

MASTER EN ENERGIA PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE

MASTER EN ENERGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Universidad  
**Católica**  
"Nuestra Señora de la Asunción"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA

MÒDUL 10 : PROJECTE FINAL DE MASTER  
COORDINADOR : DANIEL GARCIA-ALMIÑANA

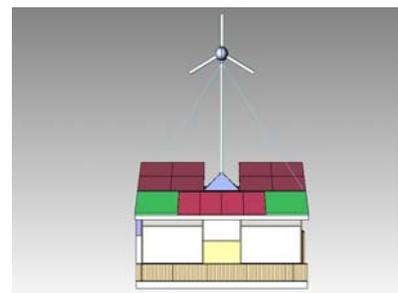
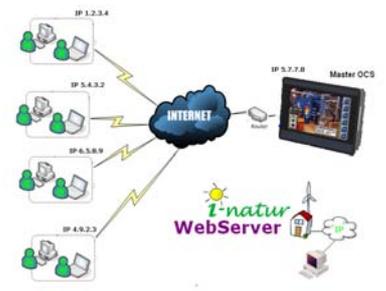
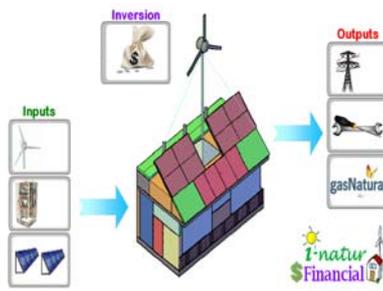
**i-Natur-house**  
**Caseta de información turística municipal**  
**- MEMORIA -**

Autores :  
Albert Salas  
Carlos Salgado  
Miguel A. Rubio  
Xavier Duran

GRUPO G03/2009-TER  
Tutor :  
Núria Garrido Soriano  
Presentación :  
Terrassa, a 16 de Enero de 2010

# Proyecto Final de Máster:

## Promoción turística sostenible: i-Naturhouse



## Promoción turística sostenible: i-Naturhouse

### **I. INTRODUCCION Y EVALUACION DE RECURSOS**

#### **ENERGETICOS**

- |   |    |
|---|----|
| 1. Objetivo y planteamiento del proyecto  | 8  |
| 2. Evaluación de los recursos energéticos | 21 |

### **II. ARQUITECTURA BIOCLIMATICA Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES**

- |   |    |
|---|----|
| 3. Arquitectura bioclimática                          | 41 |
| 4. Energía solar térmica                              | 67 |
| 5. Generación eléctrica y diseño de las instalaciones | 81 |

### **III. SUMINISTRO ELECTRICO Y COMUNICACIONES**

- |   |     |
|---|-----|
| 6. Calidad de suministro eléctrico, operación y mantenimiento | 132 |
| 7. Estación meteorológica y conectividad de la i-Naturhouse   | 152 |

### **IV. EFICIENCIA Y VIABILIDAD ECONOMICA**

- |  |     |
|--|-----|
| 8. Eficiencia y ahorro energético              | 163 |
| 9. Estudio económico y viabilidad del proyecto | 171 |

## INDICE

PARTE I. INTRODUCCION Y EVALUACION DE RECURSOS ENERGETICOS.....	7
1. Objetivo y planteamiento del proyecto .....	8
1.1. Introducción .....	8
1.2. Proyecto i-Naturhouse .....	10
1.3. Contextualización del proyecto.....	12
1.4. Situación actual del sector Turismo .....	15
1.5. Detección de Necesidades .....	19
2. Evaluación de recursos energéticos municipales.....	21
2.1. Energía solar .....	21
2.1.1. Radiación Solar incidente .....	21
2.1.2. Relación entre la radiación directa y la radiación difusa.....	22
2.1.3. Temperatura media mensual .....	23
2.1.4. Otros parámetros de Interés.....	24
2.2 Energía geotérmica.....	26
2.2.1. Introducción: Descripción del recurso .....	26
2.2.2. Potencial Geotérmico.....	27
2.2.3. Descripción de las tecnologías que permite aprovechar el recurso: .....	27
2.2.4. Selección de tecnologías: .....	28
2.3. Energía Eólica .....	31
2.3.1. Introducción .....	31
2.3.2. Adquisición de Datos de Recurso Eólico .....	32
2.3.3. Tratamiento de Lecturas .....	34

PARTE II. ARQUITECTURA BIOCLIMATICA Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES .....	40
3. Arquitectura bioclimática de la i-Naturhouse .....	41
3.1. Arquitectura solar pasiva .....	43
3.1.1. Orientación del edificio .....	43
3.1.2. Morfología del edificio. ....	43
3.1.3. Disposición adecuada sobre el terreno.....	44
3.2. Materiales utilizados .....	45
3.2.1. Introducción .....	45
3.2.2. Estructura .....	47
3.2.3. Suelo/pavimento interior .....	47
3.2.4. Paredes.....	48
3.2.5. Tejado .....	51
3.3. Confort y Cerramientos.....	56
3.3.1. Cálculo de la UA: Coeficiente global de pérdidas de la i-Naturhouse.....	56
3.4. Iluminación .....	60
3.4.1. Criterios de diseño de la iluminación: máximo confort-mínimo consumo energético.....	60
3.4.2. Compatibilidad entre iluminación natural e iluminación artificial.....	60
3.4.3. Gestión de la iluminación artificial .....	61
3.4.4. Criterios de diseño del sistema de iluminación artificial.....	62
3.4.5. Definición del sistema de iluminación artificial.....	62
3.5. Diseño.....	64
3.5.1. Modelizado.....	65
3.5.2. Cotas.....	66
4. Energía solar térmica.....	67
4.1. Cálculo de la demanda energética .....	67
4.2. Diseño de la instalación de calefacción.....	68

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

4.2.1. Elección de los colectores solares.....	68
4.2.2. Conexión de los colectores solares.....	74
4.3. Esquema hidráulico de la instalación.....	75
4.3.1. Elementos de seguridad. Disipador estático.....	77
4.3.2. Ventajas de la instalación de calefacción por suelo radiante.....	78
4.4. Emisiones CO <sub>2</sub> .....	79
5. Generación de energía eléctrica y cálculo de las instalaciones de la i-Naturhouse.....	81
5.1. Demanda Energética y consumos de la i-Naturhouse.....	81
5.1.1. Consumo eléctrico.....	81
5.1.2. Evaluación de los elementos.....	92
5.1.3. Curva de consumo eléctrico: i-Naturhouse.....	94
5.2. Energía Solar Fotovoltaica.....	95
5.2.1. Hipótesis y alternativas realizadas.....	95
5.2.2. Configuración de la instalación.....	96
5.2.3. Dimensionado de secciones de los conductores.....	103
5.3. Energía Eólica.....	114
5.3.1. Datos característicos de los generadores escogidos.....	115
5.3.2. Energía generada mensual por los aerogeneradores escogidos.....	120
5.3.3. Energía generada anual por cada uno de los generadores.....	122
5.3.4. Curvas de Potencia de los Aerogeneradores estudiados.....	126
5.3.5. Elección de un aerogenerador en función de nuestras necesidades.....	128

PARTE III. SUMINISTRO ELECTRICO Y COMUNICACIONES.....	131
6. Calidad de suministro, operación y mantenimiento.....	132
6.1. Introducción al sistema de control.....	132
6.2. Orientación y Maximización de los recursos energéticos.....	135
6.3. Mantenimiento del Sistema.....	138
6.4. Aspectos a considerar para la calidad del suministro a la red.....	142
6.4.1. Descripción del sistema normativo aplicable.....	144
6.4.2. Conexión física a la red.....	145
6.5. Evacuación de energía a la red.....	146
6.5.1. Real Decreto 1663/2000.....	146
6.6. Esquemas de bloques para la conexión eléctrica.....	150
7. Estación meteorológica y conectividad de las i-Naturhouse.....	152
7.1. Objetivo del sistema de registro de datos e información local.....	152
7.2. Tipo de datos a registrar y sensórica a utilizar.....	154
7.3. Arquitectura de comunicaciones local.....	157
7.4. Comunicaciones inalámbricas.....	159
7.5. Arquitectura de comunicaciones remotas.....	160
7.6. Otras aplicaciones de conectividad futura.....	161

PARTE IV. EFICIENCIA Y VIABILIDAD ECONOMICA .....	162
8. Ahorro de emisiones y viabilidad tecnológica.....	163
8.1. Ahorro de emisiones .....	164
8.1.1. Consumo eléctrico: Generación mediante energía eólica y fotovoltaica .....	165
8.1.2. Consumo térmico .....	165
8.1.3. Ahorro total de emisiones.....	166
8.2. Viabilidad de las tecnologías utilizadas .....	167
9. Estudio Económico, viabilidad del proyecto .....	171
9.1 Análisis económico des del punto de vista del fabricante. ....	171
9.1.1 Coste de fabricación unitario. ....	171
9.1.2. Precio venta i-Naturhouse en función costes y evaluación de resultados.....	180
9.1.3. Rentabilidad y resultados de la fábrica i-Naturhouse .....	182
9.2. Estudio de viabilidad económica desde la perspectiva del comprador. ....	183
9.2.1. Evaluación de los beneficios obtenidos por la evacuación de energía a la red. ....	184
9.2.2. Evaluación del ahorro obtenido por la no utilización de recursos de la red.....	197

# **PARTE I. INTRODUCCION Y EVALUACION DE RECURSOS ENERGETICOS**

## 1. Objetivo y planteamiento del proyecto

### 1.1. Introducción

La eficiencia energética y el aprovechamiento de las fuentes de energía naturales se han convertido en uno de los principales temas de investigación de Universidades y Gobiernos. Por ello, no es nada nuevo la presentación de un proyecto basado en una construcción que aprovecha los recursos naturales para la generación y posterior autoconsumo o venta de electricidad a la red. Nuestro proyecto es mucho más ambicioso y creemos que puede tener un fuerte impacto en un mercado global al utilizar todas las nuevas tecnologías existentes en campos como el bioclimatismo, energía solar, energía eólica, microgeneración, telecomunicaciones, automatización, freecooling, iluminación y eficiencia energética. Deja de ser por tanto una solución parcial que aprovecha únicamente el conocimiento en algunos ámbitos de la ingeniería, para dar paso a una solución que se desarrolla en los campos de la Ingeniería Industrial en general (Mecánica, Energética, Eléctrica...etc.) las Telecomunicaciones, así como en el área de Economía y Finanzas.

Nuestro proyecto aunque lo localizamos en la ciudad de Lleida, es un proyecto de alcance e impacto global, y en él analizamos en detalle cada uno de los puntos principales que intervendrían en este nuevo modelo de sensibilización de la sociedad hacia el consumo energético sostenible.

Después de un análisis profundo hemos llegado a la conclusión que podíamos diseñar y construir una instalación energética con dependencia casi nula de las fuentes energéticas fósiles, pero muy probablemente ésta no tuviera un punto de conexión o algo que generara un interés que acabara sensibilizando a la población en general, y por tanto, quedara en un proyecto más con una base técnico-científica importante pero que no ayuda a la solución del problema de sostenibilidad del planeta. Por tanto, debíamos buscar un punto de conexión entre los modelos y estilos de vida de nuestra sociedad, y las energías renovables, así como intentar inducir a un nuevo modelo con repercusión directa en algunas de las actividades desarrolladas y con un elevado impacto energético.

En esta búsqueda nos despertó curiosidad uno de los motores principales de la economía nacional, el Turismo, el cual ofrece cifras muy elevadas de pernoctaciones por cápita/año, en un contexto de sociedad globalizada y donde el concepto de distancias y fronteras se ha visto modificado en los últimos años. Este sector económico tiene un impacto energético global muy elevado pero en él aún no hay medidas eficaces en cuanto a reducción de emisión.

El enfoque asumido por el presente trabajo parte de la concepción y desarrollo de una caseta de información turística, utilizando todas las tecnologías y estrategias a nuestro alcance, siempre desde la base de análisis de costes y con el objetivo de ofrecer una solución asequible en precio tanto para ayuntamientos como empresas privadas que desean adquirir una i-Naturhouse para un fin como el del presente estudio o diferente.

Pero este proyecto al cual damos el nombre de i-Naturhouse, además de toda la base técnico-científica que desarrollaremos en detalle, tiene un objetivo principal a cumplir que es la sensibilización de la humanidad sobre uno de los problemas más serios al que esta nunca se ha enfrentado. Además intenta la inducción a la modificación de hábitos y estilos de vida con un criterio de combinación tecnológica sostenible (CTS) y por tanto, es la traducción final de como nosotros entendemos el uso de las tecnologías, su uso racional, su utilización en conjunto, para la mejora de calidad de vida del ser humano, acercando a éste, nuevamente al medio natural y defendiendo la definición de sostenibilidad como esta debería ser interpretada.

La excusa es perfecta, utilizamos uno de los motores principales de la tecnología para acercar las energías renovables a la población en general y por tanto sensibilizar a esta sobre el problema real, trabajando desde la base y ofreciendo algo a cambio. i-Naturhouse es por tanto un nuevo modelo de turismo que utiliza la combinación de tecnologías bajo el criterio de sostenibilidad.

Sin duda alguna hay un fuerte trabajo posterior por parte de las administraciones en el diseño de estrategias de promoción turística sostenible utilizando estas instalaciones y en lo que no vamos a entrar por pertenecería más a un proyecto posterior de marketing en todo su amplio alcance.



**making Clean-info**

Ilustración 1. Logo i-Naturhouse. FUENTE:  
Edición propia Grupo 7T

Esperamos que este proyecto sea algo más que un simple documento que evalúe nuestros conocimientos y que pase a ser un instrumento útil para las administraciones y a todos aquellos que se enfrentan en el día a día con un problema que a día de hoy no parece tener una fácil solución y en el que muchos solo parecen centrarse en diseñar nuevas instalaciones de aprovechamiento energético sin intentar modificar los patrones de consumo y conducta que es de donde procede la parte principal del problema.

## **1.2. Proyecto i-Naturhouse**

El proyecto i-Naturhouse es un trabajo de combinación de diferentes tecnologías con un fin común y en el cual éstas se combinan de forma equilibrada ofreciendo a la sociedad una herramienta que con un gran potencial, si tiene el alcance que se le proyecta. El proyecto ha sido dividido en 9 apartados. El primero es de introducción y contextualización para pasar a analizar posteriormente un caso concreto que ubicaríamos en la población de Lleida.

A continuación detallamos cada uno de los apartados que componen el proyecto;

### ***Evaluación de Recursos Energéticos municipales.***

El proyecto se basa en una i-Naturhouse destinada a la promoción turística local en la ciudad de Lleida, Por tanto se efectúa una evaluación de los recursos energéticos municipales en la ciudad, para la posterior selección y dimensionamiento de las tecnologías energéticas utilizadas.

### ***Arquitectura bioclimática de la i-Naturhouse***

Una de los apartados principales del proyecto es el diseño de la caseta, el cual incluye la selección de materiales biodegradables y consecutivamente eficientes, estructura, análisis de pérdidas y filtraciones y modelización en función de estrategias bioclimática.

### ***Demanda Energética y consumos de la i-Naturhouse***

Con el diseño de la i-Naturhouse acabado y la selección de los materiales constructivos principales realizada, se accede a este apartado donde se dimensionan las necesidades de calefacción de la caseta de información turística.

### ***Elección de las tecnologías a instalar y dimensionamiento***

Se realiza un estudio en profundidad de las necesidades eléctricas que permitan la actividad de promoción turística en la i-Naturhouse. También se escogen las tecnologías más eficientes según recursos disponibles en la zona y cargas de la caseta. Se describe y se detalla su dimensionamiento y su proceso de instalación.

### ***Evacuación de energía a la red y certificación energética de la i-Naturhouse***

Se describen los aspectos relacionados a la conexión a red de la i-Naturhouse, así como las estrategias de mejora de calidad de suministro y modo de funcionamiento de ciclos de conexión.

### ***Operación y mantenimiento***

En este apartado, se introduce el sistema inteligente de control de la i-Naturhouse, el cual recibe todas la sensórica de la caseta y reduce las pérdidas innecesarias, así como busca la maximización de producción energética. También se describe las protecciones de la instalación eléctrica y térmica así como un detallado plan de mantenimiento.

### ***Estación meteorológica y conectividad de las i-Naturhouse***

La i-Naturhouse no es únicamente una construcción bioclimática sostenible y de utilización de recursos energéticos renovables, sino que además recoge información desde su propia central meteorológica que registra y pone a disposición de las administraciones y del público en general, en soporte electrónico bajo comunicaciones de banda ancha y mediante un sistema de conexión webserver. Además la construcción ofrece otras conectividades futuras basadas en tecnologías modernas de utilidad para la población en general.

### ***Eficiencia y ahorro energético***

En este apartado se realiza un cálculo del ahorro de emisiones CO<sub>2</sub> por parte de la i-Naturhouse así como una estimación del ahorro global debido a la modificación del patrón de turismo de una parte significativa de la sociedad.

### ***Estudio económico y viabilidad del proyecto.***

El proyecto se analiza desde dos perspectivas, la del comprador y la del fabricante de las i-Naturhouse, y se estudia la viabilidad, periodos de recuperación de la inversión, evaluación económica, etc.

### ***Estrategia de desarrollo producto***

Por último, y a modo de conclusiones, se describe las estrategias a seguir para la introducción del producto en diferentes mercados, así como clientes objetivo y estrategias de introducción y expansión utilizadas. Se pasa de la fabricación de i-Naturhouse a otras construcciones destinadas a otras actividades económicas del país bajo el mismo concepto del expuesto anteriormente.

### 1.3. Contextualización del proyecto

El ser humano apareció en África hace ya más de dos millones de años y habitó durante siglos las fértiles sabanas de las tierras altas del África oriental. Su origen se remonta a una época aún más lejana y en la búsqueda de ésta los científicos no dudan en afirmar que nuestra evolución está estrechamente unida a la evolución de todos los seres vivos.

Así como el resto de los seres vivos han encajado casi a la perfección en sus hábitats, el ser humano no ha acabado nunca de encajar en los hábitats naturales y hemos necesitado modificar nuestro entorno y ejercer una influencia constante sobre él, con la consecuente alteración del medio.

Nuestra evolución, ha sido desde hace ya más de dos millones de años una carrera constante por la modificación y control del medio y por ejercer una hegemonía autoritaria sobre el resto de seres vivos.

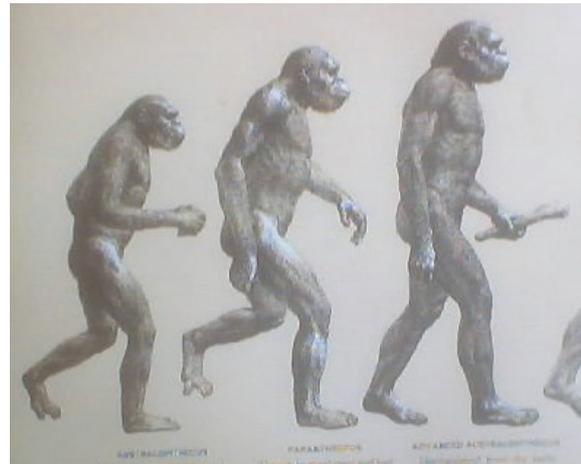


Ilustración 2. Evolución del hombre. FUENTE: <http://web.educastur.princast.es>

Dentro de este proceso evolutivo por la modificación del hábitat, los humanos tuvieron que poco a poco desarrollar toda una serie de tecnologías y técnicas que les permitieran su supervivencia en el medio y es a partir de éstas que aparecen las primeras técnicas y herramientas para la obtención de alimentos y su preparación. En una fase posterior y también dentro de la Edad de Piedra se tiene constancia del desarrollo de canoas que permitieron migraciones a través incluso de algunos océanos. En la edad del cobre y bronce, los humanos desarrollaron la tecnología agraria, permitiendo la domesticación de animales y el desarrollo de la agricultura. Todo esto desembocaría en la edad del hierro, donde este metal acabaría sustituyendo el bronce y favoreciendo la fabricación de herramientas más baratas y resistentes.



**Ilustración 3. Evolución de agricultura y aumento productividad en campo. FUEENTE: Google**

Estos son algunos de los primeros indicios que se tienen de las primeras tecnologías desarrolladas por el ser humano, pero si analizamos la evolución de la tecnología desde los primeros asentamientos en la prehistoria hasta nuestros días, observamos una línea común en todo este proceso y es la intención por el control y aprovechamiento energético que permita una evolución acelerada por el control total del medio habitado y aquellos que aún no lo están.

En la primera fase de la evolución, el hombre utilizaba la energía de sus propios músculos, después se utilizaría la energía de los animales, seguiría la energía de las plantas, la energía mecánica, la energía de los recursos naturales: el petróleo, carbón, gas, la energía nuclear y ahora la energía del viento, sol, biomasa, hidrógeno, etc.

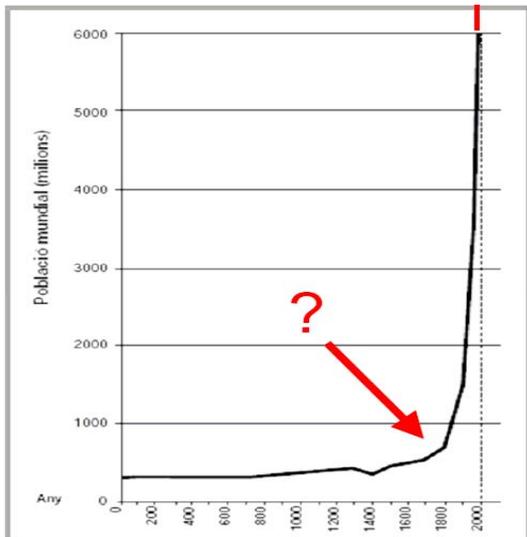
A medida que hemos tenido un mayor control sobre las fuentes energéticas también hemos tenido un mayor aumento del consumo energético por cápita, traducido en el supuesto goce de un mejor nivel de vida y en un aumento mayor de la población al darse las condiciones de bienestar para este crecimiento. Esto ha acelerado el requerimiento de abastecimiento energético. Estos patrones de evolución destruyen el entorno por el consumo y lo deterioran por la contaminación que estos residuos producen.

Estamos por tanto, aunque para muchos pueda parecer un mensaje de inducción apocalíptica, en el final de una era, en el final de un proceso iniciado hace ya más de dos millones de años y en el fin donde la propia naturaleza modificará el entorno del planeta para dificultarnos nuestra continuación en él, y por tanto, que podamos acabar con la extinción de todas las demás formas de vida. La ventaja sobre todos los finales, es que sobre éste, la humanidad tiene la posibilidad de tomar decisiones, decidir su futuro y por tanto decidir cambiar la historia, convirtiendo el final en el principio de una nueva era.



**Ilustración 4. Aumento nivel del mar debido al cambio climático. FUEENTE: <http://masabadell.files.wordpress.com/2008/02/cambio.jpg>**

<sup>1</sup> Desde que en 1750 se comenzaron a utilizar las energías fósiles (Carbón, petróleo o Gas) la población se ha multiplicado por 6, el consumo energético por cápita por 50, y el global por 300. Hemos pasado de vivir del flujo a vivir del stock.



**Ilustración 5. Aumento exponencial de la población con la industrialización de la sociedad. FUENTE: presentación sobre Consumo Energético Futuro, por Marcel Coderch Collell**

<sup>1</sup> Nos enfrentamos además a cuatro grandes retos energéticos en el siglo XXI; El fuerte incremento de la demanda ya que el consumo en países industrializados sigue aumentando, la más que probable llegada del Peak Oil, máximo de producción mundial de petróleo seguido después por el del gas natural, la competencia geoestratégica por la concentración de reservas fósiles en unos pocos países sometidos a presiones demográficas y geopolíticas y el cambio climático que nos obliga a la reducción de la emisión de gases de efectos invernadero.

<sup>1</sup> Estamos delante de un dilema energético/ Climático que solo puede resolverse reduciendo el consumo global de combustibles fósiles.

Aunque el capitalismo nos muestre la base del crecimiento infinito y en la capacidad de los mercados con sus ajustadores automáticos, el consumo energético no puede ser nunca superior a la energía disponible.

Deberemos asentar ya las bases que permitan en un futuro cercano la transición a un futuro energético sostenible. Se trata de una transición larga y costosa de tiempo indefinido pero que permitirá a las nuevas generaciones seguir viviendo en el medio aprovechando todos aquellos valiosos recursos que este nos ofrece. El proceso de transición debe comenzar con la adaptación de todas aquellas actividades económicas principales del país a procesos tanto de reducción de demanda energética, como de aumento de eficiencia y sensibilización del ciudadano mediante acciones de marketing que tengan capacidad para concienciar a la población, como ejemplos referenciar el marketing sensorial, vivencial y/o experiencia, pero en el cual no entraremos.

<sup>1</sup> Fragmento extraído de presentación Powerpoint de Marcel Coderch Collell que tuvo lugar en Madrid el 1 de Abril de 2006.

## 1.4. Situación actual del sector Turismo

Este apartado nos permite situarnos dentro de un sector en el cual muchas de las personas a las que va dirigido este proyecto no tienen conocimiento específico. Creemos por tanto que es necesario, antes de ofrecer todo el desarrollo de la parte principal y objeto del trabajo, centrar el proyecto dentro del contexto que este debe desarrollarse para entender la importancia que éste puede adquirir dentro la cadena de acción por la sostenibilidad.



Fuente: Balance del turismo en España 2006. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

El turismo ha sido y es para España una importante fuente de ingresos y un potente estímulo para la actividad económica del país. Esta contribución a la creación de riqueza nacional se mantiene en la actualidad, independientemente de la diversificación económica producida en las últimas décadas, así como de los cambios estructurales en la economía y sociedad española.

Debemos remarcar la importancia y peso económico que este sector tiene para el país y no olvidar que sigue y seguirá siendo uno de los motores de crecimiento económico tanto directa como indirectamente. Esto conlleva que dentro de las estrategias de creación de riqueza y generación de empleo, las administraciones lo consideren uno de los sectores prioritarios.

Debemos también remarcar que las administraciones evalúan, analizan y toman decisiones en función de recogidas de datos tanto de tipo primario como secundario, así como datos cuantitativos y cualitativos de evoluciones, patrones de oferta y demanda y tendencias de este sector. Es un sector importante motor de una parte significativa de nuestra economía y como tal se analizan tanto flujos de turismo interior como de recepción o emisión.

A la hora de segmentar la actividad económica generada por el flujo turístico se realiza en función de la dirección que toman los vectores de flujo, siendo estos los siguientes.

Esto nos ofrece una rápida aproximación al número de personas que en 2006 pernoctaron al menos una noche fuera de su residencia habitual y que sería de 219,6 millones de pernoctaciones de al menos una noche.

El modelo turístico nacional oferta 5 grandes productos en torno a los cuales se desarrolla la actividad turística nacional. Estos grandes grupos son:

***Sol y playa***

***Cultura y Ciudad***

***Negocios y Congresos***

***Deportivo***

***Rural.***

Según datos ofrecidos por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el sector turístico contribuyó en un 11% al PIB Nacional, aportando 26.000 millones de euros al déficit comercial de la Balanza de pagos y empleando a 2,3 millones de personas en 2005 (12% de la población activa del país)

Pero más allá de estas escalofriantes cifras, el turismo Español debe mantener un nivel de calidad y ser la imagen de una sociedad dinámica, moderna e integradora y exportar esta idea a cada turista que llegue a España o aquellos que deciden hacer las vacaciones en su país de origen.

En los últimos tiempos han aparecido nuevos factores que podrían llegar a hacer perder competitividad del turismo nacional a favor de otros países y en el cual las administraciones deberán hacer hincapié si quieren evitar una pérdida gradual de interés del turista por la oferta nacional.

Desregularización de los mercados.

Cambios en la demanda (aumento turismo residencial, reducción gasto medio por turista, duración media de la estancia).

Nuevas tecnologías con la entrada de Internet.

Nuevos modelos de negocio en el transporte (compañías Low-cost).

Nuevos modelos de distribución GNE.(no intermediarios).

Por ello se deben revisar las estrategias competitivas del turismo nacional ante el nuevo marco que se abre que nos debe permitir definir una nueva estrategia.

## Previsiones de Demanda turística 2020

Según los estudios realizados por especialistas en la materia, Europa sigue siendo en 2020 la región del mundo que mayor número de turistas internacionales recibe así como el primer mercado de origen de los turistas internacionales.

España quedará en una cuarta posición en recepción de turistas a escala internacional con un cómputo estimado de 71 millones de turistas y solo detrás de Estados Unidos, Francia y China. China sería el país líder con 137 millones de visitas.

### Gráfico 17: Llegadas internacionales de turistas 2020 (millones)

Fuente: OMT

China	130,0
Francia	106,1
Estados Unidos	102,4
<b>España</b>	<b>73,9</b>
Hong Kong-China	59,3
Italia	52,9
Reino Unido	52,8
México	48,9
Rusia	47,1
República Checa	44,0

España dispone de una clara ventaja competitiva sobre el resto de países Europeos y es que tiene una oferta muy variada y completa, tanto en sol y playa, actividades deportivas, rural, ciudad, ocio, etc.... pero debe saber cómo gestionar sus activos, promocionarla y ofrecer una oferta de calidad.

## Factores críticos y situación actual del turismo

Si resumimos todo lo visto hasta ahora e intentamos sacar un resumen que identifique los puntos principales positivos diríamos lo siguiente:

1. España es el segundo país receptor en la actualidad y por ello tiene una notable experiencia y conocimiento del negocio.
2. El turismo es un motor impulsor de nuestra economía del cual no se puede prescindir.
3. Su contribución al PIB es del 11%
4. Equilibrado de la balanza de pagos Española con un saldo en los últimos años de 26.000 millones de euros.
5. El Turismo emplea cada año a nivel nacional a 2,3 millones de personas.
6. Contribuye al crecimiento del sector construcción y distribución.

En cuanto a los puntos negativos:

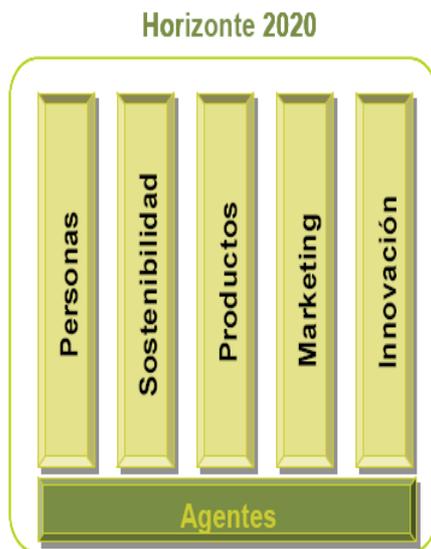


Ilustración 6. 5 Ejes vertebradores del nuevo plan turismo 2020. FUENTE: [www.turismo2020.es](http://www.turismo2020.es)

1. Fuerte dependencia del turismo sol y playa
2. La productividad del empleo en el sector turístico crece a un nivel inferior que otros sectores en auge.
3. Elevado grado de saturación de algunos destinos
4. Bajo grado de concienciación del ciudadano, de la importancia del turismo para la nación.
5. Bajo nivel de formación de personas en el sector que no permite aumentar la calidad del mismo.
6. Se ha descuidado el marketing turístico y actividades de desarrollo de producto.

Desincronización del sector público y privado en relación al turismo.

El nuevo plan Horizonte 2020 se fundamenta en 5 ejes principales de acción como ejes vertebradores; producto, personas, sostenibilidad, marketing e innovación.

Sobre estos 5 ejes vertebradores las administraciones inician un proceso de discusión que permita reflejar en un documento las acciones a seguir para el nuevo modelo turístico. Dentro de los diferentes grupos se desagregan algunos de los puntos vitales de este nuevo plan y en los cuales se formaran grupos de debate. Estos puntos clave serian los siguientes:

- Sostenibilidad
- Recursos humanos y formación
- Productos y marketing estratégico
- Estadísticas e inteligencia de mercado
- Promoción y comercialización
- Competitividad

## 1.5. Detección de Necesidades

En este Marco del plan del Turismo nacional 2020, la propuesta que realizamos es hacer coexistir algunas de las inquietudes que desde las administraciones plantean, con nuestro proyecto i-Naturhouse como centro de información turístico energéticamente y socialmente sostenible.

Además las i-Naturhouse no estarán solas y se pretende crear una red de casetas conectadas aprovechando las comunicaciones de banda ancha y aprovechando de esta forma los beneficios que una conectividad puede ofrecer a favor del turista o las administraciones que dispondrá de información en tiempo real de cualquier otra i-Naturhouse.

Todas las i-Naturhouse dispondrán de estación propia meteorológica que permite tanto a las administraciones como al usuario conocer datos de temperatura, humedad, contaminación acústica, nivel de contaminación, etc. En un futuro breve se estudia la posibilidad de ofrecer otros servicios que analizamos en detalle en el proyecto.

Además cualquier turista dispondrá de wi-fi en las cercanías de la i-Naturhouse de forma que podrá consultar cualquier información de forma gratuita.

Volviendo a los 5 ejes vertebradores que el plan 2020 especifica nuestro proyecto cumple con todos ellos de la siguiente forma:

**Sostenibilidad;** Autosuficiencia energética e inducción a nuevos hábitos vacacionales más sostenibles con paquetes específicos en esta línea.

**Recursos humanos y formación;** Personal a cargo de la caseta cualificado y con formación continua. Externalización formativa, al convertir una caseta de información turística en un centro-escuela sobre utilización de tecnologías para la sostenibilidad.

**Productos y marketing estratégico;** Promoción específica de destinos locales con bajo nivel de saturación y que puedan despertar interés. Destinos alternativos de la zona y desvinculados del turismo sol y playa.

**Estadísticas e inteligencia de mercado.** Las i-Naturhouse dispondrán de un CRM donde reflejaran información relacionada con el interés que cada oferta despierta sobre el turista y permitirá personalizar la oferta futura y adaptarla a cada tipo de usuario.

**Promoción y comercialización;** Las i-Naturhouse tendrán competencia tanto para promover como comercializar paquetes turístico siempre relacionados con el criterio de turismo sostenible.

**Competitividad;** Las i-Naturhouse ofrecerán ofertas locales muy competitivas no solo en precios sino también en destinos.

**Innovación;** Sin duda alguna las i-Naturhouse son innovadoras casetas que aprovechan todos los beneficios de las energías renovables y las comunicaciones para ponerlo al alcance de la población.

No sería arriesgado decir que se podrían convertir en centros de Información turística de Excelencia y en un periodo de tiempo modificar muchos de los patrones de contratación de vacaciones, tanto en cuanto a destino como a forma de entender estas. ¿Por qué no crear clasificaciones energéticas para las vacaciones igual que en las edificaciones, regular la intensidad o afluencia a destinos y primar éstas? Dejamos la respuesta a merced de cada uno de los lectores de este documento.

## 2. Evaluación de recursos energéticos municipales

### 2.1. Energía solar

El estudio tiene por objeto evaluar los recursos solares en la ciudad de Lleida. Nos interesa disponer de información relacionada con la radiación solar directa y difusa para la selección de las tecnologías más adecuadas. Cruzando información entre la superficie útil que tenemos en el tejado de la i-Naturhouse, la radiación solar directa y difusa, orientación de la casa y consumos mensuales tanto eléctricos como térmicos, podremos encontrar el dimensionamiento adecuado a las instalaciones solares.

Para la evaluación de la radiación solar total incidente en la ciudad de Lleida se han utilizado los datos del Atlas de radiación solar de Cataluña, elaborado en el año 2000 por el ICAEN (Institut Català de l'Energia) y la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya).

El Atlas de radiación solar de Cataluña recopila información de 83 estaciones de mediciones distintas, pertenecientes a 7 redes o instituciones diferentes. Los resultados que se presentan en el Atlas son el análisis de 100.000 registros distintos. Una de las 83 estaciones utilizadas se encuentra en Lleida ciudad, por lo tanto consideramos que los datos que presenta el Atlas Solar de Cataluña tienen un error mínimo en la evaluación de la radiación solar total para Lleida ciudad.

Para la recogida de datos en Lleida ciudad se ha utilizado un piramómetro de la casa Siap/Kipp-Zonen, de cuatro años de antigüedad en el momento de redacción del Atlas de radiación solar y que ha sido gestionado directamente por el Instituto Nacional de Meteorología y por el ICAEN.

Los datos referentes a la temperatura y a la humedad relativa en Lleida se han obtenido a través de Meteocat.

#### 2.1.1. Radiación Solar incidente

La radiación solar incidente es aprovechable por medio del calor (térmica) o por la absorción de la radiación (fotovoltaica). Esta radiación puede medirse mediante varias unidades físicas. Las más comunes son la irradiancia, que es la potencia de la radiación solar por unidad de área [ $W/m^2$ ] y la irradiación que es la energía por unidad de área [ $J/m^2$ ]. La potencia de la radiación varía en función de variables como la latitud, fecha, hora del día, o condiciones atmosféricas. En condiciones óptimas el valor de irradiancia en la superficie terrestre es aproximadamente de  $1000W/m^2$ .

La radiación solar que llega a la superficie terrestre únicamente es aprovechable en sus componentes directa y difusa, que son las que hemos evaluado como recurso para Lleida Ciudad. La radiación directa es la que recibimos directamente del sol y la radiación difusa es

aquella radiación que debido a procesos de reflexión o refracción no nos llega de forma directa sino rebotada a partir de algún cuerpo sea terrestre o atmosférico.

A continuación se muestran los valores medios de la radiación solar incidente (total = directa + difusa) en la ciudad de Lleida en MJ/m<sup>2</sup> y que nos facilitará el dimensionamiento posterior de las tecnologías de transformación de energía solar en electricidad y en energía térmica, en las i-Naturhouse.

Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
MJ/m <sup>2</sup>	6,42	9,8	14,74	20,11	24,34	26,3	25,43	21,93	16,83	11,47	7,29	5,43	15,84

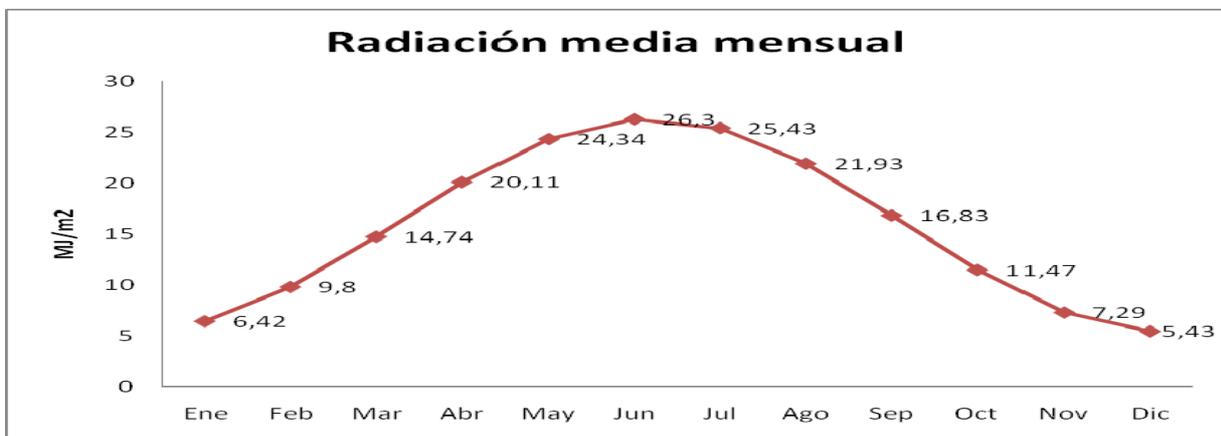


Ilustración 7. Radiación solar incidente superficie Lleida (Directa+Difusa). FUENTE: Datos obtenidos de Atlas Solar de Catalunya y gráfica y tabla de elaboración propia.

### 2.1.2. Relación entre la radiación directa y la radiación difusa

En la elaboración del atlas de radiación solar de Cataluña se ha analizado la influencia de la relación solar difusa frente a la radiación solar extraterrestre.

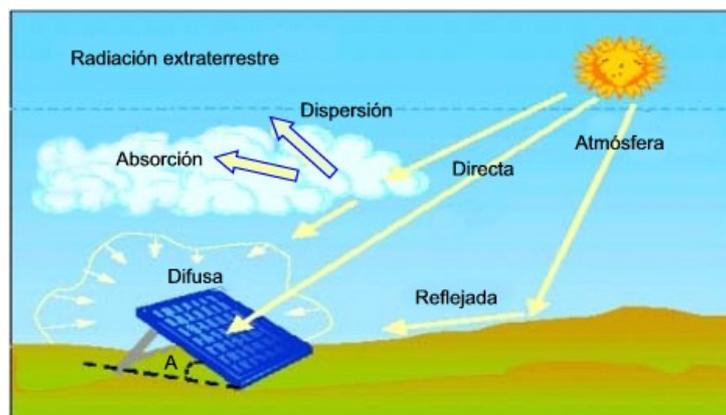


Ilustración 8. Imagen que muestra los diferentes tipos de radiación, directa, difusa y la reflejada por el albedo. FUENTE: [www.pce-iberica.es](http://www.pce-iberica.es)

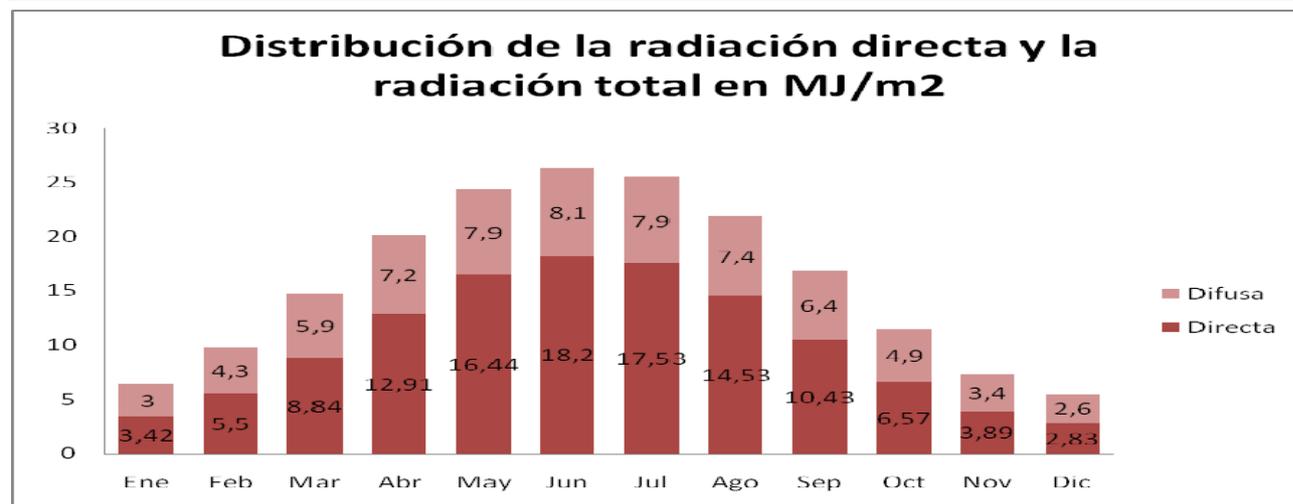
**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

La metodología utilizada en la elaboración del atlas de radiación solar para la radiación difusa se basa en la incorporación de dos nuevos piramómetros con una visera que filtra la radiación directa. A su vez esta visera modifica su inclinación para evitar sombras excesivas o permitir entrada de radiación directa.

Para la ciudad de Lleida se han encontrado los siguientes resultados.

Radiación media	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Total	6,42	9,8	14,74	20,11	24,34	26,3	25,43	21,93	16,83	11,47	7,29	5,43	15,84
Directa	3,42	5,5	8,84	12,91	16,44	18,2	17,53	14,53	10,43	6,57	3,89	2,83	10,09
Difusa	3	4,3	5,9	7,2	7,9	8,1	7,9	7,4	6,4	4,9	3,4	2,6	5,75
Difusa/ Total	46,7%	43,9%	40,0%	35,8%	32,5%	30,8%	31,1%	33,7%	38,0%	42,7%	46,6%	47,9%	39,1%



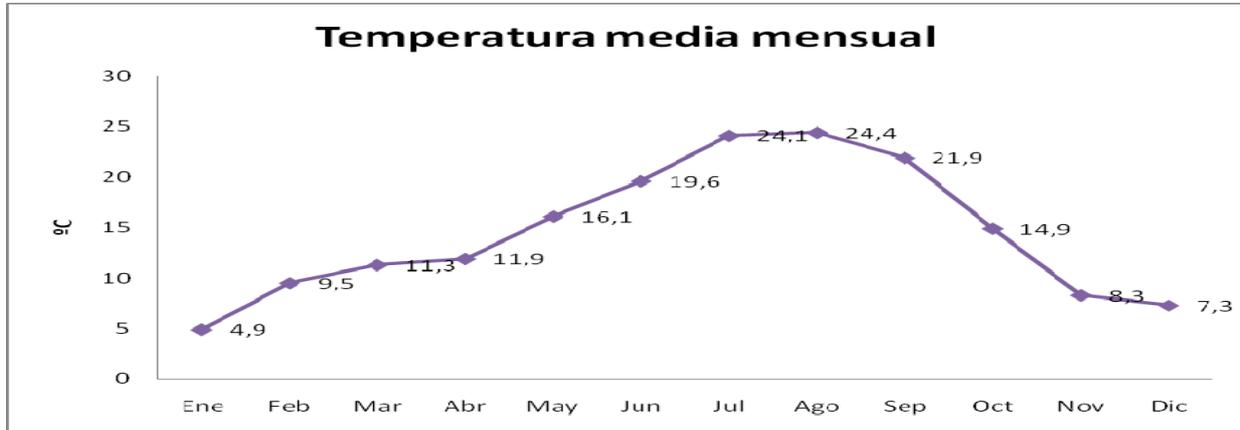
**Ilustración 9.** Gráfico de la distribución mensual entre Energía Solar Directa y Difusa. FUENTE: Datos proceden del Atlas Solar de Catalunya, gráficos de elaboración propios.

**2.1.3. Temperatura media mensual**

La evaluación de temperaturas medias de Lleida ciudad nos permite disponer de datos objetivos para la arquitectura bioclimática y para los cálculos de rendimiento térmicos de las placas así como para otras evaluaciones que serán necesarias para considerar todo el apartado de necesidades térmicas de la i-Naturhouse.

A continuación se muestran los valores medios mensuales y la media anual para la temperatura, en la ciudad de Lleida y ofrecidos por Meteocat para el año 2007.

Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
°C	4,9	9,5	11,3	11,9	16,1	19,6	24,1	24,4	21,9	14,9	8,3	7,3	14,52



**Ilustración 10.** Evolución de las temperaturas medias mensuales en la ciudad de Lleida en 2007. FUENTE: Publicado por el “Butlletí climàtic de Catalunya”. Datos obtenidos por Meteosat. Tablas y Excel de edición propia.

#### 2.1.4. Otros parámetros de Interés

A continuación se muestran los valores medios de otros parámetros de interés que permiten complementar la información que aportan los parámetros descritos en los puntos anteriores y que nos servirán de base para el dimensionamiento de las placas fotovoltaicas, diseño bioclimático y conceptualización de la iluminación natural en la i-Naturhouse.

Los parámetros identificados son:

##### Variación diurna:

Variación promedio anual de la temperatura entre el día y la noche, este parámetro es importante para la programación de los ciclos de circulación del agua del primario en las instalaciones solares térmicas para ACS.

##### Temperatura media máxima y mínima en Lleida ciudad

Estas temperaturas permiten estudiar si es necesario para cada instalación incorporar más o menos líquido anticongelante en los fluidos caloportadores.

### Dirección dominante y velocidad media del viento

La dirección dominante del viento en Lleida ciudad, es dirección sur. La misma dirección a la que se debe orientar los colectores solares térmicos y los paneles fotovoltaicos para maximizar su eficiencia. Por lo tanto se deben dimensionar los paneles y colectores orientados a la dirección sur para soportar las solicitudes estructurales que genera una superficie expuesta perpendicularmente a un viento con una velocidad media de 1Km/h.

### Temperatura del agua de red

Lleida ciudad se abastece del agua del río Segre, río que recoge las cuencas del deshielo de los Pirineos occidentales catalanes. El agua del río se encuentra a una temperatura inferior a la temperatura de otras zonas de Cataluña. Es interesante conocer la temperatura del agua de red y su mínimo histórico, ya que puede afectar a al rendimiento y al dimensionado de la superficie de colector solar térmico necesario.

Variación de la radiación solar incidente para una superficie orientada al sur, en función de su inclinación respecto de la horizontal.

Esta variación de la radiación solar es especialmente interesante para evaluar el potencial solar, al incorporar paneles fotovoltaicos o colectores solares térmicos en edificios. Especialmente en cerramientos verticales, como por ejemplo fachadas, balcones, ventanas,...

A continuación se muestran los parámetros analizados

Variación diurna	Temperatura máxima en verano	Temperatura mínima en invierno	Dirección dominante del viento	Velocidad del viento	Temperatura máxima agua de red	Mínimo histórico en la temperatura del agua de red (50 años)
[°C]	[°C]	[°C]	Sur	[Km/h]	[°C]	[°C]
14	33	-5	S	1	7	-11

Ilustración 11. Tabla Resumen. FUENTE: Elaboración propia.

## 2.2 Energía geotérmica

### 2.2.1. Introducción: Descripción del recurso

Dentro de la energía geotérmica: se distingue entre recursos de alta entalpía, recursos de baja entalpía y recursos de almacenaje térmico.

Los recursos de alta entalpía se encuentran en zonas de la corteza terrestre, donde a una cierta profundidad se obtienen temperaturas elevadas, superiores a 800°C, y muy altas presiones.

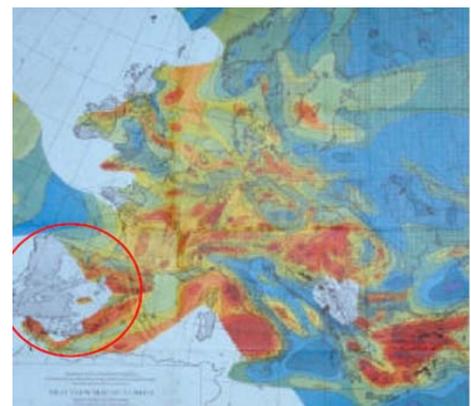
No obstante, este tipo de recursos está altamente limitado a zonas geográficas muy concretas del planeta y su posible explotación, se centra fundamentalmente en la producción de calor y electricidad a gran escala.



**Ilustración 12.** En color rojo se observan, a nivel mundial, las zonas con recursos de alta entalpía. FUENTE: IDAE

Las posibilidades de utilización de recursos de baja entalpía, se encuentran en las zonas de la corteza terrestre que a una cierta profundidad permiten la obtención de temperaturas y presiones bajas, 1-2 bar y 60-80°C. Estos recursos son ampliamente conocidos y utilizados desde la antigüedad para la producción de aguas termales.

En el caso de la península Ibérica; están concentrados principalmente en la cordillera pirenaica y en el levante. A continuación se muestra el potencial de la península Ibérica en comparación con el resto del continente Europeo.



**Ilustración 13.** Recursos de baja entalpía en Europa. FUENTE: European Geothermal Council.

En el caso de España, no existe ningún emplazamiento con recursos de alta entalpía y los emplazamientos con recursos de baja entalpía, son muy localizados y, en su mayor parte, ya están siendo explotados. Por lo tanto los recursos de alta entalpía junto con los de baja

entalpía, no son objeto de aplicación para la i-Naturhouse, tanto por su escasa presencia como por la no viabilidad de aplicar estos recursos en una instalación de pequeñas dimensiones como es la i-Naturhouse.

La utilización de la energía geotérmica de la i-Naturhouse, se orienta hacia el aprovechamiento de los recursos geotérmicos de almacenamiento. Estos recursos permiten utilizar que la temperatura en el subsuelo es constante a lo largo del año, por lo tanto independientemente de si es verano o bien invierno.

Gracias a que la temperatura del subsuelo es constante, es posible utilizar el subsuelo como un tanque de almacenamiento de calor, de modo que en verano el calor fluya desde la i-Naturhouse hacia el subsuelo, logrando así su refrigeración. Simétricamente, en invierno, se invierte el sentido del flujo de calor y se calienta el interior de la i-Naturhouse, logrando un aporte de calor desde el subsuelo hacia el interior de la i-Naturhouse.

### **2.2.2. Potencial Geotérmico**

El potencial para la implantación de energía geotérmica de alta entalpía y de baja entalpía es nulo, y en caso de existir se utilizaría para instalaciones de gran escala, que superarían ampliamente el rango de viabilidad de la i-Naturhouse.

Por lo tanto, la aplicación de la energía geotérmica en la i-Naturhouse se centra, tal y como se define en el apartado anterior, en aplicaciones de almacenaje térmico. Para estas aplicaciones, el potencial de implantación es constante para toda la geografía Española independientemente de sus condiciones climáticas. En consecuencia el recurso de almacenaje geotérmico de calor, es uniforme y constante. Logrando orientativamente una temperatura de referencia del subsuelo, alrededor de los 14-18°C para una profundidad de 1-2m.

### **2.2.3. Descripción de las tecnologías que permite aprovechar el recurso:**

El control del flujo de calor entre el subsuelo y la i-Naturhouse se puede realizar de varios modos:

#### **a) Circulación libre.**

En circulación libre del calor, se utiliza como fluido el aire y se realiza un intercambiador tierra-aire, para pre-calentar o pre-enfriar el aire de aportación del volumen a climatizar. Esta aplicación no es viable en la i-Naturhouse, dado que requiere una elevada superficie de transmisión entre el aire y la tierra y por consiguiente requiere una elevada inversión en obra civil para soterrar los conductos que forman el intercambiador tierra-aire.

El carácter temporal de la i-Naturhouse, impide la implantación de soluciones con una gran inversión en obra civil para la implantación in situ de la i-Naturhouse.

#### **b) Circulación forzada.**

La circulación forzada, puede utilizar como fluido caloportador el aire o bien una solución de agua glicolada.

En el caso de utilizar el aire, se requiere un intercambiador tierra aire junto con un sistema de ventilación y por lo tanto, igual que en las instalaciones de circulación libre se requiere una elevada inversión en obra civil. Por lo tanto no es de aplicación en la i-Naturhouse, dado el carácter de construcción efímera de la i-Naturhouse.

La utilización de agua glicolada, permite la implantación de bombas de calor geotérmicas que permiten gestionar en función de las necesidades de la i-Naturhouse, el flujo de calor entre el volumen interior a climatizar y el subsuelo. El transporte del agua glicolada se realiza mediante las siguientes tecnologías:

- Mediante conductos incorporados en la estructura
- Mediante conductos enterrados en el subsuelo.

En ambos casos la inversión en obra civil es pequeña y por lo tanto su aplicación sería viable para una construcción temporal como la i-Naturhouse.

Cabe destacar que para el transporte de calor, también se puede utilizar agua. La utilización de agua sin glicol es propia de las instalaciones en ciclo abierto que aprovechan el agua del freático. Las instalaciones que utilizan agua glicolada, acostumbran a trabajar en ciclo cerrado.

#### **2.2.4. Selección de tecnologías:**

Dentro de las tecnologías descritas, serían de aplicación para la i-Naturhouse aplicaciones con bomba de calor geotérmica, basadas en el transporte de calor mediante un circuito cerrado de agua glicolada.

Los conductos necesarios para el fluido caloportador pueden circular dentro de los elementos prefabricados de la i-Naturhouse o bien enterrados en el subsuelo. La implantación de elementos prefabricados para canalizar el paso de los conductos o sondas geotérmicas, se realiza generalmente mediante pre-fabricados de hormigón. No obstante, la i-Naturhouse está concebida como una construcción temporal, ligera de transportar y en consecuencia sus cerramientos no son de hormigón y tampoco dispone de un sistema de cimentación potente que podría permitir la incorporación de los colectores geotérmicos en los cimientos.

Por lo tanto, únicamente se consideran de aplicación: los colectores horizontales y se descartan los colectores verticales, junto con la incorporación de las sondas geotérmicas dentro de los cimientos y otros elementos estructurales de la i-Naturhouse. Dado que requieren de una elevada obra civil y limitarían la concepción de la i-Naturhouse como una construcción efímera.

A continuación se muestran las tecnologías seleccionadas

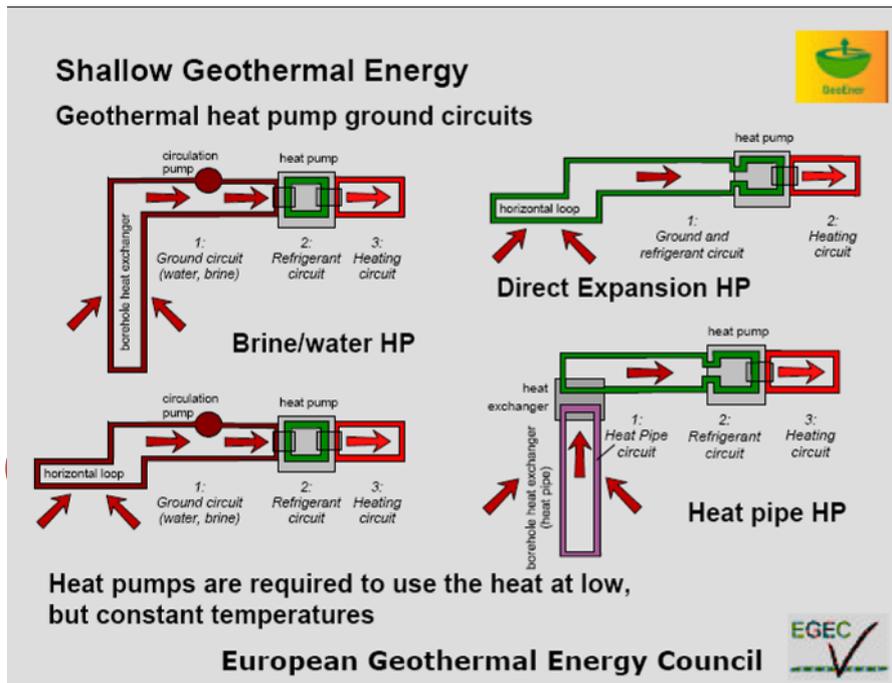


Ilustración 17. Esquemas de de implantación de tecnologías de circulación forzada. Fuente: European Geothermal Council.

Dentro de las distintas tecnologías asociadas a las bombas de calor geotérmicas, se muestran aquellas que serían compatibles con la implantación de colectores horizontales y para la generación de un rango de potencias acorde con las necesidades de la i-Naturhouse.

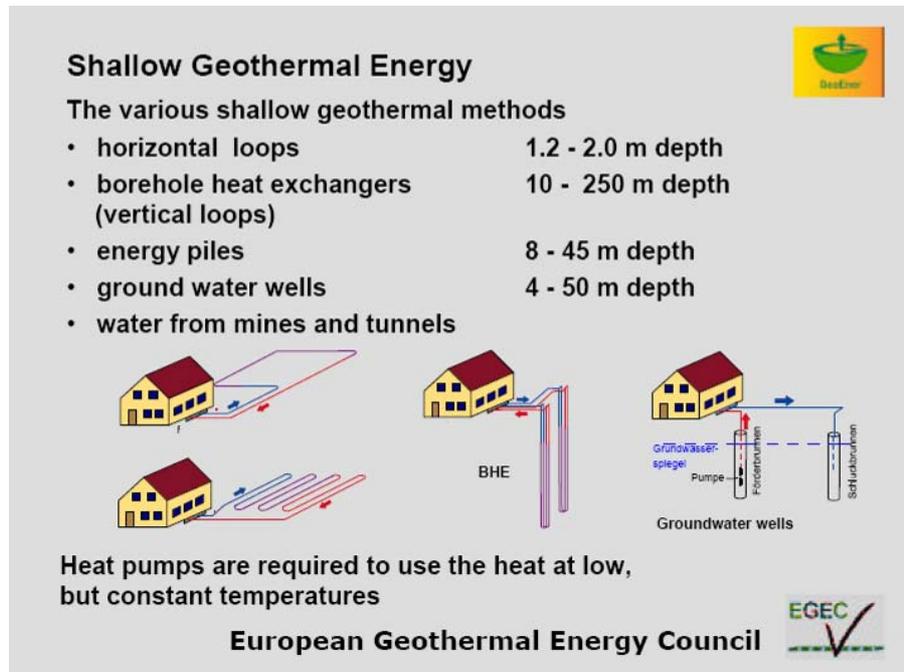


Ilustración 15. Descripción de las distintas tipologías de colectores para la implantación de sistemas de circulación forzada en ciclo abierto en ciclo cerrado. Fuente: European Geothermal Council.

Finalmente, dentro del marco de la i-Naturhouse y del rango de potencia requerida; la implantación de la energía geotérmica únicamente es viable que se realice mediante conductos enterrados horizontales. No obstante, la necesidad de enterrar los conductos, supone que en el caso de que la implantación de la caseta se realice en una plaza dura o bien en una zona asfaltada, será necesario actuar sobre el pavimento. Por este motivo, y considerando el carácter temporal de la i-Naturhouse; no se considera que será de aplicación la incorporación de esta tecnología.

En el caso de utilizar la caseta de información turística para otras aplicaciones, que no fueran las definidas con anterioridad en el marco del presente proyecto final de máster (por ejemplo para su uso como bungalós en campings), la energía geotérmica podría resultar perfectamente viable.

## 2.3. Energía Eólica

### 2.3.1. Introducción

El viento es aire en movimiento, el aire es un fluido que está compuesto básicamente por oxígeno y otros componentes. La gran parte del viento se produce cuando hay un gradiente térmico, es decir una diferencia de temperatura en diferentes bolsas de aire, que produce un desplazamiento rotacional, para mezclar el aire frío con el caliente y equilibrar el sistema. El aire frío que es más pesado, tiende a bajar, y el aire caliente que está en las zonas bajas, tiende a ir a las zonas superiores, de esta forma se garantiza el equilibrio térmico del planeta.

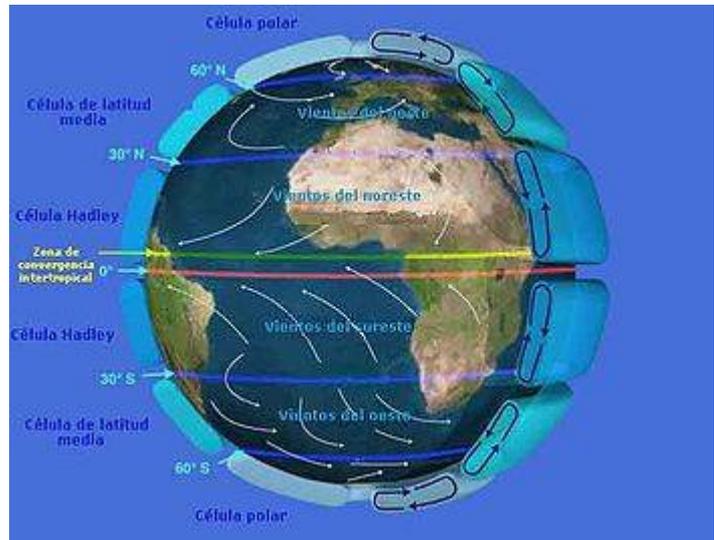


Ilustración 16. Mapa corrientes de viento. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula\\_de\\_Hadley](http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_de_Hadley).

#### 2.3.1.1. Mapa Eólico de España y Catalunya

Para hacer una primera aproximación del recurso que tenemos en general, podemos saberlo con los Mapas Eólicos, facilitados por el IDAE-Ministerio Industria. Existen diferentes mapas: velocidades de viento a 30m y a 80m, densidades de potencia a 30 y 80 metros, espacios protegidos naturales y mapas off-shore (para implantar energía eólica en el mar). A continuación mostramos los mapas de recurso eólico para España y Cataluña, respectivamente.



Ilustración 17. Mapa Eólico de España On-Shore. Fuente: <http://www.idae.es/>

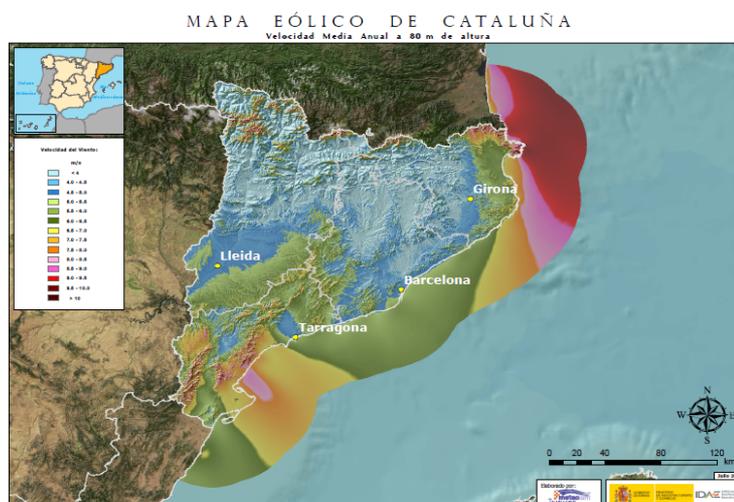


Ilustración 88. Mapa Eólico Zoom Catalunya On-Shore. Fuente:  
<http://www.idae.es/>

### 2.3.1.2. Objetivo de la Evaluación de Recurso Eólico

El objetivo de este subapartado es estudiar el recurso eólico en Lleida capital, ciudad que se ha escogido para instalar la i-Naturhouse. Inicialmente haremos una breve descripción del municipio, mostrando los datos obtenidos y haciendo un análisis de dichos datos con el fin de deducir las horas de producción eólica en función de las velocidades del viento.

### 2.3.2. Adquisición de Datos de Recurso Eólico

Al ser datos tomados por una estación meteorológica (sujeta a posibles fallos externo, como corte del suministro eléctrico, desconexión internet, mantenimiento...etc) hemos considerado que el 10% de los datos obtenidos pueden divergir de los valores reales.

Las lecturas tomadas han sido obtenidas entre el abril del 2008 hasta marzo del 2009. Los datos han sido facilitados por el servicio meteorológico de METEOLLEIDA-METEOCAT.

#### 2.3.2.1. Recopilación de Datos

Los parámetros más importantes a la hora de ubicar el aerogenerador son la velocidad del viento, horas de viento, y en menor instancia, dirección del viento y presión atmosférica.

Para hacer un estudio de un parque de grandes aerogeneradores, se instalarían estaciones meteorológicas en el lugar de emplazamiento para que midan los parámetros antes mencionados, e incluso en muchos casos, si se sabe que es buen emplazamiento se instala un aerogenerador y sirve como torre meteorológica. También se pueden hacer estudios muchos más exhaustivos con programas adecuados como TRUEWIND, WINDPRO, etc.

Nuestro objetivo es instalar uno o varios aerogeneradores de pequeña potencia. Por consiguiente, nos hemos basado en la estimación estadística obtenida a partir de datos de la estación meteorológica más cercana.

Las lecturas son cada media hora durante un mes, para cada uno de los meses del año. Nuestro objetivo es conocer la velocidad media anual para compararla con el Mapa Eólico.

Se ha comenzado por hacer medias diarias, y después unificar por meses, adjuntando una gráfica con todos los datos anuales, con el objetivo de saber la velocidad media de viento anual, la dirección del viento más predominante anual y la presión atmosférica media anual.

Pero lo más importante es saber las horas de viento para cada velocidad, para deducir la curva de velocidades en función de las horas. La fase más relevante de este subapartado es conocer la velocidad del viento media mensual, para después poder hacer un diagrama de velocidades.

Consultar Anexo I para más detalle sobre las velocidades medias a lo largo del año en la ciudad de Lleida.

### 2.3.2.2. Lecturas de Dirección del Viento

Con las lecturas de la dirección del viento se ha podido obtener la media mensual, aun así como el viento está cambiando la dirección constantemente durante todo el día, se hace una media aritmética. En la realidad los aerogeneradores pueden girar sobre su propio eje 360°, por lo tanto no es preocupante.

Resulta ventajoso conocer estos datos para la ubicación final del aerogenerador, ya que si tenemos objetos que interfieren a los vientos predominantes, deberíamos cambiar la ubicación.

A continuación mostramos una tabla con las direcciones más usuales.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Dirección del viento	184	201	223	247	269	236	209	198	202	189	181	191

Ilustración 99. Tabla Dirección de viento Anual. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.3. Lecturas de Presión Atmosférica

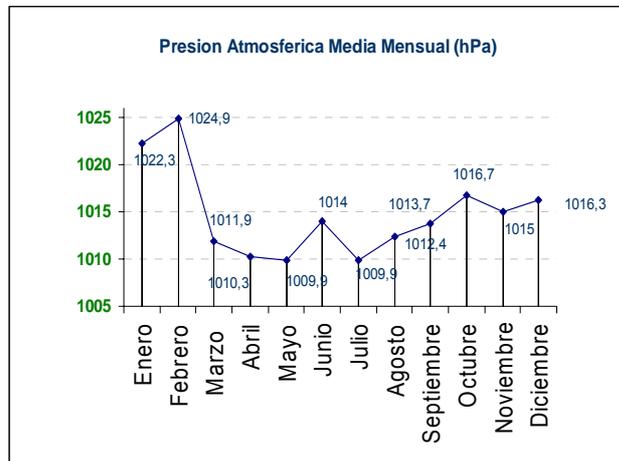


Ilustración 210. Gráfica Presión Atmosférica Anual. Fuente: Elaboración propia

Por último mostramos una tabla resumen de todas las lecturas:

	Velocidad Media del Viento Mensual(m/s)	Presion Media Atmosferica Mensual (hPa)	Direccion Media del Viento Mensual (º)
Enero	9,01	1022,3	184
Febrero	4,97	1024,9	201
Marzo	4,79	1011,9	223
Abril	6,26	1010,3	247
Mayo	4,91	1009,9	269
Junio	4,86	1014	236
Julio	4,50	1009,9	209
Agosto	5,16	1012,4	198
Septiembre	4,91	1013,7	202
Octubre	3,62	1016,7	189
Noviembre	4,38	1015	181
Diciembre	3,94	1016,3	191
<b>Media</b>	<b>5,11</b>	<b>1014,78</b>	

Ilustración 22. Tabla Resumen. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3. Tratamiento de Lecturas

A continuación se va a proceder a hacer el tratamiento de las lecturas tomadas y así después poder obtener conclusiones para decidir si es una zona adecuada para explotar dicho recurso eólico.

### 2.3.3.1. Distribución de la Dirección del Viento

Dado que las lecturas de la dirección del viento están en grados, tenemos que hacer una relación de grados con direcciones, norte, sud, este y oeste, con sus respectivas subdirecciones.

Hemos dividido los 360º en 16 partes iguales (cada 22,5º se considera una dirección diferente). Así tendremos 16 intervalos de velocidades donde clasificaremos todas las direcciones obtenidas.

De esta forma obtenemos bastante precisión, como se muestra en la siguiente tabla.

Rango Direccion Viento	Direccion	Frecuencia Abs. Mensual	Frecuencia Rel. Mensual
0º<v<22,5º	N	0	0,00%
22,5º<v<45º	NNE	0	0,00%
45º<v<67,5º	NE	0	0,00%
67,5º<v<90º	ENE	0	0,00%
90º<v<112,5º	E	0	0,00%
112,5º<v<135º	ESE	0	0,00%
135º<v<157º	SE	0	0,00%
157º<v<180º	SSE	0	0,00%
180º<v<202,5º	S	6	50,00%
202,5º<v<225º	SSW	3	25,00%
225º<v<247,5º	SW	2	16,67%
247,5º<v<270º	WSW	1	8,33%
270º<v<292,5º	W	0	0,00%
292,5º<v<315º	WNW	0	0,00%
315º<v<337,5º	NW	0	0,00%
337,5º<v<360º	NNW	0	0,00%
<b>Total</b>		<b>12</b>	<b>100,00%</b>

Ilustración 23. Tabla Distribución Dirección de viento. Fuente: Elaboración propia

Cada lectura medida con su respectivos grados, se le asigna un intervalo concreto, cuantas más lecturas haya con la misma dirección se van sumando en tanto por uno, para después poder hacer un valor relativo y poder hacerlo porcentualmente.

Con estas lecturas clasificadas, podremos hacer la Rosa de los Vientos.

Una vez que hemos conseguido clasificar todas las lecturas de dirección del viento es muy importante crear la Rosa de los Vientos, que nos marcará en tanto por ciento, cual es la dirección más usual.



Ilustración 24. Gráfica Dirección Viento Anual. Fuente:  
Elaboración propia

Como podemos observar el 50% de las ocasiones el viento viene del Sur, pero también tiene un porcentaje a tener en cuenta en otras direcciones, como Sudoeste. Por tanto ya tenemos la orientación de los aerogeneradores si se instalaran en un parque.

### 2.3.3.2. Distribución de las velocidades del Viento

Es otra de las variables más importantes juntamente con la dirección del viento para asegurar una producción alta de energía eléctrica, pues cuanto más viento, más empuje tendrá en las palas. Como veremos en las conclusiones, conjuntamente con la cantidad de aire, afectaría la forma en que éste incide en las palas.

### 2.3.3.3. Velocidad Media Mensual

Una vez que tenemos todos los datos de las velocidades medias de viento en la zona, se puede hacer un diagrama de velocidades para saber cuál es la dirección con más velocidad de viento. Nosotros hemos considerado dos formas de interpretarlo: la primera la velocidad media por cada mes y la velocidad media en función de la dirección.

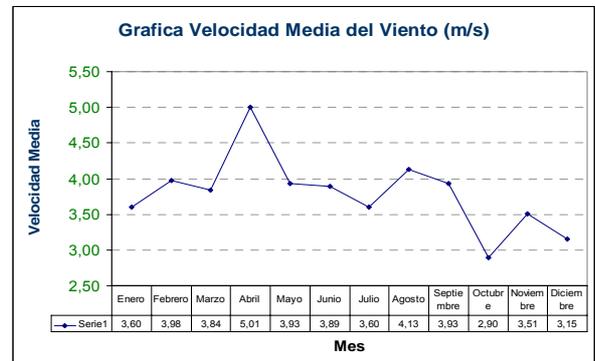
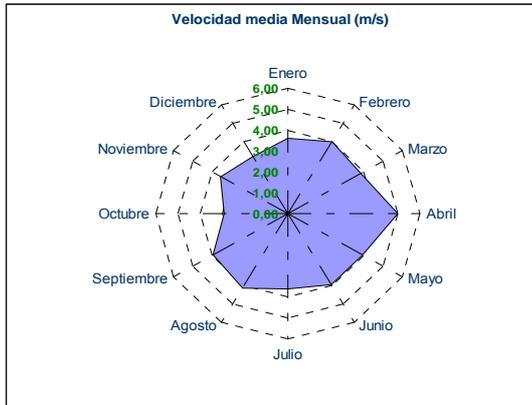


Ilustración 25. Gráficas Velocidad Media Viento Anual. Fuente: Elaboración propia

En vistas los presentes diagramas se puede decir que durante todo el año existe un recurso eólico suficiente, sobre todo en los meses de primavera.

#### 2.3.3.4. Frecuencia de Velocidades Acumulada y Acumulada Complementaria

Una vez conocida la dirección del viento más usual y asegurarnos que la velocidad del viento supera los 6 m/s (a 10 metros de altura) durante todo el año, para tener una productividad alta, utilizando la estadística podemos obtener la cantidad de horas que sopla el viento en esta zona.

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Marca de categoría Velocidades (m/s)	Horas Anuales (h/año)	Frecuencia Relativa Horas (%)	Frecuencia Acumulada Horas (%)	Frecuencia Acumulada Complementaria Horas (%)	Horas Anuales Acumuladas
0	2328,0	26,58%	26,58%	73,42%	6432
1	1364,2	15,57%	42,15%	57,85%	5068
2	973,7	11,12%	53,26%	46,74%	4094
3	803,3	9,17%	62,43%	37,57%	3291
4	743,9	8,49%	70,93%	29,07%	2547
5	701,1	8,00%	78,93%	21,07%	1846
6	655,8	7,49%	86,41%	13,59%	1190
7	505,6	5,77%	92,19%	7,81%	684
8	344,6	3,93%	96,12%	3,88%	340
9	210,6	2,40%	98,52%	1,48%	129
10	83,4	0,95%	99,48%	0,52%	46
11	28,1	0,32%	99,80%	0,20%	18
12	11,5	0,13%	99,93%	0,07%	6
13	6,3	0,07%	100,00%	0,00%	0
14	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
15	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
16	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
17	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
18	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
19	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
20	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
21	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
22	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
23	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
24	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
25	0,0	0,00%	100,00%	0,00%	0
<b>Total</b>	<b>8760,0</b>				

Ilustración 26. Tabla de Velocidades y Horas de viento. Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla, se ha confeccionado, sumando para cada velocidad, las horas totales de cada mes. El rango de velocidades es de 0 a 25 m/s. Como es de esperar, a velocidades bajas es cuando existen más horas de viento y por lo tanto existe más potencial eólico para su posterior producción. El siguiente paso será saber esta producción y compararlo con la curva de potencia del aerogenerador [consultar apartado 5].

A nivel complementario, en esta tabla para una velocidad de 6 m/s tenemos un total de horas acumuladas anuales de 1.792 horas, en el caso que se fuera a instalar un parque eólico de grandes dimensiones la rentabilidad sería cuestionable, pues el ratio aproximado para que se considere viable son 2.200 horas equivalentes al año.

### 2.3.3.5. Duración de Velocidad Anual

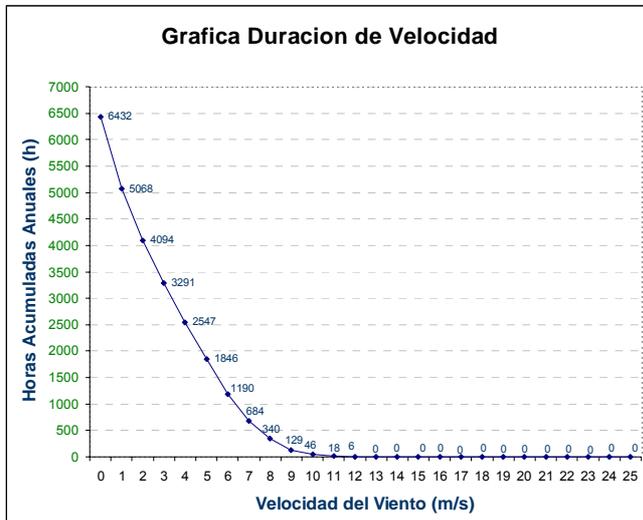


Ilustración 27. Gráfica Velocidad Media en función de la cantidad de horas. Fuente: Elaboración propia

Una vez disponemos del diagrama de direcciones de viento y diagrama de velocidades mensuales, por ultimo quedaría por determinar la cantidad de horas que sopla el viento en función de una velocidad concreta o un rango de velocidad.

Esto nos servirá para poder aproximar la energía generada, la productividad del aerogenerador y valorar la rentabilidad.

Con las horas de viento podremos saber la energía total que podrá generar el aerogenerador y cuanto tiempo podrá amortizar el coste de la instalación.

# **PARTE II. ARQUITECTURA BIOCLIMATICA Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES**

## 3. Arquitectura bioclimática de la i-Naturhouse

Los cinco pilares que se han considerado básicos para lograr un significativo ahorro energético son:

- **3.1. Arquitectura solar pasiva**- Aprovechamos al máximo la energía proveniente del Sol que llega de manera directa al interior de la caseta por medio de los ventanales y paredes. Se han cuidado aspectos como la orientación del edificio (hecho que vendrá relacionado con la distribución de las instalaciones de energía renovable) y los materiales empleados. Otros aspectos que deberán tenerse en cuenta será la geografía y morfología del edificio donde acabe ubicándose la caseta. (OBS: Este apartado se complementará con el apartado 4.5. *Estructura y Diseño*)

### 3.1.1. Orientación del edificio

### 3.1.2. Morfología del edificio

### 3.1.3. Disposición adecuada sobre el terreno

- **3.2. Materiales. (Visión particular del aislamiento de las paredes y tejado).** Utilizando materiales adecuados (biodegradables y constructivamente eficientes) se pretende lograr que las pérdidas de calor a través de las cuatro paredes y tejado que conforman la estructura sean mínimas. Evitaremos que el calor ganado por medio de la energía solar pasiva (o el generado por la energía solar térmica o microgeneración) y que queda retenido en el interior, no se pierda. El clima interior de la ciudad (Lleida) ubicación que hemos escogido para la implantación del primer prototipo de i-Naturhouse, ha propiciado que nos hayamos decidido por una solución final de compromiso entre el aislamiento y ventilación. Destacar que, los materiales utilizados no tendrán que provenir todos de la zona de Lleida, pues la idea será que este tipo de casetas sean modulares y se puedan construir en serie, partiendo como base del prototipo destacado en el proyecto y contemplando la posibilidad de realizar diferentes modelos.

- **3.3 Confort y cerramientos**

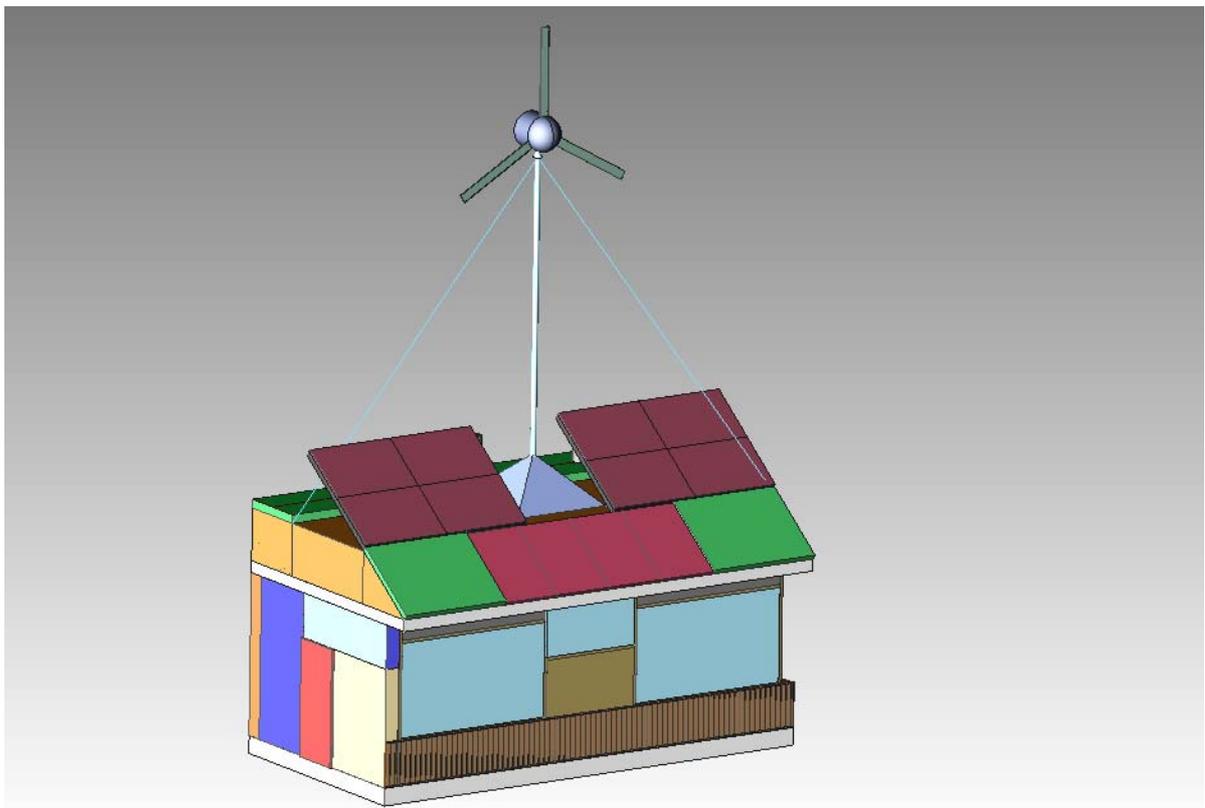
- **3.4. Iluminación**

- **3.5. Diseño**

Se ha diseñado una estancia con un único ambiente de trabajo (más un WC y un local técnico con tabiquería independiente). La distribución del mobiliario será aquella que permita aprovechar la radiación solar directa en los meses de invierno. El local técnico y el WC se situaran en un extremo (cara norte) de la i-Naturhouse. En el conjunto de la caseta existirá un total de 5 ventanas practicables, así como registros de ventilación situados en la parte baja y alta. La instalación de chimeneas solares facilitará el flujo natural de aire y una temperatura más uniforme en los meses de excesivo calor.

**3.5.1. Modelizado.**

**3.5.2. Diseño y cotas.**



Dibujo 2. i-Naturhouse. [Fuente: propia]

### 3.1. Arquitectura solar pasiva

#### 3.1.1. Orientación del edificio

Para lograr un óptimo aprovechamiento del Sol, y debido al hecho de la implantación de nuestra caseta en el hemisferio norte (por encima de trópico de cáncer) orientaremos la fachada principal hacia el sur. Por ello, hemos diseñado la caseta con amplios ventanales en su disposición sur. Para la fachada orientada hacia el norte hemos adoptado una solución híbrida entre ventanales y material aislante, que permitirá retener el calor durante la fría época invernal y facilitará la ventilación y refrescará el interior en los meses estivales.

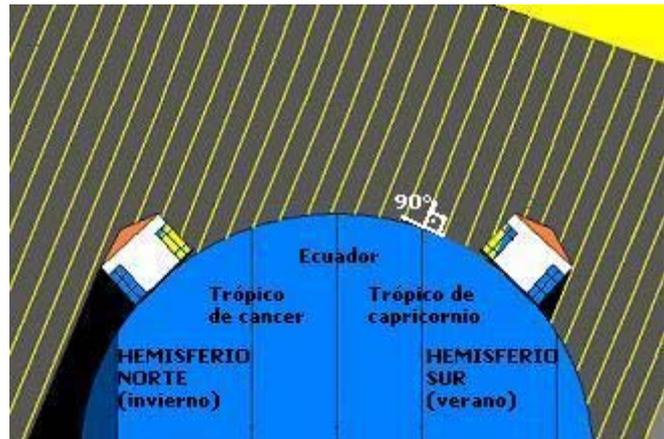


Ilustración 11. Proyección de la sombra del edificio en los meses invernales (época crítica por el frío y temperaturas negativas de Lleida). Fuente: <http://www.sitiosolar.com>

#### 3.1.2. Morfología del edificio.

Se ha proyectado la instalación de un alerón en la vertiente sur de la caseta (50 cm de anchura). En invierno, que será la época cuando más se precisará de la radiación solar directa a través de los ventanales, la cornisa no afectará a la proyección de los rayos. En verano, la cubierta, juntamente con el alerón evitará el recalentamiento de la pared sur y del conjunto de la caseta.

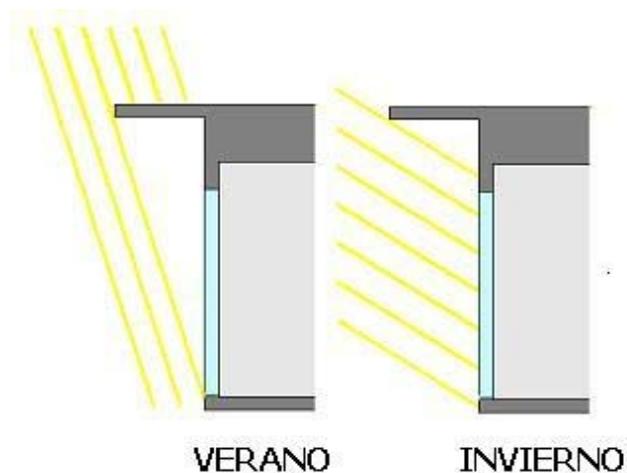


Ilustración 12. Efecto de una cornisa en la incidencia de los rayos solares en las épocas de invierno y verano. Fuente: <http://www.sitiosolar.com>

### 3.1.3. Disposición adecuada sobre el terreno.

La disposición de la casa sobre el terreno será un factor clave. Hemos escogido una localización conocida y de fácil acceso en la capital de Lleida (frente la Lonja, recientemente inaugurada), en función de varios factores (respeto a la arquitectura paisajística, fácil localización por parte de los visitantes de la ciudad y que disponga de servicios de transporte). Sin embargo, mencionaremos que bajo otras circunstancias podríamos haber aprovechado las condiciones ambientales del interior de la i-Naturhouse en función de la morfología del terreno donde implantáramos nuestra caseta (situación de edificios con cierta envergadura, o accidentes geográficos naturales...etc.). En áreas más frías o más típicas de montaña sería factible enterrar parte de estructura para aprovechar las temperaturas más constantes del subsuelo. En zonas especialmente cálidas, puede resultar conveniente situar la caseta en espacios donde aseguremos la canalización de corrientes de viento.



Ilustración 13. Recinto para la ubicación de la i-Naturhouse (junto la Lonja de Lleida)

## **3.2. Materiales utilizados**

### **3.2.1. Introducción**

Para la construcción de la caseta se han utilizado materiales respetuosos con el medio ambiente y la población humana, biodegradables y solidarios con el entorno (vidrio, madera FSC, polietilenos que provienen de la industria del reciclado, cubierta orgánica...etc.)

La totalidad de las paredes y cubierta estará convenientemente aislada con tarimado de madera, insuflación de celulosa y/o mantas de fibra de madera, así evitaremos que el calor ganado durante las horas solares se pierda o que las temperaturas excesivas exteriores incidan negativamente en el confort de la caseta.

El 60% del conjunto de la superficie de las cuatro paredes que conformaran la caseta estarán contruidos con vidrio (captación solar directa). El vidrio es un material altamente sostenible, ya que permite su elaboración y reelaboración de forma reiterada, lo que lo convierte en un material que puede reciclarse por completo, con el empleo de poca energía y recursos.

Para todas las caras se utilizará vidrios con doble acristalamiento y baja emisividad<sup>2</sup>, pues refuerza el aislamiento térmico del vidrio evitando mayores pérdidas de energía entre el interior y el exterior. Aunque el vidrio simple se podría haber utilizado en la vertiente sur (las ganancias por radiación directa pueden superiores a las pérdidas por aislamiento), el hecho que utilicemos calefacción por suelo radiante, así como el establecer unos requisitos mínimos de seguridad (interior y exterior), harán que nos decantemos únicamente por un único tipo de vidrio. El doble vidrio hermético es un componente prefabricado compuesto por dos vidrios separados entre sí y un espacio de aire seco, herméticamente cerrado al paso de la humedad y al vapor de agua. Sus principales ventajas son: evitar tanto las condensaciones en el interior como el efecto de “la pared fría” así como un elevado aislamiento térmico y acústico.

Los dos grandes marcos de vidrio ubicados en la pared sur, así como la ventana practicable situada en la parte superior del mostrador, permiten la entrada directa de los rayos solares que calentarán las paredes interiores. La contribución a la iluminación pasiva también será un hecho relevante en la funcionalidad del vidrio.

---

<sup>2</sup> Vidrio de baja emisividad: son vidrios en cuya superficie se aplica una capa de metal de millonésimas de milímetro que les confiere propiedades *de baja emisión*

No utilizaremos sistemas de acumulación de calor. Aunque una opción hubiera sido construir un muro invernadero para la vertiente sur que actuará como acumulador térmico, liberando el calor que se almacenara durante el día cuando la temperatura del aire del interior bajaría, se ha considerado que la acumulación de agua caliente (solar térmica) y su gran inercia térmica, juntamente con el sistema de auxiliar de microgeneración (hemos incluido resistencias eléctricas de apoyo que pueden funcionar por la noche con la energía acumulada en las baterías, de tal modo que se mantenga un mínimo de temperatura) será suficiente para satisfacer toda la demanda térmica en la época invernal.

Toda la madera utilizada en la construcción de la caseta tendrá la certificación FSC<sup>3</sup> (Forest Stewardship Council). Esta certificación se basa en una lista de principios que acreditan que los productos madereros han sido extraídos y elaborados con criterios ecológicos, sostenibles y socialmente justos. La solicitud por parte de los gestores forestales es voluntaria. A la vez, las empresas dedicadas a la transformación, fabricación y distribución de la madera tienen el certificado en la denominada “cadena de custodia”<sup>4</sup>. Por consiguiente la madera utilizada en varias partes de la caseta dispondrá del logotipo FSC, un número de registro y información sobre su procedencia.



Ilustración 14. Logo de la certificación FSC.

Para el cálculo final de los costes de la caseta se ha tenido en cuenta que la adquisición de esta madera, supondrá del orden del 20% más que si la hubiésemos adquirido en un establecimiento habitual, sin embargo, hemos primado la adhesión a la concienciación ecológica y el factor de la utilización de productos sostenibles y solidarios con nuestro entorno al coste puramente económico (dentro unos límites que la hagan viable).

En cuanto a los materiales escogidos para el aislamiento de las paredes se ha optado por la elección de productos renovables, reciclables y de baja energía incorporada (embodied energy<sup>5</sup>), como han sido el vidrio, madera, celulosa, cáñamo y el corcho. Se han evitado en lo máximo productos que pese a sus buenas propiedades aislantes (por bien que en alguna ocasión forman parte de alguna parte de la estructura), pueden resultar cuestionables ambientalmente como sería la lana de roca, lana de vidrio, polietileno extruido o poliuretano).

<sup>3</sup> <http://www.fsc.org/index.html>

<sup>4</sup> <http://www.terra.org/articulos/art01271.htm>

<sup>5</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Embodied\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Embodied_energy)

### 3.2.2. Estructura

Para la base de la estructura y de la cubierta se alzarán vigas a base de madera FSC.

Utilizaremos “traviesas ecológicas” que ya vienen tratadas con productos no nocivos al ser humano. A fin de resistir mejor las inclemencias meteorológicas, se aplicará un proceso de cuperizado<sup>6</sup>.



Ilustración 15. Traviesa ecológica.  
Fuente:

### 3.2.3. Suelo/pavimento interior

El sistema de suelo radiante estará embebido en una fragua de cemento alisado<sup>7</sup> (la terminación del alisado se le dará de forma mecánica o manual). Tendrá un espesor aproximado de 5 cm. El cemento alisado se compone por un agregado grueso (piedra partida), un agregado fino (arena) y el ligante (cemento).

Las principales ventajas en la instalación de este tipo de suelo serán:

- Compatible con la instalación térmica del suelo radiante.
- Económica, moderna y de rápida instalación. No precisaremos de mosaico o gres decorativo.
- Limpieza sencilla (pañó húmedo).
- Está especialmente indicado para suelos comerciales y de alto tránsito.
- Altamente duradero y sin carga de fuego.

<sup>6</sup> El **cuperizado** de la madera consiste en dar una capa de protección orgánica a la madera cuyo producto químico es el **naftenato de cobre**. Tiene un alto poder fungicida en razón del ácido nafténico presente. Se emplea con alta concentración (20 ó 25%) en la solución orgánica. Tiñe la madera de verde, siendo el producto comercial más conocido el **Cuprinol**.

<sup>7</sup> Cemento alisado: [losa](#) de [hormigón](#) armado que se fragua en el momento de la obra y se pigmenta superficialmente con endurecedores no metálicos

Entre el forjado y el pavimento alisado de cemento, y por debajo los tubos de agua caliente, instalaremos un sistema combinado de plancha y rollo de corcho que proporcionará el máximo rendimiento al sistema de calefacción por suelo radiante. El rollo de corcho dispone de una lámina de aluminio, que aparte de su función protectora, evitará que el calor de la i-Naturhouse se disipe por el forjado, dirigiendo todo el calor hacia el interior del habitáculo.



Ilustración 16. Detalle del aislamiento entre forjado de la caseta y la base para el suelo radiante.

### 3.2.4. Paredes

La parte opaca de las cuatro paredes tendrán en común el siguiente conformado tipo “sándwich”, de soporte y material aislante (formado por 5 capas):

1a. - Entramado de madera formada por viguetas.

2a.- Relleno aislante del entramado.

3a.-Tablero de madera OSB 3.

4a.- Aislante térmico de la pared con apariencia homogénea unicapa.

5a.- Sistema especial de revoque (estará formado por un adhesivo, más una malla de refuerzo y una capa final de pintura, el espesor máximo será de 5mm)

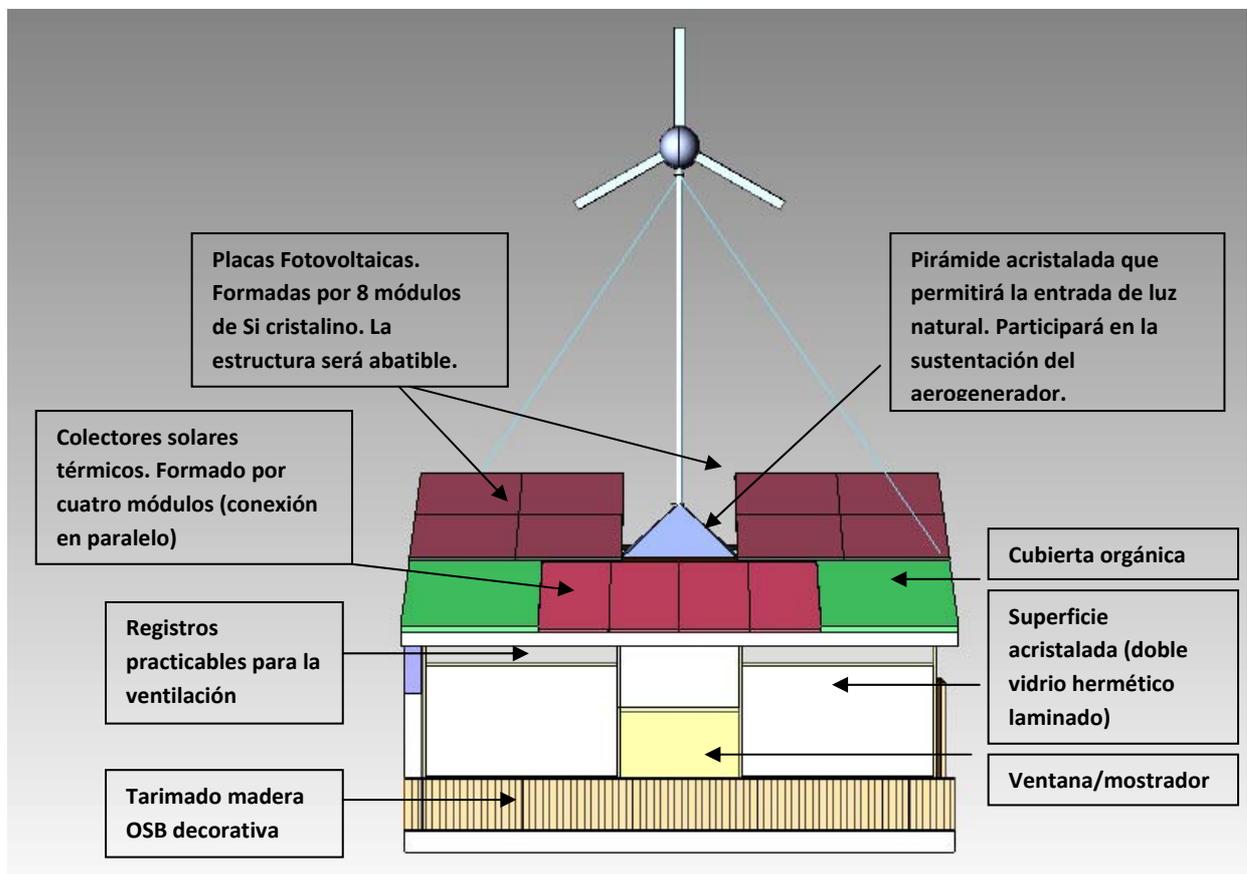
#### Pared Sur:

Aparte de la estructura tipo “sándwich” detallada en el parágrafo anterior, forraremos los primeros 75cm de esta cara con tableros de madera OSB (10 cm de ancho). En el centro de la pared se abrirá un registro en forma de ventanal (protegido por la noche, o cuando no se utilice, por una ventana con cristal hermético doble y una persiana en forma de lamas) para poder atender más ágilmente las consultas de los turistas. A ambos lados del registro

montaremos dos marcos simétricos con doble vidrio hermético. Una ventana practicable se situará por encima del registro.

Entre el alerón de la parte baja de la cubierta, que nos protegerá de la verticalidad de los rayos solares en verano, y los marcos de la superficie acristalada, se situarán unas aberturas registrables que faciliten la ventilación de la i-Naturhouse.

Los ventanales estarán contruidos con vidrio de doble acristalamiento. Uno de los dos vidrios será laminado y antirrobo, pues pretendemos reforzar la seguridad en caso de rotura.



Dibujo 3. Vista perspectiva de la pared sur. [Fuente propia, G7T]

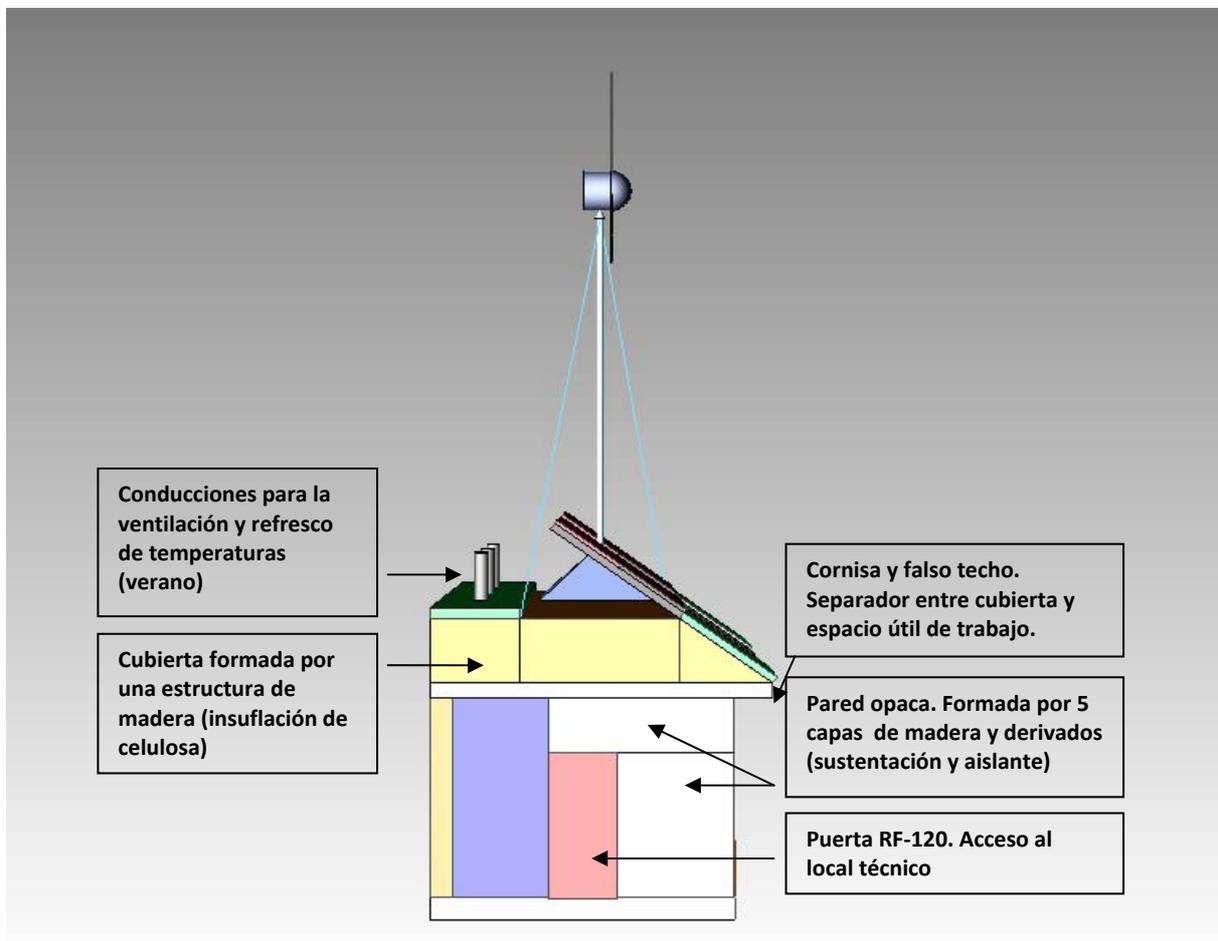
### Pared Norte:

Tres ventanas se distribuirán uniformemente a lo largo de la pared norte. Estarán formadas por vidrio de doble acristalamiento y baja emisividad.

El resto de la pared estará construida con materiales de sustentación (madera y derivados). Por uno de los extremos (lado oeste) lindará con el local técnico así como del lavabo ecológico.

Forraremos la pared con los materiales aislantes definidos al principio de este subapartado. Estos materiales, a parte de su componente sostenible, tienen múltiples propiedades (gran poder de absorción acústico y térmico, no se verán afectados por la condensación de humedades residuales, larga vida de servicio).

### Pared Oeste:



Dibujo 4. Vista perspectiva de la pared oeste de la i-Naturhouse. Acceso al local técnico. [Fuente propia, G7T]

Pared Este:

Al igual que la pared Sur utilizaremos listones de madera OSB 3 (tratamiento anti-humedad) para forrar la pared los primeros 75cm. Rodeando la puerta principal de entrada, habrá una distribución uniforme de 2 marcos de madera con vidrio hermético doble. En la parte superior de la puerta de acceso a la caseta, instalaremos una ventana practicable (permitirá la ventilación y refresco en época estival).

### 3.2.5. Tejado

La construcción de la cubierta se desarrollará en base a un tarimado de madera, excepto en la pirámide, donde se alzaré el mástil para sustentar el aerogenerador y la torreta meteorológica, que será fabricada con doble vidrio hermético con control solar (permitirá la entrada de luz directa, lo que contribuirá en la iluminación pasiva, pero evitaremos el deterioro de la madera interior, al evitar el ingreso del calor exterior en el falso techo)

El tarimado se construirá en base de tableros OSB<sup>8</sup> (Oriented Strand Board) tipo 3 (especial resistencia a la humedad), que disponen de una apariencia atractiva y alta capacidad de carga. El material base para este tipo de tablero será la conífera descortezada. La madera OSB se construye a base de un contrachapado formado por láminas de madera largas y delgadas orientadas en la dirección de la longitud del tablero. Las láminas de la capa interior del tablero se colocan de manera aleatoria o cruzada.



Ilustración 17. Tablero OSB, a base de conífera descortezada.

PROPIEDADES ESPECÍFICAS	NORMA	UNIDAD	ESPEORES en mm		
			6 A 10	>10 Y < 18	18 A 30
Densidad	EN 323	Kg/m <sup>3</sup>	670+/-25	650+/-25	650+/-25
Resistencia Interna	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0.34	0.32	0.30
Módulo de Elasticidad	EN 310	N/mm <sup>2</sup> Mayor N/mm <sup>2</sup> Menor	3500 1400	3500 1400	3500 1400
Resistencia a la Flexión	EN 310	N/mm <sup>2</sup> Mayor N/mm <sup>2</sup> Menor	22 11	20 10	18 9

Ilustración 18. Principales características mecánicas tablero OSB3.



Ilustración 19. Ejemplo de uso del tablero OSB 3 para la construcción de cubiertas.

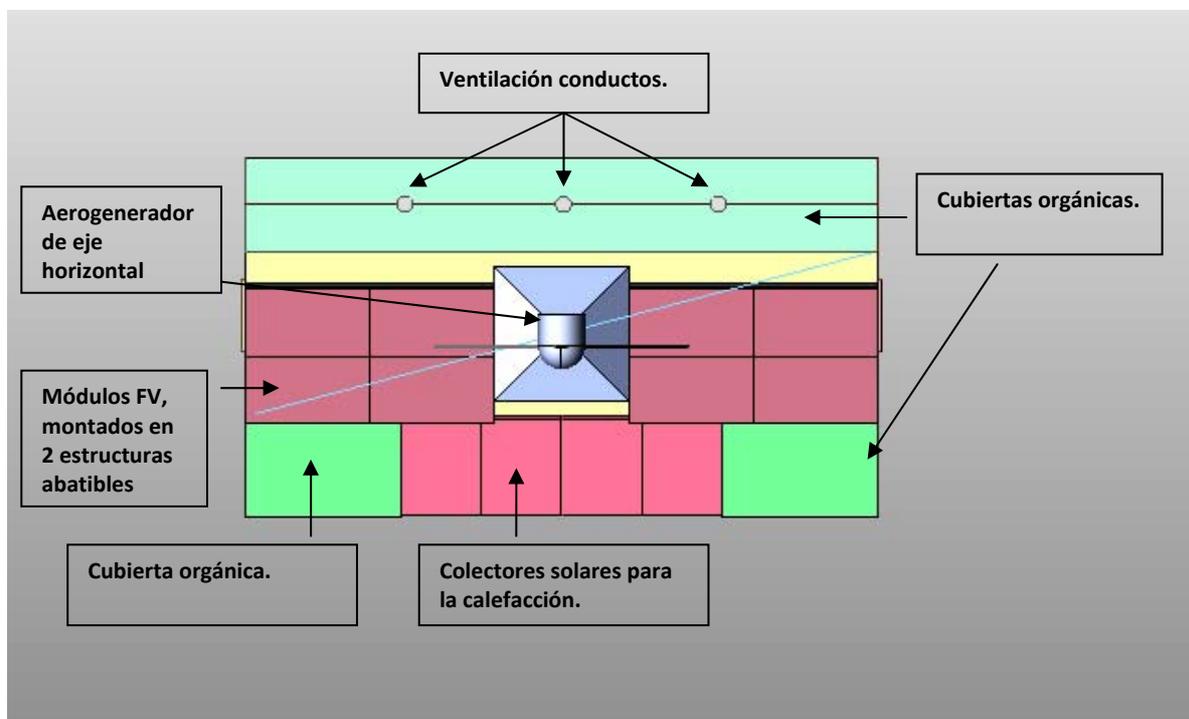
<sup>8</sup> Página web del fabricante de tableros OSB: <http://www.kronospan.es/kronospan/jsp/index.jsp>

La primera capa del aislamiento del tarimado (a base de madera FSC) de la cubierta se realizará a base de una insuflación de celulosa<sup>9</sup>.

Destacar que los residuos de papel utilizados para la fabricación de la celulosa les serán de aplicación algunas sustancias químicas para evitar el moho y protegerla del fuego, sin embargo, su peso específico en la cadena total de producción en cuanto a materiales nocivos, será relativamente bajo. La celulosa tiene muy buenas propiedades aislantes, es ligera y requiere poca energía para su fabricación (embodied energy). Los principales datos para la inyección de celulosa con manguera son: coeficiente  $k$ :  $0,039 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ; Energía incorporada:  $173 \text{ W}\cdot\text{h/kg}$ .



Ilustración 20. Trabajos de aislamiento en cubierta a base de celulosa proyectada. Fuente: <http://www.aisleco.com/index.php?cual=aplica3>



Dibujo 5. Vista superior de la i-Naturhouse. [Fuente propia, G7T]

<sup>9</sup> Video para la fabricación de celulosa: <http://www.aisleco.com/index.php?cual=aplica7>

A continuación, exponemos la fase de desarrollo de una cubierta orgánica en determinadas áreas del tejado que darán un atractivo especial a la caseta, a parte de su carácter aislante e impermeabilizante.

### 3.2.5.1. Cubierta ecológica

En la parte anterior de la estructura ligera (estructura con 1 grado de libertad, eje E-O) de los módulos Solar Fotovoltaicos, situaremos una lama de techo orgánico de dimensiones 8 mts x 1,2 mts. También utilizaremos este tipo de cubierta en ambos laterales de la superficie inclinada donde se anclaran los paneles térmicos. Debido exclusivamente a condicionantes técnicos, utilizaremos dos tipos de cubiertas: a) cubierta extensiva (parte inclinada orientada al sur de la caseta) b) cubierta semi-intensiva (superficie horizontal, parte posterior de la caseta, justo detrás de los módulos solar fotovoltaicos.)

Formaremos así una cubierta semi-ecológica que tendrá otras funciones: a) mantener fresca la parte de la cubierta que no tendrá una superficie útil de captación (ya sea fotovoltaica o térmica) b) combinar las instalaciones de energía renovable con una estética más verde y viva.

Haciendo un símil con la morfología de una capa vegetal y la roca, se muestra a continuación un dibujo ilustrativo de las partes que conforman este tipo de suelo para cubierta:

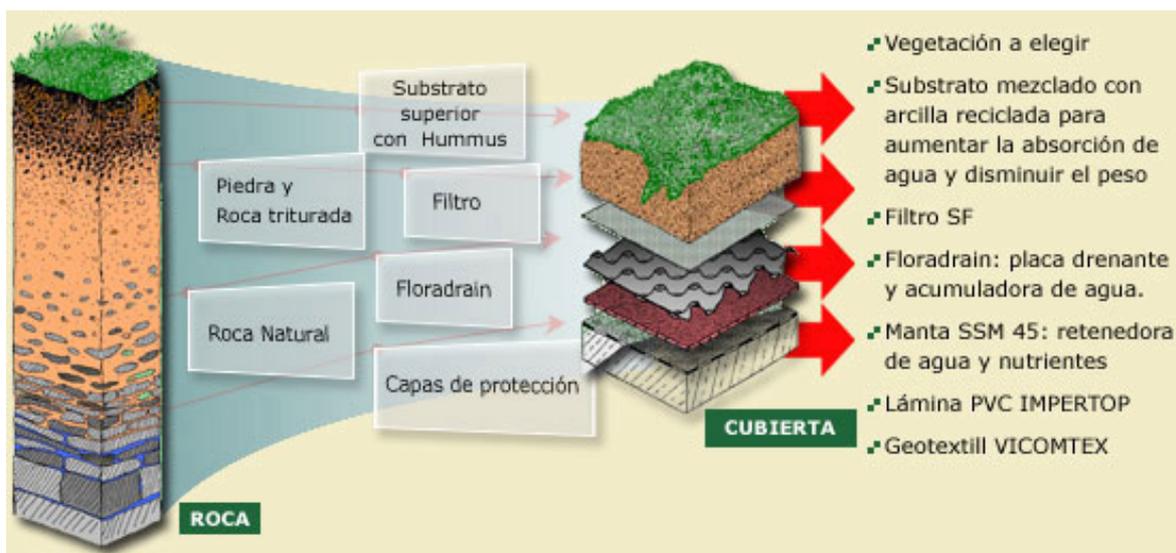


Ilustración 21. Detalle del corte transversal de la cubierta ecológica que instalaríamos en la parte posterior de la caseta (cara norte), así como en los laterales de los paneles solares térmicos, de la cara sur. [Fuente: <http://www.vicom-cubiertasecologicas.com/>]

El agua filtrará de la capa orgánica superior hacia la cavidad inferior, donde se empapará la manta retenedora. Siguiendo un ciclo natural el agua se evaporará, humidificando y oxigenado el substrato mezclado con arcilla reciclada.<sup>10</sup>

Como ventajas al uso de este tipo de cubierta destacaríamos:

- Así como el resto de partes de la i-Naturhouse los componentes serán altamente reciclables.
- Reducción de la temperatura que alcanzaría la cubierta en verano, incluso disminuyendo el polvo del aire de su entorno físico.
- Aislamiento natural muy efectivo.
- Ligera atenuación acústica del entorno (trafico).
- Atractivo estético para los transeúntes y turistas.

Diferenciaremos por lo tanto en dos tipos de superficies en función de su inclinación.

Cubierta extensiva:

El material que formará la manta estará formado por una capa Floradrain FD25<sup>11</sup>. El material de polietileno utilizado proviene del reciclado, su instalación es sencilla y el peso es bajo (peso máximo en saturación de 100 kg/m<sup>2</sup>). Es necesario no cargar innecesariamente la cubierta donde se instalaran los paneles térmicos, pues es la parte de la cubierta mas cargada. Otro de los motivos por no utilizar el mismo tipo de cubierta en toda la caseta es la inclinación mínima del 3% que exige en fabricante para esta subclase de cubierta.

Cubierta semi-intensiva:

A diferencia de la cubierta extensiva, ésta estará formada por una capa de drenaje y retención Floradain FD 40 (de 4 cm de espesor). Su peso es también bajo si lo

---

<sup>10</sup> Obs: Ver la animación en el siguiente link: <http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas2.html>

<sup>11</sup> <http://www.vicom-cubiertasecologicas.com/>

comparamos con otros sistemas tradicionales (únicamente grava, panel,...etc.) 170 kg/m<sup>2</sup>. Para este tipo de superficie no hay limitación en cuanto a su inclinación, por consiguiente, se estirará en la parte de la cubierta totalmente horizontal (anterior a las pacas FV).

Este tipo de cubierta, a diferencia de la simple o extensiva, si es transitable, condicionante necesario para realizar los trabajos de mantenimiento en el tejado.

### 3.2.5.2. Registro practicable

Utilizaremos una caja registrable modelo KS8 ZinCo, fabricada con acero galvanizado resistente a la corrosión (peso 3kg, dimensiones Largo: 50cm x Ancho: 50cm x Alto: 8cm). Su función consistirá en permitir el acceso al tejado para el mantenimiento y limpieza de las placas, así como la comprobación periódica de los elementos que conforman la estación meteorológica. El acceso tendrá lugar desde el interior de la caseta por su vertiente oeste (lado más cercano al local técnico)

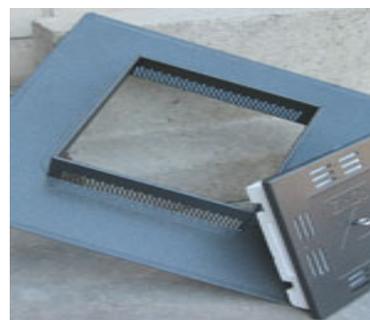


Ilustración 22. Tapa de registro para el tejado. Fuente: <http://www.vicom-cubiertasecologicas.com/>

### 3.2.5.3. Chimenea solar

La definiremos como una chimenea de eje vertical que servirá para la ventilación natural del recinto donde se instale, utilizando la convección del aire que es calentado por la energía solar pasiva. Las principales ventajas de la incorporación de este tipo de construcción son

- Aumentar la ventilación natural con la consiguiente mejora de la calidad del aire de la i-Naturhouse.
- Reducir la dependencia de viento

Las 3 chimeneas solares que se instalaran en la cubierta de la i-Naturhouse tendrán una tapa en su interior que se abrirá o cerrará según las necesidades. En verano se abrirán de manera que por convección natural suba el aire. En invierno se mantendrán cerradas. Será la puerta principal y los registros practicables en los ventanales de las paredes norte y sur las que permitirán una correcta aireación del local durante los meses más fríos.

### 3.3. Confort y Cerramientos

El confort dentro de la i-Naturhouse, se establece en torno a los 21 °C y un 10% de humedad relativa en invierno y en torno a los 25 °C y un 15% de humedad relativa en verano.

Dentro de la estrategia para minimizar el consumo energético de la i-Naturhouse, destacan tres pilares básicos:

- Minimización de la demanda
- Incorporación de sistemas eficientes
- Autogeneración de energía mediante recursos renovables.

Los cerramientos juegan un papel determinante en la minimización de la demanda de la i-Naturhouse. Concretamente realizan una doble aportación, mantienen estables las condiciones de confort del interior impidiendo el flujo de calor entre el interior y el exterior, y también permiten el control de las infiltraciones.

Cabe destacar que el 50% de la demanda térmica de una edificación es fruto de las infiltraciones, por lo tanto es importante centrar los esfuerzos en lograr un correcto aislamiento del exterior y un control eficaz de las infiltraciones.

La aportación de los cerramientos al confort de la vivienda se cuantifica en base a la UA de la caseta. Parámetro que contempla las dos vertientes de la aportación del cerramiento.

UA= Aislamiento + control infiltraciones =  $K_g \cdot A_g + m \cdot \rho \cdot c_p$  [W/k]

#### 3.3.1. Cálculo de la UA: Coeficiente global de pérdidas de la i-Naturhouse.

##### Conductividades de los cerramientos

A continuación se muestra el cálculo de las conductividades globales de las superficies opacas de las fachadas, los cerramientos acristalados, la cubierta y la solera. Cabe destacar que parte de la cubierta es ajardinada y por lo tanto se ha tratado de modo independiente. La parte de la cubierta que no está ajardinada se ha asimilado a la fachada.

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Fachada y cubierta	Esesor	Resistencia térmica	Conductividad
	m	m <sup>2</sup> K/W	(W/m <sup>2</sup> ·k)
Aire exterior	N/A	0,11	9,09
Madera	0,2	2,50	0,08
Aislante de celulosa	0,001	0,04	0,026
Aire interior	N/A	0,06	16,66
Resistencia global	2,71	m <sup>2</sup> K/W	
K global	0,37	(W/m <sup>2</sup> ·k)	

Cubierta ajardinada	Esesor	Resistencia térmica	Conductividad
	m	m <sup>2</sup> K/W	(W/m <sup>2</sup> ·k)
Madera	0,2	2,50	0,08
cámara de aire	0,1	10,00	0,01
Pavimento	0,15	0,31	0,49
Capa de tierra	0,2	0,67	0,3
Aire exterior	N/A	0,11	9,09
Resistencia global	13,58	m <sup>2</sup> K/W	
K global	0,07	(W/m <sup>2</sup> ·k)	

Solera	Esesor	Resistencia térmica	Conductividad
	m	m <sup>2</sup> K/W	(W/m <sup>2</sup> ·k)
Cemento	0,25	2,78	0,09
cámara de aire	0,1	10,00	0,01
Pavimento	0,15	0,31	0,49
Aire interior	N/A	0,06	16,67
Resistencia global	13,14	m <sup>2</sup> K/W	
K global	0,08	(W/m <sup>2</sup> ·k)	

### Cálculo de la conductividad global de la i-Naturhouse

Apartado		Tipo	K (W/m <sup>2</sup> °C)	A <sub>neto</sub> (m <sup>2</sup> )	K·A <sub>neto</sub> (W/°C)	Coefficiente Corrector	(W/K)
							$\sum K_e A_e$
e	Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Fachada	0,37	50	18,46	1	50,96066458
		Cristal doble	1,3	25	32,5		
							$0,5\sum K_n A_n$
n	Cerramientos en contacto con otros edificios o locales no calefactados	No existen	0	0	0	0,5	0
							$0,8\sum K_q A_q$
q	Cerramientos de techo o cubierta	semienterrada	0,07	8	0,588980653	0,8	5,197114656
		Cubierta	0,37	16	5,907412667		
							$0,5\sum K_s A_s$
s	Cerramientos de separación con el terreno	Solera	0,08	24	1,92	0,5	0,96

$$A_G = \sum A_i = 125m^2$$

$$K_G = \frac{\sum K_G A_G}{\sum A_i} = 57.117 W / m^2$$

### Cálculo de las pérdidas por infiltraciones:

Volumen total	112	m <sup>3</sup>
Suponemos una renovación hora por infiltraciones		
Infiltraciones(m)	0,03	m <sup>3</sup> /s
C <sub>p</sub> aire (cp)	1,2	KJ/Kg ·k
Densidad ( $\rho$ )	1,00	kg/m <sup>3</sup>

$$Pérdidas por infiltraciones = m \cdot \rho \cdot cp = 36 W/k$$

### Cálculo de la UA de la i-Naturhouse

Mediante la K<sub>G</sub>, la A<sub>G</sub> y las pérdidas por infiltraciones obtenidas anteriormente, podemos determinar un UA de 93,91 W/k.

$$K_G = \frac{\sum K_G A_G}{\sum A_i} = 57.117 W / m^2$$
$$A_G = \sum A_i = 125 m^2$$

$$Pérdidas por infiltraciones = m \cdot \rho \cdot cp = 36 W/k$$

$$UA = \text{Aislamiento} + \text{control infiltraciones} = K_g \cdot A_g + m \cdot \rho \cdot cp = 93.91 [W/k]$$

### **3.4. Iluminación**

A continuación se desarrollan los criterios, requerimientos y objetivos de la iluminación de la i-Naturhouse; desde su planteamiento hasta la solución final, con la correspondiente justificación numérica.

#### **3.4.1. Criterios de diseño de la iluminación: máximo confort-mínimo consumo energético**

La premisa en el diseño de la iluminación de la caseta es la búsqueda del máximo confort visual con el mínimo consumo energético.

El máximo confort visual, se consigue mediante una intensidad lumínica y una uniformidad adecuadas.

- **Intensidad lumínica.**

Se establece una intensidad lumínica por unidad de superficie del orden de 500 lux/m<sup>2</sup> (es la recomendada para las actividades propias de una oficina) a una altura de 0,8 metros respecto el suelo (altura que correspondería al plano de trabajo). De este modo, se garantiza el confort visual al no tener que forzar a la vista para trabajar en condiciones de iluminación inadecuada.

- **Uniformidad:**

La uniformidad es un parámetro que nos permite controlar que no existan diferencias sustanciales en la intensidad lumínica de dos zonas próximas. De este modo se evitan los efectos de posibles deslumbramientos. Concretamente se ha definido para el conjunto de estancias un valor del 80%, es decir: que la variación máxima de un punto cualquiera no puede diferir en más de un 20% del valor promedio.

#### **3.4.2. Compatibilidad entre iluminación natural e iluminación artificial**

Una vez definidos los parámetros de máximo confort para el uso de la i-Naturhouse, cabe definir la fuente de la energía lumínica necesaria. Por defecto y de acuerdo con la premisa del mínimo consumo de energía, la i-Naturhouse se basa en la potenciación de la iluminación natural. Cabe destacar que la utilización de iluminación natural, también supone una sobrecarga de origen térmico para la caseta, ya que la entrada de radiación solar no sólo

supone una entrada de radiación visible (luz) sino también de una elevada entrada de radiación fuera del espectro del visible.

La entrada de radiación de origen solar fuera del espectro visible, se ha minimizado utilizando sistemas de iluminación indirecta e incorporando sistemas de filtrado de la radiación infrarroja en los cristales que conforman los cerramientos.

El mínimo consumo de energía se ha logrado aprovechando al máximo la compatibilidad entre la iluminación artificial y la iluminación natural. En este sentido se instalan en las distintas estancias de la i-Naturhouse, fotocélulas que permiten regular la intensidad de la iluminación artificial de modo que complemente a la iluminación natural, hasta llegar a los 500 lux/m<sup>2</sup> y a una uniformidad del 80%.

### **3.4.3. Gestión de la iluminación artificial**

Un mínimo consumo energético de la iluminación, no sólo depende de la optimización del aprovechamiento de la iluminación natural, también depende en gran parte del uso eficiente del alumbrado y del correcto diseño del mismo.

La iluminación de las distintas estancias, se realizará de un modo automatizado mediante sensores de presencia volumétricos. De modo, que en caso de que una estancia este vacía la iluminación artificial será nula, independientemente de la cantidad de iluminación natural existente.

No obstante es interesante destacar, que el dimensionado de la iluminación artificial, permite que la totalidad de la i-Naturhouse pueda ser funcional en condiciones de total ausencia de iluminación natural. Situación posible en las tardes de los meses invernales.

### 3.4.4. Criterios de diseño del sistema de iluminación artificial

A fin de permitir la funcionalidad de la i-Naturhouse en estas condiciones se han definido los siguientes criterios, para minimizar el consumo energético del alumbrado:

1. Implantación de equipos de alta eficiencia.
2. Búsqueda de la iluminación difusa.
3. Selección de luminarias adecuadas para cada aplicación, bien si se trata de puntos de iluminación focales, generales o bien de carácter lineal.

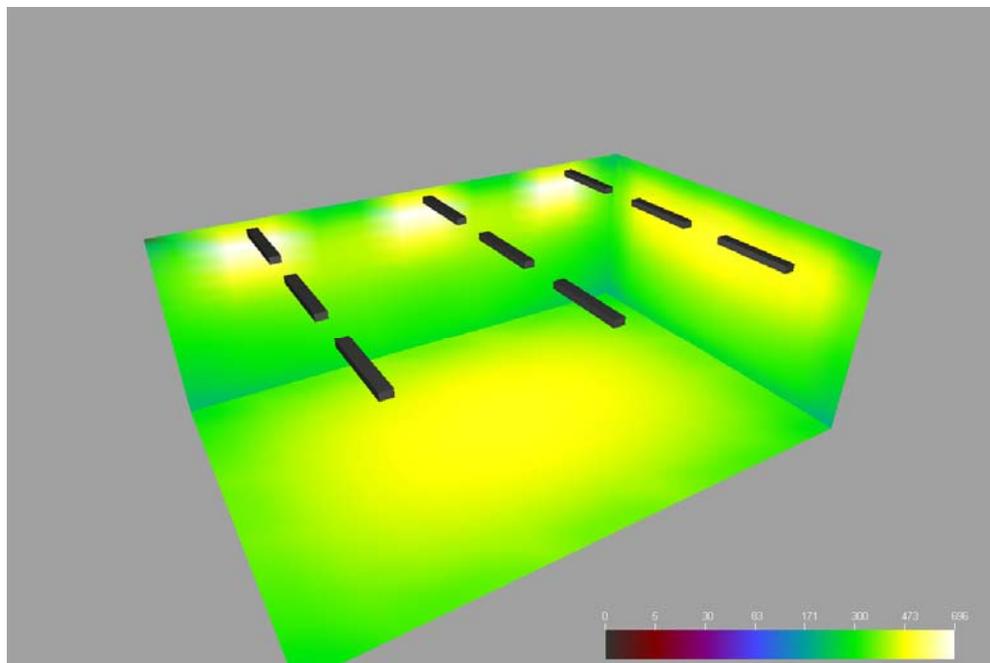
Requerimientos de iluminación	Tipología de luminaria
Punto concreto: plafón, tablero	Down light o bien fluorescente compacta
Iluminación general	Plafones de fluorescentes
Iluminación lineal	Fluorescente lineal

Cabe destacar des de una perspectiva basada únicamente en la máxima eficiencia energética se podrían implantar sistemas de iluminación basados en LED. No obstante, no se han planteado ya que suponen un elevado coste frente a los sistemas planteados, quienes presentan también un excelente rendimiento energético y un coste sensiblemente menor.

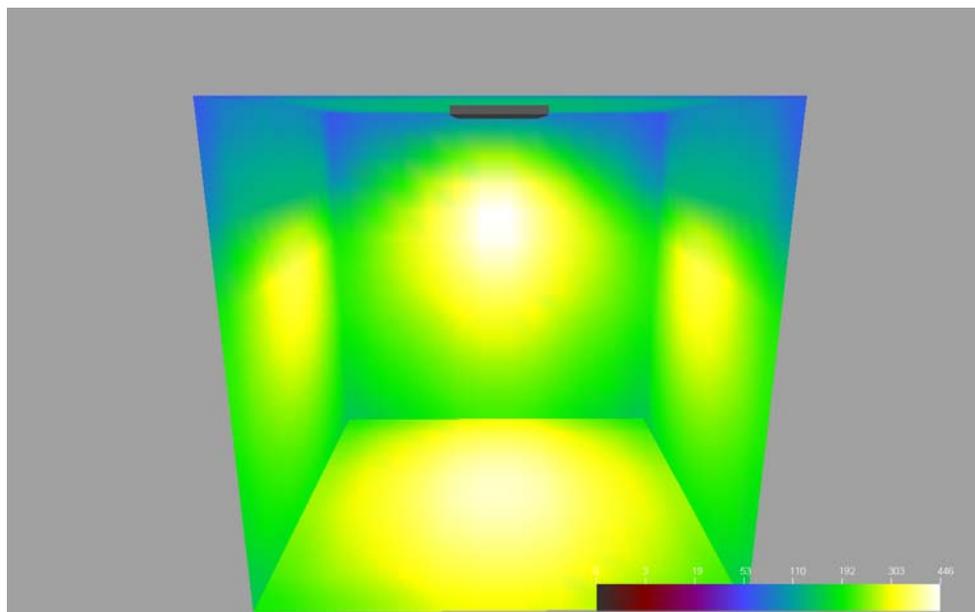
### 3.4.5. Definición del sistema de iluminación artificial

A continuación se muestra la solución para el sistema de iluminación artificial.

Zona a iluminar	Tipología de luminaria	Requerimiento lumínico [lux]
Zona de atención al público	Lámparas de fluorescencia lineales de alta eficiencia, con reactancia electrónica. FLP 2x36 W (Fabricante: IEP).	400-500
Zona de trabajo interior	Lámpara de fluorescencia lineal de alta eficiencia, con reactancia electrónica. FLP 3x36W (Fabricante: IEP).	400-500
Baño interior	Downlight 1x 36W. (Fabricante:IEP)	400-500
Sala Técnica	Lámparas de fluorescencia lineales de alta eficiencia. FLP 2 x 36 W. (Fabricante:IEP)	300-400



Distribución y cálculo del nivel lumínico con una uniformidad del 80% para la zona de atención al público.  
Fuente: Elaboración propia, mediante programa IEPlux proporcionado por el Fabricante IEP.



Distribución y cálculo del nivel lumínico con una uniformidad del 80% para la zona de trabajo interior.  
Fuente: Elaboración propia, mediante programa IEPlux proporcionado por el Fabricante IEP.

Para la simulación de la iluminación se ha supuesto el caso más restrictivo desde un punto de vista energético y también desde el punto de vista del confort visual, que es en ausencia de iluminación natural.

De este modo, mediante la simulación de la instalación de iluminación artificial se observa que la i-Naturhouse presenta un comportamiento lumínico correcto a efectos de confort visual.

### **3.5. Diseño**

Teniendo en cuenta todos los aspectos bioclimáticos mencionados en los apartados anteriores, así como la idoneidad y complementariedad de las posibles energías renovables detalladas en el apartado 2 del presente proyecto, que harán viable la construcción de la i-Naturhouse, hemos confeccionado una estructura con una ubicación muy definida de las instalaciones de energía renovable.

Varios han sido los diseños creados y evaluados en una fase inicial a fin de hacer una distribución homogénea y coherente de las tecnologías de producción de energía. *[Ver anexo 2]*

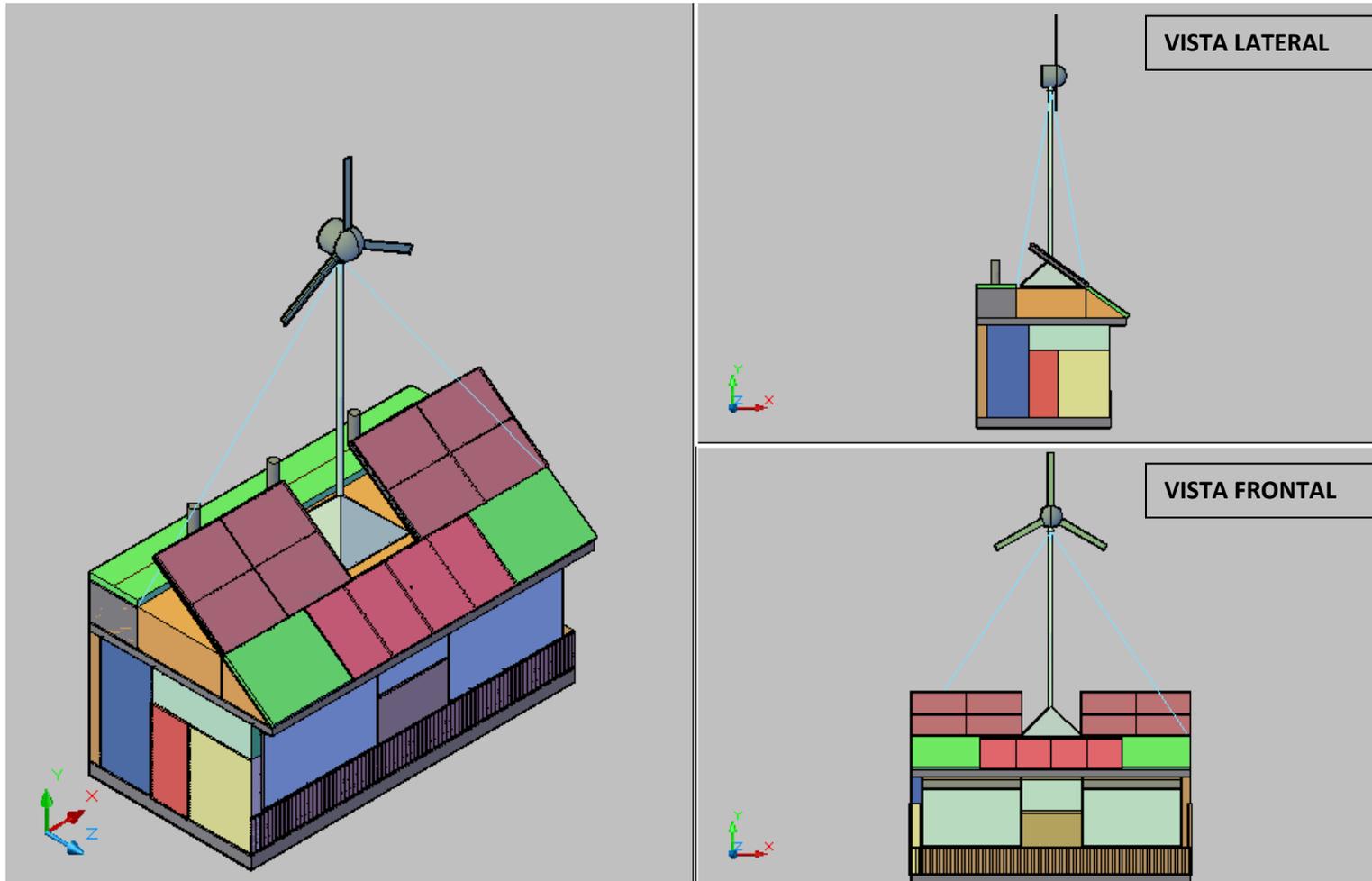
Después de varios bocetos, a través de los cuales hemos plasmado gráficamente la distribución de las energías finales implantadas (solar fotovoltaica, solar térmica, energía eólica y microgeneración), hemos diseñado una estructura con una cubierta a una sola agua pero diversos grados de inclinación (en función de los captadores solares térmicos, estructura con un grado de libertad para los ocho módulos FV, y recubrimiento con suelo orgánico en determinadas áreas de la cubierta).

Destacar que la doble estructura que sustenta los paneles fotovoltaicos se orienta en función de la hora del día para optimizar la radiación solar incidente (durante la noche o en ausencia de radiación solar permanecerá en un plano horizontal).

Aun en fase de estudio e innovación, se adjuntan dibujos del diseño actual que tendría la caseta de información turística. En el primero se observa una vista en perspectiva, vista lateral (pared oeste) y frontal (pared sur). En el segundo dibujo se describen las cotas de la estructura y de los principales elementos de generación de energía renovable incorporados.

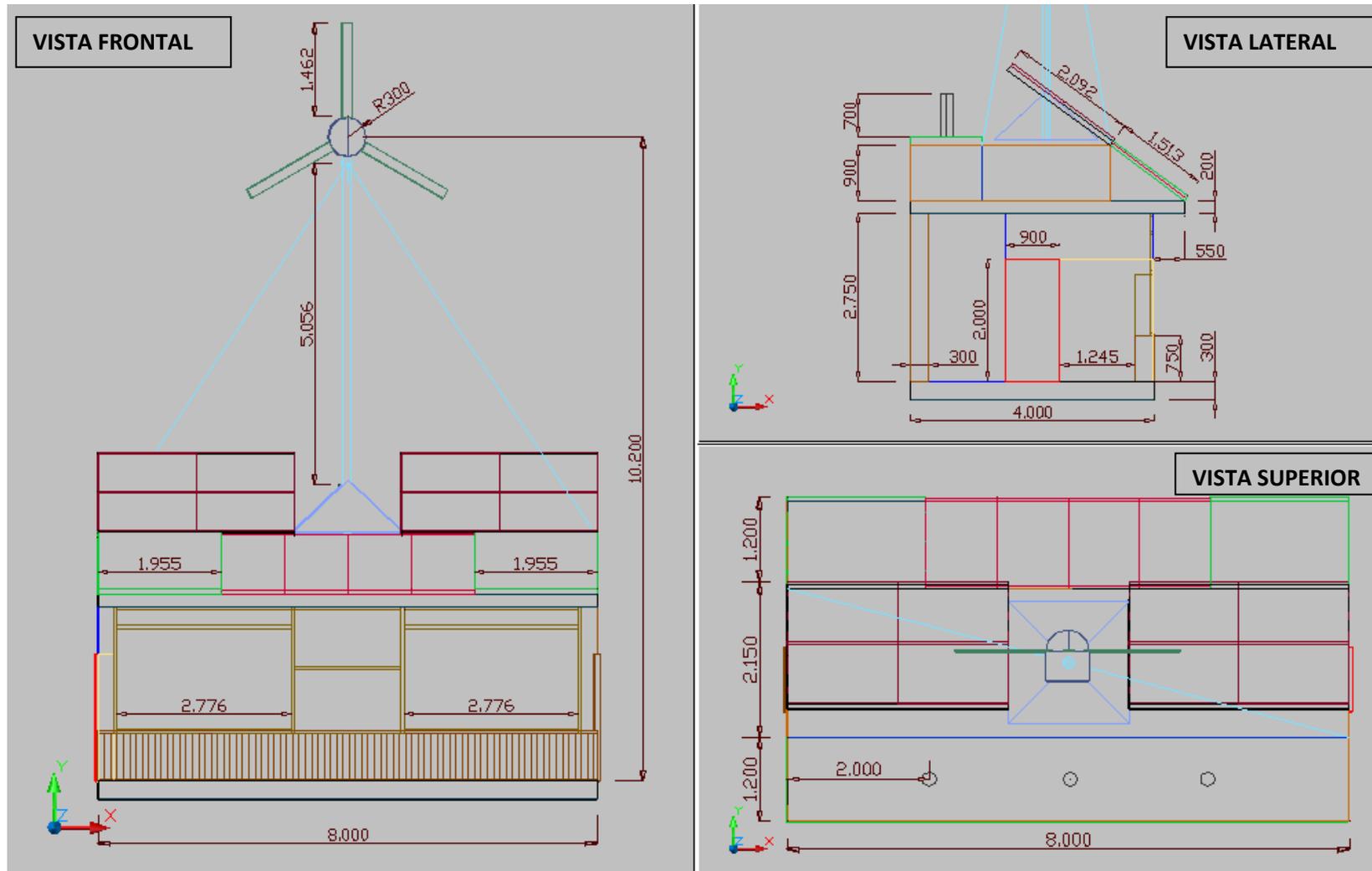
### 3.5.1. Modelizado

Funcionamiento día: Tejado FV Inclinado



Dibujo 6. Vista en perspectiva, frontal y lateral de la i-Naturhouse. [Fuente propia, G7T]

### 3.5.2. Cotas



Dibujo 7. Dimensiones de la i-Naturhouse. [Fuente propia, G7T]

## 4. Energía solar térmica

### 4.1. Cálculo de la demanda energética

Las necesidades térmicas (calefacción) de la i-Naturhouse se corresponderán con la demanda energética calorífica en los meses invernales<sup>12</sup> y vendrán en función de las características particulares de construcción la caseta y de sus dimensiones (superficies y volúmenes, ver apartado 2.5.2)

Para el cálculo de las necesidades térmicas se ha utilizado el método de los grados días en base 15<sup>13</sup>. La temperatura base escogida no coincidirá con la temperatura de confort, ya que hay aportaciones de calor de elementos no relacionadas con el sistema de calefacción solar térmico, como el calor generado por las personas que trabajen en el punto de información turístico, el calor desprendido por la iluminación artificial y electrodomésticos varios, así como la captación solar directa a través de la superficie acristalada y estructura de la caseta.

El gasto energético mensual se ha calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{mes} = UA \cdot (GD_{mes} \cdot u) \cdot (3.600 \cdot 24 \cdot i)$$

Siendo:

- UA= Coeficiente global de pérdidas de la caseta [W/°C].
- Gd<sub>mes</sub>= Número de grados días mensuales (base 15/15) en Lleida. Estos datos se han extraído del monográfico “*Graus - día de calefacció i refrigeració de Catalunya*”.
- “u” y “i” son correcciones definidas en función de las horas al día de uso de la calefacción durante los meses invernales y de los días de uso de la calefacción. Para la i-Naturhouse tendremos:
  - o u= Coeficiente de uso =0,85
  - o i= Coeficiente de intermitencia= 0,8

---

<sup>12</sup> OBS: La caseta se ha dimensionado para que la energía solar pasiva contribuya en un grado elevado a disminuir las necesidades térmicas globales, sin embargo, se ha considerado necesario la incorporación de un sistema auxiliar de generación de calor (microcogeneración) para las horas o días que la energía solar térmica no pueda cubrir todas las necesidades.

<sup>13</sup> Temperatura de referencia para la determinación de los grados-día según la UNE relativa a las condiciones climáticas para proyectos.

Mes	Tmedia [°C]	GDi	Qmensual [J]	Qmensual [MJ]	Qmensual [kWh]
Enero	4,6	302	1596879360	1596,9	443,6
Febrero	6,9	220	1163289600	1163,3	323,1
Marzo	10,4	146	772001280	772,0	214,4
Abril	12,2	99	523480320	523,5	145,4
Mayo	16,8	36	190356480	190,4	52,9
Junio	20,2	3	15863040	15,9	4,4
Julio	23,6	0	0	0,0	0,0
Agosto	23,5	0	0	0,0	0,0
Septiembre	18,8	13	68739840	68,7	19,1
Octubre	14,2	78	412439040	412,4	114,6
Noviembre	9,2	184	972933120	972,9	270,3
Diciembre	5,7	277	1464687360	1464,7	406,9
<b>VALORES ANUALES</b>		<b>1358</b>	<b>7180669440</b>	<b>7180,7</b>	<b>1994,6</b>

Tabla 1. Cálculo demanda energética (anual) con el método Grados-Día. [Fuente propia]

## 4.2. Diseño de la instalación de calefacción.

### 4.2.1. Elección de los colectores solares.

Para el cálculo y dimensionamiento del circuito de calefacción nos hemos centrado en la evaluación y selección de los colectores solares en función de “la fracción solar vs. Superficie de captación”. Destacaremos que, en la parte final del presente subapartado, se ha definido el esquema hidráulico con los principales elementos de captación, distribución y regulación de la instalación solar térmica auxiliada con un sistema de producción de agua caliente basado en la microgeneración.

Para determinar la inclinación óptima de los colectores solares, se han realizado varias simulaciones con el software de cálculo “*fsol (beta) v.2.05*”<sup>14</sup>, a fin de obtener la máxima radiación entre los meses de invierno (periodo comprendido entre Octubre y Marzo). Las necesidades de agua caliente asociadas a la demanda térmica provendrán completamente de las necesidades de calefacción, pues no se ha contemplado la instalación de ACS.

<sup>14</sup> El software que se ha utilizado para el cálculo de instalación solar térmica (demanda calefacción) “*fsol-beta v2.05 (2009)*” ha sido desarrollado por el Sr. Martí Rosas de la Universidad Politécnica de Catalunya.

La inclinación óptima de los colectores, que ha maximizado la radiación en su superficie en invierno ha resultado:  $\beta_{\max} = 52^\circ$

Inclinación del captador (°)	52	◀	▶	$\beta$
Latitud del lugar (°)	41,62	◀	▶	$\phi$
Reflectividad del entorno	0,3	◀	▶	$\rho$
Población	Lleida			

Ilustración 23. Variables introducidas en el software “fsol” para la obtención de la radiación total.

Mes día caract.	Día n	H (J/día-m <sup>2</sup> ) BBDD_Clima	Comp. directa	Comp. difusa	Comp. reflejada	R 4.5	HTOT (J/día-m <sup>2</sup> ) 4.4	HTOT (kWh/día-m <sup>2</sup> ) 4.4
G (17)	17	4.920.000	1,07	0,47	0,06	1,60	7.875.976	2,188
F (16)	47	8.280.000	0,97	0,41	0,06	1,43	11.862.649	3,295
M (16)	75	13.220.000	0,81	0,34	0,06	1,21	16.039.426	4,455
A (15)	105	18.640.000	0,63	0,30	0,06	0,99	18.489.780	5,136
M (15)	135	22.920.000	0,52	0,27	0,06	0,85	19.444.770	5,401
J (11)	162	24.940.000	0,47	0,26	0,06	0,79	19.657.148	5,460
J (17)	198	24.130.000	0,50	0,26	0,06	0,81	19.645.528	5,457
A (16)	228	20.650.000	0,59	0,28	0,06	0,93	19.174.033	5,326
S (15)	258	15.540.000	0,75	0,31	0,06	1,13	17.495.733	4,860
O (15)	288	10.140.000	0,96	0,37	0,06	1,38	14.008.356	3,891
N (14)	318	5.900.000	1,08	0,44	0,06	1,58	9.340.270	2,595
D (10)	344	3.990.000	1,07	0,50	0,06	1,62	6.482.319	1,801
		1,73E+08					1,795E+08	4,987E+01

Tabla 2. Radiación total en función de la inclinación de los colectores solares. **OBS:** En franja verde se han resaltado los meses que se han tenido en cuenta para maximizar el valor de  $\beta$ .

La última columna ( $H_{TOT}$ ) muestra la media mensual de la radiación total diaria sobre la superficie de nuestros colectores solares (para  $\beta = 52^\circ$  y con una reflectividad del entorno de  $\rho=0,3$ ).

Para el cálculo de las pérdidas en función de las diferentes superficies de la estructura se ha sobredimensionado en un 20% el valor de UA estimado. Para el cálculo de los coeficientes de uso e intermitencia, se ha asimilado el uso de la i-Naturhouse a un local comercial.

Área bruta cerramiento vertical exterior opaco	50	m <sup>2</sup>
U cerramiento vertical exterior opaco	0,7	W/m <sup>2</sup> K
Área neta huecos	0,5	m <sup>2</sup>
U huecos	4	W/m <sup>2</sup> K
Área de cubierta	0,8	m <sup>2</sup>
U cubierta	1,5	W/m <sup>2</sup> K
Área cerramientos en contacto con local no habitable	0	m <sup>2</sup>
U cerramiento en contacto con local no habitable	2	W/m <sup>2</sup> K
Volumen encerrado por cerramientos	112	m <sup>3</sup>
Renovaciones por hora (infiltraciones)	1	1/h
↓		
UA estimado de la i-Naturhouse	75	W/K
UA calculado de la i-Naturhouse	90	W/K
Tipo de edificio	Comercio	
Coefficiente de uso (u)	0,85	
Coefficiente de intermitencia (i)	0,80	

Tabla 3. Valor de UA y de los coeficientes de uso (u) e intermitencia (i) de la i-Naturhouse.

Se han introducido las principales características técnicas del captador solar plano de alto rendimiento Daitsu, modelo "Advance 1.8", en el software "fsol", considerando una eficiencia del intercambiador (situado dentro del acumulador solar) de  $\xi=0,96$ .

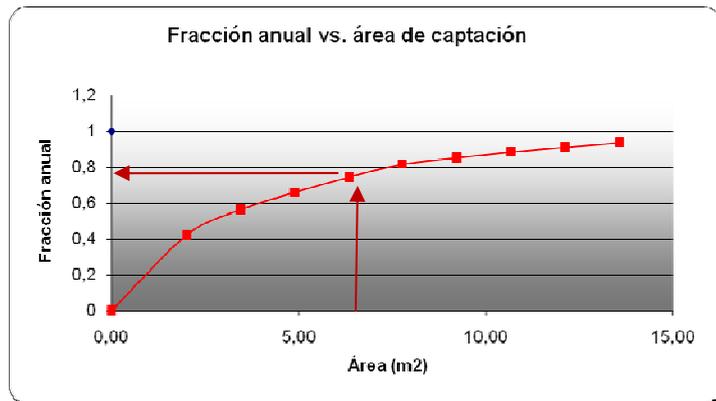
Captador	Daitsu	
$F_R(\tau\alpha)$	0,751	
$F_R U_L$	4,99	
$F'_R/F_R$ (Factor Capt-Inter.)	0,96	
<input type="checkbox"/> Sistema para ACS solamente		
<input checked="" type="checkbox"/> Sistema con líquido	Capacidad de almacenaje	75 l/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Sistema con aire		10 l/s·m <sup>2</sup>
		0,260 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Rango de áreas de prueba (m <sup>2</sup> )	2 Mínimo	15 Máximo

Tabla 4. Introducción de los datos: Rendimiento de la placa, factor captador-intercambiador.

Finalmente, se ha obtenido los siguientes datos que reflejan la relación de la superficie de captación solar y la fracción solar anual.

Área (m <sup>2</sup> )	Fracción anual
0,00	0
2,00	0,420
3,44	0,563
4,89	0,660
6,33	0,745
7,78	0,817
9,22	0,852
10,67	0,884
12,11	0,912
13,56	0,938

Tabla 5. Área de captación vs fracción solar



Gráfica 1. Fracción anual vs. área de captación del sistema de calefacción formado con colectores solares Daitsu modelo Advance 1.8

Aunque la caseta de información turística i-Naturhouse no dispone de Agua Caliente Sanitaria para Consumo, se han tenido en cuenta las mismas premisas que establece el punto 5, apartado 3.1.1 del CTE (Código Técnico de la Edificación) para el cálculo final de la fracción solar.

Los parámetros  $F_R(\tau\alpha)$  y  $F_{RU_L}$  nos los da el fabricante y son parámetros originales del captador. Sin embargo en el entorno de una instalación solar térmica, se ven modificados básicamente por las pérdidas que se producen debidas inclinación de la placa, tipo de conexión, intercambiador y por las perdidas térmicas en los conductos (tuberías). Por lo tanto estos datos originales se verán modificados por factores de corrección que intentan simular el comportamiento de la instalación al completo.

Tal como se refleja en las dos próximas tablas, la energía que nuestro sistema térmico solar ha perdido en el circuito primario se considera mínima, pues apenas afecta a la relación fracción anual vs área de captación.

Variables que se han tenido en cuenta:

- La superficie total de absorción de los captadores<sup>15</sup> es de  $1,6\text{m}^2 \times 4 = 6,4\text{m}^2$ .
- La superficie de los conductos de polietileno del suelo radiante, tanto de impulsión como de retorno, se han considerado idénticas ( $4\text{m}^2$ ).
- Se ha considerado como fluido primario el propilenglicol disuelto al 33% (volumen) en agua. Las especificaciones técnicas<sup>16</sup> del fluido son:
  - Densidad=  $1,049\text{ g/cm}^3$
  - Punto de congelación=  $-18,6^\circ$
  - Conductividad térmica  $[\text{W/K}\cdot\text{m}] = 0,48$
  - Capacidad específica de la mezcla entre  $40^\circ\text{C}$  a  $90^\circ\text{C}$   $[\text{kJ/kg}\cdot\text{k}] = 3,9 \pm 0,2$

U conductos (Ud)	1	W/m <sup>2</sup> K
Area conductos ida (Ao)	4	m <sup>2</sup>
Area conductos retorno (Ai)	4	m <sup>2</sup>
Area de captación (Ac)	6,4	m <sup>2</sup>
Caudal másico unitario	0,02	kg/s·m <sup>2</sup>
Caudal másico en primario (m <sub>c</sub> )	0,128	kg/s
Capacidad calorífica fluido primario (c <sub>p</sub> ) <sub>c</sub>	3900	J/kgK
Valores originales de:		
	$F_R(\tau\alpha) = 0,751$	
	$F_R U_L = 4,99$	
Nuevos valores de:		
	$F_R(\tau\alpha) = 0,75$	
	$F_R U_L = 6,2$	

Tabla 6. Pérdidas en los conductos y superficies de captación y nuevos valores de  $F_R(\tau\alpha)$  y  $F_R U_L$

La nueva relación “fracción solar vs área de captación” para los nuevos valores de  $F_R(\tau\alpha)$  y  $F_R U_L$  resulta:  $F_R(\tau\alpha) = 0,75$  y  $F_R U_L = 6,2$

<sup>15</sup> Ver especificaciones catalogo técnico Placa Selectiva marca Daitsu modelo “Advance 1.8”

<sup>16</sup> Las especificaciones técnicas se han obtenido gracias a la gentileza de Typhon ([www.typhon.de](http://www.typhon.de)) que ha facilitado el software necesario para su cálculo.

Con estos nuevos valores simulamos la fracción solar obteniendo la siguiente relación:

Área (m <sup>2</sup> )	Fracción anual
0,00	0
2,00	0,420
3,44	0,563
4,89	0,660
6,33	0,744
7,78	0,816
9,22	0,852
10,67	0,883
12,11	0,912
13,56	0,938

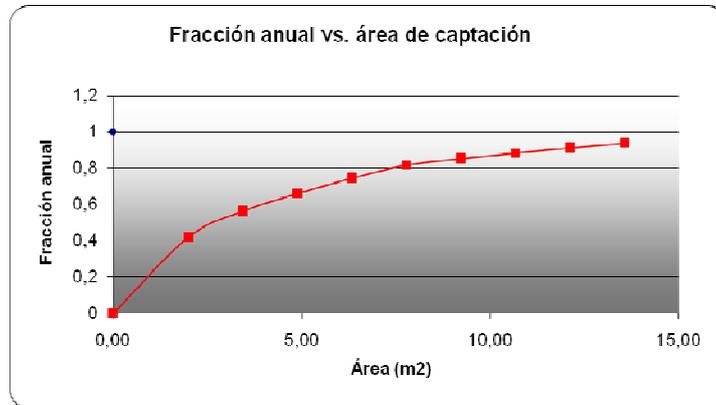


Tabla 7. Área de captación vs fracción solar para los nuevos valores  $F_R(\tau\alpha) = 0,75$  y  $F_R U_L = 6,2$

Gráfica 2. Fracción anual vs. Área de captación del sistema de calefacción para los nuevos valores  $F_R(\tau\alpha) = 0,75$  y  $F_R U_L = 6,2$

La fracción solar teniendo en cuenta las pérdidas en conductos y superficies de captación apenas ha sufrido modificaciones (**resultando una fracción solar final del 74%**) por lo que la elección final del sistema de captación será el mismo planteado en las consideraciones iniciales: **4 captadores planos “Daitsu” modelo “Advance 1.8”** con las siguientes características técnicas:

### Tabla de características

MODELO			ADVANCE 1,8
Dimensiones	Exteriores	mm	1930/930/90
	Superficie bruta	m <sup>2</sup>	1,79
	Superficie de absorción	m <sup>2</sup>	1,6
Peso	Vacio	kg	34
Colector	Material del marco		Aluminio
Absorbedor	Material		Cobre
	Recubrimiento		Tinox
	Índice de absorción		0,95
	Índice de emisión		0,03
	Soldaduras		Ultrasonidos
	Rendimiento óptico		0,75
	Rendimiento a delta T=0,06		0,44
Cristal	Tipo		Vidrio templado (pejo contenido en hierro)
	Espesor	mm	4
	Índice de transmisión		0,91
Aislamiento térmico	Trasero		Lana de roca 50 mm
	Lateral		Lana de vidrio 20 mm
	Junta de estanqueidad		EPDM y silicona
Temperatura	De estancamiento	°C	203
Presión	Máxima de trabajo	bar	10

Ilustración 24. Hoja de características técnicas del captador plano seleccionado. [Fuente: Catalogo de precios y especificaciones material solar “Daitsu”]

#### 4.2.2. Conexión de los colectores solares.

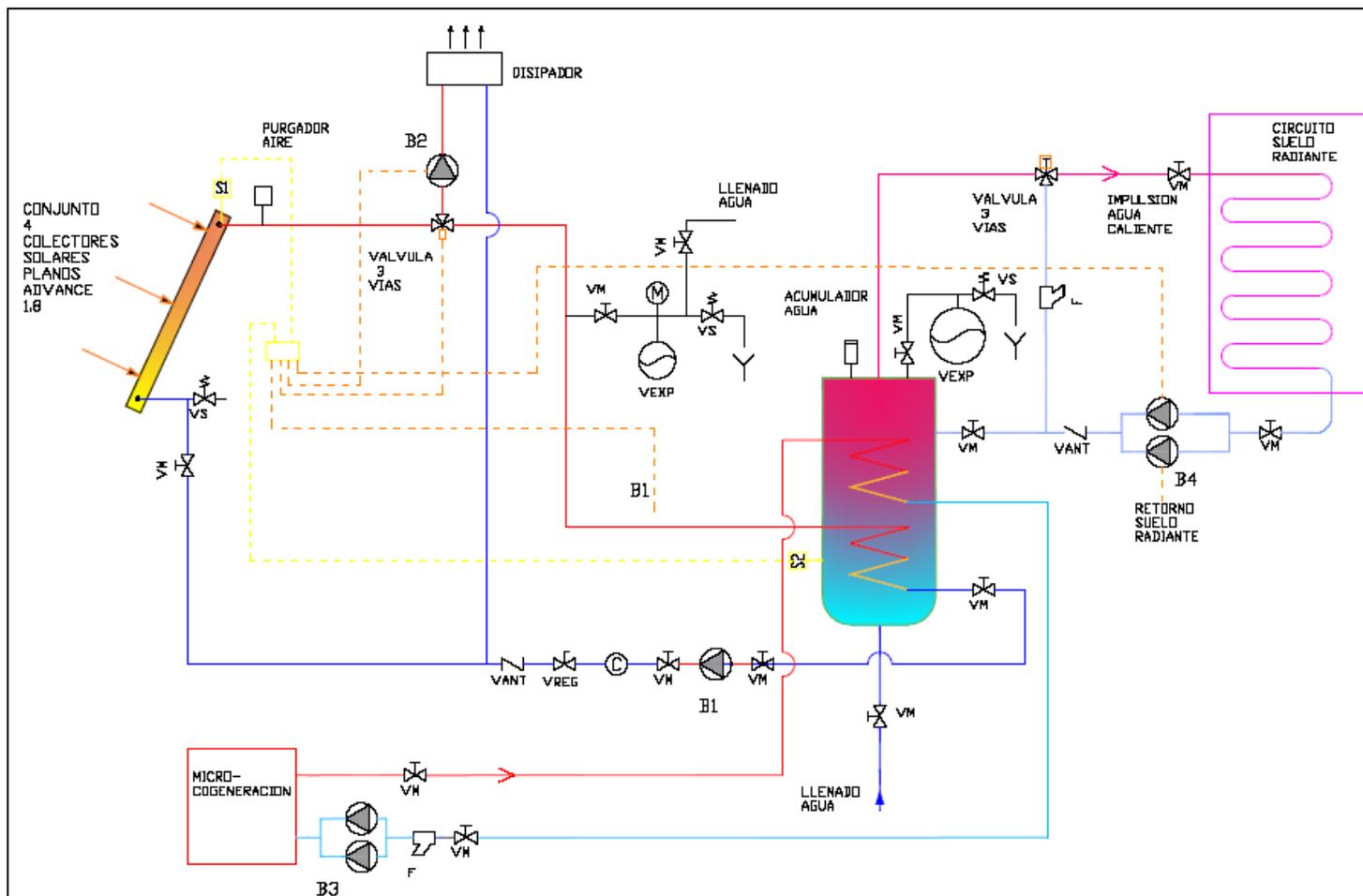
Para decidir que la conexión final de los captadores sea en paralelo se ha tenido en cuenta que:

- En la conexión en serie el agua atraviesa todos los colectores para realizar un ciclo, adquiriendo mayor temperatura. Los inconvenientes que se presentan son que el agua debe vencer una resistencia mayor para atravesar los circuitos. Además en cada colector la temperatura del agua iría en aumento hasta llegar al último colector donde se producirían muchas pérdidas de calor.
- La conexión en paralelo es más efectiva puesto que la resistencia al paso del agua es mucho menor. Incluso si uno de los dos colectores dejara de funcionar, el otro no se vería afectado.
- Para la i-Naturhouse no es necesario el aumento considerable de la temperatura del colector (tenemos sistema de acumulación de agua y ésta no superará los 50°C), en cambio sí lo es la versatilidad y eficiencia del sistema.

Al ser los caudales circulantes por los cuatro captadores idénticos así como los respectivos saltos térmicos, la recta de rendimiento del captador se asume como la recta de rendimiento de la instalación. De manera que los valores de  $F_{RT} \alpha$  y  $F_{RU_L}$  no quedarían modificados y por consiguiente no haría falta recalcular la fracción anual.

### 4.3. Esquema hidráulico de la instalación

El esquema hidráulico de la instalación de calefacción corresponde al siguiente diagrama:



Dibujo 8. Esquema hidráulico instalación calefacción (solar térmica + microgeneración) de la i-Naturhouse. [Fuente propia, G7T]

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER  
Soriano**

---

**Tutora: Núria Garrido**

Los principales elementos del circuito se ubicaran en el local técnico (proyectado en un extremo de la caseta para uso exclusivo de las instalaciones térmicas y eléctricas). En este local se albergará el sistema de control y regulación de la instalación de calefacción. También se albergaran los principales elementos mecánicos (se incluye el motor de la fuente de energía auxiliar utilizada por la microgeneración).

Diferenciaremos entre:

Circuito primario, formado por una bomba de agua, tuberías de impulsión y retorno a los colectores solares, disipador estático, válvula de 3 vías, sensores de presión y temperatura, vaso de expansión, etc....).

Destacaremos la función de la válvula de 3 vías, que desviará el caudal del circuito primario hacia el disipador estático cuando la temperatura del agua en el interacumulador llegue a una temperatura de consigna.

Circuito secundario, formado por una bomba de agua de doble cuerpo, tuberías de impulsión y retorno del interacumulador de agua (incluye dos intercambiadores/serpentes, el primero pertenecerá al circuito solar térmico y el segundo al circuito asociado a la microgeneración), de tuberías del suelo radiante, sensores de presión y temperatura, vaso de expansión, caudalímetro y válvula de regulación (elemento básico que permitirá adaptar el caudal en función de las pérdidas de carga de la instalación).

El interacumulador de doble serpentín será del tipo “vertical”, favoreciendo la estratificación del agua (la más caliente se acumulará en la parte superior del depósito). El volumen del interacumulador se ha estimado en 400 litros (se ha tenido en cuenta el volumen total del circuito de suelo radiante y una reserva de acumulación de agua)

El cuadro eléctrico permitirá el funcionamiento totalmente automático de la instalación. Diferenciaremos entre: a) Elementos de protección y maniobra tales como: protecciones magneto-térmicas, contactores, relés y elementos varios de señalización de la instalación b) autómata programable que permitirá el control remoto del sistema (en cualquier momento y época del año se podrá conocer los parámetros principales de la instalación como la producción, temperaturas y presiones. También se podrá detectar si alguna parte de ella se averiara. Por otro lado, servirá para poder forzar de manera manual cualquier elemento, que durante un tiempo prolongado hubiera permanecido inmóvil, y así evitar las averías debidas a un paro prolongado de la instalación.)

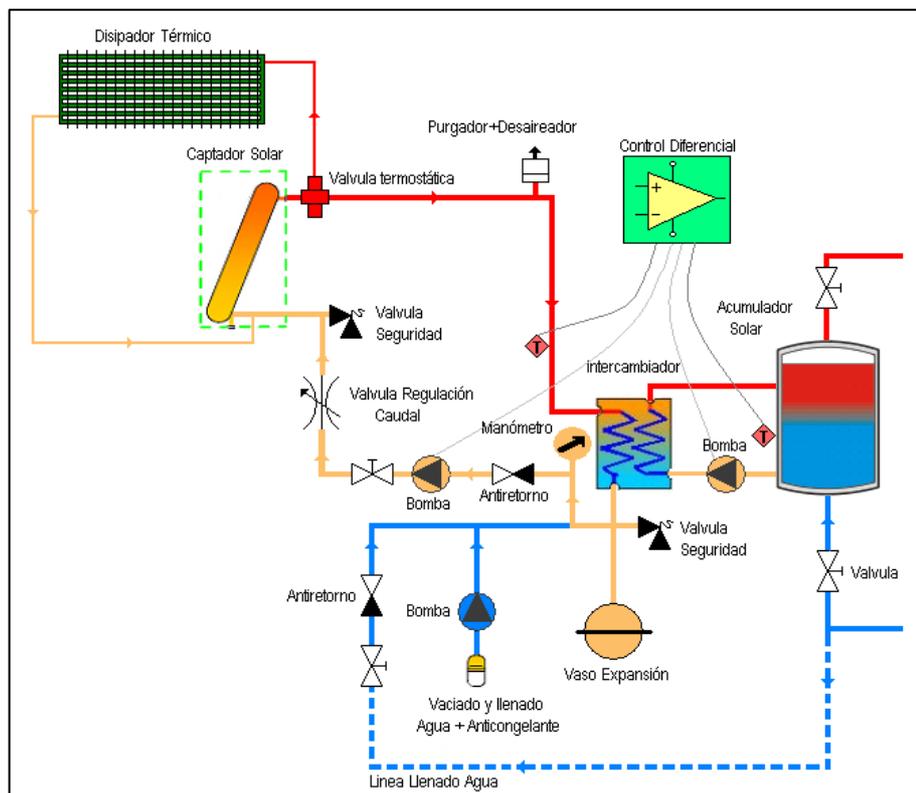
### 4.3.1. Elementos de seguridad. Disipador estático

Si la temperatura que alcanzara el fluido calor-transportador fuera muy elevada (superior a los 100°C) y se produjera un cambio de fase, se generaría una mezcla de vapor del glicol en cuestión y el agua, mezcla que es liberada al ambiente a través de los purgadores. Esto hace que al cabo del tiempo el fluido de trabajo se empobrezca, disminuyendo así la efectividad del sistema a temperaturas negativas, y generándose un peligro inminente de congelación del agua. Lo que derivaría en un colapso total del sistema.

En segundo lugar, si la temperatura del fluido en el interior de la instalación superara su límite máximo de diseño de la instalación, el propienglicol empezaría a degradarse, generándose un ácido altamente tóxico para el medioambiente.

Por consiguiente, es imprescindible la inclusión en el circuito primario de un elemento de seguridad que permita la disipación del calor del fluido en condiciones no aptas de trabajo.

El presente esquema obedece a la instalación de un sistema alternativo de seguridad frente al aerotermo clásico. La principal ventaja de esta patente consiste en la ausencia de elementos electro-mecánicos (como ventiladores). Por consiguiente se anula la posibilidad que el sistema quede desprotegido frente temperaturas demasiado elevadas cuando no hay tensión.



Dibujo 9. Disipador estático [Fuente propia, G7T]

### 4.3.2. Ventajas de la instalación de calefacción por suelo radiante

Muchas son las ventajas de este sistema de calefacción (aparte de los puramente sostenibles y económicos por el uso de la energía solar térmica y la microgeneración como fuente de energía). Éstas se pueden resumir en:

- Temperatura uniforme. Habrá la misma temperatura en toda le estancia, evitando zonas de excesivo calor y otorgando mayor confort a las personas (pies calientes y cabeza fría)
- Mejor aprovechamiento del espacio, pues no habrá radiadores vistos en las paredes.
- Se mejorará el aislamiento general de la i-Naturhouse, ya que reduciremos las pérdidas de energía y niveles de ruido gracias a los materiales utilizados.
- No habrá ensuciamiento de las paredes ni cristales. Si se utilizaran radiadores, aparte de trabajar a más temperatura, se producirían movimientos de aire que acabarían ennegreciendo la pared en la parte superior del radiador. El suelo radiante elimina de raíz este problema ya que no genera corrientes de aire por trabajar a baja temperatura.
- Seguridad. Al no existir radiadores tampoco habrá riesgos de quemaduras.
- Se evita la formación de polvo y no altera la humedad ambiente.

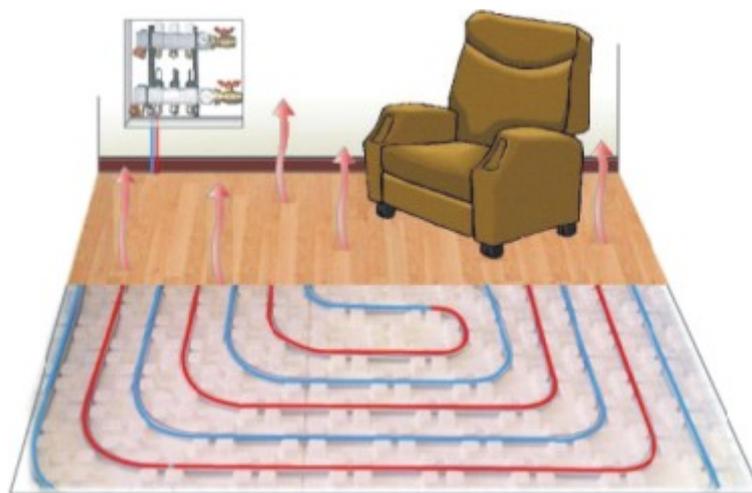


Ilustración 25. Circuito de suelo radiante. Fuente <http://www.ecoinnova.com/suelo-radiante/funcionamiento-del-suelo-radiante/>

#### 4.4. Emisiones CO<sub>2</sub>

Si consideramos una relación energética de 0,3182 kg<sub>CO2</sub><sup>17</sup> por cada kWh térmico producido (siendo la fuente de generación un combustible de origen fósil -Gasoil C-) y si consideramos que un 74% de la energía aportada será por medio de la energía solar (ver tabla área de captación vs. radiación solar), dejaremos de emitir:

$$\text{Ahorro}_{\text{emisiones}} = 1.994,6 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot \frac{0,3182 \text{ kg}_{\text{CO}_2}}{\text{kWh}} \cdot 0,74 = 469,66 \text{ kg}_{\text{CO}_2}$$

Para calcular el ahorro económico primero calculamos el PCI del gasoil C según:

$$\text{PCI}_{\text{GasoilC}} = 10.250 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{1\text{kcal}} = 36.470 \frac{\text{kJ}}{\text{l}}$$

Nuestra demanda de energía térmica es de 7.180,7 MJ/año. Como consideramos que un 74% del total de la demanda será energía aportada por la instalación solar térmica, nuestro ahorro (volumen) será:

$$\text{Ahorro}_{\text{combustible}} = \frac{7.180,700 \frac{\text{kJ}}{\text{año}}}{36.470 \frac{\text{kJ}}{\text{l}}} \cdot 0,74 = 196,89 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

Si consideramos el precio del litro de gasoil C como 0,729 €/l<sup>18</sup>, nuestro ahorro anual en Gasoil, (si utilizamos como fuente principal el Sol para calentar el agua) será:

$$\text{Ahorro}_{\text{economico}} = 196,89 \frac{\text{l}}{\text{año}} \cdot \frac{0,729 \text{ €}}{\text{l}} = 143,53 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

<sup>17</sup> <http://www.ecoeficienciafactor4.es/fichas/sanitaria.htm>

<sup>18</sup> [http://www.mityc.es/movil/CarburantesSimple.aspx?\\_ufps=537512&len=es](http://www.mityc.es/movil/CarburantesSimple.aspx?_ufps=537512&len=es)

OBS: Para el cálculo del factor de emisión del gasóleo de Calefacción, y a fin de unificar fuentes de búsqueda y años para la obtención de datos, he tenido en cuenta la siguiente tabla [fuente CNEA<sup>2</sup>]:

	<b>Factores de conversión</b>
Contenido energético del gasóleo por litro	10,1 Kwh por litro*
Factor de conversión a Tep	1Kwh= 0,000086 Tep (Tonelada equivalente de petróleo)*
Factor de emisión de CO <sub>2</sub> para gasóleo de calefacción	3,7 T CO <sub>2</sub> por Tep*

- Fte IDAE : Guía práctica de la energía (IDAE)
- Factores recomendados por la AIE Agencia Internacional de la energía

**Tabla 8. Factor emisión de CO<sub>2</sub> para gasóleo de calefacción**

Por lo que el factor de emisión resultante es:

$$3,7 \cdot \frac{TnCO_2}{Tep} \cdot \frac{10^3 kgCO_2}{1TnCO_2} \cdot \frac{0,000086Tep}{1kWh} = 0,3182 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

## 5. Generación de energía eléctrica y cálculo de las instalaciones de la i-Naturhouse

### 5.1. Demanda Energética y consumos de la i-Naturhouse

#### 5.1.1. Consumo eléctrico

Para el dimensionamiento de las diferentes tecnologías energéticas, deberemos conocer además de las necesidades térmicas, el consumo eléctrico de todos los elementos o actividades que puedan utilizar electricidad como fuente de energía.

Lo primero que realizamos es un inventario de todos estos grupos de consumo y los clasificamos en función de su utilidad, quedando de la siguiente forma:

- Iluminación Artificial
- Soporte y funcionamiento free-cooling
- Soporte y funcionamiento microgeneración con motor Stirling
- Soporte y funcionamiento instalación térmica
- Electrodomésticos y equipos oficina
- Soporte y funcionamiento instalación solar fotovoltaica y eólica
- Control, data-logging y comunicaciones

A partir de esta distribución inicial analizamos de forma más explícita y argumentada el método seguido para cuantificar los consumos energéticos de todos los elementos que componen los diferentes grupos.

### 5.1.1.1. Evaluación Iluminación Artificial

Para la evaluación del consumo eléctrico por iluminación artificial en la i-Naturhouse, hemos seguido el siguiente procedimiento.

- 1.- Calculamos Duración día ( $d$ ) y Angulo solar ( $\omega_{sp}$ )
- 2.- Calculamos hora solar salida y puesta
- 3.- Realizamos conversión a hora local 

}	<ul style="list-style-type: none"><li>• Corrección Invierno/verano</li><li>• Corrección GMT</li><li>• Corrección Meridiano</li><li>• Corrección Ecuación tiempo</li></ul>
---	---
- 4.- Confrontamos Horas de atención público de i-Naturhouse con hora local salida y puesta.
- 5.- Calculamos horas iluminación Artificial y Natural.

El procedimiento de evaluación que seguimos es el siguiente. Damos por hecho que todas las horas de radiación directa son suficiente para obtener los 500 lux/m<sup>2</sup> especificados en el apartado de iluminación (3.4). El resto de horas, es decir aquellas fuera del ángulo solar  $\omega_{sp}$  (corregido a hora local) y por tanto anterior a la salida o posterior a la puesta de sol, la iluminación será artificial en su totalidad. Para el resto de horas, comprendidas dentro del ángulo solar rectificado a hora local, utilizaremos la distribución de radiación directa y total del Atlas de Cataluña que nos ofrece un valor histórico del porcentaje de horas del total comprendido en el ángulo solar que pertenece a difusa o directa y así de esta forma obtenemos la composición de esta franja en iluminación natural y artificial.

De esta forma, realizamos los cálculos en el peor de los supuestos que sería que la radiación difusa no es capaz de entregarnos los 500 lux/m<sup>2</sup> dentro de la franja del ángulo solar  $\omega_{sp}$ , aunque en muchas localizaciones y dependiendo de la orientación de la i-Naturhouse no será así.

Comenzamos calculando declinación, ángulo solar y duración día para la ciudad de Lleida ubicada en la latitud 41°36'50'' N y longitud 0° 37'32''E

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Día		1	32	60	91	121	152
Declinacion	$\delta$	-23,02	-17,55	-8,35	3,94	14,83	22,00
Angulo Solar	$\omega_{sp}$	67,83	73,68	82,51	93,5	103,59	110,97
Duracion Dia	d	9,0	9,8	11,0	12,5	13,8	14,8

		Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Día		182	213	244	274	305	335
Declinacion	$\delta$	23,13	17,97	7,82	-4,10	-15,27	-22,06
Angulo Solar	$\omega_{sp}$	112,27	106,73	97	86,35	75,96	68,9
Duracion Dia	d	15,0	14,2	12,9	11,5	10,1	9,2

Tabla 9. Calculo de declinación, ángulo y duración día solar para un día tipo de cada mes. FUENTE: Edición propia en Hoja de cálculo Excel.

Hemos utilizado las siguientes formulas para el cálculo de la tabla anterior.

$$\text{Declinación } \delta = 23,45 \times \text{Sen} \left[ 360 \left( \frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

$$\text{Angulo Solar } \omega_{sp} = \arccos(-\text{tg} \phi \times \text{tg} \delta)$$

$$\text{Duración día } d = \frac{\omega_{sp} \times 2}{15^\circ}$$

Calculamos la hora de salida y puesta en hora solar partiendo de la premisa que la resolución del ángulo solar  $\omega_{sp}$  es de  $1\text{h} \rightarrow 15^\circ$  y que el valor central de la gráfica  $0^\circ$  corresponde con el mediodía solar (12h).

A partir del ángulo horario solar para cada mes y/o el número de horas de sol por día podemos calcular de forma sencilla la hora de salida o puesta del sol. El siguiente ejemplo para un mes, ilustra como se ha realizado el cálculo, y más abajo se ofrecen el resto de valores de forma directa .

Si cogemos como ejemplo el mes de enero y observamos la tabla anterior vemos que tenemos una duración del día de 9,045 horas y un alguno horario de  $67,83^\circ$  . Si graficamos esto en un gráfico de ángulo horario obtenemos lo siguiente:

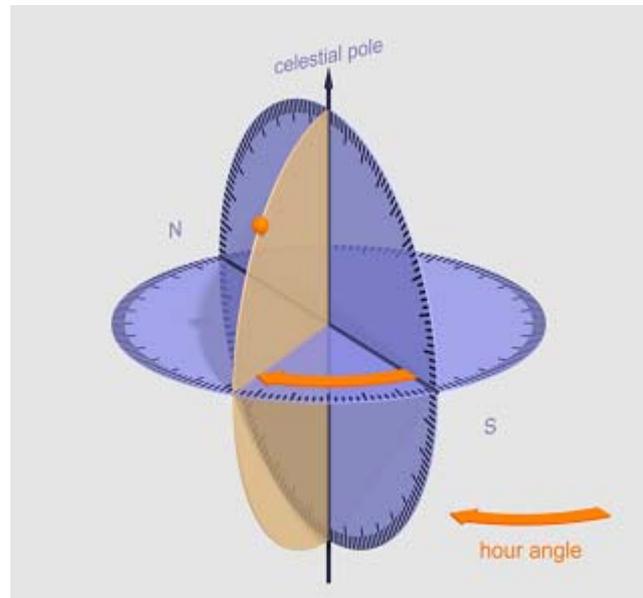


Ilustración 28. Angulo horario solar en grados. FUENTE: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:HourAngle\\_en.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:HourAngle_en.png)

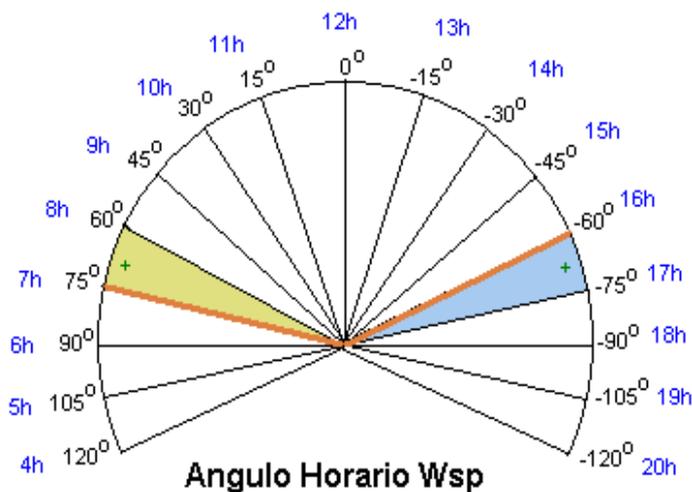


Ilustración 29. Ejemplo calculo ángulo solar Enero. FUENTE: Edición propia

Posicionamos un punto que corresponde con  $+67,83^\circ$  y  $-67,83^\circ$  en el gráfico , para el valor positivo cogemos la franja horaria mayor y para el valor negativo la franja horaria menor (línea naranja). Los minutos se calculan restando el valor de la franja horaria (línea naranja) y el punto  $+67,83$ , según el que corresponda.

El resultado en grados se convierte a minutos teniendo en cuenta la relación de  $15^\circ = 60'$  .

Finalmente la tabla queda como sigue:

	d	$\omega_{sp}$	Hora Solar	
			Salida	puesta
Enero	9,0	67,8	7:28	16:31
Febrero	9,8	73,7	7:05	16:54
Marzo	11,0	82,5	6:30	17:30
Abril	12,5	93,5	5:45	18:14
Mayo	13,8	103,6	5:05	18:54
Junio	14,8	111,0	4:36	19:23
Julio	15,0	112,3	4:30	19:29
Agosto	14,2	106,7	4:53	19:06
Septiembre	12,9	97,0	5:32	18:27
Octubre	11,5	86,4	6:15	17:45
Noviembre	10,1	76,0	6:56	17:03
Diciembre	9,2	68,9	7:24	16:35

Ilustración 30. Tabla de Cálculo Hora Solar para Salida y Puesta sol en ciudad de Lleida. FUENTE: Edición propia.

El siguiente aspecto a considerar es la conversión de Hora solar a Hora Local para lo cual deberemos realizar varias correcciones que son las que a continuación mostramos:

### Corrección GMT

GMT +1h

### Corrección Invierno/ Verano

De Abril a Octubre : E=+1h

De Noviembre a Marzo : E=0h

### Corrección Meridiano

$$4(\lambda_0 - \lambda)$$

En este caso la longitud de Lleida es  $0^\circ 37' 32''$  E que convertido a grados son  $0,62^\circ$

Si aplicamos la formula obtenemos  $4(0+0,62)=2,48$  min.(centesimal)  $\rightarrow$  2,28min(sexagesimal)

### Corrección Ecuación del tiempo

$$ET = 0,01719 + 0,428145 * \cos B - 7,352048 * \text{sen}B - 3,349758 * \cos 2B - 9,371988 * \text{sen}2B$$

$$B = (n - 1) * \frac{360}{365}$$

Nota: n día del año.

	dia	B ( grados)	B(rad)	cos B	Sen B	Cos 2B	Sen 2B	Centesimal ET	Sexagesimal ET
Enero	1	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	-2,90	-2,54
Febrero	32	30,58	0,53	0,86	0,51	0,48	0,88	-13,18	-13,10
Marzo	60	58,19	1,02	0,53	0,85	-0,44	0,90	-12,91	-12,55
Abril	91	88,77	1,55	0,02	1,00	-1,00	0,04	-4,38	-4,23
Mayo	121	118,36	2,07	-0,47	0,88	-0,55	-0,84	3,02	3,01
Junio	152	148,93	2,60	-0,86	0,52	0,47	-0,88	2,58	2,35
Julio	182	178,52	3,12	-1,00	0,03	1,00	-0,05	-3,46	-3,28
Agosto	213	209,10	3,65	-0,87	-0,49	0,53	0,85	-6,51	-6,34
Septiembre	244	239,67	4,18	-0,50	-0,86	-0,49	0,87	-0,38	-0,22
Octubre	274	269,26	4,70	-0,01	-1,00	-1,00	0,03	10,47	10,28
Noviembre	305	299,84	5,23	0,50	-0,87	-0,50	-0,86	16,39	16,23
Diciembre	335	329,42	5,75	0,86	-0,51	0,48	-0,88	10,72	10,43

Ilustración 31. Tabla de Cálculo de ajuste Hora local en función ecuación del tiempo TE. FUENTE: Edición y cálculo propio.

Finalmente aplicaremos la ecuación del tiempo para aislar y calcular la hora local.

$$TL = TS + \varepsilon + GMT + ET + 4(\lambda_0 - \lambda)$$

Donde a la Hora solar sumaremos la corrección invierno/verano, sumaremos la corrección GMT que será siempre +1 para Lleida, restaremos el resultado obtenido en la ecuación del tiempo y restaremos la corrección del meridiano o longitud, quedando el valor final para cada mes como sigue:

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Enero Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	7	28	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		2	54
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	8	28	26

Febrero Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	7	5	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		13	10
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	8	15	42

Marzo Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	6	30	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		12	55
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	7	40	27

Enero Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	16	31	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		2	54
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	17	31	26

Febrero Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	16	54	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		13	10
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	18	4	42

Marzo Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	17	30	0
E	0	0	0
GMT	1	0	0
TE		12	55
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	18	40	27

Abril Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	5	45	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		4	23
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	7	46	55

Mayo Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	5	5	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		-3	-1
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	6	59	31

Junio Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	4	36	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		-2	-35
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	6	30	57

Abril Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	18	14	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		4	23
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	20	15	55

Mayo Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	18	54	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		-3	-1
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	20	50	59

Junio Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	19	23	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		-2	-35
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	21	17	57

Julio Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	4	30	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		3	28
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	6	31	0

Agosto Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	4	53	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		6	34
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	6	57	6

Septiembre Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	5	32	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		0	22
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	7	29	54

Julio Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	19	29	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		3	28
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	21	27	0

Agosto Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	19	6	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		6	34
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	21	10	6

Septiembre Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos
TS	18	27	0
E	1	0	0
GMT	1	0	0
TE		0	22
4( $\lambda$ - $\lambda$ )		-2	-28
TL	20	24	54

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Octubre Salida Sol				Noviembre Salida Sol				Diciembre Salida Sol			
	Horas	Minutos	Segundos		Horas	Minutos	Segundos		Horas	Minutos	Segundos
TS	6	15	0	TS	6	56	0	TS	7	24	0
E	1	0	0	E	0	0	0	E	0	0	0
GMT	1	0	0	GMT	1	0	0	GMT	1	0	0
TE		-10	-28	TE		-16	-23	TE		-10	-43
4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28	4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28	4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28
TL	8	3	0	TL	7	37	9	TL	8	10	49

Octubre Puesta Sol				Noviembre Puesta Sol				Diciembre Puesta Sol			
	Horas	Minutos	Segundos		Horas	Minutos	Segundos		Horas	Minutos	Segundos
TS	17	45	0	TS	17	3	0	TS	16	35	0
E	1	0	0	E	0	0	0	E	0	0	0
GMT	1	0	0	GMT	1	0	0	GMT	1	0	0
TE		-10	-28	TE		-16	-23	TE		-10	-43
4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28	4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28	4( $\lambda_0-\lambda$ )		-2	-28
TL	19	33	0	TL	17	44	9	TL	17	21	49

La i-Naturhouse tiene el siguiente horario de apertura:

**Horario Invierno:** 9 a 14h y 15 a 18h (Noviembre a Marzo)

**Horario Verano:** 10 a 13h y 16 a 21h (Abril a Octubre)

El horario de atención al público también ha sido analizado para reducir el número de horas de iluminación artificial al mínimo pero sin perjudicar excesivamente el servicio ofrecido.

Además la relación entre radiación total y difusa es la siguiente:

Radiación media	Ene	Feb.	Mar	abr.	May	jun.	jul.	Ago	Sep	oct.	nov.	dic.	Anual
Total	6,42	9,8	14,74	20,11	24,34	26,3	25,43	21,93	16,83	11,47	7,29	5,43	15,84
Directa	3,42	5,5	8,84	12,91	16,44	18,2	17,53	14,53	10,43	6,57	3,89	2,83	10,09
Difusa	3	4,3	5,9	7,2	7,9	8,1	7,9	7,4	6,4	4,9	3,4	2,6	5,75
Difusa/ Total	46,7%	43,9%	40,0%	35,8%	32,5%	30,8%	31,1%	33,7%	38,0%	42,7%	46,6%	47,9%	39,1%

**Ilustración 32.** Tabla de distribución mensual entre Energía Solar Directa y Difusa. FUENTE: Datos proceden del Atlas solar de Cataluña y tabla de edición propia.

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

Al realizar la superposición de las horas de horario abertura i-Naturhouse con la hora local de salida y puesta de sol encontramos aquella franja horaria que queda fuera de iluminación directa y que por tanto es necesario iluminación artificial. Para el resto aplicamos el coeficiente anterior de relación de radiación difusa sobre la radiación total y que por tanto también fuerza a iluminación artificial.

Finalmente obtenemos la siguiente tabla, donde tenemos las horas mes de Iluminación Artificial obtenidas a partir de las horas de abertura de oficina que quedan fuera del ángulo solar modificado a hora local y las horas de radiación difusa según el histórico del Atlas de Cataluña. En el caso de las horas mes de Iluminación natural serian el resto de horas hasta las 8 totales de periodo de trabajo y que son de radiación directa.

	Rt/Rd(%)	Dias	Horas Oficina	Horas I. Artificial			Hora I.Natural	
				Angulo Solar	R. Difusa	Total Mes	R.Directa	Total Mes
Enero	46,7	31	8	0,50	3,50	124,08	4,00	123,92
Febrero	43,9	28	8	0,00	3,51	98,34	4,49	125,66
Marzo	40,0	31	8	0,00	3,20	99,20	4,80	148,80
Abril	35,8	30	8	0,75	2,60	100,37	4,65	139,64
Mayo	32,5	31	8	0,16	2,55	83,95	5,29	164,05
Junio	30,8	30	8	0,00	2,46	73,92	5,54	166,08
Julio	31,1	31	8	0,00	2,49	77,13	5,51	170,87
Agosto	33,7	31	8	0,00	2,70	83,58	5,30	164,42
Septiembre	38,0	30	8	0,60	2,81	102,36	4,59	137,64
Octubre	42,7	31	8	1,50	2,78	132,54	3,72	115,46
Noviembre	46,6	30	8	0,25	3,61	115,85	4,14	124,16
Diciembre	47,9	31	8	0,75	3,47	130,91	3,78	117,09

**Ilustración 33.** Tabla de Cálculo de número de horas mes con requerimiento de iluminación artificial . FUENTE: Cálculos y edición propia.

La columna que nos interesa es la de Total mes de Horas de Iluminación artificial. Esta es la que vamos a utilizar en la siguiente tabla para el cálculo de potencia y energía consumida por la i-Naturhouse en cuanto a iluminación.

Debemos considerar que la i-Naturhouse está dividida en 4 áreas y con una potencia instalada de iluminación artificial diferente que a continuación detallamos:

- Recepción (18 fluorescentes de 36W), Sala técnica (2 fluorescentes de 36W), Sala interior (3 fluorescentes de 36W) y servicio (3 halógenas de 36W).
- El cálculo de potencia instalada requerida ha sido realizado en el apartado 4.4 y va en función de parámetros como los lux/m<sup>2</sup> necesarios y volumen salas.

En este apartado nos limitamos al cálculo del consumo energético en función de factores ambientales o de uso, pero el dimensionamiento de los elementos ya viene dado de otros apartados del proyecto.

Equipo	Potencia instalada	Número de equipos	factor de simultaneidad	factor de uso	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Potencia
	kW	adim.	adim.	adim.	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	kWh	kW
<b>Consumos que varían en función del número de horas de radiación solar</b>																		
Estancia					Horas mensuales con uso de la estancia sin iluminación natural													
Recepcion	648	N/A	1	N/A	124,08	98,34	99,2	100,37	83,95	73,92	77,13	83,58	102,36	132,54	115,85	130,91	792	0,648
Sala Interior	108	N/A	0,5	N/A	124,08	98,34	99,2	100,37	83,95	73,92	77,13	83,58	102,36	132,54	115,85	130,91	66	0,054
Sala Tecnica	72	N/A	0,02	N/A	124,08	98,34	99,2	100,37	83,95	73,92	77,13	83,58	102,36	132,54	115,85	130,91	2	0,00144
Servicio	108	N/A	0,02	N/A	124,08	98,34	99,2	100,37	83,95	73,92	77,13	83,58	102,36	132,54	115,85	130,91	3	0,00216

Ilustración 34. Tabla de consumos de iluminación mensuales. FUENTE: Datos proceden del Atlas solar de Cataluña y tabla de edición propia.

Realizamos el cálculo de energía anual en Kwh. en función de los watts instalados de iluminación para cada una de las habitaciones y que están especificados en apartado 3.4 del proyecto, de un coeficiente de funcionamiento de la iluminación por sala y de las horas mensuales de requerimiento de iluminación artificial según cálculos descritos anteriormente.

Los resultados descritos muestran una potencia en iluminación de 0,705 kW y una Energía de 863 kWh/año

### 5.1.2. Evaluación restos elementos

Para el resto de elementos, la base es muy similar. Se realiza un inventario de todos los equipos que pueden tener algún tipo de consumo eléctrico y se realiza una matriz con el número de horas que pueden llegar a funcionar al día. Esto nos permite utilizar este dato en la tabla siguiente donde calculamos la energía consumida por mes y año.

	Demanda de horas día											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Agua Caliente Sanitaria ( Termoacumulador)	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1	0,05	0	0	0,05	0,1	0,3	0,5
Bomba circuito Primario y Secundario Solar térmica	4	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	4
Válvulas circuito primario y Secundario Solar Térmica	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,05	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
Ordenador de Sobremesa más pantalla	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Monitor TV LCD 42"	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Equipo Multifuncion ( Fax, copiadora, escaner, impresora)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Equipos Multimedia ( audio, video, ...)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Alarma	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Nevera	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Consumo Electrónica de control Inversor	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Controlador OCS 5,7" Color TFT + I/O's + Datalogger	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Modulos Expansión Analogías y Digitales	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Sensórica estación metereológica	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Consumos pizarra electrónica	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
consumos cogeneracion	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Equipo	Potencia instalada	Número de equipos	factor de simultaneidad	factor de uso	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Potencia
	W	adim.	adim.	adim.	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	horas	kWh	kW
<b>Consumos Eléctricos de soporte y funcionamiento instalación térmica</b>																		
Agua Caliente Sanitaria ( Termoacumulador)	800	1	0,2	1	19	16	12	9	3	2	0	0	2	3	9	16	14	0,16
Bomba circuito Primario y Secundario Solar térmica	40	2	0,7	0,9	124	93	62	31	31	31	31	31	31	62	93	124	37	0,0504
Válvulas circuito primario y Secundario Solar Térmica	12	4	0,5	1	16	12	9	9	6	3	2	2	3	6	9	12	2	0,024
<b>Consumos Eléctricos Electrodomésticos y equipos Oficina</b>																		
Ordenador de Sobremesa más pantalla	220	2	1	0,8	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	1.048	0,352
Monitor TV LCD 42"	270	1	1	0,95	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	763	0,2565
Equipo Multifuncion ( Fax, copiadora, escaner, impresora)	340	1	1	0,8	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	202	0,272
Equipos Multimedia ( audio, video, ...)	350	1	1	0,6	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	625	0,21
Alarma	85	1	1	0,9	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	496	455	0,0765
Nevera	150	1	1	0,8	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	1.071	0,12
<b>Consumos Eléctricos Funcionamiento instalación solar fotovoltaica</b>																		
Consumo Electrónica de control Inversor	200	1	1	0,9	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	804	0,18
<b>Consumos Eléctricos control, datalogging y comunicaciones</b>																		
Controlador OCS 5,7" Color TFT + I/O's + Datalogger + Comms	30	2	0,7	1	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	375	0,042
Modulos Expansión Analogías y Digitales	30	1	1	1	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	268	0,03
Sensórica estación metereológica	8	5	1	1	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	357	0,04
<b>Consumos Eléctricos para display informativo exterior</b>																		
Display exterior electrónico	180	1	1	0,5	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	804	0,09
<b>Consumos eléctricos Cogeneración con motor sterling</b>																		
Consumos cogeneración	100	1	1	1	31	25	19	12	6	0	0	0	0	6	12	25	14	0,1

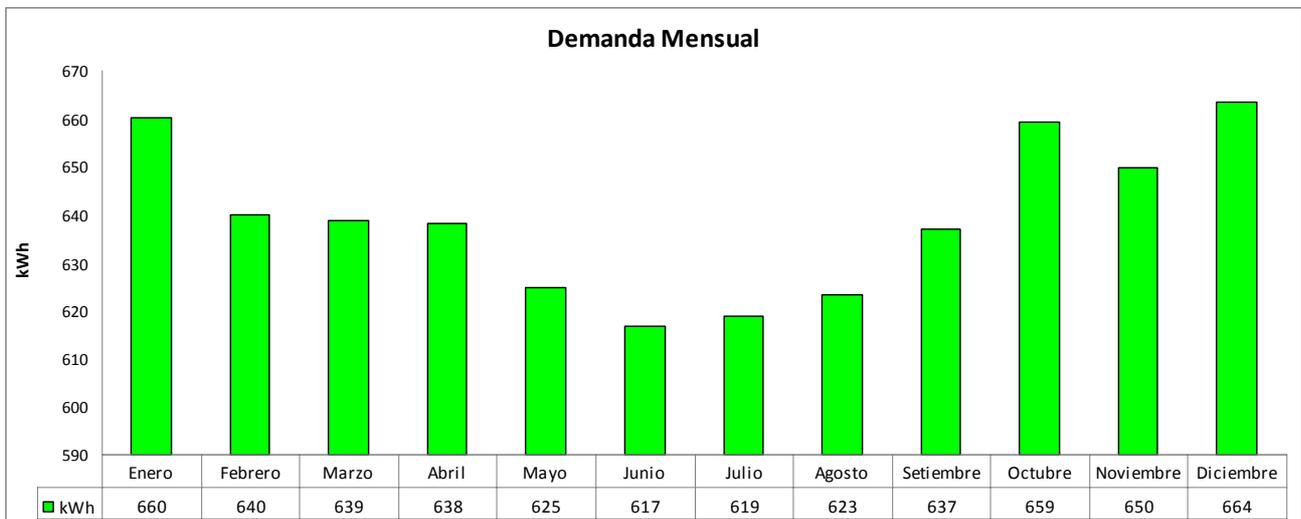
### 5.1.3. Curva de consumo eléctrico: i-Naturhouse

Como podemos apreciar en la tabla anterior los cálculos se realizan en base a las horas mensuales que cada equipo o elemento funciona, y estas son obtenidas entre la información cruzada de la tabla de demanda horas días y el factor de simultaneidad y uso. Finalmente se obtiene la energía consumida a partir de la potencia instalada y el número de equipos.

El dato más significativo que obtenemos es la potencia eléctrica igual a 2,709kW

A partir de las horas mensuales de activación de cada elemento obtenemos la curva de la demanda energética en electricidad equivale a 7.702kWh/a.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kwh/año total	W
Energía (kWh)	660	640	639	638	625	617	619	623	637	659	650	664	7.702	2,709
Potencia (kW)	<b>2,709</b>													



**Ilustración 36. Tabla de potencia y energía eléctrica consumida por la i-Naturhouse. FUENTE: Edición y cálculo propio en hoja de cálculo Excel.**

## 5.2. Energía Solar Fotovoltaica

La i-Naturhouse dispone de una cubierta (una parte plana y transitable), cuyo uso es compartido con la instalación de un aerogenerador, un sistema de producción mediante energía solar de agua caliente sanitaria y una instalación fotovoltaica.

Teniendo en cuenta la integración de las diferentes fuentes de energía renovable, así como la accesibilidad para un futuro mantenimiento, se ha dispuesto de una superficie próxima a los 14 m<sup>2</sup> para la instalación de paneles fotovoltaicos.

Se consideran dos posibles situaciones a las que las distintas i-Naturhouse deben dar respuesta:

1. Vertiendo a la red la totalidad de su producción. De acuerdo con las condiciones que especifica el RD 1578/2008.
2. Actuando como una instalación aislada y almacenando la energía en una batería.

En el presente capítulo se analiza básicamente la configuración adecuada para la primera situación.

Los datos meteorológicos necesarios para la evaluación de una instalación fotovoltaica en Lleida, se encuentran descritos en el apartado 2 del presente documento.

### 5.2.1. Hipótesis y alternativas realizadas

Para la realización del análisis de las distintas alternativas mediante el programa PVsyst<sup>19</sup> se han realizado las siguientes hipótesis, que son comunes para los dos modos de funcionamiento:

1. Se supone que la i-Naturhouse se encuentra en una ubicación, lejos de la influencia de las edificaciones contiguas (la proyección de la sombra de la lonja no le afecta) y por lo tanto se puede considerar que la instalación se encuentra en una zona con un horizonte despejado.
2. La potencia de nuestra instalación estará fijada en 2,4 kW, de acuerdo con la capacidad de evacuación acordada con la compañía distribuidora (modo venta a la red) y con la demanda eléctrica de la i-Naturhouse (modo aislado).

---

<sup>19</sup> <http://www.pvsyst.com/5.0/index.php>

3. Se considera que el campo de colectores se orientará con una desviación de cero grados respecto la dirección sur.
4. Para lograr un entorno de trabajo adecuado, se han introducido (en el software de cálculo PVSyst) los valores de las medias mensuales para la radiación global y radiación difusa, así como las temperaturas medias mensuales en Lleida.
- 5.

Las alternativas estudiadas se han centrado en dos niveles:

**Tipología de panel:**

Se ha considerado la implantación de paneles de Silicio policristalino, Silicio cristalino y thin-film. Se han descartado los de Silicio policristalino frente a los de Silicio cristalino, ya que presentan un sobrecoste notable y un rendimiento similar. Finalmente se han descartado los colectores thin-film ya que presentan un rendimiento menor y suponen por lo tanto una ocupación mayor de la cubierta, para cubrir la demanda deseada.

**Sistemas de seguimiento y control:**

En base a los valores obtenidos en la simulación, mediante el programa PVSyst, se ha estudiado el incremento en la generación que supone la incorporación de sistemas de seguimiento a un eje. (Este-Oeste).

Se han descartado soluciones de seguimiento a dos ejes, ya que suponen un elevado sobrecoste, que difícilmente sería amortizable con la cantidad de energía generable en la i-Naturhouse. El seguimiento a dos ejes, es viable para instalaciones de generación a gran escala y no a micro-escala, como es el caso de la i-Naturhouse.

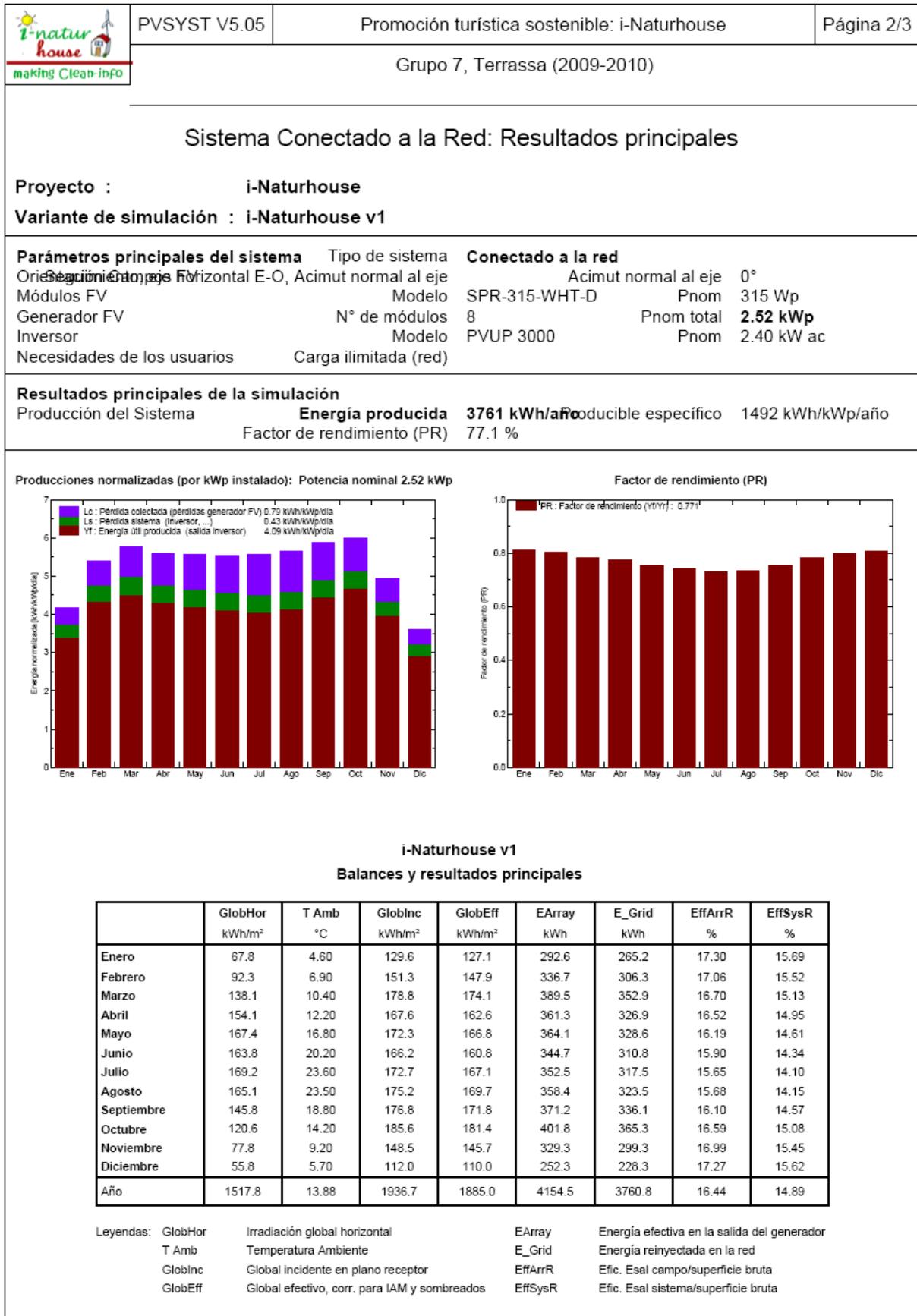
Tampoco se ha contemplado la necesidad de utilizar sistemas de corrección de la posición del panel para la minimización de las pérdidas por sombreados. (Sistema Backtracking).

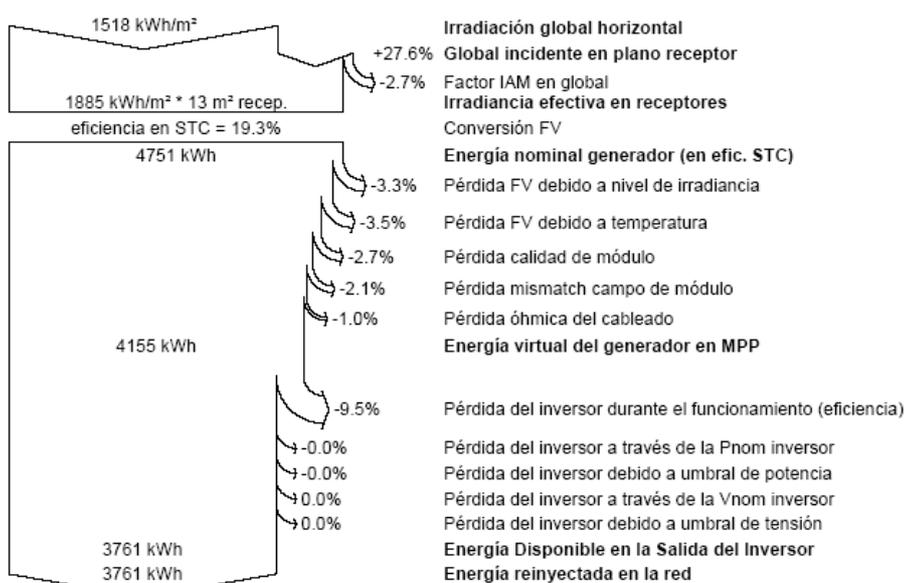
### **5.2.2. Configuración de la instalación**

Una vez definida la tipología de panel y el sistema de seguimiento y control, se han analizado distintas opciones serie-paralelo, que permiten minimizar las pérdidas en el transporte de la energía generada y minimizar los costes del cableado de la instalación.

Se han simulado dos configuraciones posibles, una para el modo de funcionamiento en conexión a la red (OPCION A) y una segunda para el modo de funcionamiento como instalación aislada (OPCION B). A continuación mostramos la simulación completa con el software PV-Syst para la primera opción.

	PVSYST V5.05	Promoción turística sostenible: i-Naturhouse	Página 1/3
Grupo 7, Terrassa (2009-2010)			
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b> i-Naturhouse			
<b>Lugar Geográfico</b>		<b>Lleida</b>	<b>País España</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud	41.6°N	Longitud 0.6°E
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 155 m
	Albedo	0.20	
<b>Datos climatológicos :</b> Lleida, Synthetic Hourly data			
<b>Variante de simulación :</b> i-Naturhouse v1			
	Fecha de simulación	06/01/10 12h12	
<b>Parámetros de la simulación</b>			
<b>Plano de seguimiento, Eje Horizontal E-O</b>			
Limitaciones de rotación	Inclinación Mínima	0°	Acimut normal al eje 0° Inclinación Máxima 80°
<b>Obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos		
<b>Sombreados cercanos</b>	Sin sombreado		
<b>Características generador FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>SPR-315-WHT-D</b>
		Fabricante	SunPower
Número de módulos FV		En serie	2 módulos
Nº total de módulos FV		Nº módulos	8
Potencia global generador		Nominal (STC)	<b>2.52 kWp</b>
Características funcionamiento del generador (50°C)		mpp	98 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>13.0 m²</b>
			Superficie célula 11.9 m²
<b>Inversor</b>		Modelo	<b>PVUP 3000</b>
		Fabricante	Sun Power
Características		Tensión de Funcionamiento	58-150 V
			Pnom unitaria 2.4 kW AC
<b>Factores de pérdida de Generador FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
=> Temp. Recep. Func. Nom. (G=800 W/m², Tamb=20°)	C, VelViento=1m/s)		TONC 45 °C
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	71 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de Tensión	0.7 V	Fracción de Pérdidas 0.6 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas 2.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 2.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parámetro bo 0.05
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			



	PVSYST V5.05	Promoción turística sostenible: i-Naturhouse	Página 3/3																								
Grupo 7, Terrassa (2009-2010)																											
<h3>Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas</h3>																											
<p><b>Proyecto :</b> i-Naturhouse  <b>Variante de simulación :</b> i-Naturhouse v1</p>																											
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>Parámetros principales del sistema</b></td> <td style="width: 30%;">Tipo de sistema</td> <td colspan="2"><b>Conectado a la red</b></td> </tr> <tr> <td>Orientación del eje FV</td> <td>Horizontal E-O, Acimut normal al eje</td> <td>Acimut normal al eje</td> <td>0°</td> </tr> <tr> <td>Módulos FV</td> <td>Modelo</td> <td>SPR-315-WHT-D</td> <td>Pnom 315 Wp</td> </tr> <tr> <td>Generador FV</td> <td>N° de módulos</td> <td>8</td> <td>Pnom total <b>2.52 kWp</b></td> </tr> <tr> <td>Inversor</td> <td>Modelo</td> <td>PVUP 3000</td> <td>Pnom 2.40 kW ac</td> </tr> <tr> <td>Necesidades de los usuarios</td> <td>Carga ilimitada (red)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>		Orientación del eje FV	Horizontal E-O, Acimut normal al eje	Acimut normal al eje	0°	Módulos FV	Modelo	SPR-315-WHT-D	Pnom 315 Wp	Generador FV	N° de módulos	8	Pnom total <b>2.52 kWp</b>	Inversor	Modelo	PVUP 3000	Pnom 2.40 kW ac	Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>																									
Orientación del eje FV	Horizontal E-O, Acimut normal al eje	Acimut normal al eje	0°																								
Módulos FV	Modelo	SPR-315-WHT-D	Pnom 315 Wp																								
Generador FV	N° de módulos	8	Pnom total <b>2.52 kWp</b>																								
Inversor	Modelo	PVUP 3000	Pnom 2.40 kW ac																								
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)																										
<h4>Diagrama de pérdida durante todo el año</h4>																											
 <table border="0" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>1518 kWh/m<sup>2</sup></p> <p>1885 kWh/m<sup>2</sup> * 13 m<sup>2</sup> recep.                      eficiencia en STC = 19.3%</p> <p>4751 kWh</p> <p>4155 kWh</p> <p>3761 kWh                      3761 kWh</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>+27.6% Irradiación global horizontal Global incidente en plano receptor</p> <p>-2.7% Factor IAM en global Irradiancia efectiva en receptores</p> <p>Conversión FV</p> <p><b>Energía nominal generador (en efic. STC)</b></p> <p>-3.3% Pérdida FV debido a nivel de irradiancia</p> <p>-3.5% Pérdida FV debido a temperatura</p> <p>-2.7% Pérdida calidad de módulo</p> <p>-2.1% Pérdida mismatch campo de módulo</p> <p>-1.0% Pérdida óhmica del cableado</p> <p><b>Energía virtual del generador en MPP</b></p> <p>-9.5% Pérdida del inversor durante el funcionamiento (eficiencia)</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Pnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de potencia</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Vnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de tensión</p> <p><b>Energía Disponible en la Salida del Inversor</b></p> <p><b>Energía reinyectada en la red</b></p> </td> </tr> </table>				<p>1518 kWh/m<sup>2</sup></p> <p>1885 kWh/m<sup>2</sup> * 13 m<sup>2</sup> recep.                      eficiencia en STC = 19.3%</p> <p>4751 kWh</p> <p>4155 kWh</p> <p>3761 kWh                      3761 kWh</p>	<p>+27.6% Irradiación global horizontal Global incidente en plano receptor</p> <p>-2.7% Factor IAM en global Irradiancia efectiva en receptores</p> <p>Conversión FV</p> <p><b>Energía nominal generador (en efic. STC)</b></p> <p>-3.3% Pérdida FV debido a nivel de irradiancia</p> <p>-3.5% Pérdida FV debido a temperatura</p> <p>-2.7% Pérdida calidad de módulo</p> <p>-2.1% Pérdida mismatch campo de módulo</p> <p>-1.0% Pérdida óhmica del cableado</p> <p><b>Energía virtual del generador en MPP</b></p> <p>-9.5% Pérdida del inversor durante el funcionamiento (eficiencia)</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Pnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de potencia</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Vnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de tensión</p> <p><b>Energía Disponible en la Salida del Inversor</b></p> <p><b>Energía reinyectada en la red</b></p>																						
<p>1518 kWh/m<sup>2</sup></p> <p>1885 kWh/m<sup>2</sup> * 13 m<sup>2</sup> recep.                      eficiencia en STC = 19.3%</p> <p>4751 kWh</p> <p>4155 kWh</p> <p>3761 kWh                      3761 kWh</p>	<p>+27.6% Irradiación global horizontal Global incidente en plano receptor</p> <p>-2.7% Factor IAM en global Irradiancia efectiva en receptores</p> <p>Conversión FV</p> <p><b>Energía nominal generador (en efic. STC)</b></p> <p>-3.3% Pérdida FV debido a nivel de irradiancia</p> <p>-3.5% Pérdida FV debido a temperatura</p> <p>-2.7% Pérdida calidad de módulo</p> <p>-2.1% Pérdida mismatch campo de módulo</p> <p>-1.0% Pérdida óhmica del cableado</p> <p><b>Energía virtual del generador en MPP</b></p> <p>-9.5% Pérdida del inversor durante el funcionamiento (eficiencia)</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Pnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de potencia</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor a través de la Vnom inversor</p> <p>-0.0% Pérdida del inversor debido a umbral de tensión</p> <p><b>Energía Disponible en la Salida del Inversor</b></p> <p><b>Energía reinyectada en la red</b></p>																										

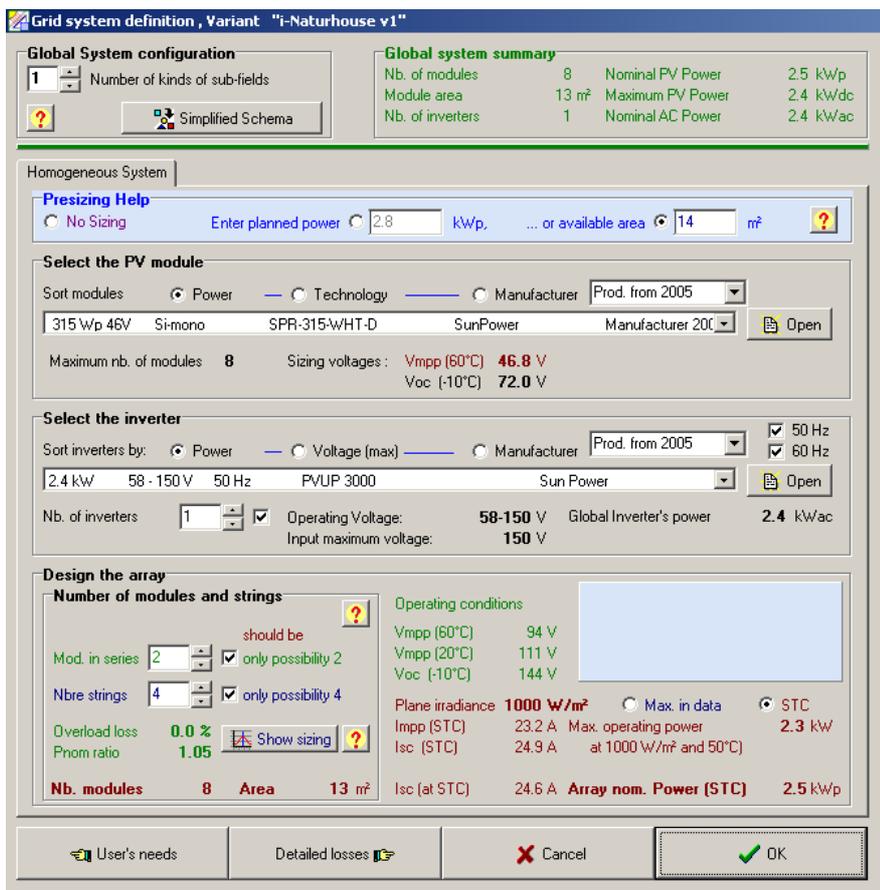


Ilustración 27. Layout de los módulos (4 cadenas de 2 módulos conectados en serie).

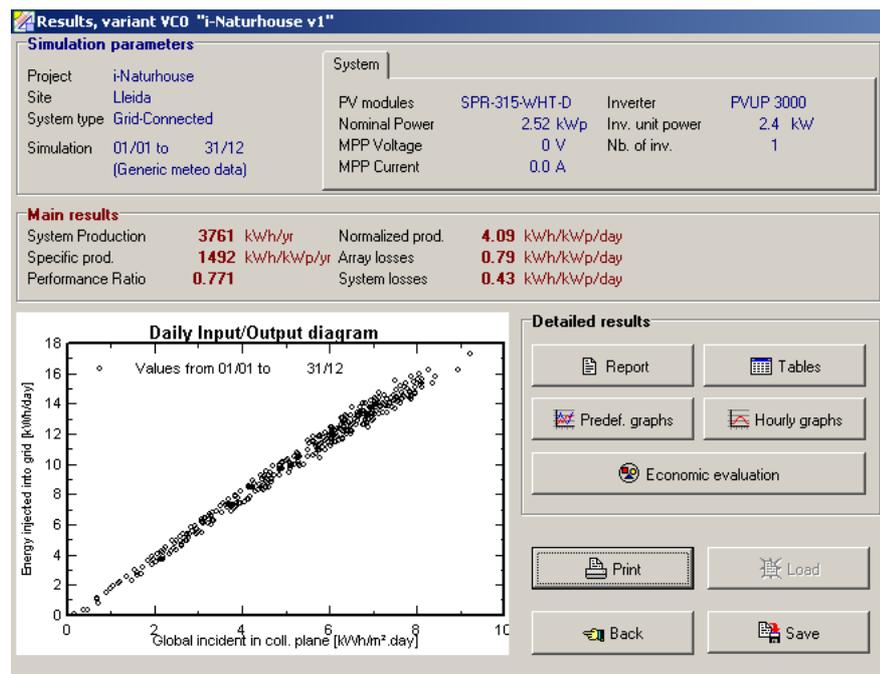


Ilustración 26. Resultados simulación diaria instalación FV

### 5.2.2.1. Disposición de los paneles solares.

Para el diseño de la planta se ha considerado el panel solar **315 de Sun Power** (cada uno está compuesto por 96 células solares, que según especificaciones técnicas del catálogo del fabricante, aseguran una eficiencia de conversión total del 19,3%).

Para el dimensionado eléctrico se han previsto 4 cadenas o "strings" de 2 módulos cada una (8 módulos en total, condición impuesta por la arquitectura y superficie disponible en la i-Naturhouse). La potencia pico total de la instalación FV será:

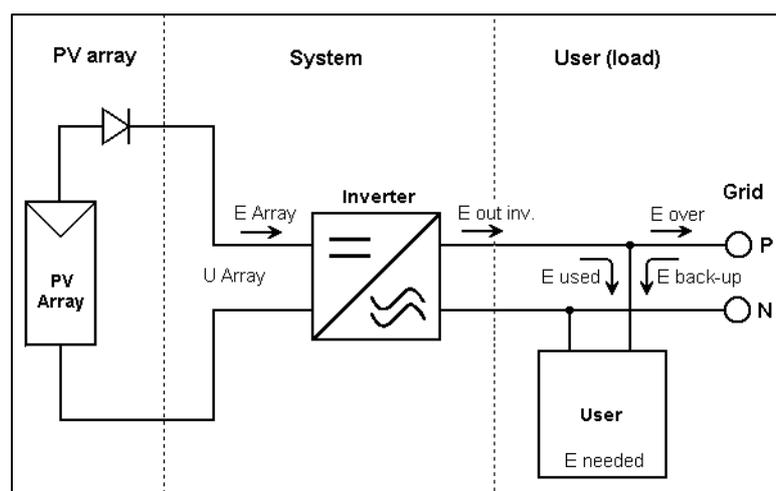
Núm.series x número de módulos x  $P_{pico}$  por módulo =  $4 \times 2 \times 315Wp = 2.520 Wp$ .

**La potencia FV nominal de la caseta de información turística resulta de 2,3kW** (en condiciones máximas de operación  $I=1.000W/m^2$ ,  $T^a=50^{\circ}C$ )

- La intensidad de máxima potencia para nuestra instalación ( $I_{mpp}$ ) es de 23 A (cc).  
Intensidad medida en bornes del inversor
- La tensión de máxima potencia para nuestra instalación ( $U_{mpp}$ ) es de 98 V (cc)

Por lo que circularán 5,76 A por cada cadena con una tensión máxima entre extremos de de 98 VCC.

Comentaremos que los paneles FV estarán dispuestos sobre dos seguidores solares monoaxiales independientes del mismo fabricante<sup>20</sup>.



Gráfica 3. Esquema simplificado de la conexión con el inversor.

Fuente: software PVSyst.

<sup>20</sup> <http://www.sunpowercorp.es/Products-and-Services/Trackers.aspx>

Este tipo de inversor dispone de una única entrada DC, aspecto que condicionará el número de circuitos y el dimensionado de los conductores [Ver subapartado 5.2.2.3]

### 5.2.2.2. Inversor FV

La energía producida por los módulos fotovoltaicos no se puede inyectar directamente a la red eléctrica. Para que esto sea posible es necesaria una unidad de acondicionamiento de potencia, denominado inversor.

El inversor tiene como función, transformar la energía que le llega (corriente continua a una determinada tensión) en corriente alterna. Para nuestro caso particular, hemos escogido un inversor que a la salida se obtenga una tensión monofásica de 230V, que verteremos a la red.

Para la elección final del inversor, también se ha tenido en cuenta lo estipulado en el RD 1663/2000 que fija que la potencia instalada (kWp en módulos) habrá de ser igual a la potencia nominal del inversor.

El inversor escogido ha sido el modelo PVUP 3000 de SunPower (el mismo fabricante que las placas). La unidad operará dentro de los límites de 58-150V en cuanto a generación de energía (corriente continua). La potencia nominal de salida es de 2,4 kW (tensión monofásica).



**Ilustración 28. Inversor SunPower PVUP 3000. Fuente: Catálogo fabricante**

A continuación mostramos una ilustración, obtenida a partir del software de simulación PVSyst, con los parámetros básicos del inversor:

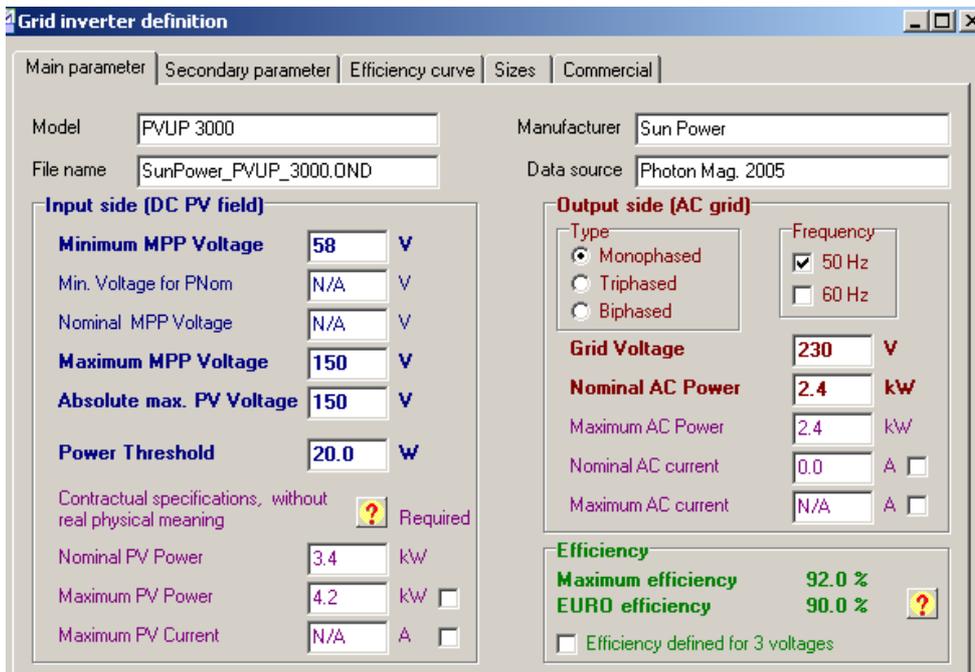


Ilustración 29. Parámetros básicos inversor PVUP 3000 de SunPower. Fuente: Software PVSyst.

### 5.2.3. Dimensionado de secciones de los conductores.

Se establecen tres tramos de conductores claramente diferenciados.

1. Conductores que enserian los módulos de cada "string" o cadena hasta las protecciones (fusibles seccionadores). (L= 8m, el caso más desfavorable resulta la cadena más alejada del local técnico, los fusibles para cada cadena los situaremos dentro el mismo local)
2. Conductor desde el colector de las cadenas de módulos hasta el inversor. (L= 3m, será un único conductor, ya que el inversor solo tiene una entrada DC)
3. Conductor que va desde el inversor hasta la Caja General de Protecciones (último elemento propiedad del titular de la instalación. (L=4m)

Este tramo se subdivide en dos: a) Circuito desde el inversor hasta el cuadro de protecciones generales b) Circuito del cuadro de medida hasta la Caja General de Protección (CGP).

El inversor se situará en el local técnico. El embarrado y el contador bidireccional de energía se situaran en el mismo recinto (donde se ubicará también la CGP).

Los conductores de la instalación deben cumplir dos condiciones:

1. La intensidad máxima admisible del conductor debe ser superior a la intensidad máxima que puede circular por él y que es generada por las cargas a las que suministra energía.
2. La caída de tensión máxima admisible que genere el conductor ha de ser inferior a la tensión máxima permitida.

Cabe destacar que el criterio de la caída de tensión máxima admisible es mucho más restrictivo que el criterio de la intensidad máxima, por lo tanto se define la sección del conductor únicamente de acuerdo con el criterio de caída de tensión máxima admisible, ya que si este se cumple se cumplirá también el criterio de la intensidad máxima.

### **Cálculo sección conductores de las cadenas de paneles fotovoltaicos**

Tomaremos una caída de tensión máxima de 1% en nuestra línea dado que hay que respetar lo que dice la ITC-BT 40, punto 5 (...la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal). Por lo que este valor se debería ajustarse con el resto de líneas entre el generador y la red. Siguiendo la fórmula para el cálculo de la sección en corriente continua:

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} \quad [1]$$

Donde:

- \* L [m]: longitud del conductor.
- \* I [A]: Intensidad circulante.
- \*  $\gamma = 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  (valor para cobre a 90 °C máxima temperatura en conductor para cables termoestables).  $\rightarrow \rho = 0,0227 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- \* %Un [V]: caída máxima de tensión aceptable.

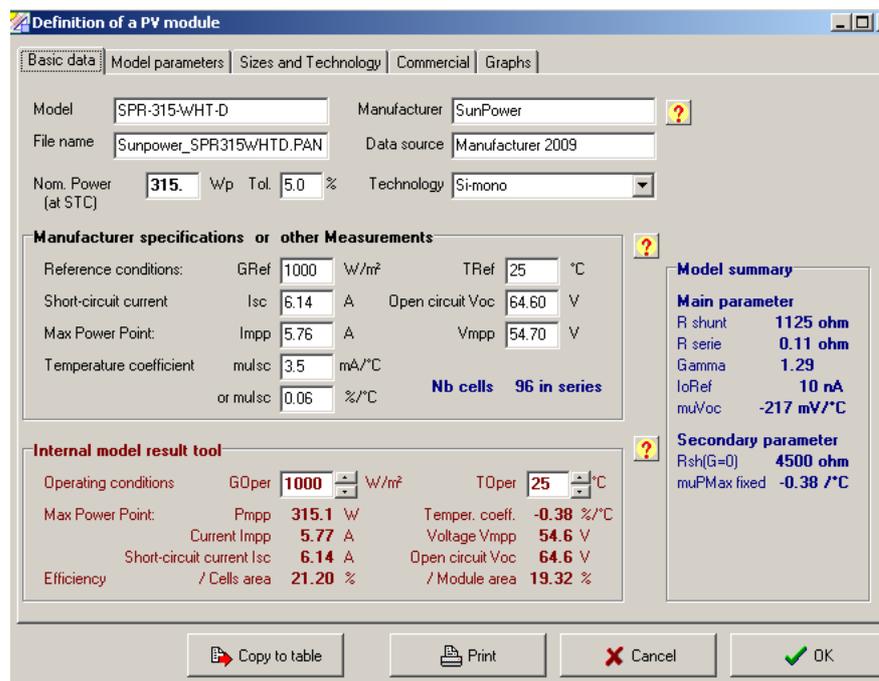


Ilustración 30. Especificaciones técnicas del panel 315 Sunpower. Fuente: software PVSyst.

Observando las especificaciones del fabricante de módulos y considerando una anchura de 1.559mm para cada módulo, tendremos una longitud total para cada seguidor de 3.118 mm

La intensidad circulante máxima para cada módulo y por consiguiente cadena (módulos conectados en serie) según los resultados de la herramienta interna de simulación del software será de 5,76 A.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Estos valores han sido contrastados con el catalogo del fabricante (Panel Solar 315, Sunpower)

La tensión máxima que genera cada string (2 módulos conectados en serie) es de 98V en condiciones operacionales, por lo tanto si la caída máxima de tensión admisible queremos que sea del 1% (0,98) ==>

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} \quad [\text{mm}^2]$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,0227 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1} \cdot 8 \text{m} \cdot 5,76 \text{A}}{0,98 \text{V}} = 2,13 \text{mm}^2$$

De acuerdo con la ITC-BT-37 del REBT'02 (para instalaciones de corriente continua de tensiones especiales) la tensión nominal del cableado no será inferior a 1000V. También se habrá de garantizar que el cableado resistan las condiciones atmosféricas a lo largo de su vida útil (tal como resistencia a los rayos UV o a temperaturas hasta 120°C)

Escogeremos un cable unipolar con doble cubierta de aislamiento termostable, de tensión mínima 1kV y sección normalizada de 4mm<sup>2</sup>.

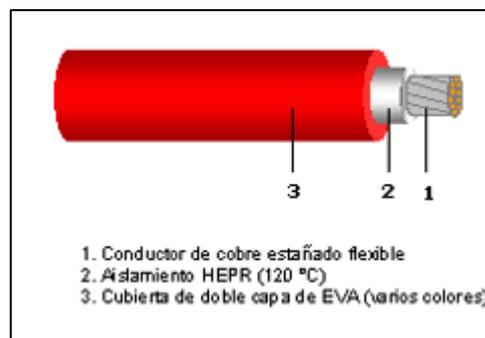


Ilustración 31 – Cable unipolar doble cubierta

### **Cálculo sección de los conductores desde cada cadena de módulos hasta el colector cercano al inversor**

El tramo de conductores desde el colector de las strings hasta el inversor se realiza en corriente continua, y por lo tanto el cálculo de su sección se rige igual que el apartado anterior según los siguientes condicionantes:

- Consideramos un c.d.t. del 1 % (el criterio de la máxima c.d.t. en instalaciones interiores o receptores de viviendas, según dispone el REBT'02 en su ITC-BT19 que fija que la máxima caída de tensión admisible no debe ser superior al 3%)
- Longitud del conductor de cada cadena 3m.
- Intensidad circulante 23 A.

$$S = \frac{2 \cdot 0,0227 \Omega \text{mm}^2 \text{m}^{-1} \cdot 3 \text{m} \cdot 23 \text{A}}{0,98 \text{V}} = 3,19 \text{mm}^2$$

El conductor escogido tendrá una sección normalizada de 6 mm<sup>2</sup>. Las mangueras que se instalarán tendrán un aislamiento mínimo de 1kV. Se ha sobredimensionado la línea para paliar los efectos de la temperatura (>120°C) y disposición sobre bandeja protectora. Para facilitar la instalación se instalaran mangueras con aislamiento termostable de dos polos (2x6mm<sup>2</sup>).

#### **OBSERVACIONES:**

1<sup>ERA</sup>- Sobredimensionamos la línea para menospreciar los efectos de la temperatura, tipo de canalización a instalar y también por si en un futuro el titular decidiera instalar módulos de más para optimizar la instalación.

2<sup>NDA</sup>- Hemos considerado que el inversor tiene una única entrada de corriente continua (un polo positivo y un polo negativo)

### Cálculo sección conductores de las desde el inversor hasta el punto de conexión

Este tramo se subdivide en dos: a) Circuito desde el inversor hasta el cuadro de protecciones generales b) Circuito del cuadro de medida hasta la Caja General de Protección (CGP).

A fin de simplificar los cálculos, hemos dimensionado el circuito como si de una sola línea se tratara (aunque en el apartado de protecciones diferenciamos entre las más adecuadas para un tramo y otro, respectivamente)

El tramo de conductor desde el inversor hasta el punto de interconexión a la red de distribución pública (consideramos como primer elemento de la instalación productora la Caja General de Protección, CGP) está sometido principios análogos de cálculo que los demás tramos, siendo el criterio más restrictivo el criterio de la caída de tensión máxima. Según el artículo 5 de la ITC-BT-40, sobre instalaciones generadoras de baja tensión, la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión no será superior al 1,5%.

El transporte de corriente en este tramo se realiza en alterna monofásico (230V), por lo tanto la expresión que nos determina la caída de tensión máxima en esta línea es la siguiente:

$$S = (2 \cdot \rho \cdot L \cdot I) / \Delta V \quad [2]$$

Dónde: delta V es caída de tensión en voltios (para nuestro tramo  $0,015 \cdot 230 = 3.45V$ )

Los condicionantes para el cálculo de este conductor son:

- Se estima una longitud del conductor de 4m
- Una intensidad circulante asociada a la potencia máxima que puede dar el inversor a 230V.

La intensidad circulante se obtiene mediante la siguiente expresión para el transporte en monofásica.

$$I=P/U \quad [3]$$

Donde:

- I [A]: Intensidad circulante
- P[W]: Potencia nominal del inversor
- ~~cosφ~~ [adim]: factor de potencia
- U [V]: tensión de trabajo

Por lo tanto la intensidad que circula por la línea de acuerdo con la expresión [3] y con los siguientes condicionantes es:

- Potencia nominal del inversor de 2,4 kW (evacuación red)
- Suponemos que la evacuación de la energía eléctrica se realiza directamente a la red de distribución de baja ( Sistema monofásico 230V).

$$I = \frac{2.400W}{230V} = 10,43A$$

Sustituyendo el valor de la intensidad circulante en la expresión [2], con los condicionantes descritos para este tramo de línea obtenemos la siguiente sección mínima del conductor.

$$S = \frac{2.4m \cdot 10,43A \cdot 0,0227 \Omega mm^2 m^{-1}}{3.45V} = 0,55mm^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior (apta para potencia) es de 2,5 mm<sup>2</sup>, sin embargo, al despreciar los efectos de la temperatura y su disposición dentro la canalización, y en previsión que el titular decidiera en un futuro instalar más módulos dimensionamos esta línea general de alimentación /generación con un conductor de 4mm<sup>2</sup>.

El cable conductor a instalar será unipolar con aislamiento termostable de 0,6/1kV (4x4mm<sup>2</sup>+4mm<sup>2</sup>).

### **Dimensionado de protecciones de CC y CA**

La mayoría de inversores incorporan una serie de protecciones contra sobretensiones en corriente continua y contra inversiones en polaridad (filtros...etc). Así mismo, llevan incorporado, adicionalmente, un sistema de medida de aislamiento en corriente continua así como un convertidor en c.c. para desplazar el punto de funcionamiento del campo fotovoltaico hacia el punto de máxima potencia, optimizando de esta forma la generación eléctrica para cada nivel de radiación y temperatura.

También incorporan protecciones contra polarizaciones inversas, sobretensiones, cortocircuitos, vigilancia antiisla, con desconexión automática.

Sin embargo, también deben adoptarse ciertas medidas preventivas y reglamentarias. Por este motivo se muestran a continuación los cálculos para la elección adecuada de las protecciones en los circuitos de continua y alterna.

### **Circuito de potencia en corriente continua:**

Cada cadena formada por 2 módulos en serie, se conectará en paralelo a las otras cuatro. La caja de protecciones servirá de colector. La energía se evacuará al inversor por un solo circuito de corriente continua.

Las protecciones que incorpora el inversor en la parte de corriente continua, juntamente con la caja de conexiones, ofrecerá un sistema de protección integrado.

- Fusibles:

Lo más cerca posible del colector, se instalara un fusible para cada ramal. La curva de los fusibles será tipo gG y su intensidad nominal será de 15 A.<sup>22</sup>

La finalidad de los fusibles es proteger el circuito de cada string frente a sobre intensidades, generadas por un mal funcionamiento del sistema (actuarían por ejemplo, en el caso de que se produjera un cortocircuito en algún panel).

La intensidad nominal se ha calculada considerando que es un 25% superior a la intensidad circulante por cada string en el caso de estar todos los paneles de la cadena, funcionando en condicione nominales.

$$I_n \geq 1,25 \cdot I_{string}$$

$$I_n \geq 1,25 \cdot 5,76 \Rightarrow \text{mín. de } 7,2A$$

La intensidad que asignaríamos a los fusibles sería de 25 A.

- Colector con seccionador para desconectar todos los strings del inversor (2 fusibles de mín. 40 A).
- Descargador de sobretensiones para proteger el sistema en caso de adversidades atmosféricas.

### En corriente alterna:

El inversor dispondrá de funciones de protección de máxima y mínima tensión (así como de máxima y mínima frecuencia) y maniobras automáticas de desconexión y conexión.

La protección de mínima actúa cortando la corriente cuando el campo FV suministra un voltaje por debajo del reglamentario  $0,85U_n$  (Si  $U_n=230V$  el voltaje mínimo será de 195,5V). La

---

<sup>22</sup> Según especificaciones del fabricante.

protección de máxima actúa cortando la corriente cuando el campo FV suministra un voltaje superior a  $1,1 U_n$  (253V).

La protección de mínima y máxima frecuencia sincroniza la frecuencia suministrada con la de la red eléctrica (con un margen de  $\pm 1$  Hz).

En principio el inversor debería disponer de protecciones contra sobretensiones en el lado de alterna, sin embargo y para mejorar su seguridad se instalará un protector de sobretensiones permanente.

- Magnetotérmico:

A la salida del inversor, se instalara un interruptor magnetotérmico de dos polos, con una intensidad de corte que sea superior en un 25% a la intensidad nominal asociada a un funcionamiento a potencia nominal del inversor.

$$I_n \geq 1,25 \cdot I_{inv}$$

$$I_n \geq 13 \text{ A}$$

La finalidad del interruptor magnetotérmico es proteger a la instalación frente a los desperfectos que pueden producir sobre intensidades no deseadas. El interruptor será rearmable por motivos de eficiencia en operaciones de mantenimiento y control a distancia.

Se ha escogido un calibre de 20 A.

- Interruptor diferencial

También se instalará un único interruptor diferencial de dos polos con una intensidad nominal igual a la intensidad nominal asociada al funcionamiento del inversor a potencia nominal.

A consecuencia de la posibilidad de presencia de armónicos y de elevadas densidades de carga electrostática en los paneles. Se propone instalar un

interruptor diferencial inmunizado, con una sensibilidad de 300 mA y una curva de disparo tipo C.

La finalidad del interruptor diferencial es detectar posibles derivaciones a tierra del circuito y proteger de este modo al operario que esté manipulando equipos de la instalación.

- Cuadro de contaje

El cuadro de contaje cumplirá el Vademecum de la Cía. Eléctrica Fecs-Endesa. Al ser la potencia inferior a 43,64 kW la medida del contador será directa.

Tal como dispone el RD 1663/2000 el contador será bidireccional. Para la disposición de los diferentes elementos de medida se seguirá el Reglamento de puntos de medida RD 1110/2007.

#### **Puesta a tierra:**

Las características de la puesta a tierra de la presente instalación seguirán lo dispuesto en las ITC 18 y 40 del vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

En estas instrucciones viene definido que todas las masas metálicas de la instalación se deberán conectar a tierra para evitar que un defecto de instalación puede afectar la seguridad de las personas en caso de contacto directo. También se especifica que las masas de la instalación se conectarán a una tierra diferente del que incorpora el neutro de la red de distribución

### 5.3. Energía Eólica.

Después de una búsqueda extensa en los recursos de la red, hemos seleccionado los siguientes aerogeneradores para su estudio y comparación:

1. Turbina Skystream 3.7 de 2,4 kW
2. Turbina Wind Genie de 2,0 kW
3. Turbina JBornay 3000 de 3,0 kW
4. Turbina Ropatec Simple de 3,6 kW

Todos los aerogeneradores están diseñados para áreas urbanas, bien sean industriales o residenciales, por lo que su seguridad, estética y bajos niveles de ruido han sido factores importantes en su diseño.

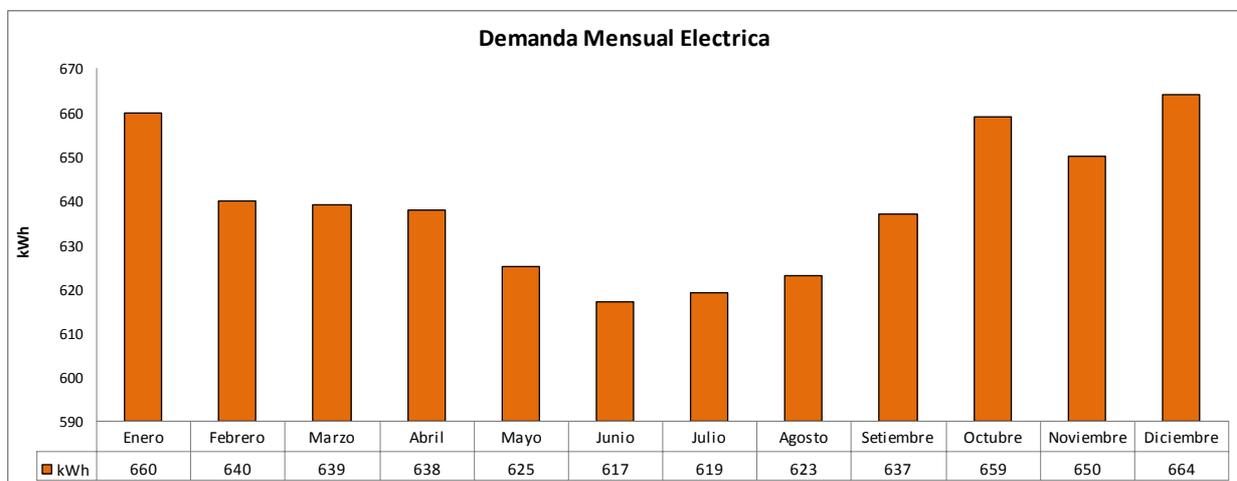


Ilustración 32. Tabla Consumo Eléctrico mensual y anual . FUENTE: Elaboración propia.

**Nota:** El fabricante de la primera hasta la tercera turbina es de eje horizontal y el fabricante de la cuarta turbina es de eje vertical. Aparte de las distintas potencias nominales de diseño en ambas, en la primera existe el handicap en su versatilidad en cuanto a uso, pues su conexión en los cuatro fabricantes admite una conexión directa a red o autoconsumo.

### 5.3.1. Datos característicos de los generadores escogidos

#### 5.3.1.1. Turbina Skystream 3.7 de 2,4 kW

Los datos reflejados a continuación se han obtenido del catálogo del fabricante Skystream Energy :

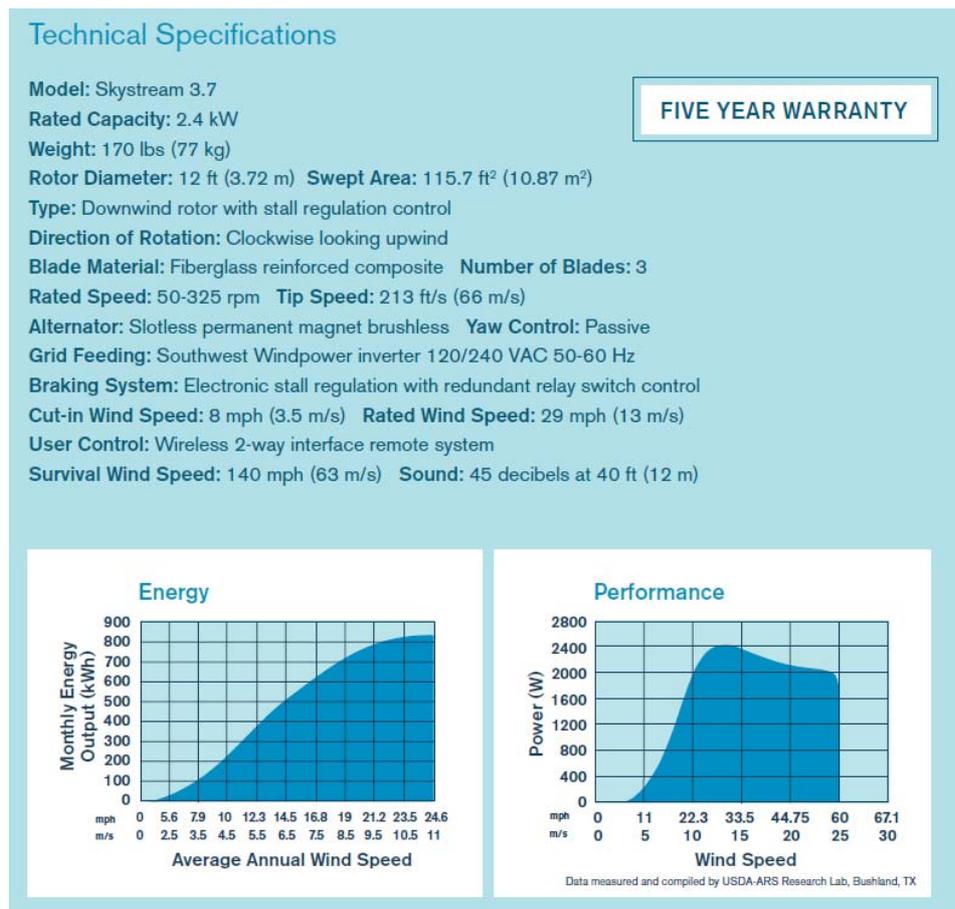


Ilustración 33. Características técnicas de Aerogenerador Skystream. FUENTE: <http://www.skystreamenergy.com/>

Según catálogo del fabricante, la velocidad inicial a la que empieza a producir electricidad son 3,5 m/s, la velocidad nominal que producirá la potencia máxima es 13 m/s, siendo la parada de emergencia por fuerte viento a los 25 m/s.

Las desventajas del presente aerogenerador resultarían, por una lado, la conexión para la evacuación de la energía eléctrica obligada a red, y en segundo lugar, su exceso de peso (inversor integrado). Por consiguiente, difícilmente lo podríamos instalar en nuestra cubierta y se tendría que instalar por medio de una estructura tipo celosía en el suelo.

Como ventajas, su bajo ruido de funcionamiento y la incorporación de una antena para monitorizar y modificar los parámetros internos del aerogenerador. También incorpora varistores para limitar las sobretensiones hasta 6000V de 3 microsegundos. La orientación del aerogenerador es pasiva, es decir, se orienta en función de la fuerza del viento que hace girar el aerogenerador.



Ilustración 34. Aerogenerador

Skystream 3.7. FUENTE:

<http://www.skystreamenergy.com/>

### 5.3.1.2. Turbina Genie 2000 de 2,0 kW

Los datos reflejados a continuación se han obtenido del catálogo del fabricante Auroville Wind Systems.

Las velocidades de arranque y paro por seguridad, son prácticamente comunes en los tres modelos estudiados, 3 m/s y 20 m/s respectivamente. El margen de velocidades aprovechables en la generación de energía para estas turbinas también resulta idóneo de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona donde se ubicará nuestro aerogenerador.

Para configuraciones estándar de este modelo de aerogenerador, la altura de la estructura que sujetaría la turbina es de 20m. Para nuestro lugar de emplazamiento, y a fin de comparar con los otros 4 modelos montaríamos una torre de 10-12 metros.

La tensión trifásica de generación (corriente alterna) se convierte en tensión regulada (corriente continua) para alimentar un grupo de baterías, por lo tanto es apto para instalaciones de autoconsumo o venta de energía eléctrica a red.

Como desventaja principal su excesivo peso (cuerpo del aerogenerador de 120 Kg).

#### Genie 2000 SPECIFICATIONS:

PERFORMANCE	
START-UP WIND SPEED	2.5 – 3.0 m/s
CUT-IN WIND SPEED	3.0 m/s
RATED WIND SPEED	12.0 m/s
CUT-OUT WIND SPEED	None
FURLING WIND SPEED	13.0 m/s
SURVIVAL WIND SPEED	55 m/s
RATED POWER	2000 watts
ROTOR SPEED	150-450 RPM
MECHANICAL	
ROTOR TYPE	3 Blade Upwind
ROTOR DIAMETER	3.35 m
BLADE PROFILE	NACA
SWEPT AREA	8.8 m <sup>2</sup>
OVERSPEED PROT.	Furling and electronic
GEARBOX/BELTS	Direct Drive
TEMPERATURE RANGE	-40C to +60 C
ELECTRICAL	
WITHOUT ELECTRONICS	3 Phase AC, Variable Frequency
WITH CONTROLLER	Regulated DC, 120 Volts
WITH INVERTER	220 VAC, 50 HZ Single Phase
GENERATOR	Permanent Magnet Alternator
<i>Please note that technical specifications may change without notice.</i>	
100% SAFETY – 4 BRAKE SYSTEMS	
Mechanical, automatic – furling of the tail-vane	
Mechanical, manually – furling of the tail vane	
Electronic – dump load is fully activated	
Electrical – short circuit relay is activated	
SHIPPING DIMENSIONS:	155x80x60 cm,
(Generator and controller only)	120 kgs

Ilustración 36. Aerogenerador Genie 2000.

FUENTE:

<http://www.aurovillewindsystems.com/>

### 5.3.1.3. Turbina BORNAY 3000 de 3 kW

Los datos reflejados a continuación se han obtenido del catálogo del fabricante JBornay:

INCLIN	250	600	1500 neo	3000 neo	6000 neo
<b>ROTOR:</b>					
Nº DE HÉLICES	2	2	2	2	3
DIÁMETRO (m)	1,35	2	2,86	4	4
MATERIAL	Nylon	Fibra de vidrio / carbono			
<b>SISTEMA ELÉCTRICO:</b>					
TIPO	Alternador trifásico de imanes permanentes				
IMANES	Ferrita		Neodimio		
POT. NOMINAL	250 W	600 W	1500 W	3000 W	6000 W
VOLTAJE (V)	12 / 24 / 48 v		24 / 48 / 120 / 300 v		48 / 300 v
Cuadro regulador y rectificador de Onda Completa y medidor de Voltios y Amperios					
<b>FUNCIONAMIENTO: VELOCIDAD DEL VIENTO:</b>					
ARRANQUE	3 m/s	3'5 m/s	3'5 m/s	3'5 m/s	3'5 m/s
POT. NOMINAL	11 m/s	11 m/s	12 m/s	12 m/s	12 m/s
FRENO AUTOMA.	13 m/s	13 m/s	14 m/s	14 m/s	14 m/s

Ilustración 37. Características técnicas de aerogenerador INCLIN 3000 NEO. FUENTE: <http://www.bornay.com/>

Según catálogo del fabricante, la velocidad inicial a la que empieza a producir electricidad es 3,5 m/s, la potencia máxima la desarrolla a 12 m/s, siendo la parada de emergencia por fuerte viento a los 20 m/s.

Una de las ventajas del presente aerogenerador es la versatilidad en su voltaje de salida, ya que se puede conectar a 24 VDC o 48 VDC (incluso conexiones directas a red para conexiones monofásicas).

Su robustez hace que tenga poco mantenimiento eléctrico-electrónico (mejora en sus prestaciones de conectividad).

La nacela es basculante vertical en los 4 puntos cardinales. La orientación es por timón pasiva.



Ilustración 39. Aerogenerador INCLIN 3000 NEO. FUENTE: <http://www.bornay.com/>

Puede ser montado, tanto para instalación aislada, como instalación para la venta de energía eléctrica a la Cía. Eléctrica.

Como desventajas destacaríamos ,el poco atractivo visual y la no incorporación de pararrayos.

Nota: Todos los aerogeneradores son de eje horizontal.Los motores son trifásicos de imanes permanentes.

#### 5.3.1.4. Turbina ROPATEC SIMPLE de 3,6 kW:

Los datos reflejados a continuación se han obtenido del catálogo del fabricante ROPATEC.

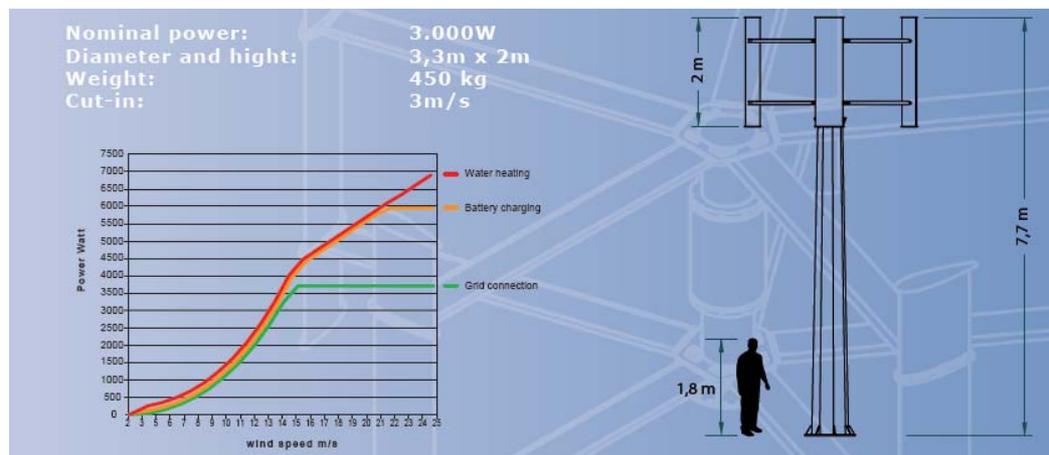


Ilustración 40. Características técnicas de Aerogenerador ROPATEC SIMPLE 3,6 Kw.

FUENTE: <http://www.ropatec.com/>

Este aerogenerador es el único de los tres anterior que es de eje vertical, de la familia de los aerogeneradores Darrieus.

Este fabricante es de los pocos que hemos encontrado que haya desarrollado una tecnología propia (elevada I+D y interesantes curvas de potencia)

Como ventajas, no precisa de orientación ni sistema de regulación a velocidades constantes por pérdida aerodinámica. Tiene un mantenimiento muy sencillo pues en comparación con los aerogeneradores de eje horizontal no tienen tanta componente electrónica.



Ilustración 41. Aerogenerador ROPATEC SIMPLE 3,6 Kw. FUENTE:

<http://www.ropatec.com/>

Como desventajas principales destacaríamos su bajo rendimiento y su alto peso, que lo harían complicado instalar en tejados.

Más adelante veremos que estos aerogeneradores tiene una curva de potencia particular (indicado para lugares con mucho aire)

Nota: También podíamos haber comparado con otro aerogenerador del tipo Savonius de eje vertical (son eficaces a bajas velocidades), pero están poco desarrollados en comparación con los de eje horizontal, que aunque están destinados a altas velocidades mediante control electrónico son capaces de generar elevada energía eléctrica.



Ilustración 42. Aerogenerador WINSIDE eje vertical Savonius.  
FUENTE: [www.windside.com](http://www.windside.com)

5.3.2. Energía generada mensual por los aerogeneradores escogidos

A continuación mostramos una tabla de síntesis (ver archivo Excel para más detalle) con los valores mensuales de los generadores a 12 metros.

Tipo de Aerogenerador	Energía generada enero(E) [kWh]	Energía generada febrero(E) [kWh]	Energía generada marzo(E) [kWh]	Energía generada abril(E) [kWh]	Energía generada mayo(E) [kWh]	Energía generada junio(E) [kWh]	Energía generada julio(E) [kWh]	Energía generada agosto(E) [kWh]	Energía generada setiembre(E) [kWh]	Energía generada octubre(E) [kWh]	Energía generada noviembre(E) [kWh]	Energía generada diciembre(E) [kWh]	Total Energía Generada [kWh]
SKYSTREAM 3.4 2,4 kW 12m	367,94	416,07	662,16	618,80	418,88	506,06	399,90	418,88	618,80	716,60	464,36	445,61	6054,06
GENIE 2000 2kW a 12m	286,76	327,78	471,95	486,95	327,50	407,46	335,61	327,50	486,95	508,99	368,04	337,05	4672,54
JBORNAY 3 kW a 12m	587,61	647,61	997,90	957,69	672,42	774,03	626,60	672,42	957,69	1071,27	722,49	696,76	9384,49
ROBATEC 3,6 kW a 12m	324,97	365,11	654,58	516,93	349,16	403,76	301,85	349,16	516,93	711,17	407,10	421,97	5322,69
DEMANDA ENERGIA ELECTRICA	660	640	639	638	625	617	619	623	637	659	650	664	7.671

Ilustración 51. Gráfica comparativa con la energía mensual generada por los 4 aerogeneradores seleccionados. FUENTE: Elaboración Propia.

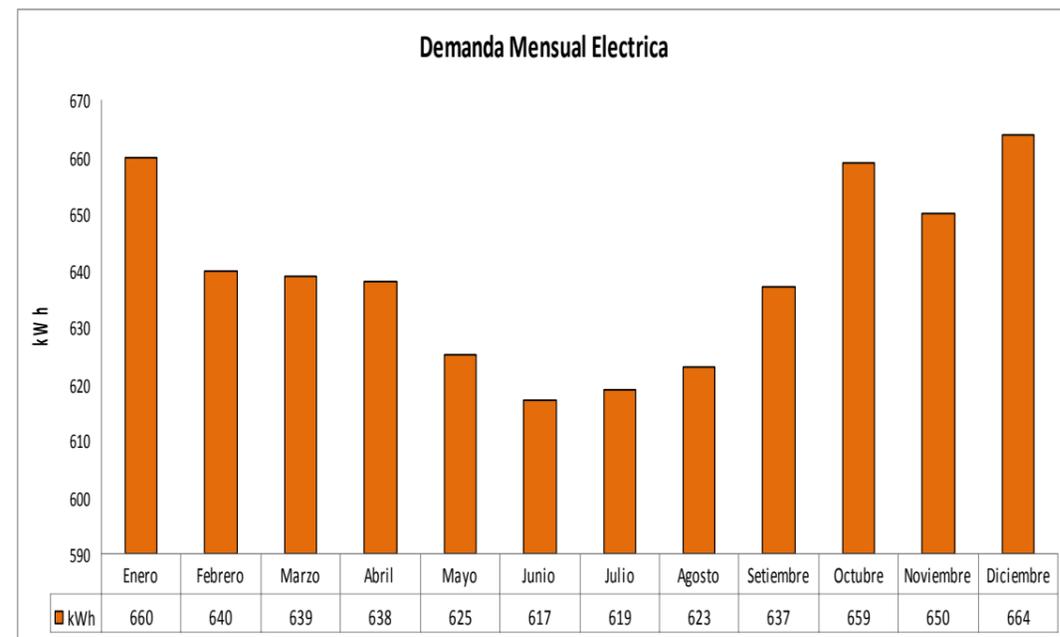


Ilustración 43. Gráfica Demanda Energía Eléctrica de la i-naturhouse. FUENTE: Elaboración Propia.

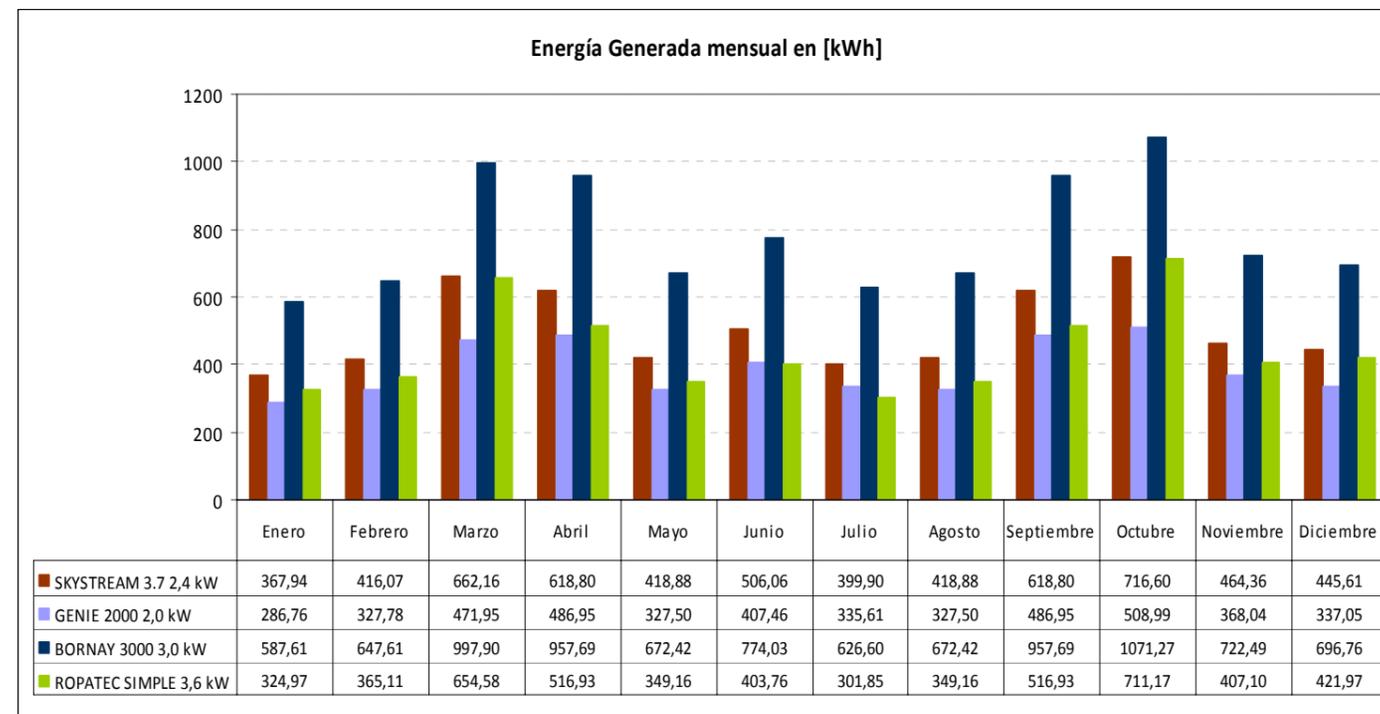
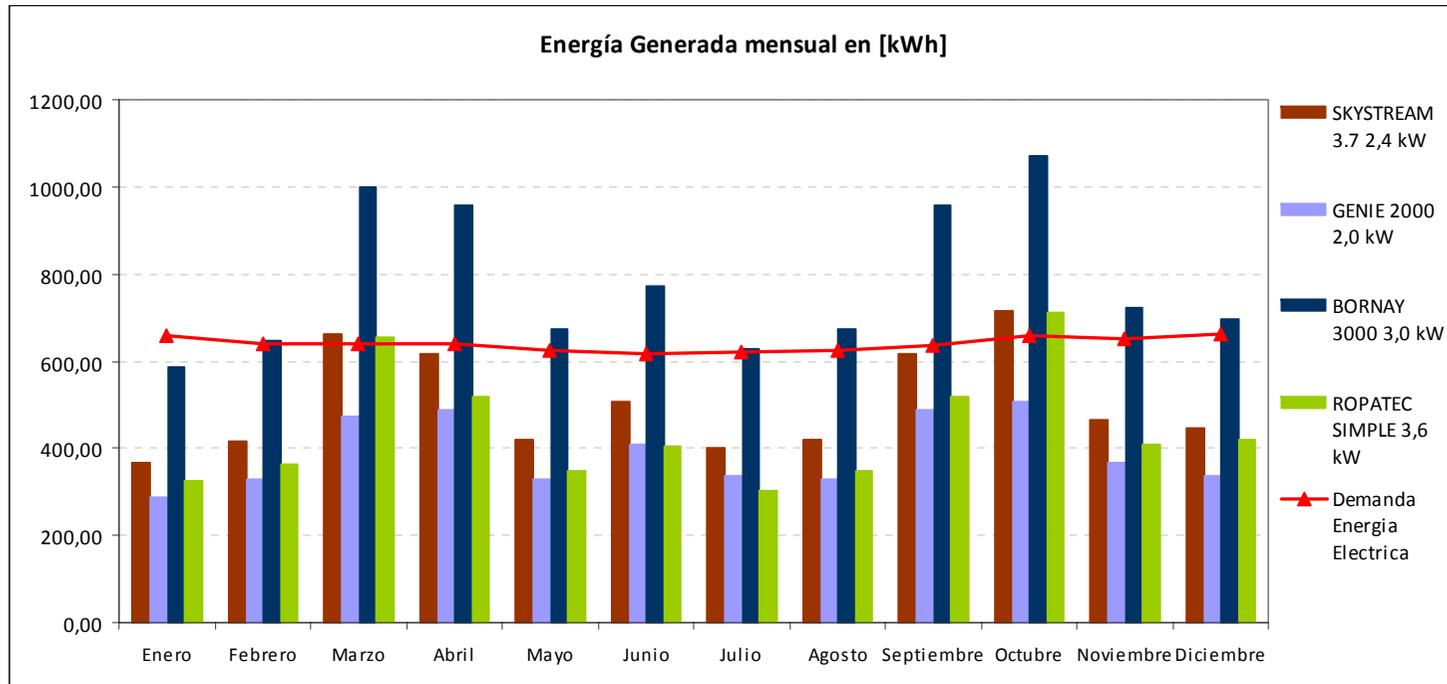


Ilustración 44. Gráfica comparativa con la energía mensual generada por los 4 aerogeneradores seleccionados. FUENTE: Elaboración Propia.

A continuación mostramos la Energía producida por cada aerogenerador y comparamos con la Energía Demandada de la i-Naturhouse.



**Ilustración 45. Gráfica Demanda Energía Eléctrica de la i-naturhouse versus Energía producida por los 4 aerogeneradores. FUENTE: Elaboración Propia.**

A priori podemos observar, que el único aerogenerador que podría suministrar energía suficiente para las necesidades eléctricas de la i-Naturhouse durante todos los meses del año sería el modelo Bornay 3000.

### 5.3.3. Energía generada anual por cada uno de los generadores

#### 5.3.3.1. Energía Generada por Skystream 3.7

SKYTREAM 2,4 Kw a 12m			
Velocidad (V) [m/s]	Horas medidas anuales (H) a velocidad (V)	Potencia (P) para velocidad (V) en [W]	Energía generada (E) [W·h]
0	2005,55	0	0,00
1	838,57	0	0,00
2	798,07	0	0,00
3	646,46	20	12929,12
4	466,20	80	37295,93
5	485,95	200	97190,66
6	357,06	450	160675,72
7	428,17	720	308284,05
8	402,49	1060	426641,33
9	339,28	1560	529274,28
10	402,00	2000	803995,94
11	296,31	2200	651888,60
12	355,58	2360	839158,42
13	272,61	2400	654259,10
14	188,16	2390	449699,42
15	187,17	2340	437980,25
16	118,03	2290	270291,78
17	92,84	2210	205186,88
18	53,34	2150	114673,13
19	20,25	2120	42925,88
20	5,93	2090	12385,88
21	0	2050	0,00
22	0	2040	0,00
23	0	2030	0,00
24	0	2010	0,00
25	0	1920	0,00
<b>Total Horas</b>	<b>8760</b>	<b>Total energía anual [kW·h/año]</b>	<b>6054,74</b>

Ilustración 46. Gráfica Energía Eléctrica generada por Skystream 3.7. FUENTE: Elaboración Propia.

### 5.3.3.2. Energía Generada por Wind Genie 2,0Kw

Car.Genie 2 Kw a 12m			
Velocidad (V) [m/s]	Horas medidas anuales (H) a velocidad (V)	Potencia (P) para velocidad (V) en [W]	Energía generada (E) [W·h]
0	2005,55	0	0
1	838,57	0	0
2	798,07	0	0
3	646,46	50	32322,80975
4	466,20	150	69929,868
5	485,95	270	131207,3964
6	357,06	450	160675,7243
7	428,17	640	274030,2624
8	402,49	950	382367,2338
9	339,28	1400	474989,739
10	402,00	1850	743696,2445
11	296,31	1950	577810,35
12	355,58	1900	675593,64
13	272,61	1750	477063,93
14	188,16	1600	301054,008
15	187,17	1450	271398,0153
16	118,03	350	41310,97075
17	92,84	340	31567,2116
18	53,34	350	18667,719
19	20,25	370	7491,78035
20	5,93	390	2311,2414
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
Total Horas	8760	Total energía anual [kW·h/año]	4673,49

Ilustración 47. Gráfica Energía Eléctrica generada por Genie 2000. FUENTE: Elaboración Propia.

### 5.3.3.3. Energía Generada por Inclín Neo 3000 3Kw

JBORNAY 3 Kw a 2m			
Velocidad (V) [m/s]	Horas medidas anuales (H) a velocidad (V)	Potencia (P) para velocidad (V) en [W]	Energía generada (E) [W·h]
0	2005,55	0	0
1	838,57	0	0
2	798,07	0	0
3	646,46	250	161614,0488
4	466,20	500	233099,56
5	485,95	750	364464,99
6	357,06	1000	357057,165
7	428,17	1500	642258,4275
8	402,49	2000	804983,65
9	339,28	2270	770161,934
10	402,00	2500	1004994,925
11	296,31	2875	851899,875
12	355,58	3150	1120063,14
13	272,61	3370	918688,8252
14	188,16	3500	658555,6425
15	187,17	3260	610177,6067
16	118,03	2980	351733,4081
17	92,84	3020	280391,1148
18	53,34	3160	168542,8344
19	20,25	3300	66818,5815
20	5,93	3330	19734,4458
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
<b>Total Horas</b>	<b>8760</b>	<b>Total energía anual [kW·h/año]</b>	<b>9385,24</b>

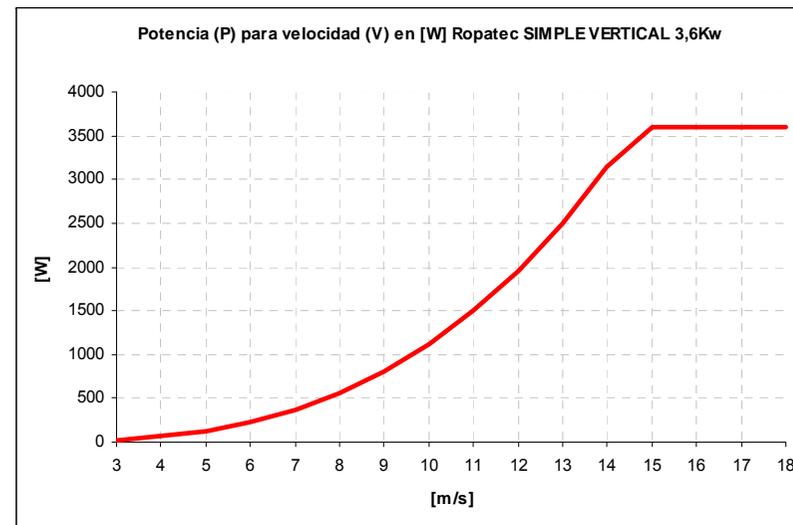
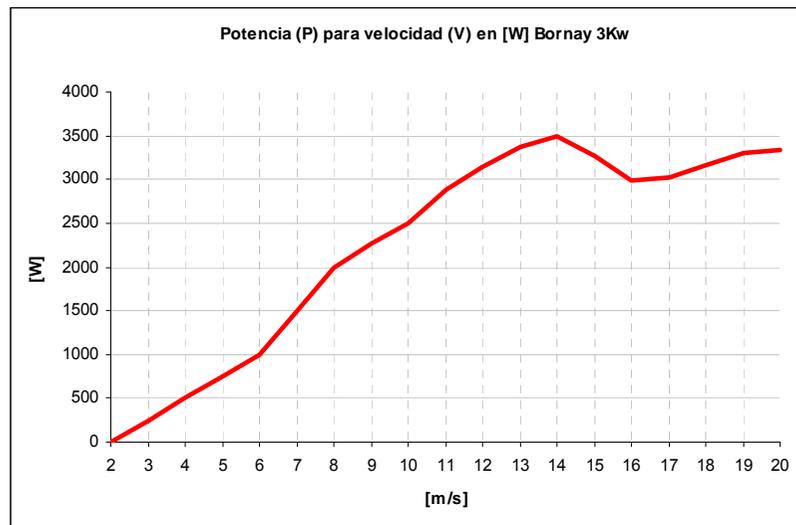
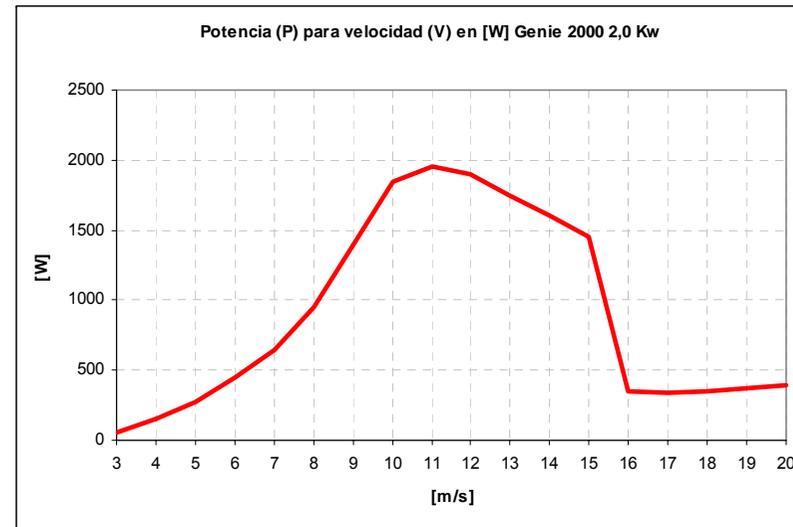
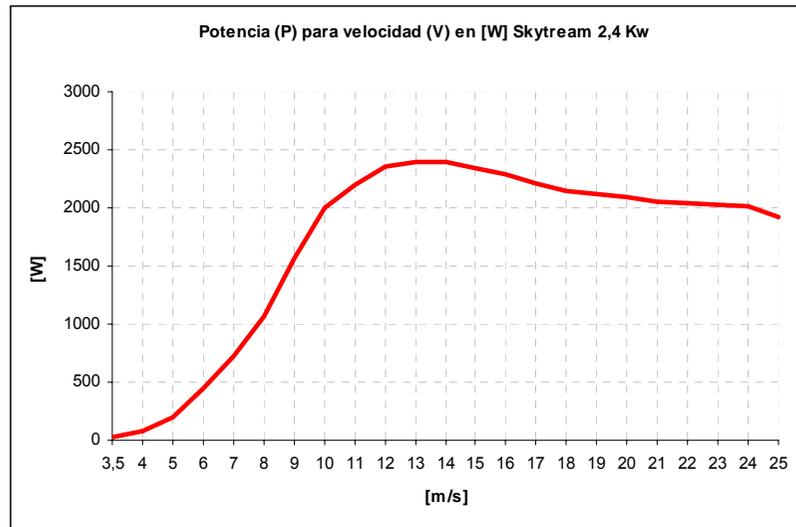
Ilustración 48. Gráfica Energía Eléctrica generada por Inclín 3000 Neo. FUENTE: Elaboración Propia.

### 5.3.3.4. Energía Generada por ROPATEC SIMPLE 3,6Kw

ROPATEC 3,6 Kw a 12m			
Velocidad (V) [m/s]	Horas medidas anuales (H) a velocidad (V)	Potencia (P) para velocidad (V) en [W]	Energía generada (E) [W·h]
0	2005,55	0	0
1	838,57	0	0
2	798,07	0	0
3	646,46	22	14222,03629
4	466,20	64	29836,74368
5	485,95	127	61716,07164
6	357,06	224	79980,80496
7	428,17	362	154998,3672
8	402,49	551	221772,9956
9	339,28	799	271083,4296
10	402,00	1117	449031,7325
11	296,31	1497	443580,561
12	355,58	1957	695861,4492
13	272,61	2506	683155,5478
14	188,16	3152	593076,3958
15	187,17	3600	673815,762
16	118,03	3600	424912,842
17	92,84	3600	334241,064
18	53,34	3600	192010,824
19	20,25	0	0
20	5,93	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
Total Horas	8760,0	Total energía anual [kW·h/año]	5323,30

Ilustración 49. Gráfica Energía Eléctrica generada por Ropatec Simple 3,6 Kw. FUENTE: Elaboración Propia.

### 5.3.4. Curvas de Potencia de los Aerogeneradores estudiados



PROYECTO FINAL DE MÁSTER  
**Soriano**

---

**Tutora: Núria Garrido**

En el archivo adjunto de Excel, podemos observar que, el sumatorio de las energías generadas mensualmente en las etiquetas correspondientes a los meses, coincide con el total para cada aerogenerador.

A fin de poder comparar más objetivamente los aerogeneradores seleccionados se ha fijado una **altura de buje para los 4 aerogeneradores de 12m** (que es la altura mínima a la que los fabricantes aconsejan su instalación).

### 5.3.5. Elección de un aerogenerador en función de nuestras necesidades

Para las necesidades energéticas de la i-Naturhouse se ha optado por la instalación híbrida de energía eólica y energía fotovoltaica (se contempla la cogeneración como base de apoyo a la energía solar térmica y se contempla la posibilidad que pueda verter a red)

La energía generada por el aerogenerador verterá a red o a baterías.

Si impusiéramos como condición primordial que la satisfacción del 40% de la energía eléctrica de la i-Naturhouse se generara con eólica y el 60% fotovoltaica, los cuatro modelos cumplirían (ver tabla anexa). Si queremos abastecer la demanda eléctrica 100% eólica, solo podemos cumplir con el aerogenerador Bornay 3000 3KW.

Tipo de Aerogenerador	Energía generada enero(E) [KWh]	Energía generada febrero(E) [KWh]	Energía generada marzo(E) [Kwh]	Energía generada abril(E) [Kwh]	Energía generada mayo(E) [Kwh]	Energía generada junio(E) [Kwh]	Energía generada julio(E) [Kwh]	Energía generada agosto(E) [Kwh]	Energía generada setiembre(E) [Kwh]	Energía generada octubre(E) [Kwh]	Energía generada noviembre(E) [Kwh]	Energía generada diciembre(E) [Kwh]	Total Energía Generada [Kwh]
SKYSTREAM 3.4 2,4 kW 12m	367,94	416,07	662,16	618,80	418,88	506,06	399,90	418,88	618,80	716,60	464,36	445,61	6054,06
GENIE 2000 2kW a 12m	286,76	327,78	471,95	486,95	327,50	407,46	335,61	327,50	486,95	508,99	368,04	337,05	4672,54
JBORNAY 3 kW a 12m	587,61	647,61	997,90	957,69	672,42	774,03	626,60	672,42	957,69	1071,27	722,49	696,76	9384,49
ROBATEC 3,6 kW a 12m	324,97	365,11	654,58	516,93	349,16	403,76	301,85	349,16	516,93	711,17	407,10	421,97	5322,69
DEMANDA ENERGIA ELECTRICA	660	640	639	638	625	617	619	623	637	659	650	664	7.671
DEMANDA ENERGIA ELECTRICA 40%	264,00	256,00	255,60	255,20	250,00	246,80	247,60	249,20	254,80	263,60	260,00	265,60	

Ilustración 50. Gráfica Relación energía generada de los 4 aerogeneradores escogidos. FUENTE: Elaboración Propia.

Tipo de Aerogenerador	Total Energía Demandada Anual [Kwh]	Total Energía Generada Anual [Kwh]	40% por Eolica, Energía Demandada Anual [Kwh]	Media Mensual Energía Generada [Kwh]	100% Eolica, Media Mensual Energía Demandada [Kwh]	40% Eolica, Media Mensual Energía Demandada [Kwh]	Cumple Condiciones Demandas Energetica al 40% Sum. Eolica	Cumple Condiciones Demandas Energetica al 100% Sum. Eolica
SKYSTREAM 3.4 2,4 kW 12m	7671,00	6054,06	3068,40	504,51	639,25	255,70	SI	NO
GENIE 2000 2kW a 12m	7671,00	4672,54	3068,40	389,38	639,25	255,70	SI	NO
JBORNAY 3 kW a 12m	7671,00	9384,49	3068,40	782,04	639,25	255,70	SI	SI
ROBATEC 3,6 kW a 12m	7671,00	5322,69	3068,40	443,56	639,25	255,70	SI	NO

Ilustración 51. Gráfica Relación energía generada y demanda de consumo de los 4 aerogeneradores escogidos. FUENTE: Elaboración Propia.

Antes de evaluar los aerogeneradores, puesto que el objetivo de la i-Naturhouse resulta seguir las pautas de la construcción bioclimática y sostenible y fomentar el uso de energías renovables, destacaremos que el coste de implantación de este tipo de tecnología puede ser superior si lo comparamos a otras más estandarizadas. Por consiguiente, en el criterio de elección final, no se tendrá tanto en cuenta el punto económico, como el factor funcional y sostenible en su conjunto.

El primer aerogenerador estudiado ha sido el **“Skystream 3.7 de 2,4 kW”**. Este aerogenerador no satisface el requisito que hemos impuesto, bajo nuestro punto de vista, de poder abastecer el 100% de la Demanda Eléctrica de la i-Naturhouse. Aun así, llegaría a satisfacer el 40%. Como hemos relatado al principio del subapartado el Skystream está fabricado para verter directamente a la red, pues ya lleva integrado el inversor.

Tecnológicamente es el mejor de los estudiados, tanto a nivel electrónico como aerodinámico. También cabe decir que el manual del usuario y el servicio postventa está muy detallado.

Uno de los inconvenientes por el que no lo vamos a tener en cuenta en la elección final, es su elevado coste de amortización, el aerogenerador, más la torre de 12m y inversión de conexión a red, sobrepasa los 13.000€ (no incluiría su instalación).

Otro de los aerogeneradores estudiados, el **ROPATEC SIMPLE 3,6KW de eje vertical tipo Darrieux**, tampoco cumple con la demanda de energía eléctrica al 100%. Como ventaja respecto al primero, destacaríamos su gran robustez y bajo mantenimiento. Como principales “hándicaps” destacaríamos la baja energía generada, su elevado precio y el coste ( próximo a los 15.000 €). Por lo tanto lo descartamos.

Nuestra elección final será el aerogenerador del fabricante Español **Bornay Inclín 3000 Neo de 3Kw**. Resulta ser el único que satisface la demanda de energía eléctrica al 100% íntegramente. Es totalmente versátil a la hora de su utilización, tanto puede instalarse como autoconsumo o para vender energía a la red y su robustez.

Puede ir instalado tanto en tejado como en torre, y el mantenimiento resulta mínimo.

Destacar también dos aspectos muy relevantes, el primero radica en que esta clase de turbina lleva en el mercado más de 30 años, por lo que queda probada su eficacia. En segundo lugar, recalcar su precio de adquisición, que es el segundo más bajo de los 4 aerogeneradores escogidos por un precio final de 6.900 €, debido al gran número de unidades vendidas.

En segundo lugar, en cuanto a nuestro criterio para la elección del segundo mejor aerogenerador, figuraría la unidad del fabricante indio Auroville Wind Systems, modelo **“Wind Genie 2000”**, con una potencia nominal de **2.0 kW**.

La generación de la corriente se transforma en condiciones estándar a 120 Vdc para la carga. Su robustez (según catálogo fabricante puede llegar a aguantar ráfagas de viento de 160 km/h), así como su sistema de seguridad, cuando se superan las condiciones de operación normal, la cola de la turbina se sitúa horizontalmente apuntando al rotor, hacen que este tipo de aerogeneradores sean muy versátiles en cuanto a instalación domésticas residenciales (autónomas e incluso conectadas a red).

El mismo fabricante incide en su escaso mantenimiento (tan solo revisión ocular y acústica cada 4 semanas).

# **PARTE III. SUMINISTRO ELECTRICO Y COMUNICACIONES**

## 6. Calidad de suministro, operación y mantenimiento.

### 6.1. Introducción al sistema de control

Cada uno de los grupos que componen la i-Naturhouse podría trabajar de forma aislada, es decir el grupo solar podría generar electricidad sin necesidad de comunicar lo que está haciendo en cada momento a un grupo superior y que este tuviese que dar su aprobación o negársela a la función emprendida. De la misma forma el aerogenerador es totalmente autónomo y no requiere de un control redundante al incorporar su propia electrónica de control que lo hace de fácil utilización en sistemas con cierto grado de autonomía. Ahora bien, cada grupo de trabajo ejecuta sus propias acciones en función de unos algoritmos que el fabricante ha establecido, y perdemos la potencia que la conectividad nos puede ofrecer al conocer en todo momento que están haciendo los demás grupos y que es lo que deberíamos estar haciendo en conjunto.

La i-Naturhouse se basa en un sistema de control de tipo Distribuido con arquitectura PLC. Todas las señales de campo (analógicas / digitales) se recogen en un terminal OCS remoto con capacidad de cálculo y ejecución y se transportan aquellas que se consideran importantes para su modificación, verificación, registro o monitorización desde una estación OCS superior. Esto nos proporciona por un lado, total autonomía por parte de cada uno de los grupos de trabajo (instalación solar, instalación eólica, micro-cogeneración, instalación térmica) y a su vez, un sistema multivariable que con las adecuadas modelizaciones dinámicas del proceso nos puede ofrecer muchas ventajas sobre sistemas tradicionales de control totalmente autónomos.

El aspecto principal que debe recoger el sistema de control de la i-Naturhouse , es la correcta determinación de las señales que para cada grupo son necesarias, tanto a nivel de salida como a nivel de entradas. Estas para algunos de los grupos serán únicamente señales a monitorizar y conocer y en otros casos estas señales pueden formar parte de un proceso lógico de control que como resultado nos ejecute una serie de acciones establecidas.

Las señales pueden ser de tipo digital (todo o nada) o de tipo analógico. Para las señales de tipo analógico se deberán seleccionar aquellas con una resolución suficiente para el objeto de la lectura y procesamiento del dato.

Ejemplo: si es necesario recoger un dato de lectura de temperatura en placas de solar térmica y utilizamos una termoresistencia tipo PT1000, esta deberá ser conectada a uno de los módulos de Entradas con conversión A/D. Si el módulo permite ajuste del rango de trabajo, este podría ir comprendido entre  $-20.0$  a  $100.0^{\circ}\text{C}$ , lo cual supone 1200 puntos de resolución totales para hacer coincidir un punto de resolución por cada  $0,1^{\circ}\text{C}$ . El módulo de Entradas remotas debe ser

capaz de cumplir con este requisito y en este caso se trata de una resolución de conversión A/D de 10 bits  $\rightarrow 2^{10} = 1024$  puntos

Otro aspecto a considerar sería la unificación de buses y protocolos. En el esquema siguiente mostramos la dualidad de recogida de datos de cada campo o forzado de elementos mediante comunicación directa o mediante módulo de entradas y salidas remotas.

Las líneas de comunicación naranjas en el esquema siguiente son lo que llamamos buses de comunicación y permiten unir todos los elementos de control necesarios en la i-Naturhouse de manera que puedan intercambiar mensajes entre ellos. La arquitectura aquí implementada incorpora una mayor parte de control Distribuido y una menor de control Centralizado. En un sistema distribuido, el sistema complejo se divide en subsistemas autónomos con control propio y que se integran gracias a un sistema de comunicación común. Esto es posible para algunos de los grupos de la i-Naturhouse pero algunos de ellos no tienen capacidad de funcionamiento autónomo como sería el caso del freecooling, circuito hidráulico y seguidor solar. Para no encarecer la solución final se decide controlarlos desde la OCS máster.

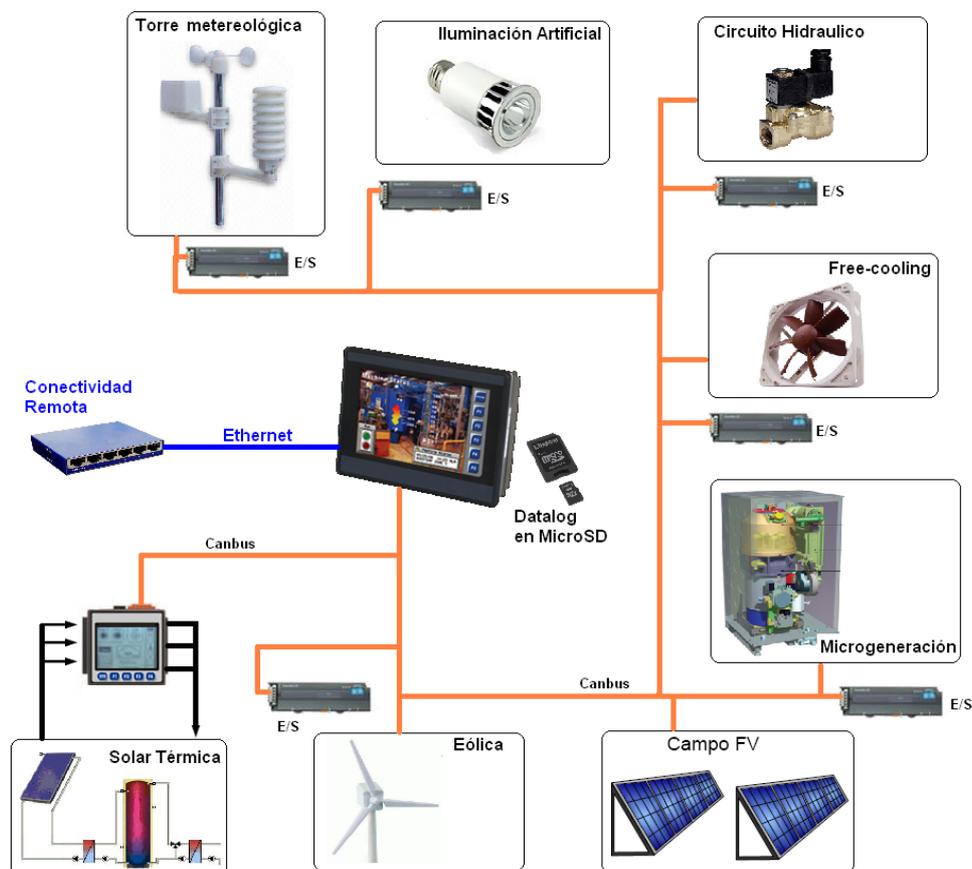


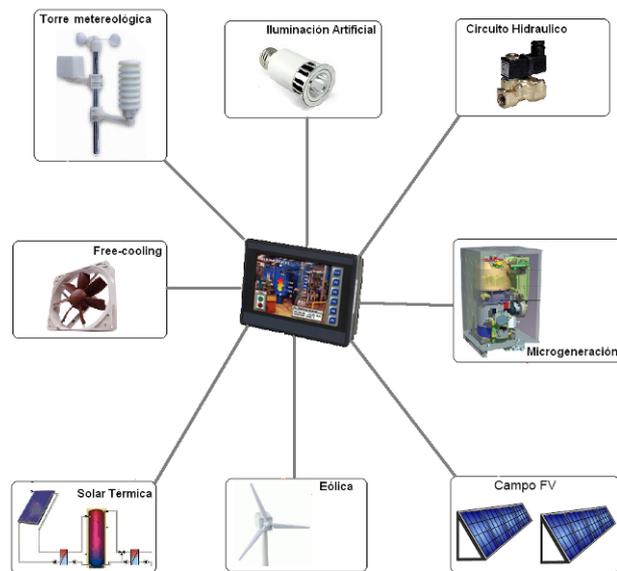
Ilustración 52. Sistema de control Distribuido y Centralizado para I-Naturhouse. FUENTE: Edición propia.

Ya disponemos de las líneas físicas de comunicación llamados buses de campo, pero ahora debemos determinar una serie de reglas para realizar el intercambio de información. El lenguaje debe ser explícito, sin ambigüedades, y el lenguaje conocido por todos los interlocutores, en este caso los grupos de la i-Naturhouse.

Hoy en día la normalización de los diferentes lenguajes que pueden ser utilizados son responsabilidad de la ISO (International standards Interconnection). En el apartado 7.3 entraremos más en detalle en el bus de campo y protocolo del lenguaje seleccionado.

Una vez disponemos de toda la información de datos de lectura podemos ejecutar los correspondientes algoritmos para cada uno de los grupos, enviando datos y forzando salidas a cada actuador final. A su vez, algunos de estos datos o señales serán únicamente utilizadas para monitorizar o registrar en un Datalogger que mediante memoria MicroSD nos ofrecerá un histórico de funcionamiento muy útil como veremos posteriormente.

El terminal de control OCS recibe, registra y ejecuta los algoritmos establecidos para la acción lógica y con cierto grado de inteligencia de la i-Naturhouse. Los algoritmos de la i-Naturhouse no son fijos y aprenden de situaciones pasadas permitiendo a la casa establecer nuevos patrones de comportamiento en función de comportamientos anteriores dentro de un sistema multivariable. La selección de este tipo de controlador ha tenido en cuenta la potencia de cálculo y precisión del controlador que permite integrar formulas y expresiones matemáticas avanzadas.



**Ilustración 53. Representación de control todo en uno, el cual ejecuta acciones por criterios multivariable. Fuente: Edición propia.**

El sistema como hemos expuesto anteriormente utiliza la concepción de sistema multivariable convirtiendo la i-Naturhouse en un construcción automatizada con cierto grado de inteligencia y acción en conjunto, en un sistema capilar en el cual lo que está sucediendo en uno de los grupos es puesto en conocimiento en el resto para que puedan actuar si ha sido establecido.

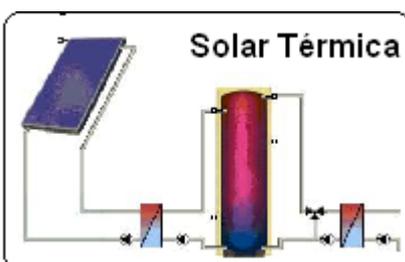
## 6.2. Orientación y Maximización de los recursos energéticos

En el apartado anterior hemos visto como el sistema de control de la i-Naturhouse es capaz de utilizar toda la información significativa de cada uno de los grupos para optimizar el funcionamiento de esta. Esta optimización no es más que una mejor eficiencia del sistema y por tanto obtener la mayor producción energética con el menor número de recursos, cuando estos son bajos y obtener la mayor producción posible y maximizar la generación eléctrica cuando estos son elevados y así aumentar la rentabilidad económica de esta, al vender el excedente a la distribuidora de energía eléctrica.

Todo esto pasa por la regulación y control de cada uno de los elementos tanto a nivel individual como en su conjunto. A continuación detallamos algunas de las acciones y sinergias de estos grupos operativos.



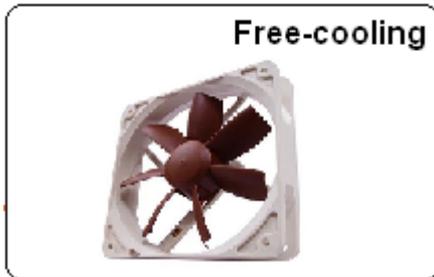
La toma de datos de la torre, no únicamente nos permite ofrecer información en tiempo real de forma histórica de temperatura, pluviometría, humedad, etc...Sino que además nos da información para modificar el comportamiento de la piel de la i-Naturhouse, aumentando o reduciendo la ventilación natural o forzada (free-cooling) o iniciando un proceso de ajuste de entrada de radiación solar directa para aprovechar termias exteriores, etc...



La instalación de solar térmica aunque puede operar de forma independiente actúa con otros sistemas térmicos como la micro-cogeneración y el termoacumulador para ofrecer la energía más rentable en todo momento para el suelo radiante.



El termoacumulador únicamente calienta agua cuando no se dispone de temperatura suficiente en la instalación solar térmica y hay previsión de demanda. Además si hay excedente en la instalación de solar térmica y no hay consumo, se desvía al interacumulador, para evitar utilizar resistencias en caso de requerirse en algún momento.



Se controlan las filtraciones a la i-Naturhouse en función de algoritmos definidos en el terminal OCS para mejorar los parámetros ambientales interiores con el menor consumo posible. Ejemplo: Aprovechamiento de temperatura nocturna exterior en verano para refrigerar la i-Naturhouse.



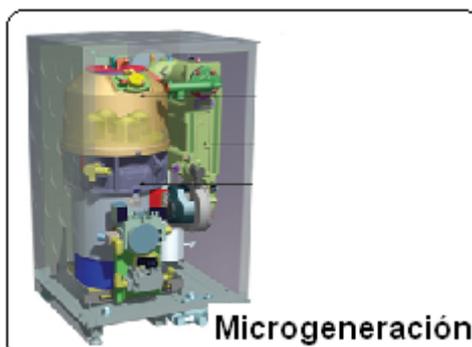
Control automático sobre todo el sistema hidráulico (bypass, desviaciones, etc...) que permiten un funcionamiento del sistema totalmente automático y donde se aumenta la eficiencia.



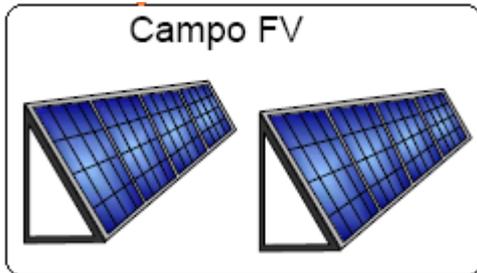
Siguiendo el modelo planteado en el capítulo de consumos energéticos 3.2, el sistema detecta a partir de fotocélulas el nivel de radiación directa y difusa e intenta mantener 500lux/m2 en aquellas salas con actividad mediante sensores de presencia.



El aerogenerador entrega información en tiempo real de la producción eléctrica y del viento dominante así como fuerza de este. Esta información es altamente valiosa para su conexión o desconexión, así como su orientación.



La micro-cogeneración entra en servicio cuando las necesidades térmicas no se pueden cubrir mediante solar térmica y en función de la fuente que demanda esta energía y su volumen de aportación se conmuta entre termoacumulador o Microgeneración.



Se ha instalado un seguidor a un eje para las placas solares. El sistema de control calcula la posición del sol en cada momento y busca la mejor posición para maximizar la producción eléctrica. Para ello el sistema dispone de lector SSI y entrada BCD, binario o Gray code.



Cada una de las acciones que se consideran significativas de registro queda registrada en una memoria MicroSD en el terminal OCS para su consulta local o remota.



Toda la parametrización del sistema, consulta de datos de operación, consulta de datos de la torre meteorológica, consulta de históricos, etc... Son de posible acceso remoto mediante el correcto uso del juego de nombre de usuario y password. La comunicación se realiza mediante comunicaciones de banda ancha ADSL.

Además un modem GPRS instalado en el mismo terminal OCS permite la recepción de mensajes cortos SMS con alarmas o eventos.

Esta es una breve descripción de cómo el sistema de control va enfocado a la maximización de recursos energéticos y mejora eficiencia del conjunto mediante la partición del sistema en bloques distribuidos y un control central.

### 6.3. Mantenimiento del Sistema

Cuando hablamos del mantenimiento del sistema, nos referimos al mantenimiento general de la i-Naturhouse, es decir, las acciones preventivas y correctivas que requieren durante la explotación para el buen funcionamiento de la i-Naturhouse.

En nuestro caso, como estamos en la fase de diseño, confeccionaríamos las acciones preventivas en la parte de arquitectura e instalaciones. Basándonos en un Plan Director de Mantenimiento, explicaremos los conceptos para su confección y elaboraremos un modelo reducido como ejemplo.

En primera instancia, para confeccionar un Plan Director de Mantenimiento, debemos identificar todas las partes de nuestra i-Naturhouse en dos grandes grupos, la parte de arquitectura y la parte de instalaciones.

A continuación haremos un listado de elementos que lo componen y por cada elemento debemos contactar con el fabricante para saber que especificaciones nos recomienda a la hora de hacer el mantenimiento, además también nos dará frecuencias, etc.

Una vez que tenemos todo el listado de acciones preventivas para cada elemento, nos puede interesar tener datos de control. Los datos de control serán en la parte de instalaciones, donde tendremos por especificación del fabricante unas consignas con un intervalo del valor que queremos controlar. Por ejemplo, la temperatura del agua en el circuito primario de la instalación térmica, no deberá de sobrepasar los 70°C. Paralelamente la valvulería, captadores solares, etc. son elementos construidos para soportar una determinada temperatura y presión de trabajo, y podrían sufrir graves daños en caso que ultrapasáramos dichos valores.

Es muy importante que la gestión de las acciones preventivas mediante programas específicos como el GMAO, SAP, etc.

La importancia en la gestión del mantenimiento y el apoyo en un programa de gestión especializado, se basa en que todas las acciones que se hagan a lo largo de la vida útil de la instalación (mediciones en campo de tensiones, intensidades, temperaturas, presiones, etc.), puedan predecirse, detectar anomalías y afrontarlas con antelación.

Si los principales parámetros quedan registrados, tendremos la información siempre disponible, de lo contrario, el histórico se puede perder y el mantenedor del sistema no tomará las decisiones acertadas hasta que no pasa un cierto tiempo.

Otro tema muy importante son las mediciones de los contadores de agua, energía eléctrica, energía térmica, etc. Será muy importante seguir estos datos mensualmente, pues podemos detectar averías e incluso otras posibles situaciones, errores en la toma de lecturas, error en el cobro de facturas, etc.

En nuestro caso, lo vamos a clasificar en Arquitectura e Instalaciones:

Arquitectura:

- Estructura de la i-Naturhouse. Cimentación, paredes maestras, etc.
- Tabiquería.
- Tejado.
- Claraboya
- Columnas.
- Puertas, ventanas, panelados.
- Cristalería.

La mayoría de acciones que debemos hacer, será por humedades, goteras, incidencias climatológicas (fuertes lluvias, vientos, etc.) tratamiento de pintura exterior-interior, soldaduras de partes metálicas y limpieza.

Instalaciones:

- Eólica.
- Solar Fotovoltaica.
- Solar Térmica.
- Micro-cogeneración.
- Iluminación.
- Free-Cooling.
- CCTV e intrusión.
- Extinción y detección contra incendios.
- Voz-datos.
- Ethernet.
- Estación Meteorológica.
- 

En general deberemos tener especial atención en hacer las revisiones periódicas que nos marca el fabricante en todos los ámbitos. Las averías más corrientes son fallo por sobre calentamiento, corte de corriente por saltar alguna protección magneto térmica, errores en posibles maniobras, etc.

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

A continuación mostramos un ejemplo posible tabla de mantenimiento preventivo para la instalación Eólica y Solar Fotovoltaica.

		Mantenimiento Preventivo	Fecha:		
Instalacion Eolica		Frecuencia	Valor de Consigna	Resultado	
Equipo	Descripcion				
Aerogenerador	Revisar Tornillería de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion de las Helices	Semestral			
	Revisison del sis. De frenado, accionar man.	Semestral			
	Inspeccion Rodamientos	Anual			
	Inspeccion amortiguadores hidraulicos, observar perdidas de aceite	Anual			
	Inspeccion Eje delantero, eje de orientacion e inclinacion	Semestral			
	Inspeccion ausencia de vibracion y ruidos extraños en el generador	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura del aerogenerador	Semestral	70°C		
	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Comprovar tension de salida a circuito cerrado	Semestral	48V		
Inversor	Revisar Tornillería de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornillería, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion no sobrepasar voltaje entrada	Semestral	195-550V		
	Inspeccion no sobrepasar intensidad entrada	Semestral	15,7A		
	Toma de datos de rendimeintos Kwh	Semestral			
	Inspecciona avisos inversor	Semanal			
	Toma de datos de la energia producida	Mensual			
	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Comprovar Tension de salida	Semestral	230Vac +10/15%		
Comprovar Frecuencia de salida	Semestral	50Hz +1/-2Hz			
	Inspeccion de la temperatura interior	Semestral	60-70°C		
Lineas de conexión y aparamenta	Revisar Tornillería de todo el conjunto de cableado	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornillería, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion visual de estado del cableado	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura del cableado	Semestral			
	Inspeccion de la aparamenta	Semanal			
	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Reajuste de configuracion de la aparamenta si procede	Semestral			
Regulador de carga	Revisar Tornillería de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornillería, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion no sobrepasar voltaje entrada	Semestral	140V		
	Inspeccion no sobrepasar intensidad entrada	Semestral	60A		
	Toma de datos de rendimeintos Kwh	Semestral			
	Inspecciona avisos regulador	Semanal			
	Toma de datos de la energia producida	Mensual			
	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura interior	Semestral	60-70°C		

Ilustración 1. Tabla de Mantenimiento Preventivo con las diferentes acciones para cada parte de la instalación Eólica. Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

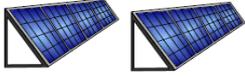
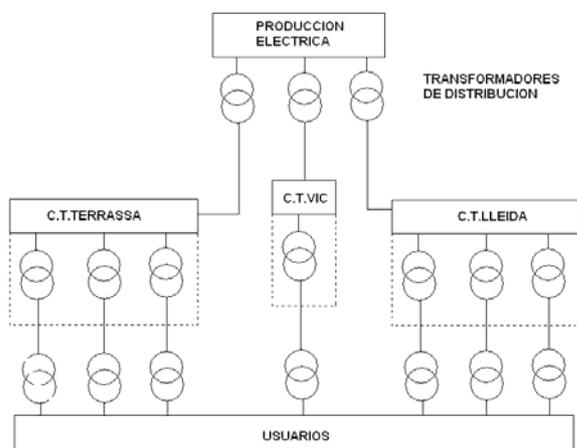
		Mantenimiento Preventivo	Fecha:		
Instalacion Fotovoltaica		Frecuencia	Valor Consigna	Resultado	
Equipo	Descripcion				
FV	Revisar Tornilleria de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion de FV	Semestral			
	Revisison del sistema de seguidor a un eje	Semestral			
	Revisison de inclinacion de la FV	Anual			
	Inspeccion de posibles sombras	Anual			
	Limpieza de la superficie de FV	Semestral			
	Inspeccion ausencia de vibracion y ruidos extraños	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura de la FV	Semestral	50°C		
	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
Inversor	Comprovar intesidad de salida	Semestral	Max 23,5A		
	Comprovar tension de salida	Semestral	Max 437,5V		
	Revisar Tornilleria de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornilleria, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion no sobrepasar voltaje entrada	Semestral	195-550V		
	Inspeccion no sobrepasar intensidad entrada	Semestral	15,7A		
	Toma de datos de rendimeintos Kwh	Semestral			
	Inspecciona avisos inversor	Semanal			
	Toma de datos de la energia producida	Mensual			
Lineas de conexión y aparamenta	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Comprovar Tension de salida	Semestral	230Vac +10/15%		
	Comprovar Frecuencia de salida	Semestral	50Hz +1/-2Hz		
	Inspeccion de la temperatura interior	Semestral	60-70°C		
	Revisar Tornilleria de todo el conjunto de cableado	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornilleria, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion visual de estado del cableado	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura del cableado	Semestral			
	Inspeccion de la aparamenta	Semanal			
Regulador de carga	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Reajuste de configuracion de la aparamenta si procede	Semestral			
	Revisar Tornilleria de la Estructura	Semestral			
	Comprobar el estado de los cables, regletas, conexiones	Semestral			
	Reaprete de tornilleria, regletas, conexiones	Semestral			
	Inspeccion no sobrepasar voltaje entrada	Semestral	140V		
	Inspeccion no sobrepasar intensidad entrada	Semestral	60A		
	Toma de datos de rendimeintos Kwh	Semestral			
	Inspecciona avisos regulador	Semanal			
	Toma de datos de la energia producida	Mensual			
Regulador de carga	Inspeccion conexión de tierra	Semestral			
	Inspeccion de la temperatura interior	Semestral	60-70°C		

Ilustración 2. Tabla de Mantenimiento Preventivo con las diferentes acciones para cada parte de la instalación de Fotovoltaica. Fuente: Elaboración Propia

## 6.4. Aspectos a considerar para la calidad del suministro a la red



**Ilustración 54. Sistema de distribución eléctrico. FUENTE: Edición propia.**

La electricidad es generada en la actualidad mediante diferentes sistemas de transformación energética, entre las cuales estarían las centrales térmicas, hidroeléctricas, nucleares, solar fotovoltaica, parques eólicos, etc...

Desde los puntos de producción eléctrica se distribuye la electricidad a partir de estaciones transformadoras que se encargan de elevar la tensión para minimizar las pérdidas de distribución y la sección del cable.

Hasta comienzos de este siglo, el operador del sistema eléctrico español no consideraba prioritario para la seguridad del sistema, la gestión de las instalaciones de régimen especial, debido principalmente a que la potencia instalada para estos subgrupos (donde se encuentra la energía procedente de eólica, solar, biomasa, etc....,) no era significativa.

Red eléctrica ha modificado paulatinamente esta gestión y su visión sobre la operativa con este tipo de instalaciones para aumentar así la seguridad del sistema global, y debido también a la liberalización del sector eléctrico, los planes de expansión de renovables en el mix energético, y el cumplimiento de los compromisos adquiridos por España con el plan de Kyoto.

Durante los años 2005 y 2006 se realizó un estudio sobre producción eólica técnicamente admisible horizonte 2011 con el objetivo de estudiar varios escenarios posibles de evolución del sistema y fue desarrollado por un grupo de trabajo de Red Eléctrica Nacional, la comisión nacional de la Energía y la Asociación empresarial Eólica. En este se escenifican algunas prioridades, entre otras:

- Modificación de perfil de hueco de tensión ( reducción umbral)
- La instalación deberá soportar sobretensiones mayores
- Regulación y control PID en régimen de perturbación para mantener el valor de voltaje de salida estable
- Regulación y control PID en régimen permanente para mantener el valor de voltaje de salida estable

Estas son algunas de las líneas sobre las que actualmente se trabaja para aumentar la seguridad y fiabilidad de la red.

La calidad de la tensión suministrada puede ser interpretada desde varias visiones que aunque complementarias difieren por el significado en sí. Una de ellas sería la normativa que describe, en el punto de entrega al cliente, las características principales de la tensión suministrada por una red general de distribución en baja y media tensión en condiciones normales de explotación. Esta norma, EN50160, escribe los límites de las características de la tensión que el sistema de distribución debe de ser capaz de cumplir.

El objetivo es definir los parámetros y límites máximos de desviación sobre la frecuencia, simetría, forma de onda y amplitud de la red de voltaje posterior a la estación transformadora y que se ve afectada por los grupos generadores conectados a las estaciones transformadoras de distribución y por tanto nuestra i-Naturhouse.

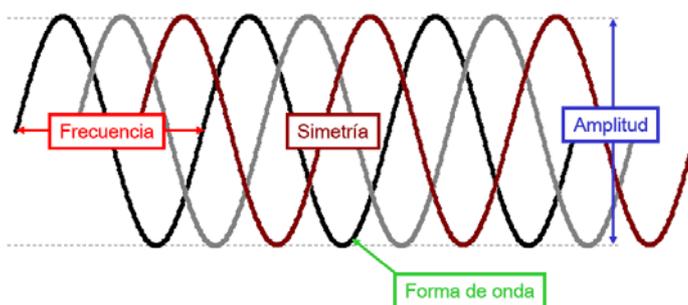


Ilustración 55. Parámetros de la calidad del suministro.

FUENTE: [www.fluke.es](http://www.fluke.es)

Aunque las normas que nuestro sistema de conexión a red deben ser capaces de forma indirecta de cumplir con la EN50160, y es el resultado final de la calidad del suministro el objetivo principal, no es este aspecto regulatorio o normativo con el cual debemos cumplir de forma directa.

Por un lado tendremos el cumplimiento de los equipos electrónicos de potencia con conexión a red que deberán cumplir con la norma EN50178 así como a las normativas de compatibilidad electromagnética EN61000-6-2 y EN61000-6-3.

Diferentes reales decretos dan forma final al aspecto legislativo de la instalación, funcionamiento, mantenimiento, primas, etc.... Estos reales decreto son de obligatorio cumplimiento y dependiendo del tipo de instalación deberemos conocer cuál es el adecuado. En el caso de que tuviésemos una instalación solar fotovoltaica deberíamos referenciamos al RD 1663/2000 y RD 1578/2008 .

Para conocer el sistema de primas aplicable deberemos utilizar como decreto el RD 661/2007 sobre instalaciones de producción de energía eléctrica en carácter de régimen especial y en concreto en el apartado que hace referencia a instalaciones híbridas.

#### 6.4.1. Descripción del sistema normativo aplicable

Para los equipos electrónicos de potencia y con conexión a red (inversores) se deberá satisfacer diferentes normativas de armonización UE.

En el caso de la declaración de conformidad de la UE en relación a compatibilidad electromagnética de equipos electrónicos de potencia se deberá cumplir con las normas EN61000-6-3 y EN61000-6-2. La primera establece límites de nivel de emisión de ruido eléctrico tanto conducido como radiado provocado por la conmutación de los transistores de potencia o semiconductores de la etapa final con conexión a red. La segunda establece niveles de inmunidad que el equipo debe cumplir para que otras interferencias electromagnéticas o ruido eléctrico no afecten al funcionamiento del equipo en estudio. Por tanto se trata de normas armonizadas de Emisión e Inmunidad electromagnética.

En cuanto a aspectos de cumplimiento con normativa de baja tensión y límites de operatividad se deberá cumplir con la norma UNE -EN50178.

En cuanto a la instalación deberemos hacer referencia a los diferentes Reales decretos para encontrar información acerca de obligaciones hacia el propietario de la instalación. Sirva como ejemplo el RD 1663/2000 sobre instalaciones fotovoltaicas.

El RD 1663/2000 obliga entre otros a lo siguiente:

- Solicitud formal a la distribuidora del punto y condiciones técnicas de la conexión.
- Conexión a red y primera verificación
- Mantenimiento de la instalación de conexión a red en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Responsabilidad en caso de generación de perturbaciones a la red
- Disponer de un medio de comunicación que ponga en contacto de forma inmediata a los centros de control de la red distribución con los responsables del funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas.
- No provocar averías, disminución de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa.
- En el supuesto de avería en la instalación de suministro, esta deberá desconectar tensión de la línea de distribución.
- En el circuito de generación hasta el equipo de medida no podrá intercalarse ningún elemento de generación distinto, ni de acumulación o consumo.
- En el caso de conexiones mayores a 5kW deberán ser trifásicas.
- En la conexión de la instalación la variación de tensión provocada no podrá ser superior al 5% y no podrá provocar en ningún usuario conectado a la red la superación de los límites establecidos en la EN50160.

- El factor de potencia de la energía suministrada deberá ser lo más próximo a la unidad y se deberán tomar medidas para ello.
- Si existen consumos en la misma red se deberá disponer de un contador independiente o bidireccional para su facturación.
- El sistema de protecciones deberá incluir un interruptor magneto térmico (IGM) con fácil acceso para la empresa distribuidora en todo momento, un interruptor automático diferencial con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación y un interruptor automática de la interconexión para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de pérdida de tensión o frecuencia a la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Los límites de conexión-desconexión de la interconexión estarna comprendidos entre 49 y 51Hz para la frecuencia y 1,1 y 0,85 Um para la máxima y mínima tensión.
- No está permitido realizar una conexión a tierra que altere las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.
- Debe existir aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas.

Para las primas deberemos utilizar el RD661/2007 que considera al tipo de instalación de la i-Naturhouse como una instalación híbrida.

Debemos conocer que es de obligatorio cumplimiento por parte de todos los fabricantes de equipos electrónicos de regulación y control con conexión a red el cumplimiento con todas las normas que dispone la UE tanto a nivel de Baja tensión, como de compatibilidad electromagnética. Por parte nuestra obligación quedará limitada a la comprobación de esto es así y satisfacer que las notas de instalación ofrecidas por el fabricante se cumplen.

#### 6.4.2. Conexión física a la red

La conexión física a la red de los inversores se realizará de forma directa, únicamente intercalando una caja de protecciones que garantice la calidad de la corriente generada, es decir que además de incorporar un interruptor magnetotermico y diferencial, desconecte el sistema fotovoltaico si el valor de frecuencia y tensión está fuera de unos límites establecidos. Un contador bidireccional homologado será el encargado de contabilizar la energía producida y la consumida por la i-Naturhouse.

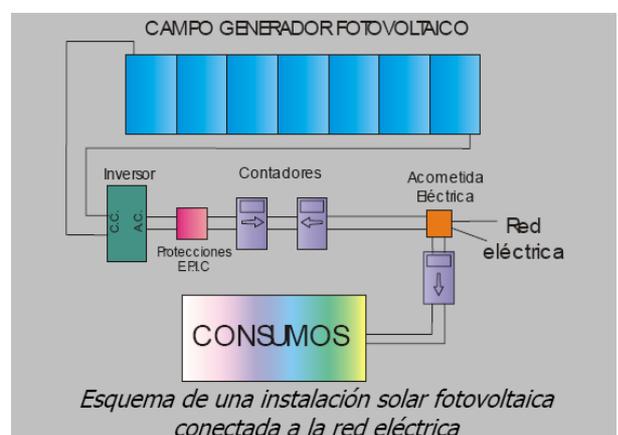


Ilustración 56. Diagrama de conexión a red.

FUENTE: [www.aiguasol.com](http://www.aiguasol.com)

## 6.5. Evacuación de energía a la red

Para la evacuación de la energía eléctrica a la red y la retribución monetaria se han tenido en cuenta básicamente, el Real Decreto 1663/2000 y el Real Decreto 661/2007.

Según establece el Anexo XI del RD 661/2007, *“el acceso y conexión a la red, y las condiciones de operación para las instalaciones de generación de régimen especial, así como el desarrollo de las instalaciones de red necesarias para la conexión y costes asociados, se resolverán según lo establecido en el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre y la normativa que lo desarrolla, con las condiciones particulares que se establecen en el presente real decreto.”*

A continuación detallamos los principales apartados y aspectos más relevantes.

### 6.5.1. Real Decreto 1663/2000

#### - **Ámbito de aplicación**

En el artículo 1 del capítulo I del RD 1663/2000 se define que las instalaciones mayores de 100KVA, se conectaran a la red en M.T., considerando Media Tensión a partir de 1000V. Con lo cual en nuestro caso se hará en B.T.

#### - **Condiciones Técnicas**

El artículo 8 del capítulo III del RD 1663/2000 destaca que:

*1. El funcionamiento de las instalaciones en régimen especial no deberán provocar averías, disminución de seguridad, disminuciones de tensión y frecuencia según lo establecido en el Artículo 9, que mas adelante veremos.*

*2. En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la línea, las instalaciones de generación no deberán mantener tensión en la línea de distribución.*

- 3. Para establecer el punto de conexión a la red de distribución se tendrá en cuenta la capacidad de transporte de la línea (este dato nos lo da el propietario de la línea de evacuación por ejemplo Fecsa-Endesa).*
- 4. En el circuito de generación hasta el equipo de media no podrá intercalarse ningún elemento de generación distinto del mismo, ni de acumulación o de consumo.*

En el artículo 9 del capítulo III del RD 1663/2000 se detallan las condiciones específicas de interconexión:

- 1. Si la potencia nominal de la instalación a conectar a la red de distribución es superior a 5 kW, la conexión de la instalación de generación a la red será trifásica. Dicha conexión se podrá realizar mediante uno o más inversores monofásicos de hasta 5 kW, a las diferentes fases, o directamente un inversor trifásico.*
- 2. En la conexión de una instalación de generación, la variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación fotovoltaica no podrá ser superior al 5 por 100 y no deberá provocar, en ningún usuario de os conectados a la red, la superación de los límites indicados en el Reglamento electrotécnico para la baja tensión.*
- 3. El factor de potencia de la energía suministrada a la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad. Como veremos en el apartado 6.3, el Factor de potencia puede ser bonificado o penalizado.*

La facturación se detalla en el artículo 10, según:

- 1. Cuando existan consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación de generación (autoconsumos como punto de luz, etc.), éstos se situarán en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de dicha instalación y de sus equipos de medida. La medida de tales consumos se realizará con equipos propios e independientes, que servirán de base para su facturación.*
- 2. El contador de salida tendrá capacidad de medir en ambos sentidos, y, en su defecto, se conectará entre el contador de salida y el interruptor general un contador de entrada. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada en la instalación de generación.*

Las protecciones se especifican en el artículo 11, según:

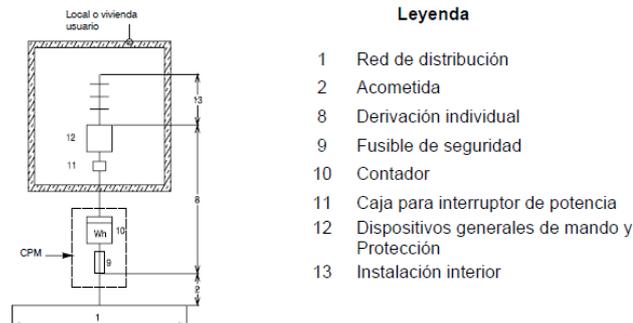
- 1. Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión (este dato nos lo da la empresa propietaria de la red de distribución, por ejemplo 20KA). Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.*
- 2. Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.*
- 3. Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación de generación en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.*
- 4. Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1.1 y 0.85 Um, respectivamente) en nuestro caso será 230Vac +/- 15%.*
- 5. El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.*

Las condiciones de puesta a tierra se especifican en el artículo 12, según:

- 1. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y la instalación de generación, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.*
- 2. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la red del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.*

### 6.5.2. Criterios básicos para la acometida y opciones de contratación.

Debemos cumplir con lo estipulado en el REBT'02 (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) y con la *GUÍA VADEMECUM PARA INSTALACIONES DE ENLACE EN BAJA TENSIÓN*. Al tratarse de una instalación de menos de 15Kw, la configuración de la acometida será como muestra la figura:



**Ilustración 57. Configuración de la acometida eléctrica para potencias menores de 15Kw. Fuente:**

<http://www.endesa.es/Portal/es/default.htm>

Para la firma del contrato de acceso con la Cía. Suministradora tendremos en cuenta:

- Consideramos que tenemos un aerogenerador ( $P=3.000W$ ), Placas fotovoltaica ( $P=2.400 W$ ,  $P_p=2.520 W_p$ ) y un unidad de micro-generación (Whispertec,  $P_e=0,8KW$ ), y que suman un total de  $6.320W \rightarrow Pot.exp.total= 6.900 W$
- La evacuación de la energía generada y la contratación ser hará en monofásica a 230W para cada fuente de energía renovable
- Protecciones diferenciales 2 polos con sensibilidad de 300 mA.
- Se instalará protección contra sobretensiones permanentes (junto a los IGA's)
- Se instalaran 3 Interruptores Generales Automáticos (15 A)
- Interruptor de Control de Potencia (7,5 A, 15 A y 15 A, respectivamente, asociados a una potencia de contratación monofásica independiente para cada fuente)
- La acometida será aérea o subterránea. Para acometida aérea el conductor eléctrico debe ser del tipo RZ 0,6/1KV 4x25 mm<sup>2</sup> Al con tubo de 40 mm. Para acometida subterránea 0,6/1KV 4x50 Al con tubo de 90 mm.

## 6.6. Esquemas de bloques para la conexión eléctrica

### INSTALACION i-NATURHOUSE AISLADA

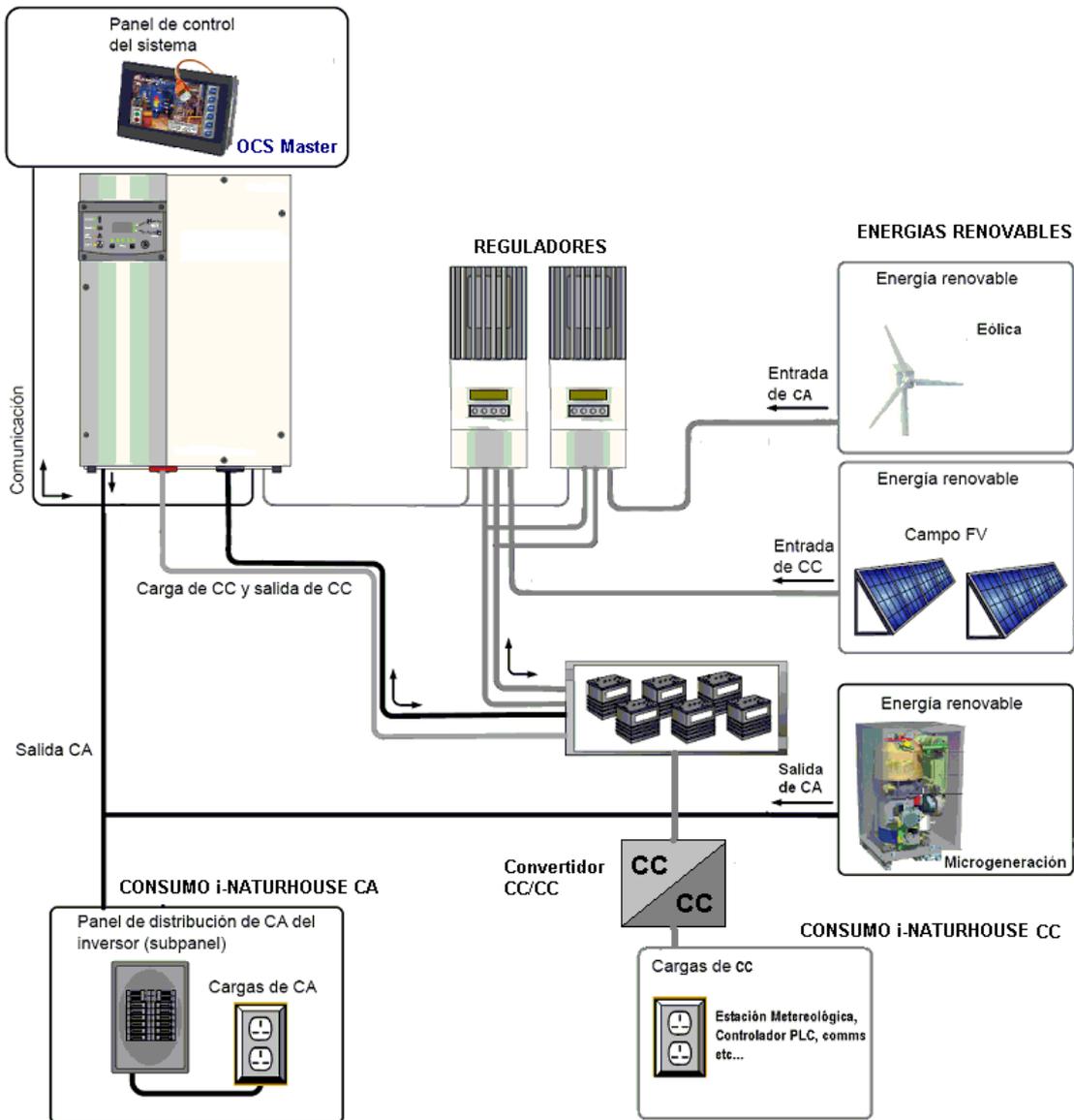


Ilustración 58. Diagrama de bloques para la conexión eléctrica aislada de la i-Naturhouse.

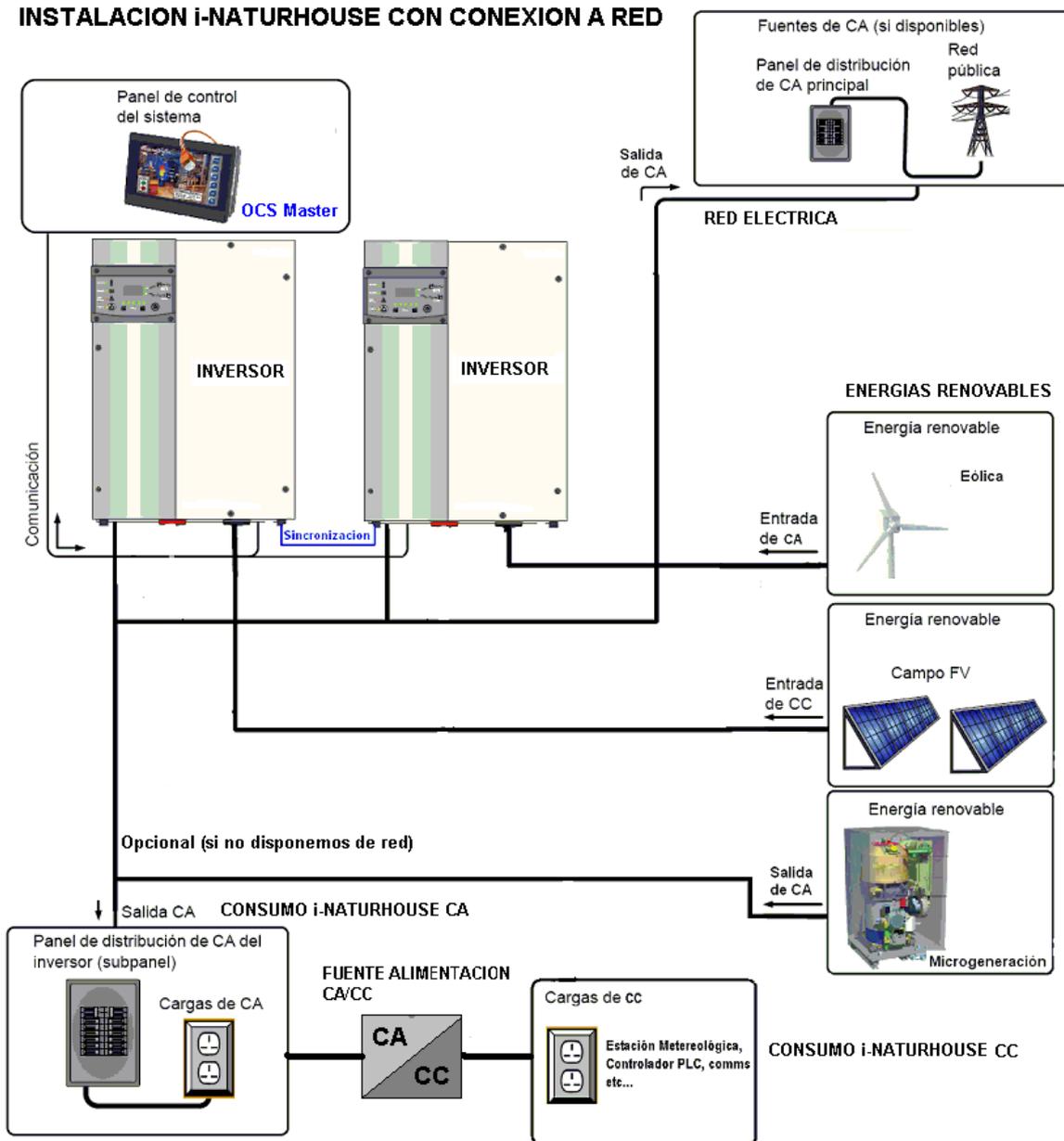


Ilustración 59. Diagrama de bloques para la evacuación de la energía eléctrica generada en el caso que decidiéramos verter a la red de la Cía. Eléctrica.

## 7. Estación meteorológica y conectividad de las i-Naturhouse.

### 7.1. Objetivo del sistema de registro de datos e información local

El sistema de control incorpora un lector/grabador para tarjetas de memoria Flash MicroSD .

Podemos grabar en ella toda la información que nos interese (siempre que no excedamos una capacidad máxima de 2Gb) en formato numérico o texto, acompañándolo de hora de registro y fecha, así como un campo para observaciones o notas. Toda esta información se graba en formato \*csv.

Los ficheros \*csv (en Inglés comma separated value) son un formato de documento abierto y sencillo para representación de información en formato tabla, en las que las columnas se separan por puntos y comas y el decimal por coma. Las filas se indican por salto de línea. Los campos que contengan una coma. Salto de línea o comilla doble deben ser encerrados entre comillas dobles.



Ilustración 60. Detalle de localización en terminal OCS del lector/grabador Micro SD.

Fuente: Manual Usuario XL6. Descargable en [www.horner-apg.com](http://www.horner-apg.com)

El formato \*csv no nos da el formato de representación gráfica, pero es fácilmente representable ya que es un tipo de extensión muy utilizada en hojas de cálculo.

Los objetivos a cubrir son varios y que a continuación detallamos:

- Área Mantenimiento. Proximidad: Local/ Remoto. Acción Predictiva, correctiva o preventiva
- Área Informativa. Proximidad: Local /Remoto. Acción: Información a usuario y administraciones
- Área Inteligencia. Proximidad: Local/Remoto. Acción: Histórico de datos que permitan al sistema adquirir inteligencia en función de comportamientos pasados similares en función de variables registradas.

La procedencia de información a registrar procede de dos fuentes principales y de fácil segmentación ya que cubren dos necesidades complementarias pero con objetivo diferenciado y son:

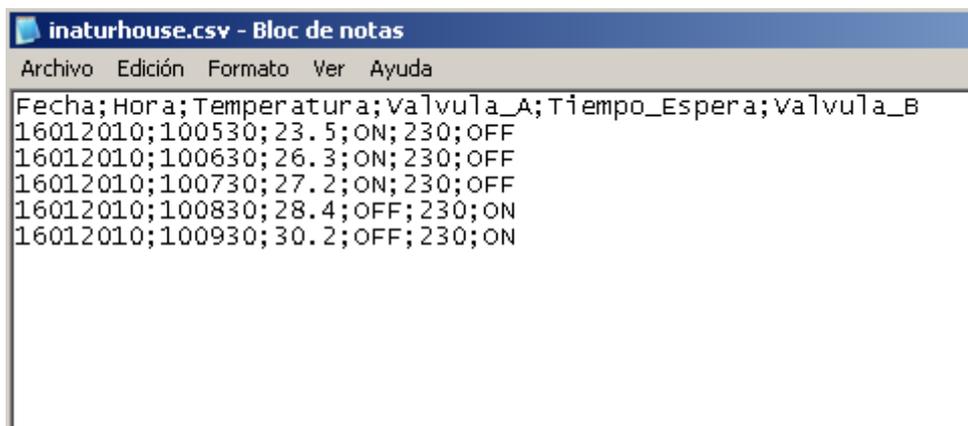
- Datos Estación meteorológica
- Datos Sistema de regulación y control energético i-Naturhouse

La grabación de la información se realizará cada intervalo de tiempo definido previamente y en añadido cada vez que se produzca un evento que nos active un trigger de captura de dato.

La lectura de la información se podrá realizar de dos formas totalmente complementarias:

- Local:\_ Extracción de MicroSD del <sup>23</sup>OCS y abrir archivos desde un PC, utilizando una hoja de cálculo, desde la cual podremos tratar toda la información o lectura desde el propio terminal OCS en pantallas protegidas por password y dedicadas a este fin.

En las siguientes capturas de pantalla podemos ver la sencillez de la conversión a un formato inteligible y tratable mediante una simple hoja de cálculo, del archivo extraído de la SD en formato CSV.



```
inaturhouse.csv - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Fecha; Hora; Temperatura; Válvula_A; Tiempo_Espera; Válvula_B
16012010;100530;23.5;ON;230;OFF
16012010;100630;26.3;ON;230;OFF
16012010;100730;27.2;ON;230;OFF
16012010;100830;28.4;OFF;230;ON
16012010;100930;30.2;OFF;230;ON
```

**Ilustración 61. Ejemplo de cómo visualizamos un fichero CSV si utilizamos un editor de texto como notepad para su edición. FUENTE: Creación y edición propia.**

<sup>23</sup> El significado de OCS es en Inglés Operator Control Station y es un equipo con arquitectura PLC con todo “on board”, entradas /salidas, comunicaciones, terminal HMI táctil, grabador Micro SD.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Fecha	Hora	Temperatura	Valvula_A	Tiempo_Espe	Valvula_B	
2	16012010	100530	23.5	ON	230	OFF	
3	16012010	100630	26.3	ON	230	OFF	
4	16012010	100730	27.2	ON	230	OFF	
5	16012010	100830	28.4	OFF	230	ON	
6	16012010	100930	30.2	OFF	230	ON	
7							
8							
9							
10							
11							
12							

**Ilustración 62. Ejemplo de cómo visualizamos un fichero CSV una vez abierto por Hoja de Cálculo y delimitadas las columnas por punto y coma. FUENTE: Creación y edición propia.**

- Remoto: Conexión a la i-Naturhouse mediante IP asignada, utilizando conexión a Internet desde cualquier punto de la red y gracias a la función web Server de las OCS. Esto nos permite descargar el fichero CSV o en añadido, visualizar pantallas en tiempo real del terminal donde podemos tener estos datos volcados.

## 7.2. Tipo de datos a registrar y sensórica a utilizar

El objetivo de este subapartado es especificar los datos relevantes a monitorizar o registrar tanto para su utilización a nivel operativo como para su registro o consulta local/remota.

Este subapartado lo hemos dividido en dos partes, tipo y formato de datos a registrar y la sensórica que necesitamos para capturar estos.

Datos a registrar son los valores a leer para el óptimo funcionamiento de la i-Naturhouse. La forma de obtenerlos primero pasa por tener los sensores el cual nos facilita una unidad y orden magnitud (Temperatura, presión, etc.) y así podemos manipular el dato para finalmente decidir la acción a realizar con este.

En nuestro caso vamos a segmentar la i-Naturhouse en los diferentes grupos operativos para ofrecer un resumen de algunos de los parámetros que debemos registrar para el proceso descrito anteriormente.

### Torre metereológica



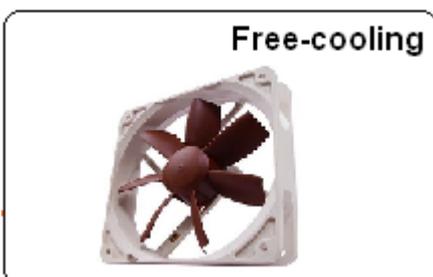
- Temperatura y Humedad exterior
- Velocidad y dirección viento
- Contaminación acústica
- Nivel emisiones CO, Nox

### Termoacumulador



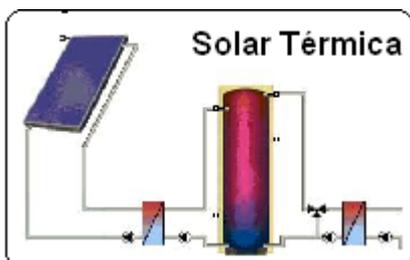
- Temperatura agua de salida.

### Free-cooling



- Temperatura exterior e interior
- Humedad exterior e interior

### Solar Térmica



- Radiación directa, difusa y reflejada.
- Temperatura exterior ambiente en captador.
- Temperatura entrada-salida en el captador.
- Temperatura de entrada-salida del acumulador.
- Temperatura entrada-salida a consumo.
- Capacidad en el acumulador (nivel o litros).
- Presión del circuito primario y secundario.
- Producción energía térmica en Kwht.
- Producción energía térmica en Kcalh.

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: **Núria Garrido Soriano**

**Circuito Hidraulico**



- Presostatos
- Termoresistencias

**Iluminación Artificial**



- Foto-células Nivel iluminación
- Sensores de presencia

**Eólica**



- Velocidad del Viento.
- Dirección del Viento.
- Tensión/Intensidad de entrada y salida del regulador/inversor.

**Microgeneración**



- Cantidad entrado de combustible de Bio-diesel, Bio-gas, etc. (litros, Kw).
- Temperatura de entrada del agua.
- Temperatura de salida del agua.
- Emisiones de Co, Nox (ppm).
- Producción de energía térmica en Kwht.
- Producción de energía eléctrica en Kwhe.

**Campo FV**



- Emisiones de ruido (dBA).
- Irradiación en  $W/m^2$ .
- Temperatura exterior ambiente en PV.
- Temperatura interior PV.
- Producción en Kwh del campo FV.
- Intensidad/Tensión salida campo de PV.
- Intensidad/Tensión entrada y salida del regulador/inversor.
- Sensor SSI posición seguidor

### 7.3. Arquitectura de comunicaciones local

Para la arquitectura de comunicaciones local (LAN), hemos utilizado un bus de comunicación Canbus, aunque podría ser modificado fácilmente por cualquiera de los buses de campo más extendidos actualmente que son AS-i, Profibus, DeviceNet o Ethernet con sus correspondientes protocolos.

El problema principal radica en encontrar un bus común para todos los equipos ya que cada fabricante decide cual es el que incorpora en sus equipos y no siempre es un bus estándar. En ocasiones, el fabricante decide y a partir de un bus estándar, customizar su protocolo no permitiendo que otros se puedan conectar a su red.

Para salvar este inconveniente tenemos dos posibilidades: Utilizar Gateway o pasarelas que permiten convertir protocolos de una forma sencilla y económica, o en su defecto y tal y como hemos mostrado en el diagrama más abajo, utilizar módulos de entradas y salidas para la mayoría de señales comunicadas con un mismo protocolo y eliminando así el factor comunicación directa con los elementos, inversores, etc....

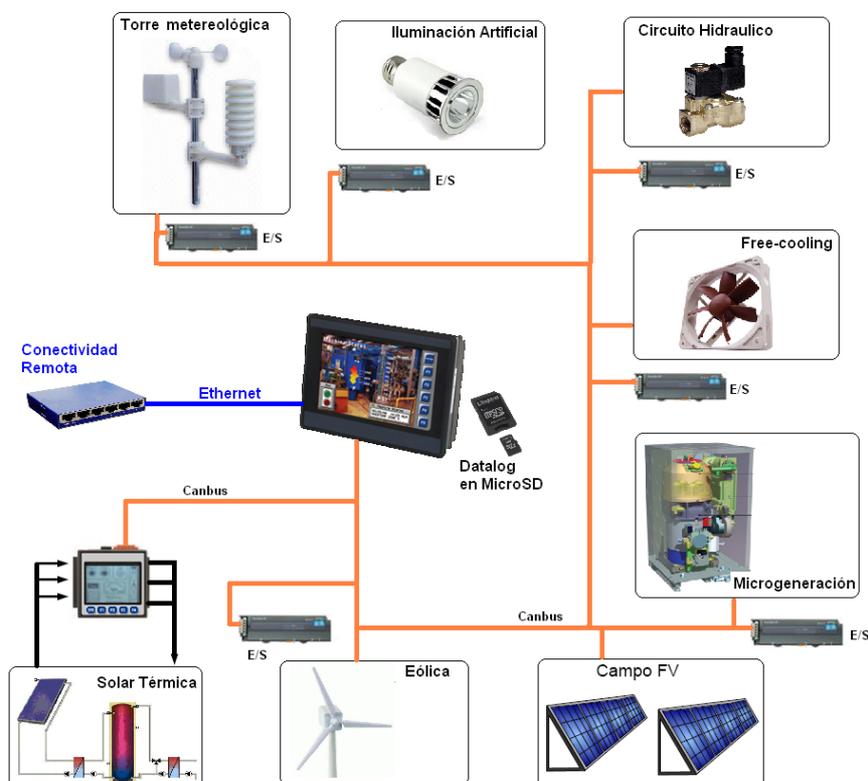


Ilustración 63. Bus de comunicación entre OCS y perifería. Fuente: Edición propia.

De todas formas muchos fabricantes de equipamiento en renovables comienzan a salir de un mundo cerrado para abrirse y ofrecer la posibilidad de enlazar sus equipos con buses estándar según ISO y protocolos unificados. En nuestro caso el protocolo seleccionado es uno de los más utilizados en redes CAN que es el CANopen.

Este bus de comunicación nace con la finalidad de satisfacer aplicaciones de la industria automovilística, con un bus de bajo coste que pudiera ser montado en un vehículo y solucionando así el problema de elevado cableado en interior automóvil.

En 1987 Intel saca a la luz el primer integrado CAN, seguido poco después por Phillips Semiconductors, para convertirse en estándar en 1993, cuyas especificaciones están reflejadas en ISO11898.

Desde 1992, Mercedes-Benz implementa CAN en todos los vehículos de gama alta para control de motor y electrónica varia, tendencia que han seguido otros fabricantes como Volvo, Saab, Renault, Citroën, etc...

Aunque CAN fue desarrollado inicialmente para la industria del automóvil, su robustez y la eficacia de su protocolo ha permitido su entrada en muchas aplicaciones que necesitan elevadas tasas de transferencia de datos y muy elevada fiabilidad ante errores. Fabricantes de ascensores es uno de los sectores que también está utilizando este bus por su robustez y eficacia.

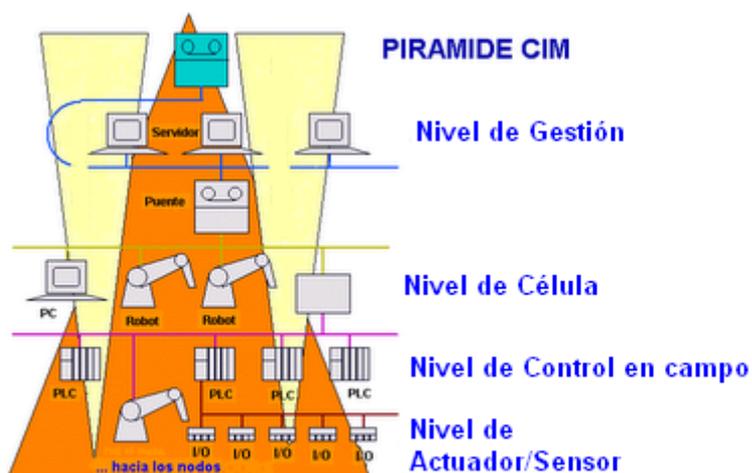


Ilustración 64. La pirámide de la automatización (CIM). FUENTE: Localizada en Google y modificada.

CANopen es por tanto un bus de tipo serie, basado en CAN, que trabaja con dispositivos que disponen de un emisor/receptor CAN y un controlador CAN, según norma ISO11898.

CAN es además un bus que actúa siempre en el nivel más bajo de la pirámide, es decir a nivel de actuador y/o sensor.

CanOpen tiene algunas particularidades que lo hace diferente de los demás protocolos, una de ellas es que trabaja en modo broadcast. Es decir "para todos". La OCS (productor) emite un

mensaje global a la red cuando lo necesita y los nodos (consumidores) reciben la información y deciden si son destinatarios del mensaje o no.

Esto permite que todos los nodos puedan acceder de forma simultánea a la información aumentando la eficiencia del sistema. Además puede trabajar a velocidades de 1Mbit/s en una distancia de 40m y cualquier elemento puede trabajar como Maestro o Esclavo en la red de forma flexible. Además cualquier error por parte de un elemento, lo desconecta de forma temporal, permitiendo al resto continuar funcionando.

Nuestra selección para la red LAN en la i-Naturhouse es la más apropiada para un sistema fiable, robusto y eficiente.

## 7.4. Comunicaciones inalámbricas

El terminal de control OCS dispone de un MODEM integrado con comunicación GSM/GPRS que se puede habilitar con la inserción de una tarjeta SIM de cualquier operador, introduciendo el teléfono móvil donde deseamos recibir la información o desde donde queremos forzar alguna acción y simplemente activando la pantalla indicada para ello. Se podrán activar tantos móviles como se deseen y estructurar el tipo de aviso o acción que el usuario del móvil podrá realizar.

Además podremos determinar si únicamente recibirán información sobre el estado de la i-Naturhouse ( producción eléctrica, demanda, alarmas, orientación seguidor, datos estación meteorológica) y cuando recibirán estos datos( solicitándolo desde el móvil mediante el envío de un mensaje de texto

codificado o cuando se produzca un evento), así como la posibilidad de forzar o iniciar una acción mediante un mensaje SMS codificado, por ejemplo ( desconexión de algún elemento, activación iluminación, etc....)

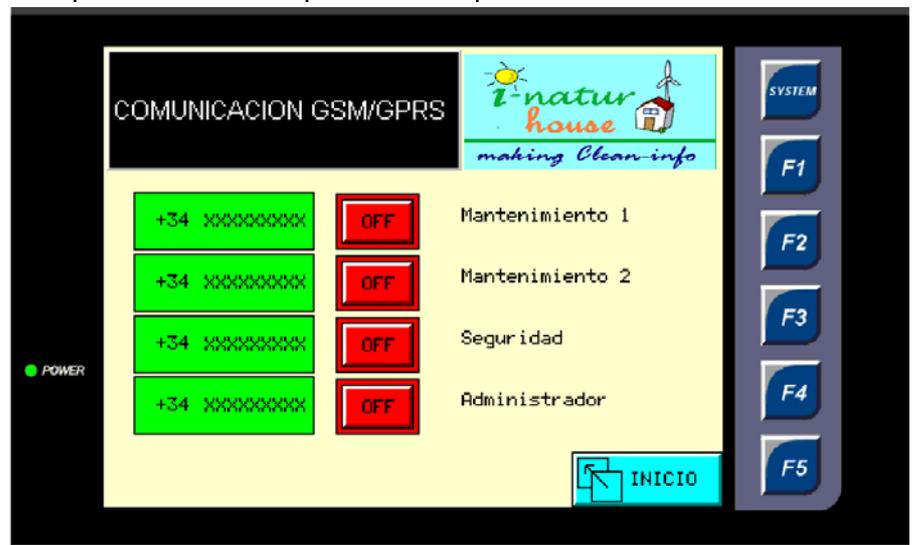


Ilustración 65. Ejemplo de pantalla en OCS desde donde se puede seleccionar y habilitar móviles donde se recibirán mensajes SMS con información o alarmas. FUENTE: Edición propia utilizando el software de programación CScape de Horner APG.

## 7.5. Arquitectura de comunicaciones remotas

El terminal de control OCS recibe, registra y ejecuta los algoritmos establecidos para la acción lógica y con cierto grado de inteligencia de la i-Naturhouse. Los algoritmos de la i-Naturhouse no son fijos y aprenden de situaciones pasadas permitiendo a la casa establecer nuevos patrones de comportamiento en función de comportamientos anteriores dentro de un sistema multivariable.

Además el controlador registra información (histórico) y en tiempo real de los datos de lectura de la sensorica en estación meteorológica.

Ahora bien todos esta información, sea en tiempo real o sea en formato histórico en memoria SD la ponemos a disposición de cualquier usuario con conexión a Internet de forma remota y que disponga de Password de autorización.

Dependiendo del tipo de password podrá realizar consultas de diferentes tipos. Únicamente el administrador y con una secuencia de 3 passwords para aumentar el nivel de seguridad podrá realizar acciones sobre la i-Naturhouse.

Todo esto lo podemos realizar gracias a que el controlador OCS integra un módulo Ethernet y que soporta diferentes protocolos. En nuestro caso los protocolos necesarios serian el FTP Server y HTTP Server que este controlador dispone.

Mediante el FTP server, podremos transferir archivos completos y mediante el HTTP transferencia de datos con un encapsulado estandarizado.

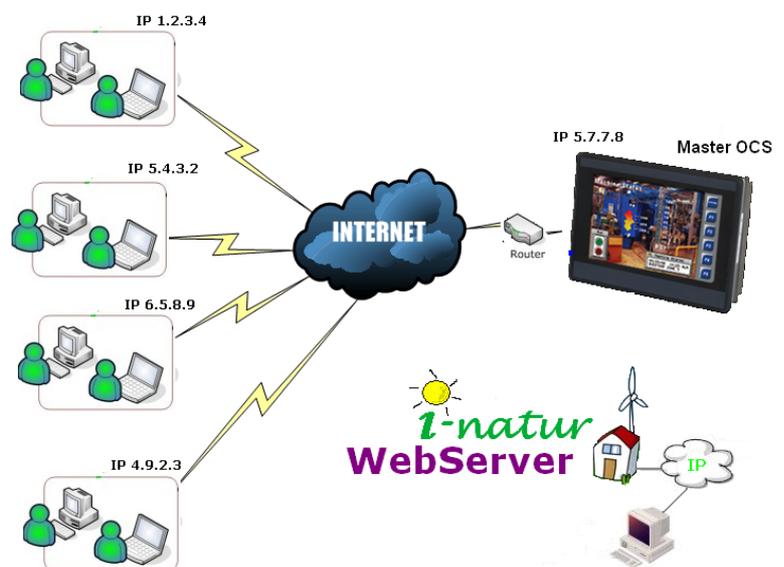
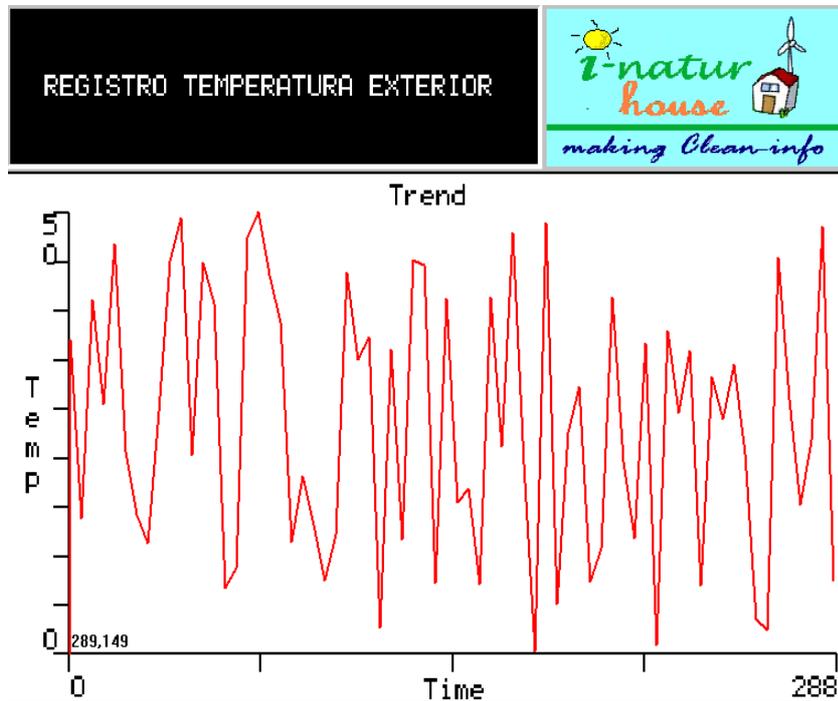


Ilustración 66. Conexión i-Naturhouse en red banda ancha mediante webservice. FUENTE: Edición propia.

Al tratarse de un controlador con capacidad Webserver, estamos aceptando la implementación mínima del protocolo http que nos va a permitir la edición de páginas web en su interior que recogerán los datos a monitorizar a modificar a distancia, así como gráficos y animaciones,



Cualquier usuario podrá desde cualquier punto de la red www teclear la dirección IP de cada I-Naturhouse y si esta le permite el acceso después de introducir las correspondientes claves, visualizar los contenidos. Estos contenidos serán ofrecidos de forma controlada por el administrador de las instalaciones que en muchos casos serán los propios ayuntamientos.

Ilustración 67. Ejemplo de monitorización remota de gráfica de histórico evolución temperatura en los últimos 288 minutos. FUENTE:

## 7.6. Otras aplicaciones de conectividad futura

En el futuro se prevé la implementación de nuevas tecnologías aplicadas a la misión de la i-Naturhouse, entre ellas se encuentra la comunicación con elementos con comunicación radio (tipo zigbee) que permita ampliar la captura de datos de la estación meteorológica a un radio superior y ampliando así el radio de acción directa de la i-Naturhouse. También se está planificando el poder ofrecer Internet gratuito mediante tecnología Wifi en un radio de 10m y que permita a cualquier persona interesada acceder a las proximidades de la i-Naturhouse para conectarse a Internet.

A partir de aquí se abren múltiples opciones que pueden permitir en el futuro la instalación de elementos como cámara de video exteriores para control de zonas concretas ampliando a las posibilidades de la i-Naturhouse y todo esto de una forma sostenible.

# **PARTE IV. EFICIENCIA Y VIABILIDAD ECONOMICA**

## 8. Ahorro de emisiones y viabilidad tecnológica

La i-Naturhouse se ha concebido como una caseta demostrativa del conjunto de tecnologías que permiten una desvinculación del consumo de combustibles de origen fósil. Este ahorro en el consumo de combustibles fósiles descansa sobre dos pilares claramente diferenciados:

- Incorporación de soluciones tecnológicas de alta eficiencia energética
- Incorporación de generación energética mediante energías renovables

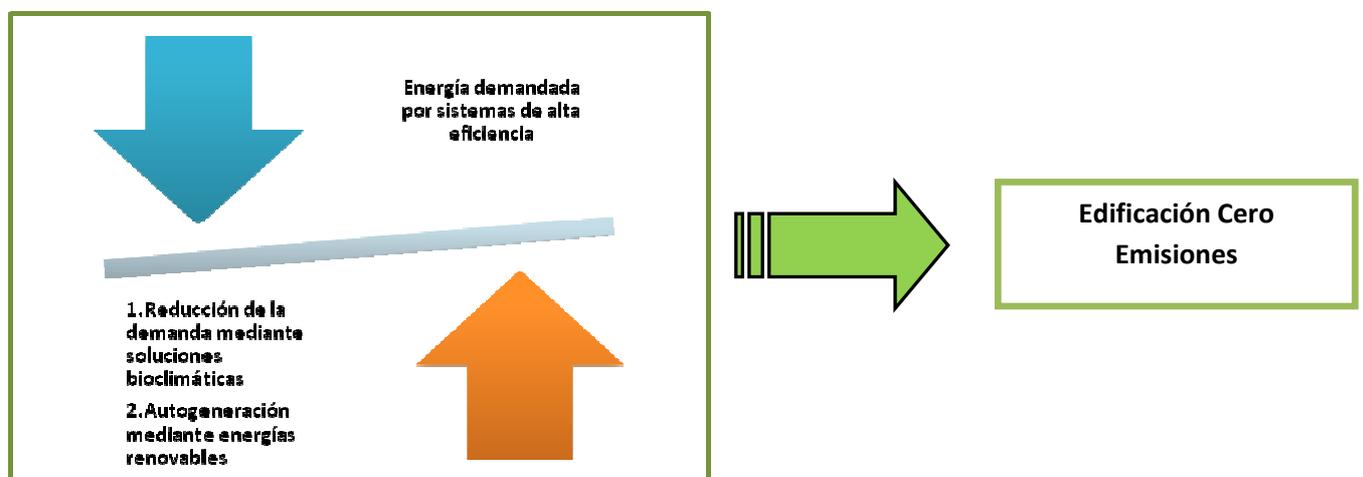


Ilustración 68. Concepto de la solución tecnológica de la i-Naturhouse. Fuente: Elaboración propia

A continuación en el presente capítulo, se analiza la solución tecnológica desde un doble punto de vista, la consecución de la minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero y su viabilidad tecno-económica. Realizando una visión global de la concepción tecnológica de la i-Naturhouse.

## 8.1. Ahorro de emisiones

Des del punto de vista del ahorro de emisiones, la i-Naturhouse consigue una reducción de emisiones del 100% respecto a una caseta convencional, al ser una edificación cero emisiones. Esta elevada reducción es posible, ya que la i-Naturhouse se ha concebido como una caseta que permite autogenerar el 100% de sus recursos energéticos mediante fuentes renovables.

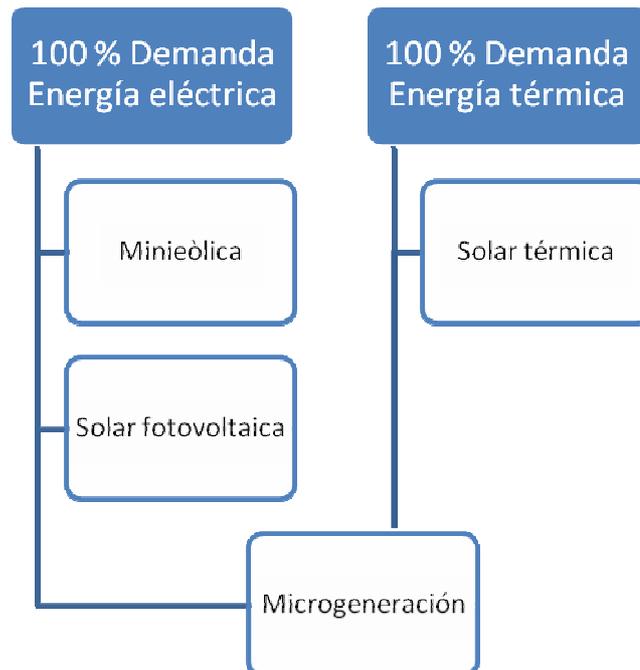


Ilustración 2. Sistema de autogeneración energética de la i-Naturhouse.

Fuente: Elaboración propia

Las soluciones tecnológicas descritas en la ilustración anterior, se detallan en el capítulo 5 del presente documento.

A continuación se desglosan los ahorros de emisiones del sistema de autogeneración energética de la i-Naturhouse.

### 8.1.1. Consumo eléctrico: Generación mediante energía eólica y fotovoltaica

La i-Naturhouse puede funcionar en modo isla, es decir: sin ningún tipo de conexión a la red, por lo tanto la totalidad de la energía generada por la instalación fotovoltaica y por la instalación eléctrica permiten abastecer la demanda. De acuerdo con el apartado 5, se ha definido un conjunto de cuatro baterías de 12 Vcc y 358 Ah para acumular la energía generada por las instalaciones eólicas y fotovoltaicas, garantizando una autonomía de 5 días.

$$\text{Energía acumulada baterías} = \text{consumo eléctrico de 5 días} = 12 \text{ Vcc} \cdot 358 \text{ Ah} \cdot 4 \text{ baterías} = 17 \frac{\text{kWh}}{5 \text{ días}} \rightarrow 3,43 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \rightarrow 1.254,4 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Por lo tanto si consideramos que la i-Naturhouse genera el 100% de su demanda energética a lo largo del año se habrá ahorrado el consumo de 1.254,4 kWh de la red eléctrica. Es decir si consideramos que la generación eléctrica en España tiene un mix de generación eléctrica de 0,39 kg CO<sub>2</sub>/kWh, obtenemos un ahorro por consumo eléctrico de:

$$1.254,4 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0,39 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} = 499,2 \text{ kg CO}_2 \text{ año}$$

### 8.1.2. Consumo térmico

#### Generación energía Solar térmica

En el apartado 4.2.4 se describe el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> que supone la generación del 74 % de la energía térmica demandada, mediante la instalación de placas solares. La demanda anual de energía térmica es de 1.994,6 kWh, esta energía permite desplazar el consumo de Gasóleo C, cuyo factor de emisión es de 0,3182 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Logrando de este modo, el siguiente ahorro:

$$\text{Ahorro de emisiones} = 1.994,6 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0,3182 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} \cdot 0,74 = 469,66 \text{ kg CO}_2$$

#### Generación cogeneración con biomasa.

La cogeneración permite cubrir mediante biomasa el 30 % restante de la energía térmica. La biomasa no computa a efectos de cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> al ser una emisión de Carbono de ciclo corto, por lo tanto también permite ahorra las siguientes emisiones:

$$\text{Ahorro de emisiones} = 1.994,6 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0,3182 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} \cdot 0,26 = 165,01 \text{ kg CO}_2$$

Cabe destacar que la cogeneración con biomasa y un motor Stirling, permite generar también energía eléctrica, la cual se acumularía en las baterías que utilizan los sistemas minieólico y fotovoltaico. No obstante la función principal de la instalación de cogeneración es complementar la energía térmica que genera la instalación solar térmica y en segundo lugar la generación de electricidad.

### 8.1.3. Ahorro total de emisiones

El ahorro total de emisiones, corresponde a las suma del ahorro de las emisiones eléctricas y térmicas.

Sistema que permite el ahorro	Emisiones Ahorradas anualmente.
	Kg CO <sub>2</sub> /año
Eléctrica y eólica	409,2
Energía solar térmica	469,66
Cogeneración	165,01
<b>TOTAL</b>	<b>1.123,9</b>

La i-Naturhouse, permite un ahorro de 1.123,9 kgCO<sub>2</sub>/año.

## 8.2. Viabilidad de las tecnologías utilizadas

A continuación se detallan las tecnologías estudiadas para su implantación en la i-Naturhouse. Para analizar qué tecnologías presentaban un mayor potencial se ha realizado un análisis multicriterio, analizando las siguientes variables:

- **Madurez tecnológica [MT]:** Se ha analizado si la tecnología se encuentra en fase de desarrollo o si ya está consolidada.
- **Disponibilidad en el mercado [DM]:** Se indica si es factible encontrar esta tecnología en el mercado nacional, así como un servicio de mantenimiento para eventuales reparaciones.
- **Potencial de generación [PG]:** Muestra, en función del recurso presente en cada zona, la capacidad de generación energética. En el caso de tratarse de una medida de ahorro energético, evalúa su potencial de ahorro.
- **Viabilidad económica [VE]:** Se evalúa si comparativamente el coste de la tecnología es elevado.
- **Escala tecnológica [ET]:** Se analiza si es viable implantar esta tecnología a la escala de la i-Naturhouse.

A continuación se muestra el análisis realizado, desde la perspectiva aportada por el Máster a los distintos integrantes del grupo.

En color verde se indican las que se han implantado en la i-Naturhouse y en color rojo aquellas que han sido descartadas a lo largo del proceso de concepción de la i-Naturhouse.

El análisis de las tecnologías implantadas se ha estructurado de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Tecnologías de gestión de la demanda energética
  - Sistemas eficientes
  - Bioclimatismo
- Tecnologías de autogeneración
  - Generación de energía eléctrica
  - Generación de energía térmica.

○

Tecnologías de gestión de la demanda: Sistemas eficientes y Bioclimatismo						
Sistemas eficientes						
Tecnología	MT	DM	PG	VE	ET	Evaluación
Suelo radiante	Alta	Alta	Alta	Medio	Alta	Viable tecno-económicamente.
Sistemas de almacenaje de energía térmica	Alta	Alta	Alta	Medio	Alta	Viable únicamente a la escala de la i-Naturhouse, la acumulación de la energía eléctrica excedentaria en un termo acumulador. Las demás tecnologías están fuera de la escala.
Sistemas de compatibilización de la iluminación artificial y natural	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable tecno-económicamente
Sistemas de control y seguimiento de las instalaciones	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable tecno-económicamente.

Tecnologías de gestión de la demanda: Sistemas eficientes y Bioclimatismo						
Bioclimatismo						
Tecnología	MT	DM	PG	VE	ET	Evaluación
Ventilación cruzada	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable técnica y económicamente. Sin incompatibilidades estéticas ni funcionales
Chimeneas solares	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Viable técnica y económicamente. Sin incompatibilidades estéticas ni funcionales
Implantación muro trombe	Alta	Alta	Alta	Baja	Media	Implicaciones funcionales con la ventilación cruzada
Implantación invernadero de precalentamiento aire aportación	Alta	Alta	Alta	Baja	Media	Implicaciones estéticas y funcionales: elevados requerimientos de superficie
Cubierta ajardinada	Alta	Baja	Alta	Media	Media	Viable técnica y económicamente. Sin incompatibilidades estéticas ni funcionales
Voladizos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable técnica y económicamente. Sin incompatibilidades estéticas ni funcionales
Sistema de recogida de aguas pluviales	Alta	Alta	Baja	Bajo	Bajo	Es viable técnica y económicamente Pero presenta incompatibilidades funcionales con las instalaciones de cogeneración y no supone un ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub> .
Elevado aislamiento térmico de los cerramientos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable técnica y económicamente.

Tecnologías de autogeneración						
Generación eléctrica						
Tecnología	MT	DM	PG	VE	ET	Evaluación
Generadores mini eólicos	Alta	Alta	Alta	Medio	Alta	Viable tecno-económicamente.
Energía fotovoltaica	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable tecno-económicamente.
Energía mini hidráulica	Alta	Alta	Baja	Media	Baja	Tecnología viable y madura, pero descartada por falta de recurso
Sistema de micro cogeneración mediante biomasa y motor Stirling	Media	Media	Alto	Alto	Alto	Viable técnica y económica. Especialmente indicado a efectos de eficiencia y escala
Generación térmica						
Tecnología	MT	DM	PG	VE	ET	Evaluación
Energía geotérmica	Alta	Media	Alta	Media	Baja	Tecnología madura pero viable en aplicaciones a mayor escala
Energía solar térmica	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Viable tecno-económicamente. Presenta una elevada rentabilidad económica
Sistema de climatización por aire mediante bomba de calor	Alta	Alta	Alta	Medio	Alta	Viable tecno-económicamente, pero se ha descartado al ser redundante frente al suelo radiante y presentar un menor confort.

## 9. Estudio Económico, viabilidad del proyecto

A continuación se desarrolla un análisis económico-financiero, en primer lugar bajo la perspectiva de la fabricación en serie de la i-Naturhouse en fábrica destinada a ello. Posteriormente, se analiza la i-Naturhouse, desde una perspectiva de mercado.

### 9.1 Análisis económico des del punto de vista del fabricante.

#### 9.1.1 Coste de fabricación unitario.

La estructura de costes de fabricación unitarios es la siguiente:

		Aislada	% total	En red	% total
Capítulo I	Instalación Eólica	6.589,74 €	14,5%	7.569,37 €	17,4%
Capítulo II	Solar Fotovoltaica	10.735,56 €	23,7%	11.879,26 €	27,4%
Capítulo III	Baterías	4.118,52 €	9,1%	0,00 €	0,0%
Capítulo IV	Solar térmica y Micro cogeneración	11.286,51 €	24,9%	11.286,51 €	26,0%
Capítulo V	Instalación y Control	2.508,59 €	5,5%	2.508,59 €	5,8%
Capítulo VI	Acometida Eléctrica	625,93 €	1,4%	625,93 €	1,4%
Capítulo VII	Cerramientos	8.720,00 €	19,2%	8.720,00 €	20,1%
CapítuloVIII	Mobiliario	800,00 €	1,8%	800,00 €	1,8%
Total		45.384,85 €	100,0%	43.389,66 €	100,0%

#### Justificación de la estructura de costes.

A nivel de comprobación: cabe destacar que una vivienda estándar presenta un coste de fabricación de 1000 €/m<sup>2</sup>. La i-Naturhouse dispone de 30 m<sup>2</sup>, por lo tanto su coste orientativo debería de estar entorno a los 30.000€. No obstante presenta un sobrecoste frente una vivienda convencional de un 40%, este sobrecoste es razonable ya que es una construcción con una componente tecnológica intensiva, especialmente a lo que en sistemas de autogeneración se refiere.

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

En coherencia, con este hecho, se observa que el coste de instalaciones supone entorno al 80% del coste unitario de fabricación de la i-Naturhouse.

A continuación se muestra el coste de fabricación desglosado por capítulos.

Los capítulos I, II y III, varían en función de si la i-Naturhouse se encuentra de forma aislada o bien conectada a red.

**Desglose de partidas para i-Naturhouse conectada en red. Capítulos I, II, III, IV y V**

Capítulo I: Instalación Eólica				
Partida	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.1	Suministro e Instalación de Aerogenerador 3 KW	1	6.950,00 €	6.950,00 €
1.2	Inversor CA/CA 3,3 Kw	1	2.099,00 €	2.099,00 €
1.3	Aparamenta Eléctrica	1	200,00 €	200,00 €
1.4	Cableado	1	100,00 €	100,00 €
1.5	Torreta para aerogenerador de 12m con complementos base de anclaje, tensores, cable tensor y puntera de torre.	1	491,15 €	491,15 €
1.6	Contador Eléctrico KVA-KVAr	1	400,00 €	400,00 €
1.7	Pequeño Material	1	100,00 €	100,00 €
<b>Total coste Capítulo I</b>				<b>7.659,37 €</b>

Capítulo II: Instalación Solar Fotovoltaica				
Partida	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2.1	Placa Fotovoltaica monocristalino 315W	8	1.199,00 €	9.592,00 €
2.2	Inversor CC/CA 2,8 KW	1	2.199,00 €	2.199,00 €
2.3	Aparamenta Eléctrica	1	200,00 €	200,00 €
2.4	Cableado	1	150,00 €	150,00 €
2.5	Seguidor solar a un Eje+Estructura metálica	8	424,50 €	3.396,00 €
2.6	Contador Eléctrico KVA-KVAr	1	400,00 €	400,00 €
2.7	Pequeño Material	1	100,00 €	100,00 €
<b>Total coste Capítulo II</b>				<b>11.879,26 €</b>

## Desglose partidas para una i-Naturhouse conectada aislada. Capítulos Instalación eólica y fotovoltaica.

Capitulo I: Instalación Eólica				
Partida	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.1	Suministro e Instalación de Aerogenerador 3 KW	1	6.950,00 €	6.950,00 €
1.2	Regulador de Carga 3Kw	1	655,00 €	655,00 €
1.3	Aparamenta Eléctrica	1	200,00 €	200,00 €
1.4	Cableado	1	100,00 €	100,00 €
1.5	Torreta para aerogenerador de 12m con complementos base de anclaje, tensores, cable tensor y puntera de torre.	1	491,15 €	491,15 €
1.6	Contador Eléctrico KVA-KVAr	1	400,00 €	400,00 €
1.7	Pequeño Material	1	100,00 €	100,00 €
<b>Total coste Capítulo I</b>				<b>6.589,74 €</b>

Capítulo II: Instalacion Solar Fotovoltaica				
Partida	Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2.1	Placa Fotovoltaica monocristalina 315W	8	1.199,00 €	9.592,00 €
2.2	Regulador de Carga 3Kw	1	655,00 €	655,00 €
2.3	Aparamenta Electrica	1	200,00 €	200,00 €
2.4	Cableado	1	150,00 €	150,00 €
2.5	Seguir solar a un Eje+Estructura metalica	8	424,50 €	3.396,00 €
2.6	Contador Electrico KVA-KVAr	1	400,00 €	400,00 €
2.7	Pequeño Material	1	100,00 €	100,00 €
<b>Total coste Capítulo II</b>				<b>10.735,56 €</b>

Capítulo III: Instalacion Baterias				
Partida	Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
3.1	Baterias tipo Estacionaria de 358 Ah	4	725,00 €	2.900,00 €
3.2	Aparamenta Electrica	1	360,00 €	360,00 €
3.3	Cableado	1	150,00 €	150,00 €
3.4	Inversor CC/CA	1	1.800,00 €	1.800,00 €
3.5	Inversor CC/CC	1	250,00 €	250,00 €
3.6	Pequeño Material	1	100,00 €	100,00 €
<b>Total coste Capítulo III</b>				<b>4.118,52 €</b>

**Desglose capítulos comunes para una i-Naturhouse en red o aislada.**

Capítulo IV: Instalación Solar Térmica + Micro-cogeneración				
Partida	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
4.1	Micro-cogeneración	1	6.749,00 €	6.749,00 €
4.2	Inter-acumulador de 2 doble serpentín para Solar Térmica+Micro-cogeneración. Capacidad de 400 l.	1	2.247,50 €	2.247,50 €
4.3	Captador Solar de alta eficiencia.	4	649,50 €	2.598,00 €
4.4	Kit. Sensoria (sondas de temperatura, de irradiación, de presión)	1	545,90 €	545,90 €
4.5	Grupo Hidráulico (Valvulería+Bomba de recirculación)	1	1.100,50 €	1.100,50 €
4.6	Disipador de Calor	1	348,00 €	348,00 €
4.7	Kit. Tubería de cobre+racors+aislamiento	1	597,89 €	597,89 €
4.8	Aparamenta Eléctrica	1	100,00 €	100,00 €
4.9	Cableado	1	100,00 €	100,00 €
4.10	Contador Térmico	2	150,00 €	300,00 €
4.11	Contador Eléctrico KVA-KVAR	1	400,00 €	400,00 €
4.12	Pequeño Material	1	150,00 €	150,00 €
<b>Total coste Capítulo IV</b>				<b>11.286,51 €</b>

Capítulo V: Instalación Control				
Partida	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
5.1	Terminal Control PLC OCS+ Modem GPRS sistema eléctrica de generación	1	900,00 €	900,00 €
5.2	Terminal Control PLC OCS sistema térmico de generación	1	300,00 €	300,00 €
5.3	Módulo de entradas/salidas Analógicas-Digitales	6	150,00 €	900,00 €
5.4	Pequeño Material	1	500,00 €	500,00 €
5.5	Estación Meteorológica (Parámetros de captación: Vel. Viento, Dir. Viento, Temperatura, presión Atmosférica, irradiación Directa, Difusa, Reflectada y humedad rel.) conexión USB	1	736,60 €	736,60 €
5.6	Pequeño Material	1	50,00 €	50,00 €
<b>Total coste Capítulo V</b>				<b>2.508,59 €</b>

Capítulo VI: Acometida Eléctrica					
Partida	Descripción		Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
6.1	Acometida Eléctrica Monofásica		1	200,00 €	200,00 €
6.2	Aparamenta Eléctrica		1	150,00 €	150,00 €
6.3	Cableado		1	100,00 €	100,00 €
6.4	Contador Eléctrico KVA-KVAr Bidireccional		1	345,00 €	345,00 €
6.5	Pequeño Material		1	50,00 €	50,00 €
<b>Total coste Capítulo VI</b>					<b>625,93 €</b>

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano

Capítulo VII: Cerramientos				
Partida		Descripción	Unitario	Total
7.1	Base	Prefabricado de cemento alisado de 15 cm de grueso, con cámara de aire y pavimento de 5 cm tipo cerámico. Incluyendo juntas de dilatación, uniones y sistemas de fijación. Incluye sistema de suelo radiante, incorporado debajo del pavimento y protegido mediante una xapa de aluminio de 0,3mm de grueso.	1	1.220 €
7.2	Tabiquería interior	Elementos prefabricados de pladur tipo sandwich, con aislante térmico y acústico. Incluye sistema de fijación y anclaje con la base y los cerramientos exteriores. Incluye carpintería necesaria para incorporar puertas interiores	1	450 €
7.3	Falso techo	Falso techo, mecanizado para la implantación de las lucernarias correspondientes. Incorporando sistemas de transporte de senyales débiles y de fuerza mediante zafatas tipo "regeband". Incluye sistemas de fijación y elementos estructurales metálicos.	1	900 €
7.4	Cerramientos verticales exteriores	Prefabricado de madera pretratada de 20 cm de grueso, recubierta con capa aislante de celulosa. Mecanizadas para su anclaje y montaje en obra. Incluye sistemas de fijación entre tablonos y sistemas de fijación con la base y cubierta. Incluye marcos y carpintería para ventans y puertas exteriores. Incluye, la superficie acristalada con la carpintería necesaria para incorporar cristal doble. Incluye también sistemas de fijación y elementos	1	3.250 €
7.5	Cubierta	Elementos prefabricados de madera pretratada de 20 cm de grueso, recubiertas con aislante térmico y barrera impermeable. Incluye mecanizado de anclajes con los cerramientos verticales exteriores. Incluye cúpula de cristal, implantada según especificaciones y punto de soporte para el aerogenerador.	1	2.400 €
7.6	Cubierta ajardinada	Elementos prefabricados de madera pretratada de 20 cm de grueso, aislante térmico, barrera impermeable y lámina geotextil de protección frente a raíces e infiltraciones. Capat de tierra compactada de 15 cm de grueso, con vegetación tipo césped incorporada.	1	500 €
<b>Total coste Capítulo VI</b>				<b>8.720 €</b>

### 9.1.2. Precio venta i-Naturhouse en función costes y evaluación de resultados

Para el cálculo del precio de venta de la i-Naturhouse deberíamos conocer la siguiente información:

- Costes Fijos y Costes Variables de la fábrica i-Naturhouse.
- Punto Muerto de la explotación del negocio.
- Previsión de ventas para los 5 primeros años.
- Rentabilidad de la inversión.
- Otros aspectos (Capital social, fuentes de financiación propias o externas).

Se debe realizar un plan de negocio inicial que contemple los costes materiales de fabricación y los estructurales de la fábrica i-Naturhouse. Se debe formular una ecuación de costes tanto fijos como variables en función de las unidades fabricadas y con la estimación de fabricación repartir estos costes totales en la fabricación unitaria, es decir sumando estos al coste de adquisición materia prima.



Ilustración 69. Como sería nuestra fábrica i-Naturhouse. FUENTE: google

Veamos un ejemplo de cálculo de nuestra i-Naturhouse. Si suponemos que hemos realizado un estudio de mercado inicial dentro de nuestro plan de negocio, donde hemos cuantificado el universo objetivo en 3.112 ayuntamientos en toda España con más de 2.000 habitantes, de los cuales hemos reducido a 1.000 ayuntamientos que presentan buenos ratios de inversión anuales, podríamos marcar un objetivo tras la realización de un estudio de mercado cuantitativo y cualitativo que incluyera visita a la administración, que sería el siguiente:

	Ventas Estimadas
Año 0	5
Año 1	15
Año 2	40
Año 3	80
Año 4	92

Estamos hablando de un proyecto de venta de 232 casetas en un plazo de 5 años, nada exagerado si tenemos en cuenta el interés que este producto puede despertar en las administraciones y en el ministerio de Turismo con el nuevo plan Turismo 2020 en marcha.

Tabla 10. Previsión ventas en unidades. FUENTE: Propia

Imaginemos que el polinomio de costes de la i-Naturhouse simplificado es el siguiente:

$$CP_{unit} = C_{mp} + \frac{(CF + CV \times n)}{n}$$

Y que para nuestra actividad encontramos los siguientes valores muy próximos a la realidad para un compañía de este tipo.

$CP_{unit}$  : Coste Producción Unitario

$C_{mp}$ : Coste materia prima unitario

CF: Costes fijos globales (no se ven afectados por la producción. Están presentes se produzca o no, por ejemplo el alquiler de la nave industrial)

CV: Costes variables explotación (Se ven afectadas por fabricación, por ejemplo transporte)

Para nuestro ejemplo tendremos unos costes fijos estructurales de 64.000€ y unos costes variables de 4.000€ por unidad fabricada. El número de unidades se verá modificado cada año, siendo el precio de producción unitario el que sigue:

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

	n	CF	CV	cmp	CP
Año <sub>0</sub>	5	64.000	4.000	43.000	59.800€
Año <sub>1</sub>	15	64.000	4.000	41.000	49.260€
Año <sub>2</sub>	40	64.000	4.000	40.000	45.600€
Año <sub>3</sub>	80	64.000	4.000	37.000	41.800€
Año <sub>4</sub>	92	64.000	4.000	35.000	39.695€

La empresa debe decidir si aplica una estrategia de desnatación de precios y de esta forma evitar pérdidas en el primer ejercicio o busca un precio que permita tener beneficios a partir del segundo ejercicio.

Creemos que un precio de salida podría ser 60.000€ que nos da un margen comercial del 33,8% en el 5º Ejercicio y un 17,9% a partir del segundo.

### 9.1.3. Rentabilidad y resultados de la fábrica i-Naturhouse

No debemos confundir margen comercial con rentabilidad del proyecto i-Naturhouse.

El margen comercial se obtiene de la siguiente expresión:

$$\text{Margen comercial} = \left(1 - \frac{P_{\text{coste}}}{P_{\text{Venta}}}\right) \text{ pu}$$

Y nos muestra la diferencia entre el valor de coste de la materia prima y gastos directos e indirectos de la fabricación de una caseta con el precio de venta, dejando de lado aspectos clave como el capital o endeudamiento de la empresa, por eso podemos utilizarlo para definir una estrategia de precios determinada pero nunca al final de un ejercicio para conocer la rentabilidad del ejercicio.

Uno de los ratios más utilizados para medir la rentabilidad es el llamado ROE (rentabilidad sobre recursos propios o del accionista) que mide la relación entre el beneficio antes de impuestos y el capital necesario para ello.

$$ROE = \frac{Bn}{Cs}; \text{ Bn= Beneficio Neto, Cs: Capital Social}$$

Otros ratios en los cuales no entraremos permiten calcular la rentabilidad en función del endeudamiento de la compañía, dentro del conjunto llamado palanca financiera.

En nuestro proyecto es normal que los inversores busquen un ROE superior al 10% para los dos primeros ejercicios y superior para los 3 siguientes.

## ***9.2. Estudio de viabilidad económica desde la perspectiva del comprador.***

El siguiente estudio demuestra como la adquisición de una i-Naturhouse puede ser una solución con periodos de recuperación de la inversión de 10 a 15 años con conexión a la red siempre y cuando seleccionemos correctamente las tecnologías adecuadas y controlemos los costes de materiales.

Es decir, en nuestra simulación pretendíamos demostrar que, con una configuración tipo que utilizara todas las tecnologías posibles consiguiéramos un balance cero, los consumos se pagarían con la conexión a red y venta de energía. Además la conexión a red nos ofrece total autonomía y no depende de la ausencia parcial de las fuentes energéticas renovables para el funcionamiento de la actividad. Ahora bien, no podemos utilizar el argumento de periodo de recuperación de la inversión, ni TIR de la inversión ya que el VAN para esta inversión es negativo y por tanto desaconsejable desde un punto de vista únicamente económico.

Pero con esto no queremos desilusionar a nadie. Este proyecto nos ha permitido responder muchas de las dudas con las cuales lo iniciábamos, así como dar respuestas a todos aquellos

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

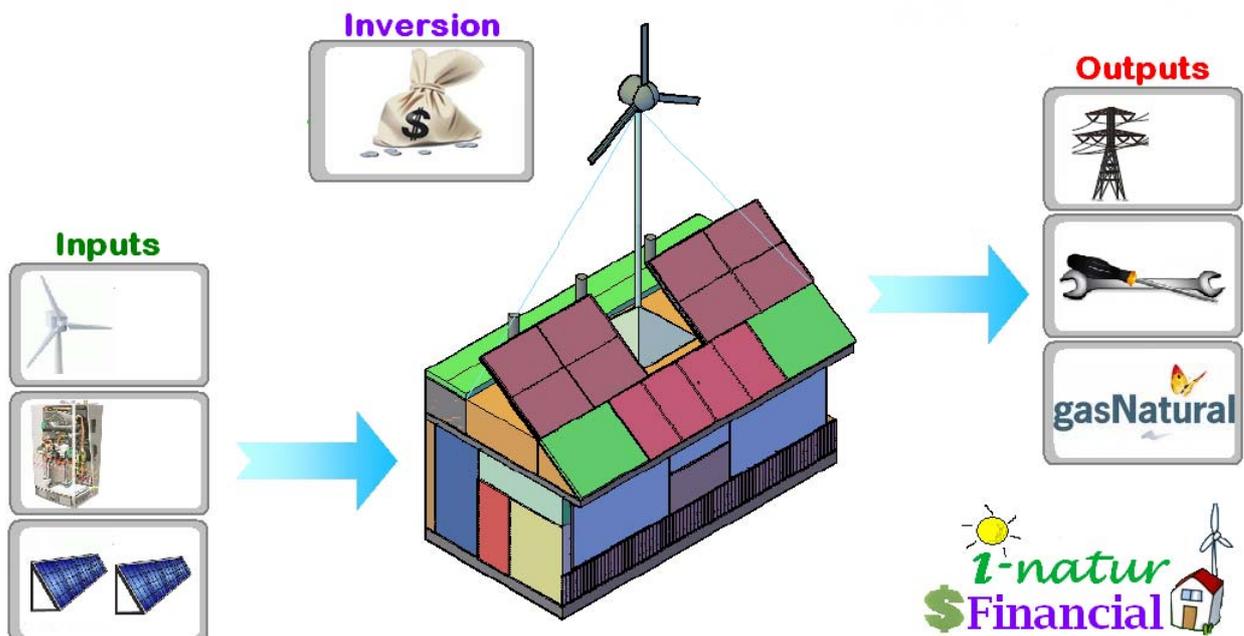
**Tutora: Núria Garrido Soriano**

planteamientos que nos puedan aparecer para la fabricación de la i-Naturhouse en función de lo que el cliente busque. Pero no desvelaremos ahora todas estas conclusiones a las cuales hemos llegado al final de este proyecto y que aunque inicialmente teníamos la sospecha no creíamos que era tan claramente demostrable.

### 9.2.1. Evaluación de los beneficios obtenidos por la evacuación de energía a la red.

La configuración actual para la i-Naturhouse con conexión a red, utilizando las fuentes energéticas y tecnologías anteriormente expuestas nos da un sistema económico como el reflejado en el siguiente gráfico.

En este sistema analizamos la actual i-Naturhouse desde una perspectiva puramente económica y prescindiendo de la actividad que tiene lugar en ella a efectos de desasociar la parte energética de la productiva.



**Ilustración 70. Sistema de flujos monetarios de una i-Naturhouse con conexión a red. FUENTE: Elaboración propia**

Haciendo una nueva descripción de las tecnologías utilizadas y los consumos productivos de la actividad para situar al lector vemos aún en mayor detalle este sistema con conexión a red.

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

- Consumo eléctrico 2,7 kW
- Aerogenerador 3 kW
- Solar Fotovoltaica 2,5 kW<sub>p</sub>
- Micro-cogeneración 0,8 kW
- Solar térmica

Para ello partimos de la hipótesis de producto alternativo. Es decir si la i-Naturhouse no se comercializara, las administraciones igualmente dedicarían un porcentaje de las partidas presupuestarias a la adquisición de locales, chalets o casa con el fin de ofrecer información sobre una zona más o menos amplia y de interés.

De esta forma intentamos demostrar que la recuperación de la inversión no se realiza sobre el total de la inversión en la i-Naturhouse sino sobre la diferencia de precio que existe entre las dos soluciones alternativas.



**Ilustración 71. Algunas casas de madera disponibles en el mercado. Fuentes de energía convencionales.**  
**FUENTES:** [www.demaderayluz.com](http://www.demaderayluz.com) / [www.balcanhouse.com](http://www.balcanhouse.com) / [www.chalets-de-madera.com](http://www.chalets-de-madera.com)

Actualmente en el mercado existen fabricantes de casas de madera, con posibilidad de adaptación a diferentes usos, entre los cuales estaría la utilidad como oficina. Todas ellas incluyen instalación interior eléctrica con caja de protecciones (magneto térmico + diferencial) e hidráulica para la conexión por parte del comprador y por tanto excluido en precio de las diferentes tecnologías convencionales para calefacción, ventilación o frío (HVAC)



**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

Después de realizar un estudio exhaustivo de la oferta actual en el mercado llegamos a la conclusión de que los precios de casas de madera con características arquitectónicas similares a las de la i-Naturhouse va entre los 550 y 850 €/m<sup>2</sup>, dependiendo del diseño y calidades de los materiales. Este precio no incluye mobiliario, electrodomésticos o equipos de calefacción y refrigeración.

Teniendo en cuenta la superficie ocupada por la i-Naturhouse podríamos afirmar que el precio del producto sustitutivo estaría comprendido entre los <sup>24</sup>17.600 y 27.200€.

A este precio se debería incorporar alguna tecnología de calefacción, refrigeración y ACS. Por las características de la construcción y la actividad que tiene lugar en ella podemos pensar que un sistema con posibilidades de ser seleccionado por el comprador sería dos splitter de <sup>25</sup>Aire Acondicionado con Bomba de calor y un termo acumulador para el agua caliente sanitaria.

Si trabajamos con una casa con un precio comprendido entre los dos límites anteriores podemos estimar el valor de compra que la <sup>26</sup>solución alternativa completa tendría y que sería la siguiente:

	Unidades	m2	€/m2	Material		Precio
Casa Madera	1	32	725	Madera		23.200 €
		Potencia A/A	Potencia Bomba	Kcal/h A/A	Kcal/h Bomba	
Aire A/A + Bomba Calor	1	2093W	2209W	1800Kcal/h	1900Kcal/h	560 €
Aire A/A + Bomba Calor	1	3604W	4069W	3100Kcal/h	3500Kcal/h	815 €
		Potencia		Capacidad		
Termoacumulador	1	800W		30l		250 €
		Especificaciones				
Instalación eléctrica	1	Mano de obra y material instalación A/A y termoacumulador				800 €
<b>Total</b>						<b>25.625 €</b>

<sup>24</sup> Precio calculado a partir de ofertas de fabricantes de casas de madera encontrados en Internet con superficies y distribuciones similares a la i-Naturhouse. Referencias: balcanhouse, demaderayluz, chaletsdemadera, chaletmadera, eurocasas, entre otros.

<sup>25</sup> Hemos seleccionado el Aire Acondicionado en función del volumen de las dos habitaciones a climatizar y en función de datos de la climatología de la zona y teniendo en cuenta que esta va a ir instalada en una zona con radiación directa solar. El valor utilizado finalmente ha sido de 50Kcal/m<sup>3</sup>

<sup>26</sup> Split Aire Acondicionado y Bomba de calor Mitsubishi Heavy industries modelo SRK20HD-S y SRK40HD-S. Termoacumulador de 30l 800W modelo CE 30R Corberó.

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

**Por tanto el extra coste que la i-Naturhouse supone para el comprador es de 60.000€ - 25.625€ = 34.375€. Este es el valor monetario que utilizaremos para demostrar la viabilidad económica de la decisión de inversión en la i-Naturhouse este primer proyecto.**

Con los datos de consumo eléctrico mensuales calculados en el apartado 3.2 realizamos el cálculo de la factura mensual para un año base.

Potencia[kW]	3,3
€ Potencia	0,055075
€ kwh	0,11473
Impuesto R+D	4,864
Incremento base	1,05113
IVA	16

( Según tarifa TUR sin discriminación horaria)

Mes	Consumo [kWh]	Dias mes	Coste Potencia Contratada[€]	Coste Consumo [ € ]	Impuesto R+D[€]	Cost Electricidad
Enero	660	31	5,63	75,72	4,16	85,52
Febrero	640	28	5,09	73,43	4,01	82,53
Marzo	639	31	5,63	73,31	4,04	82,98
Abril	638	30	5,45	73,20	4,02	82,67
Mayo	625	31	5,63	71,71	3,95	81,29
Junio	617	30	5,45	70,79	3,90	80,14
Julio	619	31	5,63	71,02	3,92	80,57
Agosto	623	31	5,63	71,48	3,94	81,05
Septiembre	637	30	5,45	73,08	4,02	82,55
Octubre	659	31	5,63	75,61	4,15	85,39
Noviembre	650	30	5,45	74,57	4,09	84,12
Diciembre	664	31	5,63	76,18	4,18	86,00

<b>Total</b>	<b>994,82</b>
--------------	---------------

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

El siguiente punto es el cálculo del importe que podremos recibir de la compañía eléctrica por la venta de energía y en los cuales se han tenido en cuenta los kwh mensuales producidos por cada energía en función de los recursos para cada una de ellas así como el precio kwh con prima para cada una de las energías.

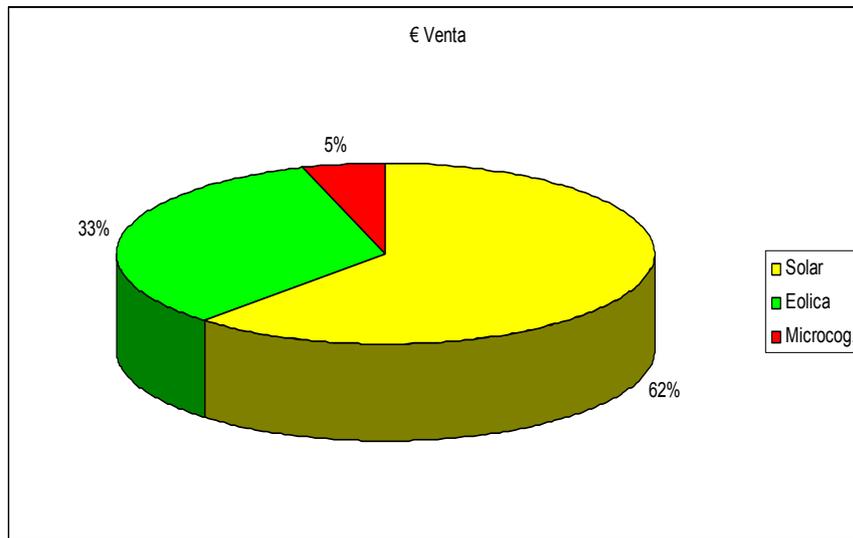
Mes	Año	Produccion Eolica [kWh]	Produccion Solar [kWh]	Produccion microcog.[kWh]	€ Prima Solar	€ Prima Eolica	€ Prima Microcog.	Tipo Kv	€ Venta Total K
Enero	0	587,61	265,2	120	0,34	0,073	0,1463	1	150,62
Febrero	0	647,61	306,3	120	0,34	0,073	0,1463	1	168,97
Marzo	0	997,9	352,9	120	0,34	0,073	0,1463	1	210,39
Abril	0	957,69	326,9	120	0,34	0,073	0,1463	1	198,61
Mayo	0	672,42	328,6	0	0,34	0,073	0,1463	1	160,81
Junio	0	774,03	310,8	0	0,34	0,073	0,1463	1	162,18
Julio	0	626,6	317,5	0	0,34	0,073	0,1463	1	153,69
Agosto	0	672,42	323,5	0	0,34	0,073	0,1463	1	159,08
Septiembre	0	957,69	336,1	0	0,34	0,073	0,1463	1	184,19
Octubre	0	1071,27	365,3	0	0,34	0,073	0,1463	1	202,40
Noviembre	0	722,49	299,3	120	0,34	0,073	0,1463	1	172,06
Diciembre	0	696,76	228,3	120	0,34	0,073	0,1463	1	146,04

En esta tabla podemos ver como el aerogenerador está produciendo el 60% de la energía total, y fue seleccionado por el buen recurso eólico disponible en la zona, pero su contribución al total vendido a la compañía es muy bajo. Esto destaca una de las quejas reincidentes por sectores de la mini eólica que desde hace años reclaman una tarifa más elevada para un recurso que según ellos solo está siendo aprovechado por la eólica de gran tamaño.

Mes	Año	€ Venta Solar	€ Venta Eolica	€ Venta Microcog.	€ Venta Total K
Enero	0	90,17	42,90	17,56	150,62
Febrero	0	104,14	47,28	17,56	168,97
Marzo	0	119,99	72,85	17,56	210,39
Abril	0	111,15	69,91	17,56	198,61
Mayo	0	111,72	49,09	0,00	160,81
Junio	0	105,67	56,50	0,00	162,18
Julio	0	107,95	45,74	0,00	153,69
Agosto	0	109,99	49,09	0,00	159,08
Septiembre	0	114,27	69,91	0,00	184,19
Octubre	0	124,20	78,20	0,00	202,40
Noviembre	0	101,76	52,74	17,56	172,06
Diciembre	0	77,62	50,86	17,56	146,04
		<b>1278,64</b>	<b>685,07</b>	<b>105,34</b>	<b>2069,04</b>

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

Tutora: Núria Garrido Soriano



Aún con una contribución energética de solar fotovoltaica inferior a la mitad en kWh. generados, su contribución económica es mucho mayor ya que la prima es 5 veces mayor que la eólica, al cual está por debajo del precio kWh de energía consumida por una instalación doméstica con tarifa plana TUR.

Ilustración 72. Gráfico sectorial que muestra la contribución en los flujos de caja de salida de las 3 tecnologías de producción eléctrica en la i-Naturhouse. FUENTE: Propia.

El siguiente paso para ver si la inversión sería desde un punto de vista puramente económico aconsejable sería realizar un inventario de los outputs o gastos y su valoración total.

Mes	Año	Consumo	€ Electricidad	€	Cost	Gastos
		i-Naturhouse[kWh]	i-Naturhouse	Gas Natural	Manteniment	Totales
Enero	0	660	85,52	36,00	50,00	171,52
Febrero	0	640	82,53	36,00	50,00	168,53
Marzo	0	639	82,98	36,00	50,00	168,98
Abril	0	638	82,67	36,00	50,00	168,67
Mayo	0	625	81,29	0,00	50,00	131,29
Junio	0	617	80,14	0,00	50,00	130,14
Julio	0	619	80,57	0,00	50,00	130,57
Agosto	0	623	81,05	0,00	50,00	131,05
Septiembre	0	637	82,55	0,00	50,00	132,55
Octubre	0	659	85,39	0,00	50,00	135,39
Noviembre	0	650	84,12	36,00	50,00	170,12
Diciembre	0	664	86,00	36,00	50,00	172,00
			994,82	216,00	600,00	1810,82

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

Una vez tenemos esta valoración pasamos a realizar un paso obligado en cualquier proyecto de inversión que es el cálculo del Valor Actual Neto. Este cálculo no es indicativo de la rentabilidad de la inversión ni nos ofrece ninguna orientación sobre el tipo de interés que la inversión nos da a un plazo determinado. Simplemente nos dice si se aconseja la inversión con VAN positivo o se desaconseja con VAN negativo, para un determinado valor de actualización que ahora comentaremos.

La fórmula que utilizaremos en el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \times \frac{Inputs - Outputs}{(1+k)^n}$$

I = Inversión inicial (valor de coste de la i-Naturhouse)

Inputs= Valor monetario producida por la venta de energía eléctrica

Outputs=Valor monetario producida por la compra de energía eléctrica, mantenimiento del sistema y compra de gas natural para funcionamiento Microgeneración.

K= Mínima rentabilidad que se espera para comenzar a estudiar la inversión.

El factor determinante es la K, ya que dependiendo de este valor nuestra inversión será aconsejable o no. Podríamos decir que es el listón que colocamos al proyecto de inversión.

Esta siempre deberá ser como mínimo el valor ofrecido por productos financieros sin riesgo. Podemos hablar de bonos, letras u obligaciones emitidas por el estado. Con ello también estamos actualizando el valor de capital a un plazo determinado. Es decir, no es lo mismo que la instalación genere 150€ en el 2010 que genere estos mismos 150€ en 2020. Todo esto lo tiene en cuenta el VAN gracias a la k también llamada tasa de actualización.

En nuestro caso y teniendo en cuenta que las obligaciones a 15 años que será el periodo estudiado están al 4,258% y teniendo en cuenta que debemos sumar una prima de riesgo seleccionaremos un valor de k para el cálculo del VAN del 10% y desarrollaremos la iteración:

$$^{27}VAN = -34375 + \frac{258}{(1+0,10)^1} + \frac{258}{(1+0,10)^2} + \dots + \frac{258}{(1+0,10)^{15}} = -32.412$$

<sup>27</sup> El valor cash-flow (input-output) se mantiene constante ya que tanto la entrada como la salida estarán afectadas por el IPC, aunque la salida con un IPC-0.5% siendo el resultado neto muy parecido al año base y simplificando el cálculo enormemente.

El VAN nos indica que la inversión está totalmente desaconsejada desde el punto de vista económico, pero no tanto desde el punto de vista de sostenibilidad. Tenemos una solución que vende energía de fuentes renovables a la red, disminuye los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> y con un balance cero en el sistema económico de la i-Naturhouse. Ahora bien no podemos decir que la inversión sea aconsejable si valoramos exclusivamente el aspecto económico.

Para ello deberíamos realizar una serie de cambios que demostraremos a continuación.

### **NUEVO PROYECTO i-Naturhouse con periodo recuperación Inversión <15 años.**

Al igual que en el caso anterior partimos de la hipótesis de producto alternativo. Es decir si la i-Naturhouse no se comercializara, las administraciones igualmente dedicarían un porcentaje de las partidas presupuestarias a la adquisición de locales, chalets o casa con el fin de ofrecer información sobre una zona más o menos amplia y de interés.

En la nueva configuración eliminaríamos la mini eólica y la solar térmica, dando mayor peso a la solar fotovoltaica que ocuparía el total del techo de la i-Naturhouse. La demanda térmica necesaria sería suplida con una Microgeneración mayor con motor Stirling de 1,5kW de generación. El precio de la nueva configuración i-Naturhouse se ve reducido hasta los 44.125€ aproximadamente al realizar este ajuste tecnológico.

***Por tanto el extra coste que la i-Naturhouse supone para el comprador es de 44.125€ - 25.625€ = 18.500€. Este es el valor monetario que utilizaremos para demostrar la viabilidad económica de la decisión de inversión en la i-Naturhouse.***

Las primas actuales para mini eólica no permiten asumir el elevado coste de este tipo de equipos para los cuales los periodos de recuperación superan en ocasiones el tiempo de vida útil de la instalación.

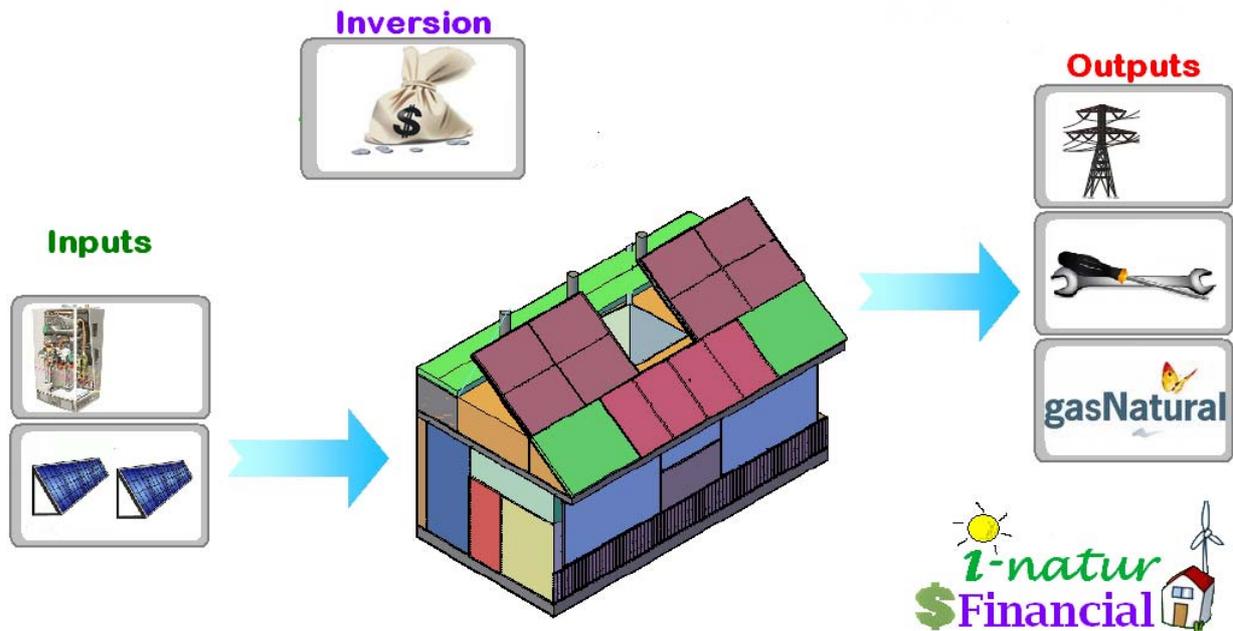


Ilustración 73. Sistema de entradas y salidas de flujos monetarios de I-Naturhouse con conexión a red ,pero sin generador eólico y con solar FV y micro-cogeneración reforzada. FUENTE: propia

Si realizamos nuevamente los cálculos con las nuevas modificaciones realizadas obtenemos lo siguiente:

Potencia[kW]	3,3
€ Potencia	0,055075
€ kwh	0,11473
Impuesto R+D	4,864
Incremento base	1,05113
IVA	16

( Según tarifa TUR sin discriminación horaria)

Mes	Consumo [kWh]	Dias mes	Coste Potencia Contratada[€]	Coste Consumo [ € ]	Impuesto R+D[€]	Cost Electricidad
Enero	726	31	5,63	83,29	4,55	93,47
Febrero	704	28	5,09	80,77	4,39	90,25
Marzo	702,9	31	5,63	80,64	4,41	90,69
Abril	701,8	30	5,45	80,52	4,40	90,37
Mayo	625	31	5,63	71,71	3,95	81,29
Junio	617	30	5,45	70,79	3,90	80,14
Julio	619	31	5,63	71,02	3,92	80,57
Agosto	623	31	5,63	71,48	3,94	81,05
Septiembre	637	30	5,45	73,08	4,02	82,55
Octubre	659	31	5,63	75,61	4,15	85,39
Noviembre	715	30	5,45	82,03	4,47	91,96
Diciembre	730,4	31	5,63	83,80	4,57	94,01

Total 1041,74

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

El consumo en kWh aumenta para los meses de Noviembre a Abril debido a que la micro cogeneración es la fuente energética principal pero como respaldo tiene un termo acumulador que calienta agua mediante resistencias. La energía vendida aumenta a 4.033€.

Mes	Año	Produccion Eolica [kWh]	Produccion Solar [kWh]	Produccion microcog.[kWh]	€ Prima Solar	€ Prima Eolica	€ Prima Microcog.	Tipo Kv	€ Venta Total K
Enero	0	0	795,6	225	0,34	0,073	0,1463	1	303,42
Febrero	0	0	918,9	225	0,34	0,073	0,1463	1	345,34
Marzo	0	0	1058,7	225	0,34	0,073	0,1463	1	392,88
Abril	0	0	980,7	225	0,34	0,073	0,1463	1	366,36
Mayo	0	0	985,8	0	0,34	0,073	0,1463	1	335,17
Junio	0	0	932,4	0	0,34	0,073	0,1463	1	317,02
Julio	0	0	952,5	0	0,34	0,073	0,1463	1	323,85
Agosto	0	0	970,5	0	0,34	0,073	0,1463	1	329,97
Septiembre	0	0	1008,3	0	0,34	0,073	0,1463	1	342,82
Octubre	0	0	1095,9	0	0,34	0,073	0,1463	1	372,61
Noviembre	0	0	897,9	225	0,34	0,073	0,1463	1	338,20
Diciembre	0	0	684,9	225	0,34	0,073	0,1463	1	265,78

Mes	Año	€ Venta Solar	€ Venta Eolica	€ Venta Microcog.	€ Venta Total K
Enero	0	270,50	0,00	32,92	303,42
Febrero	0	312,43	0,00	32,92	345,34
Marzo	0	359,96	0,00	32,92	392,88
Abril	0	333,44	0,00	32,92	366,36
Mayo	0	335,17	0,00	0,00	335,17
Junio	0	317,02	0,00	0,00	317,02
Julio	0	323,85	0,00	0,00	323,85
Agosto	0	329,97	0,00	0,00	329,97
Septiembre	0	342,82	0,00	0,00	342,82
Octubre	0	372,61	0,00	0,00	372,61
Noviembre	0	305,29	0,00	32,92	338,20
Diciembre	0	232,87	0,00	32,92	265,78
		<b>3835,91</b>	<b>0,00</b>	<b>197,51</b>	<b>4033,42</b>

Y la consumida queda en 1.581€, siendo el resultado neto de 4.033-1581 =2.451€

Mes	Año	Consumo i-Naturhouse[kWh]	€ Electricidad i-Naturhouse	€ Gas Natural	Cost Manteniment	Gastos Totales
Enero	0	726	93,47	20,00	35,00	148,47
Febrero	0	704	90,25	20,00	35,00	145,25
Marzo	0	702,9	90,69	20,00	35,00	145,69
Abril	0	701,8	90,37	20,00	35,00	145,37
Mayo	0	625	81,29	0,00	35,00	116,29
Junio	0	617	80,14	0,00	35,00	115,14
Julio	0	619	80,57	0,00	35,00	115,57
Agosto	0	623	81,05	0,00	35,00	116,05
Septiembre	0	637	82,55	0,00	35,00	117,55
Octubre	0	659	85,39	0,00	35,00	120,39
Noviembre	0	715	91,96	20,00	35,00	146,96
Diciembre	0	730,4	94,01	20,00	35,00	149,01
		<b>1041,74</b>	<b>120,00</b>	<b>420,00</b>	<b>1581,74</b>	

El nuevo valor de venta para la casa que hemos configurado es de 44.125€ y el valor de una casa alternativa sin energías renovables de 25.625€, por tanto un diferencial de 18.500€.

Por tanto el VAN para la diferencia de precio entre una casa convencional con la i-Naturhouse será el siguiente:

$${}^{28}\text{VAN} = -18.500 + \frac{2451}{(1+1,10)^1} + \frac{2451}{(1+1,10)^2} + \dots + \frac{2451}{(1+1,10)^{15}} = +142,5$$

La inversión es del todo **aconsejable** bajo la premisa de un tipo de interés compuesto mayor al 10% anual.

Ahora bien, el VAN únicamente nos está diciendo que la inversión es aconsejable pero no nos da información del tipo de interés efectivo y que por tanto por definición hace que el VAN sea cero.

Por tanto calcularemos ese tipo de interés llamado tasa interna de retorno que hace que el Van sea cero.

$$0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{\text{Inputs} - \text{Outputs}}{(1+k)^i}$$

$$0 = -18.500 + \frac{2451}{(1+k)^1} + \frac{2451}{(1+k)^2} + \dots + \frac{2451}{(1+k)^{15}};$$

$$K = 10,13\%$$

Por tanto la tasa interna de retorno será del 10,13% para esta operación.

$$\text{TIR} = 10,13\%.$$

---

<sup>28</sup> El valor cash-flow (input-output) se mantiene constante ya que tanto la entrada como la salida estarán afectadas por el IPC, aunque la salida con un IPC-0.5% siendo el resultado neto muy parecido al año base y simplificando el cálculo enormemente.

## Tasa Anual Equivalente de la operación

La tasa anual equivalente expresa el plazo y los gastos o comisiones en el tipo, En nuestro caso la TIR no debería coincidir con la TAE ya que los pagos por la compañía eléctrica son en base bimensual, pero para simplificar el cálculo unificamos los cobros a base anual.

En este caso como el pago ha sido contemplado en base anual la TIR = TAE.

Para un cálculo donde la liquidación de los pagos sea en una base diferente se deberá aplicar

$$TAE = \left(1 + TIR_d\right)^{\frac{360}{d}}$$

## Estimación de la Tasa interna de retorno y tasa anual equivalente a 25 años.

$$0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Inputs - Outputs}{(1+k)^i}$$

$$0 = -18.500 + \frac{2451}{(1+k)^1} + \frac{2451}{(1+k)^2} + \dots + \frac{2451}{(1+k)^{25}};$$

K= 12,56%

Por tanto la tasa interna de retorno será del 12,56% para esta operación equivalente a la TAE de la operación.

## Periodo de recuperación de la inversión

Para el cálculo del payback o periodo de recuperación de la inversión solo tendremos en cuenta el aumento anual del IPC o nivel inflacionario medio y no sumaremos ningún tipo de prima de riesgo ya que lo único que deseamos ver es en la moneda en año base cero ( moneda corriente), en que plazo la inversión realizada extra por la administración se recupera.

En este caso los datos son los siguientes:

I = 18.500 en año b<sub>0</sub>

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

Inflación = 2%

Si analizamos los valores actualizados de la venta de energía teniendo en cuenta la inflación encontramos lo siguiente:

$$\text{Año1} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^1} = 2.403\text{€}$$

$$\text{Años2} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^2} = 2.356\text{€}$$

$$\text{Año3} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^3} = 2.310\text{€}$$

$$\text{Año4} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^4} = 2.264\text{€}$$

$$\text{Año5} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^5} = 2.219\text{€}$$

$$\text{Año6} = \frac{2451}{(1 + 0,02)^6} = 2176\text{€}$$

Y así de forma constante en el tiempo.

Bajo estas condiciones, ya que si existe una revisión de tarifas o un aumento de la prima referenciada a IPC que sea mayor al aumento de los costes se deberán revisar cálculos, el payback será el valor actual neto para cada año y por tanto a moneda corriente en base cero y que supere o alcance el nivel de inversión inicial, 18.500€.

En nuestro caso;

n= 10 años

Por tanto y resumiendo lo visto en este ejemplo estamos ofreciendo una casa de información turística con un extra coste sobre una convencional de 18.500€, que nos incluye diseño bioclimático, energía solar fotovoltaica, micro-cogeneración, conexión a red para venta energía, torre meteorológica, control automatizado y conexión a red de banda ancha, diseño totalmente sostenible, reducción de emisiones CO2, entre otros.

Para la Administración, esta inversión adicional de 18.500€ se tiene que ver desde la siguiente tabla que resume la operación:

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

Inversión Inicial	18.500
Payback	10 años
Inflación	2%
Ingreso Venta anual	4.033€
Coste consumo anual	1.581€
TIR 15 años	10,13%
TAE 15 años	10,13%
TIR 25 años	12,56%
TAE 25 años	12,56%
Emisión anual CO2	Calcular

Podríamos continuar realizando cálculos para ver la inversión desde otras perspectivas económico-financieras, complicando el sistema al añadir otros factores y su afectación a los flujos de caja anuales, o inclusive la posibilidad de venta de la i-Naturhouse al final de un periodo y por tanto considerando la devaluación de esta a un tipo de interés, lo cual haría que la inversión fuera mucho más rentable.

Creemos que el objetivo final de este apartado está cumplido ya que se trataba de mostrar como una instalación con conexión a red si ha de tener una rentabilidad interesante debe cuidar todas las tecnologías utilizadas teniendo en cuenta las primas actuales para cada una de ellas y los recursos existentes en la zona. Los criterios para una i-Naturhouse autónoma serían totalmente diferentes y el tipo inicial diseñado sería totalmente viable.

### **9.2.2. Evaluación del ahorro obtenido por la no utilización de recursos de la red**

La evaluación económica de la i-Naturhouse sin conexión a red solo puede ser realizada si se compara el consumo eléctrico de una casa de esta superficie, con tecnologías convencionales y que llevara a cabo la misma actividad en la misma zona, con nuestra solución i-Naturhouse aislada.

Esta configuración se muestra en el siguiente diagrama:

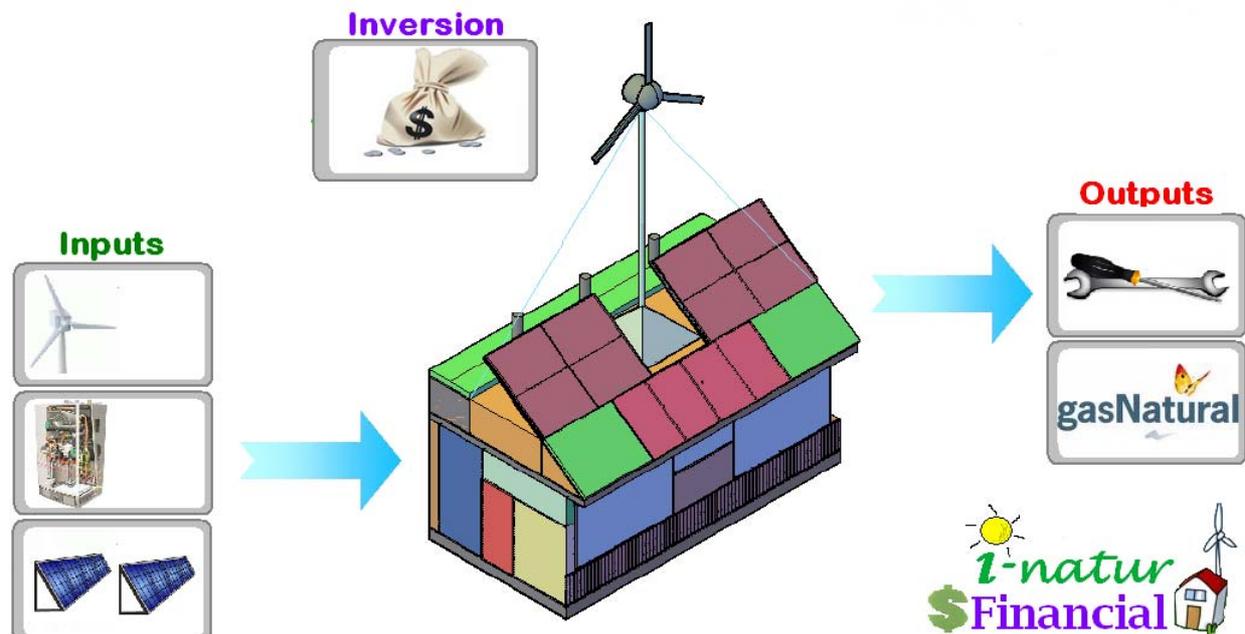


Ilustración 74. Sistema de flujos de entrada y salida en una i-Naturhouse aislada. FUENTE: Propia.

En esta solución toda la energía producida se almacena en baterías para regular la disponibilidad energética. Nunca podremos recuperar la inversión porque los inputs no se venden a la compañía eléctrica. Estos se almacenan para abastecer la demanda energética de la i-Naturhouse durante las horas de actividad.

Ahora bien, el coste de oportunidad de una alternativa u otra debe ser tomado en cuenta ya que aun suponiendo la solución i-Naturhouse un sobre coste, con la correcta adecuación de tecnologías energéticas, la diferencia de precio puede llegar a ser amortizada en periodos comprendidos entre los 14 y 20 años. No entraremos en detalle por tratarse de un cálculo muy abierto y de dificultad comparativa. Simplemente comentar que siempre que se pueda la instalación a red será una solución mucho más viable económicamente ya que aún teniendo una alta conciencia medioambiental, muchas veces es difícil ver el beneficio que a favor de la sostenibilidad se está realizando o el ahorro del coste de oportunidad de selección de una construcción por la otra.

Es por tanto importante concluir el presente capítulo haciendo una reflexión hacia el dimensionamiento y selección de las tecnologías.

**PROYECTO FINAL DE MÁSTER**

**Tutora: Núria Garrido Soriano**

---

Las renovables son beneficiosas y contribuyen a un mejor desarrollo sostenible pero la selección del mejor mix que solucione nuestra aplicación debe ser llevado a cabo bajo un criterio de sistema multivariable en el que intervienen variables como el precio de la prima para cada energía, el recurso en la zona, la orientación de la instalación, el horario de trabajo de esta, el coste de la materia prima, etc... Y como no el objetivo final perseguido. Por ello i-Naturhouse dentro del plan Turismo 2020 es una solución abierta adaptable a cualquier localización que se nos presente y personalizable hasta donde convenga pero siempre bajo una estructura de control y filosofía de trabajo única y con el objetivo principal de sensibilizar a la población, marcar tendencia y abrir un camino dentro de uno de los sectores principales de nuestra economía.