



TRABAJO FINAL DE GRADO

TITULO: SMART CITY'S POWER SYSTEM CONTROL

**AUTORES: GONZÁLEZ BERTOLÍN, DAVID
VILAR VIDAL, SERGI**

FECHA DE PRESENTACIÓN: JULIO, 2016



**APELLIDOS: GONZÁLEZ BERTOLÍN
VILAR VIDAL**

**NOMBRE: DAVID
SERGI**

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA

PLAN:

DIRECTOR: JOSEP FONT MATEU

DEPARTAMENTO: ELÉCTRICO

CUALIFICACIÓN DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

FECHA DE LECTURA: 15-07-2016

Este proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: Sí No

RESUMEN

El proyecto Smart City's Power System Control tiene cómo uno de los objetivos estudiar la viabilidad del autoconsumo de una urbanización, en Vilafranca del Penedés en concreto en el sector SUD-3. Este autoconsumo se llevo a cabo alimentado la urbanización con módulos de cogeneración y energía solar fotovoltaica. Para cumplir este objetivo se hizo un estudio energético de la potencia total demanda por todas las cargas de la urbanización. El resultado nos dio una potencia eléctrica demandada de 12 MW. A partir de este estudio se decidió utilizar treinta módulos CHP CE 400 NA y cuarenta y tres mil seis cientos noventa y dos paneles fotovoltaicos A-250p. El motivo por el cual se eligió estos módulos de cogeneración fue porque son los más económicos, el precio del combustible es más barato que la electricidad y emiten menos CO₂. Estos módulos también se utilizaron para calentar el agua caliente sanitaria de los edificios, esto recibe el nombre de cogeneración. La estructura de la red eléctrica de distribución la realizamos en anillo para tener menos pérdidas y en caso de anomalía asegurar el suministro. Toda la estructura fue diseñada con el programa Power World, en el cual se puede apreciar toda la distribución en anillo y que sucedería en caso de fallo.

La razón por la cual se opto por realizar una instalación de paneles fotovoltaicos es porque en la ubicación en la cual se encuentra, tenemos un gran nivel de radiación solar. Contamos con una gran superficie de tejado útil teniendo en cuenta el 65% de superficie que se puede utilizar según la normativa. Para realizar el estudio del número de paneles solares y su inclinación se utilizó el programa PVGIS.

Como en todo proyecto se realizo un estudio de amortización de las instalaciones. Se comparó el precio del combustible si utilizáramos la red eléctrica o los módulos de cogeneración y el precio de instalar diez y siete transformadores o treinta módulos de cogeneración. Nuestro proyecto se podría llegar amortizar en poco más de tres años.

Por otra parte toda esta energía demanda y generada se tiene que controlar de alguna manera. Este fue el motivo por el que decidimos hacer un estudio de los requisitos básicos de regulación de la generación de electricidad para poder gestionar la potencia que necesita la urbanización en cada momento dependiendo de la demanda. Este estudio se creó a partir del programa Matlab. Se puede observar a tiempo real la demanda de consumo que tiene nuestra urbanización y como lo gestiona para que sea alimentada. También se puede ver el número de generadores que se necesitan en cada momento para generar esta energía y la potencia generada por los paneles fotovoltaicos a tiempo real. En el estudio se estipulo la prioridad de utilizar la energía solar fotovoltaica.

Antes de ponernos a programar el estudio se tuvo que analizar los consumos diarios de las cargas en la urbanización. Con este analisis se realizo el despacho económico para más tarde implementarlo en el estudio de regulación. Se tuvo que pensar en varias estrategias para controlar cuantos módulos de cogeneración se utilizarían en cada instante de tiempo. La estrategia que se siguió fue ir encendiendo respectivamente los módulos dependiendo de la demanda en cada momento y de esta manera te aseguras que funcionan a un 90% de su rendimiento ya que de esta forma funcionan en su punto óptimo de trabajo. Para ello se utilizo la curva de funcionamiento de los módulos.



Palabras clave (máximo 10):

Smart City	Potencia	Cogeneración	Autoconsumo
Regulación de generación eléctrica	Matlab		
Módulos	Energía solar fotovoltaica		

ABSTRACT

The Smart City's Power System Control project is one of the objectives consumption study the feasibility of a residential estate in Vilafranca Penedés specifically in the SUD-3 sector. This consumption was carried out with urbanization fed cogeneration modules and photovoltaic solar energy. To meet this objective an energy study of the total power demand for all loads of urbanization was made. The result gave us a demanded electric power of 12 MW. From this study it was decided to use thirty CHP modules 400 CE NA and forty-three thousand and six hundred ninety two photovoltaic panels A-250p. The reason why these cogeneration modules were chosen was because they are cheaper, the price of fuel is cheaper than electricity and emit less CO₂. These modules are also used to heat the hot water in buildings, this is called cogeneration. The structure of the electricity distribution network performs in the ring to have fewer losses and in case of failure ensure supply. The entire structure was designed with the Power Wolrd program where you can see all the distribution ring and would happen in case of failure.

The reason why it was decided to perform an installation of photovoltaic panels is because in the location in which it is located, we have a high level of solar radiation. We have a large roof surface useful considering 65% of surface that can be used according to regulations. For the study the number of solar panels and tilt the PVGIS program was used.

As with any project a study of plant depreciation was carried out. fuel prices compared if we use the mains or cogeneration modules and the price of installing ten seven transformers or thirty cogeneration modules. Our project could pay for itself in just over three years.

Moreover all this energy demand and generated must be controlled somehow. This was why we decided to do a study of the basic requirements of regulating electricity generation to manage the power you need urbanization at all times depending on demand. This study was created from Matlab program. It can be seen real-time consumer demand has our development and as it manages to be fed. You can also see the number of generators needed at all times to generate this energy and power generated by the photovoltaic panels in real time. In the study the priority of using photovoltaic solar energy was stipulated.

Before getting to program the study it was to analyze the daily consumption loads in urbanization. With this analysis the economic dispatch for later implement regulation in the study was performed. He had to think of several strategies to control how many cogeneration modules would be used in each time step. The strategy followed was to go lighting modules respectively depending on demand at any time and in this way you ensure operating at 90% of its performance because thus operate at its optimum operating point. To this end the operating curve of the modules was used.



Keywords (10 maximum):

Smart City	Power	Cogeneration	Consumption
Regulation of electricity generation	Matlab		
Modules	Photovoltaic Solar Energy		



ÍNDICE CONTENIDO

RESUMEN.....	10
ABSTRACT	12
ÍNDICE FIGURAS.....	17
ÍNDICE TABLAS	18
ÍNDICE ILUSTRACIONES.....	19
SIMBOLOGÍA.....	19
1. INTRODUCCIÓN.....	21
2. ALCANCE DEL PROYECTO	21
3. SMART CITY.....	22
3.1 ¿En qué consisten estas medidas hacia la sostenibilidad?	23
3.2 ¿Qué ciudades son las más inteligentes del mundo?.....	24
3.2.1 Ejemplos de Smart City	24
3.3 Áreas Smart City	28
3.3.1 Movilidad Smart, logística y tecnología	28
3.3.2 Personas (Smart People).....	28
3.3.3 Economía Smart para la competitividad.....	29
3.3.4 Urbanismo y Vivienda sostenible	29
3.3.5 Ecosistema: entorno sostenible, energías renovables y otros recursos	30
3.3.6 E-democracy, e-Government 2.0, Smart Government	30
3.4 Energía inteligente	31
3.4.1 Redes inteligentes (Smart Grids)	31
3.4.2 Edificios inteligentes (Smart buildings).....	32
4. PROYECTO DE EDIFICACIÓN SECTOR “SUD-3”	34
4.1 Vilafranca del penedés	34
4.2 Proyecto sector “sud-3”	34
4.3 Objetivo	34
4.4 Emplazamiento y situación	34
5. ESTUDIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA SMART CITY.....	37



5.1	Criterios del estudio	37
5.1.1	Necesidad energética de una vivienda	42
5.1.2	Necesidad energética centro terciario.....	44
5.1.3	Necesidad energética centro escolar	45
5.1.4	Necesidad energética hotel.....	47
5.1.5	Necesidad energética laboratorio	49
5.1.6	Necesidad energética auditorio.....	51
6.	GRÁFICAS DE LAS CARGAS	54
7.	DESPACHO ECONÓMICO	58
7.1	Despacho económico individual	58
7.2	Despacho económico global	60
8.	COGENERACIÓN	62
8.1	Qué es la cogeneración	62
8.1.1	Sistemas básicos de cogeneración	62
8.2	Aprovechamiento del calor emitido	63
8.2.1	Esquema de funcionamiento del sistema generador de energía	64
9.	SUMINISTRO DE LA SMART CITY	66
9.1	Justificación propuesta	66
9.2	Selección de los módulos de cogeneración	68
9.2.1	Descripción del sistema módulo CHP	68
9.2.2	Componentes módulo CHP	69
9.2.3	Tabla de características del módulo CHP CE 400 NA.....	70
9.2.4	Curva de funcionamiento del módulo	71
9.2.5	Ventajas del módulo CHP	72
9.3	Red de distribución de energía eléctrica	72
9.3.1	Distribución de cargas y generadores.....	72
9.3.2	Cálculo de número de módulos CHP	74
9.3.3	Estructura de la red eléctrica	74
9.4	Instalación de paneles fotovoltaicos	78
9.4.1	Utilización la energía solar fotovoltaica	79
9.4.2	Potencia solar instalada en España	80
9.4.3	Funcionamiento teórico de la energía solar fotovoltaica.....	80
9.4.4	Características paneles fotovoltaicos	82
9.4.5	Cálculo número paneles fotovoltaicos.....	83
9.4.6	Estimación de generación eléctrica solar	84
10.	ESTUDIO DE REGULACIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA	89
10.1	Instrumentos de medición	89
10.2	Estrategia.....	90



10.3 Programa	91
10.3.1 Potencia necesaria.....	91
10.3.2 Número de módulos de cogeneración	92
10.3.3 Programa principal	92
10.4 Simulaciones	93
11. MEDIOAMBIENTE	96
12. NORMATIVA	98
12.1 Normativa cogeneración.....	98
12.2 Normativa de la energía solar.....	99
13. CONCLUSIONES	101
14. AGRADECIMIENTOS	102
15. BIBLIOGRAFIA	103
16. ANNEXO	106
16.1 Tabla de valores de simulación de cargas	106
16.2 Tabla de valores del despacho económico individual.....	108
16.3 Tabla de valores del despacho económico global.....	109
16.4 Plano i.04 del plan urbanístico parcial.....	110

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. 1 Resumen smart city	22
Figura 1. 2 Ciudad de tokyo	24
Figura 1. 3 Ciudad de amsterdam.....	25
Figura 1. 4 Ciudad de singapur	25
Figura 1. 5 Ciudad de barcelona	26
Figura 1. 6 Ciudad de santiago de chile	27
Figura 1. 7 Proceso de evolución temporal hacia las redes inteligentes.....	31
Figura 1. 8 Emplazamiento vilafranca del penedés.	35
Figura 1. 9 Situación proyecto sector “sud-3”	35
Figura 1. 10 Proyecto sector “sud-3”	36
Figura 1. 11 Concepto cogeneración	62
Figura 1. 12 Esquema escape del módulo chp	63
Figura 1. 13 Esquema aprovechamiento de energía calorífica.....	64
Figura 1. 14 Esquema aprovechamiento de energía calorífica con bomba geotérmica	65
Figura 1. 15 Diseño interior del módulo chp	69
Figura 1. 16 Curva de eficiencia del motor de 12”	71
Figura 1. 17 Distribución cargas.....	72
Figura 1. 18 Estructura red de distribución eléctrica.....	74
Figura 1. 19 Fallo en una línea de distribución.....	75
Figura 1. 20 Fallo en dos líneas de distribución	76
Figura 1. 21 Ejemplo sistema fotovoltaico	78
Figura 1. 22 Sistema de utilización placa fotovoltaica	79
Figura 1. 23 Potencia solar instalada en españa.....	80
Figura 1. 24 Estructura de una celda fotovoltaica	81
Figura 1. 25 Emisiones de co ₂ en España	96
Figura 1. 26 Plano i.04.....	110



ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Criterios de funcionamiento vivienda tipo	37
Tabla 2 Criterios de funcionamiento iluminación colegio	38
Tabla 3 Criterios de funcionamiento receptores colegio	38
Tabla 4 Criterios de funcionamiento iluminación hotel	39
Tabla 5 Criterios de funcionamiento receptores hotel	39
Tabla 6 Criterios de funcionamiento iluminación laboratorio	40
Tabla 7 Criterios de funcionamiento receptores laboratorio	40
Tabla 8 Criterios de funcionamiento iluminación auditorio.....	41
Tabla 9 Criterios de funcionamiento receptores auditorio.....	41
Tabla 10 Criterios de funcionamiento iluminación terciario.....	42
Tabla 11 Criterios de funcionamiento receptores terciario.....	42
Tabla 12 Circuitos interiores de la vivienda tipo	43
Tabla 13 Circuitos interiores de iluminación terciario	44
Tabla 14 Circuitos interiores de receptores terciario	45
Tabla 15 Circuitos interiores de iluminación colegio.....	46
Tabla 16 Circuitos interiores de receptores colegio.....	46
Tabla 17 Circuitos interiores de iluminación hotel	48
Tabla 18 Circuitos interiores de receptores hotel	49
Tabla 19 Circuitos interiores de iluminación laboratorio	50
Tabla 20 Circuitos interiores de receptores laboratorio	51
Tabla 21 Circuitos interiores de iluminación auditorio	52
Tabla 22 Circuitos interiores de receptores auditorio	53
Tabla 23 Tipos de energías/precios en kwh	67
Tabla 24 Características módulo chp	70
Tabla 25 Distribución cargas.....	73
Tabla 26 Potencia y número de generadores para cada línea	77
Tabla 27 Estimación de gestión de electricidad solar con inclinación a 37, orientación a -2	84
Tabla 28 Vertical sistema de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 1 ^a	85
Tabla 29 Vertical sistema de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 40 ^a	86
Tabla 30 Estrategia número de generadores	90
Tabla 31 Emisiones de cada uno de los combustibles	97
Tabla 32 Normativa cogeneración	98
Tabla 33 Valores de simulación cargas diarias	106
Tabla 34 Valores simulación cargas mensuales	107
Tabla 35 Valores despacho económico individual.....	108
Tabla 36 Valores despacho económico global	109

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Demanda diaria vivienda.....	54
Ilustración 2 Demanda diaria hotel.....	54
Ilustración 3 Demanda diaria terciario.....	55
Ilustración 4 Demanda diaria escuela.....	55
Ilustración 5 Demanda diaria laboratorio.....	56
Ilustración 6 Demanda diaria auditorio.....	56
Ilustración 7 Demanda total mensual.....	57
Ilustración 8 Despacho económico individual.....	58
Ilustración 9 Despacho económico global.....	60
Ilustración 10 Comparación de generación de potencia por m2 anual según tres inclinaciones.....	87
Ilustración 11 Irradiación anual con inclinación 37°.....	87
Ilustración 12 Altura del sol y perfil del horizonte en la localización de la instalación ..	88
Ilustración 13 Potencia demandada.....	93
Ilustración 14 Potencia generada.....	94
Ilustración 15 Número de módulos en funcionamiento.....	94
Ilustración 16 Potencia que generan los paneles solares según la hora del día.....	95

SIMBOLOGÍA

V_{abc} : Tensión de línea [V]

I_{abc} : Corriente de línea [A]

P: Potencia activa [W]

Q: Potencia reactiva [Var]

S: Potencia aparente [VA]

C1: Circuito receptor de iluminación

C2: Circuito receptor tomas uso general (y frigorífico)

C3: Circuito receptor cocina y horno

C4: Circuito receptor lavadora y lavavajillas

C5: Circuito receptor baño, cuarto de cocina

ACS: Agua caliente sanitaria

kWel: Kilovatios eléctricos

kWth: Kilovatios térmicos

ZCE: Zona de carga de espació

GLP: Gas licuado



IEA: Agencia Internacional de la energía

P_G : Potencia generada

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación

DO: Denominación de origen

POUM: Plan de Orden Urbanístico Municipal

REE: Red Eléctrica Española

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

CHP: Calor y electricidad combinados

m^2 : Metros cuadrados

Wp: Vatios pico

mm: milímetros

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto está orientado a estudiar el diseño de una Smart City, que se llevara a cabo en la urbanización del sector SUD-3 situada en Vilafranca del Penedés. El motivo por el cual hemos escogido esta ubicación es porque nuestro director Josep Font nos ha facilitado los planos e datos imprescindibles para realizar este proyecto.

Hoy en día podemos ver que las grandes ciudades se están actualizando en el ámbito de la tecnología para mejorar la sostenibilidad, la eficiencia energética y otros aspectos de la vida cotidiana. Los proyectos de ciudades inteligentes son conocidos como Smart City. La idea de poder hacer un mundo mejor con la tecnología que tenemos a nuestro alcance, es lo que nos ha llevado a plantear el diseño de una parte del control del Smart City.

Una vez elegido el tema, decidimos centrarnos en el ámbito de la generación de energía eléctrica de la Smart City, el proyecto se dividirá en dos apartados. Por un lado estudiaremos los consumos energéticos y las posibles soluciones de suministro de energía eléctrica para la urbanización. Por otra parte se realizara un estudio de la regulación de generación eléctrica para la Smart City.

La razón por la que se ha dividido el trabajo, es para que cada uno de los dos estudiantes que forman el equipo de trabajo, realicen una parte del trabajo y a la vez trabajar conjuntamente para llegar al objetivo final.

Para poder realizar este proyecto hemos tomado como referencia el proyecto de Smart City Power System Control del año 2015 y el proyecto del Plan Urbanístico Sector Sud-3 "Mas Rabassa" del año 2011. De los cuales se han seguido los valores que se estudiaron en su día.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

- Poder cumplir los objetivos con un buen trabajo en equipo.
- Llegar a elaborar el estudio energético completo de una urbanización, consiguiendo los datos de potencia eléctrica y térmica necesarios para abastecerse.
- Aumentar los conocimientos sobre la cogeneración, sobre el funcionamiento, catálogo y características.
- Entrar en el mundo de las ciudades inteligentes, para hacernos la idea de la dificultad que tiene llevar el control de esta.
- Poder aumentar nuestros conocimientos sobre las energías renovables, en concreto la energía solar fotovoltaica y la energía térmica.
- La necesidad de adquirir más conocimientos sobre programación en Matlab.
- Mejorar los conocimientos sobre el programa Power World.

3. SMART CITY

En líneas generales, una ciudad se puede definir como "inteligente" o como "inteligentemente eficiente", cuando la inversión social, el capital humano, las comunicaciones, y las infraestructuras, conviven de forma armónica con el desarrollo económico sostenible, apoyándose en el uso y la modernización de nuevas tecnologías, y dando como resultado una mejor calidad de vida y una gestión prudente de los recursos naturales, a través de la acción participativa y el compromiso de todos los ciudadanos.



Figura 1. 1 Resumen Smart City

Desde el punto de vista tecnológico, una "ciudad inteligente" viene a ser un sistema eco sostenible de gran complejidad (sistema que contiene muchos subsistemas), o sea, un ecosistema global en el que coexisten múltiples procesos íntimamente ligados y que resulta difícil abordar o valorar de forma individualizada.

En la práctica, y a nivel popular, se concibe una "Smart City" como una ciudad comprometida con su entorno, con elementos arquitectónicos de vanguardia y donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas. Una ciudad que facilita la interacción del ciudadano con los diversos elementos institucionales, urbanos, y tecnológicos, haciendo que su vida cotidiana sea más fácil, y permitiendo el acceso a una cultura y una educación que hacen referencia tanto a los aspectos ambientales, como a los elementos culturales e históricos.

El concepto de "Smart City" se articula sobre la base de cuatro ideas esenciales¹:

- Las cuestiones ambientales y las restricciones energéticas;
- La comunicación fluida de los actores entre sí: colectividades, ciudadanos, empresas, instituciones;
- El uso compartido de bienes y servicios, con una activa participación de los usuarios en la concepción de productos, servicios, y modalidades operativas, y renunciando en algunos casos a la propiedad y uso individual;
- La integración de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, la robótica y los sistemas inteligentes de transporte, que potencian el funcionamiento en red; la modificación de la matriz energética a favor de las energías renovables, y el cambio de comportamiento y usos por parte de los ciudadanos.

Para Rudolf Giffinger², las "ciudades inteligentes" pueden ser identificadas y clasificadas, según seis criterios principales o dimensiones principales, dichos criterios son³:

- **Economía.**
- **Movilidad.**
- **Medioambiente.**
- **Habitantes.**
- **Forma de vida.**
- **Administración**

Estos seis criterios o aspectos se conectan con las tradicionales teorías regionales y neoclásicas del crecimiento y desarrollo urbano, y respectivamente están basados en la teoría de la competitividad regional, en la economía de los transportes y de las tecnologías de la información y de la comunicación, en los recursos naturales, en el capital humano y social, en la calidad de vida, y en la participación de los ciudadanos en la vida democrática de la ciudad.

3.1 ¿EN QUÉ CONSISTEN ESTAS MEDIDAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD?

Servirse de paneles fotovoltaicos en las comunidades, más medios de transporte y vehículos eléctricos, molinos eólicos en farolas, paneles solares para semáforos o señales, promoción y desarrollo del uso de bicicletas... Las Smart Cities utilizan variedad de recursos, y todos estos pequeños actos llevan a una ciudad a convertirse en más eficiente y sostenible.

¹ "Lyon, Smart City: métropole intelligente et durable", sitio digital 'Economie-GrandLyon'.

² Rudolf Giffinger, "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities"

³ "Les Smart cities: Les caractéristiques d'une ville intelligente", sitio digital 'SmartGrids-cre'

3.2 ¿QUÉ CIUDADES SON LAS MÁS INTELIGENTES DEL MUNDO?

Hay diferentes parámetros por los que se valora más a una ciudad que otra. Para ello se consideran 10 dimensiones que son clave: Gobernanza, planificación urbana, gestión pública, tecnología, medioambiente, proyección internacional, cohesión social, movilidad y transporte, capital humano y economía.

3.2.1 EJEMPLOS DE SMART CITY

1. **Tokyo:** Es la Ciudad que mejor situada está en el ranking de 2013, con el primer puesto en capital humano y gestión pública. Sin embargo, en cohesión social ha quedado muy relegada sobre todo por el terremoto de Fukushima y el posterior tsunami.

Considerada la *Smart City* por antonomasia con proyectos de mejora de la gestión energética, urbanización inteligente, movilidad... Llama la atención el despliegue de tecnología NFC (*Near Field Comunicación*) en medios de transporte público como el metro, o en superficies comerciales, para realizar el pago de productos o servicios con el teléfono móvil.



Figura 1. 2 Ciudad de Tokyo

2. **Ámsterdam:** Entre las muchas iniciativas que ha puesto en marcha esta capital europea, destacan el proyecto de "luz inteligente". Consiste en un alumbrado público que permite ajustar la iluminación en función de la situación o necesidad del lugar donde se despliegan. Las autoridades pueden adaptar la intensidad de la luz según el clima o cambiar su color. Las farolas consumen menos energía que las convencionales.



Figura 1. 3 Ciudad de Amsterdam

3. **Singapur:** Otra de las consideradas principales *Smart Cities* del mundo. La ciudad tiene desplegada una inmensa red de sensores conectados a Internet que recopila datos en tiempo real del funcionamiento de la ciudad. El objetivo es utilizar la información para llevar a cabo iniciativas que mejoren la vida de los ciudadanos. En la práctica, estos sensores permiten, por ejemplo, detectar el riesgo de inundación de los desagües, evitar atascos, ofrecer información sobre el transporte público, detectar la calidad del aire, encontrar un *parking* libre...



Figura 1. 4 Ciudad de Singapur

4. **Barcelona:** La ciudad cuenta con conexión gratuita a Internet gracias al servicio *Barcelona Wifi* que ofrece su ayuntamiento. Con sus 461 puntos de acceso es una de las redes inalámbricas de conexión a la Red más grandes de Europa.



Figura 1. 5 Ciudad de Barcelona

5. **Santiago de Chile:** La capital chilena ha puesto en marcha el primer prototipo de ciudad inteligente en el *Parque de Negocios Ciudad Empresarial*. Entre las virtudes de *Smartcity Santiago* está “la gestión inteligente de la red eléctrica, aumentando la eficiencia energética del sistema y el cuidado del medio ambiente”, según indica la web del proyecto. Pero esta iniciativa va mucho más allá al integrar en el centro de negocios múltiples innovaciones tecnológicas como pantallas informativas, vehículos electrónicos, *wifi* público, controles de iluminación o edificios domótico⁴.



Figura 1. 6 Ciudad de Santiago de Chile

⁴ “Smart City: la ciudad inteligente”, sitio digital webconsultas

3.3 ÀREAS SMART CITY

En este apartado comentaremos todas las características de las áreas que componen una Smart City. Como podremos comprobar, hay un gran número de áreas que una ciudad tiene que cumplir para que se catalogue como Smart.

3.3.1 MOVILIDAD SMART, LOGÍSTICA Y TECNOLOGÍA

Las características son:

- Análisis de los flujos de tráfico, dando prioridad al transporte de emergencias y al transporte público.
- Detección automática de las infracciones del código de circulación y los peligros en las carreteras, información mediante señales adecuadas o información online de los accidentes producidos en las vías de circulación a los vehículos próximos.
- Desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones para poder comparar distintas vías de circulación y distintos escenarios de transporte y así poder predecir posibles efectos sociales y ambientales.
- Establecimiento de una serie de tarifas para el transporte privado, en función del impacto ambiental y del uso de las infraestructuras (contaminación, ocupación de espacios públicos, zonas por horas, etc.)
- Implantación de servicios de información online para los ciudadanos: búsqueda a través de Smartphone, dispositivos móviles, o pantallas fijas: conexiones, tiempos estimados de llegada del transporte público, servicios para compartir bicicletas o vehículos (car sharing), etc.
- Impulso del desarrollo de medios de transporte más “sostenibles” y menos contaminantes, como: vehículos eléctricos, medios de transporte impulsados por hidrógeno, tranvías interurbanos, combustibles renovables, etc.

3.3.2 PERSONAS (SMART PEOPLE)

Las características son:

- Implementar diferentes servicios para aumentar la comodidad y seguridad del ciudadano como las consultas médicas vía telefónica (tele-médicos), la integración de las alarmas de extinción de incendios en la domótica de los edificios, prevención de inundaciones y sistemas antirrobo.
- Asistencia a la movilidad y prevención del aislamiento social en los mayores.
- Creación en la red de grupos de debate, grupos de colaboración (networking) y puntos de encuentro (p. ej.: LinkedIn) para emprendedores. Desarrollo de “incubadoras” para comenzar colaboraciones con universidades, inversores de capital riesgo, fondos de inversión, etc.

- Sistemas de aprendizaje online, formación permanente por ordenador, foros de apoyo y colaboración con expertos, información sobre oportunidades laborales y encuentros que favorezcan la recapacitación.
- Utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación para desarrollar museos virtuales, realidad aumentada, arte digital, co-creación y otras actividades de ocio, así como traducciones asistidas en tiempo real y mediación cultural.

3.3.3 ECONOMÍA SMART PARA LA COMPETITIVIDAD

Las características son:

- Asociación temporal online de empresas y clientes para la obtención de soluciones creativas.
- Creación de oficinas modulares descentralizadas (oficinas satélite virtuales) con acceso a internet, equipadas para llevar a cabo tele-trabajo y capaces de proveer servicios auxiliares a los usuarios de las mismas.
- Desarrollo de “incubadoras”, como elemento generador de ideas y punto de encuentro de universidades y centros de investigación, organismo público, expertos y empresas
- El fomento del co-working (co-trabajo) permitiendo que varios profesionales independientes de sectores distintos, compartan una misma oficina o un mismo espacio de trabajo donde se fomenta la colaboración, el trabajo en un espacio comunitario y multidisciplinario, y el networking.

3.3.4 URBANISMO Y VIVIENDA SOSTENIBLE

Las características son:

- Planificación de un desarrollo urbano sostenible, análisis de necesidades y riesgos identificados (inundaciones, terremotos, etc.) para gestionar correctamente la densificación de población y alcanzar un resultado sostenible desde el punto de vista social, ambiental y generacional.
- Considerar una serie de factores de habitabilidad en edificios como: verificación acústica, certificación de sostenibilidad (LEED, BREEM, ITHACA, etc.), seguridad, etc. Sensores inteligentes inalámbricos de contaminación, ruido y otros datos medioambientales.
- Soluciones integradas para la gestión a distancia de la calefacción y la refrigeración, utilización de co/tri generación.
- La gestión de las aguas subterráneas, el cobro por volumen y clasificación de la recogida de desperdicios, empleo de incentivos para aumentar la reutilización y el reciclaje de residuos.
- Un correcto uso y clasificación del suelo (y de su edificabilidad). Estas medidas podrán influir sobre las condiciones del microclima urbano en:
 - La orientación sur de la fachada principal de los edificios logra reducir las necesidades energéticas tanto en invierno como en verano.

→ El trazado de las calles y la ubicación de los edificios deben mantener los flujos naturales de viento.

→ Hay que considerar los árboles y plantas como elementos relevantes que influyen en las condiciones climáticas urbanas.

3.3.5 ECOSISTEMA: ENTORNO SOSTENIBLE, ENERGÍAS RENOVABLES Y OTROS RECURSOS

Las características son:

- Optimización de las Smartgrids: incorporando a la red de sistemas de generación "limpios" y distribuidos, mejorando la gestión de los picos de carga y por tanto, el servicio ofrecido al usuario final (más fiable y económico).
- Desarrollo del modelo "District heating" y otros sistemas de calefacción eficientes: encendido y apagado programable de la calefacción, co-generación, nuevos modelos de bombas de calor.
- Alumbrado eficiente (en particular el alumbrado de las calles y la iluminación de interior). Fomento de la tecnología LED y su desarrollo.
- Empleo de generación distribuida renovable: energía solar térmica, sistemas de calefacción geotérmica, sistemas fotovoltaicos, mini-eólica, etc.
- Incorporación progresiva de sistemas de gestión activa de la demanda, utilización de domótica en las viviendas, uso de electrodomésticos ecológicos.
- Empleo de medidas de riego eficiente (goteo). Incorporación de sistemas de reutilización del agua usada (y agua de lluvia) uso de agua no potable para riego.

3.3.6 E-DEMOCRACY, E-GOVERNMENT 2.0, SMART GOVERNMENT

Las características son:

- Incentivos para el auto-abastecimiento local y el comercio justo de mercancías importadas.
- Herramientas para la e-democracia y comunicación directa con las instituciones públicas, uso de encuestas online para conocer la opinión del ciudadano.
- Facilitar los procesos administrativos utilizando elementos como la firma digital y otros medios online, manteniendo y asegurando la privacidad y la validez legal de los documentos. Simplificar y automatizar el "workflow" de dichos procesos.
- Empleo de medios tecnológicos para facilitar la incorporación de grupos sociales desfavorecidos o minoritarios; por ejemplo "salones de internet" (espacios abiertos de formación para favorecer el acceso al mundo digital a las personas mayores).
- Herramientas que faciliten a las personas desempleadas conocer las oportunidades laborales disponibles.
- Integración electrónica de los perfiles médicos de cada paciente, para que pueda ser utilizado en caso de emergencia y que aumente la calidad de los cuidados recibidos⁵.

⁵"Hoja de Ruta para la Smart City". Centre tecnològic de Catalunya. www.socinfo.es

3.4 ENERGÍA INTELIGENTE

A continuación comentaremos las energías inteligentes establecidas de las cuales se basa la tecnología de las Smart City, es decir, Redes inteligentes y edificios inteligentes.

3.4.1 REDES INTELIGENTES (SMART GRIDS)

La utilización de Smart grids es una pieza clave, aunque no única, para el correcto uso e interconexión de los recursos energéticos y la movilidad urbana sostenible. Se trata de una red que integra de manera inteligente las acciones de los usuarios que se encuentran conectados a ella, es decir, generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) ha representado el proceso de evolución temporal hacia las redes inteligentes según la gráfica que se muestra a continuación:

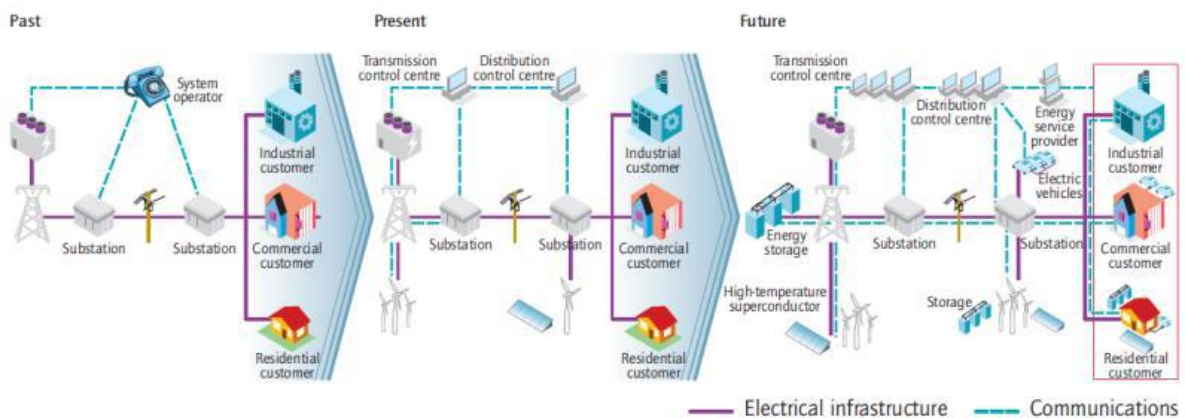


Figura 1. 7 Proceso de evolución temporal hacia las redes inteligentes

Entre las funciones de las Smart Grid se encuentran:

- Robustecer y automatizar la red, mejorando la operación de la red, los índices de calidad y las pérdidas en la misma.
- Optimizar la conexión de las zonas con fuentes de energía renovable, optimizando las capacidades de conexión y minimizando el coste de conexión de las mismas.
- Desarrollar arquitecturas de generación descentralizadas, permitiendo el funcionamiento de instalaciones de menor tamaño (generación distribuida) en armonía con el sistema.
- Mejorar la integración de la generación intermitente y de nuevas tecnologías de almacenamiento.
- Avanzar en el desarrollo del mercado de la electricidad, posibilitando nuevas funcionalidades y servicios a los comercializadores y a millones de consumidores en el mercado.

Gestión activa de la demanda, permitiendo que los consumidores gestionen de manera más eficiente sus consumos y mejorando la eficiencia energética

- Posibilitar la penetración del vehículo eléctrico, acomodando estas nuevas cargas móviles y dispersas a la red, minimizando el desarrollo de nueva infraestructura y habilitando las funcionalidades de almacenamiento de energía que poseen.

Las Smartgrids son la columna vertebral que permite que otras tecnologías pertenecientes a sectores como la energía y la movilidad sostenible se integren correctamente en el concepto "Smart City". Algunos ejemplos son:

- Tecnologías renovables de generación distribuida (solar fotovoltaico y térmico, mini eólica, geotérmica)

- Almacenamiento de energía (baterías eléctricas, hidrógeno)

- Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga

- Centrales eléctricas virtuales (VPP)

- Contadores inteligentes (consumo de electricidad, gas y agua) ⁶

3.4.2 EDIFICIOS INTELIGENTES (SMART BUILDINGS)

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) juegan un papel muy importante en el aumento de la eficiencia energética; es decir, en la reducción de las emisiones y en contribuir al crecimiento sostenible.

Las TIC no sólo mejoran la eficiencia energética y ayudarán a combatir el cambio climático, sino que promueven la competitividad de la industria europea y crean nuevas oportunidades de negocio.

De acuerdo con la Directiva de la Unión Europea relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD 2002/91/CE), más del 40% del consumo de energía en Europa se debe a la calefacción y la iluminación en los edificios.

Por otra parte, los edificios son la mayor fuente de emisiones de CO₂ y su consumo total de energía ha ido aumentando en los últimos años. La mayor parte del consumo de energía se debe a la calefacción y el agua, aunque la proporción de consumo de la iluminación y los aparatos está creciendo con el tiempo (esta situación es similar en el sector servicios, aunque la proporción de la iluminación y el consumo de aparatos es mayor que en los hogares debido a la una mayor utilización de equipos de TIC).

Los edificios pueden ser considerados como sistemas de energía intensiva a través de su ciclo de vida, siendo las cifras especialmente importantes los relacionados con la fase de construcción; ya que representan el 85% del consumo total.

Teniendo en cuenta los objetivos acordados por la comisión europea para 2020 en materia energética, reducir el consumo de energía en los edificios es un hito esencial de cara a los retos identificados en el Plan estratégico europeo de energía (European Strategic Energy Technology Plan).

⁶"Smartgrids". Energía y sociedad. Marzo 2010



El futuro y el desarrollo de los edificios inteligentes se basan en los siguientes pilares:

- Objetos “inteligentes”, con chips electrónicos incorporados capaces de recibir y transmitir información (p. ej. sensores)
- Dispositivos por control remoto.
- Comunicaciones que favorezcan la transmisión de información entre dispositivos y equipos.
- Interfaces interactivas y accesibles a los usuarios que permitan que la red utilizada en los hogares sea lo más fácil de utilizar (User-friendly).
- Sistemas inteligentes de gestión de edificios (BMS).
- Sistemas inteligentes de control energético de edificios.
- Eficiencia económica e impacto en el ahorro de energía⁷.

⁷ “Mapa tecnológico, ciudades inteligentes”. Observatorio Tecnológico de la Energía. Miércoles, 18 de abril de 2012. www.idae.es

4. PROYECTO DE EDIFICACIÓN SECTOR “SUD-3”

En este punto se encuentra toda la información necesaria sobre Vilafranca del Penedés y la ubicación de la Smart City que se llevara a cabo en la urbanización del sector SUD-3.

4.1 VILAFRANCA DEL PENEDÉS

Vilafranca del Penedés es un municipio de la provincia de Barcelona en la comunidad de Cataluña, España. Capital de la comarca del Alto Penedés. El municipio tiene una extensión de 19,63 km² y está formado por el núcleo de la capital y los vecindarios del Bordellet, el Molino de en Rovira, la Calle de en Perepau, Can Salinas y la Serreta, este último compartido con el término municipal de Olèrdola.

Los barrios de Vilafranca son, además del Centro de la ciudad, San Julián, el Espirall, Molino de en Rovira, Pueblo Nuevo, Las Clotes, Barceloneta-Sant Magí y La Girada.

Los patronos de la ciudad son San Ramón de Peñafort, y san Félix mártir. La Fiesta Mayor centra buena parte de sus actos alrededor del patrón, San Félix.

Vilafranca es conocida a nivel internacional por sus vinos: el cava catalán y los vinos de la Denominación de Origen Penedés (DO), con marcas multinacionales como Bodegas Torres. Aparte de los vinos y cavas, Vilafranca también es conocida por los Castellars de Vilafranca y por su Fiesta Mayor, que cuenta con uno de los dragones más antiguos de Europa (de los vuelos del año 1600) y una veintena de bailes, entremeses y grupos castellers⁸.

4.2 PROYECTO SECTOR “SUD-3”

El proyecto se basa en el Plan Parcial Urbanístico que se realiza como figura de gestión en el desarrollo del planteamiento urbanístico del sector SUD-3 “Mas Rabassa” de acuerdo con lo indicado por el vigente plan de ordenación urbanística municipal (POUM) de Vilafranca del Penedés.

4.3 OBJETIVO

Consolidar el crecimiento de la villa, cerrando con usos residenciales y terciarios la zona comprendida entre el suelo urbano de Molí d'en Rovira y la variante de la N-340, y conformar un espacio de uso empresarial, terciario y hotelero ligado a la actividad del vino.

4.4 EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN

La parcela sector SUD-3 a urbanizar está ubicada al sureste del municipio de Vilafranca del Penedés provincia de Barcelona, con una superficie de 20,14 Ha (201.628,61 m²) queda delimitado por la variante de la N-340 en el sureste, el sector de “Melió residencial” en el noreste, el sector del “Molí d'en Rovira sur” en el suroeste y por el suelo urbano de la zona del “Molí d'en Rovira” al noreste.

⁸“Ajuntamet de Vilafranca de Penedès”

- Emplazamiento



Figura 1. 8 Emplazamiento Vilafranca del Penedès.

- Situación

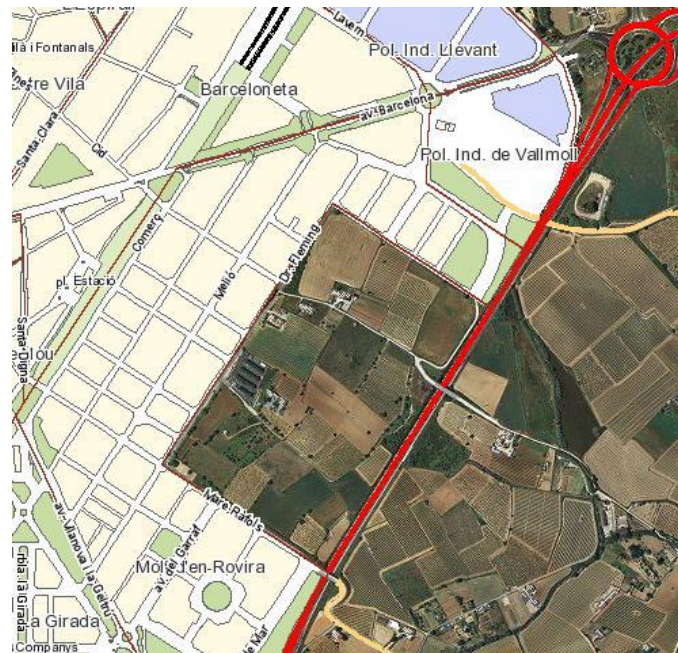


Figura 1. 9 Situación proyecto sector "SUD-3"

- Propuesta proyecto



Figura 1. 10 Proyecto sector "SUD-3"

5. ESTUDIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA SMART CITY

Para poder conocer la necesidad energética en un tiempo estipulado que tendrá la Smart City, analizaremos seis de las cargas de forma individual que prevemos que tendrá la ciudad.

Para ello realizaremos el estudio de las cargas de una vivienda, un terciario, un centro escolar, un hotel vitivinícola, un laboratorio y un auditorio.

Una vez realizado el estudio, sabremos la demanda necesaria en el periodo de tiempo estimado. Estos valores serán dimensionados para poder hacer el despacho económico global de la urbanización y de esta forma poder plantear el estudio de regulación de la generación eléctrica.

Para realizar este estudio se han tomado los valores que se analizaron en el proyecto Smart City Power System del año 2015.

5.1 CRITERIOS DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo el estudio de las cargas eléctricas, hemos seguido una serie de criterios propios para facilitar el estudio y poder continuar con el proyecto. Se ha de destacar que en muchas infraestructuras como por ejemplo el hotel, colegio, laboratorio, etc. No tenemos constancia de la distribución interior de dichos establecimientos, ni la utilización que tienen en cada momento.

Destacar previamente que junto al director del proyecto, hemos decidido en muchas ocasiones dejar de lado el REBT y poder así demostrar que se pueden conseguir menores potencias que exige el reglamento por m² y conseguir el mismo o mayor confort.

Los criterios a seguir son los siguientes:

a. Vivienda:

El reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT), en la ITC-BT 25 establece unos criterios básicos para los circuitos interiores de las viviendas, como se ha mencionado anteriormente no es necesario cumplir con este requisito, por lo tanto, la vivienda tipo comprende las siguientes instalaciones interiores: C1 (iluminación), C2 (Tomas de uso general (y frigorífico)), C3 (Cocina y horno), C4 (Lavadora y lavavajillas) y C5 (Baño y cuarto de cocina). Se aplicarán los siguientes criterios propios en función de los factores de simultaneidad y de utilización.

Receptor	Circuito de utilización	Factor simultaneidad	Factor de utilización
C1	Iluminación	0,72	0,5
C2	Tomas de uso general	0,1	0,2
C3	Cocina y horno	0,5	0,75
C4	Lavadora y lavavajillas	0,5	0,4
C5	Baño	0,4	0,1

Tabla 1 Criterios de funcionamiento vivienda tipo

b. Colegio:

El reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) no establece unos criterios básicos para los demás edificios a excepción de la vivienda, por ese motivo, estableceremos nuestros criterios propios de acuerdo al funcionamiento del establecimiento aplicando unos factores en función de la simultaneidad y la utilización. En esta situación el reglamento nos puede orientar a tomar estas decisiones. El colegio comprende las siguientes instalaciones interiores: C1 (iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Aula normal	0,8	1
	Sala profesores	0,8	1
	Biblioteca	0,8	1
	Baños	0,4	1
	Laboratorio	0,7	1
	Aula informática	0,7	1
	Aula arte y dibujo técnico	0,7	1
	Pasillo	1	1
	Alumbrado emergencia	1	1

Tabla 2 Criterios de funcionamiento iluminación colegio

Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Aula normal	1	0,25
	Sala profesores	0,5	0,2
	Biblioteca	1	0,25
	Baños	0,4	0,1
	Laboratorio	0,75	0,2
	Aula informática	1	0,25
	Aula arte y dibujo técnico	0,2	0,2

Tabla 3 Criterios de funcionamiento receptores colegio

c. Hotel vitivinícola:

Los criterios establecidos para el hotel se basan de acuerdo al funcionamiento del mismo, al no tener unos criterios básicos como con la vivienda, establecemos unos propios en función de los factores de simultaneidad y de utilización de los circuitos interiores. Éstos son los siguientes: C1 (iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Vestíbulo	0,8	0,5
	Bar-cocina	0,8	0,8
	Comedor	0,4	0,5
	Habitaciones (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	0,7	0,3
	Habitaciones (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	0,7	0,3
	Pasillo/ planta 1/ edificio 1	0,5	0,3
	Pasillo/planta 2/edificio 1	0,5	0,3
	Pasillo/planta 3/edificio 1	0,5	0,3
	Pasillo/planta 1/edificio 2	0,5	0,3
	Pasillo/planta 2/edificio 2	0,5	0,3
	Pasillo/planta 3/edificio 2	0,5	0,3
	Cúpula	0,7	0,4
	Baños	0,5	0,3
Alumbrado emergencia	1	1	

Tabla 4 Criterios de funcionamiento iluminación hotel

Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Vestíbulo	0,8	0,3
	Bar-cocina	0,8	0,5
	Comedor	0,8	0,5
	Habitaciones (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	0,7	0,3
	Habitaciones (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	0,7	0,3
	Pasillo/planta 1/edificio 1	0,4	0,2
	Pasillo/planta 2/edificio 1	0,4	0,2
	Pasillo/planta 3/edificio 1	0,4	0,2
	Pasillo/planta 1/edificio 2	0,4	0,2
	Pasillo/planta 2/edificio 2	0,4	0,2
	Pasillo/planta 3/edificio 3	0,4	0,2
	Cúpula	0,2	0,1
	Baños	0,4	0,3

Tabla 5 Criterios de funcionamiento receptores hotel

d. Laboratorio:

El reglamento no establece criterios básicos para los diferentes tipos de edificios, por ese motivo nos basaremos en nuestros criterios propios para el funcionamiento de los circuitos interiores, esto está supeditado a cambios si se requiere. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Vestíbulo	0,8	0,5
	Comedor	0,7	0,3
	Laboratorio planta 1	0,8	0,8
	Laboratorio planta 2	0,8	0,8
	Laboratorio planta 3	0,8	0,8
	Pasillo planta 1	0,5	0,3
	Pasillo planta 2	0,5	0,3
	Pasillo planta 3	0,5	0,3
	Baños (6)	0,5	0,2
	Alumbrado emergencia	1	1

Tabla 6 Criterios de funcionamiento iluminación laboratorio

Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Vestíbulo	0,7	0,3
	Comedor	0,5	0,3
	Laboratorio planta 1	0,8	0,3
	Laboratorio planta 2	0,8	0,3
	Laboratorio planta 3	0,8	0,3
	Pasillo planta 1	0,5	0,1
	Pasillo planta 2	0,5	0,1
	Pasillo planta 3	0,5	0,1
	Baños	0,2	0,3

Tabla 7 Criterios de funcionamiento receptores laboratorio

e. Auditorio:

Se basará en el criterio propio ya que el reglamento no establece unos criterios para este tipo de edificios, por lo cual, los circuitos interiores del auditorio se basará el funcionamiento de acuerdo a los factores de simultaneidad y de utilización. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Recepción	0,8	0,3
	Vestíbulo	0,8	0,3
	Aseos hombre	0,5	0,3
	Aseos mujer	0,5	0,3
	Oficinas	0,8	0,5
	Servicios técnicos	0,5	0,3
	Baños camerino hombre	0,5	0,3
	Baños camerino mujer	0,5	0,3
	Camerinos hombre	0,8	0,2
	Camerinos mujer	0,8	0,2
	Pasillo	0,5	0,7
	Escenario	0,8	0,3
	Platea	0,8	0,2
	Pasillo escenario	0,5	0,3
Alumbrado emergencia	1	1	

Tabla 8 Criterios de funcionamiento iluminación auditorio

Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Recepción	0,9	0,4
	Vestíbulo	0,8	0,3
	Aseos hombre	0,5	0,3
	Aseos mujer	0,5	0,3
	Oficinas	1	0,6
	Servicios técnicos	0,7	0,3
	Baños camerino hombre	0,5	0,3
	Baños camerino mujer	0,5	0,3
	Camerinos hombre	0,5	0,4
	Camerinos mujer	0,5	0,4
	Pasillo	0,5	0,3
	Escenario	0,7	0,3
	Platea	0,5	0,2
	Pasillo escenario	0,5	0,3

Tabla 9 Criterios de funcionamiento receptores auditorio

f. Terciario:

Para los edificios destinados al comercio en la zona terciaria, el procedimiento es el mismo que para con los demás edificios tipos a excepción de la vivienda. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Planta baja	0,8	0,7
	Oficinas	0,8	0,5

Tabla 10 Criterios de funcionamiento iluminación terciario

Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Planta baja	0,8	0,65
	Oficinas	1	0,5

Tabla 11 Criterios de funcionamiento receptores terciario

Nombrados nuestros criterios, se ha de destacar que estos cálculos se han llevado a cabo con una hoja de cálculo de Excel, por lo tanto, si fuere el caso que hemos aplicado algún criterio incorrecto, únicamente habría que modificarlo y se podría seguir con el proyecto sin ningún problema.

5.1.1 NECESIDAD ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA

Para conocer la carga de una vivienda hemos elaborado una tabla de Excel. Dentro de esta tabla se han definido los diferentes circuitos de la vivienda, para poder así conocer la potencia necesaria que hará falta.

Se han definido los diferentes circuitos:

C1 Iluminación: Para la elaboración de este circuito, nos hemos guiado por la potencia que nos ha marcado el programa dialux. Previamente introducimos por REBT los 200 W por toma que exige el reglamento, pero luego se tomó en cuenta que se podría conseguir mucha más iluminación con una menor potencia. Por lo tanto, elaboramos mediante el programa dialux el plano en 3D de la vivienda y conseguimos así la potencia prevista por este primer circuito C1. Obviamente esta potencia sería la potencia a plena carga, por esta razón, introduciendo los coeficientes de simultaneidad y de utilización, hemos previsto la carga final del circuito C1.

C2 Tomas de uso general: Este circuito cubre las necesidades del frigorífico de la vivienda, se ha previsto como potencia del circuito (Por reglamento) 3450 W. En este caso lo que si hemos modificado son los factores de simultaneidad y de utilización. Por lo tanto hemos conseguido una potencia prevista final para C2.

C3 Cocina y horno: Según el plano interior de la vivienda en la zona del cuarto de cocina, habrá una toma para el horno y cocina con una potencia prevista de 5400 W de acuerdo al reglamento de baja tensión, esta potencia se modificará debido a los factores de simultaneidad y de utilización, obteniendo así una potencia prevista final para el circuito C3.

C4 Lavadora y lavavajillas: Este circuito de distribución interna estará instalado en el cuarto de lavado y tendrá una potencia prevista por toma de 3450 W según el reglamento de baja tensión, al no entrar en funcionamiento permanentemente y aplicando unos factores de simultaneidad y de utilización se obtendrá una potencia prevista final para el circuito C4.

C5 Baño y cuarto de cocina: Este circuito de distribución interna ubicado en el lavabo y según plano de la vivienda habrá uno por lavabo con una potencia prevista por toma de 3450 W, pero no estarán en funcionamiento permanente, por lo tanto, aplicando unos factores de simultaneidad y de utilización obtendremos una potencia prevista final para el circuito de C5.

A continuación se muestra una tabla con la potencia y coeficientes para cada circuito interior de la vivienda.

VIVIENDA							
Receptor	Circuito de utilización	Número o toma	Potencia (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Factor simultaneidad	Factor de utilización
C1	Iluminación	34	13,8	168,91	2.300	0,72	0,5
C1	Iluminación	6	14	30,24	2.300	0,72	0,5
C1	Iluminación	5	42	75,6	2.300	0,72	0,5
C2	Toma de uso general (frigorífico)	13	3.450	897	3.680	0,1	0,2
C3	Cocina y horno	1	5.400	2.025	5.750	0,5	0,75
C4	Lavadora y lavavajillas	2	3.450	1.380	4.600	0,5	0,4
C5	Baño y cuarto de cocina	2	3.450	276	4.600	0,4	0,1
			Potencia total vivienda tipo	4.852,75	17.871		

Tabla 12 Circuitos interiores de la vivienda tipo

5.1.2 NECESIDAD ENERGÉTICA CENTRO TERCIARIO

Para la previsión de cargas de los centros terciarios hemos realizado el estudio de receptores previstos de un terciario y realizado la iluminación por dialux del establecimiento. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del terciario tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, una planta baja general con una separación para oficinas. Como hemos comentado, nos sabemos ni el tipo de terciario que será, ni la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del terciario tipo.

Receptores: Para los receptores se han estipulados tomas de uso general tanto para la primera planta como las oficinas con una potencia prevista de 3450 W, al no saber la distribución interior se ha estimado el número de receptores. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

Iluminación:

ILUMINACIÓN								
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente (W)	Potencia (w)	Nº Estancias totales (w)	Potencia prevista (w)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Planta baja	168	70	1	11.760	1	6.585,60	0,8	0,7
Oficinas	210	13	1	2.730	3	3.276	0,8	0,5
				14.490		9.861,60		

Tabla 13 Circuitos interiores de iluminación terciario

Receptores:

RECEPTORES											
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (w)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (w)	Potencia total prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Nº Estancias/receptores totales	Potencia máxima admisible total (w)
Planta baja	30	3450	1	0,8	0,65	3450	53820	53820	3680	1	110400
Oficinas	4	3450	1	1	0,5	3450	6900	20700	3680	3	44160
							60720	74520			154560

Tabla 14 Circuitos interiores de receptores terciario

5.1.3 NECESIDAD ENERGÉTICA CENTRO ESCOLAR

Para la previsión de cargas del centro escolar hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux del establecimiento. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del centro escolar tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux, una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para una aula normal, sala de profesores, biblioteca, baños, laboratorio, aula informática, aula de arte y dibujo técnico, pasillos y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del centro escolar tipo.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para los habitáculos de la escuela a excepción del baño, éste tendrá su propia toma. Los receptores instalados en el colegio comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo. A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados

Iluminación:

ILUMINACIÓN									
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coefficiente	Potencia (W)	Nº Estancias totales	Potencia iluminación (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización	
Aula normal	9	42	1	378	15	4.536	0,8	1	
Sala de profesores	9	42	1	378	3	907,2	0,8	1	
Biblioteca	22	13	1	286	1	228,8	0,8	1	
	20	35	1,8	1.260	1	1.008			
Baños	5	19,18	1	95,9	9	345,24	0,4	1	
Laboratorio	15	42	1	630	5	2.205	0,7	1	
Aula informática	9	42	1	378	5	1.323	0,7	1	
Aula arte y dibujo técnico	26	42	1	1.092	1	764	0,7	1	
Pasillo	24	13	1	312	15	4.680	1	1	
Alumbrado de emergencia	85	8	1	680	1	680	1	1	
				5.489,90			16.677,64		

Tabla 15 Circuitos interiores de iluminación colegio

Receptores:

RECEPTORES										
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (w)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Nº Estancias totales	Potencia total (W)
Aula normal	4	3450	1	1	0,25	3450	3450	3680	15	51750
Sala de profesores	3	3450	1	0,5	0,2	3450	1035	3680	3	3105
Biblioteca	8	3450	1	1	0,25	3450	6900	3680	1	6900
Baños	1	3450	1	0,4	0,1	3450	138	3680	9	1242
Laboratorio	6	3450	1	0,75	0,2	3450	3105	3680	5	15525
Aula informática	12	3450	1	1	0,25	3450	10350	3680	5	51750
Aula arte y dibujo técnico	4	3450	1	0,2	0,2	3450	552	3680	1	552
						24150	25530	25760	130824	

Tabla 16 Circuitos interiores de receptores colegio

5.1.4 NECESIDAD ENERGÉTICA HOTEL

Para la previsión de cargas del hotel vitivinícola hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del hotel vitivinícola tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, bar-cocina, 2 tipos de habitaciones, pasillos, cúpula central, baños y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del hotel tipo. Comentar que para la cúpula central se ha dispuesto de una iluminación secundaria LED ya que tiene una entrada de luz central provista por una cristalera central que proporcionará luz natural a toda la cúpula.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para las habitaciones, pasadizos, vestíbulo, etc. los baños tendrán su propia toma así como la cocina. Los receptores instalados en el hotel comprenden los circuitos interiores C2, C3 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

Iluminación:

ILUMINACIÓN									
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coefficiente	Potencia l total (W)	Nº Estancias totales	Potencia iluminación (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización	
Vestíbulo	20	70	1	1400	1	525	0,8	0,5	
Bar-cocina	24	45	1	1080	1	648	0,8	0,8	
Comedor	15	45	1	675	1	135	0,4	0,5	
HABITACIONES (36h 2p. 21h 3p) edificio 1	10	13	1	130	57	1296,8	0,7	0,3	
HABITACIONES (24h 2p,12h 3p) edificio 2	10	13	1	130	36	819	0,7	0,3	
Pasillo/planta 1/edificio 1	30	13	1	378	1	47,3	0,5	0,3	
Pasillo/planta 2/ edificio 1	30	13	1	378	1	47,3	0,5	0,3	
Pasillo/planta 3/edificio 1	22	13	1	277	1	34,7	0,5	0,3	
Pasillo/planta 1 / edificio 2	18	13	1	227	1	28,4	0,5	0,3	
Pasillo/planta 2 /edificio 2	18	13	1	227	1	28,4	0,5	0,3	
Pasillo/planta 3 /edificio 3	13	13	1	164	1	20,5	0,5	0,3	
Cúpula	440	13	1	5720	1	1487,2	0,7	0,4	
Baños	2	13	1	26	93	302,3	0,5	0,3	
Alumbrado de emergencia	15	8	1	120	1	120	1	1	
				10.931,6			5.539,5		

Tabla 17 Circuitos interiores de iluminación hotel

Receptores:

RECEPTORES										
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (w)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Nº Estancias totales	Potencia total (W)
Vestíbulo	5	3450	1	0,8	0,3	3450	3450	3.680	1	3.450
Bar-cocina	6	3450	1	0,8	0,5	3450	7.762,50	3.680	1	7.763
Cocina	8	3400	1	0,8	0,5	5400	17.280	5.750	1	17.280
HABITACIONES (36h 2p,21h 3p)edificio 1	4	3450	1	0,7	0,3	3450	4.830	3.680	57	275.310
HABITACIONES (24h 2p,12h 3p)edificio 2	4	3450	1	0,7	0,3	3450	2.415	3.680	36	86.940
Pasillo/planta 1/edificio 1	3	3450	1	0,4	0,2	3450	828	3.680	1	828
Pasillo/planta 2/edificio 1	3	3450	1	0,4	0,2	3450	828	3.680	1	828
Pasillo/planta 3/edificio 1	2	3450	1	0,4	0,2	3450	552	3.680	1	552
Pasillo/planta 1/edificio 2	3	3450	1	0,4	0,2	3450	828	3.680	1	828
Pasillo/planta 2/edificio 2	3	3450	1	0,4	0,2	3450	828	3.680	1	828
Pasillo/planta 3/edificio 3	2	3450	1	0,4	0,2	3450	552	3.680	1	552
Cúpula	5	3450	1	0,2	0,1	3450	345	3.680	1	345
Baños	1	3450	1	0,3	0,3	3450	345	3.680	93	32.085
						46.800	40.843,5	49.910		427.589

Tabla 18 Circuitos interiores de receptores hotel

5.1.5 NECESIDAD ENERGÉTICA LABORATORIO

Para la previsión de cargas del laboratorio hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del laboratorio tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, comedor, laboratorios tipo, pasillos, baños y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del laboratorio tipo.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para los laboratorios, pasadizos, vestíbulo, comedor, los baños tendrán su propia toma. Los receptores instalados en el laboratorio comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

Iluminación:

ILUMINACIÓN						
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coefficiente	Potencia total (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Vestíbulo	20	70	1	525	0,8	0,5
Comedor	15	45	1	118,1	0,7	0,3
Laboratorio planta 1	16	44	1	422,4	0,8	0,8
Laboratorio planta 2	32	44	1	844,8	0,8	0,8
Laboratorio planta 3	32	44	1	844,8	0,8	0,8
Pasillo planta 1	15	44	1	82,5	0,5	0,3
Pasillo planta 2	25	44	1	82,5	0,5	0,3
Pasillo planta 3	12	44	1	66	0,5	0,3
Baños (6)	12	13	1	15,6	0,5	0,2
Alumbrado de emergencia	17	8	1	136	1	1
				3.137,7		

Tabla 19 Circuitos interiores de iluminación laboratorio

Receptores:

RECEPTORES								
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (w)
Vestíbulo	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3.680
Comedor	3	3.450	1	0,5	0,3	10.350	1.293,8	3.680
Laboratorio planta 1	7	3.450	1	0,8	0,3	24.115	4.830	3.680
Laboratorio planta 2	8	3.450	1	0,8	0,3	27.600	5.520	3.680
Laboratorio planta 3	6	3.450	1	0,8	0,3	20.700	4.140	3.680
Pasillo planta 1	3	3.450	1	0,5	0,1	10.350	517,5	3.680
Pasillo planta 2	2	3.450	1	0,5	0,1	6.900	345	3.680
Pasillo planta 3	3	3.450	1	0,5	0,1	10.350	517,5	3.680
Baños	6	3.450	1	0,2	0,3	20.700	1.035	3.680
						144.900	20.613,8	33.120

Tabla 20 Circuitos interiores de receptores laboratorio

5.1.6 NECESIDAD ENERGÉTICA AUDITORIO

Para la previsión de cargas del auditorio hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del hotel vitivinícola tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, baños, oficinas, servicios técnicos, baños camerinos, camerinos, pasillos, escenario, platea, pasillo escenario y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del auditorio tipo.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para los pasillos, pasillos, vestíbulo, etc., los baños tendrán su propia toma. Los receptores instalados en el auditorio comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo. A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

Iluminación:

ILUMINACIÓN						
Estancias	Nº receptores	Potencia (W)	Coefficiente	Potencia total (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Recepción	24	42	1	189	0,8	0,3
Vestíbulo	24	23	1	10,5	0,8	0,3
Aseo hombre	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Aseo mujer	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Oficinas	24	42	1	403,2	0,8	0,5
Servicios técnicos	15	42	1	78,8	0,5	0,3
Baños camerino hombre	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Baños camerino mujer	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Camerinos hombre	15	23	1	51,8	0,8	0,2
Camerinos mujer	15	23	1	51,8	0,8	0,2
Pasillo	11	14	1	53,1	0,5	0,7
Escenario	20	167	1,8	1.202,4	0,8	0,3
Platea	49	47	1	368,5	0,8	0,2
Pasillo escenario	26	47	1	152,8	0,5	0,3
Alumbrado de emergencia	15	8	1	120	1	1
				2.857,5		

Tabla 21 Circuitos interiores de iluminación auditorio

Receptores:

RECEPTORES								
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)
Recepción	5	3.450	1	0,9	0,4	17.250	6.210	3680
Vestíbulo	5	3.450	1	0,8	0,3	17.250	3.450	3680
Aseo hombre	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
Aseo mujer	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
Oficinas	10	3.450	1	1	0,6	34.500	20.700	3680
Servicio técnicos	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3680
Baños camerino hombre	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
Baños camerino mujer	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
Camerinos hombre	3	3.450	1	0,5	0,4	10.350	2.070	3680
Camerinos mujer	3	3.450	1	0,5	0,4	10.350	2.070	3680
Pasillo	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
Escenario	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3680
Platea	3	3.450	1	0,5	0,2	10.350	1.035	3680
Pasillo escenario	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3680
						169.050	45.540	51.520

Tabla 22 Circuitos interiores de receptores auditorio

Especificar que esta parte del estudio energético fue realizada en el proyecto Smart City Power System del año 2015. Por lo tanto las simulaciones con el programa dialux son las que pertenecen a dicho proyecto.

6. GRÁFICAS DE LAS CARGAS

Una vez analizadas las seis cargas eléctricas que se han escogido de la urbanización, nos disponemos hacer las gráficas de todas las cargas estudiadas en un periodo de tiempo determinado.

Estas gráficas se realizaran en periodos de tiempo de un día y un mes. De esta forma se podrá ver la demanda total de la urbanización. Con el fin de obtener el despacho económico que nos servirá para realizar el estudio de regulación. Este se ocupara de gestionar la generación de energía eléctrica necesaria para cada momento de demanda.

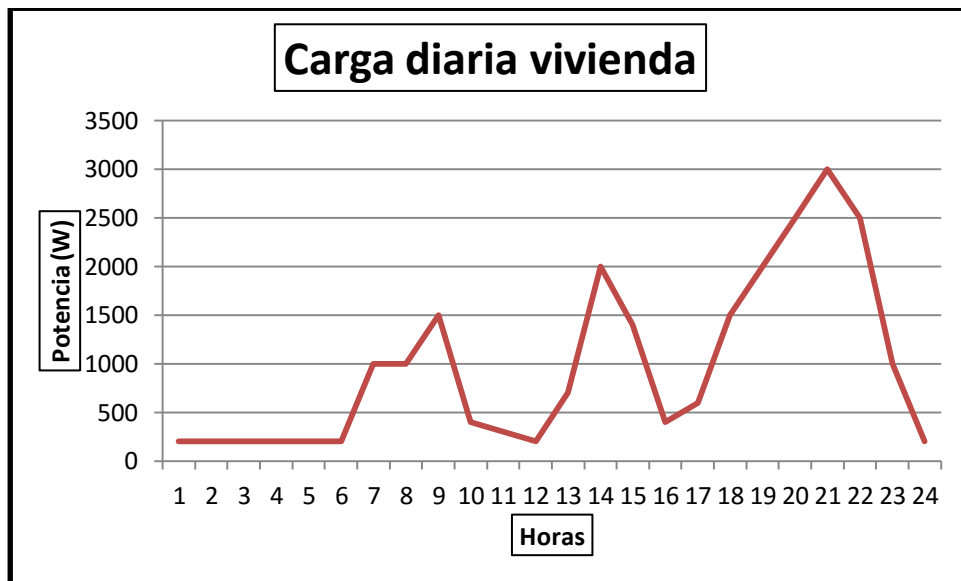


Ilustración 1 Demanda diaria vivienda

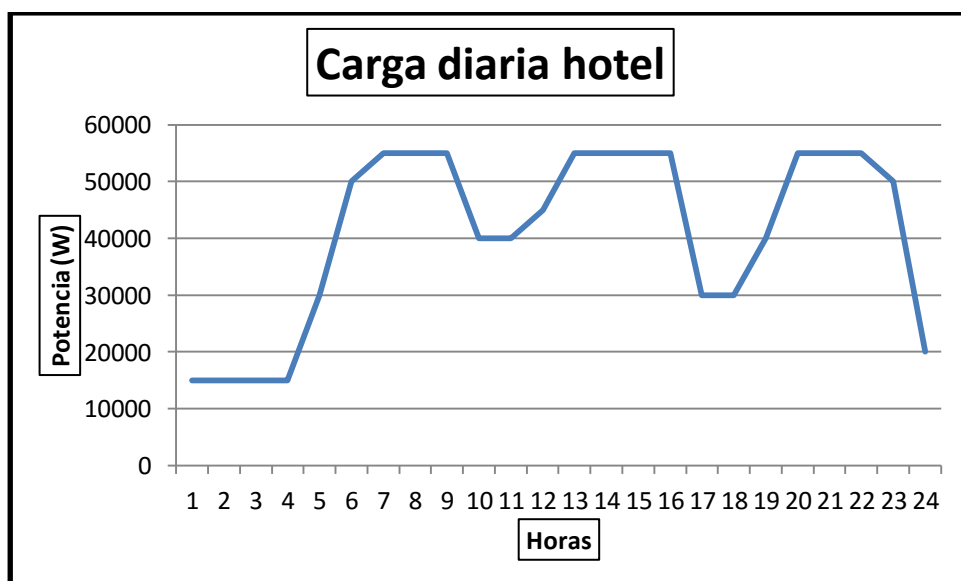


Ilustración 2 Demanda diaria hotel

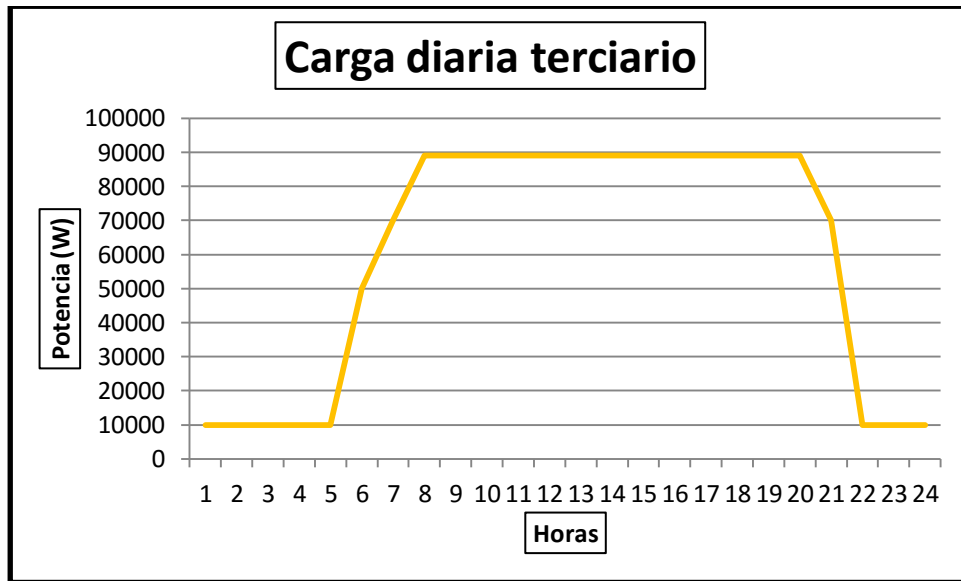


Ilustración 3 Demanda diaria terciario

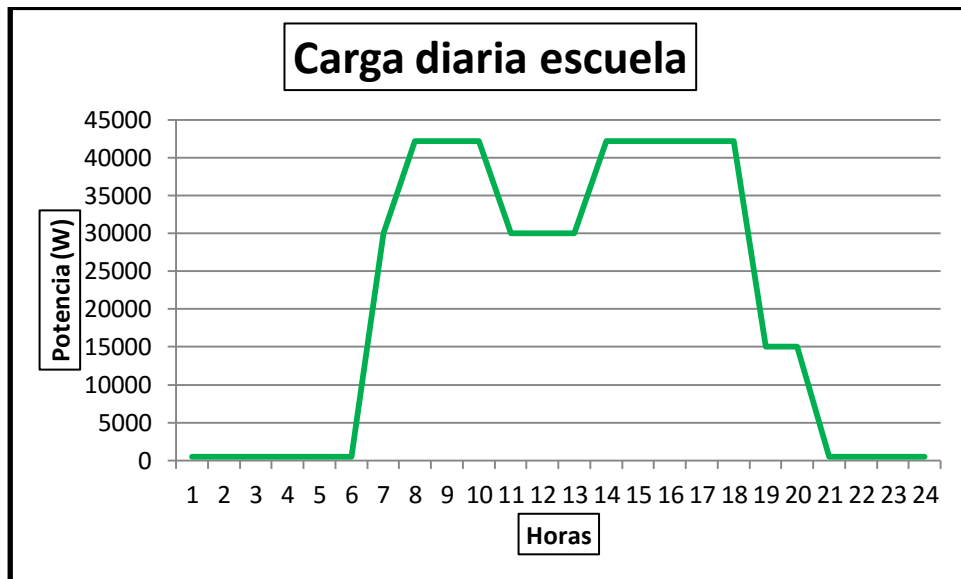


Ilustración 4 Demanda diaria escuela

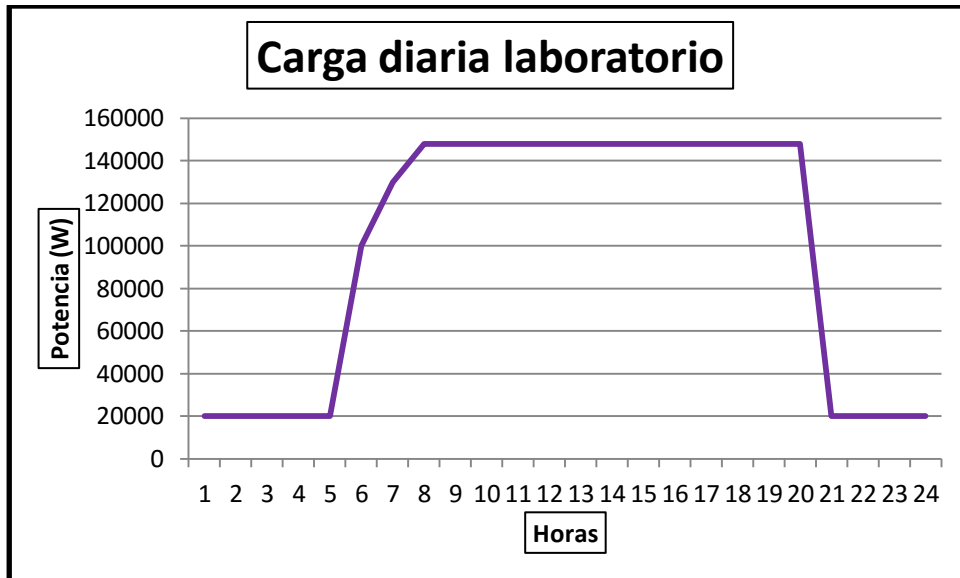


Ilustración 5 Demanda diaria laboratorio

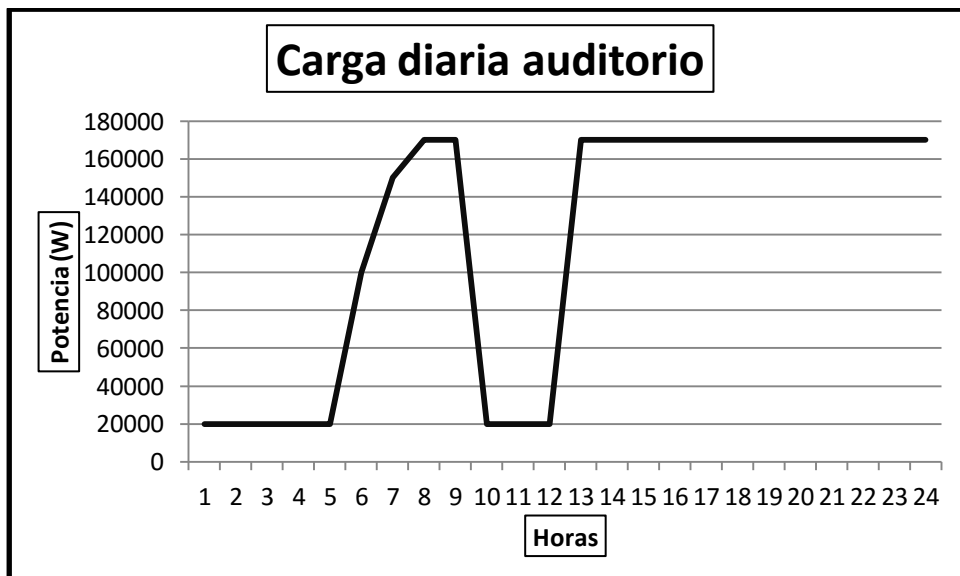


Ilustración 6 Demanda diaria auditorio

La finalidad que tienen estas gráficas, es estudiar cuales son las horas pico de demanda que tendrá la urbanización. Como se puede apreciar en la gráfica de la demanda de energía de la vivienda, tenemos más diversidad de horas. Esto es debido a que en un hogar hay muchos miembros de una familia y no todos siguen el mismo horario.

En las gráficas del hotel, la escuela y el auditorio se refleja que las horas de menos consumo son al mediodía y por la noche, esto refleja los horarios laborales de trabajo.

Sin embargo las gráficas del terciario y el laboratorio se puede apreciar que el consumo disminuye, pero siempre suele llevar un ritmo constante. El motivo es que la maquinaria no puede pararse.

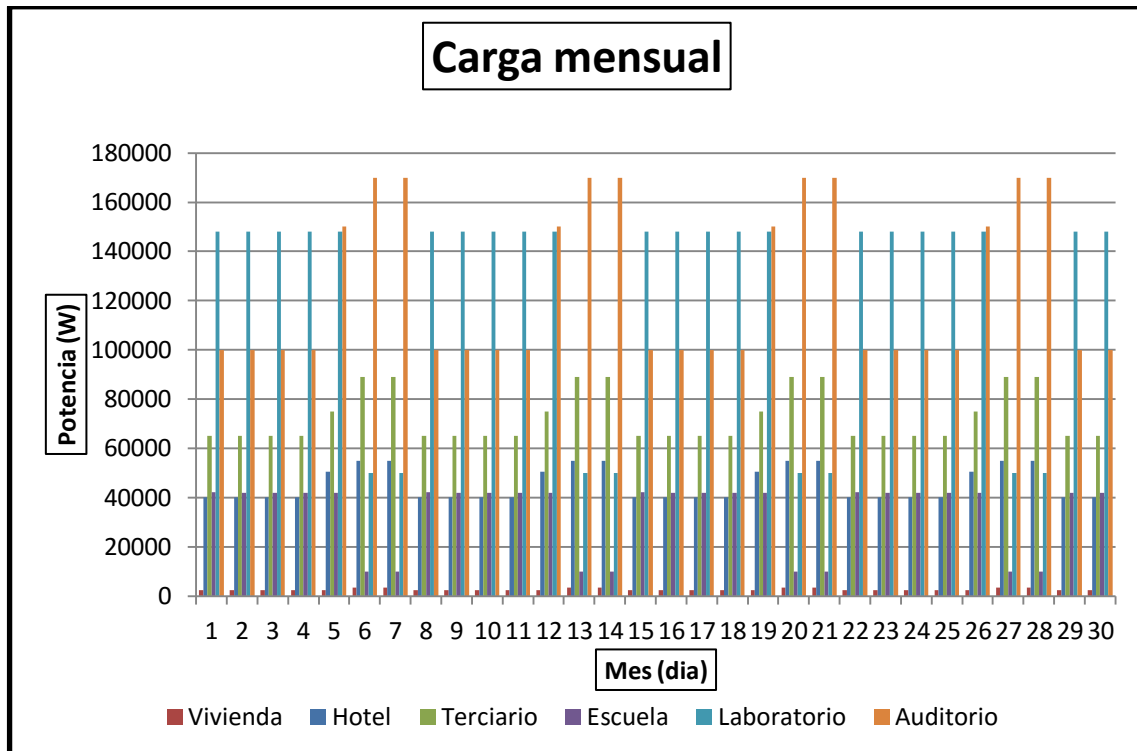


Ilustración 7 Demanda total mensual

En esta gráfica se puede apreciar el consumo mensual de todas las cargas de la urbanización. El motivo por el que se ha realizado esta gráfica es para poder ver como evolución según los días laborales y festivos.

Los valores con los que se han realizado estas gráficas se encuentran en el apartado 16.1 del anexo.

7. DESPACHO ECONÓMICO

7.1 DESPACHO ECONÓMICO INDIVIDUAL

Una vez hemos realizado la simulación de las cargas que se han escogido, sabemos que demanda diaria tendremos en cada hora. Esta demanda será utilizada para realizar el despacho económico de la urbanización.

El despacho económico nos servirá para determinar que tipo de generador utilizar, es decir, la urbanización se encuentra suministrada por módulos de cogeneración y energía solar fotovoltaica, como ya se había comentado anteriormente. El objetivo principal de la realización del despacho económico es saber cuál de los dos tipos de suministro es el más económico en cada momento o circunstancia del día enfocado al autoconsumo.

A continuación en una gráfica de barras se muestra la demanda horaria de un día que tendremos que cubrir:

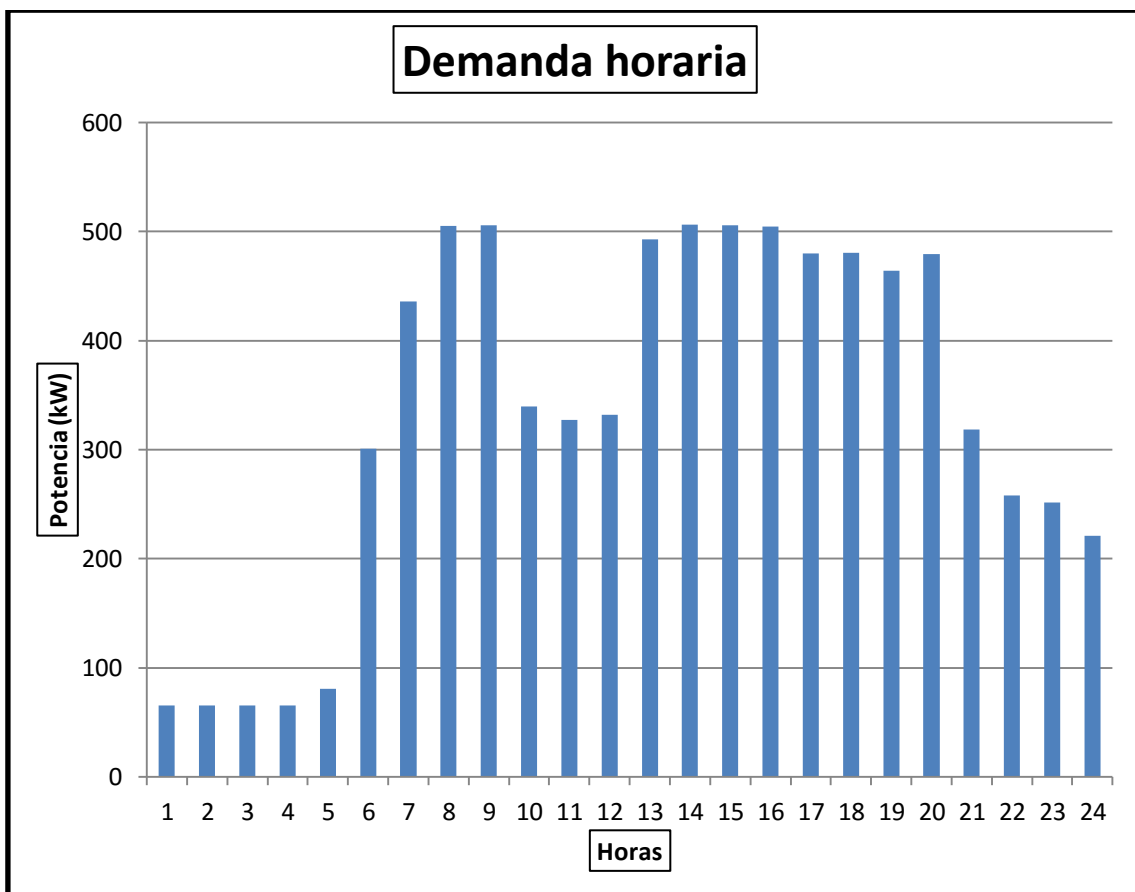


Ilustración 8 Despacho económico individual

Antes de realizar los cálculos, especificar que las horas que no haya sol, que serán entre las 1:00 y las 8:00 de la mañana. De las 20:00 hasta las 24:00 de la noche, no se tendrá en cuenta la posibilidad de suministrar con energía solar. Esta franja horaria se ha obtenido del programa PVGIS.

Dicho esto nos disponemos hacer los cálculos pertinentes para saber y poder demostrar cuál de los dos suministros es más económico en cada momento determinado.

Los calculados realizados para saber el coste de generación de energía mediante los módulos de cogeneración son los siguientes:

Potencia generada de 1:00 a 8:00 de la mañana:

$$P_{G1} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (4 * 0.05 * 65,7) + (1 * 0.05 * 80,7) + (1 * 0.05 * 300,7) + (1 * 0.05 * 436) = \mathbf{54,01 \text{ €}}$$

Potencia generada de 8:00 a 20:00 de la tarde:

$$P_{G2} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (1 * 0.05 * 505,2) + (1 * 0.05 * 505,7) + (1 * 0.05 * 339,6) + (1 * 0.05 * 327,3) + (1 * 0.05 * 332,2) + (1 * 0.05 * 492,7) + (2 * 0.05 * 506,6) + (1 * 0.05 * 504,6) + (1 * 0.05 * 479,8) + (1 * 0.05 * 480,7) + (1 * 0.05 * 464) = \mathbf{272.25 \text{ €}}$$

Potencia generada de 20:00 a 24:00:

$$P_{G3} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (1 * 0.05 * 479,5) + (1 * 0.05 * 318,5) + (1 * 0.05 * 258) + (1 * 0.05 * 251,5) + (1 * 0.05 * 220,7) = \mathbf{76.41 \text{ €}}$$

Con estos cálculos podemos ver que el coste de la generación de energía para una día de funcionamiento, sería de 402,67 €. Este precio se podría reducir utilizando la fuente de energía secundaria, que sería el uso de energía solar en el rango horario de las ocho de la mañana hasta las ocho de la noche. Por lo tanto con uso de esta energía renovable, se reduciría el uso de los generadores y la generación de energía sería más económica.

7.2 DESPACHO ECONÓMICO GLOBAL

Para diseñar el controlador hace falta saber cuál es el consumo total de la urbanización. Por lo tanto realizamos el despacho económico de todas las cargas de la urbanización funcionando en un día laboral, para saber cuál sería el consumo de estas. Este despacho nos servirá para tomar la decisión final de que energías utilizaremos y cuantos generadores estarán en funcionamiento en cada momento determinado.

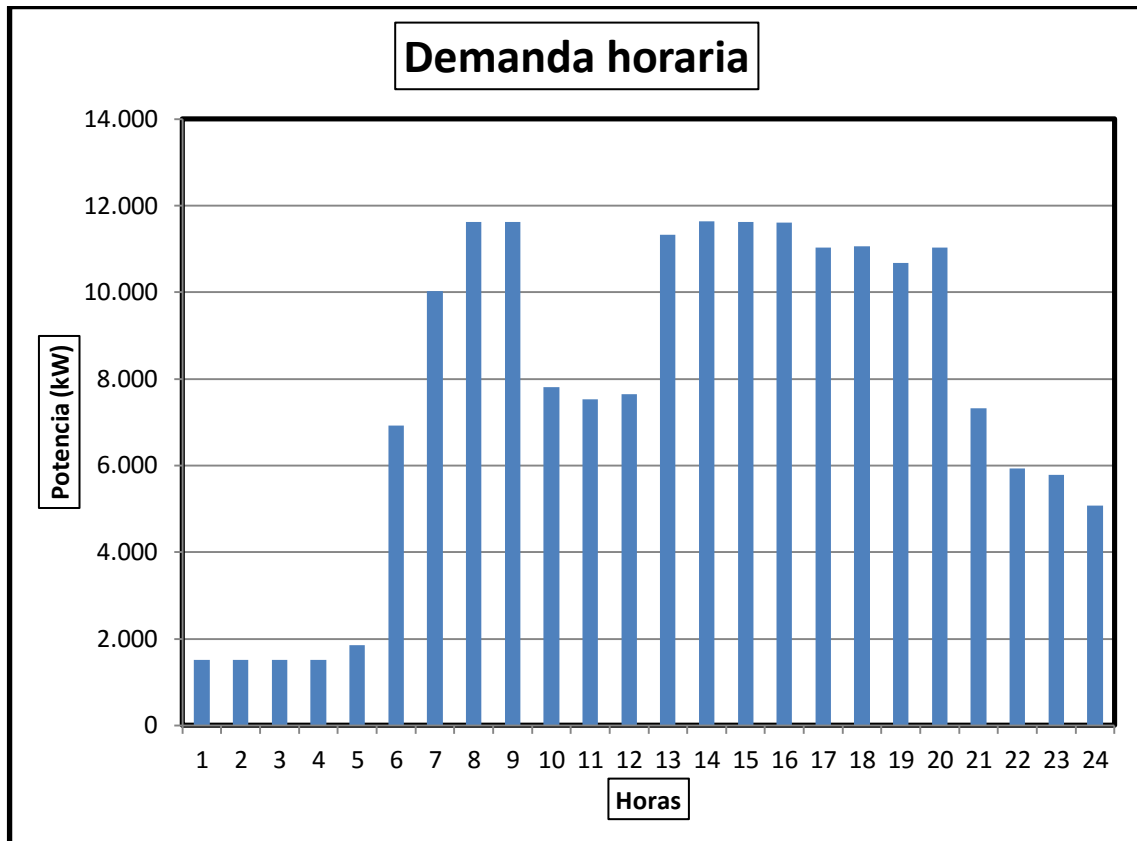


Ilustración 9 Despacho económico global

Una vez tenemos la demanda, volvemos hacer los mismos cálculos que antes para realizar el despacho económico global. Por lo tanto nos queda de la siguiente forma:

Potencia generada de 1:00 a 8:00 de la mañana:

$$P_{G1} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (4 * 0.05 * 1511.1) + (1 * 0.05 * 1856.1) + (1 * 0.05 * 6916.1) + (1 * 0.05 * 10028) = \mathbf{1242.23 \text{ €}}$$



Potencia generada de 8:00 a 20:00 de la tarde:

$$P_{G2} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (1 * 0.05 * 11619.6) + (1 * 0.05 * 11631.1) + (1 * 0.05 * 7810.8) + (1 * 0.05 * 7527.9) + (1 * 0.05 * 7640.6) + (1 * 0.05 * 11332.1) + (2 * 0.05 * 11642.6) + (1 * 0.05 * 11035.4) + (1 * 0.05 * 11605.8) + (1 * 0.05 * 11056.1) + (1 * 0.05 * 10672) = \mathbf{6261.75 \text{ €}}$$

Potencia generada de 20:00 a 24:00:

$$P_{G3} = \text{Horas} * \text{Precio} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) * \text{Potencia generada (kW)} = (1 * 0.05 * 11028.5) + (1 * 0.05 * 7325.5) + (1 * 0.05 * 5934) + (1 * 0.05 * 5784.5) + (1 * 0.05 * 5076.1) = \mathbf{1757.43 \text{ €}}$$

Si la demanda total de la urbanización se cubriera con los módulos de cogeneración, el coste diario del combustible sería de 9261.41 €. Este coste se puede ahorrar utilizando la energía solar en la franja horaria de radiación solar.

Los valores con los que se han realizado los despachos económicos se encuentran en los apartados 16.2 y 16.3 del anexo.

8. COGENERACIÓN

8.1 QUÉ ES LA COGENERACIÓN

La cogeneración es un sistema de alta eficiencia energética basado en la producción de la electricidad y energía térmica (calorífica/frigorífica) a partir de la energía primaria contenida en un combustible. En una cogeneración la electricidad es vendida a la red, y el frío o calor producido es aprovechado para satisfacer las necesidades térmicas de la instalación⁹. La cogeneración también se conoce como CHP (calor y electricidad combinados).



Figura 1. 11 Concepto cogeneración

8.1.1 SISTEMAS BÁSICOS DE COGENERACIÓN

Cogeneración con turbina de gas:

Su funcionamiento consiste en la combustión de un combustible en una cámara, introduciéndose en una turbina los gases resultantes, donde se extrae el máximo de su energía, transformándola en energía mecánica. La energía residual puede ser aprovechada para satisfacer, las necesidades térmicas de proceso. Los gases de escape pueden ser utilizados directamente o bien en calderas de recuperación para la generación del vapor requerido por los procesos.

⁹ "Cogeneración", sitio digital www.endesa.com

Cogeneración con turbina de vapor:

En esta turbina, la conversión en energía mecánica se produce por la expansión del vapor a alta presión procedente de una caldera. El sistema genera menos energía eléctrica (mecánica) por unidad de combustible que su equivalente con turbina de gas; sin embargo, el rendimiento global de la instalación es superior. Para la generación del vapor de partida se puede utilizar cualquier combustible, e incluso corrientes energéticas residuales de los procesos productivos.

Cogeneración en ciclo combinado:

Aplicación conjunta de una turbina de gas y una de vapor. Su rendimiento global es mayor que las soluciones anteriores.

Cogeneración con un motor alternativo:

Se obtienen rendimientos eléctricos más elevados pero con una mayor limitación en lo referente a aprovechamiento de la energía térmica, ya que posee un nivel térmico inferior y se encuentra repartida entre diferentes subsistemas. Los sistemas con motor alternativo presentan una mayor flexibilidad de funcionamiento, lo que permite responder de manera casi inmediata a las variaciones de potencia, sin que ello conlleve un gran incremento en el consumo específico del motor¹⁰.

8.2 APROVECHAMIENTO DEL CALOR EMITIDO

Se aprovechará el calor emitido por los tubos de escape del módulo (emisiones de CO₂) para realimentar en forma de calor al sistema, es decir, mediante una tubería que irá conectado al depósito de acumulación central, se refrigerará la tubería conectada al depósito, una vez dentro mediante un serpentín se aprovechara el calor cedido por el escape del módulo para calentar el depósito y mantenerlo a un temperatura constante¹¹.

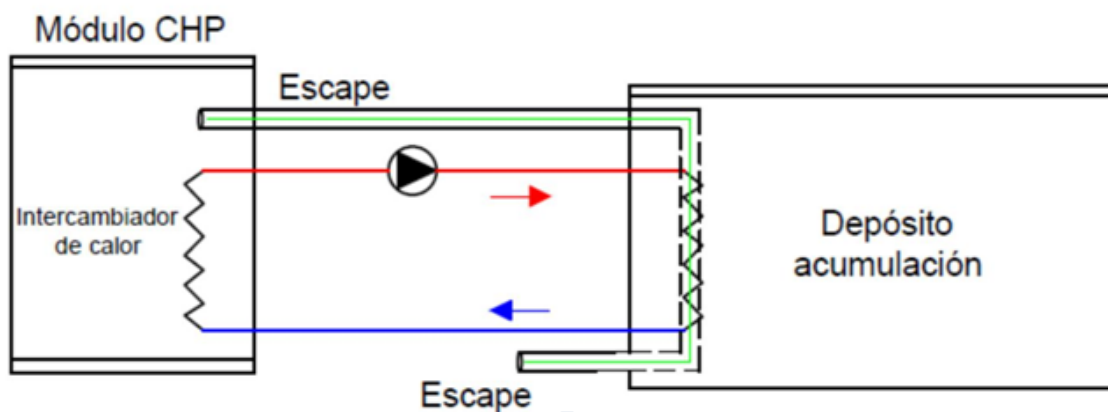


Figura 1. 12 Esquema escape del módulo CHP

¹⁰ "Cogeneración", sitio digital www.gasnaturalfenosa.es

¹¹ "Catálogo módulo CHP BOSCH"

8.2.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA

Como propuesta se plantea el siguiente esquema para los edificios de la urbanización, el cual se podrá observar el funcionamiento del sistema para aprovechar el calor que desprende, que será aprovechado para la calefacción y refrigeración de la misma.

- Esquema funcionamiento 1:

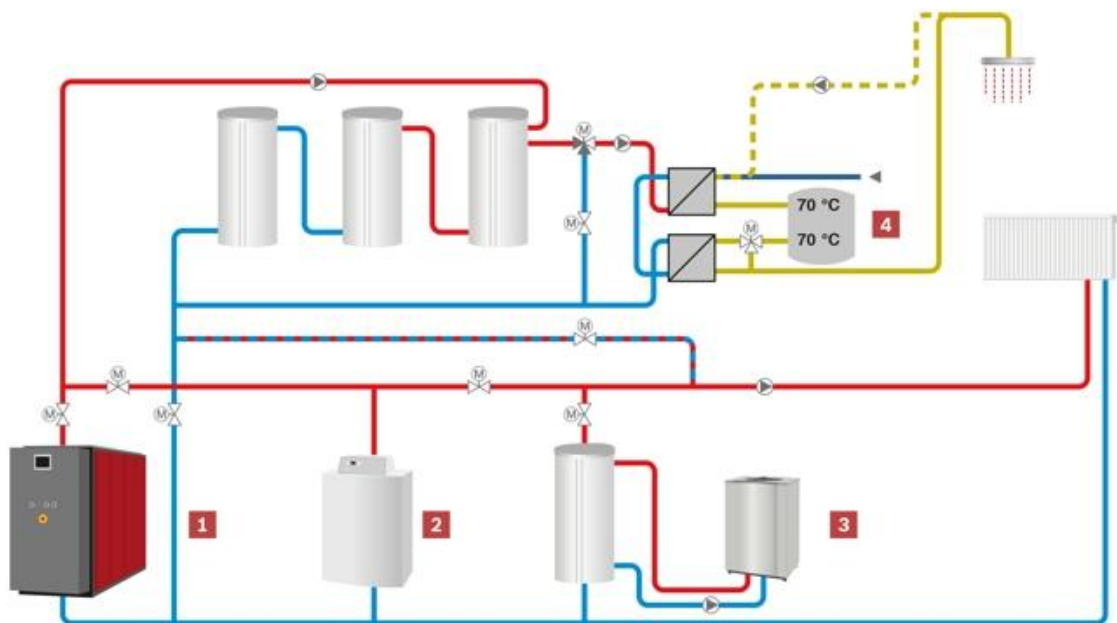


Figura 1. 13 Esquema aprovechamiento de energía calorífica

- Descripción del sistema:

1. Módulo cogeneración CHP Bosch
2. Caldera para calefacción a gas
3. Bomba de calor aire-agua
4. Gestión energética y de acumulación

En esta figura se puede observar cómo sería el sistema de aprovechamiento del calor que desprende el generador por la generación de electricidad. Este calor será aprovechado para el ACS y la calefacción.

- Esquema funcionamiento 2:

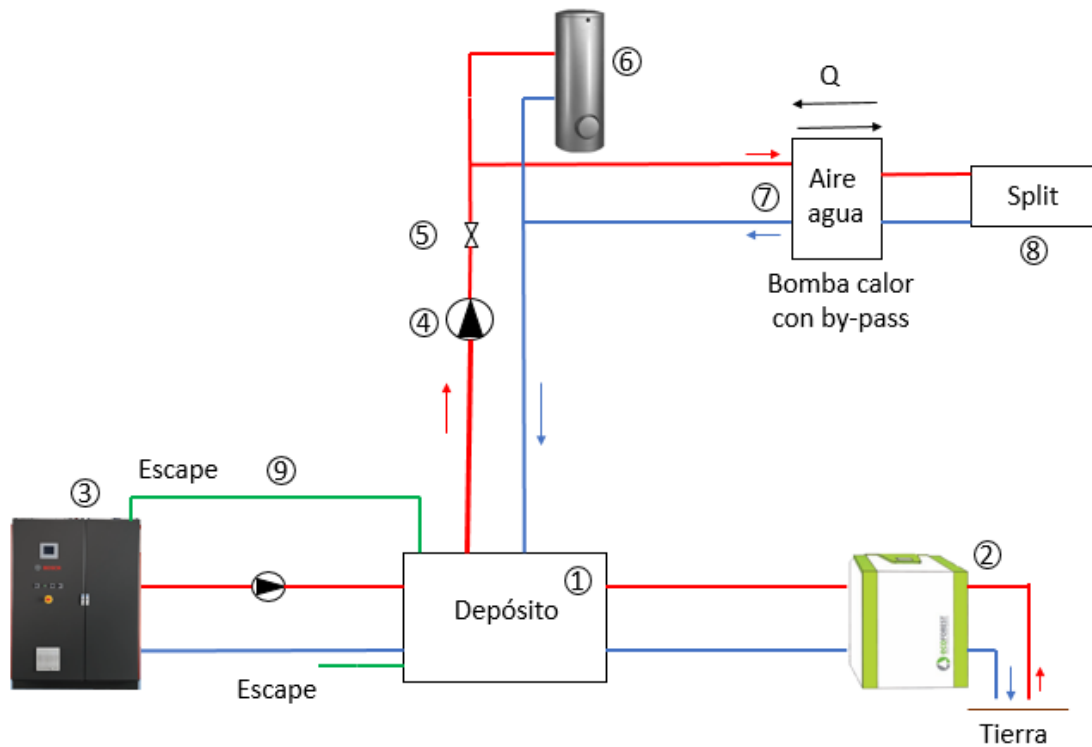


Figura 1. 14 Esquema aprovechamiento de energía calorífica con bomba geotérmica

- Descripción del sistema:

1. Depósito de acumulación
2. Bomba de calor geotérmica
3. Módulo CHP Bosch
4. Bomba de presión
5. Sensor de caudal
6. Deposito acumulador individual (300 litros)
7. Bomba de calor aire-agua
8. Sistema inversor
9. Escape CO2 módulo CHP

En la figura se muestra el sistema de funcionamiento para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) para la vivienda tipo, el módulo CHP suministrará calor al depósito de acumulación, a la vez que la bomba de calor geotérmica aportará el calor restante para que el depósito se mantenga a una temperatura constante, mediante una bomba de presión se suministrará agua a los edificios.

Cada una de éstas tendrá un depósito acumulador que a través de un serpentín permitirá regular la temperatura para que el usuario pueda consumir ACS y además nos garantiza que tendremos ACS siempre, en el interior del edificio se instalará una bomba de calor aire - agua, cuya función es climatizar la vivienda, es decir, con un sistema que compensa la entrada y salida de aire caliente o frío según la estación de año, ya que es un sistema inversor.

9. SUMINISTRO DE LA SMART CITY

El suministro de energía eléctrica y térmica de la urbanización del sector SUD-3 será mediante módulos de cogeneración y energía solar fotovoltaica. A continuación justificaremos esta elección y donde se ubicara.

9.1 JUSTIFICACIÓN PROPUESTA

Para este proyecto se ha elegido como idea implementar un sistema de cogeneración de gas, mediante el cual la urbanización siempre tendrá energía suficiente para autoabastecerse. Esta idea surgió cuando se hacía el estudio energético para la urbanización, es decir, que una vez calculado todas las cargas de la urbanización, se propuso como idea esta tecnología. La urbanización también contara con la instalación de paneles solares para alimentar los edificios.

Son tecnologías innovadoras, limpias, seguras y lo más importante es que no dependemos de la red eléctrica que es un punto a favor de esta idea. Pueden surgir otras ideas respecto al proyecto, pero como propuesta se ha aceptado estas tecnologías como solución a la Smart City.

El motivo por el que se ha elegido este tipo de suministro es debido a que el coste de la instalación y el precio del combustible son más económicos que los otros tipos.

A continuación se puede observar los presupuestos de cogeneración de gas:

Antes de hacer el presupuesto de la instalación observamos la diferencia de precio entre los diferentes combustibles y energía. De esta forma sabremos cuanto se puede llegar a ahorrar en un año.

Con la siguiente tabla de ENDESA, podemos ver los precios y las diferentes energías¹²:

Tipo de energía	Precio kWh
 Gas natural	0,05 €/kWh
 Electricidad	0,13 €/kWh
 Gas propano	0,08 - 0,14 €/kWh
 Gas butano	0,08 €/kWh
 Gasóil	0,10 €/kWh

Tabla 23 Tipos de energías/precios en kWh

Ejemplo en el caso más desfavorable:

→ Energía gas natural

$$\text{Coste total} = 365 \text{ días} \cdot 24\text{h/día} \cdot 12000 \text{ kWh} \cdot 0,05 \text{ €/kWh} = \mathbf{5256000 \text{ €/año}}$$

→ Energía eléctrica

$$\text{Coste total} = 365 \text{ días} \cdot 24\text{h/día} \cdot 12000 \text{ kWh} \cdot 0,13 \text{ €/kWh} = \mathbf{13665600 \text{ €/año}}$$

$$\text{Diferencia de precio en un año: } 13665600 - 525600 = \mathbf{8409600 \text{ €/año}}$$

Con la instalación de generadores de gas natural en un año te estarías ahorrando 8409600 €/kWh. En este caso solo hemos tenido en cuenta el coste de la energía eléctrica obtenida por el consumo del generador sin la utilización de las placas solares. Ahora que ya sabemos cuál será el ahorro del uso de generación de energía por cogeneración, realizaremos el cálculo de los módulos y los transformadores necesarios.

Según el Plano Parcial Urbanístico I 04 del proyecto Sector SUD-3 de Mas Rabassa del noviembre del año 2011, se instalarían diez y siete transformadores de 25/0,4 kV y 630 kVA de Ormazabal.

Según los cálculos que nosotros hemos realizado utilizaremos treinta módulos de 400 kW de Bosch.

¹² "Precio kWh gas natural", sitio digital www.preciogas.com

Cálculos realizados:

$$\text{Precio total transformadores} = n^{\circ} \text{ transformadores} * \text{precio transformador} = 17 * 11418,30 = \mathbf{194111,11 \text{ €}}$$

$$\text{Precio total módulos} = n^{\circ} \text{ módulos} * \text{precio módulos} = 30 * 295450 = \mathbf{8863500 \text{ €}}$$

$$\text{Diferencia de precio: } 8863500 - 194111,11 = \mathbf{8669388.9 \text{ €/año}}$$

A la diferencia de precio entre las instalaciones se le tiene que sumar todo el material que hace falta para realizar la instalación (cable, módulos, protecciones, trabajadores, etc.). Por lo que el precio final asciende a 26008166.7€.

La diferencia de precio de la instalación es más elevada que el ahorro anual. Esta diferencia se podría cubrir en:

$$\text{Amortización: } \frac{\text{Coste instalación}}{\text{Ahorro energetico}} = \frac{26008166.7}{8409600} = \mathbf{3 \text{ años}}$$

9.2 SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS DE COGENERACIÓN

Para el sistema de cogeneración se han elegido los módulos CHP CE 400 NA de la marca Bosch para la demanda necesaria de la ciudad. El motivo de la elección se debe a que estos módulos se pueden poner en el lugar deseado y lo más cerca posible al sistema que los necesite, con lo cual, habrá menos pérdidas, se construirá un habitáculo para su disposición con las medidas correspondientes para su buen uso y evitar las molestias de los usuarios de los edificios colindantes. Estos módulos de alimentarán de gas natural distribuido a través de camiones cisterna, en caso de fallo, la ciudad contará con un deposito auxiliar de combustible GLP (gas licuado), que permitirá el funcionamiento de la ciudad a través de los módulos.

Los módulos de cogeneración CHP son apropiados para satisfacer demandas térmicas además suministrar electricidad. Su diseño compacto y las comprobaciones de funcionamiento en fábrica configuran a estos módulos como equipos listos para ser conectados rápidamente a la instalación con múltiples aplicaciones posibles.

9.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MÓDULO CHP

Un módulo de CHP básicamente comprende un motor de gas, generador trifásico y varios sistemas de intercambio de calor integrados en el mismo aparato. El motor mueve al generador para la producción de electricidad. Los generadores son usados para la producción de eléctrica.

Se produce en el proceso un excedente de energía térmica al estar trabajando un motor de combustión interna. Internamente el calor producido en el motor se reconduce sucesivamente al aceite del motor, al refrigerante del motor y a los gases de salida del motor, este calor se aprovecha en diferentes intercambiadores de calor repartidos en el módulo CHP.

Este medio de aprovechamiento de energía térmica asociada a la producción eléctrica se denomina cogeneración, combinando en un mismo módulo la generación eléctrica y térmica.

9.2.2 COMPONENTES MÓDULO CHP

En este punto se mencionarán las partes del módulo de cogeneración CHP, que son los siguientes:

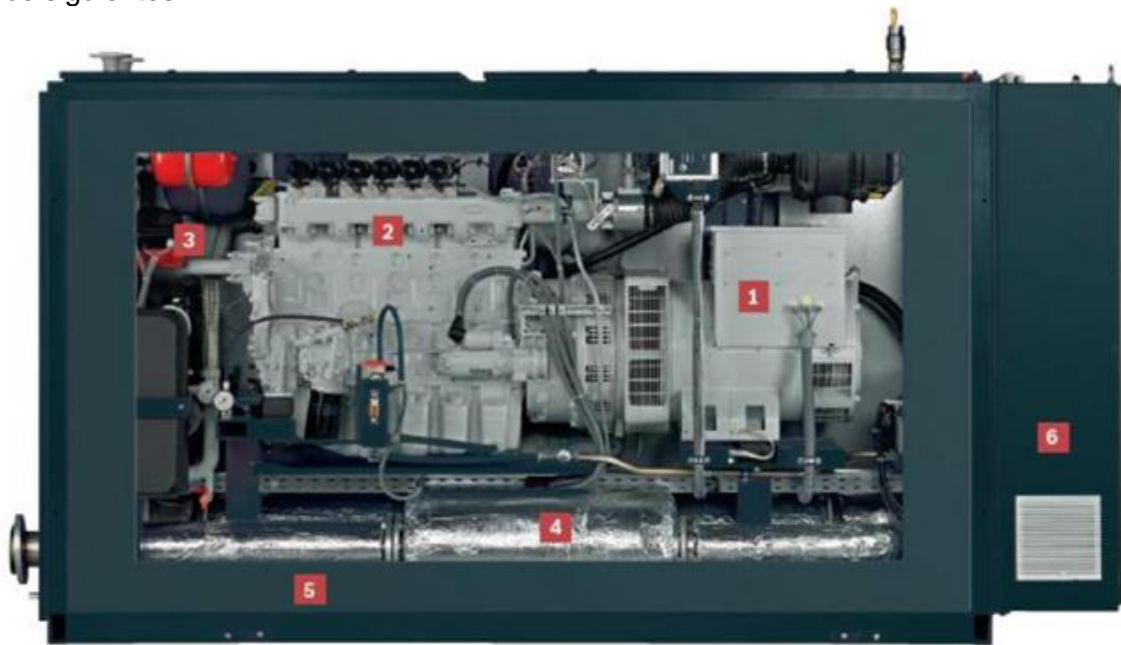


Figura 1. 15 Diseño interior del módulo CHP

Descripción:

1- Generador síncrono

2- Motor a gas

3- Hidráulica de calefacción opcional con bomba de circuito de calefacción, válvula de tres vías con conjunto actuador, vaso de expansión, válvula de seguridad y regulación.

4- Silenciador primario integrado

5- Bandeja inferior cerrada

6- Cuadro de control integrado para monitorización y control

9.2.3 TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO CHP CE 400 NA

A continuación se muestran las características del módulo CHP CE 400 NA¹³:

Tipo	CHP CE 400 NA
Generación de corriente trifásica	400/50
Temperatura de calefacción impulsión/retomo en °C	90/70
Potencia eléctrica en kW _{el}	400
Potencia térmica en kW _{th}	500
Potencia combustible en kW _{th}	1038
Rango de modulación en kW _{el}	200 – 400
Eficiencia eléctrica en %	38,5
Temperatura de retorno antes del módulo min /máx. en °C	50/65
Presión de servicio máximo admisible en bar	6
Máximo sobrecalentamiento en K	20
Número /posicionamiento en cilindros	12/V
Peso de servicio en kg	6950
Dimensiones de la instalación	
Longitud en mm	4900
Ancho en mm	1660
Altura en mm	2470

Tabla 24 Características módulo CHP

¹³ "Catálogo módulo CHP BOSCH"

9.2.4 CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO

Debido a que es un generador de una potencia muy elevada, estuvimos buscando las características de funcionamiento. La búsqueda no tuvo resultado, ya que este módulo solo se vende en algunos de los países de Europa, en el cual no consta España. Para poder programar el controlador de la forma más eficiente, se necesita la curva de funcionamiento del generador. Por este motivo decidimos utilizar la curva de un motor de 12" rebobinadle de 400 kW de la casa Franklin Electric.

La curva de funcionamiento de este motor es la siguiente:

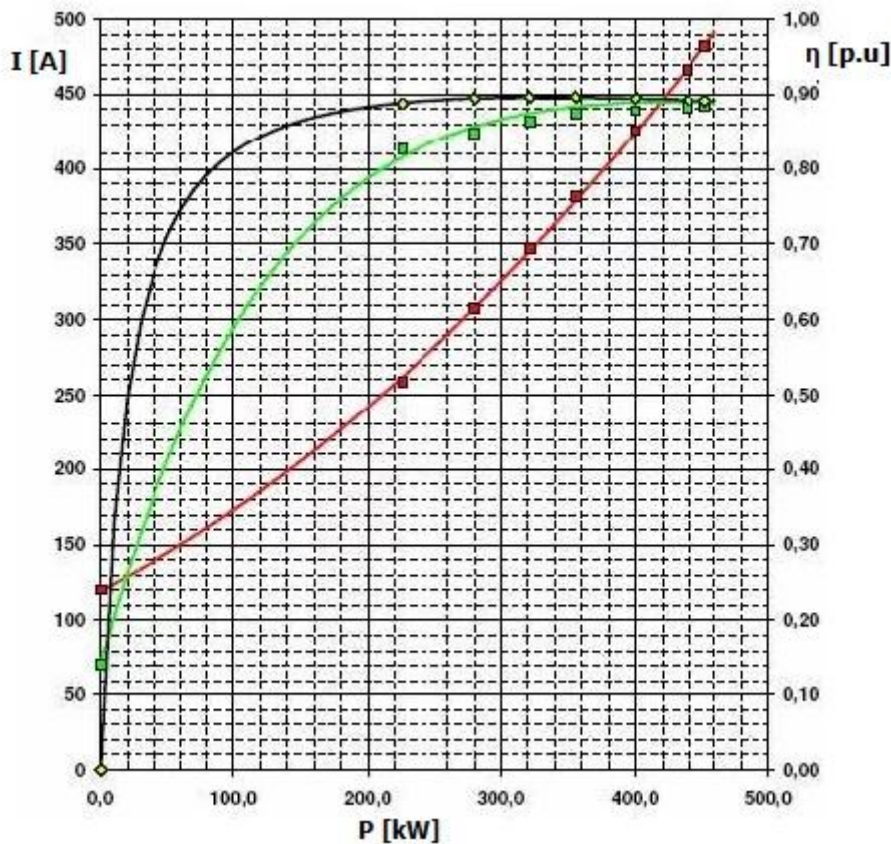


Figura 1. 16 Curva de eficiencia del motor de 12"

Esta gráfica esta realizada con la potencia en función de la corriente y el rendimiento. Como se puede apreciar aparecen tres curvas en la gráfica.

La curva negra representa la eficiencia del motor. Donde se puede observar que a partir de 200 kW, el rendimiento es del 90%. Por lo tanto nos interesa trabajar en estas potencias para que el motor se más eficiente.

La curva verde indica el factor de potencia. Como se puede ver cuando más elevada es la potencia, más elevado es el factor de potencia. Por lo tanto nos interesa trabajar a elevada potencias para conseguir un mejor factor de potencia.

Por último la curva roja representa el amperaje. Como es lógico contra más potencia, más amperaje y más consumo generara el motor.

En la imagen se puede apreciar que cada uno de los edificios está numerado. Debido a que no se puede ver la potencia, ni el nombre de cada uno de los edificios. Por este motivo se ha realizado la siguiente tabla:

CARGAS DE LA URBANIZACIÓN	
DENOMINACIÓN	POTENCIA (kW)
1- Equipamiento	660
2- Vitivinícola	902
3- Viviendas	351.10
4- Viviendas	425.27
5- Vitivinicola	1370
6- Viviendas	356.55
7- Viviendas	350.30
8- Viviendas	391.15
9- Viviendas	302.20
10- Equipamiento	660
11- Equipamiento	1115
12- Terciario	556.02
13- Viviendas	405.25
14- Terciario	455.98
15- Terciario	455.98
16- Viviendas	450.25
17- Viviendas	302.20
18- Viviendas	302.20
19- Viviendas	343.55
20- Viviendas	343.55
21- Viviendas	343.55
22- Viviendas	343.55
POTENCIA TOTAL	11185.65

Tabla 25 Distribución cargas

En la tabla se puede ver que la demanda total en la situación más desfavorable de la urbanización sería de 11185.65kW. Una vez sabemos la demanda total, tomamos la decisión de sobredimensionar el suministro a 12MW para alimentar la urbanización. Los módulos de CHP se instalaran en los sótanos de cada uno de los edificios. Se han instalado de esta forma para tener las menores perdidas posibles de transporte.

El plano I.04 se encuentra en el apartado 16.4 de anexo.

9.3.2 CÁLCULO DE NÚMERO DE MÓDULOS CHP

Una vez sabemos la potencia instalada de la urbanización y la potencia que genera cada uno de los módulos CHP, el cálculo para saber el número de módulos necesarios es el siguiente:

$$N^{\circ} \text{de módulos CHP} = \frac{\text{Potencia instalada (kW)}}{\text{Potencia modulo CHP (kW)}} = \frac{12000}{400} = \mathbf{30 \text{ módulos}}$$

9.3.3 ESTRUCTURA DE LA RED ELÉCTRICA

Para hacer el diseño de la estructura de la red eléctrica, tuvimos en cuenta el consumo de cada uno de los edificios, para saber cuántos módulos necesitaban. Además de tener en cuenta la necesidad de energía térmica necesaria de cada uno de los edificios, para ello tomamos nota de los cálculos realizados en el proyecto de Smart City del año 2015 de la Universidad Politécnica de Cataluña de Vilanova y la Geltrú. Por lo tanto la distribución de la energía eléctrica de la urbanización queda de la siguiente forma:

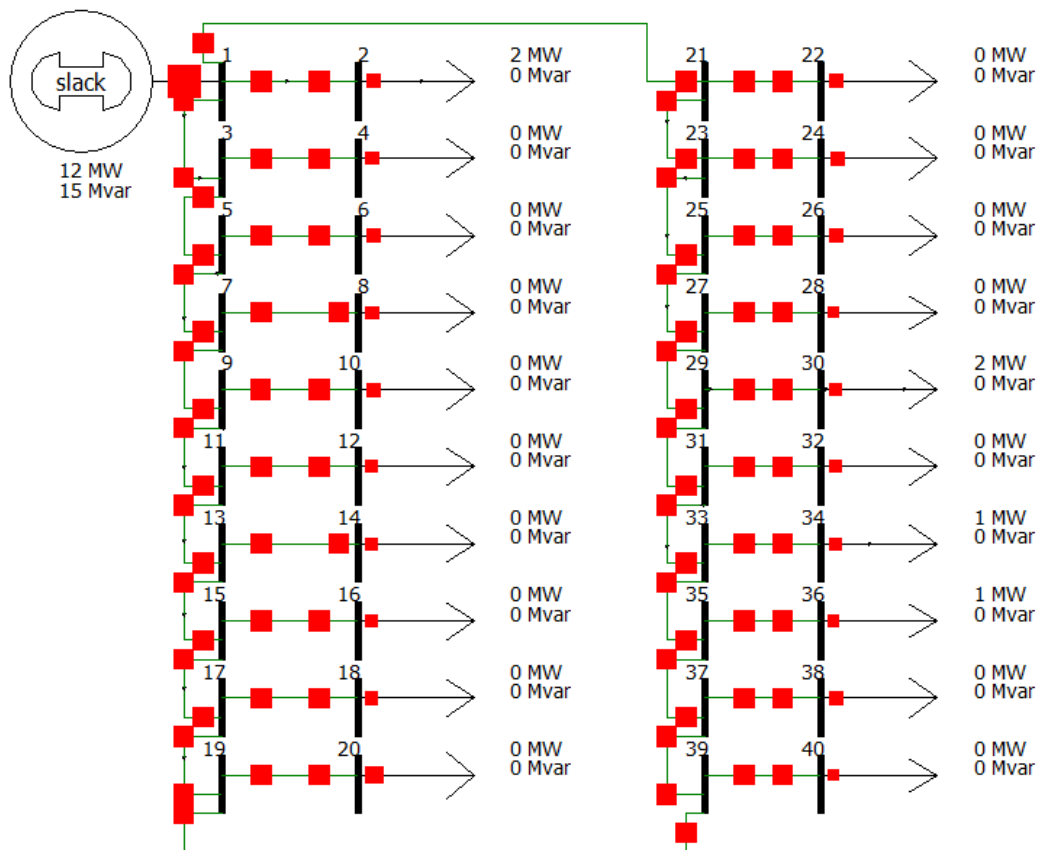


Figura 1. 18 Estructura red de distribución eléctrica

En la imagen se puede ver la estructura en anillo de la línea de transporte de energía eléctrica de la urbanización. La estructura está diseñada de esta forma, por el simple motivo de que si tenemos un fallo en una línea, se pueda seguir alimentando por las otras líneas.

A continuación simularemos dos ejemplos de fallos para que se pueda apreciar cómo se resuelve el problema con la estructura en anillo que hemos diseñado.

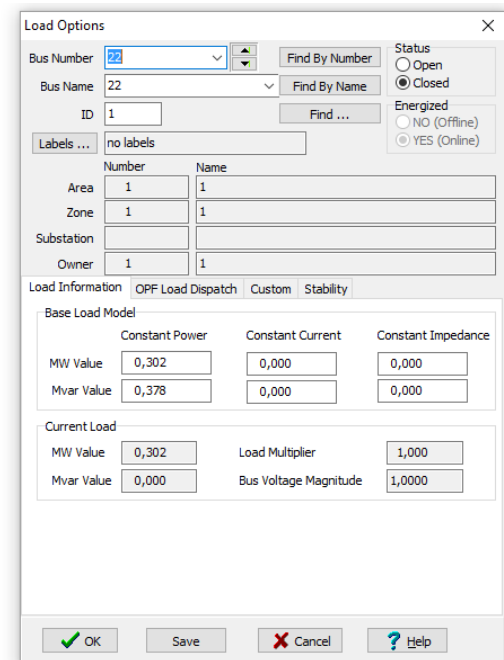
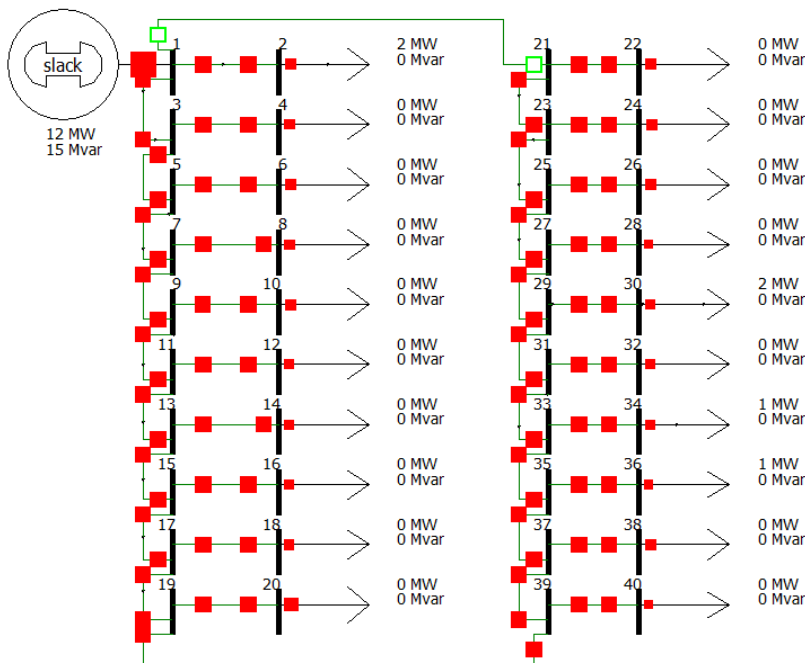


Figura 1. 19 Fallo en una línea de distribución

En esta imagen desconectamos la línea que conecta las barras 1 y 21, como podemos ver la carga de las barras 22 sigue alimentada, ya que la energía eléctrica viene por la otra línea.

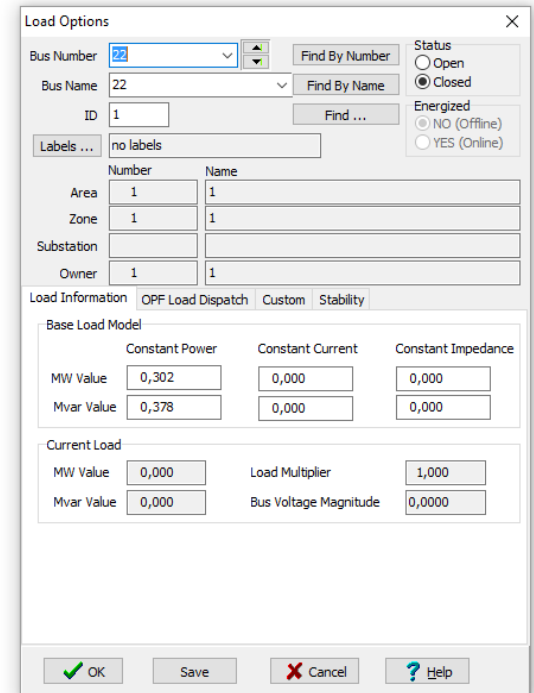
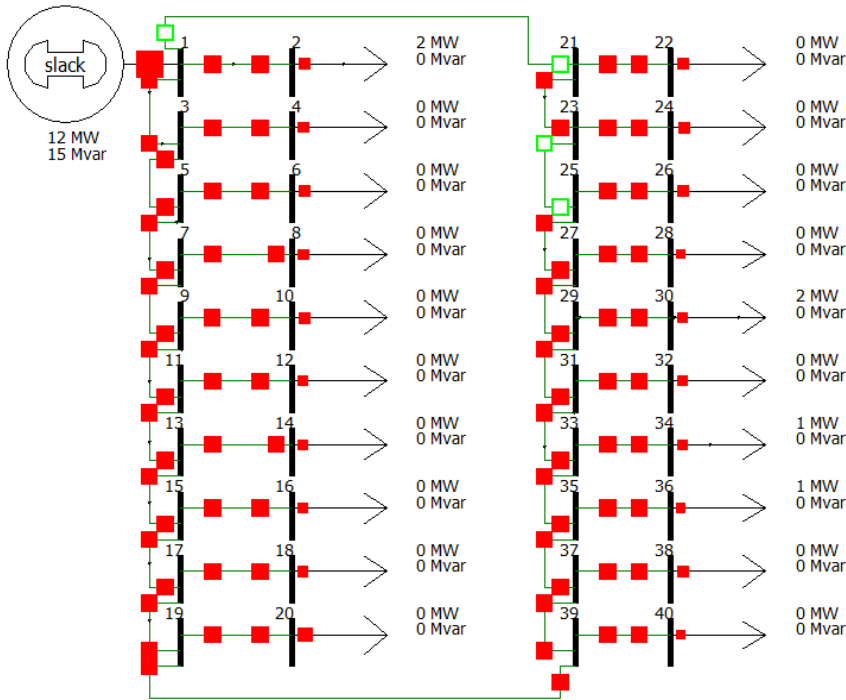


Figura 1. 20 Fallo en dos líneas de distribución

En esta simulación sigue desconectada la línea de transporte entre las barras 1 y 21. Pero ahora desconectamos la línea que conecta las barras 23 y 27. De esta manera la carga de las barras 22 y 24 quedarían sin alimentación.

Como se puede apreciar en las imágenes el consumo es el mencionado anteriormente. El motivo por el que salen muchos de los valores como ceros, es porque son valores pequeños que el programa no refleja. A continuación haremos una descripción para que quede más claro cuántos generadores tiene cada línea y su consumo.

ESTRUCTURA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN				
LINEA	DESCRIPCIÓN	DEMANDA (kW)	Nº GENERADORES	SUMINISTRO (kW)
1	Equipamiento Vitivinícola	1562	4	1600
2	Viviendas	351.10	1	400
3	Viviendas	356.55	1	400
4	Viviendas	391.15	1	400
5	Viviendas	302.20	1	400
6	Viviendas	350.30	1	400
7	Viviendas	343.55	1	400
8	Viviendas	343.55	1	400
9	Viviendas	343.55	1	400
10	Viviendas	343.55	1	400
11	Viviendas	302.20	1	400
12	Viviendas	450.25	1	400
13	Viviendas	302.20	1	400
14	Viviendas	405.25	1	400
15	Equipamiento	1775	5	2000
16	Viviendas	425.27	1	400
17	Vitivinícola	1370	4	1600
18	Terciario	556.02	1	400
19	Terciario	455.98	1	400
20	Terciario	455.98	1	400

Tabla 26 Potencia y número de generadores para cada línea

La potencia que restante de algunos de los consumos de las cargas, se equilibra distribuyéndola a las cargas que les falta potencia.

9.4 INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

La tierra nos ofrece una fuente de energía totalmente gratis y limpia, que proviene del sol. Las radiaciones que emite el sol se pueden aprovechar con placas solares para generar electricidad. Estas placas están formadas por módulos y éstos a su vez por células fotovoltaicas. Sus células están formadas por una o varias láminas de material semiconductor y recubiertas de un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas de calor.

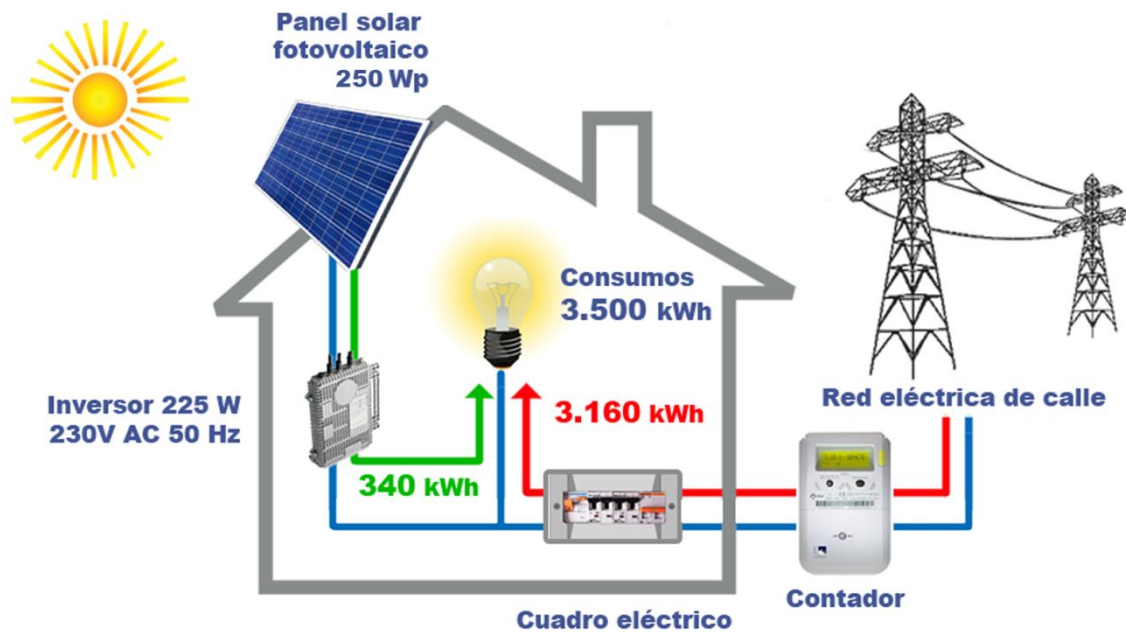


Figura 1. 21 Ejemplo sistema fotovoltaico

Las células solares fotovoltaicas convencionales se fabrican de silicio. Las fabricadas con este material son bastante eficientes, con unos rendimientos medios de 14-17%, aunque también más caras de producir por la alta dependencia en la disponibilidad del silicio. Se han empezado a utilizar otros materiales más baratos, denominándose estas células "de segunda generación", aunque sus rendimientos son menores (10-12%).

Para los sistemas de concentración se usan materiales que forman "multi-uniones", aumentando en gran medida el rendimiento y llegando a valores de 25-30%. Se sigue investigando para reducir los costes de producción y aumentar aún más la versatilidad de los módulos, así como la posibilidad de utilizar materiales más abundantes en el planeta. De esta forma se puede elegir entre los diferentes tipos de células fotovoltaicas para las características específicas de cada instalación.

El proceso de obtención de energía del sol es sencillo.

La luz del sol (que está compuesta por fotones) incide en las células fotovoltaicas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas. Así se genera un circuito eléctrico. Cuanto más intensa sea la luz, mayor será el flujo de electricidad. Además, no es necesario que haya luz directa, ya que en días nublados también funciona.

Las células fotoeléctricas transforman la energía solar en electricidad en forma de corriente continua, y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder utilizar los equipos electrónicos que solemos tener en nuestras casas.

El dispositivo que se encarga de esta transformación se denomina inversor. El inversor transforma la corriente continua en corriente alterna con las mismas características que la de la Red eléctrica a la que va a verse, controlando la uniformidad y calidad de la señal.

Esta corriente alterna generada finalmente pasa por un contador (que la cuantifica) y de allí es inyectada a la Red general.

9.4.1 UTILIZACIÓN LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

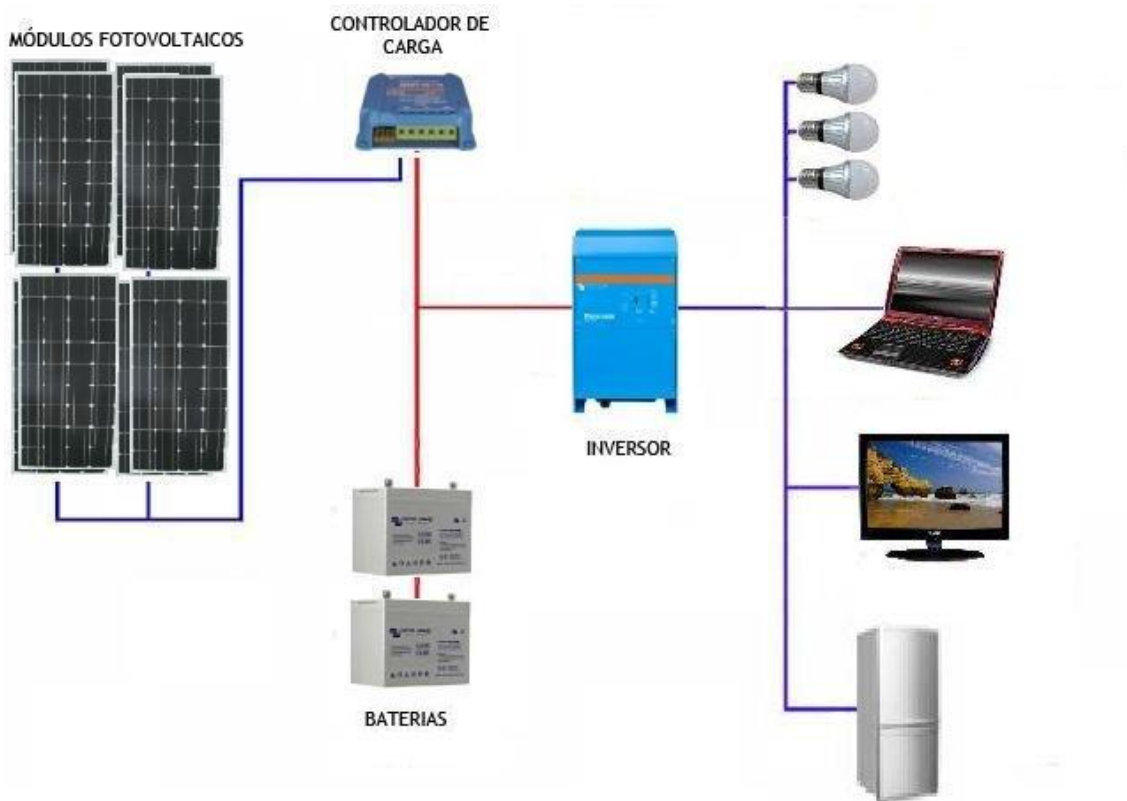


Figura 1. 22 Sistema de utilización placa fotovoltaica

La tecnología solar fotovoltaica puede ser empleada mediante:

Una instalación aislada, sin acceso a la red eléctrica. Esta es muy útil en poblaciones donde es difícil realizar este tipo de conexiones. La electricidad generada se destina al autoconsumo. En este caso será necesario instalar baterías al sistema para poder acumular esta energía generada y así poder consumirla durante la noche; una instalación conectada a la red. En este caso la corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El productor sigue comprando la energía eléctrica consumida y por separado venderá lo producido.

9.4.2 POTENCIA SOLAR INSTALADA EN ESPAÑA

En esta gráfica podemos observar con el paso de los años el aumento de energía solar, fotovoltaica y termosolar instalada en España, según datos de la REE.

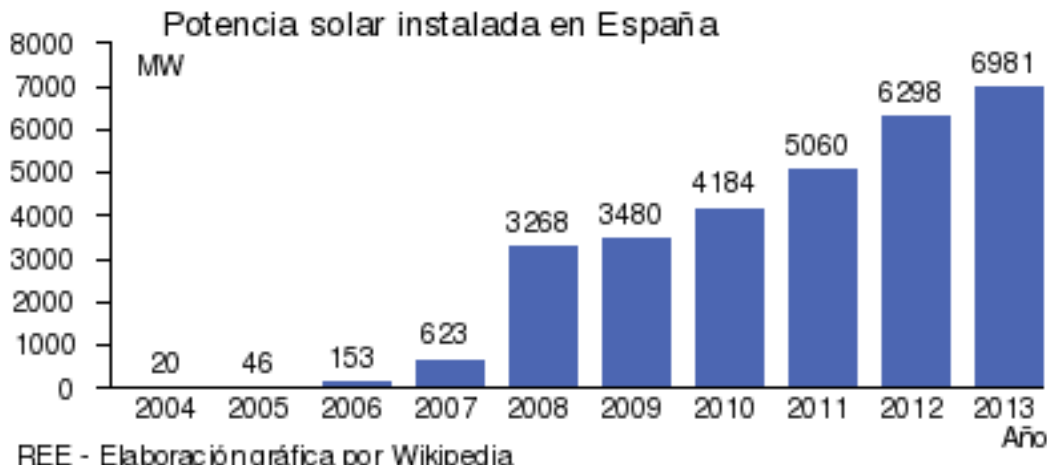


Figura 1. 23 Potencia solar instalada en España

La potencia solar instalada en España en estos momentos es de aproximadamente 7000 MW, esto equivale al uso de siete centrales nucleares. Cada una de las centrales nucleares genera 1000 MW. Un dato importante a resaltar ya que el uso de nucleares genera muchos residuos contaminantes.

9.4.3 FUNCIONAMIENTO TEÓRICO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica del Sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados celdas solares, constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante. El material más utilizado es el Silicio.

Estas celdas conectadas en serie o paralelo forman un panel solar encargado de suministrar la tensión y corriente que se ajuste a la demanda.

En un semiconductor expuesto a la luz, un fotón de energía arranca un electrón, creando al pasar un "espacio". Normalmente el electrón encuentra rápidamente el espacio para volverlo a llenar, y la energía proporcionada por el fotón termina disipándose. El principio de una celda fotovoltaica es obligar a los electrones y en los espacios a avanzar hasta el lado opuesto del material en lugar de recombinarse; así, se producirá una diferencia de potencial y por tanto una tensión entre las dos partes del material, como sucede en una pila.

Para realizar esto se crea un campo eléctrico permanente, a través de la unión PN, entre dos capas dopadas respectivamente, P y N:

- La capa superior de la celda se compone de silicio dopado de tipo N. En esta capa, hay un número de electrones libres mayor que en la capa de silicio puro, de ahí el nombre del dopaje N, como carga negativa de electrones. El material permanece eléctricamente neutro, es la red cristalina que tiene globalmente una carga negativa.

- La capa inferior de la celda se compone de silicio dopado de tipo P. Esta capa tiene por tanto una cantidad media de electrones libres menor que una capa de silicio puro, los electrones están ligados a la red cristalina que, en consecuencia, está cargada positivamente. La conducción eléctrica está asegurada por los espacios, positivos (P).

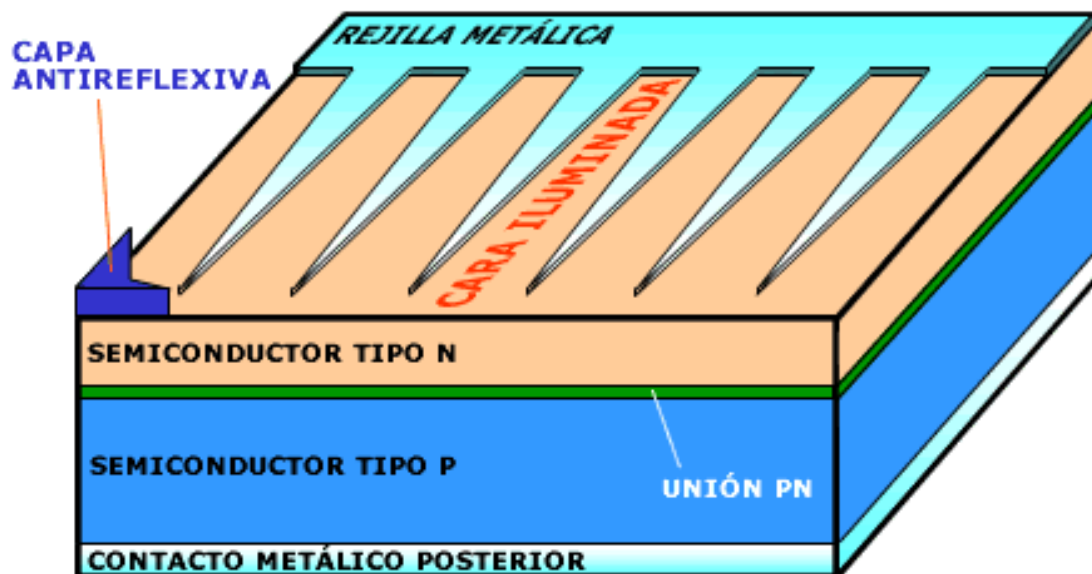


Figura 1. 24 Estructura de una celda fotovoltaica

En el momento de la creación de la unión PN, los electrones libres de la capa N entran en la capa P y se recombinan con los espacios de la región N. Existirá así durante toda la vida de la unión, una carga positiva en la región N a lo largo de la unión (porque faltan electrones) y una carga negativa en la región P a lo largo de la unión (para que los espacios han desaparecido); el conjunto forma la "Zona de Carga de Espacio " (ZCE) y existe un campo eléctrico entre las dos , de N hacia P. Esta región actúa como un diodo, los electrones pueden moverse de la región P hacia la N, pero no en dirección opuesta y, por el contrario, los espacios no pasan más que de N hacia P.

En el funcionamiento, cuando un fotón arranca un electrón de la matriz, creando así un electrón libre y un espacio, bajo su efecto de este campo eléctrico cada uno va en dirección opuesta: los electrones se acumulan en la región dopada P (que se convierte en el polo negativo). Este fenómeno es más eficaz a la ZCE, donde casi no hay portadores de carga (electrones o espacios), ya que son anulados, o en la proximidad inmediata a la ZCE: cuando un foto crea un par de electrónespai, es improbable que encuentren su opuesto, pero si la creación tiene lugar en un lugar más alejado de la unión, el electrón (convertido en espacio) mantiene una gran oportunidad para recombinarse antes de llegar a la zona N. Por lo tanto, la zona ZCE es necesariamente muy delgada, así que no es útil darle un gran espesor en la celda. También es preciso añadir contactos eléctricos (que permitan pasar la luz: en la práctica mediante un contacto de rejilla, una capa anti reflectante para garantizar la correcta absorción de fotones, etc.).

Finalmente, para que la celda funcione y produzca la potencia máxima de corriente, se le añade a la banda prohibida de los semiconductores a nivel de energía de los fotones. Es posible aumentar las uniones a fin de explotar el máximo del espectro de energía de los fotones, lo que produce las celdas multijuntas.

9.4.4 CARACTERÍSTICAS PANELES FOTOVOLTAICOS

Para realizar la instalación se ha previsto instalar paneles ATERSA, modelo A-250p con una potencia pico de 250 Wp.

Características Físicas de los paneles fotovoltaicos:

Altura (mm): 1645
Ancho (mm): 990
Grosor (mm): 40
Peso (kg): 21,5
Tipo: 60 células de Silicio poli cristalinas.
250 W pico 1 panel

Características Eléctricas de los paneles fotovoltaicos

Potencia nominal: 250Wp
Tensión en el punto de máxima potencia: 29,53 V
Corriente en punto de máxima potencia: 8,45 A
Tensión en circuito abierto: 37,60 V
Corriente de cortocircuito: 8,91 A
Rendimiento: 15,35%

9.4.5 CÁLCULO NÚMERO PANELES FOTOVOLTAICOS

Superficie total tejado bruta $0.65 \text{ m}^2 \rightarrow 131057 \text{ m}^2$ (Según Plano Parcial Urbanístico PPU.05 del proyecto Sector SUD-3 de Mas Rabassa del noviembre del año 2011)

Superficie total placa solar $\rightarrow 1,645 \times 0,990 = 1,6285 \text{ m}^2$

Se tiene que tener en cuenta la separación entre paneles solares para cumplir la inclinación de los paneles y no crear sombras entre ellos. Por lo tanto la superficie total que necesita cada panel es de tres metros cuadrados.

Teniendo en cuenta la inclinación de cada una de las placas, nos obligan a tener una distancia entre ellas de un metro y medio. Por lo tanto el espacio total que necesita una placa es la suma de la superficie de la placa más la distancia entre ellas, por lo tanto tenemos que tener en cuenta unos tres metros cuadrados para cada una.

$$N^{\circ} \text{ total de placas solares} = \frac{\text{Superficies total bruta tejado}}{\text{Superficie instalación placa solar}} = \frac{131077}{3} \\ = \mathbf{43692 \text{ paneles solares}}$$

$$\text{Superficie total paneles solares} = n^{\circ} \text{ paneles} * \text{superficie paneles} \\ = 43692 * 1,6285 = \mathbf{71152,42 \text{ m}^2}$$

Con el número de paneles solares que podemos disponer en la superficie útil del tejado, podríamos conseguir la siguiente potencia:

$$P_{SOLAR} = 43692 \text{ paneles} * 250 \frac{W}{\text{panel}} = \mathbf{10923 \text{ kW}}$$

Con este cálculo podemos observar que en las horas pico podríamos alimentar prácticamente todas las cargas de la urbanización.

9.4.6 ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR

Para asegurarnos que es factible instalar paneles solares en la zona de Vilafranca del Penedés, realizamos un estudio para saber que radiación solar tendríamos y cuanto potencia se podría conseguir cada mes del año. Para esto utilizamos el programa PVGIS, donde le indicamos la zona de la instalación, que potencia total hay instalada en paneles solares, la inclinación de ellos y el tipo de panel utilizado. El resultado de la simulación es el siguiente:

PVGIS estimaciones de generación de electricidad solar

Localización: 41 ° 20'46 "N, 1 ° 41'52" Este, Elevación: 228 m snm.

Base de datos de la radiación solar usado: PVGIS-CMSAF potencia nominal de la instalación fotovoltaica: 12.000,0 kW (silicio cristalino) pérdidas debidas a la temperatura y baja irradiancia estimado: 9,9% (utilizando la temperatura ambiente local) Pérdida estimada debido a los efectos de reflectancia angular: 2,6% Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14,0% las pérdidas del sistema combinado PV: 24,5%

Sistema fijo: inclinación = 37 °, orientación = -2 ° (óptimo)				
Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Ene	38000,00	1180000	3.95	122
Feb	46.400,00	1300000	4.89	137
Mar	55.900,00	1730000	6.05	188
Abr	54.500,00	1630000	6.00	180
Mayo	58.000,00	1800000	6.50	201
Jun	59.800,00	1790000	6.84	205
Jul	60000,00	1860000	6.93	215
Ago	56.600,00	1760000	6.58	204
Sep	51.800,00	1550000	5.87	176
Oct	46.400,00	1440000	5.13	159
Nov	37.900,00	1140000	4.03	121
Dic	35.900,00	1110000	3.74	116
promedio anual	50100	1520000	5.55	169
Total para el año		18300000		2020

Tabla 27 Estimación de gestión de electricidad solar con inclinación a 37, orientación a -2

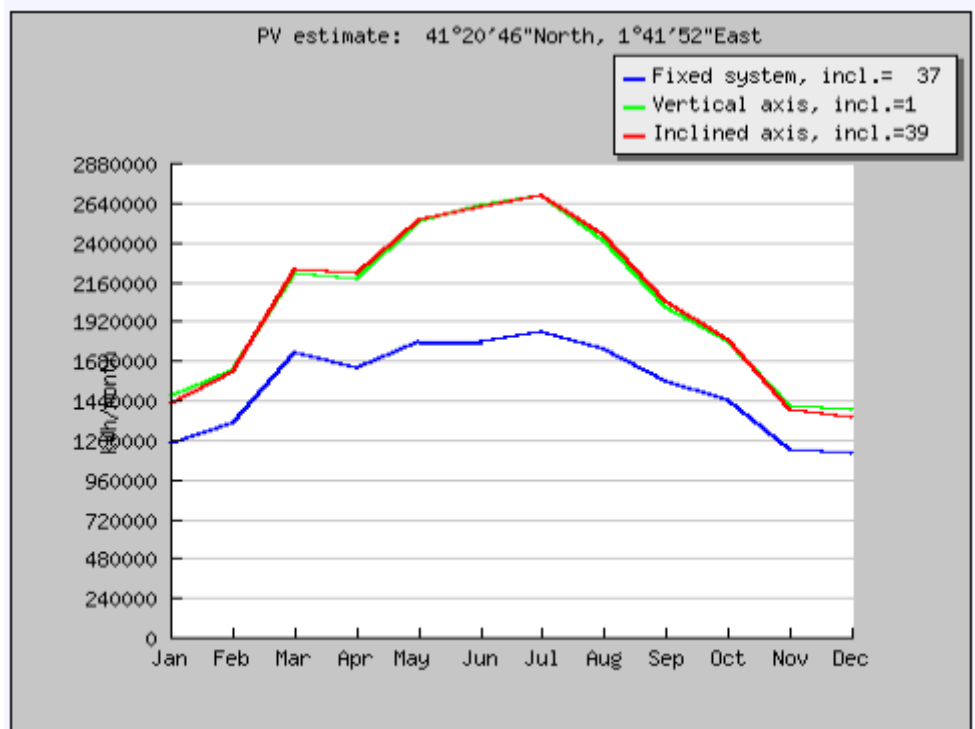
Vertical sistema de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 1 °				
Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Ene	47.200,00	1460000	4,94	153
Feb	58.100,00	1630000	6.14	172
Mar	71.300,00	2210000	7.69	238
Abr	72.400,00	2170000	7.89	237
Mayo	81.400,00	2520000	8.97	278
Jun	87.600,00	2630000	9.84	295
Jul	86.600,00	2680000	9.83	305
Ago	77.900,00	2410000	8.92	276
Sep	66.900,00	2010000	7.53	226
Oct	58.000,00	1800000	6.42	199
Nov	47000,00	1410000	5.04	151
Dic	44.700,00	1380000	4.70	146
promedio anual	66600	2030000	7.33	223
Total para el año		24300000		2680

Tabla 28 Vertical sistema de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 1ª

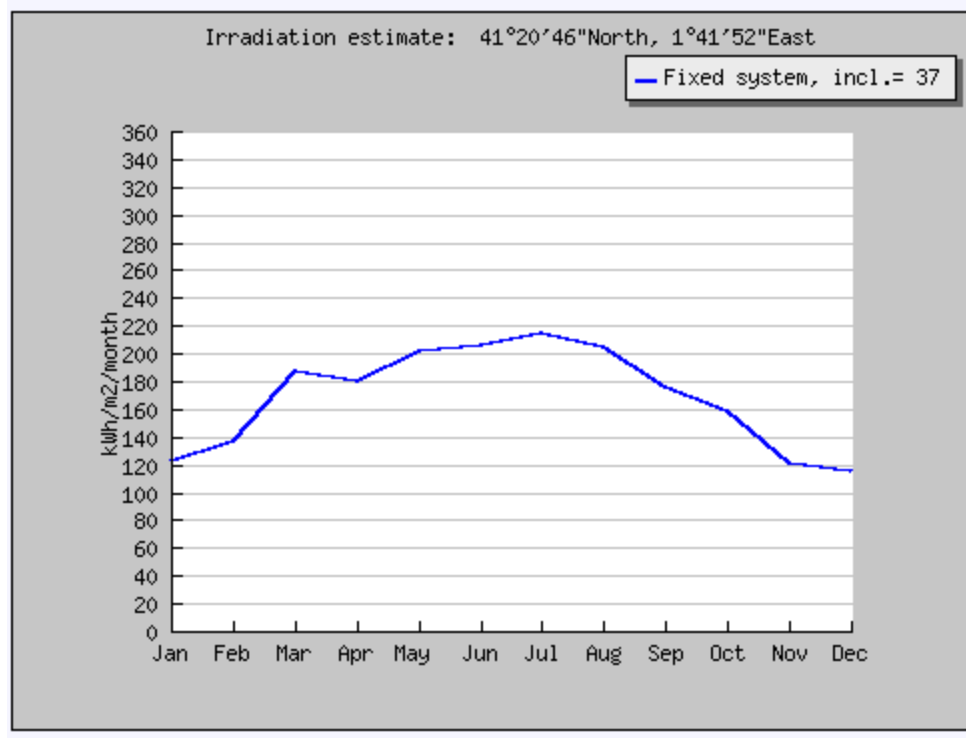
sistema inclinado de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 40 °				
Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Ene	45.900,00	1420000	4.77	148
Feb	57.700,00	1620000	6.08	170
Mar	72.200,00	2240000	7.80	242
Abr	73.600,00	2210000	8.04	241
Mayo	81.800,00	2540000	9.04	280
Jun	87.100,00	2610000	9.80	294
Jul	86.700,00	2690000	9.86	306
Ago	78.900,00	2450000	9.07	281
Sep	68000,00	2040000	7.66	230
Oct	58.200,00	1800000	6.43	199
Nov	46.100,00	1380000	4,91	147
Dic	43.100,00	1330000	4.49	139
promedio anual	66700	2030000	7.24	220
Total para el año		24300000		2640

E_d : Promedio de producción diaria de energía eléctrica desde el sistema dado (kWh) E_m : producción de electricidad mensual promedio del sistema dado (kWh) H_d : suma diaria promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m^2) H_m : importe medio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m^2)

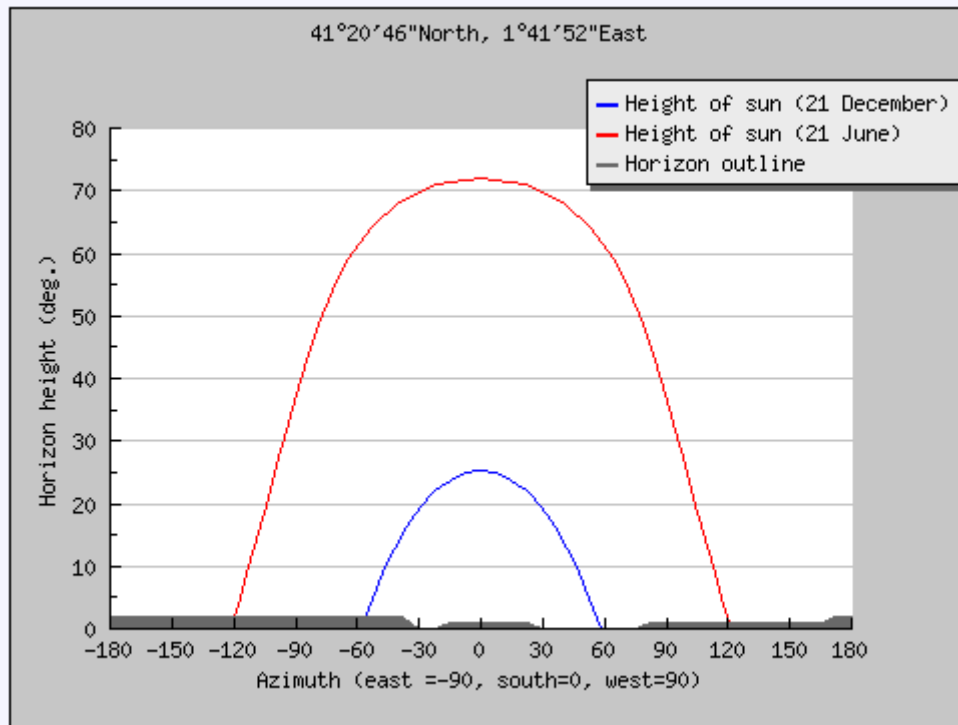
Tabla 29 Vertical sistema de seguimiento de eje de inclinación óptimo = 40^a



Il·lustración 10 Comparación de generación de potencia por m2 anual según tres inclinaciones



Il·lustración 11 Irradiación anual con inclinación 37°



Il·lustració 12 Altura del sol y perfil del horizonte en la localización de la instalación

10. ESTUDIO DE REGULACIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

Fue pensado con el objetivo de tener controlado en cada instante de tiempo real la potencia que está siendo demandada por las cargas de la urbanización.

El análisis de la potencia demanda por cada carga en cada periodo de tiempo determinado, nos será vital para programar el estudio. Esta programación tiene como finalidad saber cada cuanto se encienden los módulos de cogeneración, cuantos se utilizan en cada momento y cuando se genera electricidad o se aprovecha la energía solar fotovoltaica.

Para llevar a cabo esta programación y las funciones que tiene que realizar, se utilizo el programa Matlab.

Para la realización del estudio se tuvieron muchos puntos en cuenta. Nos hizo falta tener en cuenta el despacho económico de todas las cargas de la urbanización en un día laboral, ya que tuvimos que pensar una estrategia de trabajo. Para esta estrategia también nos hizo falta saber las características de funcionamiento de los módulos de cogeneración, de la misma forma que durante cuánto tiempo y cuanta potencia se generaba durante el día de energía solar.

También se analizo de qué forma se medirían los valores necesarios para saber la potencia y como se tratarían.

10.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para empezar nos harán falta aparatos para medir el voltaje y la corriente eléctrica de las cargas de la urbanización.

En el caso de la tensión será fija, ya que los módulos de cogeneración trabajan a 400 V en trifásico. Por lo tanto la tensión como mucho se podría actuar en la compensación de las perdidas. Para disminuir las pérdidas de tensión en el transporte de la energía por las líneas se debería utilizar condensadores síncronos para corregir el factor de potencia. Aunque si uno se quiere asegura de la tensión que se demanda en cada instante de tiempo se puede instalar un voltímetro en la entrada de las cargas. Por otro lado tenemos la corriente, esta sí que tiene que ser medida para obtener la potencia demandada. Para saber el valor de la corriente se pueden utilizar diversos aparatos de medición. En nuestro caso la mejor elección para medir la corriente sería un amperímetro digital o analógico en las entradas de cada una de las cargas. También se podría analizar instalando transformadores de corriente de la misma forma que el amperímetro.

Esta instrumentación haría falta si se quisiera realizar el diseño de un controlador de flujo de potencia. Ya que en controlador tendría que saber la lectura de las entradas de las cargas y las salidas de los módulos de cogeneración, para compararlas y que los módulos generen la potencia que se estuviera demandando.

10.2 ESTRATEGIA

Antes de programar el estudio de generación eléctrica necesitamos saber cuándo se tiene que encender cada generador y el número de generadores a utilizar en cada momento.

En un primer planteamiento de esta estrategia, pensamos en sumar la potencia demanda en el periodo determinado y dividirlo entre la potencia total instalada de generadores. De esta manera todos los generadores estarían en funcionamiento. Esta forma no es la más eficiente, ya que no haces trabajar el generador en su punto óptimo de trabajo.

Para hacerlo correctamente pensamos la siguiente estrategia. Consiste en utilizar el número de generadores de la forma más eficiente en cada momento determinado. Para ello utilizamos la curva de funcionamiento del módulo para saber en qué punto es más eficiente. Fijándonos en la gráfica de la curva de funcionamiento, nos dimos cuenta que el punto más óptimo es hacerlo trabajar a 360 kW, con un rendimiento del 90% y un corriente de 520 A. En los casos en los que la demanda sea muy elevada, los generadores se utilizaran a una potencia más elevada para poder cubrir la demanda.

A partir del despacho económico de toda la urbanización hemos calculado el número de generadores que se necesitaran para cada periodo de tiempo determinado. El resultado es la siguiente tabla:

Horas	P (kW)	Nº generadores (sin energia solar)	Nº generadores (con energia solar)
1	1511,1	5	5
2	1511,1	5	5
3	1511,1	5	5
4	1511,1	5	5
5	1856,1	6	6
6	6916,1	20	20
7	10028	27	27
8	11619,6	30	30
9	11631,1	30	30
10	7810,8	22	11
11	7527,9	21	2
12	7640,6	22	0
13	11332,1	30	4
14	11642,6	30	2
15	11628,8	30	3
16	11605,8	30	13
17	11035,4	30	23
18	11056,1	30	27
19	10672	29	28
20	11028,5	30	30
21	7325,5	21	21
22	5934	17	17
23	5784,5	16	16
24	5076,1	14	14

Tabla 30 Estrategia número de generadores

10.3 PROGRAMA

10.3.1 POTENCIA NECESARIA

El primer paso en la programación del estudio fue escribirle las potencias demandas por cada una de las cargas en cada hora del día. Estas potencias fueron sacadas del despacho económico global de un día laboral.

```
function [P]= pnecesaria(t) % Despacho económico de un día
m=[4600 345000 230000 11500 460000 460000;
4600 345000 230000 11500 460000 460000;
4600 345000 230000 11500 460000 460000;
4600 345000 230000 11500 460000 460000;
4600 690000 230000 11500 460000 460000;
4600 1150000 1150000 11500 2300000 2300000;
23000 1265000 1610000 690000 2990000 3450000;
23000 1265000 2047000 970600 3404000 3910000;
34500 1265000 2047000 970600 3404000 3910000;
9200 920000 2047000 970600 3404000 460000;
6900 920000 2047000 690000 3404000 460000;
4600 1035000 2047000 690000 3404000 460000;
16100 1265000 2047000 690000 3404000 3910000;
46000 1265000 2047000 970600 3404000 3910000;
32200 1265000 2047000 970600 3404000 3910000;
9200 1265000 2047000 970600 3404000 3910000;
13800 690000 2047000 970600 3404000 3910000;
34500 690000 2047000 970600 3404000 3910000;
46000 920000 2047000 345000 3404000 3910000;
57500 1265000 2047000 345000 3404000 3910000;
69000 1265000 1610000 11500 460000 3910000;
57500 1265000 230000 11500 460000 3910000;
23000 1150000 230000 11500 460000 3910000;
4600 460000 230000 11500 460000 3910000]
P= m(t,1) + m(t,2) + m(t,3) + m(t,4) + m(t,5) + m(t,6); % Potencia
total demandada
end
```

En el supuesto caso de realizar un controlador de flujos de potencia, este apartado sería donde entrarían en juego los aparatos de medición. Previamente se deberían medir los valores de tensión y corriente mediante los aparatos mencionados anteriormente. Los valores tendrían que ser comparados para observar si son los mismos en la entrada y en la salida. Como la salida es la que manda, si el valor de entrada no fuera el mismo el módulo tendría que generar los mismos valores de corriente y tensión. Una vez comparados los valores e igualados, se calcularía la potencia demandada de la siguiente forma:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{abc} \cdot I_{abc} \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{abc} \cdot I_{abc} \cdot \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Una vez obtenidos los valores de las potencias a tiempo real, serán enviados al controlador para que gestione el suministro eléctrico para la urbanización. Estos valores se podrían transferir mediante un arduino.

10.3.2 NÚMERO DE MÓDULOS DE COGENERACIÓN

El segundo paso a seguir fue la programación de los módulos de cogeneración. En esta parte se estipuló cuando se tenía que encender cada uno de los generadores y cuantos estarán encendidos en cada hora del día. Para este apartado se utilizó la estrategia que se planteó. También se ha utilizado la curva de trabajo del módulo, ya que queremos que trabaje en la situación más óptima.

```
function [cargas]=ngeneradores(Pn)           % Número de módulos
necesarios en cada instante de tiempo
ng=ceil(Pn/360000);                         % Lectura de la potencia
demandada en cada instante de tiempo y dividir entre la potencia
suministrada por cada generador al 90% del rendimiento, para obtener
el número de módulos a conectar
ppg=Pn/ng;                                  % En el caso que haya una
potencia desigual, repartir a partes iguales entre los generadores en
funcionamiento
cargas=[];
if ng>30                                     % Condición de que cuando se
demanda la potencia total instalada, los generadores funcionen al
máximo, sin superar los 30 módulos
    ng=30;
end
for x=1:ng
    cargas=[cargas ppg];
end
```

10.3.3 PROGRAMA PRINCIPAL

Una vez ya teníamos programado las dos primeras partes, se realizó el programa principal. Donde estipulamos las horas de radiación solar y la potencia generada por la energía solar. Además se programó todas las gráficas para simular el programa.

```
ng=[];
pot=[];
h=[];
PO=[];
s= 11000000*[0 0 0 0 0 0 0 0.0357142857 0.1071428571 0.3571428571
0.6428571429 0.7857142857 0.9285714286 1 0.9642857143 0.6428571429
0.2857142857 0.1428571429 0.0714285714 0 0 0 0 0] % Horas de
radiación solar y potencia generada
for t=1:24
    Pn=pnecesaria(t);
    cargas=ngeneradores(Pn-s(t));
    Pg=(Pn-s(t));
    ng=[ng length(cargas)];
    pot=[pot Pn];
    h=[h t];
    PO=[PO Pg];
end
figure
subplot(2,1,1)
plot(h, pot)
```

```

set(gca, 'XTick', 1:1:24)
xlim([1 24])

title('Potencia demandada')
xlabel('Horas')
ylabel('Potencia (MW)')

subplot(2,1,2)
plot(h, PO)
set(gca, 'XTick', 1:1:24)
xlim([1 24])
title('Potencia generada')
xlabel('Horas')
ylabel('Potencia (MW)')

figure
subplot(2,1,1)
plot(h, s)
set(gca, 'XTick', 1:1:24)
xlim([1 24])
grid on
title('Energia solar')
xlabel('Horas')
ylabel('Potencia (MW)')

subplot(2,1,2)
bar(h, ng)
set(gca, 'XTick', 1:1:24)
xlim([1 24])
set(gca, 'YTick', 0:1:30)
title('Número generadores')
xlabel('Horas')
ylabel('Nº generadores')

```

10.4 SIMULACIONES

Esta gráfica representa la evolución de la potencia demanda por todas las cargas de la urbanización en las diferentes horas del día. Puede variar en función del consumo horario de cada uno de las cargas. El máximo punto de consumo lo tenemos a las 14:00 horas con una demanda de 11631 kW y el mínimo lo tenemos en el periodo de la 1:00 a las 4:00 horas de la madrugada con una demanda de 1511 kW.

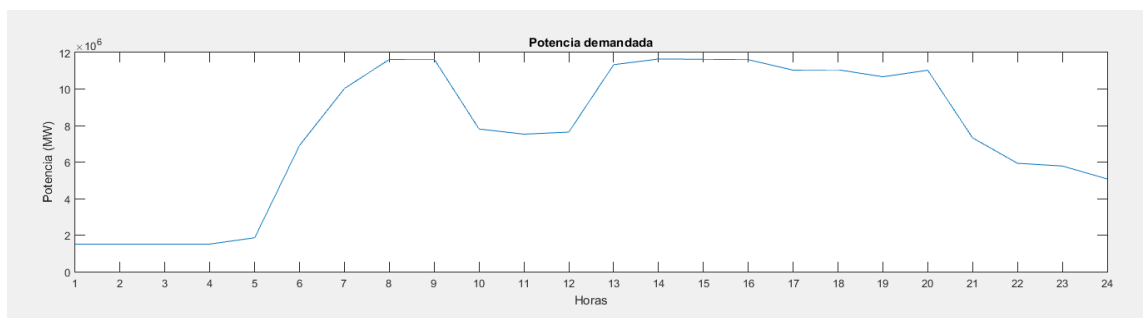


Ilustración 13 Potencia demandada

En esta gráfica se puede observar como la demanda anterior disminuye con el uso de energía solar fotovoltaica. Por lo tanto no habrá tanta energía a generar y el uso de los módulos reducirá. En las horas punta que es cuando más demanda tenemos, coincide con el máximo punto de radiación solar, hasta el punto que a las 12:00 horas de la mañana se cubriría toda la demanda con energía solar.

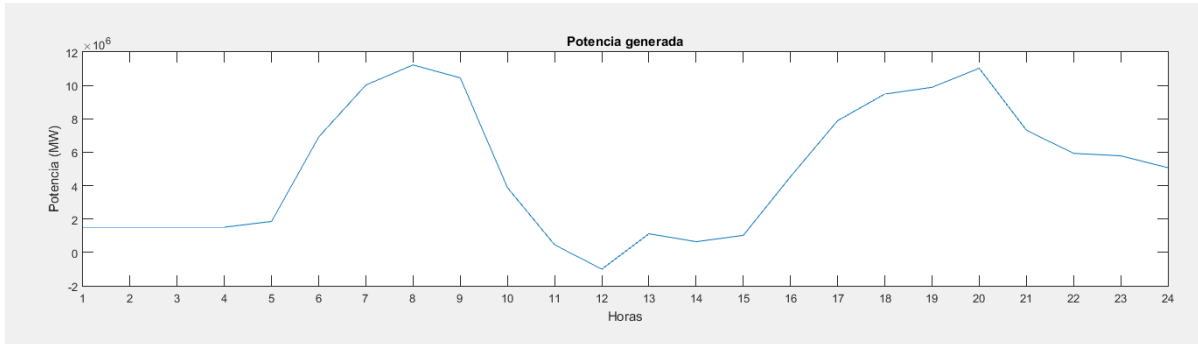


Ilustración 14 Potencia generada

En esta gráfica podemos observar el número de módulos que funcionan en las diferentes horas del día dependiendo de la demanda de energía a tiempo real de la urbanización, incluyendo el uso de energía solar. Como se puede ver hay tres momentos del día en el cual es necesario el uso de los 30 módulos.

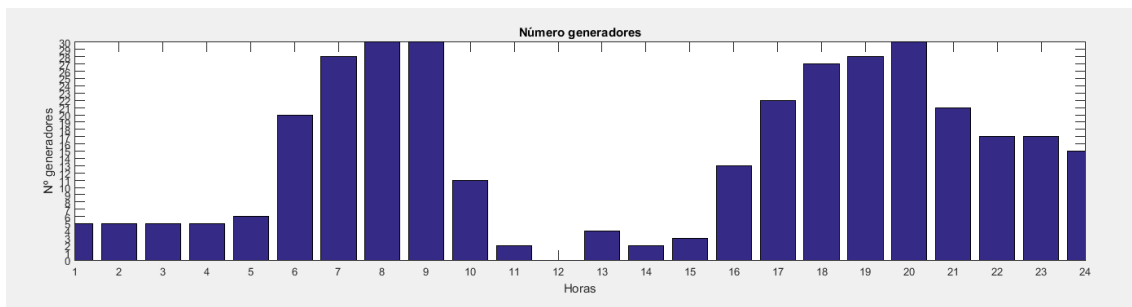


Ilustración 15 Número de módulos en funcionamiento

En esta gráfica podemos observar la potencia que generan las placas en las diferentes horas del día. Como se puede ver a las 14:00 horas es cuando más potencia genera debido a la alta radiación solar. En ese momento la urbanización es capaz de alimentarse solamente con la energía que producen estos paneles.

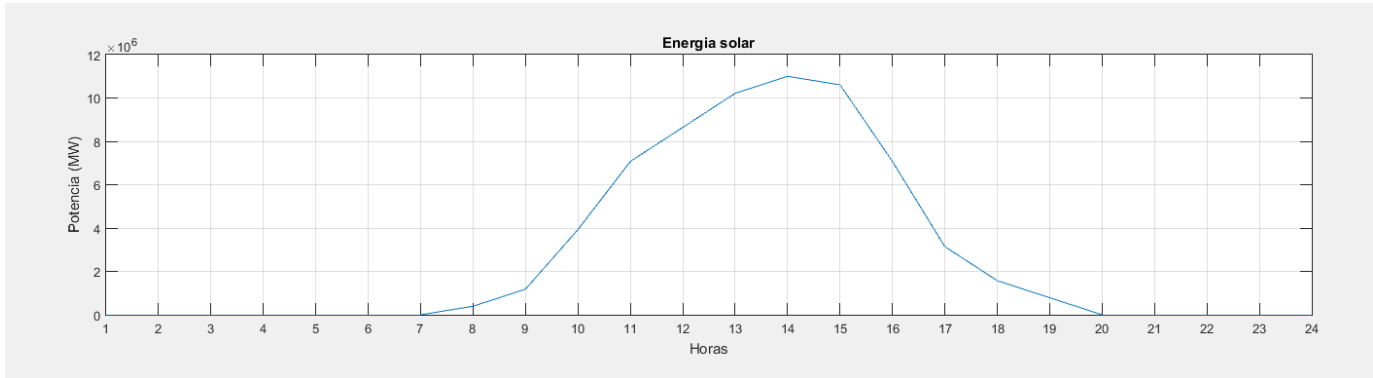


Ilustración 16 Potencia que generan los paneles solares según la hora del día

11. MEDIOAMBIENTE

En la actualidad nos encontramos en una situación muy crítica en cuanto a contaminación del medioambiente, tanto a nivel Europeo como a nivel mundial. Cada año las emisiones de CO₂ aumentan desconsideradamente, hasta llegar al punto de hacernos plantear como reducir estas emisiones.

España se encuentra entre los cinco primeros países de la Unión Europea que más emisiones de CO₂ emite a la atmosfera. Esto es debido al uso de energía primaria, en vez de fomentar el uso de energías renovables.

En el último año 2015, las emisiones de CO₂ han sido las más elevadas desde hace seis años, se han alcanzado 141,4 millones de toneladas de emisiones de CO₂. En la tabla se muestra todos los crecimientos y decrecimientos que han tenido lugar en las emisiones de CO₂ en España¹⁴:

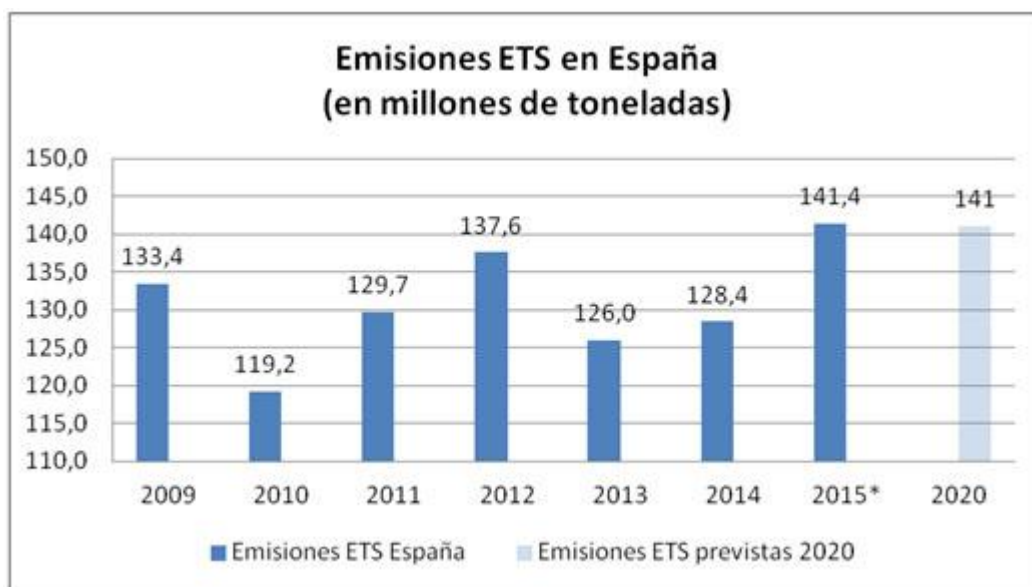


Figura 1. 25 Emisiones de CO₂ en España

Ya que el sector de la generación de electricidad es uno de los más emisores de partículas contaminantes, hemos pensado reducir los niveles con el uso de una tecnología con bajas emisiones de CO₂. Para ello utilizamos una tabla del Gobierno Español aprobada en Comisión Permanente de Certificación Energética el año 2013, donde se muestra los kilogramos de CO₂ por kilovatio hora generado. La tabla es la siguiente:

¹⁴ "Las emisiones de CO₂ se disparan en 2015 por la caída de las inversiones en energías renovables"

Factores de emisiones de CO2		
	Fuente	Valores Propuestos
		kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,399
Electricidad Nacional de origen 100% renovable	(**)	0
Electricidad Nacional de origen 100% no renovable	(**)	0,521
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,372
Electricidad convencional Extra peninsular	(**)	0,867
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,960
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,811
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,732
Gasóleo calefacción	(***)	0,311
GLP	(***)	0,254
Gas natural	(***)	0,252
Carbón	(***)	0,472
Biomasa	(***)	0,018
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018

Tabla 31 Emisiones de cada uno de los combustibles

Como se puede apreciar en la tabla los niveles más bajos son los que proceden de la biomasa y seguidamente tenemos el gas natural.

Este es uno de los motivos por el que se ha escogido la cogeneración, ya que las emisiones se pueden llegar a reducir prácticamente a la mitad de la generación de electricidad convencional.

12. NORMATIVA

12.1 NORMATIVA COGENERACIÓN

La Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, clasifica el tipo de instalación de energía renovable y cogeneración. Además marca los límites de retribuciones por cada tipo de instalación, a parte de los precios del mercado al que se tiene que vender la electricidad.

Según esta ley nuestras dos instalaciones se clasifican de la siguiente forma:

- Según el Real Decreto 413/2014 la instalación de cogeneración queda clasificada en el grupo a.1 y el subgrupo a.1.1 de gas natural, con una potencia de $10 < P < 25$ MW con el código de instalación IT01233.
- Según el Real Decreto 413/2014 la instalación de energía solar queda clasificada en el grupo b.1 y el subgrupo b.1.1, con una potencia de $P > 10$ MW con el código de instalación IT00091.

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coeficiente de ajuste $C_{1,a}$	Retribución a la Inversión Rinv 2014-2016 (€/MW)	Retribución a la Operación Ro (€/MWh) 2014	Horas de funcionamiento máximo para la percepción de Ro (h)	Nº Horas equivalentes de funcionamiento mínimo Nh (*) Anual 2014-2016 (h)	Umbral de funcionamiento Uf (*) Anual 2014-2016 (h)	Porcentajes aplicables a Nh y Uf anuales, para el cálculo del nº de horas equivalentes de funcionamiento mínimo y del umbral de funcionamiento de los periodos de 3, 6 y 9 meses (%)		
								3 meses	6 meses	9 meses
IT-01230	25	1,0000	75.528	51,924	-	3.000	900	15%	30%	45%
IT-01231	25	1,0000	75.531	51,286	-	3.000	900	15%	30%	45%
IT-01232	25	1,0000	76.286	-	-	3.000	900	15%	30%	45%
IT-01233	25	1,0000	77.049	-	-	3.000	900	15%	30%	45%
IT-01234	25	-	-	52,192	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01235	25	-	-	52,389	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01236	25	-	-	52,587	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01237	25	-	-	52,784	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01238	25	-	-	52,981	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01239	25	-	-	53,177	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01240	25	-	-	52,402	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01241	25	-	-	52,134	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01242	25	-	-	51,922	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01243	25	-	-	51,735	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01244	25	-	-	51,598	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01245	25	1,0000	20.215	51,615	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01246	25	1,0000	36.744	51,685	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01247	25	1,0000	41.926	51,696	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01248	25	1,0000	55.152	51,702	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01249	25	1,0000	66.256	51,744	-	3.260	980	15%	30%	45%
IT-01250	25	1,0000	75.531	50,210	-	3.260	980	15%	30%	45%

Tabla 32 Normativa cogeneración

12.2 NORMATIVA DE LA ENERGÍA SOLAR

Para la realización del diseño de la instalación solar fotovoltaica, la elección de los materiales y del posterior montaje de la instalación se realizará de acuerdo a lo estipulado en las normas y disposiciones legales vigentes que afectan a este tipo de instalaciones.

En España, la legislación a atenderse a las siguientes legislaciones o niveles: Europea (Directivas), Nacional (Leyes, Reales Decretos, etc.), Comunidades Autónomas, Municipales y Reglamentos de Red Eléctrica Española y de las Compañías de Distribución.

A continuación se muestra todas las normas y disposiciones legales a cumplir:

- Orden Ministerial del 12 de Septiembre de 1985. Normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas.
- RD 1995/2000 de 1 Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución y comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
 - Resolución y circulares de la Generalidad de Cataluña referente a las instalaciones eléctricas en general.
 - Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por el RD 3275/1982, el 12 de Noviembre.
 - Instrucciones técnicas complementarias, MIE-RAT, anexos al RD antes mencionado, aprobadas por Orden Ministerial de 6 de Junio de 1984. BOE 183/1984 de 1 de Agosto.
 - Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, RD 842/2002 de 2 de Agosto y las instrucciones técnicas complementarias relacionadas.
 - Norma UNE 20460 así como las diferentes Normas UNE relacionadas al vigente proyecto.
 - Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.
 - RD 436/2004, de 12 de Marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE 03/27/2004).
 - RD 841/2002, de 2 de Agosto, por el que se regula por las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de la producción, determinadas obligaciones de información de sus provisiones de producción y la adquisición por las comercializadoras de su energía eléctrica.
 - RD 352/2001, de 18 de Diciembre, sobre el procedimiento administrativo aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica.
- RD 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, C.T.E.
- RD 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD 1578/2008, de 26 de Septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de retribución del RD 661/2007 de 25 de Mayo, para esta tecnología.
- RD 6/2009, de 30 de Abril por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético.
- RD 1565/2010, de 19 de Noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.



- RD 14/2010, de 23 de Diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- RD 1/2012, de 27 de Enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de pre-asignación de retribución y la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- RD 1718/2012, de 28 de Diciembre, por el que se determina el procedimiento para realizar la lectura y facturación de los suministros de energía de baja tensión con potencia contratada no superior a 15 kW.
- RD 9/2013, de 12 de Julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- RD 413/2014, de 6 de Junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, última vigente.
- Ordenanzas del Ayuntamiento de Vilafranca del Penedés.
- Normativa de la Compañía Distribuidora de la zona de FECSA-ENDESA.

13. CONCLUSIONES

Este proyecto nos ha ayudado a terminar de crecer como ingenieros y a poner en práctica todo lo que hemos aprendido en estos cuatro años de carrera.

Nos hemos encontrado muchos momentos en el punto de no saber cómo continuar, pero gracias a los apuntes, profesores y el esfuerzo se ha podido llevar a cabo el objetivo.

Hemos obtenido muchos conocimientos que nos pueden ser útiles en nuestros trabajos actuales para ejercer como ingeniero.

Realizar este proyecto nos ha llevado a conocer mundos escondidos o poco trabajados. Un claro ejemplo es el autoconsumo, ya que hemos podido observar que sería mucho más económico y menos contaminante para el medio ambiente si se utilizaran otras fuentes de energía que las actuales. Con esto hemos llegado a la conclusión de que las leyes actuales perjudican a estas fuentes. El gobierno no hace posible el uso de energías limpias, sostenibles y económicas de cara al pueblo.

Nos han sorprendido los elevados precios para realizar estas instalaciones y a la vez la cantidad de impuesto que tiene. También hemos aprendido como hacer una estructura de distribución de energía lo más económica posible y con las menores pérdidas.

De cara un futuro sería ideal que todas las ciudades fueran Smart City, ya que crearía una calidad de vida mucho más elevada, el uso de nuevas tecnologías y un planeta más limpio. Son ciudades en las cuales el coste inicial es muy elevado, pero se pueden amortizar en un periodo de tiempo corto.

El estudio de regulación de la generación eléctrica que hemos realizado se podría complementar con un controlador de flujos de potencia. El cual podría implementar muchas más funciones de control y medición, pero para ello necesitaríamos más conocimientos de programación.

Por último los dos miembros nos hemos dado cuenta que el trabajo en equipo ha sido esencial, ya que cuando uno se quedaba sin ideas el otro siempre aportaba de nuevas.



14. AGRADECIMIENTOS

Antes de finalizar nuestro proyecto final de grado queremos tener en consideración personas y empresas ajenas a los dos integrantes del proyecto que de los cuales, sin ellos no habiéramos podido llevar a cabo el objetivo de nuestro proyecto.

Primeramente, agradecer la dedicación y esfuerzo a nuestro director de proyecto Josep Font i Mateu. Sin sus indicaciones y consejos no habiéramos podido seguir adelante con nuestro proyecto

Por otra parte queremos darle las gracias a los ingenieros de las empresas Saltoki y eléctrica Orriols por su colaboración y el tiempo prestado para realizar este proyecto.

También agradecerle a la Sra. Catharina Nachtigall, miembro de la empresa BOSCH, la cual nos ha prestado información de las características y precios de los módulos de cogeneración.

Queremos agradecer la ayuda al Sr. Victor Samaniego, ingeniero eléctrico, que nos ayudo con la parte de la energía solar. También al Sr. Joan Bas, ingeniero físico, por su ayuda en la parte de la programación en Matlab.

15. BIBLIOGRAFIA

Apuntes

Tema flujos de energía y despacho económico, asignatura de sistemas eléctricos de potencia. UPC- departamento de Ingeniería Eléctrica, campus EPSVG.

Tema programación Matlab, asignatura de electrónica de potencia. UPC- departamento de Ingeniería Eléctrica, campus EPSVG.

Tema de transformadores y líneas de distribución, asignatura líneas eléctricas. Escola Industrial de Barcelona, Grado superior de instalaciones electrotécnicas. Emili Gómez.

Tema de iluminación interior, asignatura de luminotecnia. UPC- departamento de Ingeniería Eléctrica, campus EPSVG.

Consultas vía telemática

- “Precio kWh gas natural”
Página web: <http://preciogas.com/conceptos/precio-kwh>
- “Ciudad inteligente”,
Página web: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_inteligente
- “¿Qué es una Smart city?” Top 5 ciudades inteligentes
Página web:
<http://www.sostenibilidad.com/que-es-una-smartcity-top-5ciudades-inteligentes>
- “Smart city: la ciudad inteligente”
Página web:
<http://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/smart-city-o-ciudad-inteligente/ejemplos-de-smart-city-o-ciudad-inteligente-en-el-mundo>
- “Catálogo Bosch tarifas 2015”
Página web: <https://bongrup.es/pdf/tarifas/15.pdf>
- “España, el país que más elevó sus emisiones de CO₂ desde 1990”
Página web:
<http://www.lavanguardia.com/vangdata/20151106/54438618916/espana-pais-europa-elevo-emisiones-co2-1990-2012.html>
- “Las emisiones de CO₂ se disparan en 2015 por la caída de las inversiones en energías renovables”
Página web: <http://www.evwind.com/2016/04/13/las-emisiones-de-co2-se-disparan-en-2015-por-la-caida-de-las-inversiones-en-energias-renovables/>
- “Boletín oficial del estado”
Página web:
<https://www.boe.es/boe/dias/2014/06/20/pdfs/BOE-A-2014-6495.pdf>

- “Smart city, ciudades responsables y comprometidas”
Página web: <http://red.computerworld.es/actualidad/smart-city-ciudades-responsables-y-comprometidas>
- “Generadores de de precios. Espacios urbanos. España”
Página web: http://www.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Instalaciones/Urbanas/IUB_Lineas_subterraneas_de_baja_te/IUB025_Linea_subterranea_de_distribucion_dc4_0_3c13_0.html
- “Catálogo general Seymeval”
Página web: http://www.seymeval.es/catalogo_general_Seymeval.pdf
- “Catálogo de productos componentes para cuadros eléctricos”
Página web: <http://www.coalsa.com/descargas/Coalsa.Catalogo%20Componentes%20para%20Cuadros%20Electricos.pdf>
- “Sistema de información geográfica fotovoltaica”
Página web: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- “Motor de 12 pulgadas”
Página web: <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2008/02/21/nuevo-motor-de-12%E2%80%9D-rebobinable/>
- “Cogeneración”
Página web: <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/grandes+clientes/eficiencia+y+sostenibilidad/aprende+y+ponte+al+dia/pildoras+de+conocimiento/en+la+gestion+de+las+instalaciones/tecnologias+y+buenas+practicas+para+el+ahorro+de+emisiones/sector+industrial/1297074692129/cogeneracion.html>
- “Vilafranca del Penedès”
Página web: <http://c4.pers.eu.org/0/?url=czhBNTIIM0M1MiVkJZW5lUF9sZWRfYWNUYXJmYWxpVi9pa2l3L2dyby5haWRlcGlraXcuYWMvL0EzJXNwdHRo>
- “Cogeneración”
Página web: <http://www.endesa.com/es/conoceendesa/lineasnegocio/Electricidad/Generacion/Cogeneracion>
- “Fotovoltaica aislada”
Página web: <http://www.solici clima.es/fotovoltaica-aislada>
- “Sistemas fotovoltaicos”
Página web: <http://www.riovalle.cl/sistemas-fotovoltaicos-autonomos/>



- “Energía en España”
Página web: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_en_Espa%C3%B1a#cite_note-Infornes_REE-15
- “¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?”
Página web: <http://twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>
- “Hoja de Ruta para la Smart City”. Centre tecnològic de Catalunya.
Página web: www.socinfo.es
- “Mapa tecnològic, ciudades intel·ligents”. *Observatorio Tecnològic de la Energía. Miércoles, 18 de abril de 2012.*
Página web: www.idae.es
- “Plan parcial Urbanístico”
Página web: http://www.vilafranca.org/html/infoactualitat/mas_rabassa.html
- “Características del panel solar A-250Wp”
Página web: <http://www.atersa.com/datosproductos.asp?param=116>
- “REBT, ITC-BT-25”
Página web: http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_25.pdf
- “Smartgrids”
Página web: <http://www.energiaysociedad.es/pdf/smartgrids.pdf>

16. ANNEXO

16.1 TABLA DE VALORES DE SIMULACIÓN DE CARGAS

Horas	Vivienda (W)	Hotel (W)	Terciario (W)	Escuela (W)	Laboratorio (W)	Auditorio (W)
1	200	15000	10000	500	20000	20000
2	200	15000	10000	500	20000	20000
3	200	15000	10000	500	20000	20000
4	200	15000	10000	500	20000	20000
5	200	30000	10000	500	20000	20000
6	200	50000	50000	500	100000	100000
7	1000	55000	70000	30000	130000	150000
8	1000	55000	89000	42200	148000	170000
9	1500	55000	89000	42200	148000	170000
10	400	40000	89000	42200	148000	20000
11	300	40000	89000	30000	148000	20000
12	200	45000	89000	30000	148000	20000
13	700	55000	89000	30000	148000	170000
14	2000	55000	89000	42200	148000	170000
15	1400	55000	89000	42200	148000	170000
16	400	55000	89000	42200	148000	170000
17	600	30000	89000	42200	148000	170000
18	1500	30000	89000	42200	148000	170000
19	2000	40000	89000	15000	148000	170000
20	2500	55000	89000	15000	148000	170000
21	3000	55000	70000	500	20000	170000
22	2500	55000	10000	500	20000	170000
23	1000	50000	10000	500	20000	170000
24	200	20000	10000	500	20000	170000

Tabla 33 Valores de simulación cargas diarias



Día	Vivienda (W)	Hotel (W)	Terciario (W)	Escuela (W)	Laboratorio (W)	Auditorio (W)
1	2500	40000	65000	42200	148000	100000
2	2500	40000	65000	42000	148000	100000
3	2500	40000	65000	42000	148000	100000
4	2500	40000	65000	42000	148000	100000
5	2500	50500	75000	42000	148000	150000
6	3500	55000	89000	10000	50000	170000
7	3500	55000	89000	10000	50000	170000
8	2500	40000	65000	42200	148000	100000
9	2500	40000	65000	42000	148000	100000
10	2500	40000	65000	42000	148000	100000
11	2500	40000	65000	42000	148000	100000
12	2500	50500	75000	42000	148000	150000
13	3500	55000	89000	10000	50000	170000
14	3500	55000	89000	10000	50000	170000
15	2500	40000	65000	42200	148000	100000
16	2500	40000	65000	42000	148000	100000
17	2500	40000	65000	42000	148000	100000
18	2500	40000	65000	42000	148000	100000
19	2500	50500	75000	42000	148000	150000
20	3500	55000	89000	10000	50000	170000
21	3500	55000	89000	10000	50000	170000
22	2500	40000	65000	42200	148000	100000
23	2500	40000	65000	42000	148000	100000
24	2500	40000	65000	42000	148000	100000
25	2500	40000	65000	42000	148000	100000
26	2500	50500	75000	42000	148000	150000
27	3500	55000	89000	10000	50000	170000
28	3500	55000	89000	10000	50000	170000
29	2500	40000	65000	42000	148000	100000
30	2500	40000	65000	42000	148000	100000

Tabla 34 Valores simulación cargas mensuales

16.2 TABLA DE VALORES DEL DESPACHO ECONÓMICO INDIVIDUAL

Horas	Despacho económico individual (kW)
1	65,7
2	65,7
3	65,7
4	65,7
5	80,7
6	300,7
7	436
8	505,2
9	505,7
10	339,6
11	327,3
12	332,2
13	492,7
14	506,2
15	505,6
16	504,6
17	479,8
18	480,7
19	464
20	479,5
21	318,5
22	258
23	251,5
24	220,7

Tabla 35 Valores despacho económico individual

16.3 TABLA DE VALORES DEL DESPACHO ECONÓMICO GLOBAL

Horas	Despacho económico global (kW)
1	1511,1
2	1511,1
3	1511,1
4	1511,1
5	1856,1
6	6916,1
7	10028
8	11619,6
9	11631,1
10	7810,8
11	7527,9
12	7640,6
13	11332,1
14	11642,6
15	11628,8
16	11605,8
17	11035,4
18	11056,1
19	10672
20	11028,5
21	7325,5
22	5934
23	5784,5
24	5076,1

Tabla 36 Valores despacho económico global

