

**Net zero building:** Estudio de implantación de medidas de ahorro de energía en una vivienda existente mediante la tecnología BIM.

## Proyecto Final de Grado

Alumno: Carlos Hervás Muñoz

Tutores: Inmaculada Oliver  
Begoña Fuentes

Septiembre 2014



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
**INGENIERÍA DE**  
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Agradecimientos

---

A pesar del complicado final del curso que he tenido, he podido sacar adelante este trabajo final de curso gracias al apoyo y ayuda de todas las personas que me rodean.

Agradecer a mi familia por el apoyo y todas sus ayudas, como también a mis amigos tanto de la universidad como de fuera. Personas que han hecho más llevadera la carrera hasta su fin.

Dar también las gracias a las dos maravillosas tutoras como es Begoña Fuentes e Inma Oliver por hacernos conocer el mundo BIM como a un montón de gente profesional de este campo. Gracias por su ayuda, dedicación y seguir empujándome para conseguir hacer cosas que al principio parecían imposibles.

A todos!

Muchas Gracias.

# Índice

## Introducción

El Cambio Climático.....	1
Impacto ambiental de los edificios.....	4
Edificios de Energía Cero.....	6

Objetivos.....	8
----------------	---

## Fases y Niveles de diseño para el diseño de Net Cero Buildings.....10

1. Prediseño.....	11
2. Diseño Conceptual.....	11
3. Diseño Desarrollo.....	13
4. Diseño detallado y Documentación.....	14
5. Construcción.....	14
6. Operaciones y Mantenimiento.....	15

Herramientas Utilizadas.....	17
------------------------------	----

Descripción de la Vivienda.....	22
---------------------------------	----

Memoria Constructiva.....	32
---------------------------	----

Cimentación.....	32
Estructura.....	33
Red de Saneamiento.....	35
Albañilería.....	35
Cubierta.....	36
Cantería.....	37
Solados y pavimentos.....	37

## Net zero building

Revestimientos Continuos.....	39
Carpintería y Cerrajería.....	39
Vidrios.....	40
Varios.....	40
Elementos a Analizar.....	42
Análisis del Confort de los Ocupantes.....	46
Confort Térmico.....	46
Confort Visual.....	52
Calidad del Aire.....	54
Confort Acústico.....	55
Análisis del Clima.....	56
1. La Temperatura.....	59
2. La Humedad.....	65
Análisis Solar de la Forma y Orientación.....	68
1. Forma del Edificio.....	75
2. Orientación.....	82
Análisis de la Radiación solar.....	88
La Radiación Solar.....	89
El Acristalamiento.....	94
Masa Térmica y Ganancia Solar.....	95
Superficies de Color.....	96
El Sombreado.....	98
Análisis del Viento.....	103

## Net zero building

La Ventilación Pasiva.....	112
La Orientación y la Forma del edificio en la ventilación.....	116
Ventilación Cruzada.....	118
Eficacia del Flujo del Aire.....	119
Diseño de la Ventana.....	120
Efecto Chimenea.....	122
Chimeneas Solares.....	124
Refrigeración por aire.....	127
Refrigeración Geotérmica.....	128
Análisis de la Luz.....	129
Las propiedades Básicas.....	129
La Iluminación Natural.....	138
Fuentes de luz Eléctrica.....	144
Instalaciones de luz y Diseño.....	151
Recursos y Comportamiento de los Edificios.....	160
Uso del Material.....	160
Uso de los Sistemas de energía.....	161
Uso del Agua.....	162
La energía que contiene el Edificio.....	162
Los Materiales.....	166
Mejoras.....	169
Análisis con Design Builder de la Vivienda Inicial.....	169
Vivienda Inicial.....	172

## Net zero building

Lamas en los Ventanales.....	174
Cambio del Acristalamiento.....	177
Mejoras en Particiones, Forjados, Envolverte.....	180
Vivienda Final.....	182
Calculo del Panel Solar Hibrido.....	184
Descripción de la instalación.....	184
Calculo.....	186
Sistema de captación.....	189
Calculo de las Perdidas.....	191
Producción de ACS.....	195
Producción de Electricidad.....	201
Conclusión.....	204
Bibliografía.....	212

## El cambio climático

Según la comunidad científica, el cambio climático está ocurriendo y sus efectos tendrá graves consecuencias para la sociedad y el medio ambiente. Reducir el uso de energía en los edificios es una de las maneras más importantes de reducir el impacto medioambiental que generamos los seres humanos.

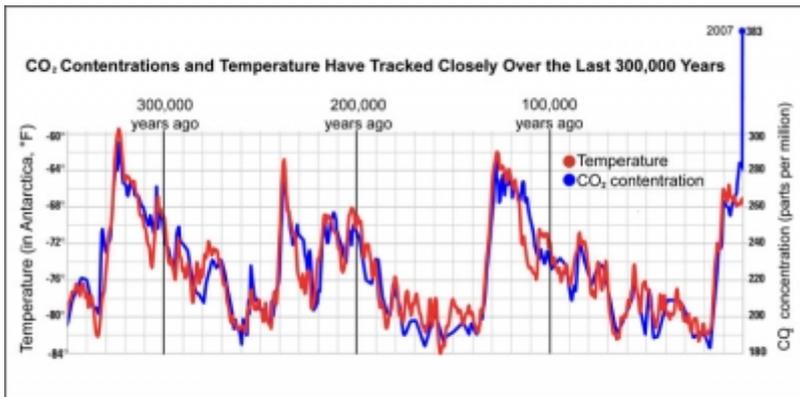


Imagen 1: Concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura. Fuente Apuntes Eficiencia Energética

Los registros de los núcleos de hielo de la Antártida muestran que los cambios en las concentraciones de dióxido de carbono (Azules) siguen de cerca a los cambios de temperatura (rojo). Los niveles de dióxido de carbono son los más altos de los últimos 650.000 años. (Museo de Ciencias Marian Koshland )

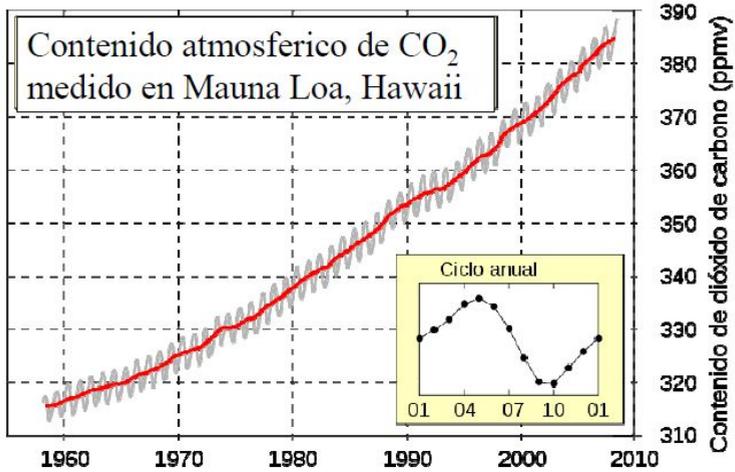


Imagen 2: Contenido de dióxido de carbono mundial. Fuente Apuntes Área Eficiencia Energética



Imagen 3: Fusión de los polos entre 1979 y 2007. Fuente Apuntes Área Eficiencia Energética

Hay un consenso científico donde se ha establecido que el cambio climático se está produciendo como consecuencia de la actividad humana. Modelos matemáticos del cambio climático han relacionado un aumento inducido por el hombre a un aumento de la temperatura global (sobre todo en los últimos 250 años, desde la revolución industrial). La fuente principal de este aumento de gases de efecto invernadero se ha atribuido a las emisiones generadas por el uso de la energía basada en combustibles fósiles.

El cambio climático se ha vinculado a alteraciones observables tales como la pérdida de los glaciares en las montañas como en Argentina o la masa de hielo en las regiones polares, aumentos en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, como olas de frío y de calor, grandes tormentas, huracanes y tornados, inundaciones y grandes sequías.

Los meteorólogos han teorizado que la civilización humana está a un paso de cruzar el umbral o "punto de inflexión" que podría conducir a cambios más radicales en el clima global, y que podrían acelerar la aparición de una nueva era "más calurosa y húmeda", similar al ambiente de la Tierra antes de la aparición de los seres humanos, o una nueva edad de hielo.

Estimaciones científicas dan un periodo de diez años para poder solucionar esta tendencia. Después de esto, el clima del planeta puede cambiar de forma irreversible, y los seres humanos sólo podrán que adaptarse. (IPCC, 12-17 Noviembre 2007)

## Impacto ambiental de los edificios

---



Los edificios representan el 40% del uso de energía en todo el mundo, que es mucho más que el transporte. Además, en los próximos 25 años, se prevé que las emisiones de CO<sub>2</sub> de los edificios crezcan más rápido que en cualquier otro sector.

A menudo, el uso de energía en forma de electricidad crea los mayores impactos ambientales. En Europa este consumo de electricidad por parte de los edificios es un 41% de la factura energética, una cifra que supera a otros sectores como el transporte (33%) y la industria (26%) sobre los que proyectamos, casi siempre, toda la responsabilidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cambio climático. En los Estados Unidos, por ejemplo, donde los edificios representan más del 70% del consumo de electricidad, la mayor parte de la electricidad es generada por plantas de energía eléctrica a carbón. (AEMA, 2004)

Estos impactos exactos se cuantifican mediante la evaluación del ciclo de vida (ECV), la forma más efectiva para determinar los impactos ambientales según el diseño. No hay mejor manera de medir el impacto ambiental de una vivienda.

## Net zero building

Como podemos observar en la imagen 4 de abajo el 83% de la energía total utilizada en el edificio se utiliza en la fase de vida de uso de la edificación, mientras que la confección y manufacturación de los materiales el 14%. La suma de estos dos índices se llevan el 97% de la energía utilizada en el ciclo de vida de un edificio por encima del de construcción. Nuestra meta será reducir la energía total utilizada durante la fase de uso de la vivienda como también una buena elección de los materiales respetuosos con el medio ambiente.

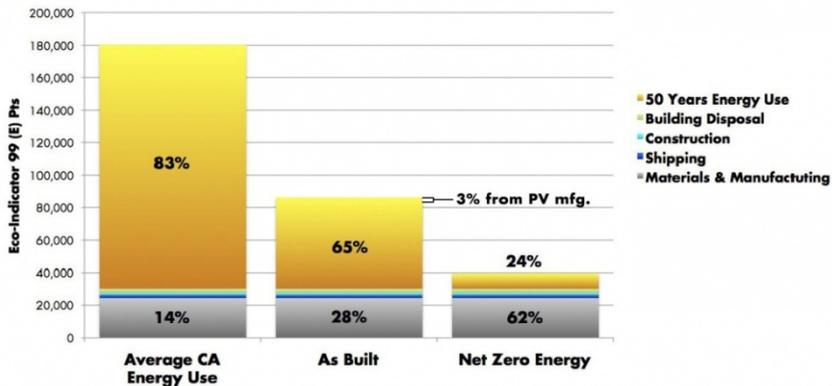


Imagen 4: Energía utilizada en el ciclo de vida de un edificio. Fuente Journal of Green Building

En las próximas décadas se espera un rápido desarrollo de las viviendas ecológicas, mientras que otros muchos edificios tendrán que ser rehabilitados para cumplir con las nuevas exigencias en cuanto al uso de energías renovables. En este proyecto se da alguna información útil para tomar decisiones de diseño que utilizan la energía de manera eficiente para poder llegar a diseñar edificios de energía cero.

## Edificios de energía cero.

---

Un objetivo cada vez más popular es la construcción de edificios de energía cero, más conocidos como Net Zero Energy Buildings. Esto se da cuando su edificio es energéticamente más eficiente y genera suficiente energía como para igualar sus necesidades energéticas anuales.

Estos edificios son de alta eficiencia energética y utilizan la tecnología renovable para producir en el transcurso de un año, tanta energía como la que consumen de la red. Para el diseño de estos edificios de alto rendimiento es mejor medir y comparar los diferentes diseños observando las graficas métricas de energía y de recursos como posteriormente haremos.

La clave para el diseño de edificios de energía cero es la reducción en primer lugar de la demanda de energía tanto como sea posible, en nuestro caso mediante la propuesta de mejoras, y luego elegir una buena fuente de energía. Aquí hay una serie de pasos que se deben de seguir y seguiremos a lo largo de este proyecto:

- 1. Reducir las cargas de energía**
- 2. Optimizar el diseño de estrategias pasivas**
- 3. Optimizar el diseño de sistemas activos**
- 4. Recuperar la energía**
- 5. Generar energía en el lugar**
- 6. Comprar compensaciones de energía / carbono**

## Net zero building

Un ejemplo claro de un proyecto de energía cero o Net Zero Energy es la vivienda que ha diseñado General Electric y que podría lanzarse al mercado en 2015 con el nombre de “*Net-Zero Home Project*” (Imagen 5)

### GE Targets Net Zero Energy Homes by 2015



Imagen 5: Casa Net Zero Energy de General Electric. Fuente [www.gewnewscenter.com](http://www.gewnewscenter.com)

## Objetivos

---

Así nuestro objetivo en este proyecto, va a ser reducir el consumo y la demanda de la vivienda como también reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, para así obtener una vivienda Net Zero Energy Building. Con ello contribuiremos a cuidar el medioambiente, reduciendo los gases de efecto invernadero.

Para conseguir una vivienda sostenible, respetuosa y que aproveche todas las fuentes de energía pasiva que tenga a su alrededor al máximo posible, se va a:

**E**studiar la vivienda inicial para conocer como está construida, su situación, las partes de las cuales está compuesta, de que materiales y que elementos van a necesitar ser mejorados utilizando para ello los planos y la documentación real de la vivienda original.

**E**ntender, estudiar y conseguir que los ocupantes de la vivienda se sientan cómodos alcanzando las máximas horas de confort en el interior de la vivienda utilizando energías pasivas.

**E**studiar y analizar la trayectoria del sol para la orientación y forma de nuestro edificio, obteniendo la mejor orientación para maximizar los beneficios de la radiación solar así como también la forma del edificio para aprovechar la ventilación pasiva.

**A**nálisis del viento sabiendo por donde van a venir los vientos favorables en épocas calurosas del año donde será necesaria la ventilación pasiva.

**A**nálisis de la luz natural como de la artificial, para un mayor aprovechamiento de la luz natural y un mayor ahorro en la demanda de electricidad.

**R**educir la dependencia eléctrica de la red general de abastecimiento, para ser una vivienda totalmente autosuficiente, estudiando y proponiendo un sistema de captadores solares.

**D**isminuir la emisión de CO<sub>2</sub>, mejorando la vivienda para disminuir el consumo, utilizar materiales en las mejoras más respetuosos con el medioambiente y generar energía limpia.

Realizándose finalmente una comparación entre todas las soluciones de mejora posible para comparar entre precios, ahorro energético, económico y emisión de CO<sub>2</sub> de las soluciones.

## Fases y Niveles de diseño para el diseño de Net Zero Buildings

---

El proceso de construcción se ha perfeccionado a lo largo de miles de años. Si bien el proceso de cada proyecto es un poco diferente, los proyectos generalmente progresan a lo largo de unas fases principales. Es importante conocer estas fases ya que ayudan a integrar los pasos antes comentados para conseguir edificios de energía cero.

En estos procesos de diseño hay que elegir los tipos de escala y nivel de detalle con los que se va a trabajar y que irán aumentando estos conforme vaya avanzando el proyecto.

Se deben de tomar decisiones como pasar de una escala más grande de la forma general del edificio a menor escala para componentes y materiales o para un dispositivo de sombreado.

Sin embargo, eso no es siempre así y algunas personas trabajan primero con los detalles. Lo importante es tomar decisiones y que estas sean las buenas sino deberemos estar dispuestos a revisar las hipótesis y decisiones iniciales para optimizar su diseño como un sistema completo y válido.

## *1. Prediseño*

El primer paso es entender los requisitos para el proyecto y las condiciones existentes del sitio y el contexto.

Durante esta fase, que se estudiará el clima local, el solar, el espacio, la correcta comunicación y entendimiento de los objetivos entre el propietario y el equipo del proyecto, la lectura de los códigos técnicos y leyes aplicables, observando a los proyectos precedentes en busca de inspiración, y el estudio de las condiciones existentes en el solar que va a ocupar el edificio.

Empezaremos a entender el potencial y las limitaciones de las estrategias de diseño pasivo para cumplir con sus objetivos de confort térmico y visual. También se empezara a buscar la forma más optima para obtener la energía renovable más limpia, y se podrá ir pensando y ojeando los materiales a utilizar en posteriores fases.

El nivel de detalle de esta fase es nulo, ya que como mucho se puede empezar a modelar la topografía, el entorno o hacer un análisis de datos sobre el clima de la zona. Entender el clima nos dará una buena idea de qué tipo de estrategias de diseño pasivo serán las apropiadas para el proyecto. Estudios tempranos pueden dar pistas adicionales que permitan desarrollar estrategias de diseño conceptual. (Indiana University, 2009)

## *2. Diseño Conceptual (LOD 100: Geometría Conceptual)*

Serán los primeros diseños que variarán probando diferentes masas conceptuales para encontrar la mejor altura, volumen, ubicación y orientación del edificio para beneficiarse del clima y del sol. En esta

etapa, cuando la geometría del edificio aún está en evolución, es importante aprovechar los datos del sol y el viento para las estrategias de diseño pasivo.

La modelización energética puede ayudar a definir la orientación del edificio, concentrando, diseño de programa, tamaño de la ventana, y el sombreado de la fachada. El enfoque principal de la eficiencia energética durante esta fase son la luz del día, ventilación natural, sombreado, ganancias solares y distribución de cargas internas mediante las herramientas BIM como Revit o Vasari.

La eficacia de estas estrategias de diseño pasivo básicas con diferentes opciones de climatización se puede explorar rápidamente con el análisis energético conceptual mediante otra herramienta como DesignBuilder o estudios de diseño solar simples (Vasari). Estas estimaciones iniciales de uso de energía nos pueden ayudar a establecer objetivos cuantitativos.

Como resultado de estos resultados comenzaremos a perfeccionar la forma general, los materiales y el diseño funcional del edificio.

Para crear los diseños de eficiencia energética más rentables, edificabilidad, lo mejor es que los arquitectos, los ingenieros, el propietario y equipo de construcción trabajen en conjunto durante esta fase aun temprana. (Indiana University, 2009)

### *3. Diseño Desarrollo (LOD 200: Aproximación de la Geometría)*

Una vez que se ha alineado en una dirección general de diseño, nos pondremos con todo el diseño del edificio, centrándose más en los detalles de los materiales, espacios, sistemas de construcción y sistemas mecánicos.

Durante esta fase se empezará la resolución de problemas y el estudio de los detalles de los conceptos de diseño suplentes elegidos en la fase de diseño conceptual. Vamos a diseñar elementos como los detalles de la fachada, el diseño de los espacios interiores y la iluminación que se utilizará para tener un análisis energético más detallado de todo el edificio.

Se va a trabajar en los detalles de diseño pasivo, optimizando cada espacio según proceda, para beneficiarnos de cosas como la ventilación natural y la luz del día. Al cuantificar el confort térmico y visual, también se obtendrá una mejor comprensión de los sistemas activos que se necesitan para complementar los sistemas pasivos.

Arquitectos e ingenieros se centran más en su disciplina durante esta fase, pero, como siempre, una buena comunicación es fundamental para las medidas de eficiencia energética. Esta comunicación y colaboración se puede realizar mediante la ayuda de las tecnologías BIM así también como el modelado integrado de la energía. Al final de esta fase, el equipo tendrá una propuesta de diseño, tal vez con varias

opciones para la construcción como nos permite hacer Revit, para que el propietario pueda elegir antes de pasar al diseño detallado.

#### *4. Diseño detallado y documentación (LOD 300: Geometría Precisa)*

Durante esta fase, se describe completamente el diseño para estar listo para la construcción. El modelo contiene montajes específicos y dimensiones precisas.

Durante esta fase, se decidirá definitivamente y especificará productos y materiales de construcción específicos, equilibrando criterios como el costo, impacto ambiental, el rendimiento y las especificaciones de rendimiento que deben cumplir con los requisitos de modelo energético. Los sistemas de climatización e iluminación activos también serán diseñados y especificados en detalle por los ingenieros mediante herramientas como Revit MEP. (Indiana University, 2009)

#### *5. Construcción (LOD 400: Construcción)*

Con el diseño completamente elaborado, ahora se puede asegurar de que el edificio se va a construir de manera y con las especificaciones de rendimiento correcto.

Continuamos pudiendo utilizar herramientas digitales para organizar, coordinar y visualizar el proceso de construcción mediante

herramientas BIM como NavisWorks sin perder datos o con riesgo de confusiones.

El empresario de la construcción impulsa esta fase mientras que nosotros trabajaremos junto a ellos para asegurar que el edificio está construido según el diseño.

En esta fase es cuando los materiales de construcción se suelen comprar. A menudo, las especificaciones permiten sustituciones pero siempre para mejorar y no para empeorar la calidad del material o su grado en cuanto respetar el medioambiente. (Indiana University, 2009)

Por lo tanto podremos modificar el diseño final detallado a lo largo del proyecto de construcción para crear un modelo BIM "as-built" final y el modelo de energía para su uso en operaciones y mantenimiento posteriores.

## *6. Operaciones y Mantenimiento (LOD 500: "As Built")*

Una vez que el edificio ha sido construido, se le prepara para ser ocupado. Es importante proporcionar una guía para ayudar a mantener el edificio en el tiempo de modo que satisfaga las necesidades de sus ocupantes.

Lo primero será comprobar que todos los sistemas del edificio están funcionando correctamente y que los valores coincidan con los datos obtenidos en el diseño y el modelo energético. Una vez que todos los ocupantes estén dentro del edificio utilizando las instalaciones,

tendremos que seguir supervisando el uso de energía y confort térmico para confirmar que el edificio está funcionando sin problemas, y para detectar errores y fallos en los equipos antes de que fallen.

También, porque los cambios se hacen generalmente durante la construcción, se revisará el modelo BIM y los detalles del modelo de energía de acuerdo con el diseño final. Tener modelos y planos de los edificios conforme a obra, junto con los sensores y mecanismos de retroalimentación, puede ayudar a los administradores de instalaciones a mantener el edificio y que siga funcionando de manera eficiente.

## Herramientas Utilizadas

---

Building Information Modeling (BIM) es un enfoque de diseño que utiliza el modelo 3D para crear, modificar, compartir y coordinar la información a lo largo de los procesos de diseño anteriormente vistos.

Además de un proceso de diseño más eficiente, BIM es de gran utilidad para el diseño sostenible, ya que nos ayudará a probar de forma iterativa, analizar y mejorar el diseño de nuestra vivienda.

Las herramientas BIM que he utilizado para el análisis de la vivienda son: Revit, Vasari, Green Building Studio y DesignBuilder.

Estas cuatro herramientas se comunican entre ellas mediante el lenguaje IFC, un lenguaje reconocido mundialmente y que cada vez se está poniendo más en práctica para que se pueda trabajar mediante distintos programas informáticos y aun así no haya pérdidas o confusión de datos.

## Net zero building



**Green Building Studio** es un motor de simulación basado en la web para el análisis energético de todo el edificio. Se basa en el motor de las herramientas de análisis de energía de toda la edificación a través de los productos de Autodesk simulación DOE-2 como Revit o Vasari. Se puede realizar un análisis de cualquier archivo gbXML y no tiene capacidades para modelar.



Imagen 6: Captura Green Building Studio. Fuente propia

Green Building Studio muestra la simulación de los gráficos de energía de los edificios según el uso de energía (combustibles y electricidad) en base a la geometría del edificio, el clima, el tipo de edificio, propiedades de la envolvente, y sistemas activos (climatización y de iluminación). Tiene en cuenta el entorno del edificio y las sombras que

Net zero building

los edificios cercanos podrían ocasionar sobre este a lo largo del año. (Autodesk, 2014)

Autodesk **Whole Building Energy Analysis**

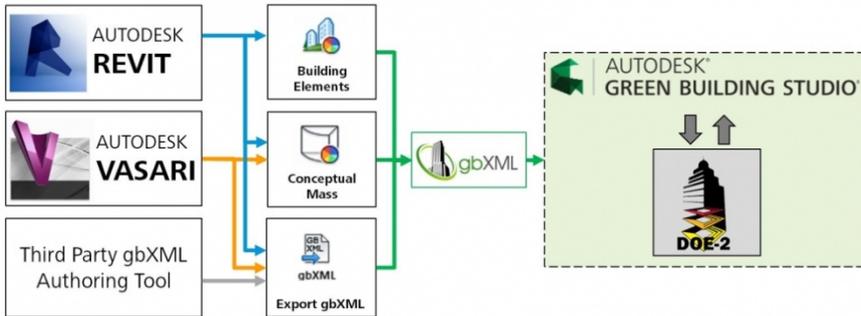


Imagen 7: Como interactúa Green Building Studio con los diferentes programas. Fuente Autodesk



**Design Builder** es una herramienta de modelado de edificios energéticamente eficientes y que mediante dados unos parámetros y formas de las distintas habitaciones de la vivienda realiza unos cálculos utilizando el motor de EnergyPlus da como resultados una gran cantidad de datos energéticos para su análisis. Puede interactuar con Revit, gracias a la utilización del mismo lenguaje IFC. Más adelante, llegada la hora de su utilización se expone más extensamente. (DesignBuilder, 2014)



**Revit** es una plataforma paramétrica de modelado de edificios completamente equipado para su uso durante todo el proceso de diseño. Los modelos de Revit utilizan "elementos de construcción", como paredes, techos, ventanas y pisos para crear modelos en 3D. También hay la posibilidad del diseño de masas conceptuales, utilizando las formas básicas para modelar la forma y orientación del edificio antes en el proceso de diseño. Además de diseño arquitectónico, cuenta con herramientas para el diseño MEP y diseño estructural pudiendo calcular estructura, equipos de carga de climatización y simulaciones de iluminación hasta el final de la fase de diseño. (Autodesk, 2014)

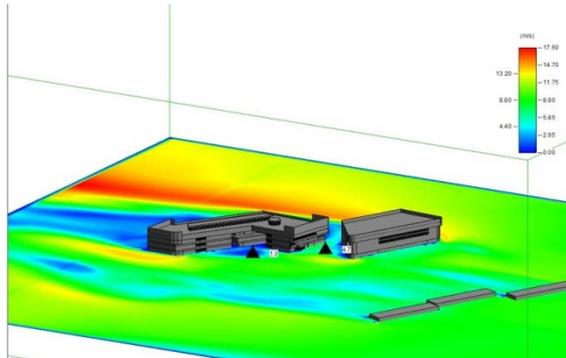


**Vasari** es una herramienta BIM simplificada en fase Beta, ya que cuenta con un motor mucho más potente y actualizado que su predecesor Ecotect. Utiliza las mismas convenciones de modelado como herramientas de masas conceptuales de Revit y el mismo formato de archivo. Mediante este software se pueden comparar alternativas de diseño tempranas, mediante los estudios de soleamiento, estudios de viento y análisis energético conceptual. En resumen es el modelado conceptual y toda la simulación energética de los edificios para las primeras etapas del diseño. (Autodesk, 2014)

## Net zero building

Autodesk Revit y Vasari tienen algunas capacidades integradas adicionales para hacer los estudios de diseño basados en la ruta del sol, la radiación solar, el viento, el flujo de aire, el clima y la luz del día.

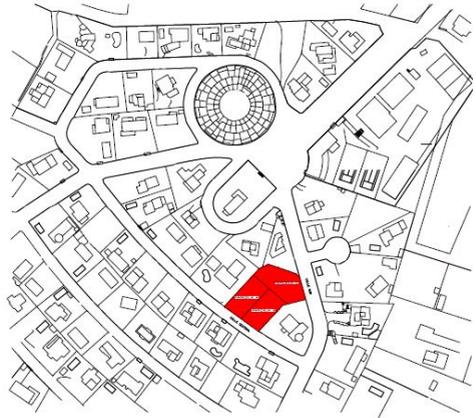
Estos estudios suelen utilizar imágenes con gradientes de color para visualizar los resultados cuantitativos en la geometría del modelo. Saber cómo interpretar los



resultados para mejorar el rendimiento energético del edificio es de mucha utilidad y se puede sacar mucha información al hacer las simulaciones de energía en todo el edificio para saber dónde enfocar los esfuerzos en busca de la energía pasiva. Estos estudios también son útiles para conseguir una mejor comprensión de la forma de mejorar el confort visual y térmico humano.

## Descripción de la Vivienda

El edificio está situado en la localidad de La Eliana a unos 20 km de distancia de la ciudad de Valencia. La Eliana es un municipio dominado por sus urbanizaciones de viviendas unifamiliares aisladas y según el último censo cuenta con 17.527 habitantes y con una superficie total de 8.77 km<sup>2</sup>. Estas viviendas cuentan con dos o tres alturas como máximo y suele ser común la posesión de una piscina dentro de la parcela.



REFERENCIA CATASTRAL 3629406YJ1832N0001HM

Imagen 8: Plano de Emplazamiento. Fuente propia.



Imagen 9: Plano de Situación. Fuente Google Maps.

## Net zero building

Nuestra parcela situada en la calle Cestona Nº 11 es una parcela dividida para hacer tres viviendas unifamiliares aisladas. La parcela A es donde se encuentra situada la vivienda que vamos a estudiar. Cuanta con 600 m<sup>2</sup> y de estos 102m<sup>2</sup> ocupados por la vivienda.

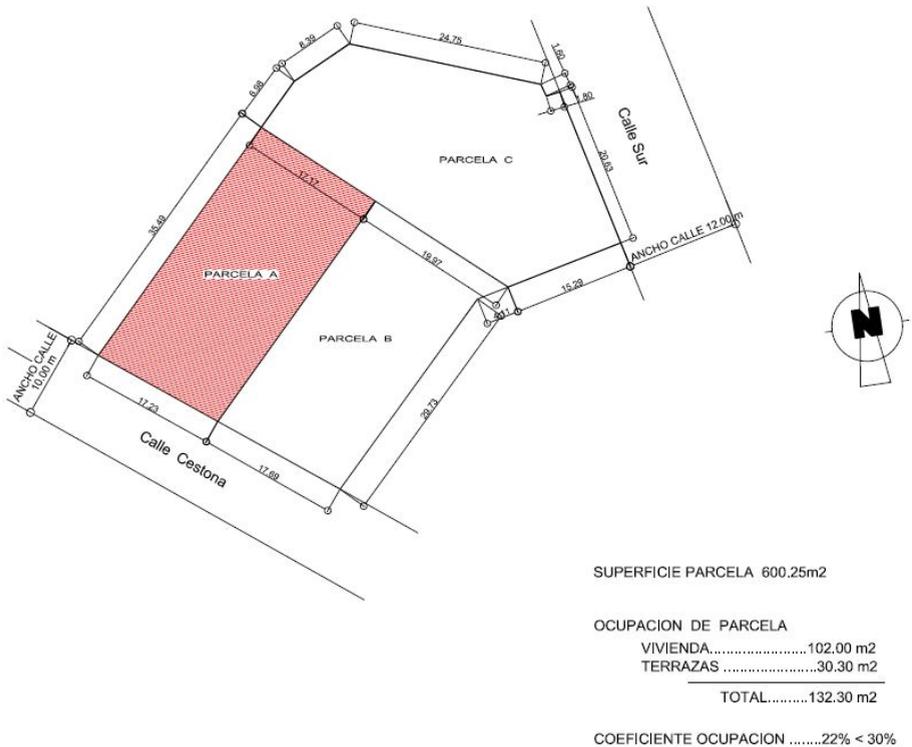


Imagen 10: Croquis de nuestra parcela con sus superficies. Fuente del Proyecto

## Net zero building

La vivienda cuenta con un sótano, una planta baja mas una primera planta. La cubierta es inclinada a cuatro aguas y cuenta con varias terrazas en la primera planta.

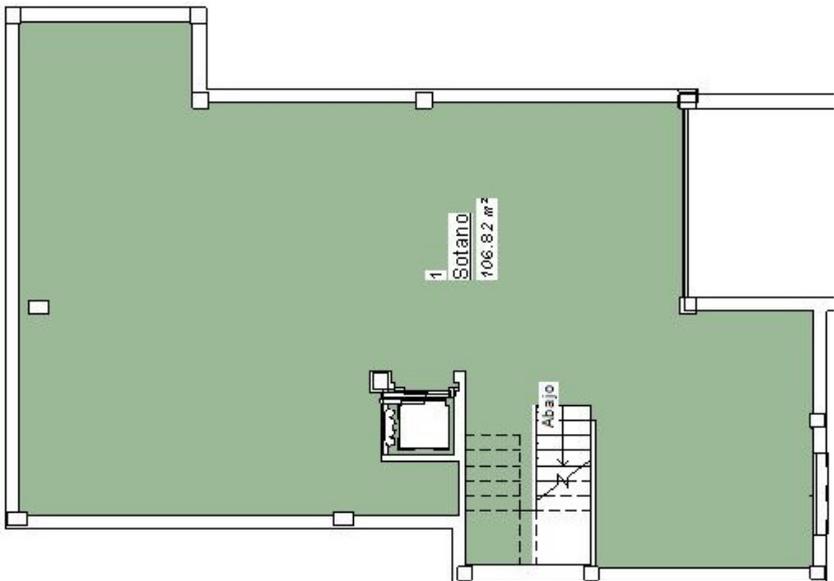


Imagen 11: Plano de Planta Sótano. Fuente propia Revit

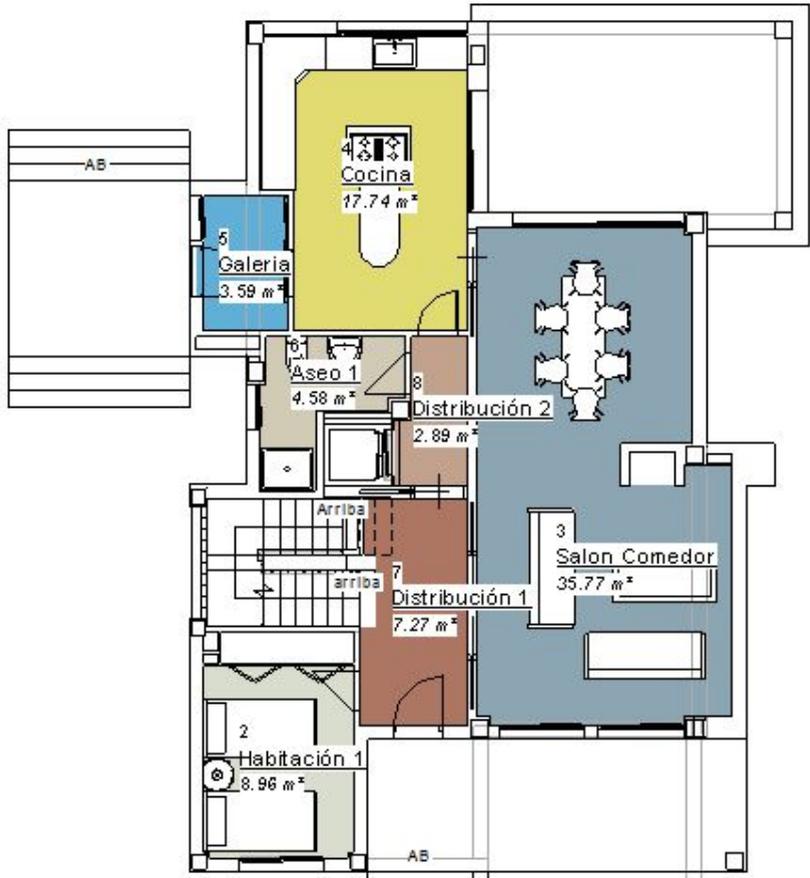
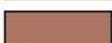
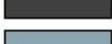


Imagen 12: Plano de Planta Baja. Fuente propia Revit

**Leyenda Habitaciones**

	Aseo 1
	Baño 1
	Baño 2
	Cocina
	Distribución 1
	Distribución 2
	Distribución 3
	Galería
	Habitación 1
	Habitación 2
	Habitación 3
	Habitación 4
	Salon Comedor
	Sotano
	Terraza Delantera
	Terraza Trasera

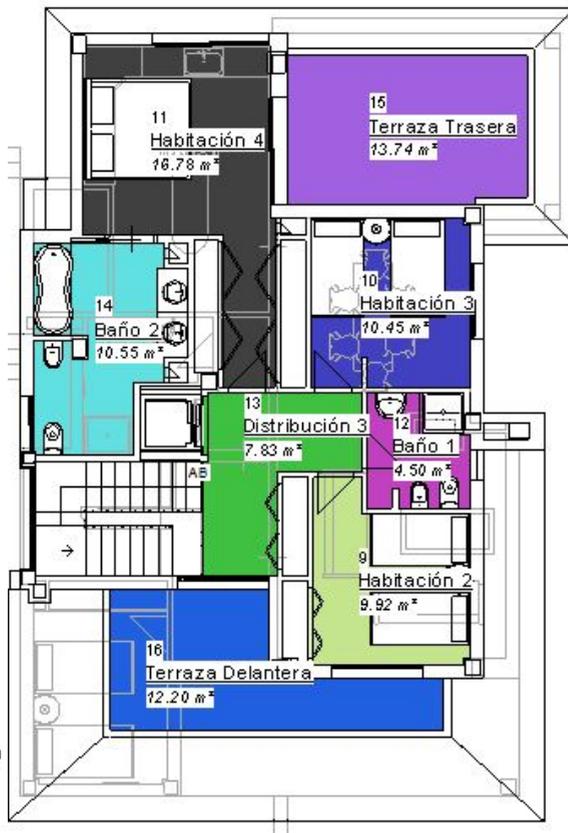


Imagen 13: Plano Planta Primera. Fuente propia Revit

A continuación en la imagen 14, una tabla donde se ven más claramente y resumido las superficies útiles por habitación y planta; y la tabla de superficies construidas por planta de la vivienda.

Tabla Útiles por Habitaciones	
Habitación	Área m <sup>2</sup>

## Sotano

Sotano	106.82
	106.82

## Planta Baja

Habitación 1	8.96
Salon	35.77
Comedor	
Cocina	17.74
Galería	3.59
Aseo 1	4.58
Distribución 1	7.27
Distribución 2	2.89
	80.81

## Planta Primera

Habitación 2	9.92
Habitación 3	10.45
Habitación 4	16.78
Baño 1	4.50
Distribución 3	7.83
Baño 2	10.55
Terraza Trasera	13.74
Terraza Delantera	12.20
	85.98

Total general 273.61

Tabla Útiles por Planta	
Habitación	Área

Sotano	106.82
Planta Baja	80.81
Planta Primera	85.98
	273.61

Tabla Construidos por Planta	
Habitación	Área m <sup>2</sup>

Planta Baja	109.31
Planta Primera	120.41
Total general	229.71

Imagen 14: Tabla Superficies. Fuente propia Revit

Net zero building

## Sección 1-1'

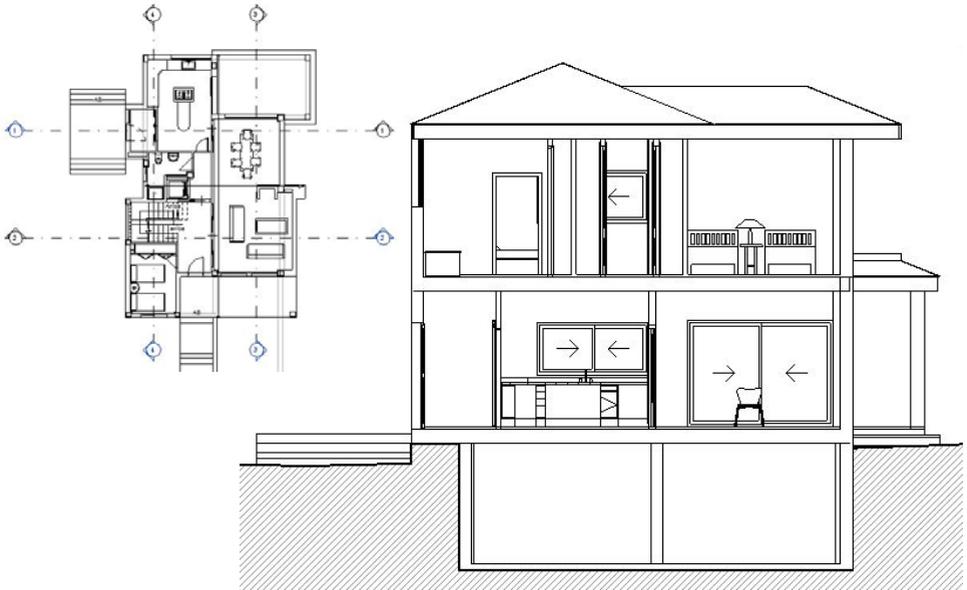


Imagen 15: Sección 1 - 1' . Fuente propia Revit

Net zero building

## Sección 2-2'

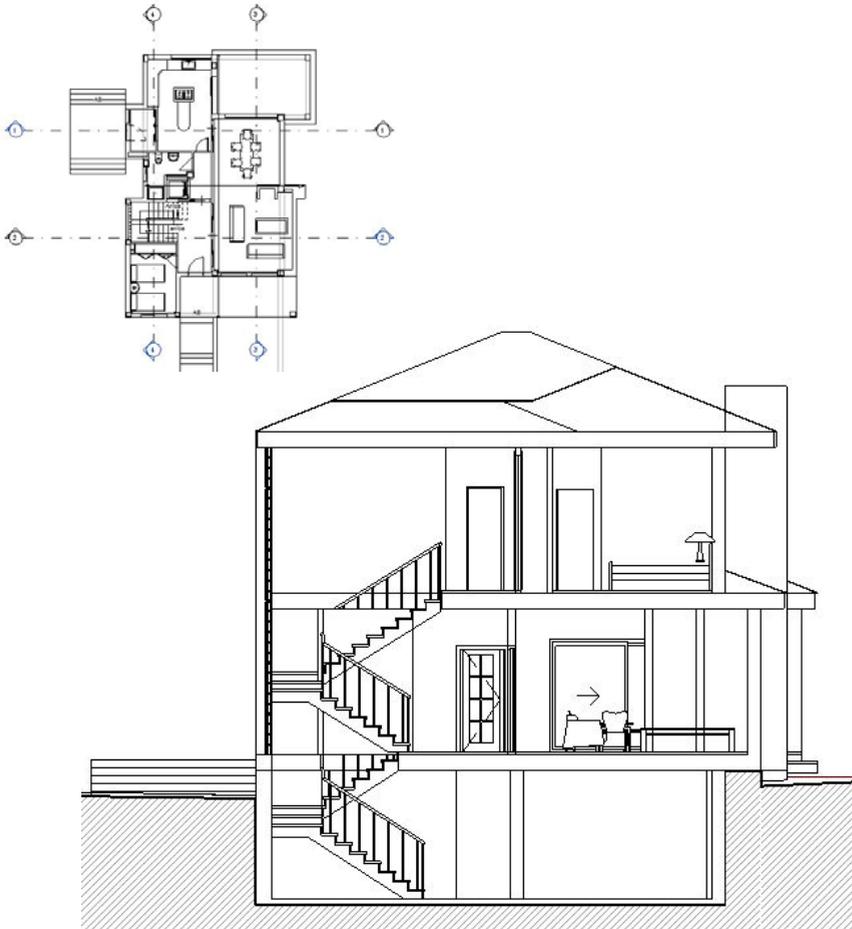


Imagen 16: Sección 2 - 2' . Fuente propia Revit

Net zero building

### Sección 3-3'

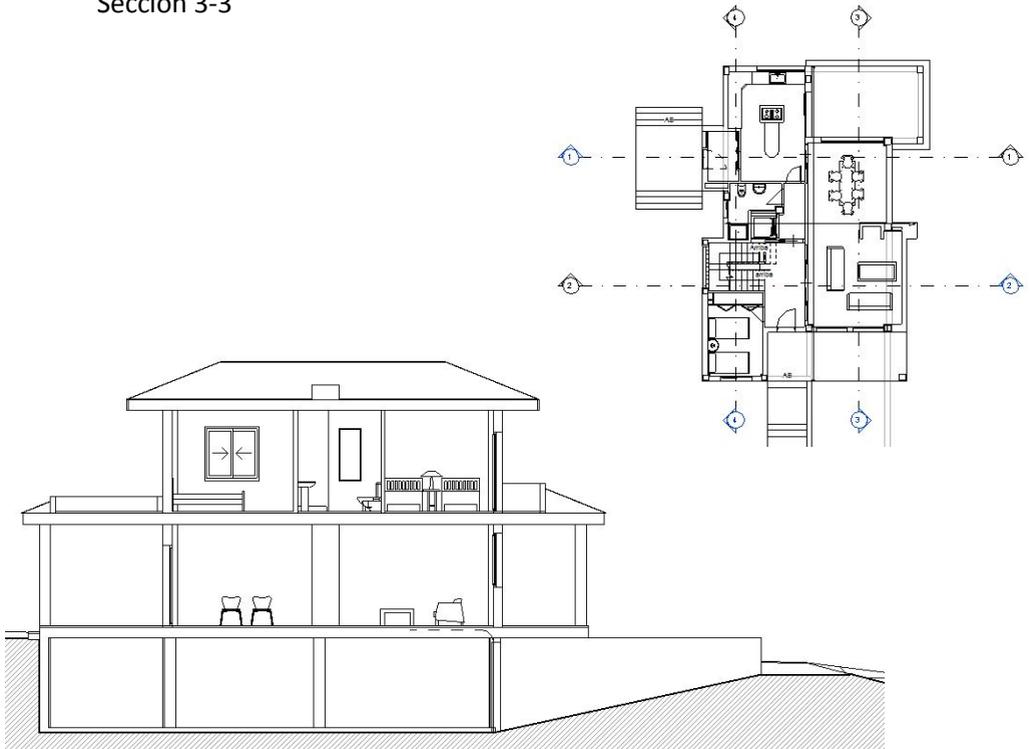


Imagen 17: Sección 3 - 3' . Fuente propia Revit

Net zero building

## Sección 4-4'

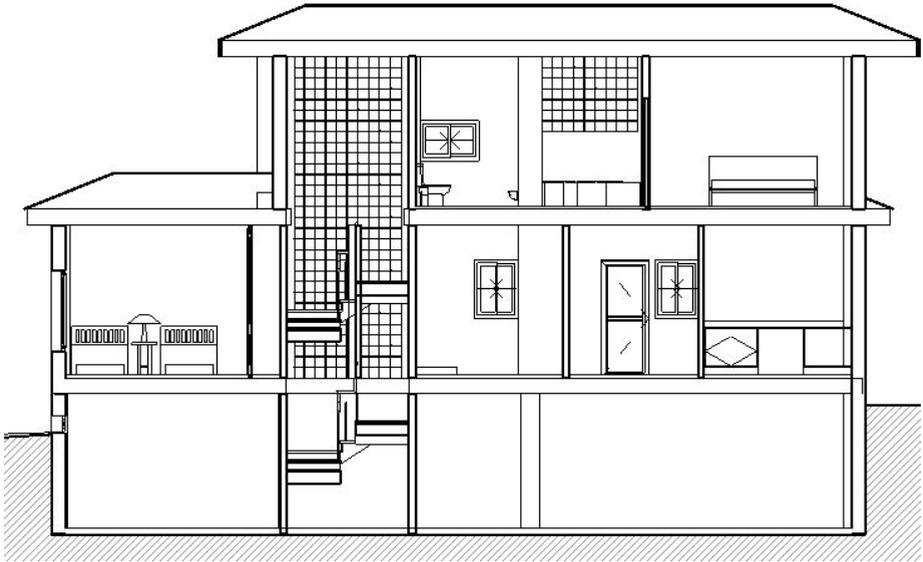


Imagen 18: Sección 4 - 4' . Fuente propia Revit

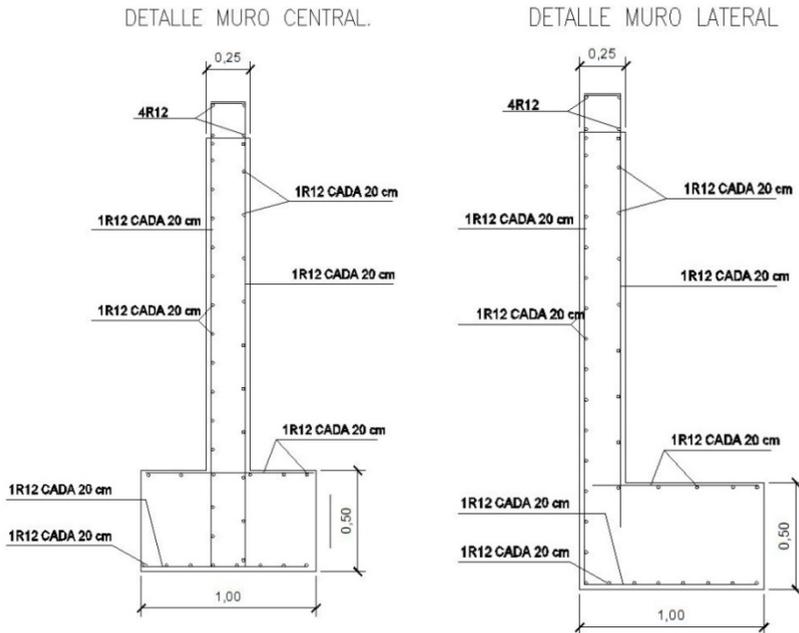
# Memoria Constructiva

---

Una vez conocido el emplazamiento de nuestra vivienda, así como también los planos con superficies útiles y construidas, vamos a pasar a citar la memoria constructiva de la vivienda, ya que es conveniente conocerla para posteriormente poder analizar la envolvente y sus posibles mejoras.

## *CIMENTACIÓN*

La tensión del terreno estimada es de  $0.25 \text{ N/mm}^2$ . La cimentación se realizara mediante zapatas aisladas en los pilares centrales de la vivienda. Las zapatas aisladas y vigas riostra están formadas por hormigón HA-25/B/20/IIa y el acero utilizado es el B-400-S. La cimentación del muro de contención perimetral de la vivienda y de la rampa de acceso al sótano, será mediante zapata corrida y también estará compuesta por hormigón HA-25/B/20/IIa y el acero utilizado es el B-400-S.

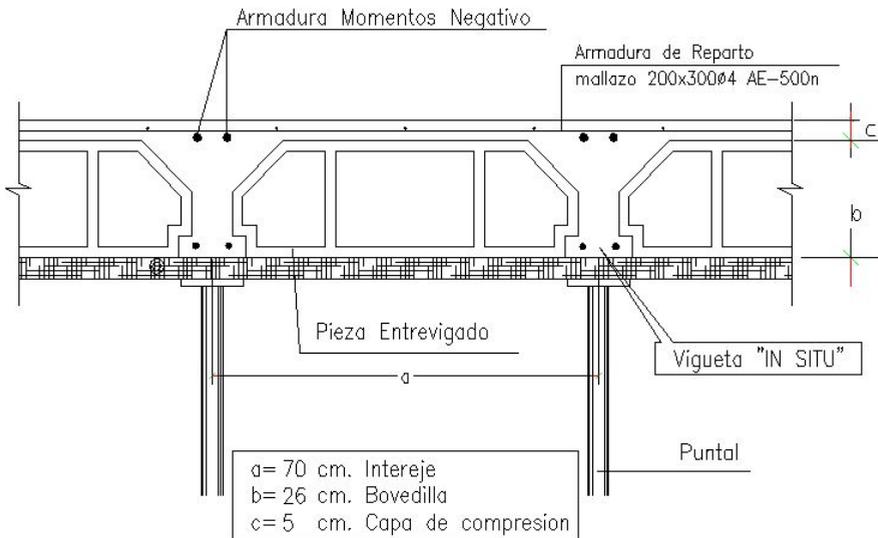


## ESTRUCTURA

Tanto los pilares, las vigas como los zunchos utilizarán un hormigón armado HA-25/B/20/I con un acero B-400-S armados según el plano de despiece. En cuanto al muro de contención del sótano y la rampa será de 25 cm de espesor y también de hormigón armado según los detalles de los planos. Para los muros de contención se utilizará hormigón HA-25/B/20/IIa y acero B-400-S con una impermeabilización a base de emulsión bituminosa aplicada en dos capas a razón de 0,80 Kg/m<sup>2</sup> por capa.

El forjado será de tipo unidireccional horizontal, formado por viguetas de hormigón armadas in situ dimensionadas según cálculos, bovedilla de hormigón, capa de compresión y mallazo, entre vigas y zunchos de hormigón armado in situ (Hormigón HA-25/B/20/I y Acero B-400-S).

La ejecución del forjado se ajustará a los detalles de planos de estructura especialmente en lo que se refiere a la disposición de las viguetas del forjado sanitario y a la ejecución de los muretes de apoyo, a las dimensiones y colocación de armaduras de reparto (mallazo electrosoldado), armaduras de conexión (conectores), y en lo referente a la disposición de las bovedillas.



Por último las losas de escalera estarán formadas de hormigón armado HA-25/B/20/I y acero B 400-S de 14 cm de espesor armada según instrucciones y planos de proyecto.

### *RED DE SANEAMIENTO*

Las bajantes serán de PVC utilizando los codos y las piezas especiales recomendadas y de las dimensiones que marcan los planos. Deberán de ventilar por la parte superior de la cubierta.

A lo referente a los colectores colgados o enterrados también son de de PVC para recogida de aguas fecales hasta las arquetas enterradas. Estas arquetas se construirán de fábrica de ladrillo perforado fuera de la edificación. Se revestirán interiormente mediante enfoscado de mortero impermeabilizante Monotop 620 de Sika. Se conectarán las distintas arquetas con tubería de PVC, hasta la última arqueta del edificio de 70x70 cm y sifónica y de ella a la conexión a la red municipal de saneamiento.

### *ALBAÑILERÍA*

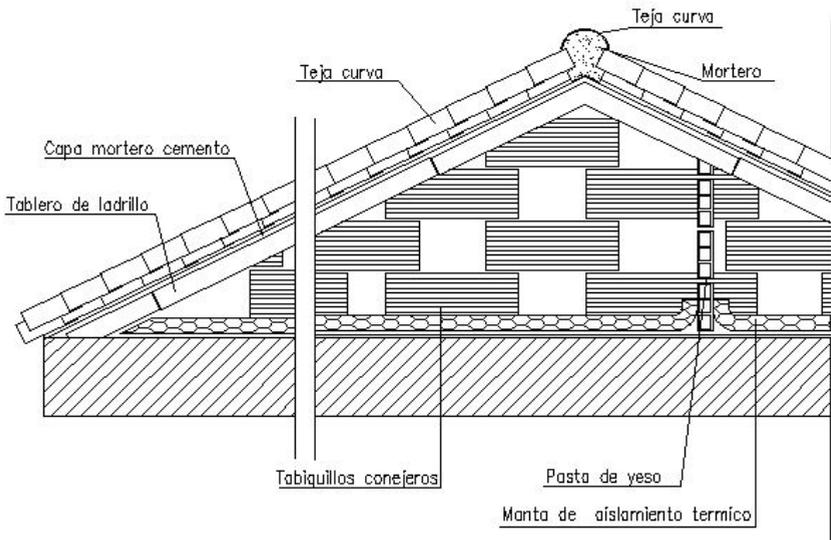
La fachada estará constituida por fabrica de ladrillo cerámico caravista de ½ pié colocado a junta llena, enfoscado interiormente de mortero hidrófugo, cámara de aire, lámina de fibra de vidrio de 2+2 cm. de espesor y hoja de ladrillo doble hueco de 7 cm.

Tanto las divisiones interiores para frentes de armario, empotrados, puertas correderas o peldañado de las escaleras, se utilizara tabique de ladrillo cerámico simple hueco de 4 cm. Para el resto de las

divisiones interiores de la vivienda el ladrillo cerámico doble hueco de 7 cm.

## CUBIERTA

Cubierta inclinada que forma el tejado de la vivienda. Se trata de una cubierta ventilada sobre forjado horizontal realizado con tabicón de ladrillo hueco de 9 cm. de espesor con el 25% de huecos, tablero de bardos cerámicos machihembrados de 110x25x3.5 cm., capa de regularización de 40 mm. de espesor de hormigón H 15 y un tamaño máximo de árido de 20 mm y acabado fratasado, teja cerámica curva de 40x19 cm. recibida con mortero bastardo de cemento y cal hidráulica. El aislamiento térmico de la cubierta se resolverá a base de poliestireno expandido EPS-II de 40 mm de espesor y  $K=0,038 \text{ W/m}^2$  dispuesto sobre el forjado entre los apoyos de la cámara de ventilación.



En las terrazas de la planta primera se construirán cubiertas planas formadas por capa de mortero de cemento M-40a (1:6) de 5 cm de espesor medio para formación de pendientes comprendidas entre  $1 \leq p \leq 5\%$ , impermeabilización con solución monocapa no adherida, tipo PN-1 según NBE-QB-90 y normas UNE-104, con lámina tipo LBM-40-FV de betún modificado de 40 gr/dm<sup>2</sup> armada con fieltro de fibra de vidrio y capa de mortero para recibido de solado de gres definido en el capítulo “Solados y Pavimentos”.

### *CANTERÍA*

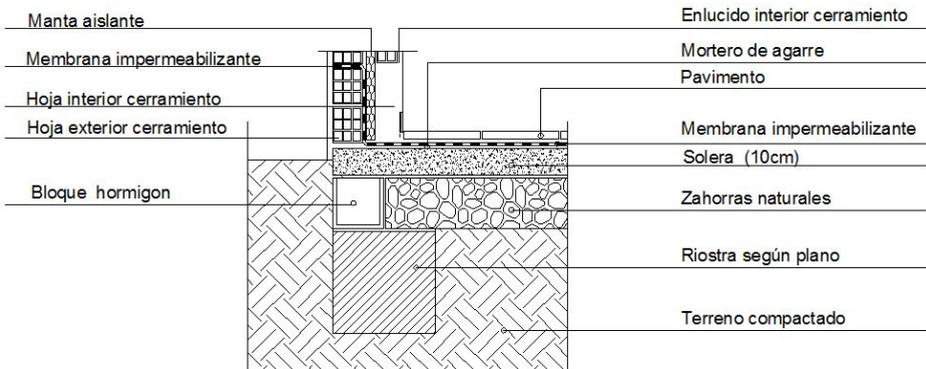
Vierteaguas de puertas y ventanas de fachada principal piedra artificial, acabado pulido de 3 cm. de espesor, con pendiente y goterón.

### *SOLADOS Y PAVIMENTOS*

La rampa de acceso al sótano estará realizada con hormigón HA 15/B/20/IIa con un espesor de 10 cm., reforzada con malla electrosoldada ME 15x15 a diámetro 4-4 B 500 S, compactada a mano y extendida mediante reglado sobre terreno limpio y compactado. Esta solera se construirá sobre terreno compactado al 95 % del Proctor Normal y capa de zahorras de machaqueo de 15 cm de espesor. Sobre esta solera se colocará baldosa hidráulica de punta de diamante en la rampa y el acceso al sótano.

## Net zero building

Para la ejecución de la solera del sótano se deberá de rellenar de un espesor medio de 20 cm de zahorras naturales provenientes de machaqueo colocado entre las zapatas de cimentación, se construirá una solera de 10 cm de espesor de hormigón HA-20/B/20/IIa impermeabilizada con lámina tipo LBM-40-FP de betún modificado de 40 gr/dm<sup>2</sup> armada con fieltro de poliéster y reforzada con mallazo electrosoldado de acero B500-S de 6 mm de diámetro y cuadrícula de 30x15 cm para absorción de retracciones. El pavimento en el sótano será de gres de color y dimensiones a definir por el propietario.



El pavimento utilizado para las terrazas así como también para el acceso principal será un gres antideslizante con junta, con rodapié de 7 cm del mismo material, tomadas con mortero de cemento M-40a (1:6), y rejuntadas con mortero de juntas. Se resolverán los bordes de las terrazas con piezas especiales de gres del mismo tipo. Por otro lado el revestimiento de los peldaños exteriores será a base de piezas especiales de peldaños de gres del mismo tipo que el pavimento de la terraza.

El pavimento a utilizar en las zonas húmedas será con juntas realizado con baldosas de pavimento de gres de 30x30 cm., varios colores y diseño, tomado con mortero de cemento M-5a (1:6), con cemento espolvoreado sobre el mortero fresco y rejuntado con mortero de juntas.

En el resto de las dependencias de la vivienda, pavimento de baldosas porcelánicas cerámicas a elección de la propiedad, con rodapié de 7 cm de altura del mismo material, colocado con junta elástica, sobre capa de mortero de nivelación, con cemento cola adecuado para el tipo de pavimento.

### *REVESTIMIENTOS CONTINUOS*

El revestimiento exterior es un enfoscado maestreado fratasado de mortero de cemento en elementos horizontales exteriores de la vivienda (aleros, cornisas, bajos y frentes de balcones) y en resto de paramentos verticales exteriores, es decir, en medianeras, fachada patio y paramentos verticales de cubierta.

En interiores un enlucido de yeso a máquina maestreado en paramentos verticales.

### *CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA*

La carpintería exterior estará formada por la puerta principal de dos hojas de tablero y perfilaría de madera de iroco de diseño según dirección facultativa. Dispondrá de cierre de seguridad y tres puntos de

anclaje. De diseño según plano de carpintería e indicaciones de la dirección técnica.

Cristaleras, puertas balconeras y ventanas correderas en fachada de perfilaría de aluminio lacado color, con registro monobloch y persiana de lamas de aluminio del mismo color que la carpintería, accionadas por cable y manivela.

Utilizando carpintería de madera en las puertas interiores como las puertas ciegas en dormitorios y baños y acristaladas en salón y cocina de tablero aglomerado macizo contrachapado en madera de haya, de diseño según plano de carpintería, provistas de pernios y manivelas, con marcos de madera de pino y forros y galces de 8 cm de madera de roble.

### *VIDRIOS*

Cristales decorativos en puertas de cocina y salón a elección del propietario. Carpintería exterior con doble acristalamiento incoloro con cámara aislante 4+6+4 mm. Más adelante se especificara la transmitancia.

### *VARIOS*

Conducciones de cobre para agua caliente y fría con aislamiento empotradas para instalación de calefacción por agua caliente. Conexión de caldera y acometida de gas en planta baja. Chimenea para humos de la caldera totalmente instalada. Radiadores de hierro.

Preinstalación de aire acondicionado centralizada.

Ascensor hidráulico unifamiliar para carga de 225 Kg (3 personas) velocidad 0.18 m/s., 4 paradas 3 m. de recorrido, con cabina de 900x770 mm. a base de melamina o laminado plástico, iluminación indirecta sobre dintel, pavimento plástico antideslizante, pasamanos de aluminio anodizado, botonera de pulsadores de piso, alarma y alumbrado de emergencia, puerta interior de apertura telescópica en acero inoxidable.

## Elementos a Analizar

Con la memoria constructiva, vamos a analizar los elementos que pueden hacer que nuestra vivienda pierda energía, para así ver donde falla nuestra vivienda y en qué elementos podemos hacer mejoras y en base a esto poder tener varias opciones para escoger la adecuada. Un objetivo bastante importante es conseguir que en verano toda la energía que suministramos en forma de refrigeración se quede dentro de la vivienda y no se escape. En invierno intentaremos conseguir que las ganancias solares directas que puedan entrar por las ventanas se queden almacenadas dentro y no se escapen. En conclusión buscaremos una envolvente con una baja transmitancia que nos ayudara a bajar el consumo y equilibrar las temperaturas interiores de confort.

Muros Exteriores ( Fachada)						
Material	Espesor (m)	Conductancia (W/m·k)	Ce (J/kg·k)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carbono Incorporado (KgCO <sub>2</sub> /kg)	γ Resistencia Vapor
Mortero de Cemento	0,015	0,79	1000	1330	0,1	10
Tabicón para revestir LH 24x11,5x11cm	0,11	0,625	1000	1210	0,08	10
Poliestireno Expandido (0,037w/mk)	0,04	0,038	1000	30	2,5	60
Tabicón Ladrillo LH 24x11,5x7cm	0,07	0,375	1000	930	0,22	10
Enlucido de Yeso	0,02	0,57	1000	1150	0,12	6
<b>Total Tranmitancia Térmica 0,569 W/m<sup>2</sup>K</b>						

Particiones Interiores						
Material	Espesor (m)	Conductancia (W/m·k)	Ce (J/kg·k)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carbono Incorporado (KgCO <sub>2</sub> /kg)	γ Resistencia Vapor
Enlucido de Yeso	0,015	0,57	1000	1150	0,12	6
Tabicón Ladrillo Hueco del 7	0,07	0,375	1000	930	0,22	10
Enlucido de Yeso	0,015	0,57	1000	1150	0,12	6
<b>Total Tranmitancia Térmica <u>2,003 W/m<sup>2</sup>K</u></b>						

Cubiertas Inclinadas						
Material	Espesor (m)	Conductancia (W/m·k)	Ce (J/kg·k)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carbono Incorporado (KgCO <sub>2</sub> /kg)	γ Resistencia Vapor
Teja cerámica Curva	0,01	1,3	840	2300	0,65	30
Mortero de cemento	0,01	0,79	1000	1330	0,1	10
Bardo Cerámico	0,03	0,29	952	813	0,75	10
Cámara de Aire	-	-	-	-	-	-
Poliestireno Expandido (0,03w/mk)	0,04	0,038	1000	30	2,5	60
Hormigón Celular Formación Pend.	0,15	0,09	1000	300	0,16	6
<b>Total Tranmitancia Térmica <u>0,325 W/m<sup>2</sup>K</u></b>						

Suelos Interiores						
Material	Espesor (m)	Conductancia (W/m·k)	Ce (J/kg·k)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carbono Incorporado (KgCO <sub>2</sub> /kg)	γ Resistencia Vapor
Gres Porcelánico 50x50	0,05	1800	800	2560	0,62	30
Hormigón armado	0,3	2,3	1000	2400	0,26	80
Placa de Yeso o Escayola	0,2	0,25	1000	825	0,12	4
Total Transmitancia Térmica <b>0,833 W/m<sup>2</sup>K</b>						

Acristalamiento				
Material	Espesor (m)	Transmisión Solar Directa (SHGC)	Transmisión de Luz (Tvis)	Valor U (W/m <sup>2</sup> -k)
Doble acristalamiento 4mm cámara 6mm	0,014	0,74	0,801	3,146
Total Transmitancia Térmica <b>3,146 W/m<sup>2</sup>K</b>				

Carpintería Exterior					
Material	Espesor (m)	Conductancia (W/m·k)	Ce (J/kg·k)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carbono Incorporado (KgCO <sub>2</sub> /kg)
Aluminio	0,002	160	880	2800	8,55
Cloruro de Polivinilo	0,005	0,17	900	1390	2,41
Total Transmitancia Térmica <b>4,719 W/m<sup>2</sup>K</b>					

Por una parte tenemos los buenos resultados de la fachada o envolvente y la cubierta. La fachada es bastante buena en cuanto a aislamiento, aunque con un mayor espesor del aislante conseguiríamos mejores resultados. La cubierta inclinada con cámara de aire funciona muy bien, lo que era de esperar, no se le podrá hacer ninguna mejora.

Por la otra parte las particiones interiores son débiles dejando pasar mucha energía al igual que el acristalamiento y la carpintería exterior, donde tenemos los problemas más graves y donde deberemos de tomar medidas.

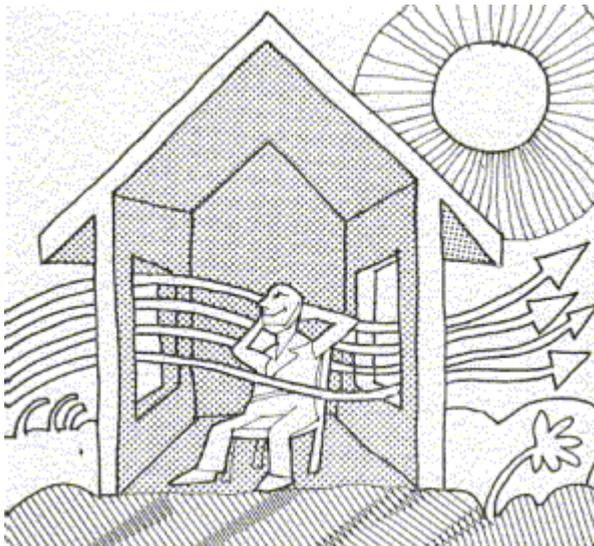
Por último en comentar esta el forjado como lo he llamado suelos interiores, el cual cumple su papel de masa térmica almacenando radiación solar gracias a su gran densidad. En cuanto a la transmitancia de energía, es un buen aislante, aunque este en el interior de la vivienda.

## Análisis del Confort de los ocupantes

Los edificios están diseñados para las personas, y estas personas están realizando una tarea dentro del edificio. Puede ser formar una familia, el funcionamiento de una oficina, o la fabricación de un producto. El edificio tiene que mantener a sus ocupantes cómodos, eficientes, saludables y seguros, sea cual sea la misión del edificio.

Un diseño ecológico pretende crear edificios que mantengan a la gente cómoda y reducir al mínimo los impactos ambientales negativos.

### *El Confort Térmico*



El mantenimiento del confort térmico de una persona significa asegurar que no se sienten ni muy caliente ni muy fría. Esto significa mantener la temperatura, humedad y flujo de aire dentro de un rango aceptable.

Imagen 19: Fuente <http://planosyobras.blogspot.com.es>

Esto es importante porque la creación de condiciones cómodas es uno de los mayores factores del uso de la energía en los edificios y también es fundamental para la felicidad y la productividad de sus usuarios. A menudo, factores como el flujo de aire y la temperatura que se irradia se pasan por alto en un diseño, lo que lleva a un mayor uso de la energía y la insatisfacción de los ocupantes.

Para mantener a la gente cómoda se necesita unos correctos niveles entre la temperatura, la humedad, la temperatura radiante y la velocidad del aire. El nivel adecuado de estas variables depende de qué actividad se está realizando, el grado de actividad que tiene la gente, y lo que llevan puesto. No todo el mundo tiene el mismo grado de comodidad con los mismos niveles, según la persona estos niveles pueden variar.

Algunas maneras de mantener a la gente cómoda es mediante la utilización del calor del sol para calentarse, los ventiladores portátiles o en el techo para mover el aire cuando está demasiado caliente, y el mantenimiento de las superficies que rodean la temperatura correcta con un buen aislamiento para evitar fugas. Los equipos de climatización como calderas, ventiladores e intercambiadores de calor puede moderar la temperatura y la humedad del aire, pero las temperaturas de las superficie y el aire en movimiento también se tienen que tener en cuenta. (Marthina Albarez, 2007)

En nuestro caso vamos a medir la temperatura de confort utilizando los datos que nos proporciona la herramienta de análisis de Ecotect. La

## Net zero building

temperatura de confort es un factor muy complejo de calcular y funciona por estadísticas ya que cada persona tiene un punto de confort diferente. Así la forma de averiguar el confort en una vivienda va a ser mediante la utilización de los ábacos psicométricos.

Los ábacos psicométricos, como acabamos de decir, relacionan una serie de parámetros como la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, la humedad relativa, calor sensible y latente. Estos parámetros son los que deberemos de alcanzar mediante medidas pasivas para realizar un buen diseño con un consumo de energía nulo.

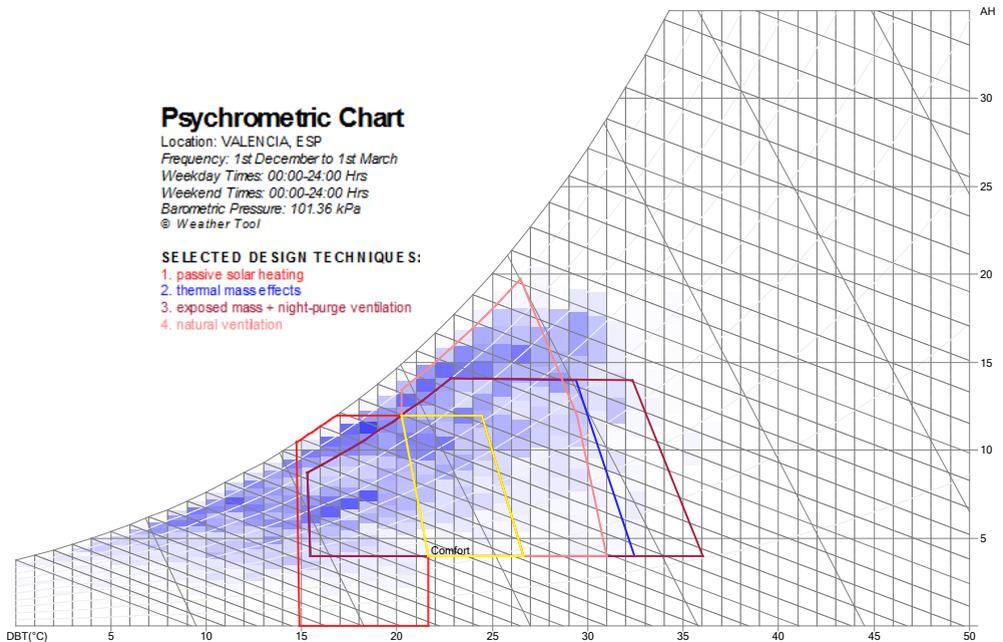
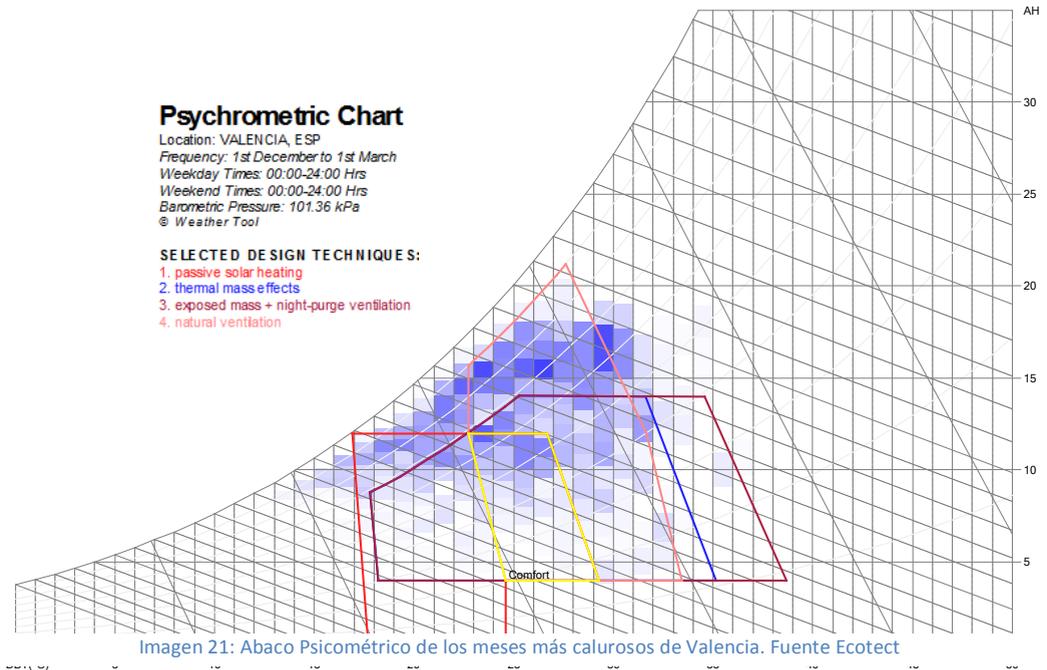


Imagen 20: Abaco Psicométrico de los datos promedio de Valencia. Fuente Ecotect

## Net zero building

El ábaco de la imagen20 contiene los datos promedios de todo un año en Valencia donde realizamos nuestro estudio. El ábaco nos ayuda a ver las técnicas pasivas más adecuadas a utilizar según la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, grado de humedad etc...



## Verano

El ábaco de la imagen 21 ahora representa los datos promedios de los meses más calurosos del año. Aquí podemos observar que la temperatura de confort es entre 23°C y 29°C dependiendo de la presión de vapor. Se observa que si nos encontramos entre 17°C y 24

## Net zero building

9°C mediante el calor solar podremos llegar a la zona de confort. Por el contrario si hace más calor y tenemos una temperatura de entre 25°C y 34°C podremos llegar a la temperatura de confort mediante la ventilación natural.

Por la noche se nos recomienda utilizar la masa térmica, creando un flujo de aire de convección que nos regulara la temperatura de confort durante toda la noche.

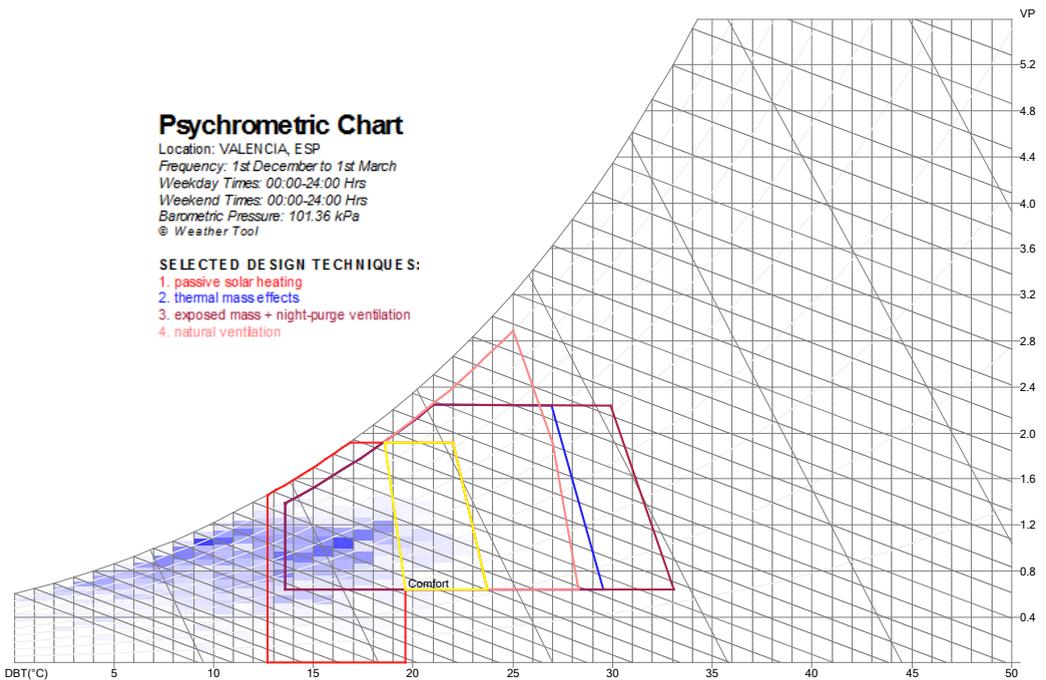


Imagen 22: Abaco Psicométrico de los meses más fríos de Valencia. Fuente Ecotect

## Invierno

En invierno no encontramos con que todas las zonas se han desplazado unos 5 °C hacia la izquierda debido a la caída de temperaturas. Observamos la nueva zona de temperatura de confort que es más estrecha y se sitúa entre los 18 y 24°C. En esta nueva estación del año realizaremos las mismas medidas que en verano. Si nos encontramos por debajo de la temperatura de confort, se nos recomendará la radiación solar pasiva, y si no encontramos por arriba de la temperatura de confort, la ventilación natural. Las medidas con las mismas que en verano, pero las temperaturas a partir de las cuales podemos tomar estas medidas son las que varían.

Del análisis de confort podemos sacar que las estrategias pasivas más comunes para el confort térmico de los ocupantes de la vivienda van a ser la radiación solar pasiva para la ganancia de calor, la ventilación natural cuando se quiera perder energía y la utilización de la masa térmica con flujos de aire de convección por las noches para mantener las temperaturas estables.

## Confort Visual



Imagen 23: Fuente [www.latiendadirecta.es](http://www.latiendadirecta.es)

El mantenimiento de confort visual significa garantizar que la gente tenga suficiente luz para realizar sus actividades, la luz tiene la calidad y el equilibrio adecuado, y con buenas vistas.

Una buena iluminación ayuda a crear un ambiente más feliz y productivo. La luz natural lo hace mucho mejor que la iluminación eléctrica y tener buenas vistas y líneas de visión da a la gente una mayor sensación de control del medio ambiente y proporciona una sensación de bienestar.

Una buena iluminación es aquella que está bien distribuida, que no es intensa y utiliza el mínimo de energía posible. La iluminación se mide a menudo, ya sea por la cantidad de luz que incide sobre una superficie (iluminancia) o la cantidad de luz que refleja de una superficie (luminancia). Esto son medidas objetivas, pero ¿cómo experimentan las personas esta luz es a menudo subjetivo (es decir, se sienten cómodos?, Experimentan deslumbramiento?). No hay que olvidar que un buen

confort visual también significa generalmente que la mayor cantidad de luz sea luz natural.

La iluminación natural se consigue mediante estrategias de diseño como ventanas altas, estantes de luz, y las claraboyas bien colocadas que pueden ayudar a distribuir la luz del sol dentro de un espacio. Cuando nosotros tenemos que utilizar luces artificiales, podemos reducir el consumo de energía mediante el uso de lámparas fluorescentes o LEDs que son más eficientes, con controles de regulación de luz natural, instalaciones eficaces, y un buen diseño de la iluminación. Los buenos controles pueden equilibrar automáticamente la iluminación natural y artificial. La mayoría de las luces deben tener sensores de movimiento. (Marthina Alvarez, 2007)

## *Calidad del aire*



Imagen 24: Fuente [www.five.es](http://www.five.es)

Además de aire que es la temperatura adecuada y la humedad para el confort térmico, es importante que el aire sea limpio y fresco, y se distribuya de manera efectiva por todo el espacio.

Esto es importante porque si el aire está contaminado, puede hacer que la gente se sienta incómoda, improductiva, infeliz, o enferma. El aire fresco ayuda a que la gente esté

alerta, despierta, sea productiva, saludable y feliz.

El aire fresco requiere de un determinado porcentaje de aire exterior que debe circular por los espacios. El aire limpio requiere niveles de contaminantes y patógenos por debajo de ciertos umbrales.

El aire puede mantenerse fresco con altas tasas de ventilación, ya sea usando la ventilación natural, como ventanas o sistemas activos, tales como ventiladores o conductos de climatización. El aire limpio se puede lograr mediante el filtrado de aire y mediante la climatización de los espacios con aire fresco. (Marthina Alvarez, 2007)

## *Confort acústico*



Imagen 25: Fuente [www.celulosa.pro](http://www.celulosa.pro)

El confort acústico significa tener el nivel y la calidad de ruido adecuado para darle el uso previsto a la vivienda.

Esto es importante porque hace que las personas sean más productivas y felices

cuando no están distraídas por ruidos desde el exterior o desde los espacios circundantes. El confort acústico es especialmente molesto en escuelas y edificios de oficinas.

Se puede crear un ambiente cómodo mediante el control de las medidas objetivas como el nivel de decibelios (presión sonora), el tiempo de reverberación, el sonido de la reflexión y la amortiguación de las propiedades de los materiales y se puede optimizar la forma y tamaño de la habitación para reducir los ecos y la reverberación pudiendo utilizar materiales acústicos en techos y paredes para amortiguar el sonido.

## Análisis del Clima

El clima es el factor ambiental más importante y lo primero que los arquitectos e ingenieros deben tener en cuenta en el diseño de un edificio. Para lograr un edificio de energía neta cero, los análisis del clima se deben de realizar en el sitio específico.

El clima puede decidir cómo realizar y llevar a cabo las estrategias de diseño pasivo más adecuadas y eficaces para la obra. Por ejemplo, las estrategias que son perfectas para un lugar caliente y seco pueden ser contraproducentes en un lugar con un clima frío y húmedo.

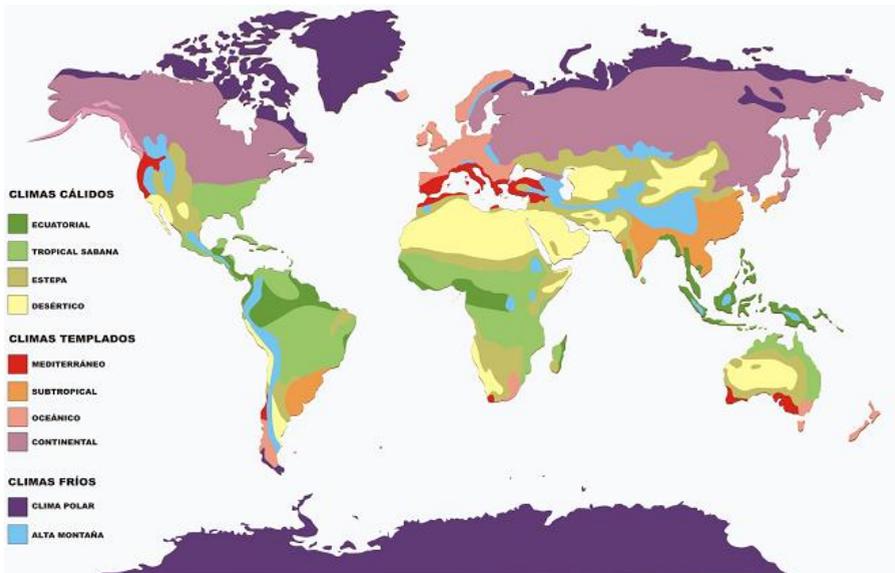


Imagen 26: Zonas Climáticas en Mapa mundial. Fuente <http://nesa21.blogspot.com.es>

El clima de un sitio viene dado por su latitud, altitud y terreno. Un sitio ubicado a 60° N en la cima de la montaña requerirá diferentes estrategias de diseño de un sitio a 7° S a nivel de mar. Con el clima nos referimos a las condiciones atmosféricas medias durante un largo período de tiempo.

## Clasificación Climática

Los diseñadores pueden elegir el diseño de estrategias pasivas adecuadas para su edificio basado en el tipo de clima. Los sistemas de clasificación del clima son útiles para determinar las estrategias de diseño global pasivos a implementar, sin embargo, a menudo no tienen en cuenta los microclimas.

Los microclimas son áreas pequeñas que cuentan con diferentes características climáticas dentro de una zona climática general. Se forman a causa de diferentes topografías, masas de agua, vegetación o entorno. Por ejemplo el pueblo de Cullera en Valencia tiene un microclima al estar situado entre una montaña y el mar. Otros ejemplos como la ciudad de San Francisco exhibe muchos microclimas diferentes debido a las topografías variables y a los diferentes lagos entorno a la zona.

En la Eliana municipio donde se sitúa nuestra vivienda a analizar tendremos un clima similar al de Valencia ciudad, aunque los datos que hemos obtenido y analizaremos más adelante se han obtenido de una estación meteorológica situada en la misma Eliana a escasos metros de nuestra vivienda.

## La temperatura y la humedad

La temperatura y la humedad son dos de los principales condiciones medioambientales que, además del viento y la captación solar, determinarán el confort o la comodidad de una persona en su vivienda. La temperatura y la humedad son también dos de los factores más importantes que deben tenerse en cuenta al diseñar la envolvente del edificio y el dimensionamiento de los sistemas activos mecánicos.

Como vamos a ver a continuación, hay muchas maneras diferentes de representa la información en los gráficos de humedad y temperatura. Cada uno de los distintos formatos tiene sus propias ventajas y desventajas.

## 1. La Temperatura

La temperatura varía a lo largo de todo un día y durante todo el año y es la grafica más fiable para diseñar la calefacción y la refrigeración pasiva.

Dos aspectos básicos de la temperatura son la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo.

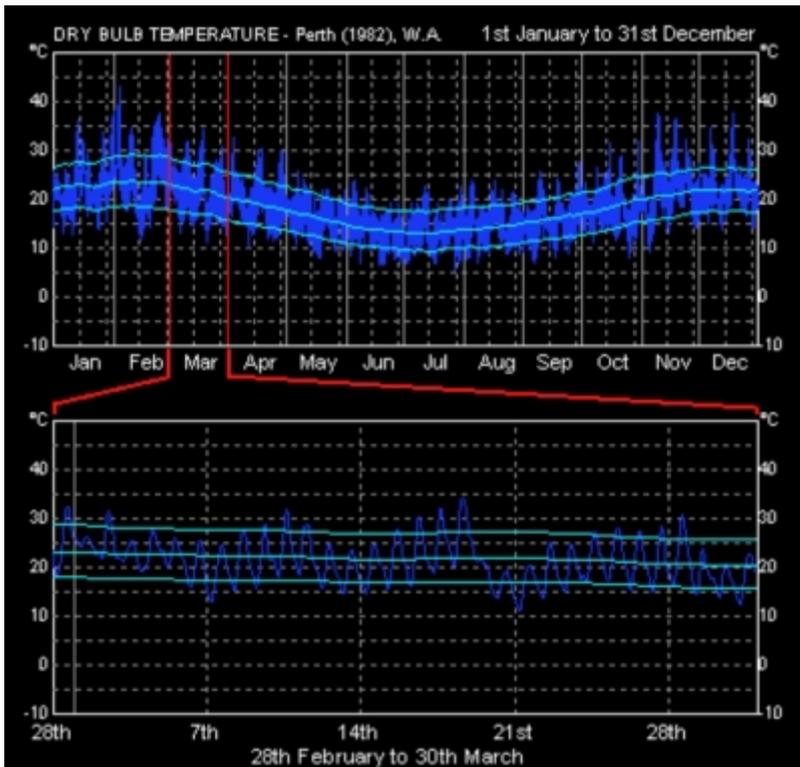


Imagen 27: Fluctuaciones de temperatura típicas en un sitio dado, tanto para todo el año y por sólo unos pocos días. Fuente propia Autodesk Ecotect

## 1.1 Temperatura de bulbo seco

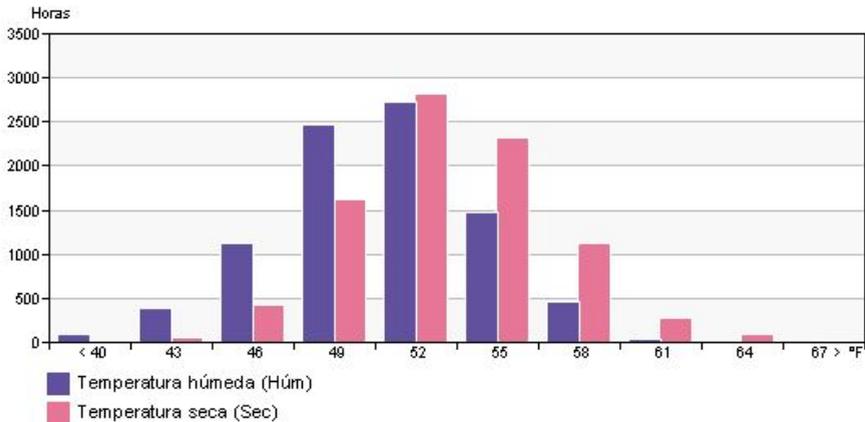
Temperatura de bulbo seco es simplemente la temperatura del aire. No se tiene en cuenta la humedad. Se mide en grados Celsius, grados Fahrenheit, o Kelvin y se pueden medir con termómetro expuesto al aire. (Wikipedia)

## 1.2 Temperatura de bulbo húmedo

Temperatura de bulbo húmedo es la temperatura del aire que tiene en cuenta el potencial de enfriamiento del agua evaporada. Se mide mediante la exposición de un termómetro húmedo al flujo de aire (se envuelve el termómetro en un paño húmedo y se agita en el aire). La evaporación de la humedad depende de la humedad del aire. Al igual que a la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo se puede medir en grados Celsius, grados Fahrenheit, o Kelvin.

Cuando tenemos el 100% de humedad en el aire, el aire está completamente saturado y las temperaturas del bulbo seco y del bulbo húmedo coincidirán. En todos los otros casos, la temperatura de bulbo húmedo siempre será menor que la temperatura de bulbo seco debido a la refrigeración por evaporación. Cuanto mayor sea la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y húmedo, más seco es el aire y menor la humedad relativa. (Wikipedia)

## Grupos de temperatura anual



Los gráficos de las temperaturas anuales para un sitio frío, requieren de calefacción para mayor comodidad. El gráfico también muestra la frecuencia con que se da el bulbo húmedo y de temperaturas de bulbo seco, lo que sugiere que el clima no tiene veranos húmedos. (Autodesk Revit)

### 1.3 La lectura de los gráficos de las temperaturas

#### Temperaturas mensuales

Por supuesto, las temperaturas no siempre son las mismas en el mismo momento del día o año. Un diseño consistente y efectivo significa que hay que diseñar para unas temperaturas promedio según la zona.

Las cajas de color verde muestran los promedios de temperaturas mensuales más altas y más bajas del bulbo seco; este rango garantiza estas temperaturas en estos meses.

Las rayas que se extienden de las cajas muestran las temperaturas extremas que se han registrado sólo el 1% del tiempo en los datos históricos. No son muy probables de que ocurran a menudo, pero para un buen diseño se deben de considerar.

Conocido como se leen los gráficos de temperatura mensual, pasamos a analizar el gráfico de nuestra vivienda para sacar algunas conclusiones que nos ayudaran a entender mejor que mejoras nos ayudaran en nuestra vivienda.

El grafico de la imagen 28, que podemos ver abajo, corresponde a las temperaturas medias medidas en nuestra estación meteorológica. Podemos observar como en los meses centrales el año las temperaturas son más altas (verano) y conforme se van hacia los extremos van disminuyendo (invierno). La temperatura mínima extrema registrada hasta ahora fue de en enero  $25^{\circ}\text{F} = -5.55^{\circ}\text{C}$  y máxima extrema fue de  $95^{\circ}\text{F} = 35^{\circ}\text{C}$ . Las medias durante todo el año rondan entre los  $45$  y  $79^{\circ}\text{F} = 7.22$  y  $26.11^{\circ}\text{C}$  una diferencia de  $19^{\circ}\text{C}$  en total, no teniendo un gran desfase entre temperaturas. En conclusión el clima de nuestra vivienda tiene unas temperaturas suaves a lo largo de todo el año, no llegando a ser muy altas en verano y siendo aptas para combatir las mediante la radiación solar en invierno.

## Net zero building

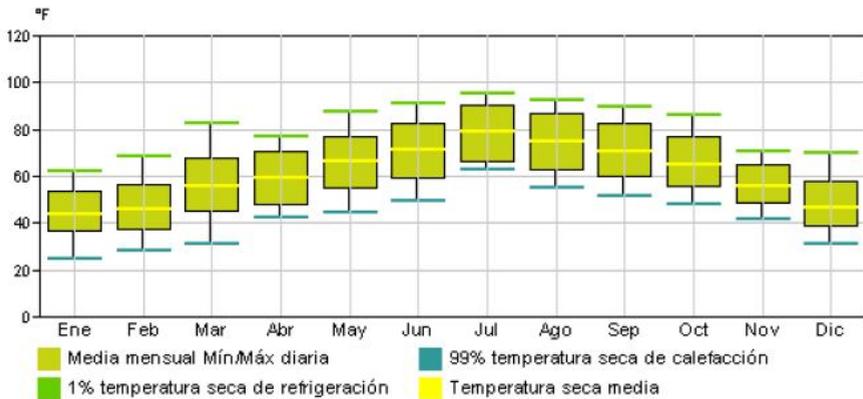


Imagen 28: Temperaturas mensuales medias. Fuente propia Revit

### Grafica de las medias meteorológicas diurnas

El gráfico de la temperatura diurna (imagen 29) muestra los datos de los ciclos diarios de temperatura y radiación en una localización. Los datos normalmente incluye la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, la radiación solar directa y la radiación solar difusa en promedio diario para cada mes. De estos datos se puede estudiar la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (indicador de humedad relativa), la diferencia entre las temperaturas nocturnas y temperaturas diurnas (conocidas como la oscilación diurna), y los patrones de radiación solar, además de muchas más cosas.

Como hemos realizado anteriormente, vamos a analizar el gráfico, pero esta vez el gráfico diurno, respectivo a la localización de nuestra vivienda. Si observamos podemos sacar información como la humedad

relativa que disminuye en los meses calurosos. La diferencia de radiación solar directa que tendremos entre los meses de verano (260 Btu/hr/ft<sup>2</sup>) e invierno (175 Btu/hr/ft<sup>2</sup>) no es muy grande, con lo que esperamos tener una buena incidencia de radiación solar durante todo el año, incluso en invierno. Por último la radiación solar difusa se mantiene constante como era de esperar durante todo el año.

### Medias meteorológicas diurnas

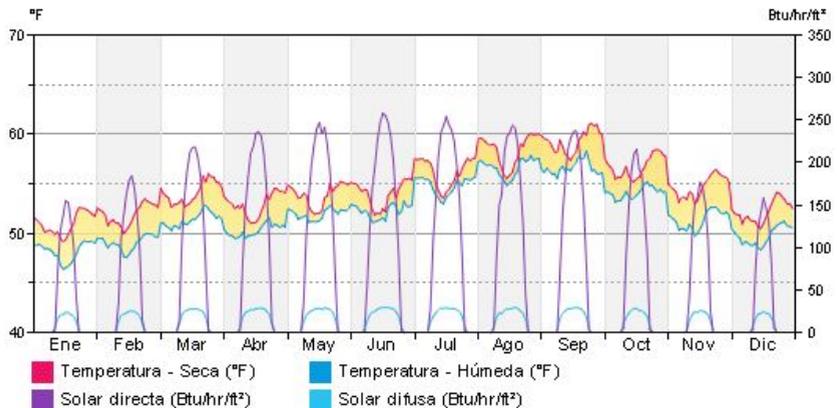


Imagen 29: Gráfico diurno. Fuente propia Vasari/ Revit

## 2. La Humedad

La humedad puede ser tan importante como la temperatura para el confort humano. Demasiada humedad puede aumentar la sensación de calor y hacer que se sientan "bochornosos", aunque sin humedad puede ser incómodamente seco.

El aire caliente puede retener más humedad que el aire frío, pero las personas no percibimos el grado de humedad que hay en el aire.

El grafico de barras compara las temperaturas de bulbo húmedo con las de bulbo seco y ayuda a entender la humedad de la zona. Cuanto mayor sea la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y húmedo, más seco es el aire y menor la humedad relativa.

Para las personas en general consideramos que si nos encontramos entre el 40% y el 55% de humedad relativa estamos cómodos con un buen confort térmico. Por debajo de 40% nos sentimos demasiados secos, por encima al 55% nos sentimos pesados y húmedos (a menos que la temperatura sea fría).

La humedad también afecta a las estrategias de calefacción o de enfriamiento pasivo porque estas serán más eficaces. Un ejemplo es que el enfriamiento por evaporación es mucho más eficaz en climas secos.

## Net zero building

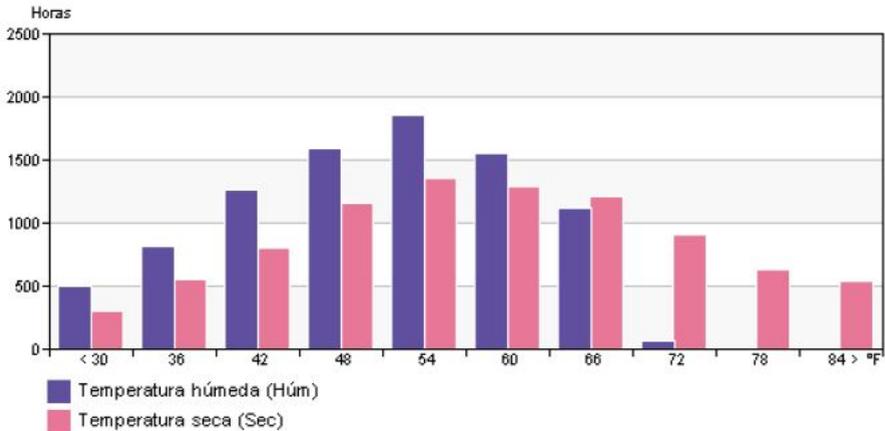


Imagen 30: Grafico de temperaturas húmedas y secas en la situación de nuestra vivienda. Fuente propia Revit

En el grafico de la imagen 30 de arriba podemos ver la humedad que vamos a tener en la situación de nuestra vivienda. Observamos una cosa importante, y es que vamos a tener la vivienda en un lugar húmedo. Las barras azules de temperatura húmeda superan a las temperaturas secas durante 6 meses seguidos. A partir del verano la humedad baja radicalmente hasta enero que vuelve a ir subiendo poco a poco, mes a mes. La humedad afectara a nuestra vivienda a la hora de decidir el tipo de ventilación y posibles aparatos mecánicos que podamos necesitar para deshumidificar el ambiente interior de la vivienda para conseguir el confort adecuado.

Los datos de la humedad a menudo se muestran en un diagrama de Mollier. Al igual que la temperatura, la humedad varía durante todo el día y el año, y para un buen diseño se requiere de una amplia gama de humedades. Se puede representar gráficamente la variación de la humedad para ayudar a establecer sus requisitos de diseño.

## Net zero building

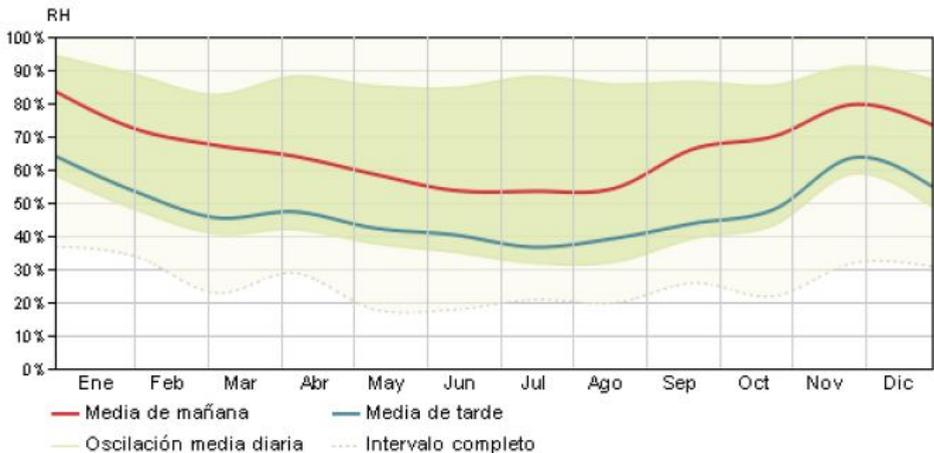


Imagen 31: Variación de humedad a través de un año en un lugar concreto. Fuente propia Autodesk Vasari.

En la imagen 31 se muestra el promedio de humedad por la mañana y por la tarde mediante bandas de color, Rojo y Azul respectivamente. La banda de color verde nos muestra las oscilaciones medias que hace durante un día, llegando a tener un mismo día un 40% y un 90% de humedad. La banda translúcida mucho más amplia limitada por las líneas discontinuas nos muestra todos los registros de humedad máxima y mínima. Al igual que con la variación de temperatura, estos extremos no se dan a menudo, pero deben ser considerarlos y conocidos. En conclusión nos encontramos con un clima con muchas oscilaciones en relación a la humedad, que harán que esta resulte muy difícil de controlar.

## Análisis Solar de la Forma y Orientación

Una vez visto el clima que vamos a tener en el emplazamiento de la vivienda a estudiar, el siguiente paso es el estudio solar para posteriormente poder realizar el análisis de la forma y orientación del edificio. Un estudio solar es el estudio del movimiento del sol durante un día entero o durante todo un año. Es uno de los factores más importantes para el diseño pasivo de edificios de alta eficiencia.

Si tomamos en consideración la trayectoria del sol nuestro edificio puede tomar ventaja en cuenta a estrategias, como la luz del día natural, calefacción pasiva, la generación de energía fotovoltaica e incluso la ventilación natural. Sin embargo, si no tenemos cuidado, estas mismas estrategias pueden ir en contra de nosotros, produciendo deslumbramiento o sobrecalentamiento del edificio.

**Altitud** es el ángulo vertical que el sol hace con el plano del suelo ( $0^\circ < \text{alt} < 90^\circ$ ).

**Acimut** es el ángulo horizontal entre el sol hace con el norte verdadero ( $-180^\circ < \text{azi} < 180^\circ$ , positivos en el sentido de las agujas del reloj desde el norte)

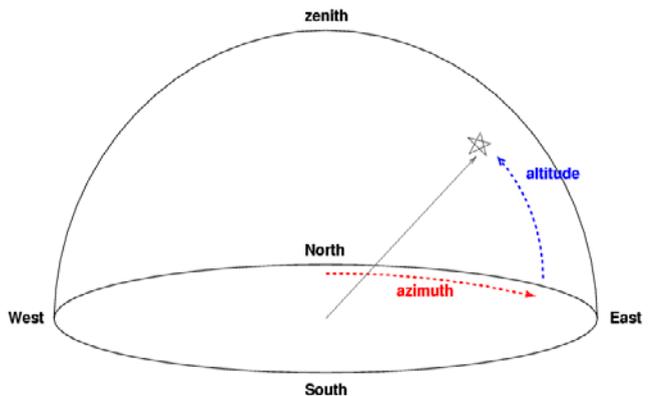


Imagen 32: Altitud y acimut. Fuente Michael Richmond

## Variaciones y Fechas Importantes de temporada

La trayectoria del sol varía a lo largo del año. En el verano el sol está en lo más alto del cielo, y sale desde el este y se pone por el oeste en el hemisferio norte. También amanece mucho antes y se pone mucho más tarde en verano que en invierno.

Para estudiar la posición del sol en verano, a menudo se utiliza el solsticio de verano, el día en que el sol está en su punto más alto.

Por el contrario para estudiar el recorrido solar en invierno, se estudia la trayectoria del sol en el solsticio de invierno, donde el sol está en su punto más bajo.

Para el estudio de las posiciones medias, se puede estudiar la trayectoria del sol en los equinoccios de primavera y otoño. La altura del sol del mediodía en el equinoccio está determinada por la latitud del lugar. Por esta razón los paneles solares se calculan dependiendo de la latitud del lugar, ya que en los equinoccios es donde tenemos más horas de rayos de sol a lo largo de un año que son perpendiculares a la placa solar. (Área Eficiencia Energética UPV, 2014)

Debemos de tener en cuenta:

### **Estudie días particulares:**

*Los solsticios:* Estudio de límites de la posición del sol.

*Los equinoccios:* Estudiar la posición media del sol.

**Estudiar las diferentes estaciones:**

*Estudios de invierno:* ¿Cómo se puede calentar el edificio de forma pasiva?

*Estudios de verano:* ¿Cómo se puede enfriar pasivamente el edificio?

**Fechas importantes**

Solsticio de Verano (22Dec.- 22 Jun.)

Equinocio de Otoño(21 Mar.-21 Sep.)

Solsticio de Invierno(21 Jun.-21 Dec.)

Equinocio de Primavera(21Sep.-21 Mar.)

**Momentos concretos del día:**

- *Mañana:* Es posible que se quiera capturar la energía del sol para calentar espacios de buena mañana. Pero también necesitaremos protegernos del deslumbramiento ocasionado por la baja altura solar.
- *Mediodía:* El sol está más alto en el cielo, con lo cual es más fuerte. Se deseara capturar el sol para la calefacción solar pasiva en invierno y la generación de energía durante todo el año.
- *Tarde:* Posiblemente se desee evitar el sobrecalentamiento y el deslumbramiento.

## Visualizar Trayectoria del Sol

### *Trayectoria en Verano*

En la imagen 33 tenemos una visualización en 3D de nuestra vivienda, que muestra el movimiento del sol durante todo el día el día 21 de junio. (Solsticio de verano)

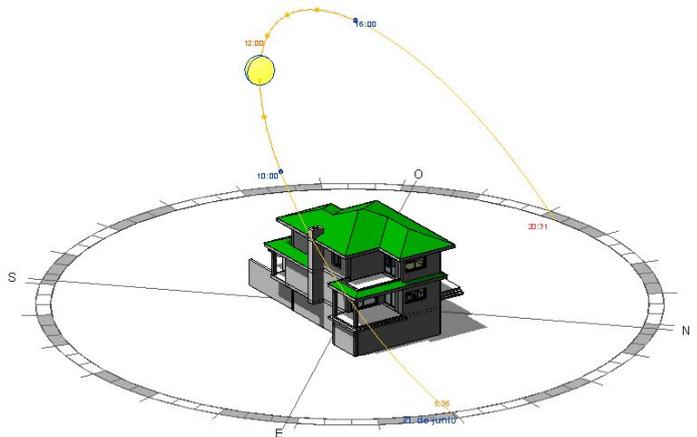


Imagen 33: Trayectoria solar verano. Hora 12:00. Fuente Propia Revit

### *Trayectoria en Invierno*

Visualización en 3D de nuestra vivienda, que muestra el movimiento del sol durante todo el día el 21 de diciembre (solsticio de invierno)

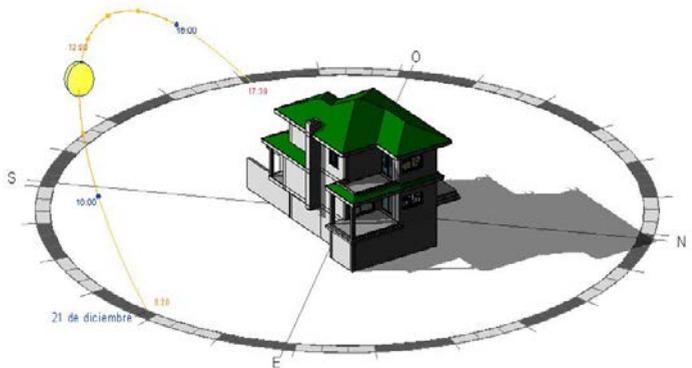


Imagen 34: Trayectoria solar invierno. Hora 12:00. Fuente Propia Revit

### *Trayectoria en los Equinoccios*

Muestra la posición del sol a lo largo del año, a las 12:00 del mediodía en el equinoccio de primavera, aunque el equinoccio de otoño tiene la misma trayectoria.

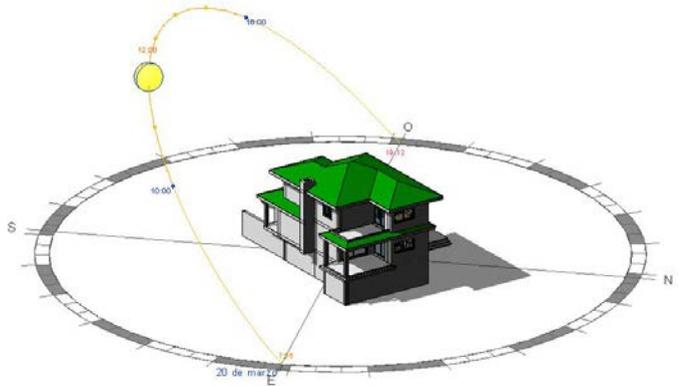


Imagen 35: Trayectoria solar Primavera y otoño. Hora 12:00. Fuente Propia Revit

Empezamos a ver en estas imágenes como la posición del sol a lo largo del año van a afectar a nuestra vivienda. Las fachadas donde va a incidir el sol, serán la fachada SE por la mañana y la SO por la tarde. Mas datos de interés que podemos sacar, es la variación de altura del sol a lo largo del año, observándose claramente en estas imágenes la gran variación del sol entre verano y invierno, característica que utilizaremos para proporcionar sombra a la vivienda mediante voladizos.

## Interpretación de los diagramas

Los diagramas estereográficos se utilizan para leer el azimut y la altitud a lo largo del día y año para una posición dada sobre la tierra.

Se tiene que tener en cuenta que estos diagramas estereográficos son diagramas que tienen un punto de vista realizado desde el cielo mirando hacia el suelo.

**Líneas Acimut** son ángulos de acimut que recorren el borde del diagrama.

**Líneas de altitud** son ángulos de altitud, se representan como líneas concéntricas de puntos que se extienden desde el centro del diagrama hacia el exterior.

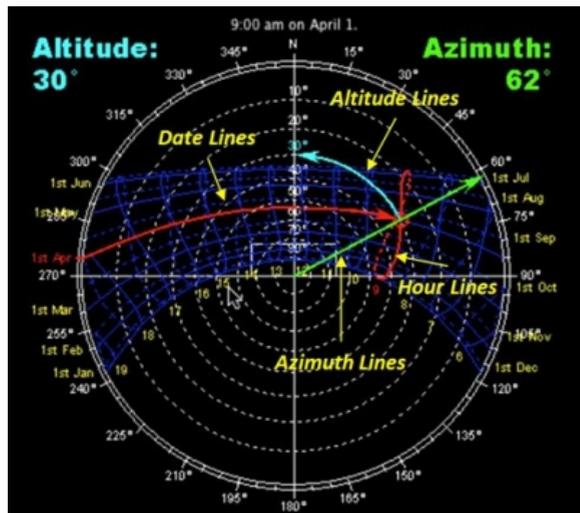


Imagen 36: Diagrama estereográfico. Fuente guía usuario Ecotect

**Líneas de Fecha** Líneas de fecha empiezan desde el este hacia el oeste de la grafica y representan la trayectoria del sol en un día particular del año.

**Líneas de hora** se muestran como ocho líneas o tipo de figura que cruzan las líneas de fecha y representan la posición del sol a una hora específica del día. Los puntos de intersección entre la fecha y la hora dan la posición del sol. (Veliz Gomez, 2013)

## 1. Forma del Edificio

Llegados a este punto, y sabiendo la trayectoria del sol, es la hora de preguntarnos qué forma debería de tener nuestro edificio. Es verdad que nuestro estudio ya tiene una forma dada y su modificación sería muy costosa. Pero para saber cómo va a influir la forma del edificio en el consumo

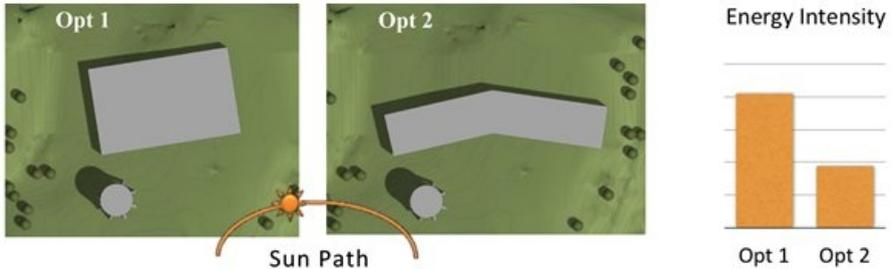
energético nos va a resultar interesante estudiarlo. Se podría decir que la forma y el tamaño de este van a influir en la energía que va a poder necesitar o reducir según pueda aprovecharse de la energía pasiva del sol y del viento.



Imagen 37: Fuente [www.cristaleriaonline.com](http://www.cristaleriaonline.com)

Para todos los edificios, la forma es uno de los factores más importantes en la ganancia de calor pasivo y la luz del día y debería de tener en cuenta en fases de diseño iniciales, ya que ayudarían a ahorrar mucha energía a lo largo de su vida útil. Es importante empezar a considerar las estrategias de diseño pasivo, de modo que podemos estudiar las superficies expuestas al sol en diferentes momentos del día, la altura del edificio, y el ancho de la construcción. (atecos, 2014)

La imagen de abajo, "Opt 2" tiene la misma área que "Opt 1", pero utiliza menos de la mitad de energía, debido a una mejor forma de la vivienda.



Las decisiones de la forma dependen de las características específicas del sitio y los objetivos del proyecto. En la imagen 38 de abajo podemos ver nuestra vivienda modelada para el estudio de formas mediante una herramienta BIM. Las herramientas BIM pueden proporcionar a los diseñadores con el análisis energético conceptual probar diferentes opciones de forma. En este análisis se pueden tener en cuenta características como el sitio, los edificios de los alrededores, el tanto por cien de huecos que queremos para acristalamiento, o vegetación que pueden afectar al rendimiento pasivo del edificio. Tales características pueden dar sombra, radiación solar o cambiar los patrones de viento, resultando ser estas características importantes para el confort térmico y visual.

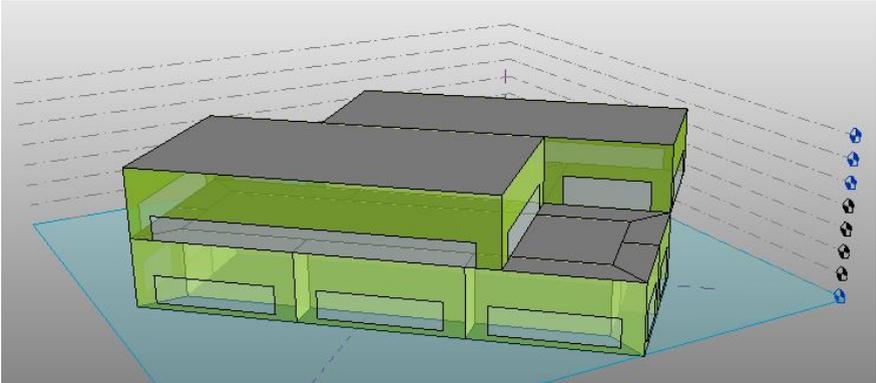


Imagen 38: Modelado Básico de Formas. Fuente propia Vasari.

## 1.1 Forma para el confort visual

Mientras el lugar del edificio va a ser siempre el mismo, ya que no se va a mover del sitio elegido, las estrategias y forma del edificio para aprovecharse de la luz natural y aumentar el confort visual pueden cambiar.

Es muy difícil conseguir que la luz del día sea consistente y se pueda controlar el

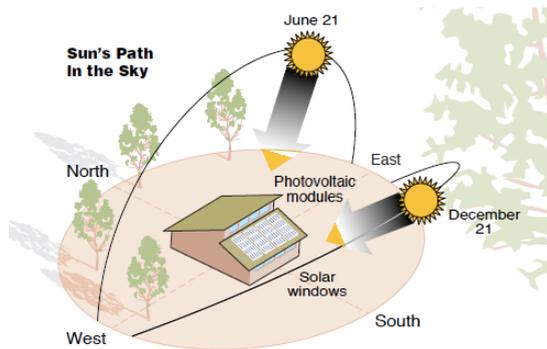


Imagen 39: Trayectoria solar. Fuente [arquiambicu.blogspot.com](http://arquiambicu.blogspot.com)

deslumbramiento de las ventanas del este y oeste. Sin embargo, la fachada Sur (donde da el sol durante todo el día) es fácil de proporcionarle sombra mediante aleros, cornisas, estantes de luz o persianas, mientras la fachada norte no recibe ningún deslumbramiento.

Por lo tanto, en general, los edificios que están en el eje este-oeste son mejores para la iluminación natural y el confort visual.



Imagen 40: Forma y orientación óptima del edificio.

No hay que olvidar el uso de claraboyas, que en edificios de una planta pueden alcanzar fácilmente una buena iluminación natural a todos los rincones. Para una buena iluminación natural, los edificios más altos y largos deben tener perfiles más delgados para minimizar el deslumbramiento en las caras este y oeste; y largos para maximizar el potencial de iluminación natural de las ventanas. Esto también proporciona mejores vistas. Los edificios de gran tamaño también pueden conseguir la luz del día mediante patios centrales.

## 1.2 La forma y el Confort Térmico

Al igual que con la forma para optimizar la llegada de la luz del día, el diseño se debe basar en el eje este-oeste, ya que para las ganancias solares vamos a aprovechar la fachada Sur. Pero a diferencia de la luz del día, los edificios más delgados pueden no ser la mejor opción, ya que en verano vamos a tener que aprovechar los vientos para la refrigeración pasiva y no sabremos de que dirección van a provenir. En definitiva va a depender del lugar y el programa del edificio.

## 1.3 Ventilación Natural

Los edificios altos y delgados son buenos porque aumentan la eficacia de la ventilación natural, ya que las velocidades del viento son más rápidas a mayores alturas. La esbeltez mejora la ventilación cruzada, y la altura la ventilación por el efecto chimenea.

Nuestra vivienda a analizar no es alta, ni mucho menos, solo tiene planta baja mas una altura. Las consideraciones a tener en cuenta en nuestra vivienda para el diseño de la ventilacion natural



Imagen 41: Fuente [www.dconstruccion.cl](http://www.dconstruccion.cl)

serán las fachadas con ventanas. Para espacios con ventanas en un solo lado, la ventilación natural no alcanzará más de dos veces la altura del piso al techo del edificio en cuestión. Mientras que para fachadas con ventanas en lados opuestos, el límite de la eficacia de ventilación natural será inferior a cinco veces la altura del piso al techo del edificio. (atecos, 2014)

#### 1.4 Radiación Solar y Transferencia de Calor

No solo los edificios delgados pueden mejorar la eficacia de la ventilación natural para enfriar edificios, sino que también aumentan el área expuesta para la ganancia de radiación solar o calor a través de la envolvente del edificio. En invierno vamos a buscar esta ganancia y en verano no.

En climas fríos, el calor del sol es una ventaja, y más superficie de cara al sol puede ayudar a calentar pasivamente el edificio.

En climas cálidos, los edificios finos con su mayor fachada de cara al sol puede causar la ganancia de calor solar que no deseamos. Entonces la utilización de dispositivos de sombreado o unas buenas ventanas se pueden utilizar para reducir las ganancias. También hay que decir que los edificios altos tienen menos área de la azotea por unidad de volumen.

Es importante recordar que las ventanas que no están cara la trayectoria del sol obtienen una gran cantidad de luz difusa, pero sin la ganancia de las ventanas que dan al sur. Las ventanas que dan al este

nos dan acceso al sol que calienta por la mañana la vivienda después de una noche fría, pero las ventanas que dan al oeste se calientan por la tarde, cuando los espacios ya están calientes, pudiendo generar sobrecalentamientos indeseados.

### 1.5 Programa de Construcción

La última característica en que nos tenemos que fijar para el diseño de la forma del edificio sería el programa de construcción. Este programa es importante ya que nos va a dar una idea de la actividad que va a tener el edificio. El edificio puede tener mucha actividad y con muchos usuarios dentro, lo que nos obligará a tomar medidas de ventilación y menos de ganancia solar para mantener el confort. Al contrario que si es una vivienda residencial con poca actividad donde las ganancias de radiación solar serán más importantes.

En nuestra vivienda se ha utilizado un programa sedentario de vivienda residencial unifamiliar, el cual viene prediseñado dentro del software utilizado para los cálculos tanto térmicos como energéticos de la vivienda, dando más exactitud a los datos obtenidos.

## 2. Orientación

Junto con la forma, la orientación puede ser el paso más importante para llegar al confort térmico y visual. La orientación debe ser decidida junto con la forma al comienzo del proceso de diseño.

La orientación se mide con el ángulo de azimut de una superficie con respecto al norte verdadero. La buena orientación es conseguir que el edificio reduzca las cargas energéticas y maximice la energía pasiva del sol y viento.



Imagen 42: Fuente [www.departamentosmexico.com.mx](http://www.departamentosmexico.com.mx)

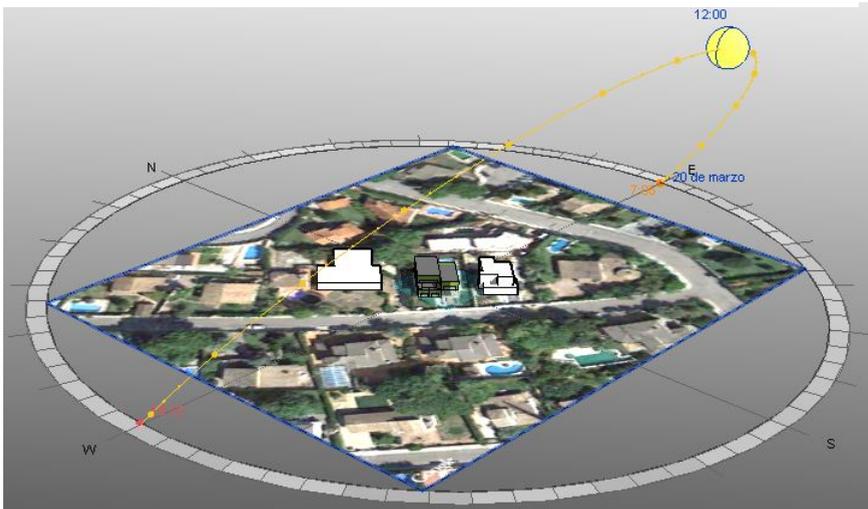
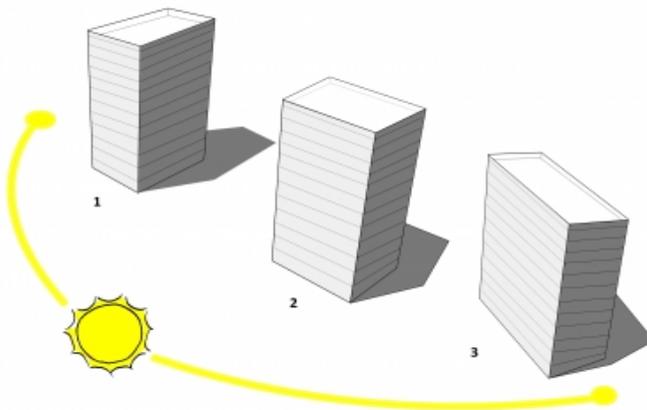


Imagen 43: Posición solar emplazamiento vivienda. Fuente propia Vasari

En la imagen 43 de arriba podemos ver el emplazamiento de nuestra vivienda (Verde), rodeada de dos masas conceptuales que nos van a dar una idea de cómo van a afectar las viviendas vecinas a nuestra vivienda. Aunque la imagen nos está dando la información del sol del 20 de marzo (Equinoccio de Otoño), esta información la podemos sacar para todos los días y horas del año, facilitando análisis como sombras, incidencia del sol o confort visual.

## 2.1 Orientación para el confort visual

Al igual que con la forma del edificio para el confort visual, los edificios por lo general deben estar orientados de este a oeste en lugar de norte a sur. Esta orientación permite a aprovechar la luz del día en las caras del edificio como también permite minimizar el deslumbramiento en la salida y puesta de sol.



*Orientación n<sup>o</sup> 1 es el peor para la luz del día, 3 bueno, y 2 el mejor.*

Si el edificio tiene recortes en la forma para maximizar la luz natural, las orientaciones de estas fachadas también deben de ser estudiadas, si las orientamos al norte o al sur. Con una buena volumetría, estos recortes en la forma también pueden hacer un sombra al propio edificio para evitar el deslumbramiento. (atecos,2014)

## 2.2 Orientación para Confort Térmico: ganancia de calor solar

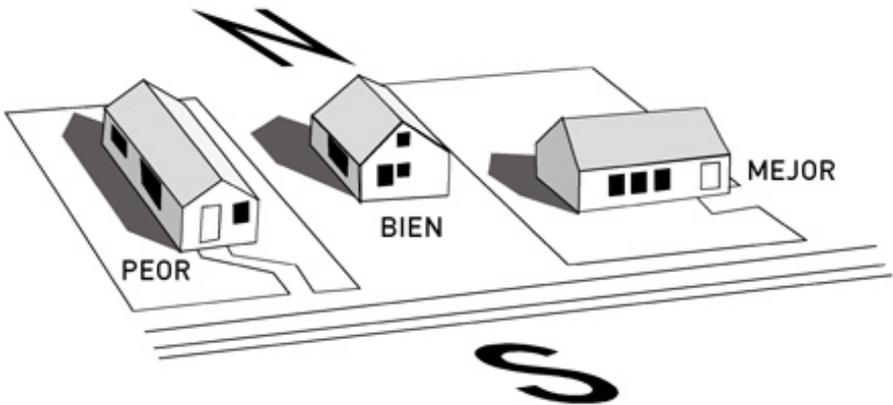


Imagen 44: Orientación y forma para el confort térmico. Fuente <http://planosyobras.blogspot.com.es>

En cada fachada del edificio hay diferentes cantidades de radiación solar. Al igual que con la forma del edificio, la orientación para el confort térmico es similar a la orientación de la luz del día, con algunas excepciones.

La incidencia de radiación térmica que incide en las distintas fachadas se puede medir mediante las herramientas BIM.

Para optimizar su diseño, se puede optar por analizar la radiación solar en un solo día (como el solsticio de verano) o de varios días (todo el año).

Este gráfico de la imagen 45, muestra cómo la ganancia de calor térmico en los lados este y oeste de los edificios cambia rápidamente a medida que el sol avanza en las horas del día. Por lo tanto, los edificios que son más largos que anchos generalmente deben orientarse de este a oeste en lugar de norte a sur. Esta orientación permite aprovechar la ganancia térmica, o evitarla, a lo largo de la cara más larga del edificio. La ganancia de calor solar en el lado este puede ser aceptable o incluso útil, ya que ocurre por la mañana después de la noche fría; pero la ganancia de calor solar en el lado oeste rara vez se quiere ganar al final de un día donde ya está caliente la vivienda. De todas formas veremos más sobre este tema cuando lleguemos al análisis de la radiación solar sobre nuestra vivienda.

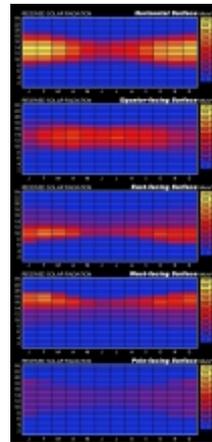


Imagen 45: Grafica térmica

### 2.3 Acristalamiento y Materiales en diferentes caras

La elección de materiales y cristales dependerán de la orientación del edificio para garantizar el confort térmico. Pueden evitar la ganancia de calor solar y dejar pasar la luz del día.

## Net zero building

Las fachadas oeste y sur del edificio son muy buenas para capturar y almacenar el calor del sol a través de grandes ventanales y materiales de alta masa térmica.

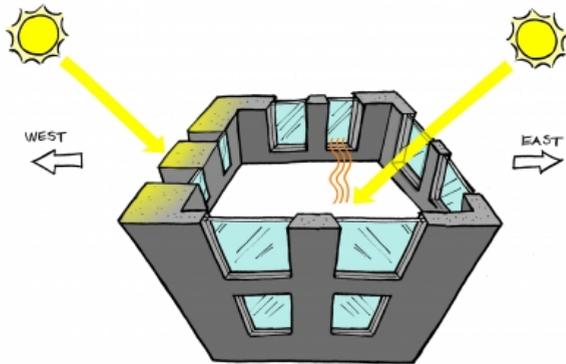


Imagen 46: Materiales y huecos en las diferentes orientaciones de la fachada.

Para igualar los cambios de

temperatura del amanecer al atardecer, en el lado este nos podemos beneficiar de una mayor área de ventana para la ganancia de calor solar directa, mientras que en el lado oeste nos podemos beneficiar de las superficies acristaladas con un menor tamaño y de una alta masa térmica para absorber el calor y liberarlo por la noche. Hay que tener en cuenta que estas estrategias dependerán del clima y pueden variar. En climas fríos, los lados que se encuentran fuera de la trayectoria del sol tendrán más aislamiento, lo que significa menos acristalamiento o acristalamiento con mayor aislamiento, mientras que en los climas cálidos es todo lo contrario.

Con los cristales de hoy en día podemos obtener más luz del sol y evitar la entrada de calor solar. También pueden evitar la entrada de la luz en los lados este y oeste evitando el deslumbramiento, y dejando pasar el calor, obteniendo ganancias térmicas. Más adelante a la hora de

proponer las mejoras sobre los acristalamientos, se hablara mas sobre este tema.

## 2.4 Orientación para Confort Térmico: Ventilación Natural

Los edificios deben estar orientados para maximizar los beneficios del viento fresco cuando hace calor y refugiarse de los vientos indeseables en climas fríos. Esto se puede hacer observando un diagrama de vientos como el que tenemos en la imagen 47. En este diagrama se puede ver la velocidad y dirección del viento a la largo de todo un año sobre nuestra vivienda. Tanto la vivienda como la dirección de los vientos están en su verdadera orientación, viendo el predominio del viento por el noroeste. No adelanto nada mas ya que este tema lo ampliaremos más adelante en el análisis de vientos.

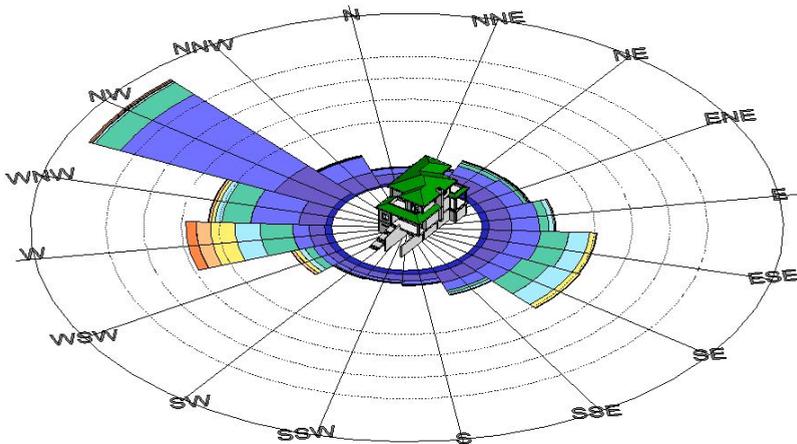


Imagen 17: Velocidad y dirección del viento predominantes en nuestra vivienda. Fuente propia Revit

## Análisis de la radiación solar

---

Damos paso a la radiación solar el cual es un factor importante para seguir el camino hacia una vivienda eficiente en el uso de la energía. La radiación solar nos va a permitir saber la radiación que van a poder capturar nuestra placas solares híbridas para abastecer de energía limpia a la vivienda.

Una de las variables más importantes para tener una buena radiación solar son las condiciones del cielo, estas afectan principalmente a la intensidad y la distribución de la radiación solar. Por ejemplo, un cielo claro permitirá la luz directa que viajará desde el sol directamente al edificio, mientras que un cielo nublado filtrará la luz del sol y esparcirá la luz difusa alrededor del edificio.

La intensidad de la radiación solar es importante no sólo para la generación de energía limpia mediante paneles fotovoltaicos, sino también para la calefacción pasiva y la iluminación natural.

Como hemos dicho la intensidad del sol varía según la claridad del cielo, pero también según el ángulo en el que el sol incide sobre una superficie, llamado "ángulo de incidencia." Cuanto más perpendiculares son los rayos del sol sobre una superficie, más calor y energía generaran los paneles.

## La Radiación Solar

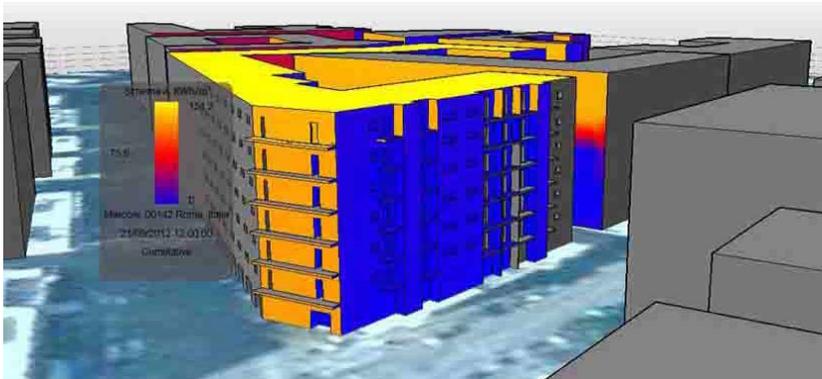


Imagen 48: Incidencia radiación solar. Fuente <http://design.rootiers.it/>

Los valores de incidencia de la radiación solar se dan en unidades de energía por unidad de superficie ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y es el indicador para los estudios de diseño de las placas solares. También se puede medir con energía acumulada a lo largo de un día o año ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$  o  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ ).

Los valores de radiación solar se basan en dos componentes principales:

1. **La radiación directa** del sol, que siempre se mide perpendicular a los rayos del sol
2. **La radiación difusa** que es a la vez dispersada por las nubes, la atmósfera y el suelo. Siempre se mide en una superficie horizontal.

Hay que saber que el cielo nublado reduce la cantidad de radiación directa y aumenta la cantidad de radiación difusa y que un tercio de la energía total del sol se pierde al reflejarse en el espacio, solo el 20%

Llega a la superficie en forma de radiación difusa, y el resto llega a la superficie en forma de radiación directa.

Los valores de radiación solar que inciden en realidad sobre nuestra vivienda que son calculados y visualizados dentro de Revit o Vasari; se basan en la geometría específica del edificio y su emplazamiento como hemos podido ver en el análisis de la posición solar.

Este cálculo que realiza el software incluye el sombreado de los objetos circundantes, la porción de cielo visible en m<sup>2</sup>, y el ángulo de incidencia entre el sol y la cara que se está analizando.

La ecuación básica que el programa utiliza para hacer los cálculos es la siguiente (Autodesk):

$$\text{La radiación solar incidente} = (I_b * F_{\text{sombreado}} * \cos(\theta)) + (I_d * F_{\text{cielo}}) + I_r$$

Dónde:

$I_b$  = radiación directa, medida perpendicularmente al sol

$I_d$  = radiación difusa del cielo, medido en el plano horizontal

que  $r$  = radiación reflejada desde el suelo

$F_{\text{sombreado}}$  = factor de sombra (1 si un punto que no está a la sombra, 0 si un punto es sombreado, un porcentaje si se mide en una superficie)

$F_{\text{cielo}}$  = factor de cielo visible (un porcentaje basado en la máscara de sombreado)

Theta = ángulo de incidencia entre el sol y la cara que se está analizando

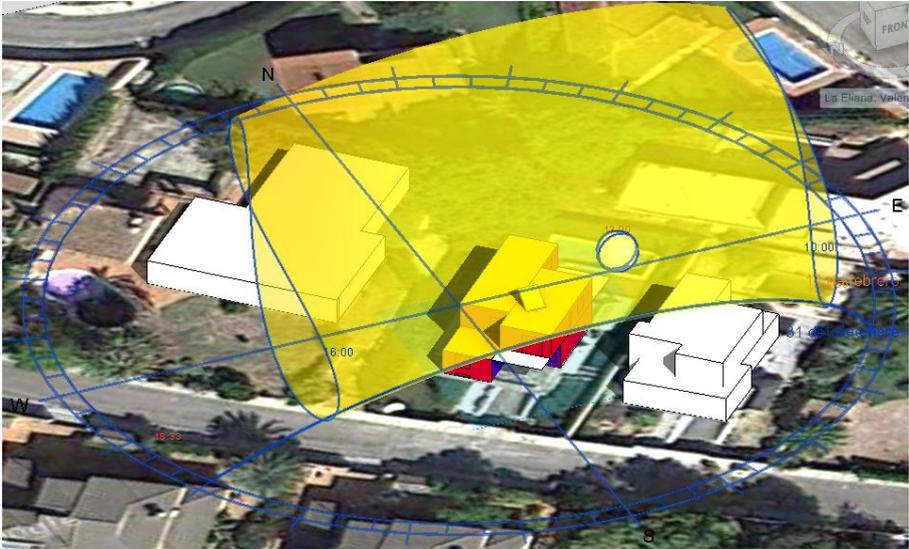


Imagen 49: Estudio anual de la radiación solar en nuestra vivienda. Fuente propia Vasari

En nuestra vivienda el estudio de radiación solar incidente nos ha ido indicando donde están los puntos débiles y fuertes a la hora de querer captar la radiación solar o por el contrario de evitarla. Mediante gráficos visuales como los que vamos a ver a lo largo de este apartado, se irá analizando el efecto de la radiación solar incidente sobre nuestra vivienda.

La radiación absorbida, transmitida y reflejada

Mientras que la radiación solar incidente es sólo la cantidad de energía que incide sobre una superficie dada y es la que nos permite estudiar visualmente Vasari. No necesariamente te dice cuánta radiación está

siendo absorbida por la fachada del edificio, la que entra a través de las ventanas, o se refleja. Eso depende de las propiedades del material que forma la fachada o cubierta y se rige por la siguiente ecuación:

$$100\% \text{ de incidentes} - \text{reflejada} = \text{absorbida} + \text{Transmitida}$$

El uso de Design Builder que utilizaremos posteriormente utilizara esta fórmula entre otras para el cálculo de la radiación absorbida, transmitida y reflejada según las propiedades de los materiales asignados a las paredes, el techo y las ventanas.

La radiación solar es un factor que durante todo el año la querremos incidiendo sobre las superficies de nuestros colectores solares. En cambio según la estación del año en la que nos encontremos querremos que incida y se adentre dentro de nuestra vivienda proporcionándonos calefacción pasiva como en invierno, o por el contrario querremos evitar estas ganancias solares como en verano.

Las ganancias solares directas se pueden recoger y se almacenar en un espacio. Este calor puede ser retenido por la masa térmica del edificio, o se puede evitar utilizando materiales reflectantes.

Esta ganancia de calor son importante para cualquier edificio que necesite calefacción, ya que es la forma más sencilla y barata de calentar pasivamente un edificio, además de que evitar la ganancia solar directa también es importante en climas calurosos y soleados.

En muchos climas, la captación de calor se desea en el invierno, cuando el sol está bajo, mientras que se evita en el verano. Del mismo modo, se suele querer captar más por las mañanas que por las tardes.

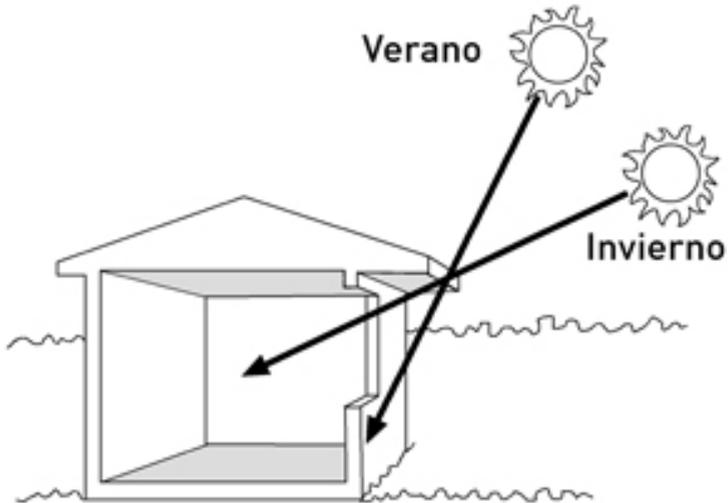


Imagen 50: Posición del sol en diferentes estaciones. Fuente [www.cocogum.org](http://www.cocogum.org)

## El Acristalamiento

La colocación de las ventanas es muy importante para poder controlar la cantidad de calor que se quiere ganar según el momento del día. Controlando la trayectoria solar podemos hacer que en verano los cristales no dejen pasar el calor pero si la luz. Otro tipo de cristal es el que deja escapar el calor interior hacia el exterior, pero no deja entrar del exterior al interior. Como vemos en la imagen 51, la mejor opción

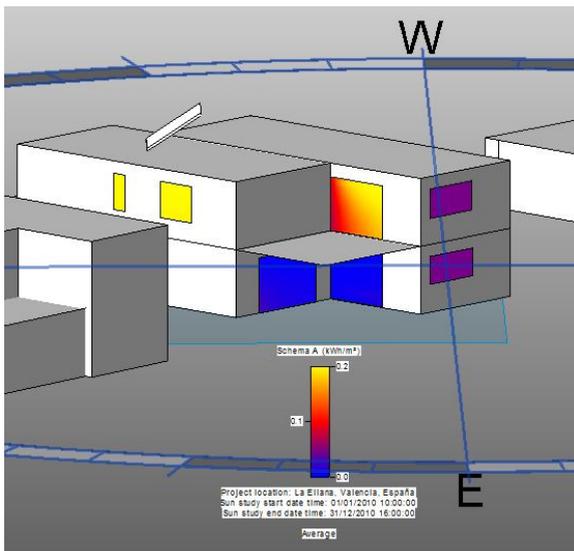


Imagen 51: Incidencia de la radiación en los diferentes ventanales de nuestra vivienda. Fuente propia Vasari

de diseño es la combinación de diferentes vidrios según las diferentes fachadas del edificio. Cada vidrio tendrá una radiación solar distinta, bien por tener un voladizo el cual bloquea el paso del sol o por estar en diferentes fachas o situaciones.

## *Masa térmica de Ganancia Solar*

Como ya se ha hablado en un anterior apartado la masa térmica es importante en la comodidad. Absorbe y retiene el calor, disminuyendo la velocidad con la que el sol calienta el espacio y con la que el espacio pierde calor cuando este se ha ido.

En la imagen 52 de abajo, podemos ver la media anual de  $\text{kWh/m}^2$  como indica la escala de nuestra vivienda. El programa tiene en cuenta las horas de sombra y noche a lo largo de todo el año, de aquí la escala tan baja. El captador solar inclinado  $40^\circ$  tiene la mayor media al estar orientado 100% al sur y tener su superficie mas perpendicular a los rayos del sol.

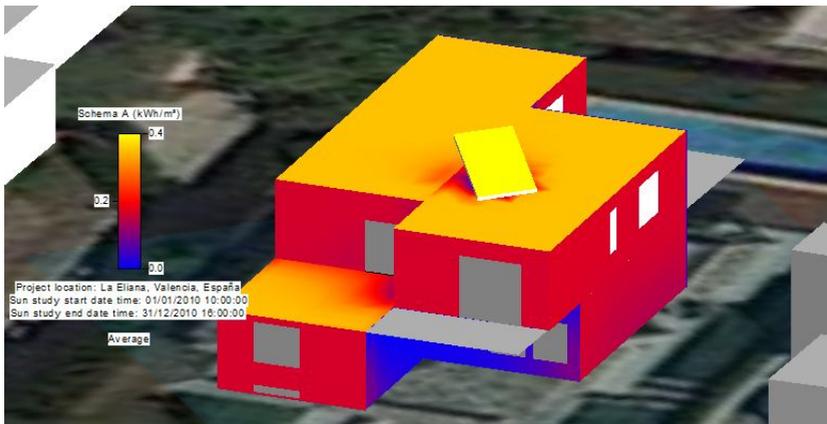


Imagen 52: Media anual en  $\text{kWh/m}^2$  de nuestra vivienda. Fuente propia Vasari

## *Superficie de color*

La cantidad de luz solar absorbida por un material que convierte en calor depende de su color. Las superficies de color claro reflejan la luz, mientras que los materiales de colores oscuros absorben la mayor parte de la energía. Ambos pueden ser útiles, dependiendo de la situación del edificio.

Por ejemplo, la superficie de un techo negro puede estar 40 ° C más caliente que la superficie de un techo blanco en un día soleado.



Imagen 53: Imágenes de Productos de Eternit. Fuente [www.grupocuatro.com](http://www.grupocuatro.com)

La medida más utilizada para saber que material refleja o emite la luz solar con más intensidad es el Índice Solar de Reflectancia (SRI).

El ISR tiene una escala donde 0 es la pintura negra estándar donde (reflectancia 0.05, emitancia 0.90), y 100 es la pintura blanca estándar (reflectancia 0.80, emitancia 0.90). Esto significa que es posible que

algunos materiales tengan un SRI por debajo de cero o por encima de 100.

Un techo frío según los estándares está por encima de 78 para azoteas planas, y por encima de 29 para inclinados.

La emisividad es la capacidad que tiene la superficie del techo para irradiar calor absorbido. Medido en una escala de 0 a 1, donde 1 es lo más emisiva, que no puede retener más calor. La baja emisividad puede beneficiar a los edificios en climas fríos, reteniendo el calor y reduciendo la carga de calefacción. (Liliana, 2011)

## *El Sombreado*

El sombreado es el uso de elementos de construcción para evitar la luz solar directa, a fin de evitar la ganancia de calor solar o un exceso de luz.

El sombreado es un importante conjunto de estrategias para el confort térmico, algunas estrategias de sombreado son los voladizos, persianas, lamas verticales o horizontales. Todas estas estrategias nombradas anteriormente pueden ser externas o internas al edificio, y pueden ser fijas o móviles.

Siguiendo con el sombreado, es importante para evitar la entrada de los rayos directos del sol que pueden entrar por las ventanas, mientras que aun permite la entrada de luz difusa. También se pueden utilizar para reducir las cargas de refrigeración bloqueando el sol de las paredes y cubiertas. Hay que decir que las cortinas o persianas interiores no evitan que la habitación sufra un incremento de calor, ya que los rayos de sol entran por el vidrio y calientan la cortina o persiana que se encuentra dentro.

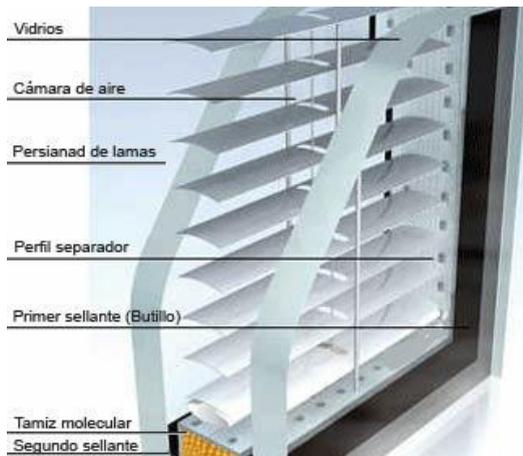
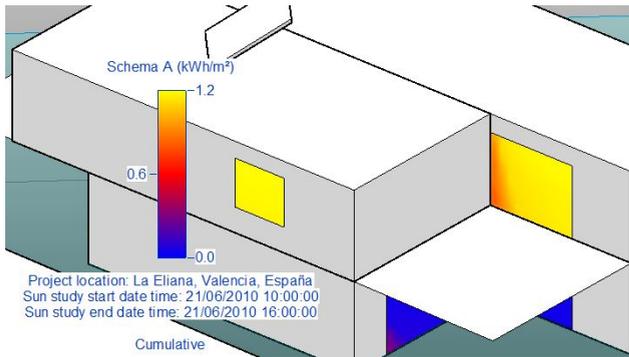


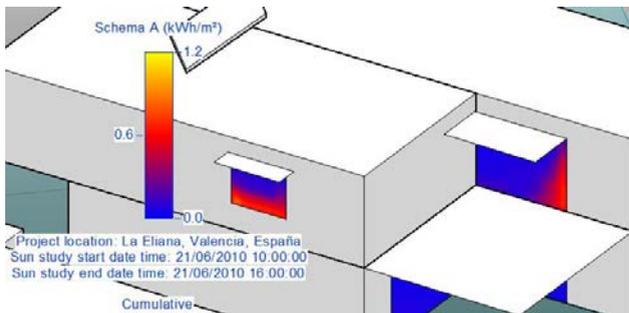
Imagen 54: Cortina en la cámara de aire. Evita el deslumbramiento y las ganancias solares.

## Net zero building



El diseño más común de la sombra es un voladizo horizontal fijo exterior. Estos se utilizan en el lado del edificio que da a la

trayectoria del sol, la fachada sur. En fachadas este y oeste son mejores las lamas verticales para evitar el bajo ángulo del sol.



En las imágenes de la izquierda se puede observar el efecto de los voladizos sobre los cristales, bloqueando gran

cantidad de la radiación solar en verano.

La fachada norte del edificio no necesita sombreado, excepto cerca del ecuador, donde el sol puede estar en el lado norte o al sur dependiendo de la temporada.

El método más simple para esto es utilizar un voladizo horizontal fijo cuya anchura se calcula durante los meses de verano, cuando el sol está alto, y permite que la luz del sol entre en los meses de invierno cuando el sol está en un ángulo inferior.

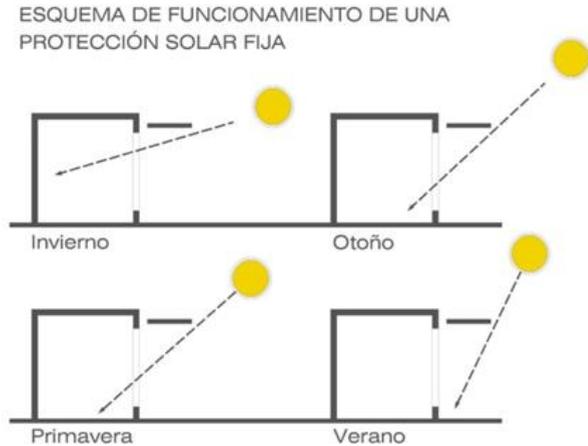


Imagen 55: Posición solar en las diferentes estaciones. Fuente apuntes are de eficiencia energetica

A continuación veremos unas imágenes de nuestra vivienda en los días más importantes para hacer un análisis de la radiación solar. Estos son el solsticio de verano, el de invierno y los equinoccios de otoño y primavera que serán la misma imagen. En las imágenes podremos observar aparte de la orientación la escala de  $\text{KWh/m}^2$ . Comentar la diferencia de  $\text{KWh/m}^2$  acumulada entre verano e invierno y como en verano el sol incide mucho mas perpendicular por su mayor altura.

# Net zero building

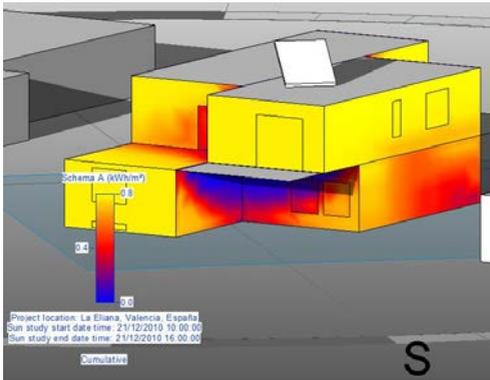


Imagen 56: Solsticio de Verano. Fuente propia

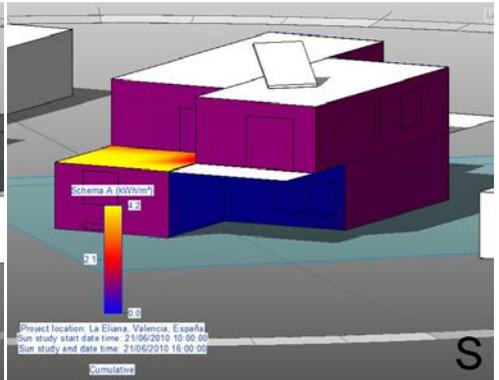


Imagen 57: Solsticio de Invierno. Fuente propia

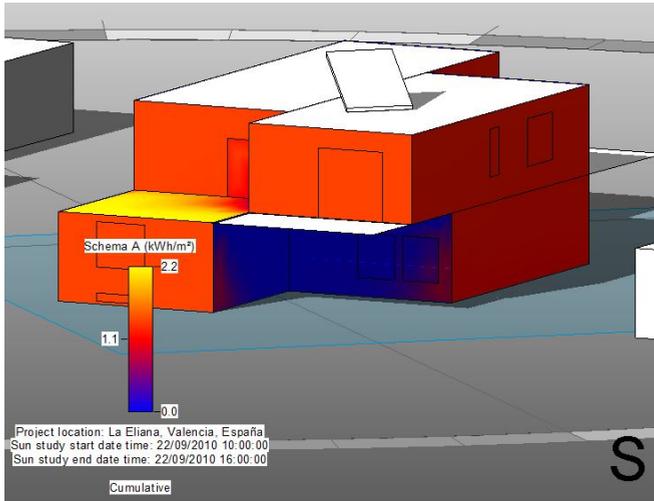


Imagen 58: Equinoccio de Otoño y Primavera. Fuente propia Vasari

## Net zero building

En climas cálidos, se debe de resguardar la cubierta, para evitar al máximo posible las ganancias. Para esto los paneles solares en la azotea, si se colocan bien, pueden actuar como cortinas y así llevar a cabo una doble función como generadores de energía y reductores de carga de energía. En apartados posteriores podremos ver el cálculo de los paneles solares, ya que aun no sabemos la demanda de energía de la vivienda.

## Análisis del Viento

Aunque el viento no es tan importante como algunos de los apartados anteriores, puede ayudar a facilitar la ventilación natural y refrescar la vivienda.

Como punto en contra, el viento será el agente meteorológico que podrá hacer entrar la humedad en nuestra vivienda, pudiendo generar graves daños hasta en la estructura de nuestro proyecto.

El viento proporciona ventilación natural y por lo general se utiliza para enfriar las estancias para que las personas se sientan más cómodas en temporadas calurosas. La velocidad y dirección del viento cambia a lo largo del día y año, aunque no es 100% predecible como la trayectoria del sol.

Los diagramas de vientos (rosas) ayudan a visualizar los patrones del viento en un sitio.

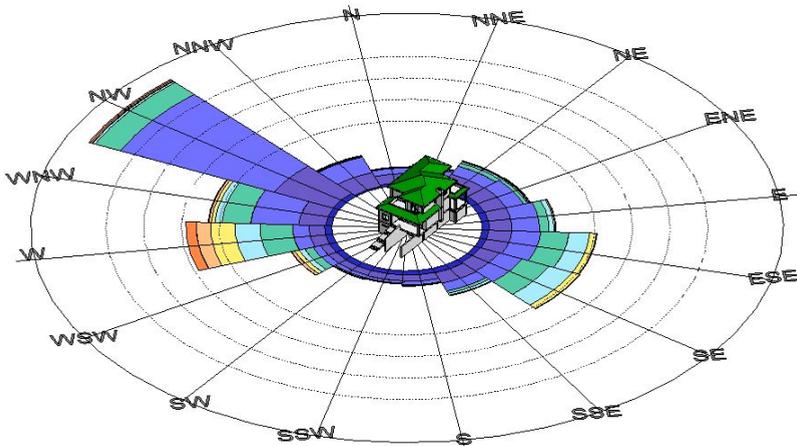


Imagen 59: Diagrama de viento de la vivienda a analizar. Fuente propia Revit.

## Predecir el comportamiento del viento

El aire fluye de alta presión a baja presión. Esto es importante de recordar, porque este es el principio básico detrás de la ventilación y ventilación por chimenea.

Cuando el viento se encuentra con un obstáculo, fluye alrededor del objeto y continúa su camino (como el agua).

La velocidad del viento varía con la altura y el terreno. A medida que aumenta la altura, también lo hace la velocidad del viento y cuando más accidentado es el territorio, el ritmo al que aumenta la velocidad del viento disminuye.

En los entornos urbanos densos, el viento alcanzará la velocidad de 100% a una altura mucho mayor que un entorno abierto y libre de edificios. Esto se puede ver en la imagen de abajo. (Fuentes Freixante)

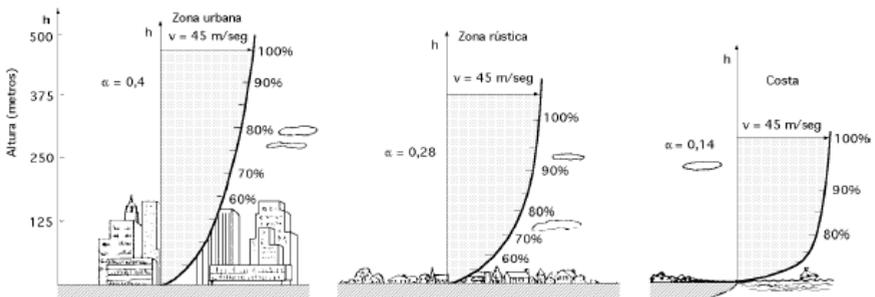


Imagen 60: Velocidad del viento según la zona urbana. Fuente [www.energiasargentinas.com.ar](http://www.energiasargentinas.com.ar)

Nuestra vivienda situada en un terreno montañoso con una velocidad del viento moderada entre 2 y 3 m/s, se puede considerar una muy buena velocidad para la ventilación pasiva. Rodeada de viviendas aisladas y de vegetación, la vivienda no cuenta con grandes obstáculos,

pudiéndose decir que no estamos en una zona urbana y la temperatura del viento es fresca.

## El viento y los microclimas

El entorno ambiental puede crear microclimas que podrían alterar significativamente los patrones de viento en su sitio. Si estás en un microclima diferente a la estación meteorológica de referencia más cercana, no se puede utilizar de forma fiable los datos. Debido a la cercanía de la estación meteorológica de nuestra vivienda, podemos afirmar que los datos son bastante fiables, siendo la distancia entre la estación y nuestra vivienda de 2 km. Un modelado de la zona de los alrededores del edificio puede ayudar a tener un patrón bastante exacto de los vientos mediante ayudas informáticas.

Hay que tener claro que cerca de los cuerpos de agua, la tierra se conserva más caliente durante el día, de manera que el aire que está en la tierra se vuelve más caliente y se eleva, es reemplazado por aire más frío que viene del agua (enfriado) por lo que el viento sopla desde el agua hacia la tierra. Por la noche, este efecto se invierte. El agua es más caliente que la tierra, así que el aire sobre el agua se vuelve más caliente y se eleva y es reemplazado por el aire más frío de la tierra, por lo que el viento sopla desde la tierra hacia el agua.

Por otro lado también sabemos que durante el día, en un valle, el viento soplará cuesta arriba porque el sol calienta el aire y hace que se eleve. Por la noche, el viento tendera a ir hacia abajo debido a que el aire se enfría por la superficie del suelo frío haciendo que se hunda en el valle.

## Velocidad del Viento

Entender la velocidad del aire es tan crucial como saber de dónde viene y con qué frecuencia. El aire tiene muchas velocidades, y puede ser tan beneficioso para la vivienda y sus ocupantes como perjudicial si tenemos rachas de viento enormes.

La escala de viento de Beaufort, una escala común para la comparación de la velocidad del viento que se utiliza en muchos países. Velocidad del viento se mide comúnmente en metros por segundo.

Escala Beaufort	Descripción	Efectos que causa en tierra	Velocidad del viento en km/h			
0	Calma	El humo asciende vertical	0-1.8			
1	Ventolina	El humo se desvía en la dirección del viento	1,8-5			
2	Flojito	Se nota el viento en la cara; las hojas se agitan; las banderas se mueven; la veleta gira	6-11			
3	Flejo	Las hojas y ramas se mueven constantemente; las banderas ligeras se tensan	12-19			
4	Bonancible o moderado	Se levanta el polvo, los papeles sueltos y la hojarasca; ondean las banderas	20-28			
5	Fresquito	Los árboles jóvenes se cimbrean; las banderas flamean	29-38			
6	Fresco	Se agitan hasta las ramas más grandes; las sonabillas y paraguas pueden darse la vuelta	39-49			
7	Frescachón	Los árboles se mueven por completo. Las banderas se tensan del todo	50-61			
8	Temporal	Se rompen algunas ramitas de los árboles; se camina con dificultad	62-74			
9	Temporal fuerte	Ligeros daños en las casas; pueden desprenderse las antenas de TV y algunas tejas	75-88			
10	Temporal duro	Árboles arrancados de cuajo; serios daños en las casas	89-104			
11	Temporal muy duro	Daños generalizados	104-117			
12	Temporal huracanado	Gran destrucción	Más de 118 km/hora			

Imagen 61: Escala de viento de Beaufort. Fuente [lan.inea.org](http://lan.inea.org)

La velocidad del viento es un componente de comodidad humana, y la velocidad deseada es en función del clima.

Una mayor velocidad del aire provoca una refrigeración más eficaz, ya que empuja el aire calentado del interior de la vivienda hacia afuera más rápido, y porque ayuda a que la sudoración sea más eficaz mediante una evaporación más rápida. Incluso una velocidad del viento moderada puede dar una sensación térmica de 5 grados menos en comparación con el aire en calma.

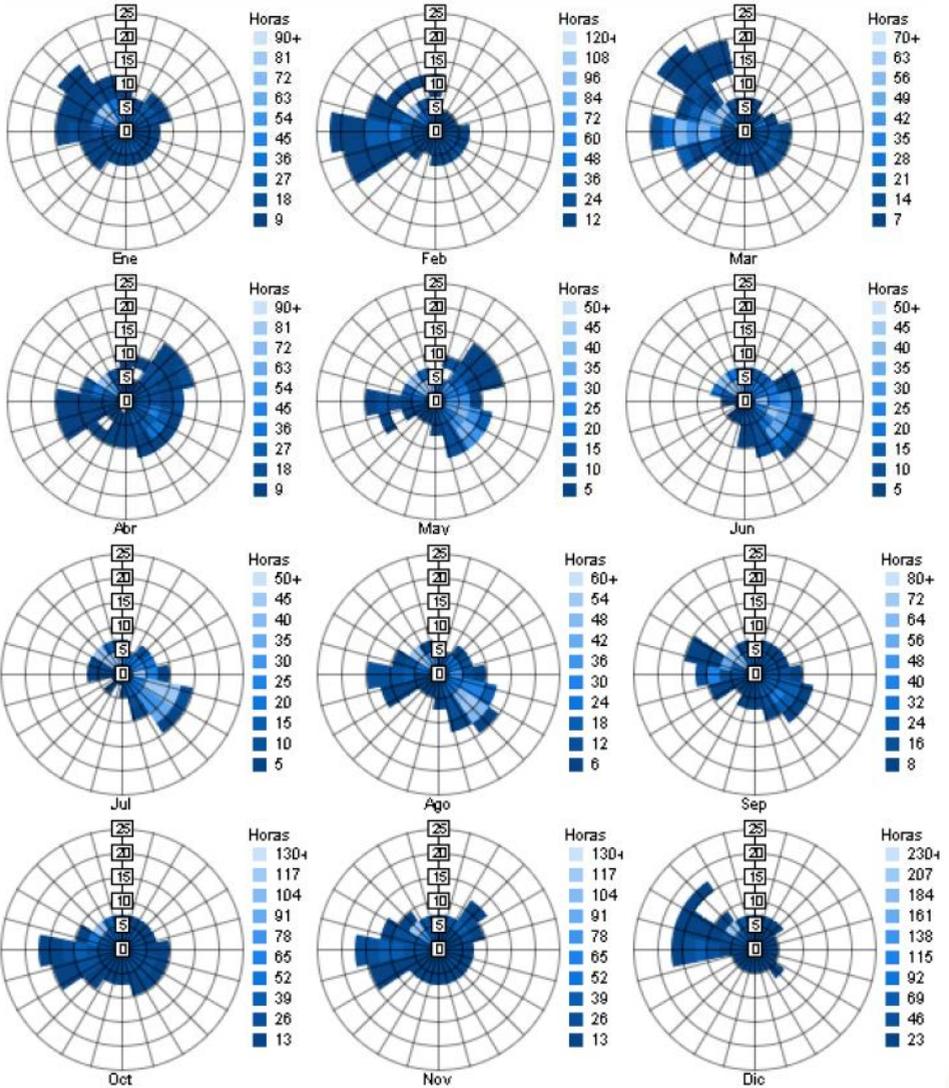
Sin embargo, cuanto más caliente esté el aire del ambiente, menos refrigeración tendremos. Un aumento de la temperatura de 3 °C es lo mismo que un incremento de 0,8 m/s de velocidad del aire cuando la temperatura del aire está 5 °C por debajo de la temperatura radiante de las superficies.

Aunque debemos de tener en cuenta y asegurarnos de que las velocidades del viento en el interior del edificio no lleguen al extremo de molestar a los ocupantes ya que los vientos tan rápidos podrían hasta mover los papeles o objetos de una habitación. La norma sugiere que las velocidades del aire adecuadas para ambientes interiores no superen 0,2 m/s. (Fuentes Freixante, 2014)

Como ya hemos dicho antes, la estación meteorológica que nos va a proporcionar los datos está situada a 2 km de distancia de nuestra vivienda, en el casco urbano de la Eliana en la Avenida de Les Corts Valencianes. El software nos va a proporcionar dos tipos de diagramas, diagrama de frecuencia de vientos y la rosa de viento. En estos dos tipos de diagramas los datos a mostrar son los mismos, pero de diferente forma. En las imágenes de abajo tenemos las rosas de viento

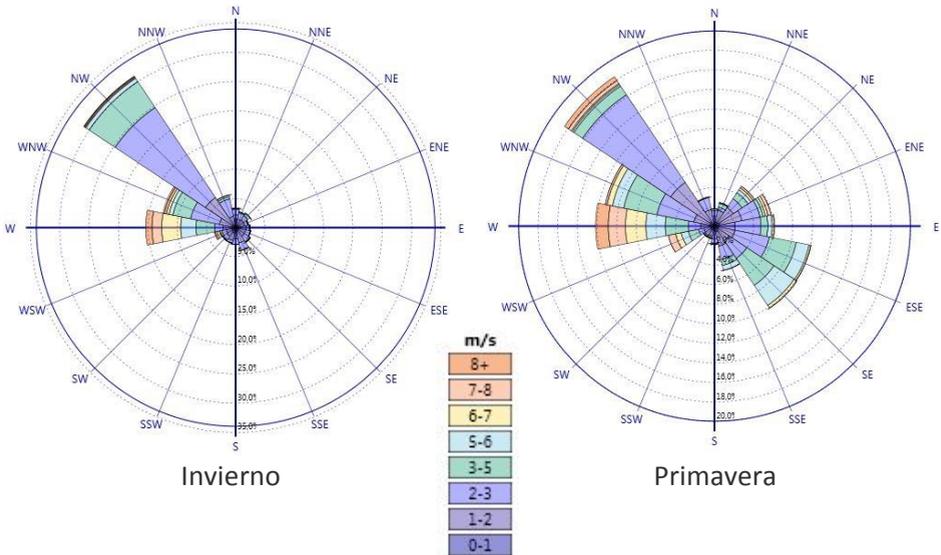
## Net zero building

de cada uno de los meses, proporcionándonos la frecuencia y la velocidad de estos.

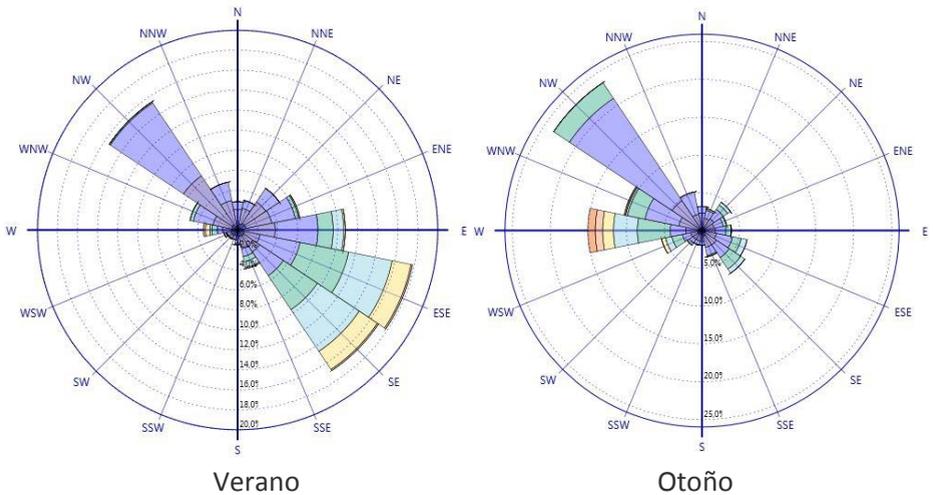


## Net zero building

El otro tipo de diagramas son las rosas de viento, hemos obtenido una rosa para cada estación del año, pudiendo visualizar en ella la media de cada estación. En este tipo de diagrama se ven las diferentes velocidades en colores y su frecuencia en los círculos concéntricos.



## Net zero building



Nuestro objetivo es el diseño de la ventilación natural pasiva, nos va a interesar entonces los meses de junio, julio, agosto y septiembre que son los meses más calurosos del año. Estos meses corresponden a verano y vemos en los gráficos como el patrón de vientos cambia en estos meses, siendo los vientos predominantes del SE. Si viésemos la posición de nuestra vivienda en un mapa a pequeña escala, podemos ver como al SE se encuentra el mar mediterráneo deduciendo la entrada en verano de la brisa del mar.

Por lo tanto para un primer análisis vemos como la entrada del viento en verano será preferentemente por la fachada SE, ya que su predominio, velocidad y temperatura es la adecuada para refrigerar. También vemos como predominan los vientos tanto anual como en

Net zero building

verano por la fachada NO, pero evitaremos la entrada por esta fachada del viento ya que estos vientos suelen ser cálidos.

## Energía eólica

La velocidad del viento varía más o menos la raíz cuadrada de la variación de la altitud, por lo que las partes más altas de los edificios van a tener mayor viento que a nivel de suelo. Este dato es importante para determinar la altura de las turbinas de viento para generar electricidad. No es nuestro caso, ya que no vamos a calcular molinos de viento para la generación de energía pasiva, pero si se aumenta la altura de la torre en 4x, se genera el doble de potencia. De aquí que la generación de energía eólica es mucho más eficiente en altas torres de lo que sería a ras de suelo.

(Wikipedia)

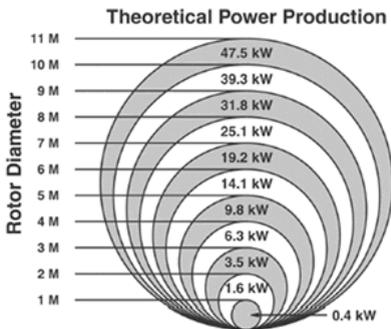


Imagen 62: Potencia que puede producir una turbina según su diámetro

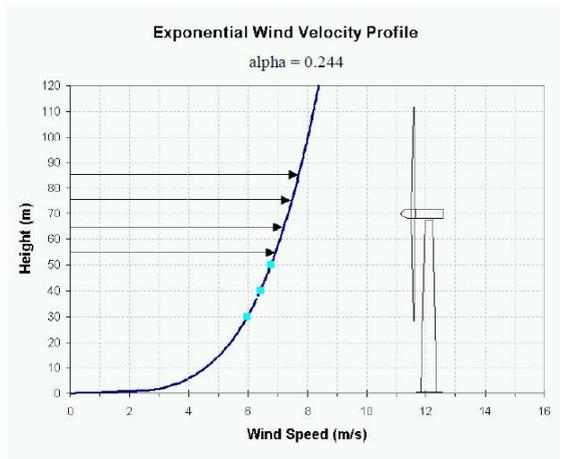


Imagen 63: Incremento de velocidad del viento en función de su altura

## *La Ventilación Pasiva*

Una vez que sabemos los patrones del viento que nos van a afectar, para seguir con el análisis de la ventilación, deberemos de entender que es la ventilación pasiva y como es su funcionamiento. La forma, orientación de la vivienda, forma de los huecos o su disposición van a ser cruciales para el buen funcionamiento de la ventilación pasiva.

La ventilación pasiva, también llamada ventilación natural, utiliza la velocidad del aire y su presión para ventilar un edificio. Es importante porque proporciona y mueve el aire fresco sin necesidad de utilizar energía. Para climas cálidos y calurosos, puede ayudar a cumplir con las cargas de enfriamiento de un edificio sin necesidad de utilizar sistemas de aire acondicionado mecánicos. Esto puede llegar a reducir en gran medida el consumo de electricidad.

El viento destaca por tener un alto confort térmico, suministrando aire fresco en espacios ventilados, usando la refrigeración en menor grado.

## Net zero building

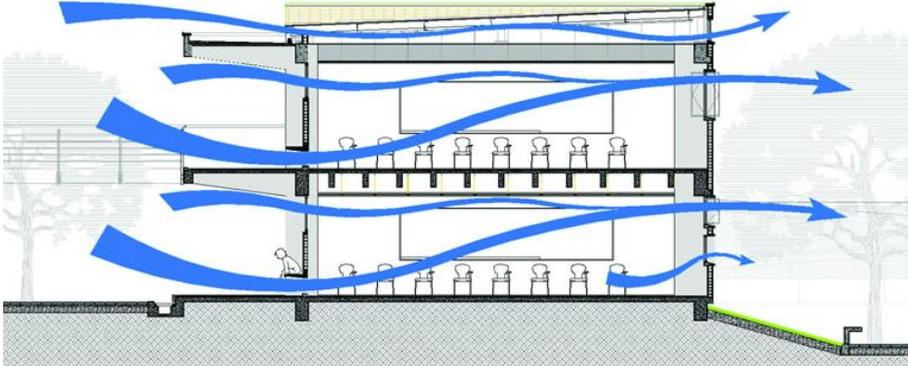


Imagen 64: El uso del viento para el enfriamiento pasivo

Las estrategias para la ventilación se realizan a través de ventanas que se abren, rejillas de ventilación y conductos de ventilación de la azotea, así como estructuras para canalizar las brisas. Hoy en día se utilizan sistemas avanzados que pueden automatizar las ventanas o persianas según la temperatura interior accionadas por termostatos.

## Cuándo no utilizar la ventilación natural

Los sitios con altos niveles de ruido acústico, como cerca de las zonas de alto tráfico, pueden ser menos adecuadas para la ventilación natural porque los grandes huecos de la envolvente del edificio pueden hacer que sea difícil bloquear el ruido exterior para que no entre. Aunque se puede resolver mediante el uso de rejillas de ventilación acústicas. (Sun, Wind, and Light, 2014)

## Estrategias para la Ventilación

Las claves de un buen diseño son la orientación y forma del edificio, así como tamaño y colocación de los huecos apropiados según el clima. Hay que crear una diferencia de presiones entre el barlovento o entrada y el sotavento o salida. Solo así se conseguirá tener una excelente ventilación. En casi todos los casos, las altas presiones se producen en el lado de barlovento de un edificio y las bajas presiones se producen en el lado de sotavento. En la imagen 65 vemos como nuestra vivienda tiene una gran diferencia de presiones entre la entrada y salida. También podemos ver la rosa de vientos anual a la izquierda. En amarillo vemos el barlovento con una presión de 97.29Pa y en la salida en azul el sotavento con una presión de -3.29Pa.

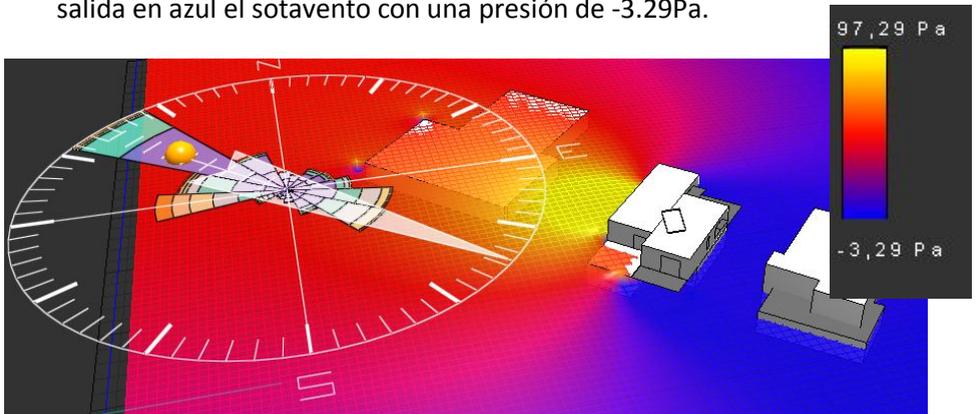


Imagen 65: Presiones creadas por el viento dominante sobre nuestra vivienda. Fuente propia Vasari

El clima local tiene momentos a lo largo de un día en que el aire puede ser muy caliente o muy frío. En verano, el viento por lo general se utiliza para suministrar tanta cantidad de aire fresco como sea posible,

mientras que en invierno, la ventilación pasiva solo se utiliza para eliminar el exceso de humedad y contaminantes. Anteriormente hemos visto como en verano la entrada del aire fresco y por lo tanto deseado es por el SE. Por lo tanto analizando la diferencia de presiones en verano, como vemos en la imagen 66 de abajo podemos observar como la entrada del aire por la fachada SE de nuestra vivienda está a una presión aproximada de  $-25$  Pa y la salida entorno a los  $-300$  Pa, siendo una buena diferencia de presión que favorecerá la ventilación. Podríamos tener más diferencia de presión, pero la vivienda de al lado nos bloquea en gran medida.

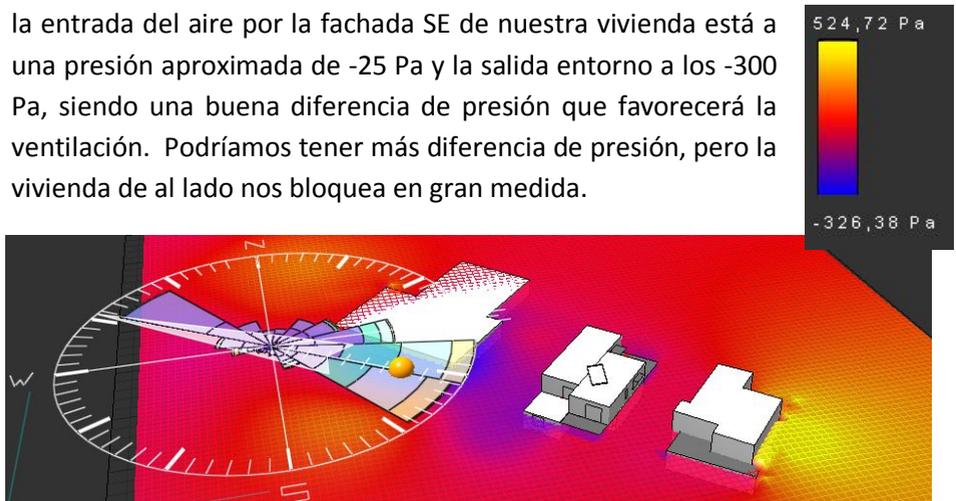


Imagen 66: Presiones creadas por el viento dominante sobre nuestra vivienda en verano. Fuente propia Vasari

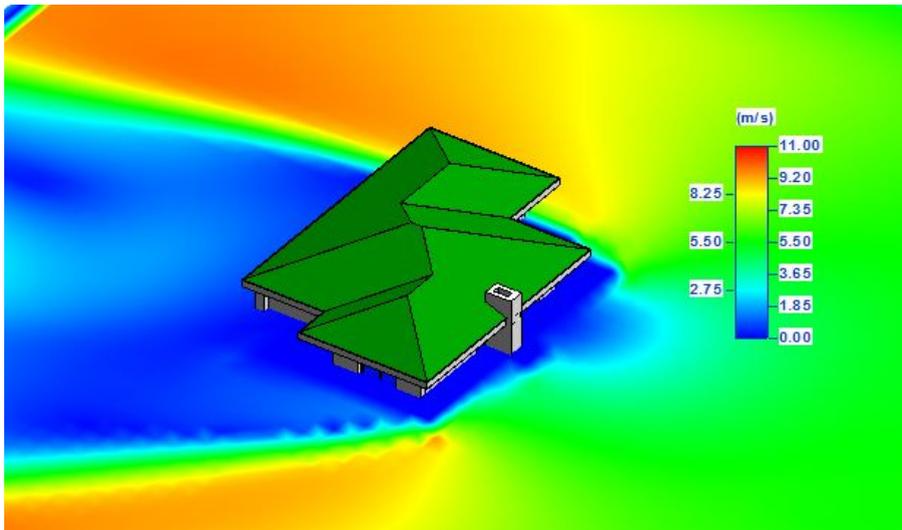
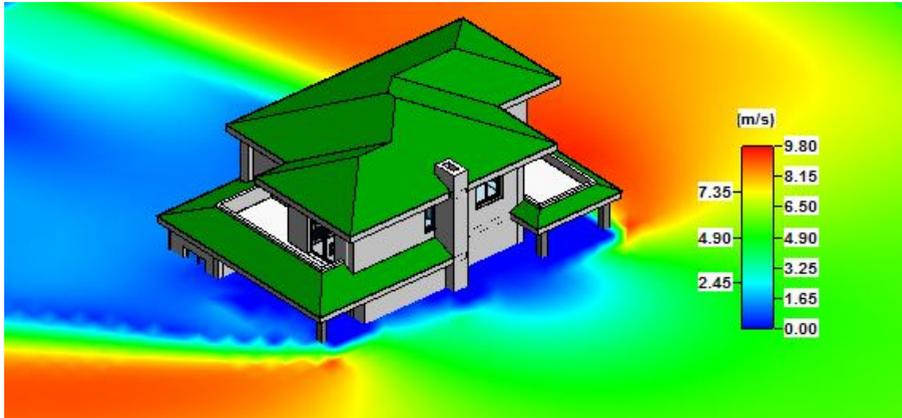
## *La Orientación y Forma del edificio en la ventilación*

La forma y la orientación son importantes ya que la altura y la profundidad de construcción juegan un papel muy importante en la capacidad de la estructura para expulsar con eficacia el aire hacia el exterior a través de los espacios. En pocas palabras, las plantas superiores están expuestas a mayores ráfagas de viento que los pisos inferiores. Así que un buen diseño para facilitar la ventilación serían edificios altos y delgados, donde su fachada más larga coincide con la trayectoria de los vientos dominantes (atecos, 2014). Nuestra vivienda de una altura no es muy alta, aunque su fachada más larga está orientada al SE, dirección que coincide con los vientos predominantes en verano. La anchura de la vivienda no es muy grande, por lo tanto estamos ante una vivienda bastante eficiente para la ventilación pasiva. Los espacios abiertos también ayudan a que la ventilación sea más eficaz.

Recordando apartados anteriores vemos como la radiación solar es mayor en la fachada SE, por lo tanto es importante tener la menor cantidad de huecos posible. Esto choca con los nuevos datos de la ventilación pasiva, que observamos que los huecos deberían de estar en la fachada SE. En la vivienda ya construida en la fachada SE nos encontramos con la ausencia de huecos expuestos a la radiación, mientras que en la planta primera tenemos dos, uno de ellos pequeño. Analizando los vientos en las diferentes plantas de la vivienda, tenemos que en la planta baja los vientos tienen una menor velocidad que en la planta primera. Por lo tanto coincido con el diseño inicial, que es mejor abrir huecos en la primera planta que en planta baja. No hay que

## Net zero building

olvidar que en planta baja refugiados de la radiación solar tenemos dos grandes ventanales de los cuales hablaremos posteriormente.



## *Ventilación cruzada*

Al colocar las ventanas o rejillas de ventilación en los lados opuestos del edificio se forman brisas naturales a través de la vivienda. Esto se conoce como la ventilación cruzada. La ventilación cruzada es generalmente la forma más eficaz de ventilación pasiva.

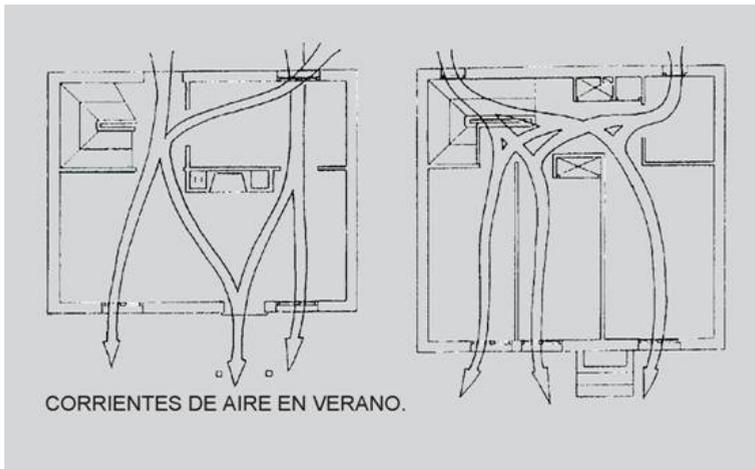


Imagen 67: Imagen del sun, wind and light, por GZ Brown y Mark DeKay, publicado por Wiley

En general, es mejor no colocar huecos exactamente enfrente uno del otro. La colocación de aberturas a través de la vivienda hace que el aire de las habitaciones se pueda mezclar, distribuyendo mejor el aire fresco.

La colocación de las entradas de aire en las habitaciones de baja presión y puntos de salida en las habitaciones elevadas puede enfriar los espacios de manera más efectiva, ya que aprovechan la convección

natural del aire. El aire frío desciende, mientras que el aire caliente se eleva; Por lo tanto, las aberturas de salida del aire caliente estarán en los laterales en planta primera, mediante los grandes ventanales que salen a la terraza delantera o los ventanales del dormitorio 3, distribuyendo mejor el aire fresco que entra por los huecos de la terraza trasera en planta baja.

### *Eficacia del Flujo de aire*

Para medir la eficacia de las estrategias de ventilación, se puede medir el volumen y la velocidad del flujo de aire.

El volumen del flujo de aire es importante, ya que es la velocidad a la que el aire es remplazado por aire nuevo, y determina las ganancias o pérdidas en la habitación. El volumen de flujo de aire debido al viento es:

$$Q_w = K \cdot A \cdot V$$

$Q_w$  = velocidad volumétrica de flujo de aire ( $m^3/h$ )

$K$  = coeficiente de eficacia.

$A$  = área de la abertura, de la apertura más pequeña ( $m^2$ )

$V$  = velocidad del viento ininterrumpida al aire libre ( $m/h$ )

El coeficiente de eficacia es un número de 0 a 1. El viento que da contra una ventana abierta a un ángulo de  $45^\circ$  de incidencia tendría un coeficiente de eficacia de más o menos 0,4, mientras que el viento que choca contra una ventana abierta directamente en un ángulo de  $90^\circ$  tendría un coeficiente de aproximadamente 0,8.

## Net zero building

Para el cálculo del área de abertura, se colocara el área más pequeña entre la suma de las entradas de aire y las de salida.

### *Diseño del ventanal*

El diseño de la ventana y las lamas afectan al flujo de aire. Ventanas que sólo se abren la mitad, como las ventanas de guillotina y corredizas, son igual de eficaces para la ventilación como para dejar entrar la luz del día y otras ventanas se abren al 100% dejando toda su superficie para la ventilación.

Las ventanas abatibles pueden desviar la brisa conforme nosotros queramos dependiendo de la dirección del viento las ventanas de celosías dejan pasar el aire mientras que no dejan entrar la lluvia.



**Ventana Abatible**



**Ventana Corredera**



**Ventana Guillotina**

También se puede utilizar las rejillas que pueden proporcionar privacidad según uno quiera, ya que son mecánicas y se mueven. No dejan pasar el agua y algunas incluso proporcionan amortiguación acústica, reduciendo la entrada del sonido.

### Forma de apertura

La forma de apertura también es importante. Las ventanas de tiras horizontales largas pueden ventilar un espacio de manera más uniforme. Las altas ventanas con aperturas en la parte superior e inferior se pueden utilizar para extraer el aire caliente por la parte superior de la habitación, mientras que por la parte inferior entra el aire frío.

### Tamaño de la abertura

Para aumentar la eficacia de la refrigeración, una entrada más pequeña se puede combinar con una abertura de salida más grande. Con esta configuración, el aire de entrada tiene una velocidad más alta, aumentando la sensación de refrigeración. Esto se debe a que la misma cantidad de aire debe pasar por las aberturas más grandes y más pequeñas en el mismo período de tiempo, así que tendrá que pasar a través de la apertura más pequeña con mayor rapidez. (Sun, Wind, and Light, 2014)

Hay que tener en cuenta que una pequeña entrada de aire y una salida grande no aumenta la cantidad de aire fresco por minuto; sólo aumenta la velocidad del aire entrante.

## Net zero building

Solo nos queda decir que los edificios no se pueden orientar de forma que los vientos predominantes tengan la dirección correcta para entrar por los huecos de la vivienda. Para esto mediante unos elementos arquitectónicos como muros, marcos especiales o incluso vegetación estratégicamente plantada se puede cambiar la dirección del viento para que entre por nuestros huecos.

### *Efecto chimenea*



Imagen 68: Las diferentes presiones del aire pueden sacar el aire a través de un edificio.

El efecto chimenea y el principio de Bernoulli son dos tipos de ventilación pasiva que utilizan la diferencia de presión del aire debido a la altura para sacar el aire del edificio.

## Net zero building

El efecto chimenea utiliza las diferencias de temperatura para mover el aire. El aire caliente se eleva, ya que tiene una presión más baja.

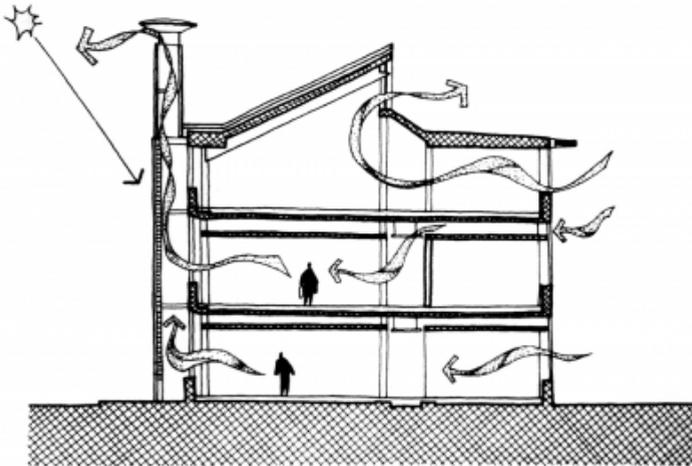


Imagen 69: Imagen del sun, wind and light, por GZ Brown y Mark DeKay, publicado por Wiley

El principio de Bernoulli utiliza diferencias de velocidad del viento para mover el aire. Se trata de un principio general de la dinámica de fluidos, diciendo que el aire se mueve más rápido, cuando menor es su presión. La ventaja de principio de Bernoulli sobre el efecto de chimenea es que se multiplica la eficacia de la ventilación. La ventaja de efecto chimenea sobre el principio de Bernoulli es que no necesita de viento: funciona igual de bien sin que el viento tenga velocidad.

## Estrategias

A la hora de diseñar, el diseño es el mismo para conseguir tener en nuestra vivienda el efecto de chimenea y el principio de Bernoulli, suele pasar que una estructura construida para un método tendrá generalmente ambos fenómenos. En las dos estrategias, el aire frío se aspira a través de las aberturas de la entrada baja y el aire caliente se escapa a través de las aberturas en la parte alta. La colocación de las aberturas en la parte inferior y en la parte superior de un espacio abierto fomentará la ventilación natural a través del efecto chimenea. Es un efecto a tener muy en cuenta en nuestra vivienda, ya que contamos con una escalera abierta a todas las zonas comunes, comunicando todas las plantas. Lo más importante a tener en cuenta es que cuanto más grande sea la diferencia entre la altura de entrada y salida mejor será la ventilación.

La instalación de chimeneas pasivas en áticos evitando la acumulación del aire caliente arriba de la vivienda no se nos debe de olvidar. Hay diferentes estilos de chimeneas: chimenea abierta, turbina, rejillas...

### Chimeneas solares

La radiación solar se puede utilizar para mejorar el efecto chimenea, al permitir que la radiación solar aumente la temperatura, que acelerará este efecto por el aumento de presiones entre las aberturas superior e inferior.

## Net zero building

La chimenea solar utiliza el calor del sol para proporcionar refrigeración, utilizando el efecto chimenea. Por ejemplo una chimenea solar simple es una chimenea pintada de negro mientras que otras más sofisticadas funcionan mediante la ganancia de calor solar, que calienta una columna de aire, elevándose este por diferencia de presiones y echando de nuevo el aire al exterior del edificio. También se llaman las chimeneas termales o termosifones.

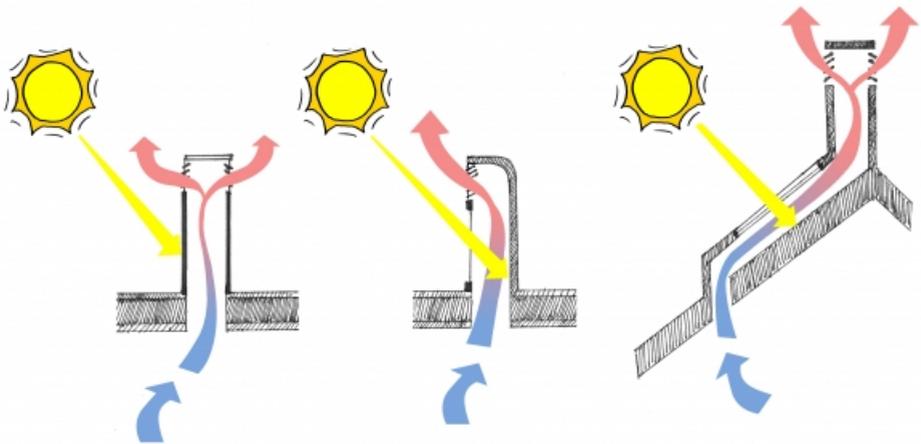


Imagen 70: Diferentes diseños de chimenea solar

## Net zero building

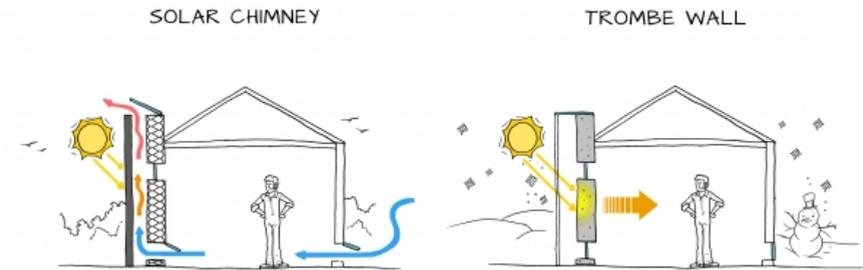
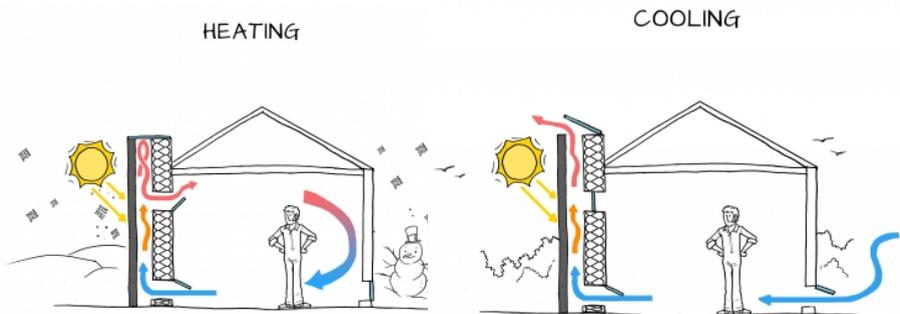


Imagen 71: Chimenea solar en comparación con un muro Trombe

Las chimeneas solares avanzadas pueden incluir muros Trombe u otros medios de absorber y almacenar el calor en la chimenea para alargar el efecto de calor, y que siga funcionando después de la puesta del sol.

Las chimeneas solares se pueden utilizar también para la calefacción, como un muro Trombe. Si las aberturas superiores están cerradas, el aire caliente no sale por la parte superior y se abren respiraderos interiores altos y bajos para permitir que el aire calentado fluya convectivamente.



## *Refrigeración por aire(verano)*

En climas muy cálidos a menudo es necesario evitar que el aire exterior entre en el edificio durante el día. Sin embargo, la ventilación natural puede seguir siendo una opción, incluso en climas cálidos, sobre todo en climas secos y calurosos. Las dos técnicas que se pueden utilizar son: el movimiento más rápido del aire, y la refrigeración pasiva del aire entrante.

Notar el aire en la piel ayuda, ya que acelera la evaporación del sudor, haciendo que se sientan más frescos a unas temperaturas más altas de lo normal.

La refrigeración pasiva del aire entrante se puede conseguir mediante la refrigeración por evaporación y refrigeración geotérmica.

## Enfriar por evaporación

Si el aire que entra al edificio pasa primero por una fuente, estanque o vegetación, donde el aire se refresca con el agua en spray se puede llegar a enfriar el aire entrante varios grados respecto al aire del ambiente normal.



Imagen 72: Fuente del patio de la Alhambra(Granada) enfría el aire antes de que entre al edificio. Fuente propia

## Refrigeración Geotérmica

El aire de entrada al edificio también se puede enfriar a través de tuberías subterráneas o a través de un plenum subterráneo. El aire va perdiendo el calor en las superficies sobre las que va pasando. La tierra tiende a estar por lo menos a la temperatura media anual, proporcionando refrigeración en verano y el calefacción en invierno. Esta estrategia es mejor para los climas secos.

Estas estrategias a menudo necesitan de un flujo de aire proporcionado por un ventilador, para impulsar el aire, utilizando energía, aunque la energía que requiere un ventilador no suele ser muy alta.

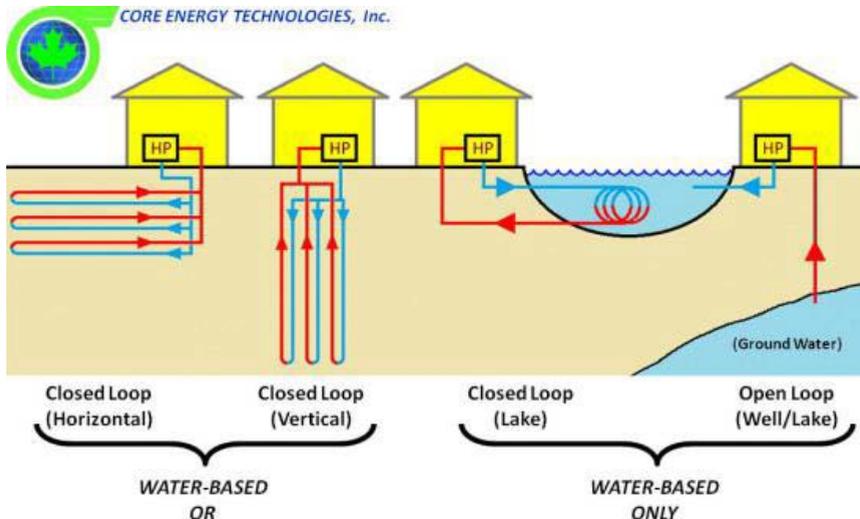


Imagen 73: Los diferentes sistemas de refrigeración geotérmica. Fuente <http://albertcampi.me>

## Análisis de la Luz

---

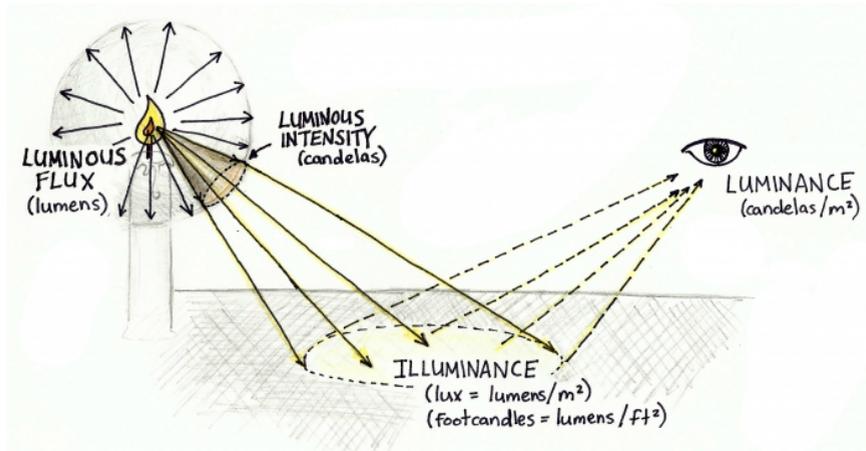
El análisis de la luz es un apartado también importante para el ahorro energético de nuestra vivienda. Debemos de alcanzar un confort visual que nos permita desempeñar con buena visibilidad los trabajos a realizar en nuestra vivienda con un consumo lo más bajo posible. Para alcanzar el confort visual, es necesario saber cómo medir la luz. La medición y la percepción de la luz puede ser un tema muy amplio, y para analizar eficazmente la luz del día hay que ser preciso con los términos y que propiedades utilizar para medirlo.

### *Las propiedades básicas*

El "brillo" de la luz puede significar diferentes cosas: por ejemplo, la cantidad de luz procedente de una fuente de luz es un flujo luminoso (lúmenes), la cantidad de luz que incide sobre una superficie es la iluminancia (lux), y la cantidad de luz reflejada de una superficie es la luminancia ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

Estas cantidades son diferentes porque cuanto más lejos de una superficie esta una fuente de luz, menos luz incide sobre la superficie, y cuanto más oscura es la superficie, menos luz refleja.

Por ejemplo, la fuente luminosa de un punto como una vela que causa una iluminancia de 1 lux sobre un objeto a un metro de distancia, provocaría una iluminación de  $1/4$  lux en el mismo objeto a dos metros de distancia, o  $1/9$  lux en el objeto cuando la distancia es de 3 metros.



### Flujo luminoso y la Intensidad

La cantidad de luz que es emitida por una fuente en particular, en todas las direcciones, se denomina flujo luminoso y es una medida de la potencia total percibida de luz. Se mide en lúmenes, siendo el lumen una propiedad útil para comparar el brillo de una fuente de luz (es decir, una bombilla incandescente de 60W es de unos 850 lúmenes).

El ojo humano percibe la luz dentro del "espectro visible" entre las longitudes de onda de aproximadamente 390 nm (violeta) y 700 nm (rojo).

La cantidad de luz que viaja en ciertas direcciones desde la fuente se llama " intensidad luminosa "y se mide en candelas. Una vela emite alrededor de una candela en todas las direcciones.

Iluminancia = luz que cae sobre una superficie

La cantidad de luz que incide sobre una superficie es la iluminancia, y se mide en lux (unidad métrica = lumen /m<sup>2</sup>). Esta es la medida con la que mas vamos a trabajar para optimizar el confort visual, porque las normas de construcción utilizan la iluminancia para especificar los niveles de iluminación mínimos para tareas y entornos específicos.

<b>Condición</b>	<b>Iluminación (Lux)</b>
Luz del día Despejado	10752
Día Nublado	1075
Día Muy Oscuro	107
Atardecer	10.8
Atardecer (Sin sol)	1.08
Luna Llena	0.108
Cuarto Menguante	0.0108
Luz de las estrellas	0.0011

## Niveles de iluminación confortables

Los valores anteriores representan la iluminación total que nos llega desde el cielo. Nuestro trabajo va a ser asegurarnos de que los ocupantes de la vivienda tienen el nivel adecuado de luz para realizar todas las actividades, y tratar de obtener la mayor cantidad de luz natural. Estos niveles se miden generalmente en una superficie de trabajo dentro de la vivienda.

Las áreas pueden necesitar de más brillo o menos brillo, estos niveles dependerán de la tarea. Se necesitara más luz para hacer trabajos de joyería o ensamblar componentes electrónicos que para andar por una vivienda. Lo siguiente es una tabla de niveles de luz comúnmente recomendados para diferentes actividades. Para saber la iluminancia de las diferentes actividades también se puede consultar el código técnico.

Lugar	Iluminancia en Lux
Pasillos, bodegas, comedores. No se necesita discriminación fina	150
Trabajo prolongado y leve. Discriminación de detalles	300
Lectura continua, trabajos finos, uso de herramientas	500
Laboratorios y salas de consulta	500 a 700
Costura, cortes y trazados	1000
Trabajo prolongado y alta discriminación de detalles	1500 a 2000
Sillas dentales y de autopsias	5000
Mesa quirúrgica	20000

## Software para medir la iluminación

Son muchos los programas de análisis de iluminación disponibles, en los cuales se pueden ver los valores reales de luz que caen sobre las superficies, como escritorios y paredes. Dependiendo de los niveles de iluminancia requeridos para un uso o actividad en particular, se puede utilizar estas representaciones cuantitativas para saber si va a ser necesario abastecer de mas luz la superficie.

Las siguientes imágenes muestran una gráfica de los niveles de iluminación de las superficies de nuestra vivienda. Estos gráficos ayudan a mostrar si las superficies de trabajo alcanzan los niveles de iluminación adecuados, también ayudando a visualizar las fuentes de luz natural. En este análisis podremos observar si la vivienda tiene una buena iluminación natural, o por el contrario deberemos de crear más huecos con el objetivo de reducir la iluminación artificial.

Es un estudio realizado durante todas las horas de sol del invierno, ya que será el más restrictivo al cabo del año. En la imagen de abajo correspondiente a la planta baja de nuestra vivienda, vemos como todas las estancias tienen una gran cantidad de luz superando los 300 lux, exceptuando el cuarto de baño que cuenta con 100lux que son suficientes y la entrada principal que tiene 90 lux pero recibe un poco mas de luz gracias a que la puerta entre el comedor y el recibidor es acristalada.

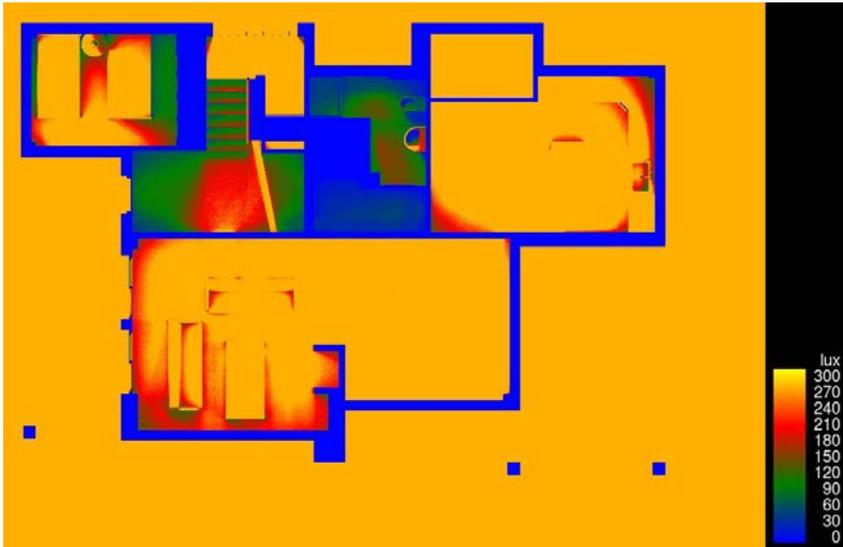


Imagen 74: Iluminación planta baja de nuestra vivienda. Fuente propia Revit

En la siguiente imagen 74 de la planta primera, seguimos teniendo buenos niveles de iluminación, tanto es así que podríamos tener problemas de deslumbramiento, o incluso de demasiadas ganancias térmicas. Por lo tanto una de las posibles mejoras será la utilización de vidrios que rebajen la entrada de luz visible y la entrada de radiación.

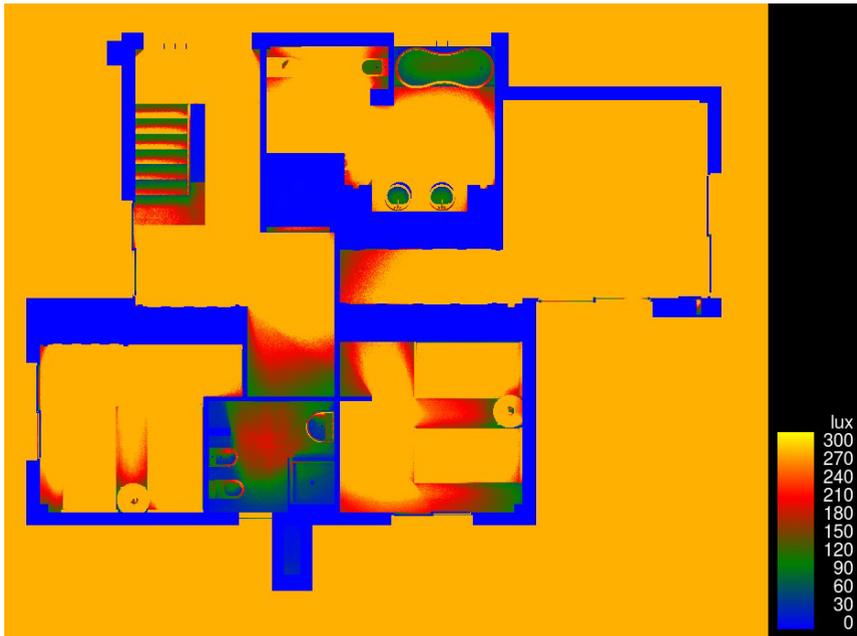


Imagen 75: Iluminación Planta Primera de nuestra vivienda. Fuente propia Revit

Luminancia = luz reflejada por una superficie

La luminancia es la luz reflejada en las superficies y se mide en candelas por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

La luminancia es lo que percibimos al mirar una superficie. La calidad y la intensidad de la luz que llega a nuestros ojos depende de las propiedades de la superficie del material (color, reflectancia, textura).

Los valores de luminancia se utilizan para estudiar la calidad visual de un espacio.

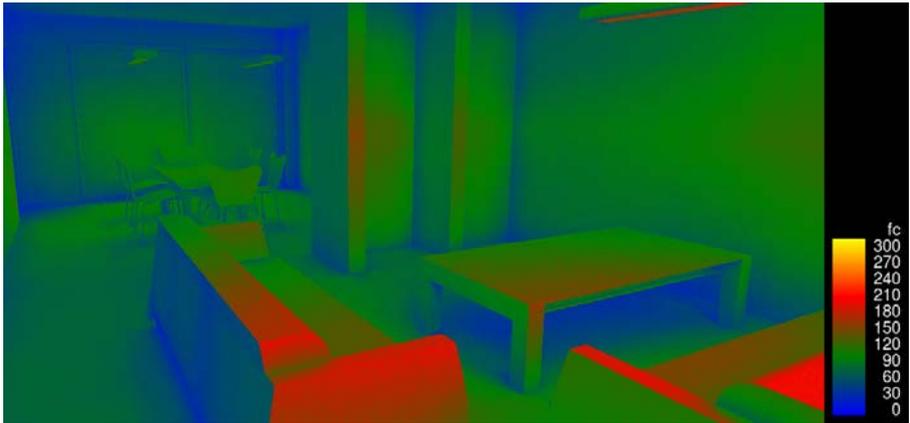


Imagen 76: Luminancia del salón de nuestra vivienda. Fuente propia Revit

Las representaciones de luminancia son útiles para la comprensión de cualidades como la distribución de la luz y el resplandor, pero no para comprender si el espacio tiene suficiente luz para su uso previsto. El deslumbramiento se determinará mediante la comparación de los extremos de los valores de luminancia que el ojo de un ocupante verá desde un punto de vista determinado como en el ejemplo de la imagen superior del comedor de nuestra vivienda.

## Otras medidas utilizadas en iluminación natural

Sobre la base de estas medidas, los diseñadores de iluminación usan algunas métricas adicionales como factor de luz natural para ayudarles a optimizar y comunicar la cantidad y calidad de la luz del día dentro de un espacio. Esto es importante debido a que la disponibilidad de la luz del día puede cambiar mucho según las condiciones del cielo.

## Net zero building

El factor de luz natural se expresa como el porcentaje de la luz natural que cae sobre una superficie de trabajo en comparación con la que se hubiera caído sobre una superficie horizontal sin ninguna obstrucción en las mismas condiciones en el cielo.

Un factor de luz de 5% sobre una superficie interna significa que recibió 1/20 de la máxima luz natural disponible.

Como referencia, una habitación que tiene un DF de menos de 2% se considera que tiene poca iluminación. En habitaciones con DF entre el 2% y el 5% se consideran ideales para actividades que comúnmente se producen en el interior. Con factores de luz de más del 5%, es

importante tener en cuenta los requisitos térmicos debido a que seguramente tendrá grandes áreas de vidrio por donde puede haber una gran pérdida de calor durante el invierno y ganancias en verano.

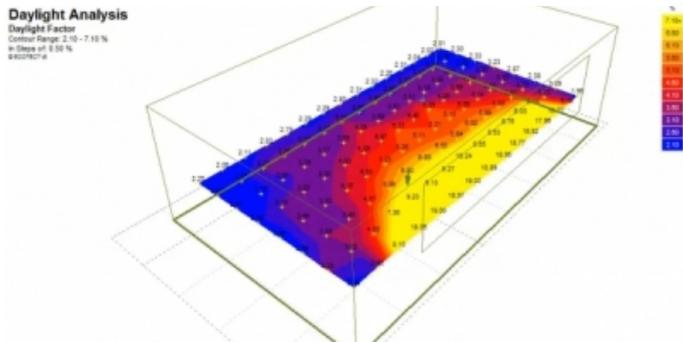


Imagen 77: Factor de luz natural en una habitación. Fuente propia

de vidrio por donde puede haber una gran pérdida de calor durante el invierno y ganancias en verano.

Estos factores de luz natural se calculan utilizando un cielo cubierto estándar con el fin de representar el peor caso posible.

En lo que se refiere a la iluminación de la vivienda, la mejor opción es la luz natural, por ser una fuente gratuita y no contaminante. Pero no siempre va a poder ser así, por eso vamos a analizar cómo podemos

aprovechar al máximo la luz natural mediante huecos, y por lo tanto utilizar menos electricidad.

La colocación de huecos se refiere a cualquier material que deja entrar la luz del día, incluyendo las ventanas, tragaluces, aberturas, y cualquier otras superficies transparentes o translúcidas.

La colocación en un sitio determinado, al igual que la superficie del hueco es importante para alcanzar el confort térmico y visual de forma pasiva ahorrando en energía y dinero.

## *La Iluminación Natural*

### Área de Apertura

Los huecos con mayor superficie no son necesariamente los mejores. Por una parte, pueden causar la pérdida excesiva de calor o ganancia de calor y por otra pueden tener demasiado brillo o resplandor. Elegir el tamaño adecuado para los huecos es fundamental. Una forma de medir los huecos es mediante la relación de huecos fachada:

$$\text{Relación huecos fachada} = \frac{\text{Área de acristalamiento neta}}{\text{Área bruta de la pared}}$$



Imagen 78: Fuente propia

El área de acristalamiento neta se refiere únicamente a la parte transparente de la ventana, sin los marcos (el área neta del cristal generalmente es de alrededor del 80% del área bruta de hueco), y el área bruta de la pared es la superficie entera de pared en  $m^2$ . Esta relación suele ser de 40% o inferior en climas fríos. En climas cálidos, las proporciones más altas pueden ser aceptables, siempre y cuando las ventanas estén bien protegidas del calor del sol.

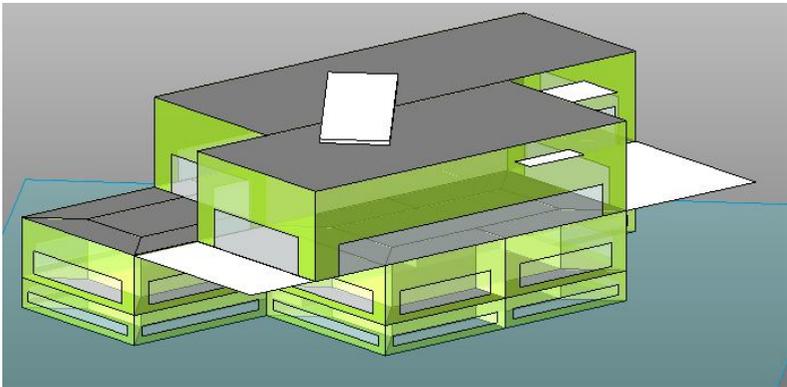


Imagen 79: Tanto% de acristalamiento (Masa Conceptual). Fuente propia Vasari

Las claraboyas dan mucha más luz por lo que se requerirá menos superficie. Se pueden medir también como la relación Hueco-Fachada pero esta vez relación Hueco-Cubierta con el área total de la azotea. Esta relación suele estar comprendida entre el 3% y el 6%.

## Colocación de los huecos para la iluminación natural

Los huecos de las fachas al sur reciben mucha más luz solar directa que las otras fachadas. Sin embargo un exceso de luz puede causar deslumbramientos y el sobrecalentamiento.

Distribuir la luz uniformemente es fundamental para buena iluminación natural, por lo que los huecos deberán estar distribuidos uniformemente. Los huecos continuos a lo largo de una fachada son aún mejores, y los huecos en varias fachadas son aun mejores.

### Lado de la Luz

Luz procedente de aberturas laterales como las ventanas sólo puede penetrar hasta un punto de la habitación. La teoría para la mayoría de las latitudes es que la luz del día penetra en una sala de aproximadamente 2,5 veces la altura de la parte superior de la ventana.

## Net zero building

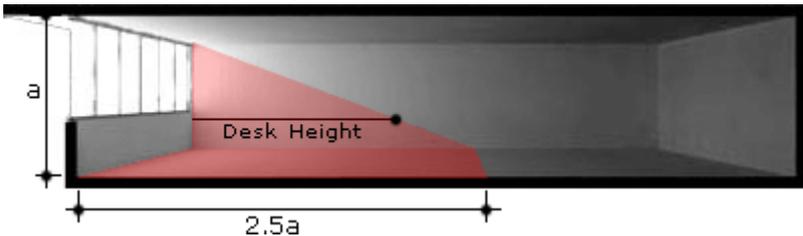


Imagen 80: Punto máximo de la Iluminación Natural en un habitación.

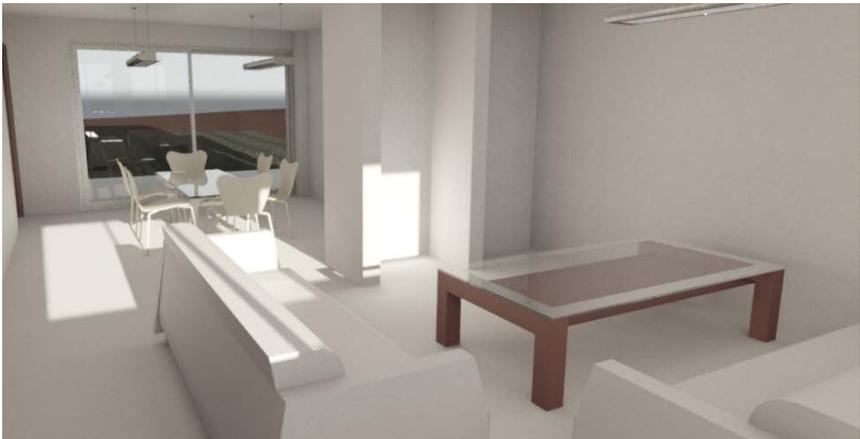


Imagen 81: Punto máximo de luz en nuestra vivienda. Fuente propia Revit

Las claraboyas no son el único tipo de apertura para llevar la luz a través de la cubierta. Hay muchos tipos de diseños para dejar entrar la luz natural a la habitación como podemos ver en la imagen de abajo. Estos diseños tienen sus ventajas y desventajas como los altos

## Net zero building

costes de construcción y la forma en la que dejan entrar el sol y en que momentos del día y año.

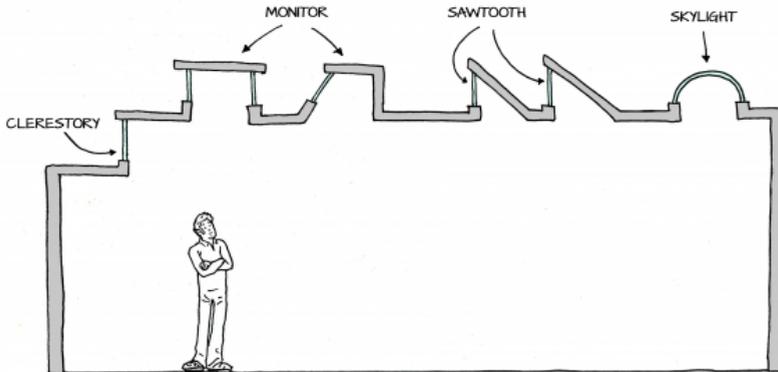


Imagen 82: Tipos de claraboyas. Fuente [www.claraboyas.eu](http://www.claraboyas.eu)

## Estanterías ligeras y deflectores

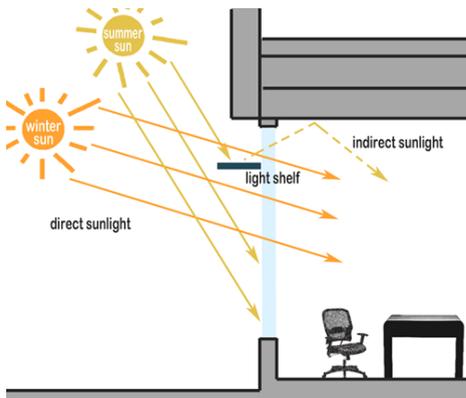


Imagen 83: Estanterías de luz. Fuente [blogvecinolisto.com](http://blogvecinolisto.com)

Un buen diseño de la iluminación natural tiene en cuenta los huecos de iluminación natural por separado de huecos de vista, incluso cuando se utiliza la misma ventana para ambos. Los huecos de iluminación natural deben de estar situados lo más alto para una mayor penetración de la luz en el espacio. Los huecos de vista deben estar al nivel de los ojos

de los ocupantes, tanto sentados como de pie. Haremos que la luz natural entre por los huecos de iluminación natural y mediante las superficies como el techo o los estantes de luz haremos que la luz rebote distribuyendo la luz mas uniformemente hacia el interior de la habitación.

El problema de la luz solar directa sobre las superficies de trabajo es que suele causar deslumbramiento. Por el contrario un estante de luz es generalmente un elemento horizontal

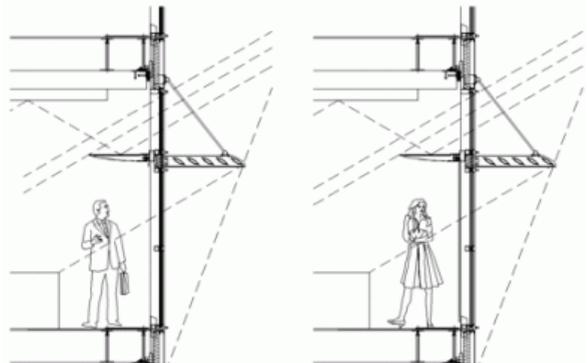


Imagen 84: Estantes de luz. Fuente [www.d-lite.org](http://www.d-lite.org)

situado por encima del nivel del ojo que divide una ventana a una zona de visualización en la parte inferior y una zona de luz natural en la parte superior que impide el deslumbramiento.

Los estantes de luz son más eficaces en las fachadas orientadas a sur y aunque reducen la luz del día cerca de la ventana, mejoran la uniformidad de la luz en el resto de la habitación. La anchura recomendada del estante de luz externo es aproximadamente igual a su altura sobre el plano de trabajo. Están hechos de muchos materiales como madera, paneles de metal, vidrio, plástico o tela. Hay que tener en cuenta que estos materiales tendrán que resistir a los agentes meteorológicos del exterior y tendrán que ser materiales resistentes con facilidad de mantenimiento, coste, y la estética.

## Fuentes de luz eléctrica

Probablemente no seamos capaces de iluminar un espacio solo a través de la luz del día, por lo que tendremos que aprender a utilizar eficientemente la luz eléctrica. Hay diferentes tipos de luz como lámparas, bombillas, u otros dispositivos que se utilizan para crear luz artificial.

La elección de la fuente de luz es muy importante, tanto para el confort visual como para la eficiencia energética.

Las fuentes de luz artificial no solo se miden por sus características de confort visual (brillo, temperatura de color, el índice de rendimiento de color y distribución de la luz), sino también su eficacia, es decir, su eficacia en la conversión de la electricidad en luz.

### Eficacia de la iluminación

La eficiencia energética de las luces artificiales se mide por la eficacia luminosa, que es la relación entre el flujo luminoso que sale (en lúmenes) con la electricidad o calor que entra (en vatios). La energía que no sale como luz sale y se transmite en forma de calor. Hay que tener en cuenta que la eficiencia de la iluminación es una función que depende tanto de la fuente de luz como de la estructura de la lámpara.

LÁMPARA	EFICACIA (lm/W)	IRC (%)	VIDA ÚTIL (horas)
Incandescente	10	100	1 000
Incandescente Halógena	25	100	2 000
Fluorescente	60-93	63-95	10 000
Fluorescente Compacta	50-81	82	8 000
Vapor de Mercurio Color Corregido	46-55	40-46	12 000
Vapor de Mercurio con Halogenuros	70-96	69-96	8 000
Vapor Sodio Alta Presión	90-120	20	10 000
Vapor Sodio Baja Presión	100-200	0	10 000
Sodio Blanco	48	85	2 000
Inducción	70	80	60 000



Imagen 85: Una lámpara fluorescente compacta y la lámpara incandescente en el salón de nuestra vivienda de estudio. Fuente propia Revit

## Fuentes de luz comunes

Hoy en día hay tres fuentes principales para la iluminación artificial: las bombillas incandescentes, de descarga eléctrica y LED.

- Las luces incandescentes funcionan calentando un filamento hasta que este brille intensamente.
- Descarga eléctrica o descarga de gas por donde se deja pasar una corriente a través de un gas, como por ejemplo las lámparas fluorescentes.
- Los diodos emisores de luz (LEDs) envían una corriente a través de un semiconductor para causar la emisión de fotones .

Net zero building

### Incandescente

En términos generales, las lámparas incandescentes son baratas de instalar, pero caras de mantener. En algunos casos, se puede justificar el uso de pequeñas fuentes incandescentes debido a que se puede tener un control preciso; sin embargo, no se deben utilizar normalmente para la iluminación general de interiores.



Imagen 86: Lámpara incandescente. Fuente [www.renovablesverdes.com](http://www.renovablesverdes.com)

### Halógeno

El halógeno es una lámpara incandescente con un precio alto y es una excelente lámpara si se quiere tener un control óptico importante. Tiene todos los aspectos negativos de la incandescente estándar, como una vida relativamente corta y baja eficacia, haciendo que este halógeno sea costoso de obtener y mantener. La reproducción del color, sin embargo, es excelente.



Imagen 87: Halógeno. Fuente [www.decoracioneiluminacion.com](http://www.decoracioneiluminacion.com)

### Vapor de sodio a baja presión

Una lámpara de descarga eléctrica que se basa en vapor de sodio. Tiene la más alta eficacia hoy en día.

Una pequeña corriente pasa a través del gas de sodio cuando la luz está encendida, ya que emiten una descarga de color rojo tenue. Después de varios minutos, el sodio en el interior se evapora. El vapor de sodio resultante produce la emisión casi al 100% monocromática de esta lámpara (589 a 589,6 nm, amarillo). Esto hace que la percepción del color sea muy difícil, lo que significa que se utiliza casi exclusivamente para la iluminación de calle.

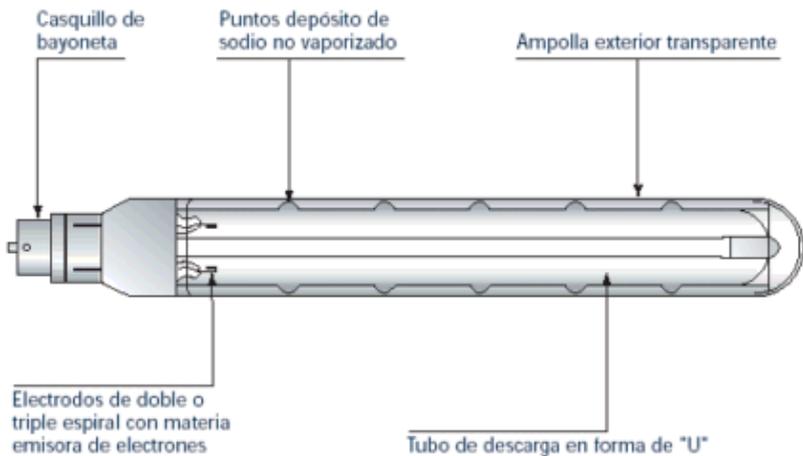


Imagen 88: Lámpara de vapor de sodio. Fuente [grlum.dpe.upc.edu](http://grlum.dpe.upc.edu)

### Fluorescente

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica cuya luz se encuentra en el espectro ultravioleta, pero el interior de la lámpara está recubierto con fósforos que absorben estas longitudes de onda de luz visible y la reemiten. Pueden tener una amplia gama de temperaturas, de color e índices de la representación de color, así como diferentes eficacias

luminosas. Por lo general son más eficientes cuando más pequeños son de diámetro (de ahí que el T5 es más eficiente que un T8 o T12).



Imagen 89: Lámpara fluorescente. Fuente [www.diezcuriosidades.com](http://www.diezcuriosidades.com)

### LED

Las luces LED de hoy tienen eficacias luminosas en la misma gama que los fluorescentes compactos. Sin embargo, tienen una larga vida, hasta 30.000 a 100.000



Imagen 90: Luces led. Fuente [ilamparas.com](http://ilamparas.com)

horas de uso. Tienen una gran robustez física, pueden tener unas dimensiones extremadamente pequeñas y se adaptan a muchos factores de forma.

Su tradicionalmente altos precios impidió su uso como fuente de iluminación arquitectónica popular. La iluminación LED es cada vez menos costosa y más eficiente a cada año que pasa.

## Selección de una lámpara

Se deben de tener en cuenta varios criterios a la hora de elegir qué fuente de luz utilizar. (Criterios de elección de lámparas)

### 1. Eficacia, Vida, depreciación lumínica

Todos estos tienen un efecto en el precio del ciclo de vida. Si la salida de lúmenes de la lámpara disminuye durante su vida útil, deberemos de sobredimensionarla con más lúmenes de los necesarios para que a medida que disminuyan los lúmenes de la lámpara con la edad, siga habiendo una cantidad suficiente de luz disponible. En otras palabras, si se requieren siete luminarias para proporcionar la cantidad correcta de luz para un espacio al principio, podríamos poner ocho luminarias en nuestro diseño.

### 2. Cantidad de difusión deseado

A veces es deseable tener la luz difusa en lugar de luz altamente direccional ya que este último causa sombras. Una lámpara fluorescente genera una luz más difusa con lo cual las sombras son más suaves de una fuente puntual.

### 3. Índices de color

La mayoría de las fuentes de luz están disponibles en una gran variedad de distribuciones de potencia espectral, produciendo una variedad de índices de rendimiento de color (CRI) y temperaturas de color. El diseñador de iluminación debe estar completamente familiarizado con estos conceptos con el fin de lograr adecuadamente el efecto deseado con las lámparas elegidas. Por ejemplo un alto grado de color como un color amarillento, dará sensación de más calor que una luz blanca que dará sensación de frescura.

### 4. Cargas de la iluminación

Toda la iluminación artificial añade una carga adicional de calor al edificio. Las lámparas con una eficacia superior aportarán menos calor. La forma más eficiente térmicamente de iluminación es luz natural difusa, seguido por la luz solar directa, de baja presión y luego descarga gaseosa de alta presión. Las peores lámparas son las incandescentes.

### 5. Coherencia y fiabilidad de Voltaje de alimentación

Las lámparas de descarga gaseosa de alta presión son más sensibles a la variación de tensión de lámparas de baja presión. Si el arco se apaga debido a una caída en el voltaje, la lámpara de alta presión requiere hasta 15 minutos para volver a dar luz.

### 6. Costo

Algunas lámparas son bastante baratas de comprar. Sin embargo, estas tienden a tener una baja eficacia y una vida relativamente corta. Hay

que tener en cuenta no sólo el costo inicial, sino el costo de operación del sistema a lo largo de toda su vida, incluyendo los costos de energía. Las luces fluorescentes y LED son la mayoría de las veces una mejora de costes frente a las incandescentes.

### *Instalaciones de Luz y Diseño*

Como hemos visto anteriormente mediante los gráficos visuales, podemos medir la luz natural que entra al interior de nuestra vivienda, pero ¿cómo medimos o calculamos la luz artificial que necesitaremos??

Algunos programas hacen estos cálculos ayudándonos con la elección de las fuentes de luz antes vistas y con su distribución. A continuación explicaremos brevemente como calcular las instalaciones de luz para una habitación.

Complementar la luz natural con luz artificial, mediante luminarias y una buena distribución de estas será importante para crear una vivienda eficiente. Un buen diseño de la luminaria y distribución de estas pueden distribuir homogéneamente la luz por toda la habitación, iluminando la tarea que se esté realizando independiente de la iluminación ambiental.

El mejor diseño de las luminarias y su distribución nos lo puede indicar la prueba de confort visual. Cumpliendo en un mismo espacio todas las actividades del programa de la habitación, y midiendo la cantidad de energía necesaria para lograr buenos umbrales de confort visual están dentro del rango admitido. Cuanta menos energía sea necesaria para la comodidad, mejor.

## Tipos de luminarias

Las luminarias son los accesorios o carcasas que contienen la bombilla o fuente de luz. Afectan en gran medida tanto al brillo como a la distribución espacial de la luz, ya que reflejan y/o filtran la luz de sus lámparas, para diferentes efectos. Los tipos de luminarias se clasifican generalmente por su distribución de la luz. Algunas distribuciones comunes son las siguientes: directa, semidirecta y directa-indirecta.

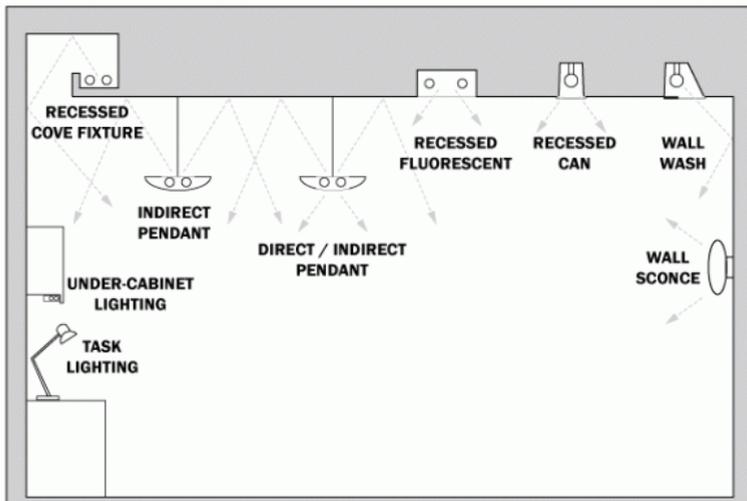


Imagen 91: Tipos de luminarias

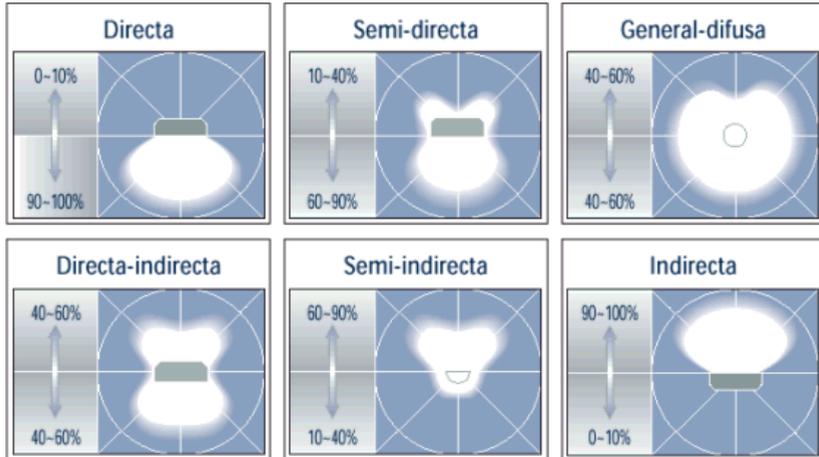


Imagen 92: Distribución espacial de las luminarias. Fuente [www.tuveras.com](http://www.tuveras.com)

En general, la luz que brilla en las superficies de trabajo es la luz "directa", mientras que la luz que brilla lejos de tales superficies es luz "indirecta".

La distribución de salida de una luminaria se puede medir en un rango de ángulos y se representa en un diagrama polar. En ella, las líneas representan los niveles de luz efectivamente medidos a una distancia fija de la luminaria por lo general 1 m, ya que se hace girar alrededor de diferentes ángulos. Las unidades del gráfico son el lumen.

Una luminaria se refiere a una unidad de iluminación completa, incluyendo una o más lámparas, superficies reflectantes, carcassas de protección, las conexiones eléctricas y los circuitos. Todos estos componentes afectan a la producción total de la luz de la

unidad. Incluso con una lámpara muy brillante, materiales translúcidos o semitransparentes pueden reducir el flujo de luz, y las superficies reflectantes pueden reducir rápidamente su intensidad por acumulación de polvo y suciedad.

### *Distribución de la iluminación*

Dada la gran variedad de diferentes lámparas y luminarias disponibles, hay un conjunto casi infinito de diferentes variedades de luces eléctricas en una habitación.

La principal preocupación en el diseño de la iluminación es evitar el deslumbramiento de las superficies de actividad. La luz debe rebotar de forma difusa en lugar de rebotar directamente a los ojos del usuario.

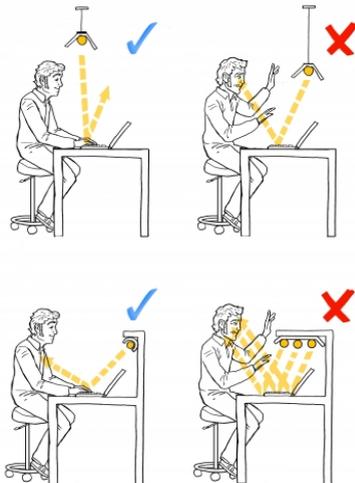


Imagen 93: Posición para evitar los reflejos

Por último la distribución de la iluminación debe de ser homogénea en toda la habitación, no dejando espacios o rincones más oscuros. Para esto una distribución lógica puede ahorrarnos luminarias innecesarias y con ello gasto anual.



Imagen 94: Imagen interior de la vivienda según la iluminación elegida. Fuente propia Revit

### *El Método del lumen*

En la imagen anterior hemos visto una distribución de las luminarias en el salón de nuestra vivienda, pero la intuición por sí sola no es suficiente para predecir con certeza las cantidades de iluminación en cada zona de la habitación.

El método más simple de calcular el nivel de iluminación general de espacios uniformemente iluminados es el Método del lumen. Este sistema utiliza tanto la lógica como el cálculo y es más utilizado a la hora de determinar el número de luminarias para un nivel de iluminación dado. La fórmula es la siguiente:

$$E = F / A$$

Donde E es el promedio (o mínimo) Nivel de iluminación en el plano de trabajo (en lux), F es el flujo luminoso útil de todas las fuentes (lúmenes) y A es el área de la superficie total del plano de trabajo (en m<sup>2</sup>). En términos de diseño arquitectónico, despejando F permite al arquitecto o ingeniero para determinar la cantidad total de luz que se requiere en la habitación.

$$F = AE$$

Tenga en cuenta que el valor resultante no es de los lúmenes de la lámpara, ya que no toda la luz producida por cada lámpara en realidad alcanza el plano de trabajo. Hay muchos factores que afectan a la cantidad de luz que llega al plano de trabajo:

- El tamaño y la proporción de la habitación.
- La altura de las instalaciones de luz por encima del plano de trabajo.
- La reflectancia de las superficies de paredes y techos.
- La naturaleza de la instalación de luz y su distribución de la luz.
- Pérdida de luz debido al envejecimiento, de recogida de polvo.
- Las partículas atmosféricas, como el humo o el polvo.

Pasos del método de lumen:

### **1. Seleccione iluminación requerida**

Determine cuál es el nivel mínimo requerido de iluminación para su aplicación en particular, el uso de los estándares normalizados o sistemas de certificación.

## 2. Determinar Flux

Esto es simplemente una cuestión de calcular el área total de la superficie sobre la cual la iluminancia requerida va a ser distribuida y multiplicanda por el nivel de iluminación que deseamos mediante la fórmula  $F = AE$ . Esto nos dará la cantidad de luz "útil" que será necesaria.

## 3. Seleccionar luminarias

Una evaluación preliminar se debe de realizar para determinar el tipo de iluminación que será necesario, una decisión a menudo en función de la estética y la economía.

## 4. Determinar Altura de montaje

La distancia desde la fuente hasta el plano de trabajo es muy importante, ya que es un importante factor determinante del nivel de iluminación final.

## 5. Determinar el índice de la habitación

El índice de habitación es una relación, que describe cómo la altura de la habitación se compara con su longitud y anchura.

$$K = \frac{L \cdot W}{(L + W) \cdot HM}$$

Donde L es la longitud de la habitación, W es su anchura, y HM es la altura de montaje por encima del plano de trabajo.

## 6. Determinar factor de utilización (UF)

El factor de utilización, o coeficiente de utilización, reúne todas las variables anteriores (reflectancia de las paredes y el techo, el índice de la habitación, y el tipo de luminaria) en un solo valor. Se utilizan tablas

de los fabricantes para determinar el coeficiente de utilización para las diferentes luminarias.

### 7. Determinar Factor de mantenimiento (MF)

El factor de mantenimiento se basa en la frecuencia que se limpian y se reemplazan las luces. Tiene en cuenta factores tales como la intensidad de la luz con la edad, la acumulación de polvo dentro de la propia instalación y la pérdida con la edad de la reflectancia en paredes y techos.

*Bueno = 0.70*

*Media = 0.65*

*Pobre = 0.55*

### 8. Determinación del número de partidos

En primer lugar, determinar el flujo total instalado es necesario, mediante la aplicación del factor de utilización y el Factor de mantenimiento del flujo recibido. Esto se consigue utilizando la siguiente fórmula:

$$F_{instalada} = \frac{F}{(UF \cdot MF)}$$

A continuación, determinar el número de luminarias requeridas simplemente dividiendo el flujo instalado por la producción total de cada fuente de luz.

### 9. Compruebe Separación de Aparatos

Una vez que se conoce el número de luminarias, se deberán distribuir de manera uniforme en todo la habitación.

Si el accesorio que elegimos no es adecuado, sólo tenemos que seleccionar una nueva luminaria (basado en la experiencia adquirida en

Net zero building

este cálculo) y realizar los pasos 3-9 de nuevo. (Área de Eficiencia Energética UPV, 2014)

Hemos aplicado el método para todas las habitaciones de nuestra vivienda. Abajo, en la imagen 95 podemos ver un ejemplo de la aplicación del método en la cocina de nuestra vivienda para unos 200 lux.



Imagen 95: Distribución de la iluminación en la cocina de nuestra vivienda. Fuente propia Revit

# Recursos y comportamiento de los edificios

---

Lo primero que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar una vivienda, o hacer cambios como es nuestro caso, es que los edificios utilizan energía, materiales, agua y tierra para crear el entorno adecuado para sus ocupantes. Todos estos recursos cuestan dinero y todos ellos tienen un impacto medioambiental que hay que controlar.

Este apartado nos va a dar una idea, de lo importante que es escoger buenos materiales y hacer un uso correcto de la energía y del agua para que posteriormente ponerlo en práctica para nuestras propuestas de mejoras.

## *Uso del material*

El uso de materiales más sostenibles, con menos cantidad de material pero con los mismos efectos, y el uso de materiales en los sitios adecuados, puede mejorar el impacto ambiental del edificio, durante el curso y hasta el final de su vida útil.

Una buena elección de los materiales es importante porque tienen sus propios impactos ambientales mediante la extracción y la producción, y estos también afectarán en gran medida al rendimiento térmico, visual y acústico del edificio. Hay que tener en cuenta que la elección de los

materiales y productos de construcción también hace que se incrementen los costos en los proyectos.

Vamos a poner de ejemplo el utilizar mejores propiedades térmicas en los materiales utilizados en la envolvente de un edificio. Esto hará que se puedan mejorar el uso de la energía en la vivienda.

El ciclo de vida del material es otro factor importante por si el material pueda ser reciclable o biodegradable.

### *Uso de los Sistemas de Energía*

Los sistemas de energía producen, usan, convierten, y almacenan energía para el edificio. En los edificios de alto rendimiento estos sistemas tienen que ser a la vez eficientes y eficaces.

La producción de energía y su uso es el principal impulsor de las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El uso de energía en los edificios es también uno de los mayores costos a lo largo de la vida útil de un edificio. Ser eficientes en energía significa obtener el máximo rendimiento de los sistemas y la tecnología que hayamos elegido para su uso.

Hay que tener en cuenta que dependiendo de su ubicación, las necesidades y las fuentes de energía disponibles, podremos elegir para obtener nuestra energía a partir de energía fotovoltaica, el viento, la red de electricidad o gas natural. Si no podemos conseguir suficiente

energía limpia en nuestro emplazamiento, tendremos que comprar compensaciones de electricidad a la red general.

### *Uso del Agua*

El agua se utiliza dentro de un edificio para beber, para la limpieza y para el saneamiento. Se utiliza fuera de un edificio para la jardinería, las aguas residuales y la escorrentía. El agua es fundamental para la salud humana, y también desempeña un papel vital en mantener los ecosistemas en equilibrio. La escasez de agua dulce en algunas zonas hacen el ahorro de agua más importante.

El agua se mide tanto en términos de cantidad como de calidad. El caudal de agua de los grifos y los accesorios como la capacidad de almacenamiento de tanques y cisternas son diferentes formas de tener un control de lo que se consume.

### *La Energía que contiene un Edificio*

Para continuar con el camino hacia una mejor elección de propuestas de mejora de nuestro edificio es imprescindible conocer y comprender los flujos de calor que tiene una vivienda, tales como la conducción, convección y radiación son la clave para crear edificios que hagan uso de la energía eficientemente.

Hay dos formas de flujos de calor: calor sensible y calor latente . Un ejemplo de flujo de calor sensible es un cambio en la temperatura. Un ejemplo de flujo de calor latente es un cambio en el contenido de humedad. El flujo de calor total es la suma de los flujos sensible mas latente.

Un dato que nos ayudara en el diseño es que el aire seco caliente en realidad es menos incómodo que el aire caliente y húmedo, ya que la humedad mantiene la energía en forma de calor latente. Como hemos visto posteriormente, el clima de nuestra vivienda es un clima caliente y con una alta humedad, debiendo de bajar esta humedad a niveles de confort.

Calor sensible : El calor asociado con el cambio en la temperatura de una sustancia, materiales o espacio.

El calor latente : La liberación o almacenamiento de calor asociado con el cambio de estado de una sustancia, sin un cambio en la temperatura de la sustancia. En el diseño del edificio, esto es a menudo el calor necesario para agregar/eliminar contenido de humedad en el aire.

## Net zero building

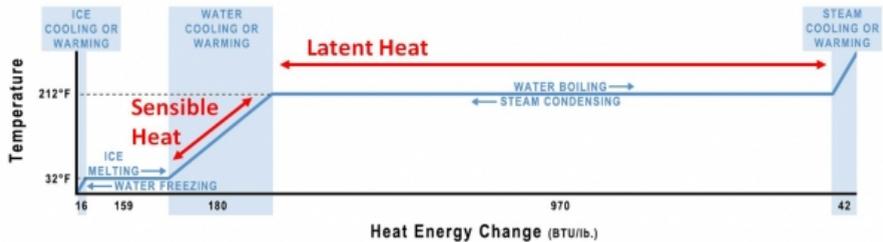


Imagen 96: Evolución del calor sensible y latente que se necesita para cambiar el estado del agua en sus diferentes fases físicas.

Un dato curioso donde nos damos cuenta de la energía que acumula el calor latente es que se necesita cinco veces más calor para convertir el agua en vapor que calentar agua congelada y llevarla a temperaturas de ebullición.

## Conducción, convección y radiación

Los edificios pierden o ganan calor sensible con el medio ambiente a través de la envolvente de tres formas principales:

- 1) Conducción : La transferencia de calor entre las sustancias que están en contacto directo uno con otro.
- 2) de convección : El movimiento de gases y líquidos causados por la transferencia de calor. Cuando se calienta un gas o líquido, se calienta, se expande y se eleva porque es menos denso.
- 3) Radiación : Cuando las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio, se llama radiación. Cuando estas ondas (del sol, por ejemplo) golpean un objeto, transfieren su calor a ese objeto.



Imagen 97: Fuente [nergiza.com](http://nergiza.com)

La forma en que se experimenta el calor de un incendio es un buen ejemplo de la conducción, convección y radiación. El calor se lleva a cabo a través de los materiales colocados

en el fuego, como una barra de metal. Nosotros solo podremos continuar cogiendo la barra de metal si tenemos un buen material aislante.

El calor se irradia desde el fuego hacia otro cuerpo y solo se podrá evitar la radiación interponiendo un material entre el fuego y el cuerpo o alejando el cuerpo del fuego.

El calor del humo subirá rápidamente a través del aire por diferencia de presión. La dirección en la que viaja dependerá de las diferencias del viento y de la presión.

Conducción, convección y radiación están en todas las partes de un edificio. En un edificio la conducción se lleva a cabo principalmente a través de la envolvente, la transferencia de calor radiante es principalmente a través del sol, y la convección es generalmente el resultado de viento o el movimiento del aire impulsado por diferencias de presión.

## Los materiales

Una vez que sabemos que el calor viaja a través de los materiales, para mejorar nuestra vivienda y hacerla más eficiente mejorando sus flujos de calor, será necesario conocer cómo se comportan estos. Todos los materiales utilizados tienen propiedades físicas fundamentales que determinan su eficiencia energética como la conductividad, resistencia y masa térmica.

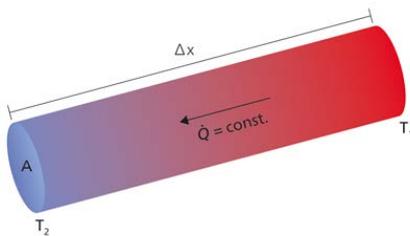


Imagen 98: Fuente [www.netzsch-thermal-analysis.com](http://www.netzsch-thermal-analysis.com)

### Conductividad térmica

La capacidad de un material para conducir el calor.

Cada material tiene una masa de diferentes características por la cual el calor fluirá a través de él. Cuanto más rápido fluye el calor a través de un material, más conductor es.

Conductividad ( $k$ ) es una propiedad del material dado para sólidos homogéneos en condiciones de estado estacionario. Se utiliza en la ecuación siguiente:

$$q = \frac{k A \Delta T}{L}$$

donde

$q$  = el flujo de calor resultante (W)

$K$  = la conductividad térmica del material (W/mK).

Net zero building

A = la superficie a través del cual fluye el calor ( $m^2$ )

T = la diferencia de temperatura entre los lados caliente y frío del material (K)

L = el espesor/longitud del material (m)

Las unidades que utiliza para su medición según el sistema internacional es  $W/m^{\circ}C$  o  $W/mK$ , es el número de vatios que fluyen a través de 1 metro cuadrado ( $m^2$ ) de material que tiene 1 m de espesor cuando la diferencia de temperatura a través de ese material es de  $1^{\circ}C$  en condiciones de flujo de calor constante.

## Conductancia térmica (C)

Conductividad por unidad de área. Se utiliza para los materiales de construcción convencionales.

En los materiales básicos de construcción, el flujo de calor se mide generalmente por la conductancia (C), no conductividad. La conductancia es la conductividad de un material por unidad de superficie para el espesor del objeto (en unidades de  $W/m^2K$ ).

La conductancia es una propiedad del objeto y depende tanto del material como de su tamaño.

## Transmitancia Térmica (U)

En general la transmitancia térmica de un elemento de construcción. Se utiliza para los conjuntos de construcción en capas.

U es el coeficiente global de transmisión térmica, expresada en términos  $W/m^2K$ . Una menor transmitancia térmica significa una peor conducción, lo que significa un mejor aislamiento.

Este coeficiente de transmitancia se debe utilizar únicamente cuando el elemento está entre un ambiente y otro y no en las paredes de un sótano por ejemplo.

## Resistencia térmica ( $R=1/U$ )

La capacidad de un material para resistir el flujo de calor.

Designado como R, resistencia térmica indica la eficacia de cualquier material es como un aislante.

Es la inversa de la transmitancia térmica. Se mide en  $m^2K/W$ .

La resistencia térmica es lo que impide el flujo de calor a través de la envolvente del edificio. A mayor valor R del material indica un mejor comportamiento aislante.

## El uso de la transmitancia térmica(U) y resistencia térmica (R) en la práctica

El cálculo de la transmitancia en general comienza con la suma de resistencias. Los factores de resistencia se calculan para un elemento particular mediante la búsqueda de las resistencias de cada parte constitutiva, incluyendo todas las capas que forman el elemento y los espacios de aire para luego la suma de estas resistencias obtener una resistencia total. La transmitancia térmica es la inversa de esta suma ( $\Sigma$ ) de resistencias:  $U=1/\Sigma R$ .

# Mejoras

---

## *Análisis con Design Builder de la Vivienda Inicial*

Hasta ahora hemos visto una serie de análisis sobre nuestra vivienda. En estos análisis hemos comentado como alcanzar el confort térmico en la vivienda siendo lo más eficientes posible. Análisis como el del clima, posición solar, forma, orientación, radiación solar, ventilación y luz natural nos han descrito como debe de ser nuestra vivienda para ser más eficiente utilizando métodos de diseño pasivos.

Posteriormente conociendo la energía que contiene un edificio, como fluye dentro de él o simplemente conociendo las propiedades de los materiales y vidrios, nos dará una mejor idea de que materiales elegir a la hora de mejorar las resistencias térmicas o conseguir/evitar las ganancias solares.

A llegado la hora de poner en práctica todo esto que hemos ido viendo, y mediante el programa de design builder vamos a poder comprobar con datos numéricos las mejoras que iremos haciendo a nuestra vivienda, siguiendo así con nuestro camino hacia conseguir una vivienda más eficiente.

Design Builder es una herramienta para el diseño de edificios energéticamente eficientes y sostenibles. El programa se desarrolla como un entorno de modelización de edificios intuitivo y visual sobre el cual se integran diferentes módulos para el cálculo energético y ambiental en el edificio.

A pesar de esta diferenciación entre módulos, el entorno del programa es común y las entradas de datos se comparten entre las diferentes herramientas de cálculo evitando duplicidades en la modelización. Los módulos actuales que contiene el programa son Energyplus, CFD, iluminación natural y HVAC detallado, las cuales nos ofrecen muchas funcionalidades como por ejemplo:

- El modelado del edificio (envolvente, instalaciones)
- La obtención de información precisa del comportamiento térmico del edificio, como también su renderizado en imagen y video.

- Agilizar el diseño, modelado y proceso de evaluación proporcionando información desde el principio, cuando las alternativas de diseño aun están abiertas.

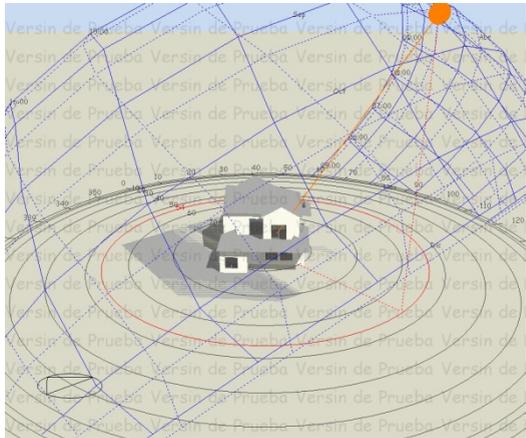


Imagen 99: Nuestra vivienda. Fuente propia DesignBuilder

- Permite diseñar edificios energéticamente eficientes y respetuosos con el medio ambiente, detectando donde podemos mejorar el edificio para que esta sea más eficiente. (DesignBuilder, 2014)

En nuestra vivienda empezamos por el modelado de los cerramientos de la envolvente de las dos plantas, para seguir con las cubiertas. Más

## Net zero building

tarde nos encargáramos de in haciendo las particiones interiores, con lo que crearíamos las distintas habitaciones para terminar poniendo las ventanas y los diferentes materiales por capas a todo el edificio.

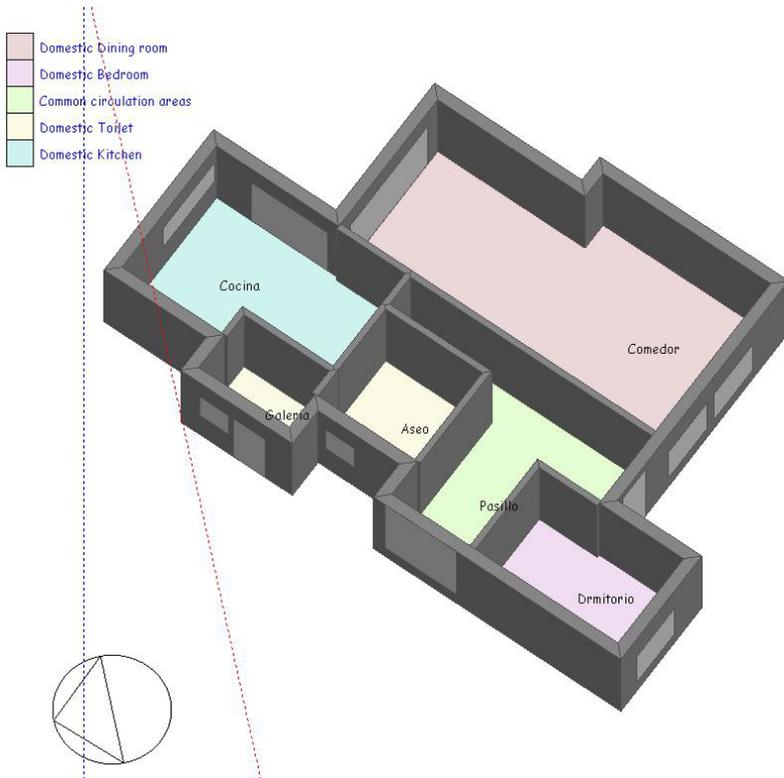


Imagen 100: Planta baja de nuestra vivienda. Fuente propia DesignBuilder

## Net zero building

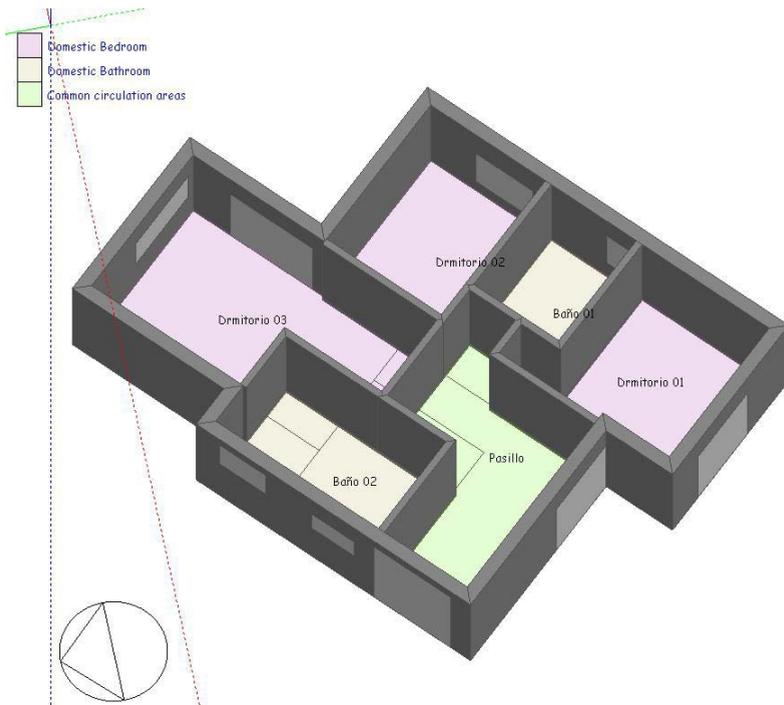


Imagen 101: Primera Planta de nuestra vivienda. Fuente propia DesignBuilder

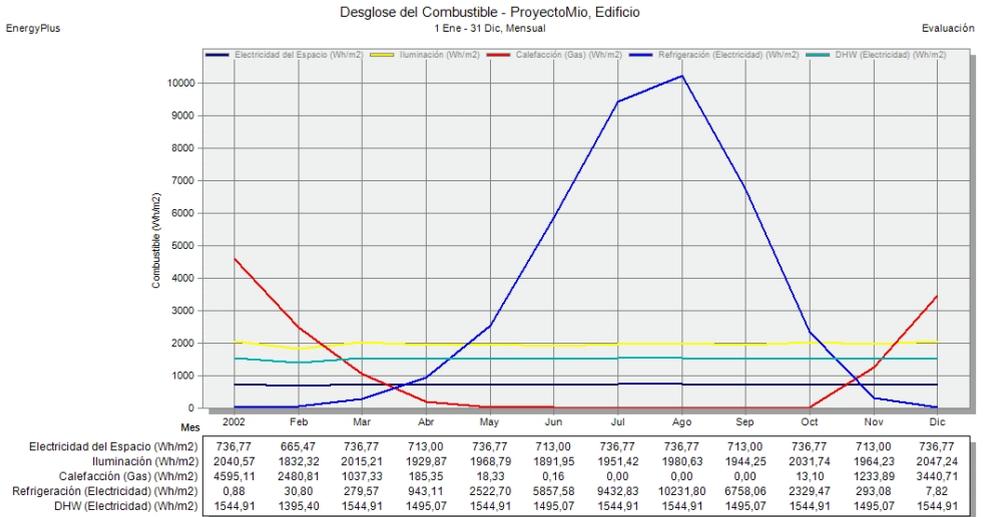
### *Vivienda Inicial*

Podemos ver que nuestra vivienda inicial, desde un principio tiene poco consumo energético, consume unos  $10200 \text{ wh/m}^2$  al año ( $10,2\text{kW/m}^2$  año), teniendo en cuenta que un edificio antiguo consume  $250 \text{ kwh/m}^2$  año, un edificio de bajo consumo  $85 \text{ kwh/m}^2$  año y un edificio pasivo  $42 \text{ kwh/m}^2$  año.

Electricidad (Wh/m2)	89150,79
Gas (Wh/m2)	13004,79

## Net zero building

Observando la grafica de abajo del desglose del combustible que utilizamos en los diferentes meses, tenemos el maximo el mes de agosto con 10kwh/m<sup>2</sup> de refrigeración, mientras que el consumo de calefaccion es menos de la mitad.



Las horas de desconfort en la vivienda son 870,73 repartidas durante todo el año, lo que es muy buen dato. Se podría decir que es tan bajo gracias a que la refrigeración esta activa la gran mayoría del año nivelando la temperatura y humedad. Con este indicador nos vamos a fijar para intentar tener una vivienda confortable, sabiendo lo importante que es esta característica y lo difícil que es de controlar este dato.

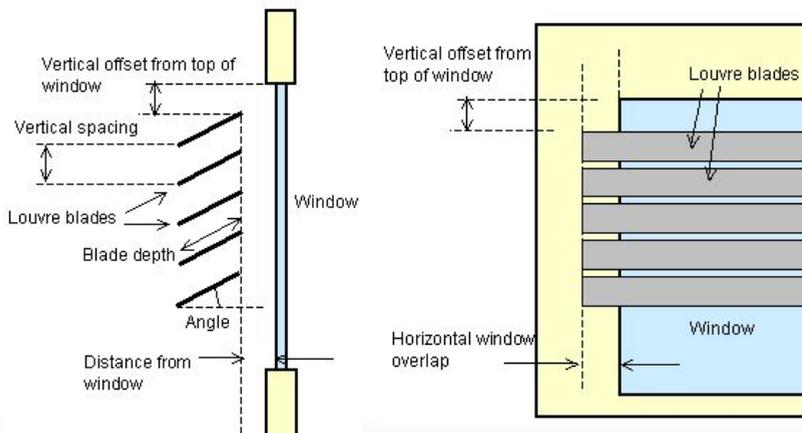
Tenemos una ganancia solar de 106kwh/m<sup>2</sup>. Las ganancias se dan sobre todo a través de las ventanas mediante radiación solar directa, o incluso

se puede observar el incremento de la temperatura en las habitaciones con fachada sur. Un ejemplo es el comedor en planta baja que tienen una larga fachada orientada al sur y es la habitación que más carga de refrigeración necesita. Para nuestra vivienda estas ganancias solares resultan una exageración y de aquí se puede deducir la gran carga de refrigeración necesaria para mantener el confort dentro de nuestra vivienda.

En conclusión nuestra vivienda inicial deberá de reducir las ganancias solares y así conseguiremos que la refrigeración se reduzca, reduciendo el consumo. Para esto vamos a dotar de lamas verticales y horizontales las ventanas.

### *Lamas en los ventanales*

Con la finalidad de reducir el consumo de refrigeración, se ha dotado de lamas verticales las ventanas de fachada NE y SO, y de lamas horizontales la fachada SE. En las otras fachadas no ha sido necesario la colocación de lamas al no incidir en ningún momento del día el sol.



Net zero building

Numero de lamas: 4

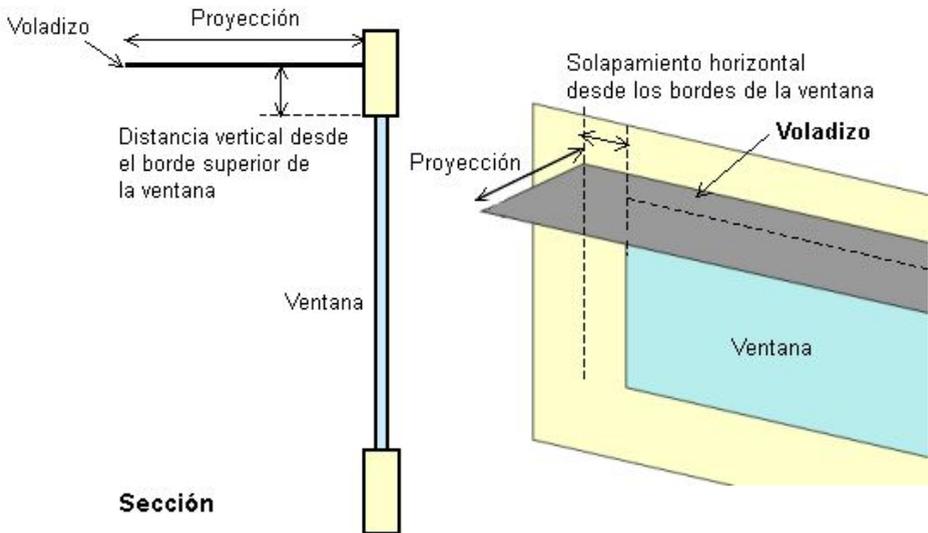
Profundidad de las lamas: 0.2m

Angulo: 15°

Distancia Vertical desde el borde superior de la ventana: 0m

Espacio Vertical: 0.3m

Distancia desde la Ventana: 0.3m



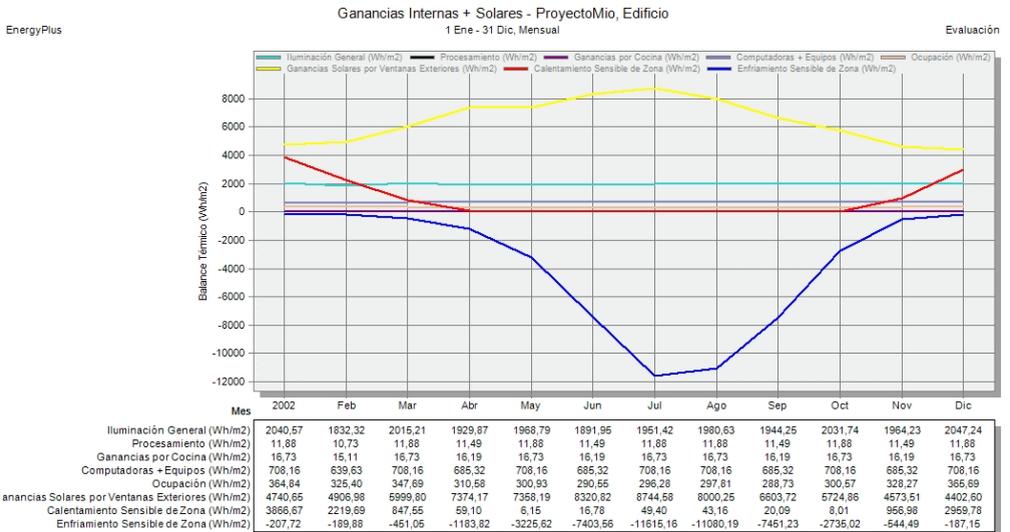
Distancia Vertical desde el borde superior: 0m

Proyección: 1.5m

Solapamiento horizontal: 0m

## Net zero building

El resultado de ganancias solares obtenido es 76kwh/m<sup>2</sup> si comparamos con las anteriores de 106kwh/m<sup>2</sup> tenemos una reducción de 30Kwh/m<sup>2</sup>. Esto ha hecho que la refrigeración haya descendido y de 10kwh/m<sup>2</sup> a 7kwh/m<sup>2</sup> en el mes de agosto.



Las horas de disconfort han aumentado siendo ahora de 977,66 al año, por lo tanto podemos confirmar la teoría, de que cuanto menos necesitemos la refrigeración mas van a ir aumentando las horas de disconfort.

Por parte de la producción de CO<sup>2</sup> vamos en el buen camino, disminuyendo estos niveles conforme va disminuyendo el consumo de combustibles. Con la mejora de las lamas tenemos una producción de 57322 kg de CO<sup>2</sup> al año.

## Net zero building

Por lo tanto en conclusión, el dotar de lamas a la vivienda es una buena opción a tener en cuenta por la reducción solar que conlleva. Esta reducción solar hace descender la refrigeración y con ella el uso total de combustibles que pasa a ser de 79761 de electricidad anual.

Electricidad (Wh/m <sup>2</sup> )	79761.29
Gas (Wh/m <sup>2</sup> )	13774.82

### *Cambio del acristalamiento*

Con el propósito de seguir reduciendo la refrigeración total de la vivienda, vamos a seguir reduciendo las ganancias solares. En este caso vamos a optar por la ultima estrategia que podemos tomar para evitar la entrada de radiación solar directa por los ventanales.

Con el cambio de ventanales también aprovecharemos para poner ventanales con una baja transmitancia que evite que la energía interior se escape hacia el exterior, manteniendo la temperatura interior de la vivienda.

El acristalamiento elegido en un primer momento fue un vidrio de tres capas, con sus vidrios exteriores con bronce de 6mm y dos cámaras de aire de 13mm. Con este vidrio conseguimos disminuir las ganancias solares a un punto muy bajo, pero nos dimos cuenta que perdíamos mucha luz natural dentro de las habitaciones.

Por lo tanto lo sustituimos por un vidrio de tres capas, con sus capas exteriores normales de 6mm de espesor y con dos cámaras de aire de 6mm. Sus propiedades son:

Net zero building

Transmisión solar: 0.306

Transmisión de luz: 0.455

Transmitancia de 1.749

Con los nuevos vidrios conseguimos bajar las ganancias solares, y ahora se situaría en 16 kwh/m<sup>2</sup> al año otra nueva reducción que conseguiríamos solo con el cambio de vidrios y con esto una reducción de la demanda total de la vivienda.

Electricidad (Wh/m2)	67178,98
Gas (Wh/m2)	16719,40

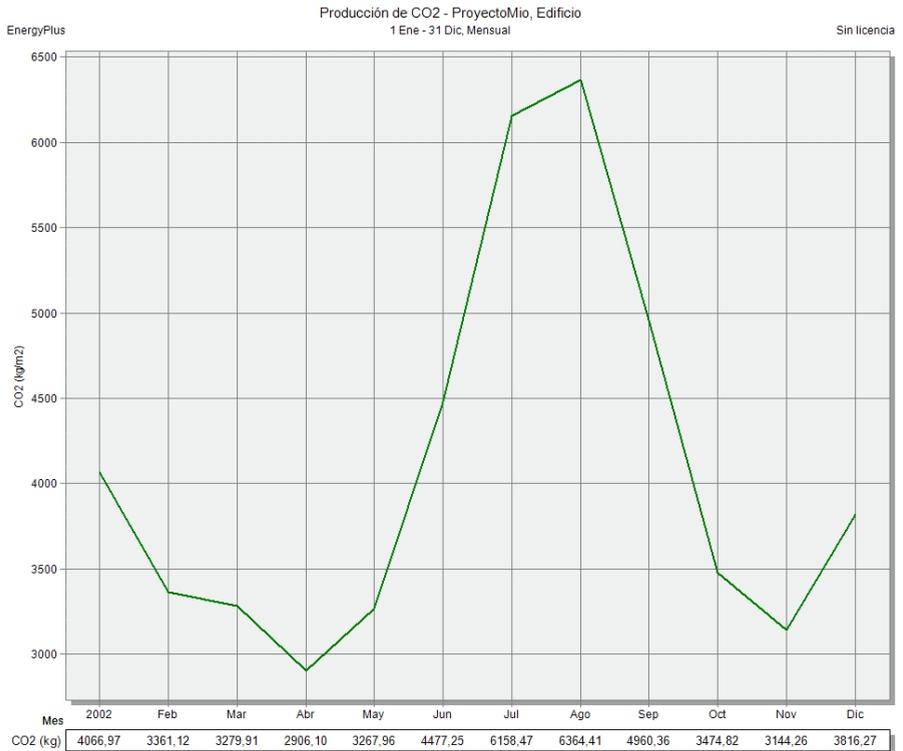
Debido a que disminuimos las ganancias solares de la vivienda, perderemos radiación solar directa que nos suministraba energía pasiva, con lo cual necesitaremos mas calefacción para calentar las habitaciones. Así que si queremos bajar la refrigeración, va a tener que subir el consumo de calefacción, aunque este último va a ser a menor medida y por lo tanto el consumo total de energía si va a bajar.

Temperatura del Aire (°C)	22,16
Temperatura Radiante (°C)	22,20
Temperatura Operativa (°C)	22,18
Temperatura Exterior de Bulbo Seco (°C)	17,30
Humedad Relativa (%)	46,21
Horas de disconfort (todo tipo de ropa) (horas)	1247,32
VMP de Fanger (l)	-1,07
VMP TE de Pierce (l)	-0,34
VMP TEE de Pierce (l)	-0,09
VST de la Univ. Kansas (l)	0,01

Como vemos en la tabla de arriba las horas de disconfort siguen subiendo por la bajada de la utilización de la refrigeración. Ahora mismo nos situamos en las 1247 horas de disconfort en comparación

## Net zero building

con las 870 iniciales. En cuanto al carbono producido, en la imagen de abajo podemos ver la producción de carbono al mes, con un total de 49277 Kg de CO<sup>2</sup> al año. Se observa como en los meses de verano se dispara la producción debido al mayor consumo de electricidad de la vivienda en refrigeración.



En conclusión el cambio de vidrios es una opción también a tener en cuenta, por su efectividad. Reduciendo considerablemente el consumo de energía, teniendo en cuenta la luz natural que vamos a dejar entrar en la vivienda.

### *Mejoras en Particiones, Forjados y Envolvente.*

Llegados a este punto de las mejoras, no es conveniente desarrollarlas, ya que a partir de aquí nos vamos a encontrar mejoras que no vamos a realizar porque producen más costos económicos que ahorro energético. En la siguiente tabla se puede ver los datos más relevantes para su elección o rechazo para mejorar la vivienda eficientemente.

	Vidrios	Cerramientos Interiores	Forjados	Cubierta	Fachada
Horas Discomfort (h)	1247	1222	1224	1213	1059
Ganancias Solares (wh/m <sup>2</sup> )	16386	16386	16386	16386	16386
Consumo Electricidad(wh/m <sup>2</sup> )	67178	67350	67393	67370	66977
Consumo (Gas)(wh/m <sup>2</sup> )	16719	16800	16798	16459	9614
Total Consumo(wh/m <sup>2</sup> )	83897	84150	84191	83829	76591
Producción CO <sup>2</sup> (kg)	49277	49410	49440	49358	47754

Las modificaciones se han hecho una detrás de otra, sin acumulaciones. Por lo tanto son las mejoras que hacen respecto la ultima mejora comentada de los vidrios.

## Vidrios - Cerramientos interiores

Empezando con la comparación respecto de vidrios, vemos como mejorar los cerramientos interiores baja las horas de discomfort, pero sube el consumo total, por lo tanto esta mejora se descarta, al ser muy alto su coste.

## Vidrios - Forjados

Respecto a forjados pasa lo mismo que anteriormente, el consumo total aumenta y las horas totales de discomfort disminuyen paulatinamente, por lo tanto su coste es muy alto y casi imposible de realizar para la poca eficiencia de esta mejora.

## Vidrios - Cubierta

Es una medida interesante de estudia. Nos disminuye las horas de discomfort, el consumo se mantiene prácticamente y las mejoras solo son aumentar el aislamiento de la cubierta. Por desgracia se aumenta la producción de CO<sup>2</sup>, y con un coste que no nos podemos permitir solo por una reducción de 20 horas anuales de discomfort. Otra medida mas que no compensa realizar.

## Vidrio - Fachada

En esta mejora, empezamos a ver mejoras importantes. La reducción en 200 horas dl disconfort, con la reducción de la calefacción en 6 kwh/m<sup>2</sup> casi la mitad y con la reducción de la producción del CO<sup>2</sup>, hacen que esta mejora sea interesante de estudio, aunque su coste sería muy elevado ya que la vivienda está ya construida. Se puede observar como la mejora de los muros hace que se pierda menos calor generado por la calefacción, disminuyendo el consumo. El consumo de electricidad baja, pero en menor medida, ya que gran parte del consumo de electricidad se debe a electrodomésticos o luz interior de la vivienda.

### *Vivienda Final*

	Inicial	Lamas	Vidrios	Fachada
Horas Disconfort (h)	870	977	1247	1059
Ganancias Solares (wh/m <sup>2</sup> )	106170	76750	16386	16386
Consumo Electricidad(wh/m <sup>2</sup> )	89150	79761	67178	66977
Consumo (Gas)(wh/m <sup>2</sup> )	13004	13774	16719	9614
Total Consumo(wh/m <sup>2</sup> )	102154	93535	83897	76591
Producción CO <sup>2</sup> (kg)	63049	57322	49277	47754

En conclusión, si nuestra vivienda fuera de nueva construcción podríamos ver como la reducción de las ganancias solares va desencadenando una reducción del consumo total de energía y esto a su vez reduce la producción del CO<sup>2</sup>. Pasamos de tener 106 Kwh/m<sup>2</sup> de ganancias solares a 16Kwh/m<sup>2</sup>; de un total de 10.2Kwh/m<sup>2</sup> a 7.6 Kwh/m<sup>2</sup> de consumo de energía; y de una producción de 63000 kg a CO<sup>2</sup> a 47000 kg.

Son datos muy buenos para una vivienda de construcción nueva como he dicho, pero para una vivienda ya construida tendría un coste enorme, que no nos compensaría. Por este motivo posteriormente en el análisis económico, vamos a ver qué medidas son las optimas y se podrían llevar a cabo, para nuestra vivienda ya construida para tener beneficios no a muy largo plazo.

## Calculo Panel Solar

Vamos a proceder al cálculo y dimensionamiento de la instalación solar híbrida que nos permitirá abastecer a la vivienda de energía y ACS pasivamente y por tanto mejorar su eficiencia energética.

Para el cálculo, dimensionamiento incluso posición del panel solar, se va a seguir el Documento Básico de Ahorro de Energía.

### *Descripción de la instalación*

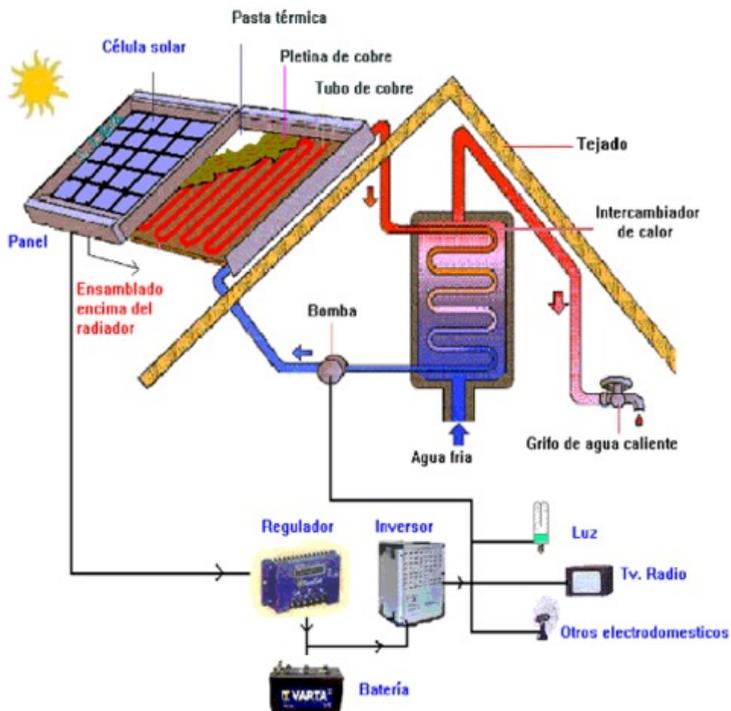


Imagen 102: Esquema de la instalación. Fuente [arquifotovoltaico.blogspot.com](http://arquifotovoltaico.blogspot.com)

Net zero building

Estará formado por todos los componentes necesarios para tener una instalación fotovoltaica y una térmica. Todos estos componentes son los que podemos ver en la imagen de la izquierda.

Más adelante se explicara cada uno de los elementos y su función dentro del sistema.

### *Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*

Empezamos por este apartado ya que no es necesaria tener una contribución mínima. Nuestra vivienda está dentro del ámbito que necesitan contribuir ya que no está dentro de la Tabla 1.1 ni supera los 5.000 metros cuadrados de superficie construida.

**Tabla 1.1 Ámbito de aplicación**

Tipo de uso
Hipermercado
Multi-tienda y centros de ocio
Nave de almacenamiento y distribución
Instalaciones deportivas cubiertas
Hospitales, clínicas y residencias asistidas
Pabellones de recintos feriales

### *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*

El ámbito de aplicación de esta sección del documento básico de ahorro de energía, si es obligatorio cumplimiento ya que nuestra vivienda se encuentra dentro de él. Tenemos una vivienda de nueva construcción con un consumo superior de 50l/día.

Net zero building

La temperatura de distribución que vamos a fijar corresponde a 45 °C en los puntos de consumo del agua y 60°C en el depósito de acumulación. El porcentaje de ocupación de la vivienda será del 100%, ya que se considera que la vivienda se va a utilizar todo el año las 24 horas del día.

### *Cuantificación de la existencia*

Siguiendo con el documento básico, nos dice en la tabla 2.1 se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS.

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Por lo tanto y según la tabla, tendremos que tener una contribución solar mínima anual para ACS del 50%

### *Cálculo*

Para empezar con el cálculo de la instalación deberemos de saber cuál va a ser la demanda de ACS que va a necesitar nuestra vivienda, teniendo en cuenta, que la temperatura del agua será de 60°C.

Primero deberemos de calcular el número de personas que vamos a tener en nuestra vivienda, y que podemos obtener de la tabla 4.2. a continuación y con estos valores, en la tabla 4.1 se nos proporcionan los litros por persona y día de ACS en referencia a 60°C.

**Tabla 4.2. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado**

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
<i>Número de Personas</i>	1,5	3	4	5	6	6	7

**Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>(1)</sup>**

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona

Para nuestra vivienda con un total de 4 dormitorios, tres en la planta de arriba y uno en la planta baja, nos corresponden 5 personas. Por lo tanto según la tabla 4.1 a 28 l/día por persona, la demanda total de ACS de la vivienda es de 140litros/día con una contribución solar mínima para ACS del 50% como hemos calculado antes, serán 70litros/día obligatorios calentados térmicamente mediante el sistema de captación solar.

El siguiente paso en el cálculo es saber cuánta radiación solar media diaria anual tenemos sobre nuestra superficie horizontal. El documento básico nos dice que para la zona 4 donde se encuentra nuestra vivienda es entre 4.6 y 5.0 por lo tanto 4.8 kWh/m<sup>2</sup>. Pero por otra parte ayudándonos de otros programas como Revit, hemos sacado más exactamente este dato sobre la superficie de nuestra vivienda, y nos da

Net zero building

unos 4.7 Kwh/m<sup>2</sup> en un año. Este último dato es el que utilizaremos para el cálculo de la energía total del panel.

### *Predimensionamiento de la superficie de acumulación*

El sistema de acumulación debe de prever una acumulación acorde con la demanda, al no ser esta simultanea con la generación de ACS desde el panel solar. La electricidad si podrá ser simultanea, pero es conveniente acumularla en baterías para momentos de mayor demanda.

Según con el documento básico de ahorro de energía, el acumulador de agua podrá dimensionarse conforme a una formula dada en el apartado 2.2.5.

$$50 < V/A < 180$$

donde A será el área total de los captadores para el uso del ACS expresada en m<sup>2</sup>, y V será el volumen del depósito acumulador del agua expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria en la vivienda.

## *Sistema de captación*

Como hemos dicho anteriormente, el sistema de captación será mediante paneles solares híbridos, más concretamente paneles Ecomesh. El gran motivo de utilizar estos paneles, es su gran eficiencia comparados con los paneles estándares, al igual que la posible producción térmica y eléctricamente mediante los mismo paneles.

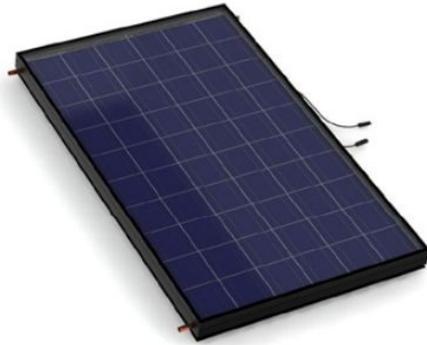


Imagen 103: Panel Híbrido Ecomesh. Fuente [www.ecomesh.es](http://www.ecomesh.es)

Los paneles solares fotovoltaicos estándares solo aprovechan el 15% de toda la irradiación solar que reciben y el restante 85% se perdía. Un panel híbrido aprovecha esta energía que se pierde para obtener el ACS.

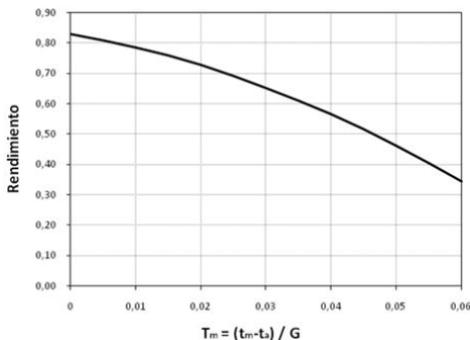
Su funcionamiento es simple, el agua atraviesa el recuperador de cobre adosado al módulo fotovoltaico extrayendo su calor. Esta extracción de calor permite que el módulo fotovoltaico trabaje a menor temperatura aumentando así su producción eléctrica y produciendo ACS. Las pérdidas energéticas son mínimas ya que el panel fotovoltaico se encuentra aislado por la parte trasera del módulo mediante un material aislante y por la parte frontal por la incorporación de una cubierta transparente aislante (CTA).

## Net zero building

En definitiva su elección está marcada porque reducen el área de captación generando la misma electricidad y ACS que paneles convencionales, pudiendo ocupar hasta un 40% menos de superficie. Mejora en un 15% la producción eléctrica por el efecto de refrigeración de las células y triplica la producción térmica frente a paneles convencionales siendo su tiempo de amortización menor.



## Especificaciones técnicas de los paneles



Características generales	
Tipo de captador	Hibrido
Superficie de Apertura	1,63 m <sup>2</sup>
Dimensiones	1653x998x104
Peso	45Kg
Marco	Aluminio

Imagen 104: Rendimiento. Fuente [www.ecomesh.es](http://www.ecomesh.es)

Especificaciones Térmicas	
Presión máxima	8bar
Recuperador	Cobre
Capacidad	2,3l
Rendimiento Óptico	0,69
Coef. De Perdidas Térmicas a1	2,59 W/m <sup>2</sup> k
Coef. De Perdidas Térmicas a2	0,058 W/m <sup>2</sup> K
Perdida de Presión	18mm.ca

Especificaciones Eléctricas	
Potencia	230W
Tipo de Célula	Monocrystalina
Eficiencia del modulo	14,14%
Voltaje en circuito abierto (voc)	36,72V
Voltaje max. Potencia	28,87V
Intensidad en cortocircuito	8,55A
Intensidad Max. Potencia	7,99A

### *Calculo de Perdidas*

Según el código técnico las perdidas por orientación e inclinación no deben de superar del porcentaje de perdidas límite de la tabla 2.3 que a continuación podremos ver. Las pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de la captación orientada al sur con la inclinación y sin sombras.

Tabla 2.3 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

### 1) Pérdidas por orientación e inclinación

Para empezar deberemos de definir el ángulo de inclinación que vamos a tener que utilizar. Este ángulo es importante ya que queremos que la superficie del captador solar este lo mas perpendicular al sol durante el mayor tiempo posible.

El ángulo de inclinación,  $\beta$  se define como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales. El código técnico considera como orientación optima el sur, y su inclinación optima depende del periodo de utilización, uno de los siguientes valores:

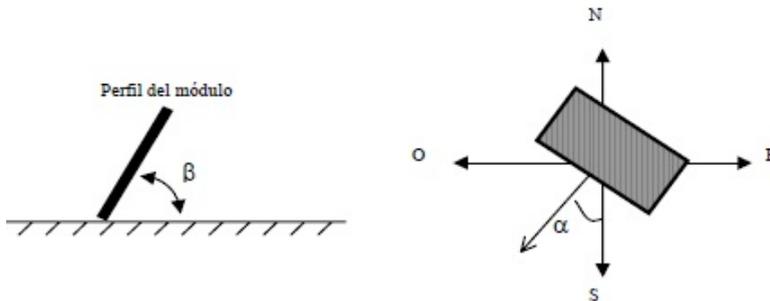
- a) Demanda constante anual: La latitud geográfica
- b) Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica +10°
- c) Demanda preferente en verano: La latitud geográfica -10°

En nuestra vivienda situada en valencia la altitud es de 40°, por lo tanto queriendo una demanda preferente en invierno para tener más ganancias para el ACS, nuestro panel solar debería de tener una inclinación de 50°, pero después de los cálculos posteriores que

Net zero building

realizaremos pudimos ver que la inclinación óptima de los paneles es de  $40^\circ$ .

El ángulo de acimut,  $\alpha$  definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son  $0^\circ$  para módulos orientados al sur,  $-90^\circ$  para módulos orientados al este y  $+90^\circ$  para módulos orientados al oeste.



**Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos**

Sabiendo esto, la inclinación final que nuestros paneles van a tener es de  $40^\circ$ , teniendo una cubierta inclinada con una pendiente de  $22^\circ$ , deberemos de inclinar  $18^\circ$  mas los paneles orientados con un acimut 0 (orientación sur).

Podemos determinar también mediante la siguiente figura cual sería el rango de los límites de inclinación, para seguir cumpliendo con el 10% de los límites de pérdidas que nos indica la tabla 2.3 del DBHE.

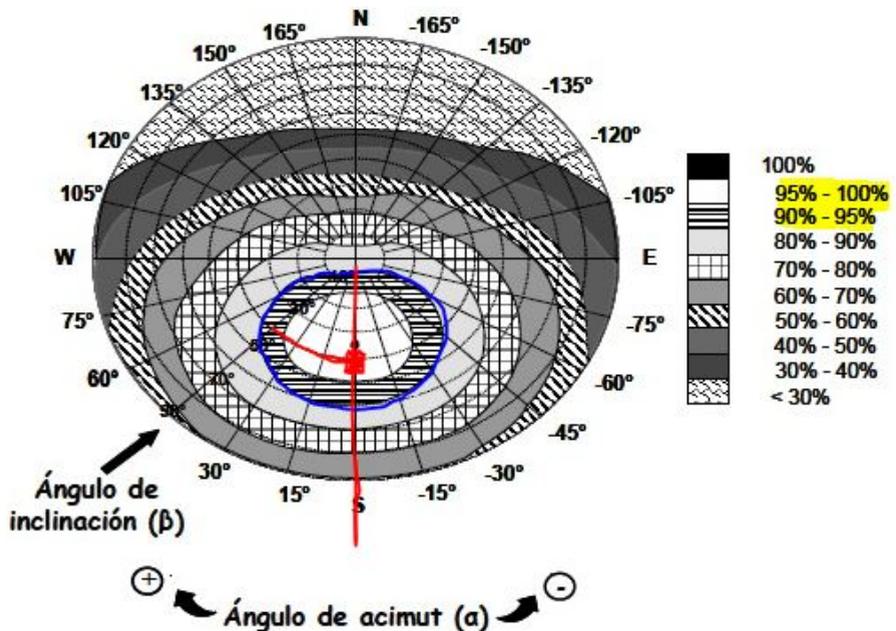


Figura 3.3.

Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Net zero building

Sabemos que las inclinaciones y el acimut que se encuentre dentro del círculo azul, estará entre el 0% y el 10% de pérdidas, por lo tanto cumpliría con el CTE. Calcularemos mediante fórmulas el rango de inclinación en la latitud del lugar de nuestra vivienda ( $\beta=40^\circ$ )

$$\beta_{\text{maxima}} = \beta_{\text{max}40} - (41 - \text{LatitudLugar}) = 60 - (41-40) = 59^\circ$$

$$\beta_{\text{minima}} = \beta_{\text{min}40} - (41 - \text{LatitudLugar}) = 10 - (41-40) = 9^\circ$$

Por lo tanto nuestro panel solar deberá de tener una inclinación entre  $9^\circ < \beta > 59^\circ$

## 2) Pérdidas por Sombras

Este apartado tiene como objetivo el cálculo de las pérdidas de radiación solar que pueden ocasionar las sombras en la superficie de los paneles solares. Como hemos visto en apartados anteriores o se puede observar en los planos, nuestra vivienda es una vivienda aislada, por lo tanto no cuenta con sombras en la parte del tejado y no deberemos de tomar en consideración las pérdidas por sombras al ser el 0%.

## *Producción de ACS*

Procedemos a obtener la energía total necesaria para calentar el ACS que nuestra vivienda demanda cada día del año. Para ello utilizaremos el método de cálculo llamado curvas f-chart, que aparece detallado en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, publicado por IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r)$$

Donde:

$Q_a$ : Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes)

$C_e$ : Calor específico. Para el agua es 4187 (J/KgA°C)

$C$ : Consumo diario de ACS (l/día)

$N$ : Número de días del mes

$t_{ac}$ : Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

$t_r$ : Temperatura del agua de red (°C)

Lo primero que vamos a necesitar es la tabla de Temperaturas medias del agua de red para la localización más cercana a nuestra vivienda. La podemos encontrar en el DBHE en el apéndice B, para Valencia.

<i>Toledo</i>	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
<i>Valencia</i>	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
<i>Valladolid</i>	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7

## Net zero building

Obteniendo en la siguiente tabla, el total de energía térmica para calentar la demanda diaria de ACS de la vivienda.

	Ce	C	N	Tac	Tr	Qa (J)	Kwh
Enero	4187	140	31	60	10	908579000	252,38
Febrero	4187	140	28	60	11	804238960	223,40
Marzo	4187	140	31	60	12	872235840	242,29
Abril	4187	140	30	60	13	826513800	229,59
Mayo	4187	140	31	60	15	817721100	227,14
Junio	4187	140	30	60	17	756172200	210,05
Julio	4187	140	31	60	19	745034780	206,95
Agosto	4187	140	31	60	20	726863200	201,91
Septiembre	4187	140	30	60	18	738586800	205,16
Octubre	4187	140	31	60	16	799549520	222,10
Noviembre	4187	140	30	60	13	826513800	229,59
Diciembre	4187	140	31	60	11	890407420	247,34
Totales			365			9712416420	2697,89

Por lo tanto los paneles solares deberán de producir esa cantidad de energía térmica en cada mes. Como se puede observar en la tabla, los meses de invierno se necesitara mayor energía para calentar el agua, ya que esta se encuentra a una temperatura más baja. Por este motivo y con la menor producción de energía en los meses de invierno, será difícil llegar a cubrir la demanda al 100% mediante los paneles solares, sin tener que sobredimensionar la instalación solar o contar con un sistema de apoyo.

## Net zero building

Con todos los datos que tenemos hasta ahora y que podemos ver en la tabla de abajo, podemos pasar a determinar la superficie necesaria de los captadores solares.

Datos Calculo Energía Térmica Aportada por los Paneles	
Número total de viviendas	1viviendas/edificio
Número total de personas	5personas/edificio
Caudal mínimo	28 litros/(persona-día-vivienda)
Temperatura de ACS	60 °C
Caudal ACS demandado por edificio	140 litros/día
Superficie de cada captador	1,63 m <sup>2</sup> /captadorm <sup>2</sup> /captador
Fr Tau (factor óptico)	0,690
FrU (pérdidas térmicas)	2,59 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Altura captador	6 m.
Inclinación	40 ° (grados)
Latitud	40 ° (grados)
Fracción solar anual exigida	50,00%

## Net zero building

En la tabla de abajo se reflejan los datos calculados para tres paneles solares híbrido Ecomesh.

	Radiación solar incidente superf. horizontal $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$	Factor K (es función de la latitud e inclinación del captador)	Radiación solar incidente superf. inclinada Eldía $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$	Radiación solar incidente superf. inclinada Eimes $\text{kWh}/\text{m}^2$	Fración solar mensual f	Energía útil aportada por captadores Eumes KWh
Enero	2,35	1,39	2,93	90,97	67%	176
Febrero	3,28	1,29	3,80	106,35	85%	196
Marzo	4,52	1,16	4,80	148,83	101%	247
Abril	5,79	1,04	5,23	156,87	108%	229
Mayo	6,69	0,95	5,44	168,52	111%	232
Junio	7,54	0,92	5,83	174,80	117%	219
Julio	7,58	0,95	6,28	194,70	122%	222
Agosto	6,57	1,05	6,04	187,16	120%	227
Septiembre	5,04	1,21	5,61	168,39	115%	224
Octubre	3,67	1,39	4,63	143,63	102%	237
Noviembre	2,58	1,5	3,63	108,75	83%	199
Diciembre	2,23	1,48	2,71	84,11	63%	165
<b>ANUAL</b>						<b>2.572</b>

## Net zero building

	Energía útil aportada por captadores Eumes KWh	Demanda ACS Kwh	Apoyo sistema convencional Kwh
Enero	176,49	252,38	75,89
Febrero	196,17	223,40	27,23
Marzo	246,69	242,29	-
Abril	228,98	229,59	0,61
Mayo	231,58	227,14	-
Junio	219,24	210,05	-
Julio	221,51	206,95	-
Agosto	226,55	201,91	-
Septiembre	224,11	205,16	-
Octubre	236,62	222,10	-
Noviembre	198,90	229,59	30,69
Diciembre	165,30	247,34	82,04
ANUAL	2572,14	2697,90	216,46

Por lo tanto en la última tabla podemos ver que es necesario un sistema de apoyo para los meses más fríos, para un total de 216.46 kWh que no cubrimos. En cambio en los meses más calurosos la producción de kWh aportada por los captadores sube y la demanda baja, por lo tanto tenemos energía sobrante.

Se entiende que el sistema solar está bien dimensionado, porque el sistema de apoyo es obligatorio contar con él, y con más captadores solares aportaríamos demasiada energía para la demanda que tenemos.

## *Producción de Electricidad*

Nos disponemos ahora al cálculo de los paneles solares necesarios para satisfacer las necesidades de la vivienda en cuanto a la producción de electricidad. Para este cálculo nos hará falta saber el total de la radiación solar incidente en la superficie del captador por día durante un año. Los datos se nos han dado en  $\text{Wh/m}^2/\text{día}$  sacados mediante la herramienta de Revit, para una ubicación de  $39^{\circ}34'30''$  Norte,  $0^{\circ}31'5''$  Oeste, Elevación: 104m.s.n.m.

Deberemos de tener en cuenta que vamos a seguir utilizando en los cálculos un total de tres placas solares híbridas. Sabemos que la demanda de ACS de nuestra vivienda en KWh es muy superior a la de energía eléctrica, de aquí que el dimensionamiento de los paneles se haga según la demanda de ACS que es más restrictiva.

## Net zero building

	Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m <sup>2</sup> /día)	Irradiación sobre plano inclinado 40º (Wh/m <sup>2</sup> /día)	Irradiación sobre plano inclinado 40º (KWh/m <sup>2</sup> /día)	Días Mes	Irradiación sobre plano inclinado 40º (KWh/m <sup>2</sup> /mes)
Enero	2350	4260	4,26	31	132,06
Febrero	3280	5120	5,12	28	143,36
Marzo	4520	5790	5,79	31	179,49
Abril	5790	6220	6,22	30	186,6
Mayo	6690	6300	6,3	31	195,3
Junio	7540	6700	6,7	30	201
Julio	7580	6930	6,93	31	214,83
Agosto	6570	6710	6,71	31	208,01
Septiembre	5040	6040	6,04	30	181,2
Octubre	3670	5290	5,29	31	163,99
Noviembre	2580	4500	4,5	30	135
Diciembre	2230	4110	4,11	31	127,41
Totales					2068,25

Una vez tenemos los KW por m<sup>2</sup> y mes, procedemos a obtener la producción de los paneles solares. El cálculo esta realizado para el conjunto de 3 paneles solares, teniendo en cuenta la eficiencia de los paneles (14,14%) y su superficie de captación, ya que los datos hasta ahora obtenidos son por m<sup>2</sup> y cada uno de los captadores tiene una superficie total de 1.63m<sup>2</sup>.

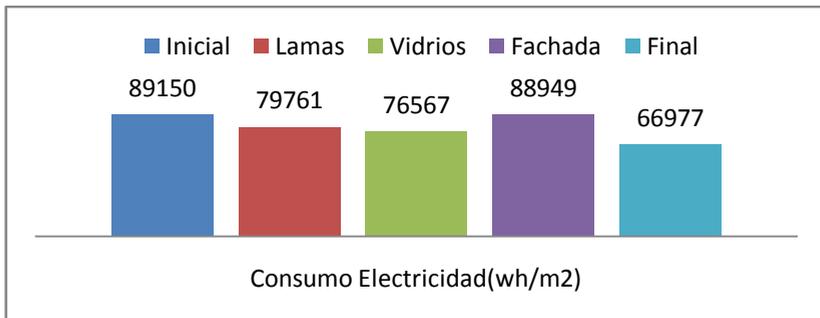
## Net zero building

	Irradiación sobre plano inclinado 40º (KWh/m <sup>2</sup> /mes)	Potencia Pico Total Placas solares (KWp)	Electricidad Producida (KWh/mes)
Enero	132,06	0,1590	21,0018
Febrero	143,36	0,1590	22,7989
Marzo	179,49	0,1590	28,5448
Abril	186,6	0,1590	29,6755
Mayo	195,3	0,1590	31,0591
Junio	201	0,1590	31,9655
Julio	214,83	0,1590	34,1650
Agosto	208,01	0,1590	33,0804
Septiembre	181,2	0,1590	28,8167
Octubre	163,99	0,1590	26,0798
Noviembre	135	0,1590	21,4694
Diciembre	127,41	0,1590	20,2623
Totales			328,9191

## Conclusión

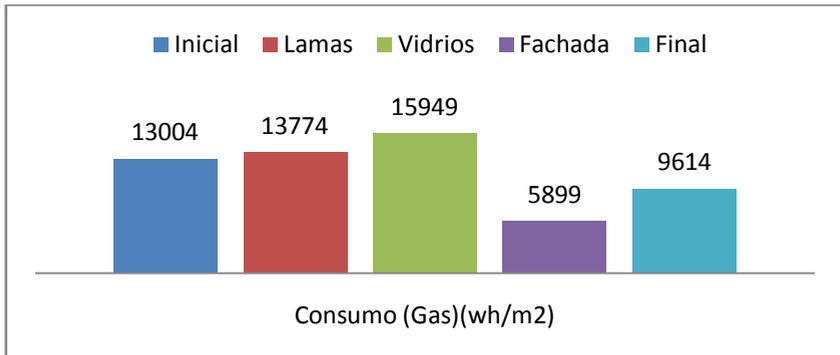
Desde un principio nuestra vivienda inicial, ha tenido un buen comportamiento energético, gracias a su buen diseño de la forma y orientación. Su demanda de energía para la calefacción era muy baja y la demanda de refrigeración aunque también era baja, en comparación con la calefacción era bastante alta.

Las mejoras introducidas en la vivienda con el propósito de mejorar la eficiencia y reducir las cargas energéticas, han hecho de la vivienda final una vivienda más eficiente reduciendo las cargas a casi nulas, pudiendo tener una vivienda totalmente autónoma energéticamente hablando.

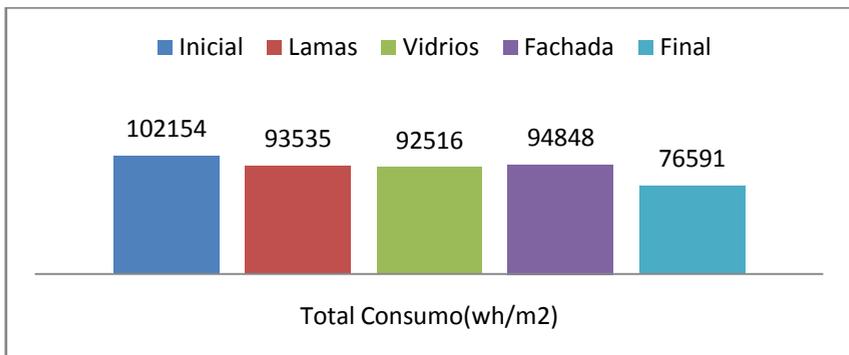


En el grafico tenemos el consumo de electricidad según la mejora que realicemos en la vivienda. En este caso, la mejora de los vidrios, es la que mayor repercusión tiene en el gasto, ya que estos vidrios dejan pasar menos radiación solar al interior de la vivienda, reduciendo la refrigeración a utilizar. Aplicando las mejoras de lamas, vidrios y fachada obtenemos el consumo final de electricidad de 66977 Wh/m<sup>2</sup>.

## Net zero building



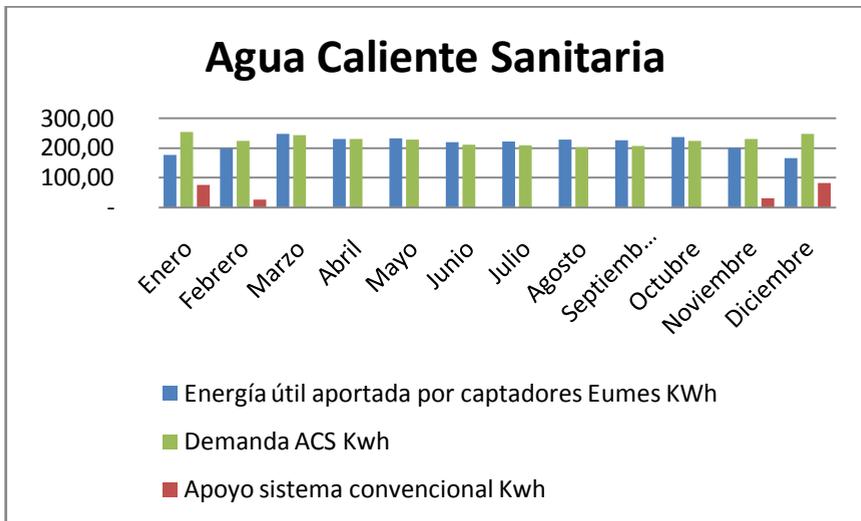
El consumo de calefacción como hemos dicho anteriormente sube en cada mejora que hacemos, pero esta subida es insignificante respecto a la bajada de carga en refrigeración. El mayor ahorro nos lo proporciona la mejora de fachada al no permitir que el calor interior se escape fácilmente por los muros y gracias a él conseguimos bajar el consumo final de calefacción.



## Net zero building

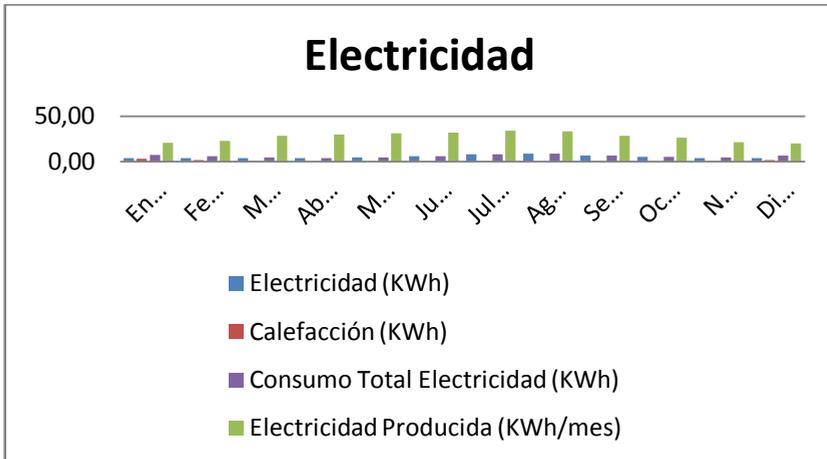
En el consumo total de la vivienda realizando las tres mejoras, baja en unos 25000 Wh/m<sup>2</sup>, reduciendo la carga de energía. Vemos como en el total, los vidrios son los que más ahorro nos proporcionan como mejora. Aunque se debe de tener en cuenta hacia donde queremos enfocar las mejoras, hacia la reducción de calefacción, refrigeración o ambas.

Siguiendo con el camino de hacer más eficiente nuestra vivienda, la dotamos de paneles solares híbridos, estos nos proporcionan ACS y electricidad lo cual hará que tengamos una vivienda casi autosuficiente.



En el gráfico se puede observar como la energía que nos aportan los captadores es suficiente para calentar el ACS que necesita la vivienda durante todo el año, excepto de 4 meses. En estos 4 meses más fríos del año será necesario el apoyo de una caldera para calentar el agua, ya

que aumentar el sistema de paneles solares resultaría muy caro disparándose el tiempo de amortización de este.

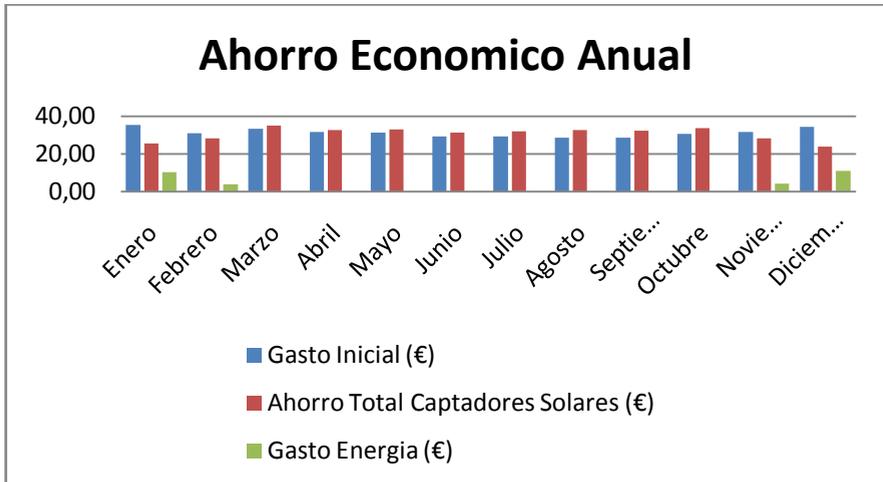


Gracias a todas las mejoras que hemos realizado en la vivienda como las lamas, el cambio de ventanas y de muros de fachada, el consumo de la electricidad y calefacción baja a niveles muy bajos. Como podemos ver, la electricidad producida está muy por encima de la consumida, esto es debido a que el sistema de captación solar esta dimensionado para el ACS que es más restrictivo y como ya sabemos los captadores híbridos generan ACS y electricidad a la vez.

Por lo tanto los captadores solares nos van a generar un ahorro todos los meses. En la grafica de abajo vemos como el ahorro que nos proporcionan los captadores es casi del 100% a lo largo del año. De aquí sabiendo que el coste de la instalación de los captadores por m<sup>2</sup> es de

Net zero building

700 €/m<sup>2</sup>, el total del sistema solar es de 3423 €, ahorrando un total de 368,17 cada año, el sistema se amortizara en 9,5 años.



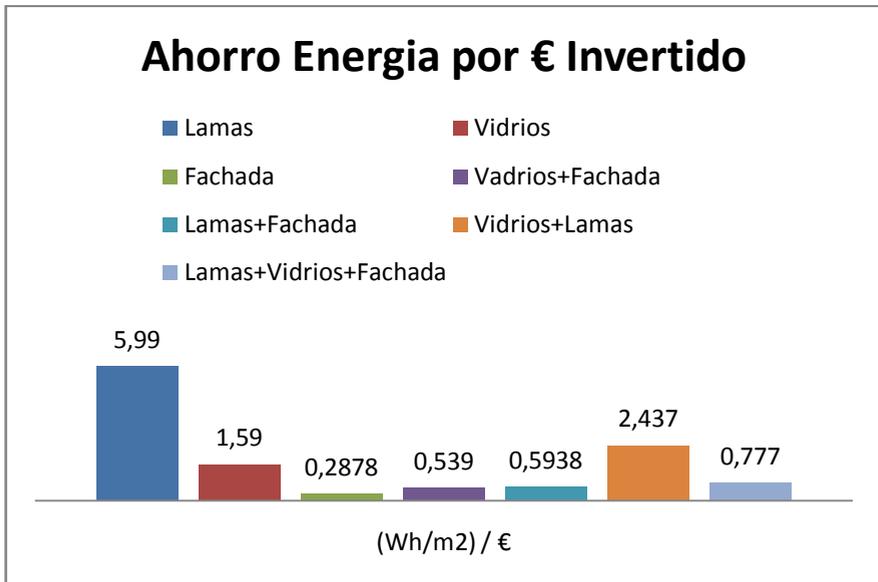
A continuación procedemos a ver cuánto ahorro energético tendremos por euro invertido, pudiendo ver y comparar claramente las opciones más ventajosas en nuestra vivienda ya que no todas las opciones vistas tienen que ser rentables.

Anexado tenemos los precios de las mejoras adoptadas, siendo el precio de la mejora de las lamas 1437 €, el de los cristales con sus respectivos marcos un total de 6052,65 € y el de la fachada por 25381,2 €.

Por lo tanto el ahorro total de energía que nos aporta la mejora de las lamas es de 8619 Wh/m<sup>2</sup>, siendo su coste un total de 1437€ se nos queda con 5,99 Wh/m<sup>2</sup> de energía por euro invertido.

Por lo tanto vamos a realizar la misma operación pero con cada una de las mejoras o combinaciones de mejoras para tener una idea de cual nos beneficiaría mas, quedando así las distintas opciones:

Lamas: 5.99 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €	Lamas + Fachada: 0.5938 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €
Vidrios: 1.59 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €	Vidrios + Lamas: 2.437 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €
Fachada: 0.2878 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €	Lamas + Vidrios + Fachada: 0.777 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €
Vidrios + Fachada: 0.539 (Wh/m <sup>2</sup> ) / €	



Se puede ver claramente que la mejora más rentable son las "lamas", seguida de la mejora de "vidrios", y la que peor rentabilidad nos da es la "fachada" por su alto coste. Por otra parte la combinación de las

mejoras de Vidrios mas Lamas, nos da un ahorro de 2,4 Wh/m<sup>2</sup> por euro, siendo la superior de las otras combinaciones.

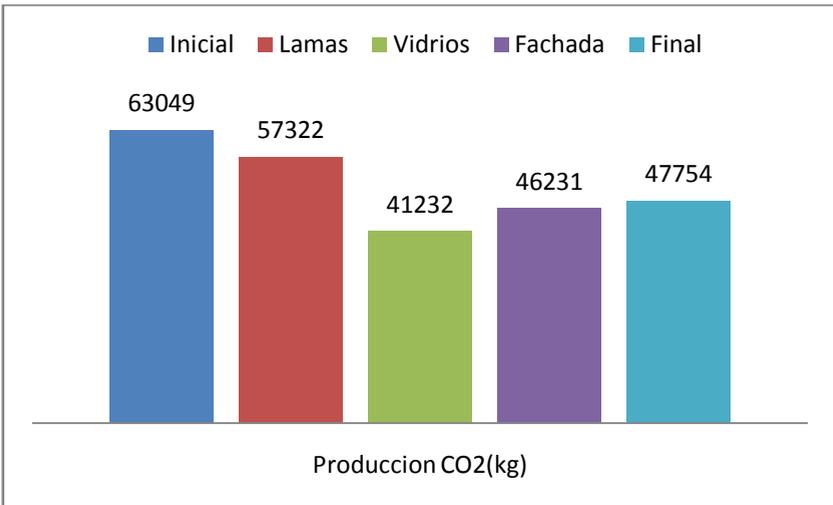
Por último vamos a comentar la bajada de producción de CO<sup>2</sup> que hemos ido pudiendo alcanzando gracias a las diferentes mejoras realizadas en la vivienda. Este descenso del CO<sup>2</sup> se debe no solo a la bajada del consumo de energía y con ello el descenso de producción(CO<sup>2</sup>), sino también según a los materiales utilizados en la vivienda, ya que cada material consume un determinado grado de CO<sup>2</sup> para su confección. De aquí la importancia de utilizar materiales que respeten el medioambiente para la confección de una vivienda verde.

En el grafico de abajo se observa como al poner Lamas, reduce el consumo de refrigeración y en consecuencia se reduce la producción de CO<sup>2</sup>. La reducción no es más grande, ya que estamos añadiendo material a la vivienda y con ello el CO<sup>2</sup> en la fabricación de los materiales, en este caso las lamas.

La mejora de Vidrios es la que menos producción de Kg de CO<sup>2</sup> produce, seguida de la fachada que aun teniendo un volumen tan grande de materiales nuevos, al utilizar unos materiales respetables con el medioambiente, tiene menor producción incluso que las Lamas.

Como dato final, decir que aplicando todas las mejoras conseguimos respecto a la vivienda inicial bajar en 15000 Kg, la producción de CO<sup>2</sup>, un 23,8%.

## Net zero building



## Bibliografía

ALBAREZ LLUCH, M., 2007. *Estudio de la Eficiencia Energetica en edificios*, Universidad de Granada.

ATECOS, 2014-last update, PRINCIPIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO: UBICACIÓN, ORIENTACIÓN Y FORMA DEL EDIFICIO [Homepage of [www.atecos.es](http://www.atecos.es)], [Online]. Available: [http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Principios\\_de\\_dise%C3%B1o\\_bioclimatico\\_Ubicacion.PDF](http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Principios_de_dise%C3%B1o_bioclimatico_Ubicacion.PDF).

AUTODESK, I., 2014, , Autodesk. Available: [www.autodesk.es/](http://www.autodesk.es/).

AYREBLOG, 22/3/2013, , Eficiencia con numeros reales. Available: <http://ayreblog.wordpress.com/>.

CAMPI, A., 2014-last update, Renewable Energy for Rural Farmers. Available: <http://albertcampi.me/2012/06/14/energia-geotermica-bomba-calor/>.

CASTILLA CABANES, N., BLANCA GIMÉNEZ, V., MARTÍNEZ ANTÓN, A. and PASTOR VILLA, R.M., 1995-last update, Criterios de elección de lámparas [Homepage of RiuNet UPV], [Online]. Available: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12864/Criterios%20de%20el%20eci%C3%B3n%20de%20l%C3%A1mparas.pdf?sequence=5>.

COCOGUM, , Arquitectura Bioclimática. Available: <http://www.cocogum.org/Programas/Ambiental/Principal%20Arquitectura%20Bioclimatica2.html>.

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE), 2013. *Documento básico para el ahorro de energía*. CTE DB-HE edn. España: .

DELGADO MUÑOZ, M., 2014. *EcoHabitar*. <http://www.ecohabitar.org/> edn. Olba (Teruel): EcoHabitar Visiones Sostenibles S.L.

DESIGNBUILDER, 2014, , AureaConsulting [Homepage of DesignBuilder.es], [Online]. Available: <http://null.designbuilder.es/index.php>.

F. JAVIER NEILA GONZALEZ, 19 de octubre de 2009. *Arquitectura bioclimatica en un entorno sostenible*. Primera edn. España: Munillalera.

## Net zero building

FUENTES FREIXANTE, V.A., 2011, , Ventilación Natural. Available: [arquitecturabioclimatica.com](http://arquitecturabioclimatica.com).

G. Z. BROWN, MARK DEKAY, 1 Febrero 2014. *Sun, Wind, and Light*. Tercera edn. University of Tennessee: Wiley John.

GAS NATURAL FENOSA, 2014-last update, Gas Natural Fenosa. Available: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/bioclimatismo#ancla>.

GRUPO DE PROFESORES DO DEPARTAMENTO DE EDIFICACIÓN E OBRA CIVIL, 2014-last update, Bioconstrucción Someso [Homepage of BlogSpot], [Online]. Available: [http://bioconstruccionsomeso.blogspot.com.es/2008/01/unidad-didctica-3-control-del-clima-por\\_09.html](http://bioconstruccionsomeso.blogspot.com.es/2008/01/unidad-didctica-3-control-del-clima-por_09.html).

INDIANA UNIVERSITY, 2009-last update, BIM Guidelines. Available: <http://www.indiana.edu/~uao/docs/standards/IU%20BIM%20Guidelines%20and%20Standards.pdf>.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE), 9 de octubre de 2009. *Guía practica de la energia - consumo eficiente y responsable*. Primera edn. España: Mundi Prensa Libros S.A.

J. HERNANDEZ, P., 19/4/2014, , Arquitectura - Diseño - Arte. Available: <http://pedrojhernandez.com/2014/03/19/proteccion-contra-la-radiacion-solar/>.

LILIANA ALCHAPAR, N., NORMA CORREA, E. and ALICIA CANTÓN, M., 2011-last update, Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales. Available: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n3/v12n3a08>.

LUIS HERNANDEZ, J., 1 septiembre 2014, 2014-last update, TuVeras.com. Available: <http://www.tuveras.com/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>.

MARTIN LEVY, A., 2013, , Planos y Obras [Homepage of BlogSpot], [Online]. Available: <http://planosyobras.blogspot.com.es/p/arquitectura-bioclimatica.html>.

MOLINA CASTELLANO, R., 29/1/2014 13:20, , Arquitectura Técnica Granada. Available: <http://www.arquitectura-tecnica-granada.es/news/el-certificado-energetico-de-edificios-/>.

## Net zero building

PG&E CORPORATION, 2014-last update, PG&E Pacific Gas and Electric Company.  
Available: <http://www.pge.com/en/mybusiness/save/solar/solar.page?>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, ESCUELA DE ARQUITECTURA, 5 diciembre 2013, , scielo ARQ (santiago).

Available: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-69962012000300017](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962012000300017).

RICHMOND, M., , Celestial Coordinates.

Available: <http://spiff.rit.edu/classes/phys373/lectures/radec/radec.html>.

SÁNCHEZ, N., 26/6/2014, , Veo Verde, La casa de cero emisión de General Electric.

Available: <http://www.veoverde.com/2010/03/la-casa-cero-emision-de-general-electric/>.

SIRLIN, E., 2010, , DISEÑO DE ILUMINACIÓN: LA FUENTES DE LUZ [Homepage of Universidad de Buenos Aires], [Online].

Available: [http://www.elisirlin.com.ar/13\\_las%20fuentes%20de%20luz.pdf](http://www.elisirlin.com.ar/13_las%20fuentes%20de%20luz.pdf).

SYSTEM S.L, B., 2014-last update, Baupanel System.

Available: <http://www.baupanel.com/productos>.

VÉLIZ GÓMEZ, B., 26 Junio 2014, , EDIFICIO SISTEMA ENERGÉTICO Accesibilidad solar y eólica, volumen y posición. . Available: <http://blog.arquitecturaveliz.com/03-ESE-Solradiaciony viento.pdf>.