.2 | 0.8 | 37 | 0 | 35.5 | 1.5 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 36.3 | 35.9 | 0.4 | 35.5 | 0.8 | 36.3 | 0 | 34.7 | 1.6 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 36.5 | 36.1 | 0.4 | 35.7 | 0.8 | 36.5 | 0 | 35.2 | 1.3 | |
| 5 FENETRAC | 0.9 | 36.6 | 36.2 | 0.4 | 36 | 0.6 | 36.6 | 0 | 35.4 | 1.2 | |
| 10 bis FEN | 10 bis FENE | 1.2 | 46.8 | 41.7 | 5.1 | 36.4 | 10.4 | 43.8 | 3 | 39.1 | 7.7 |
| 10 bis FENE | 1.2 | 44.1 | 39.4 | 4.7 | 38.3 | 5.8 | 41.6 | 2.5 | 37.1 | 7 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 47.2 | 41.9 | 5.3 | 40.8 | 6.4 | 44 | 3.2 | 39.8 | 7.4 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 46.6 | 41.5 | 5.1 | 34.6 | 12 | 43.7 | 2.9 | 38.4 | 8.2 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 42 | 37 | 5 | 37.7 | 4.3 | 40.5 | 1.5 | 35.2 | 6.8 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 46.7 | 41.3 | 5.4 | 41.7 | 5 | 43.8 | 2.9 | 39.1 | 7.6 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 47.1 | 40.7 | 6.4 | 42.4 | 4.7 | 44.1 | 3 | 39.7 | 7.4 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 46.7 | 39.8 | 6.9 | 41.7 | 5 | 43.6 | 3.1 | 39 | 7.7 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 43.9 | 36.8 | 7.1 | 39.6 | 4.3 | 41.1 | 2.8 | 36.9 | 7 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 41.6 | 36.5 | 5.1 | 37.8 | 3.8 | 40.5 | 1.1 | 34.2 | 7.4 | |
| 10 bis FENE | 2.6 | 44.1 | 32.1 | 12 | 39.3 | 4.8 | 40.3 | 3.8 | 37.5 | 6.6 | |
| 10 bis FENE | 2.1 | 40.8 | 28.9 | 11.9 | 36.5 | 4.3 | 36.4 | 4.4 | 34.3 | 6.5 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 47.6 | 35.7 | 11.9 | 42.8 | 4.8 | 45 | 2.6 | 40.7 | 6.9 | |
| 10 bis FENE | 17.8 | 36.7 | 24.9 | 11.8 | 32.1 | 4.6 | 30.1 | 6.6 | 30.1 | 6.6 | |
| 10 bis FENE | 2.6 | 43.7 | 32.8 | 10.9 | 39.2 | 4.5 | 40.6 | 3.1 | 37 | 6.7 | |
| 10 bis FENE | 2.1 | 40.2 | 29.4 | 10.8 | 36.4 | 3.8 | 36.3 | 3.9 | 33.8 | 6.4 | |
| 10 bis FENE | 1.2 | 48.3 | 35.7 | 12.6 | 43.8 | 4.5 | 45.2 | 3.1 | 40.8 | 7.5 | |
| 10 bis FENE | 2.6 | 43.1 | 32.9 | 10.2 | 40 | 3.1 | 40.7 | 2.4 | 37.4 | 5.7 | |
| 10 bis FENE | 17.8 | 35.7 | 25.5 | 10.2 | 31.6 | 4.1 | 30.3 | 5.4 | 29.5 | 6.2 | |
| 10 bis FENE | 2.2 | 37.3 | 32.2 | 5.1 | 31.8 | 5.5 | 34.7 | 2.6 | 30.5 | 6.8 | |
| 10 bis FENE | 2.2 | 41.2 | 35.6 | 5.6 | 36.9 | 4.3 | 39.2 | 2 | 34.3 | 6.9 | |
| 10 bis FENE | 1.4 | 37.2 | 32.1 | 5.1 | 32.4 | 4.8 | 35 | 2.2 | 29.9 | 7.3 | |
| 10 bis FENE | 1.4 | 38 | 32.8 | 5.2 | 32.4 | 5.6 | 35.8 | 2.2 | 31.6 | 6.4 | |
| 10 bis FENE | 2.2 | 43 | 37.1 | 5.9 | 36.8 | 6.2 | 39.8 | 3.2 | 35.9 | 7.1 | |
| 10 bis FENE | 2.2 | 43.6 | 35.8 | 7.8 | 39.4 | 4.2 | 40.4 | 3.2 | 35.9 | 7.7 | |
| 10 bis FENE | 2.2 | 42.2 | 34.3 | 7.9 | 37.7 | 4.5 | 39.6 | 2.6 | 35.7 | 6.5 | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|
| 10 bis FENE | 1.4 | 36.9 | 30 | 6.9 | 32.7 | 4.2 | 34.6 | 2.3 | 29.7 | 7.2 |
| 10 bis FENE | 2.6 | 42.7 | 37.2 | 5.5 | 30.5 | 12.2 | 38.4 | 4.3 | 34.4 | 8.3 |
| 10 bis FENE | 2.6 | 42.4 | 37.1 | 5.3 | 31 | 11.4 | 38.4 | 4 | 34.9 | 7.5 |
| 10 bis FENE | 2.6 | 41.6 | 37.9 | 3.7 | 31.8 | 9.8 | 38.3 | 3.3 | 35 | 6.6 |
| 10 bis FENE | 2.1 | 37.7 | 34.6 | 3.1 | 28.8 | 8.9 | 34.5 | 3.2 | 32.1 | 5.6 |
| 10 bis FENE | 2.1 | 38.8 | 29.2 | 9.6 | 36 | 2.8 | 36.2 | 2.6 | 33.1 | 5.7 |
| 10 bis FENE | 2.1 | 39.4 | 34.9 | 4.5 | 28.8 | 10.6 | 35.3 | 4.1 | 33.1 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 2.1 | 40.1 | 35.5 | 4.6 | 28.2 | 11.9 | 35.4 | 4.7 | 32.4 | 7.7 |
| 10 bis FENE | 17.8 | 35.3 | 30.9 | 4.4 | 25.5 | 9.8 | 29.1 | 6.2 | 29 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 17.8 | 36.3 | 31.2 | 5.1 | 25.1 | 11.2 | 28.7 | 7.6 | 29.4 | 6.9 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 30.6 | 26 | 4.6 | 25.2 | 5.4 | 28.4 | 2.2 | 24.4 | 6.2 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 42.3 | 36.5 | 5.8 | 35.5 | 6.8 | 39.5 | 2.8 | 35.4 | 6.9 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 36.6 | 30.9 | 5.7 | 29.5 | 7.1 | 35 | 1.6 | 29.5 | 7.1 |
| 10 bis FENE | 14.2 | 31.4 | 26.4 | 5 | 25.6 | 5.8 | 27.3 | 4.1 | 25.1 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 38 | 32.3 | 5.7 | 33.9 | 4.1 | 35.8 | 2.2 | 30.8 | 7.2 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 42.4 | 34.5 | 7.9 | 37.4 | 5 | 39.4 | 3 | 36.3 | 6.1 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 36.2 | 29.2 | 7 | 31.7 | 4.5 | 34.6 | 1.6 | 30.7 | 5.5 |
| 10 bis FENE | 1.5 | 14.6 | 14.6 | 0 | 14.6 | 0 | 14.6 | 0 | 14.6 | 0 |
| 10 bis FENE | 14.2 | 31.3 | 24.8 | 6.5 | 26.6 | 4.7 | 27.3 | 4 | 25.1 | 6.2 |
| 10 bis FENE | 2.2 | 36.7 | 28.8 | 7.9 | 33.1 | 3.6 | 34.6 | 2.1 | 30.2 | 6.5 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 30.5 | 23.7 | 6.8 | 26.7 | 3.8 | 28.5 | 2 | 23.5 | 7 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 28.4 | 24.1 | 4.3 | 23.9 | 4.5 | 25.9 | 2.5 | 21.8 | 6.6 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 34.6 | 30.1 | 4.5 | 30.2 | 4.4 | 32.6 | 2 | 28.3 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 26.1 | 21.6 | 4.5 | 22.5 | 3.6 | 24 | 2.1 | 19.8 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 29.6 | 24.9 | 4.7 | 26.1 | 3.5 | 27.3 | 2.3 | 22.8 | 6.8 |
| 10 bis FENE | 2.2 | 35.5 | 30.7 | 4.8 | 31.7 | 3.8 | 33.5 | 2 | 28.9 | 6.6 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 34.4 | 28.3 | 6.1 | 29.8 | 4.6 | 31.6 | 2.8 | 27.1 | 7.3 |
| 10 bis FENE | 2.2 | 38.2 | 32.2 | 6 | 32.9 | 5.3 | 35.9 | 2.3 | 30.6 | 7.6 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 24.5 | 20.4 | 4.1 | 20.9 | 3.6 | 22.3 | 2.2 | 18.5 | 6 |
| 10 bis FENE | 2.2 | 35.1 | 30.3 | 4.8 | 30.8 | 4.3 | 32.6 | 2.5 | 28.6 | 6.5 |
| 10 bis FENE | 7.1 | 24.9 | 20.7 | 4.2 | 20.7 | 4.2 | 21.5 | 3.4 | 18.6 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 1.4 | 33.6 | 28.5 | 5.1 | 28.4 | 5.2 | 30.5 | 3.1 | 26.1 | 7.5 |
| 10 bis FENE | 2.2 | 38.8 | 32.6 | 6.2 | 33.7 | 5.1 | 35.8 | 3 | 31.1 | 7.7 |
| 10 bis FENE | 7.1 | 28.8 | 24 | 4.8 | 24.5 | 4.3 | 25.7 | 3.1 | 22.5 | 6.3 |
| 10 bis FENE | 7.1 | 24.8 | 20.1 | 4.7 | 20.8 | 4 | 21.5 | 3.3 | 18.4 | 6.4 |
| 10 bis FENE | 7.1 | 28.7 | 23.7 | 5 | 24.1 | 4.6 | 25.7 | 3 | 22.9 | 5.8 |
| 10 bis FENE | 0.8 | 32.1 | 27.4 | 4.7 | 28.3 | 3.8 | 29.7 | 2.4 | 25.5 | 6.6 |
| 2 FENETRAC | 12.3 | 26.8 | 26.8 | 0 | 26.8 | 0 | 26.6 | 0.2 | 26.2 | 0.6 |
| 2 FENETRAC | 2.6 | 33.7 | 33.7 | 0 | 33.7 | 0 | 33.7 | 0 | 33.2 | 0.5 |
| 2 FENETRAC | 2.0 | 38.8 | 38.8 | 0 | 38.8 | 0 | 38.8 | 0 | 38.3 | 0.5 |
| 2 FENETRAC | 2.6 | 33.4 | 33.4 | 0 | 33.4 | 0 | 33.4 | 0 | 32.9 | 0.5 |
| 2 FENETRAC | 2.0 | 38.6 | 38.6 | 0 | 38.6 | 0 | 38.6 | 0 | 38.1 | 0.5 |
| 2 FENETRAC | 1.7 | 42.3 | 42.3 | 0 | 42.3 | 0 | 42.3 | 0 | 41.8 | 0.5 |
| 2 FENETRAC | 1.7 | 42.3 | 42.3 | 0 | 42.3 | 0 | 42.3 | 0 | 41.9 | 0.4 |
| 2 FENETRAC | 1.0 | 37.1 | 37.1 | 0 | 37.1 | 0 | 37.1 | 0 | 37 | 0.1 |
| 2 FENETRAC | 2.6 | 33.9 | 33.9 | 0 | 33.9 | 0 | 33.8 | 0.1 | 33.2 | 0.7 |
| 2 FENETRAC | 2.0 | 39 | 39 | 0 | 39 | 0 | 39 | 0 | 38.3 | 0.7 |
| 2 FENETRAC | 1.7 | 42.6 | 42.6 | 0 | 42.6 | 0 | 42.6 | 0 | 41.9 | 0.7 |
| 2 FENETRAC | 2.2 | 26.4 | 26.4 | 0 | 26.4 | 0 | 26.3 | 0.1 | 26.1 | 0.3 |

CALCULOS DE FACTOR DE CIELO MODELO SIMPLIFICADO.

Town: Compiègne
 Latitude: 49° 25' N
 Altitude: 40 m (AMSL)
 Grid size: 100x100

| DIFERENCIA PROMEDIO FACTOR DE CIELO % | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|------|------|
| Dif. % | CU-A1 | CU-A2 | CU-B | CU-C |
| 0 | 14 | 10 | 24 | 10 |
| 0.1-3 | 56 | 51 | 63 | 46 |
| 3.1-5 | 25 | 18 | 17 | 18 |
| 5.1-10 | 20 | 26 | 14 | 44 |
| >10 | 3 | 13 | 0 | 0 |
| # ventanas | 118 | 118 | 118 | 118 |

| Object | Surface | Area (m²) | Mean sky factor (%) | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-----------|---------------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|--|
| | | | CU | A1 | CU-A1 | A2 | CU-A2 | B | CU-B | C | CU-C | |
| ventanas Bati 4 | ventanas Bati 4_se | 35.1 | 33.3 | 31.4 | 1.9 | 32.8 | 0.5 | 32.8 | 0.5 | 32.1 | 1.2 | |
| | ventanas Bati 4_se | 35.1 | 35 | 31.8 | 3.2 | 33.6 | 1.4 | 33.8 | 1.2 | 32.9 | 2.1 | |
| | ventanas Bati 4_se | 35.1 | 37 | 32.8 | 4.2 | 35.4 | 1.6 | 35.2 | 1.8 | 34.5 | 2.5 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 31.2 | 28.0 | 3.2 | 30.0 | 1.2 | 29.9 | 1.3 | 28.8 | 2.4 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 34.9 | 31.7 | 3.2 | 33.7 | 1.2 | 33.9 | 1.0 | 32.4 | 2.5 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 33.6 | 31.6 | 2.0 | 32.7 | 0.9 | 33.1 | 0.5 | 31.7 | 1.9 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 29.7 | 27.6 | 2.1 | 28.8 | 0.9 | 29.0 | 0.7 | 27.8 | 1.9 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 29.1 | 27.7 | 1.4 | 28.4 | 0.7 | 28.7 | 0.4 | 27.6 | 1.5 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 33.1 | 31.7 | 1.4 | 32.4 | 0.7 | 32.8 | 0.3 | 31.6 | 1.5 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 33 | 32.0 | 1.0 | 32.5 | 0.5 | 32.8 | 0.2 | 31.8 | 1.2 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 33.3 | 32.6 | 0.7 | 32.9 | 0.4 | 33.2 | 0.1 | 32.3 | 1.0 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 34.8 | 34.3 | 0.5 | 34.5 | 0.3 | 34.8 | 0.0 | 34.1 | 0.7 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 28.9 | 27.9 | 1.0 | 28.4 | 0.5 | 28.7 | 0.2 | 27.8 | 1.1 | |
| | ventanas Bati 4_se | 9.0 | 29.4 | 28.6 | 0.8 | 28.9 | 0.5 | 29.2 | 0.2 | 28.4 | 1.0 | |
| ventanas Bati 4_se | 9.0 | 31.3 | 30.8 | 0.5 | 31.0 | 0.3 | 31.3 | 0.0 | 30.6 | 0.7 | | |
| ventanas Bati 3 | ventanas Bati 3_se | 16.8 | 33.3 | 32.9 | 0.4 | 33.2 | 0.1 | 33.3 | 0.0 | 32.8 | 0.5 | |
| | ventanas Bati 3_se | 154.6 | 42.7 | 41.5 | 1.2 | 42.4 | 0.3 | 42.4 | 0.3 | 41.7 | 1.0 | |
| | ventanas Bati 3_se | 16.8 | 34.2 | 33.5 | 0.7 | 34.0 | 0.2 | 34.0 | 0.2 | 33.5 | 0.7 | |
| | ventanas Bati 3_se | 16.8 | 34.5 | 33.4 | 1.1 | 34.3 | 0.2 | 34.2 | 0.3 | 33.6 | 0.9 | |
| | ventanas Bati 3_se | 16.8 | 34.8 | 33.1 | 1.7 | 34.4 | 0.4 | 34.1 | 0.7 | 33.5 | 1.3 | |
| | ventanas Bati 3_se | 16.8 | 35.9 | 33.0 | 2.9 | 35.4 | 0.5 | 34.6 | 1.3 | 34.1 | 1.8 | |
| | ventanas Bati 3_se | 154.6 | 47.1 | 46.0 | 1.1 | 46.8 | 0.3 | 47.0 | 0.1 | 46.1 | 1.0 | |
| ventanas Bati 2 | ventanas Bati 2_se | 34.2 | 32.7 | 27.8 | 4.9 | 31.1 | 1.6 | 30.4 | 2.3 | 29.5 | 3.2 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 24.9 | 20.3 | 4.6 | 23.0 | 1.9 | 22.9 | 2.0 | 21.8 | 3.1 | |
| | ventanas Bati 2_se | 22.6 | 34.8 | 30.1 | 4.7 | 32.9 | 1.9 | 33.9 | 0.9 | 31.5 | 3.3 | |
| | ventanas Bati 2_se | 22.6 | 41.9 | 35.4 | 6.5 | 39.1 | 2.8 | 40.4 | 1.5 | 37.8 | 4.1 | |
| | ventanas Bati 2_se | 22.6 | 43.8 | 35.1 | 8.7 | 39.5 | 4.3 | 41.4 | 2.4 | 38.5 | 5.3 | |
| | ventanas Bati 2_se | 22.6 | 44.1 | 33.3 | 10.8 | 37.5 | 6.6 | 40.4 | 3.7 | 36.8 | 7.3 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 29.1 | 23.8 | 5.3 | 26.9 | 2.2 | 26.7 | 2.4 | 25.7 | 3.4 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 32.4 | 26.4 | 6.0 | 29.7 | 2.7 | 29.4 | 3.0 | 28.7 | 3.7 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 34.7 | 27.9 | 6.8 | 31.5 | 3.2 | 31.1 | 3.6 | 30.6 | 4.1 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 36.2 | 28.6 | 7.6 | 32.5 | 3.7 | 32.0 | 4.2 | 31.7 | 4.5 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 37.2 | 28.9 | 8.3 | 32.7 | 4.5 | 32.3 | 4.9 | 32.3 | 4.9 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 37.7 | 28.2 | 9.5 | 32.4 | 5.3 | 31.8 | 5.9 | 32.0 | 5.7 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 37.9 | 27.5 | 10.4 | 31.8 | 6.1 | 30.8 | 7.1 | 31.5 | 6.4 | |
| | ventanas Bati 2_se | 6.0 | 38 | 27.5 | 10.5 | 30.8 | 7.2 | 30.2 | 7.8 | 31.0 | 7.0 | |
| ventanas Bati 2_se | 69.4 | 33.3 | 31.4 | 1.9 | 28.1 | 5.2 | 31.2 | 2.1 | 28.6 | 4.7 | | |
| ventanas Bati 2_se | 69.4 | 32.9 | 32.2 | 0.7 | 30.4 | 2.5 | 32.1 | 0.8 | 30.3 | 2.6 | | |
| Ventanas Bati1 | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 36 | 30.1 | 5.9 | 22.4 | 13.6 | 28.6 | 7.4 | 28.6 | 7.4 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 39 | 33.3 | 5.7 | 24.9 | 14.1 | 33.3 | 5.7 | 31.1 | 7.9 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 41.8 | 36.3 | 5.5 | 27.6 | 14.2 | 38.2 | 3.6 | 33.6 | 8.2 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 34.7 | 29.6 | 5.1 | 23.5 | 11.2 | 28.7 | 6.0 | 28.1 | 6.6 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 32.9 | 28.7 | 4.2 | 23.3 | 9.6 | 28.1 | 4.8 | 27.2 | 5.7 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 30.9 | 27.3 | 3.6 | 22.7 | 8.2 | 27.0 | 3.9 | 25.8 | 5.1 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 37.7 | 32.8 | 4.9 | 26.2 | 11.5 | 33.1 | 4.6 | 30.7 | 7.0 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 40.6 | 36.0 | 4.6 | 29.2 | 11.4 | 37.7 | 2.9 | 33.3 | 7.3 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 38.8 | 35.0 | 3.8 | 29.1 | 9.7 | 36.5 | 2.3 | 32.8 | 6.0 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 36.7 | 33.5 | 3.2 | 28.7 | 8.0 | 34.8 | 1.9 | 31.4 | 5.3 | |
| | Ventanas Bati1_se | 2.2 | 35.8 | 31.8 | 4.0 | 26.1 | 9.7 | 32.2 | 3.6 | 29.9 | 5.9 | |
| Ventanas Bati1_se | 2.2 | 33.6 | 30.3 | 3.3 | 25.5 | 8.1 | 30.8 | 2.8 | 28.5 | 5.1 | | |
| Ventanas Bati1_se | 76.0 | 34.8 | 30.3 | 4.5 | 30.0 | 4.8 | 31.7 | 3.1 | 29.5 | 5.3 | | |
| ventanas Bati 5 | ventanas Bati 5_se | 24.0 | 37.5 | 37.5 | 0.0 | 37.5 | 0.0 | 37.5 | 0.0 | 37.5 | 0.0 | |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 44.6 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 47.1 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 47.1 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | 47.1 | 0.0 | |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 44.6 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | 44.6 | 0.0 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 47 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 44.4 | 44.4 | 0.0 | 44.4 | 0.0 | 44.4 | 0.0 | 44.4 | 0.0 |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 47 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 | 47.0 | 0.0 |
| | ventanas Bati 5_se | 4.0 | 44.1 | 44.1 | 0.0 | 44.1 | 0.0 | 44.1 | 0.0 | 44.1 | 0.0 |
| | ventanas Bati 5_se | 24.0 | 37.3 | 37.3 | 0.0 | 37.3 | 0.0 | 37.3 | 0.0 | 37.3 | 0.0 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 38.4 | 31.8 | 6.6 | 30.8 | 7.6 | 30.5 | 7.9 | 30.3 | 8.1 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 42.5 | 36.1 | 6.4 | 35.4 | 7.1 | 38.5 | 4.0 | 34.1 | 8.4 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 43.6 | 35.0 | 8.6 | 37.9 | 5.7 | 39.7 | 3.9 | 35.0 | 8.6 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 39.5 | 30.7 | 8.8 | 33.5 | 6.0 | 31.7 | 7.8 | 31.1 | 8.4 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 44 | 34.5 | 9.5 | 39.6 | 4.4 | 40.6 | 3.4 | 36.7 | 7.3 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 39.7 | 30.1 | 9.6 | 35.0 | 4.7 | 32.9 | 6.8 | 32.6 | 7.1 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 44.2 | 36.4 | 7.8 | 40.9 | 3.3 | 41.9 | 2.3 | 38.8 | 5.4 |
| | ventanas Bati 5_se | 12.0 | 39.4 | 31.4 | 8.0 | 35.8 | 3.6 | 34.6 | 4.8 | 34.1 | 5.3 |
| ventanas Bati 7 | ventanas Bati 7_se | 13.5 | 35.1 | 31.0 | 4.1 | 22.2 | 12.9 | 27.4 | 7.7 | 27.7 | 7.4 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 41.6 | 37.9 | 3.7 | 29.3 | 12.3 | 36.5 | 5.1 | 34.2 | 7.4 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 46 | 42.7 | 3.3 | 33.8 | 12.2 | 43.9 | 2.1 | 38.6 | 7.4 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 48.7 | 46.0 | 2.7 | 37.4 | 11.3 | 48.7 | 0.0 | 41.6 | 7.1 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 48.7 | 46.0 | 2.7 | 35.3 | 13.4 | 48.7 | 0.0 | 41.2 | 7.5 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 46 | 42.8 | 3.2 | 31.6 | 14.4 | 43.5 | 2.5 | 38.3 | 7.7 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 42.2 | 38.5 | 3.7 | 27.7 | 14.5 | 36.2 | 6.0 | 34.4 | 7.8 |
| | ventanas Bati 7_se | 13.5 | 37.8 | 34.0 | 3.8 | 29.2 | 8.6 | 30.4 | 7.4 | 30.9 | 6.9 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 43.4 | 39.8 | 3.6 | 34.1 | 9.3 | 38.1 | 5.3 | 35.8 | 7.6 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 43.2 | 39.8 | 3.4 | 35.0 | 8.2 | 39.0 | 4.2 | 36.3 | 6.9 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 47 | 44.0 | 3.0 | 39.4 | 7.6 | 46.2 | 0.8 | 40.2 | 6.8 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 47.1 | 44.0 | 3.1 | 38.4 | 8.7 | 45.8 | 1.3 | 39.6 | 7.5 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 49.4 | 46.8 | 2.6 | 41.7 | 7.7 | 49.4 | 0.0 | 42.0 | 7.4 |
| | ventanas Bati 7_se | 2.5 | 49.4 | 46.9 | 2.5 | 42.8 | 6.6 | 49.4 | 0.0 | 42.7 | 6.7 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 18.4 | 16.0 | 2.4 | 12.7 | 5.7 | 14.9 | 3.5 | 13.2 | 5.2 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 21.4 | 19.2 | 2.2 | 15.9 | 5.5 | 19.0 | 2.4 | 16.2 | 5.2 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 25.8 | 23.9 | 1.9 | 20.9 | 4.9 | 25.0 | 0.8 | 20.8 | 5.0 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 34.4 | 32.9 | 1.5 | 30.1 | 4.3 | 34.4 | 0.0 | 29.7 | 4.7 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 34.6 | 33.1 | 1.5 | 30.5 | 4.1 | 34.6 | 0.0 | 29.9 | 4.7 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 26.1 | 24.3 | 1.8 | 21.2 | 4.9 | 25.5 | 0.6 | 21.1 | 5.0 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 21.8 | 19.7 | 2.1 | 16.3 | 5.5 | 19.6 | 2.2 | 16.6 | 5.2 |
| | ventanas Bati 7_se | 8.0 | 18.9 | 16.5 | 2.4 | 13.2 | 5.7 | 15.4 | 3.5 | 13.6 | 5.3 |
| ventanas Bati 8 | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 25.5 | 25.5 | 0.0 | 25.3 | 0.2 | 25.5 | 0.0 | 25.1 | 0.4 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 31.2 | 31.0 | 0.2 | 30.2 | 1.0 | 31.2 | 0.0 | 30.0 | 1.2 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 39 | 38.4 | 0.6 | 37.4 | 1.6 | 39.0 | 0.0 | 37.2 | 1.8 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 41.3 | 40.0 | 1.3 | 39.1 | 2.2 | 41.2 | 0.1 | 39.1 | 2.2 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 32.1 | 31.8 | 0.3 | 30.7 | 1.4 | 32.1 | 0.0 | 30.6 | 1.5 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 23.9 | 23.9 | 0.0 | 23.6 | 0.3 | 23.9 | 0.0 | 23.5 | 0.4 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 43.4 | 41.9 | 1.5 | 40.5 | 2.9 | 43.2 | 0.2 | 40.9 | 2.5 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 33.6 | 33.2 | 0.4 | 31.7 | 1.9 | 33.5 | 0.1 | 31.9 | 1.7 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 23.6 | 23.6 | 0.0 | 23.0 | 0.6 | 23.5 | 0.1 | 23.2 | 0.4 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 43 | 41.3 | 1.7 | 39.4 | 3.6 | 42.8 | 0.2 | 39.9 | 3.1 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 33.8 | 32.8 | 1.0 | 30.5 | 3.3 | 33.2 | 0.6 | 31.0 | 2.8 |
| | ventanas Bati 8_se | 8.0 | 24.2 | 23.4 | 0.8 | 21.2 | 3.0 | 23.2 | 1.0 | 21.8 | 2.4 |
| ventanas Bati 6 | ventanas Bati 6_se | 11.6 | 33.9 | 31.3 | 2.6 | 29.9 | 4.0 | 31.2 | 2.7 | 30.4 | 3.5 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 38.8 | 36.4 | 2.4 | 35.1 | 3.7 | 37.2 | 1.6 | 35.3 | 3.5 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 43 | 40.8 | 2.2 | 39.6 | 3.4 | 42.4 | 0.6 | 39.5 | 3.5 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 43.6 | 42.0 | 1.6 | 41.2 | 2.4 | 43.2 | 0.4 | 40.9 | 2.7 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 39 | 37.6 | 1.4 | 36.4 | 2.6 | 38.1 | 0.9 | 36.4 | 2.6 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 43.5 | 42.6 | 0.9 | 41.9 | 1.6 | 43.4 | 0.1 | 41.6 | 1.9 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 38.7 | 38.1 | 0.6 | 36.9 | 1.8 | 38.2 | 0.5 | 36.8 | 1.9 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 42.7 | 41.9 | 0.8 | 41.5 | 1.2 | 42.5 | 0.2 | 41.2 | 1.5 |
| | ventanas Bati 6_se | 9.0 | 37.4 | 37.0 | 0.4 | 36.2 | 1.2 | 37.1 | 0.3 | 36.0 | 1.4 |
| | ventanas Bati 6_se | 11.6 | 33.8 | 32.1 | 1.7 | 30.8 | 3.0 | 32.0 | 1.8 | 31.0 | 2.8 |
| | ventanas Bati 6_se | 11.6 | 33.3 | 32.6 | 0.7 | 31.0 | 2.3 | 32.3 | 1.0 | 31.2 | 2.1 |
| | ventanas Bati 6_se | 11.6 | 32.4 | 32.2 | 0.2 | 30.8 | 1.6 | 31.8 | 0.6 | 30.9 | 1.5 |
| | ventanas Bati 6_se | 11.6 | 30.6 | 30.6 | 0.0 | 29.4 | 1.2 | 30.2 | 0.4 | 29.4 | 1.2 |
| | ventanas Bati 6_se | 7.5 | 35 | 34.5 | 0.5 | 34.0 | 1.0 | 34.7 | 0.3 | 33.8 | 1.2 |
| | ventanas Bati 6_se | 7.5 | 40.7 | 40.1 | 0.6 | 39.8 | 0.9 | 40.6 | 0.1 | 39.5 | 1.2 |

8. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Guillermo Yañez Parareda, Dr. Arquitecto. "Arquitectura Solar e Iluminacion Natural". Ed. Munilla-Ileria. (2008)
- 2) Ester Higuera. "Urbanismo Bioclimatico". Ed. Gustavo Gili. (2007)
- 3) Olivier David et Adeline Fabre. "Les économies d'énergie dans l'habitat existant". Ed. Mines Paris. (2007).
- 4) Norbert Lechner. "Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects". Ed. John Wiley and Sons. (2009).
- 5) Alison G. Kwok, AIA + Walter t. Grondzik, PE. "The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design". Ed. Architectural Press. (2007).
- 6) Bruno Peuportier. "Éco-conception des bâtiments et des quartiers". Ed. Mines Paris. (2008).
- 7) Rafael Serra y Helena Coch Roura. "Arquitectura y Energia Natural". Ed. UPC. (1995).
- 8) Bill Dunster, Craig Simmons y Bobby Gilbert. "The ZEDbook". Ed. Taylor & Francis. (2008).
- 9) René Longet et Muriel Lardi. "L'habitat durable existe..." Ed. Jouvence. (2006).
- 10) G. Olive. "Ateque: 5 ans de travaux (1993-1998)". Ed. Plan Urbanisme Construction Architecture. (1999).
- 11) J. O'M. Bockris. "Energy The Solar-Hydrogen Alternative". Ed. The Architectural Press. London. (1975).
- 12) Pierre Le Chapelier. "Energie Solaire et Habitat". Ed. L'affranchi. (1975).
- 13) Chr. Cardonnel. "Salaire Actif et Passif, conception, bilan thermique, habitat". Ed. Parisiennes CFP. (1983).
- 14) Pierre Morel. "Accès à la Réglementation Technique, Habitat neuf et existant". Ed. CATED. (2001).
- 15) F. Javier Neila González. "Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible". Ed. Munilla-Ileria. (2004).
- 16) Guedi Capeluto, Abraham Yezioro, Tamar Bleiberg and Edna Shaviv. "Solar Rights in the Design of Urban Spaces". Art. Plea 2006
- 17) Vicent Torres. "Urbanismo Ecologico en Freiburg".
www.pensamientocritico.org.
- 18) ADEME: www.ademe.fr
- 19) www.legifrance.gouv.fr
- 20) www.gridauh.fr
- 21) www.legrenelle-environnement.fr
- 22) www.industrie.gouv.fr
- 23) www.barcelonaenergia.cat
- 24) U.S. Energy Information Administration : www.eia.doe.gov
- 25) International Energy Agency: www.iea.org
- 26) Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer: www.developpement-durable.gouv.fr