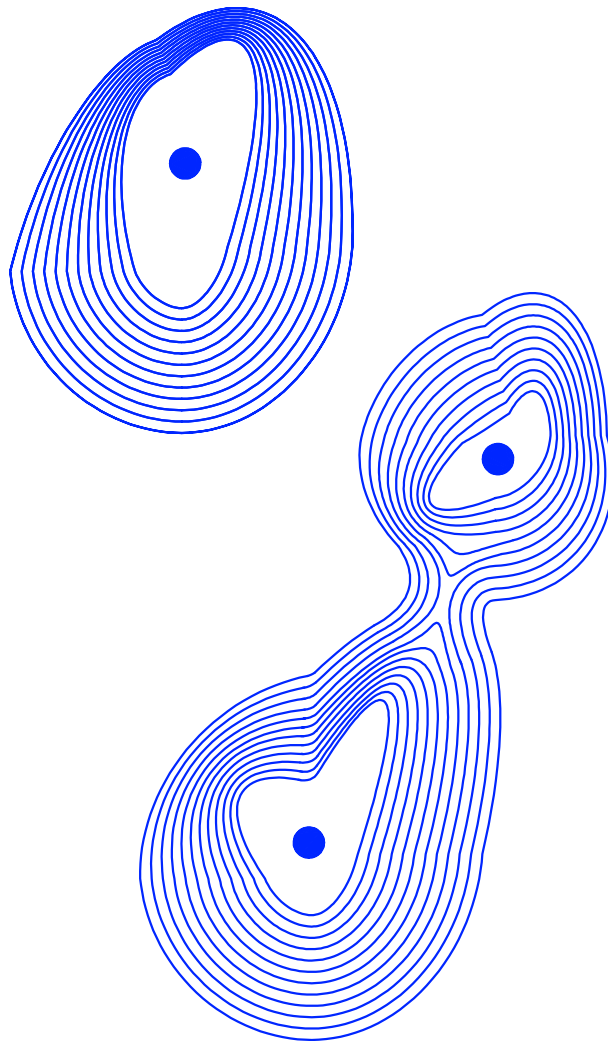


READAPTACIÓN DEL PATRIMONIO EN DESUSO
PARA UNA CIUDAD AUTOSUFICIENTE



READAPTACIÓN DEL PATRIMONIO EN DESUSO PARA UNA CIUDAD AUTOSUFICIENTE

Estudiante

Alba Mulero Manzanero

Tutor

Francisco Javier Neila González

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

Aula TFG 2

Francisco Javier Neila González, *coordinador/a*

Andrea Alonso Ramos, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Índice

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
Justificación del tema · Estado de la cuestión · Metodología · Objetivos	
1. ENERGÍAS RENOVABLES URBANAS DISPONIBLES	13
Energía solar fotovoltaica	13
Energía solar térmica	14
Energía eólica	14
Energía de la biomasa	15
Energía del biogás	16
Energía geotérmica	16
Bombas de calor	19
Cogeneración	19
Calor residual	19
Energía undimotriz o energía de las olas	20
Energía hidroeléctrica	20
2. INCORPORACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA CIUDAD	21
Åland Island – Smart Energy Åland	22
Oulu – MAKING CITY	22
Espoo – SPARCs	23
Tampere – Ilokkaanpuisto	23
Stor – Elvdal Municipality	24
Bodø – NyBy	24
Drammen – Jacobs Borchs Gate	25
Elverum – Ydalir project	25
Trondheim – NTNU Campus within the Knowledge Axis	26
Trondheim – +CityxChange	27
Bergen – Zero Village Bergen (ZVB)6	27
Lund – Lund Northeast	28
Stockholm – Hammarby Sjöstad 2.0	28
Carquefou (Nantes) – Fleuriaye West	29
Grenoble – City Wide Project	29
Móstoles (Madrid) – Ecoenergías	30
Bilbao – ATELIER	31
Paterna (Valencia) – Barrio La Pinada	31
Mieres (Asturias) – District Heating Pozo Barredo	31

Milano – Sharing Cities	32
Bolzano – Sinfonia	33
Rome – Pietralata PED	33
Trento – Santa Chiara Urban District	34
Trento, Italy – STARDUST	34
Évora – POCITYF	35
Alkmaar – PoCiTYF	35
Ámsterdam – ATELIER	36
Groningen – MAKING CITY	37
Graz – City District Development Graz-Reininghaus	38
Vienna – Zukunftsquartier	38
Odense – Coal phase out by 2025	39
Limerick – +CityxChange	39
Kadıköy (Istanbul) – MAKING CITY	40
Măgurele – Laser Valley, Land of Lights	41
Győr – Győr Geothermal District Heating Project	41
Vöru – +CityxChange	42
3. COMPARACIÓN DE LOS CASOS ESTUDIADOS	43
Climas semejantes al de España	46
4. CONCLUSIONES PARCIALES: INSTALACIONES ENERGÉTICAS	49
5. MADRID EN DESUSO: SELECCIÓN DE CASOS Y CRITERIOS	51
6. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LOS ÁMBITOS DE ESTUDIO	55
Población	55
Vivienda	55
Demanda de electricidad	57
Demanda de calefacción	57
Demanda de refrigeración	58
Demanda de energía para agua caliente sanitaria	58
Demanda de energía para cocinar	59
Demanda energética total	59
7. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	61
Producción de energía solar fotovoltaica	61
Producción energética del biogás	70
Producción energética de la biomasa	72
Producción energética geotérmica	74
Esquemas energéticos	75
Núcleos energéticos	77
8. EXTRAPOLACIÓN DEL ESTUDIO AL MUNICIPIO DE MADRID	83
CONCLUSIONES	87
FUENTES	91
Bibliografía	91
Recursos digitales	92
Procedencia de las ilustraciones	93

Resumen

El aumento de la población mundial, junto al rápido crecimiento de núcleos urbanos y su abastecimiento a partir de fuentes fósiles ha supuesto una crisis energética mundial ligada a un cambio climático ya existente y a la amenaza del colapso ambiental en el que vivimos. Según previsiones de las Naciones Unidas, se espera que para 2050 la población mundial sobrepase los 9 000 millones de personas y que, de estas, 6 000 millones vivan en ciudades.

A lo largo de los años han surgido iniciativas de nuevas ciudades sostenibles con infraestructuras energéticas, de ahorro en agua, exclusión del automóvil como vía de circulación, y alto diseño en sus construcciones para aprovechar al máximo los recursos disponibles, como son la ciudad de Masdar en Abu Dabi, la ciudad de Tianjin en China, o PlanIT Valley en Portugal, pero que no dejan de ser proyectos minoritarios y con aspectos cuestionables. ¿Puede considerarse una ciudad sostenible sin tener en cuenta su industria?

Sin embargo, es la ciudad existente la que genera conflictos y es en ella en la que se centra este trabajo, y de entre todas las problemáticas, en la energética. ¿Puede ser el núcleo habitado al mismo tiempo un núcleo energético? ¿Puede readaptarse el patrimonio que ha perdido su uso en centros energéticos? ¿Es la ciudad capaz de ser autosuficiente con los recursos que genera en su interior?

Estas son algunas de las cuestiones que se desarrollan a lo largo del trabajo, estudiando las energías renovables disponibles y sus aplicaciones en Europa para una posterior aplicación en la ciudad de Madrid.

PALABRAS CLAVE

Autosuficiencia energética · Ciudad existente · PED · Integración · Readaptación · Núcleo energético

Introducción

*Justificación del tema · Estado de la cuestión ·
Metodología · Objetivos*

« [...] we have taken human population, food consumption, energy use, material consumption and so forth to levels which cannot be sustained. » - Dennis L. Meadows.¹

A lo largo de los años hemos visto las múltiples y cada vez más frecuentes consecuencias que el desarrollo de la actividad humana causa sobre el medio ambiente. Actualmente, estamos viviendo, entre otras, una crisis en el abastecimiento de materias primas, que se traduce en subidas de precios y, en cuanto a lo que nos compete, crisis energética.

«El precio de la luz cierra en España su peor Año» es uno de los tantos titulares que hemos escuchado estos últimos meses. Actualmente, España depende de países externos para cubrir el 75% de la demanda energética total a partir de combustibles fósiles. Pero, ¿es España un país con recursos renovables suficientes como para ser independiente y autosuficiente energéticamente?

A nivel global, todas las problemáticas están interconectadas, por lo que, para llegar a un cambio, son necesarias acciones en distintos campos de estudio. De esta noción han surgido lemas como “The next big thing will be a lot of small things”, que correlaciona aspectos para alcanzar un cambio global frente al problema medioambiental al que nos enfrentamos.

«forty years ago it was still theoretically possible to slow things down and come to an equilibrium. Now that’s no longer possible. We have already lost forty years; what actions should be taken now?» – 2013, Dennis L. Meadows.

¿Qué podemos hacer desde la arquitectura para frenar el cambio climático? El cambio climático afecta a la vida en sociedad, a la vez que esta contribuye a que la contaminación siga creciendo, siendo las ciudades las responsables del 70% de las emisiones de CO₂ al planeta. Es por ello que, desde la Unión Europea, se ha puesto un foco en la regularización energética de estos centros urbanos y surgen los llamados distritos de energía positiva o PED (positive energy districts), núcleos que, además de ser consumidores, son productores de su propia energía renovable, almacenándola y distribuyéndola. El concepto de PED se presenta como un paso más allá de la actual normativa europea sobre construcción, ya que aporta importantes cambios estructurales, sociales, económicos y tecnológicos a las ciudades.

Desde este trabajo, se realiza un paso por las distintas opciones energéticas disponibles para pasar posteriormente al estudio de 35 PEDs. Este estudio permitirá extraer unas conclusiones respecto a las instalaciones ener-

1. Denis L. Meadows
Científico estadounidense, profesor emérito de Gestión de Sistemas y co-autor del libro «The Limits to Growth».

géticas utilizadas, comparando casos y climas, con el objetivo de extrapolar dichas conclusiones para una posterior aplicación en Madrid.

Una vez en Madrid, con el objetivo de incorporar e integrar funciones energéticas en la ciudad, se selecciona el patrimonio en desuso como un espacio potencial para readaptar la ciudad en camino de una transformación hacia núcleos energéticos interconectados. Se seleccionan los más idóneos para su readaptación, y se procede al cálculo de la demanda energética que tienen los barrios ámbito de estudio. Esto determina la cantidad de espacio que requiere cada una de las instalaciones y con ello sus posibles integraciones en la masa urbana.

Con este trabajo quiero darle una vuelta a la ciudad como la concebimos y que tanto la nueva ciudad construida como la ya existente sean focos activos de producción energética con el objetivo de vivir en ciudades de energía cero o positiva. En el caso de la nueva ciudad construida, esta integración puede ser mucho más sutil, unida al diseño, mientras que en la ciudad existente se busca potenciar los recursos que tenemos con una implantación lo más económica y eficiente que permita el medio.

1 Energías renovables urbanas disponibles

A continuación, se expondrán las distintas opciones energéticas renovables que se pueden integrar en la ciudad. El uso de estas energías tiene la capacidad de reducir la huella de carbono y la dependencia externa de energía y combustibles fósiles, que potencia el reciclaje, la eliminación de residuos, y genera puestos de trabajo en medios rurales, entre otras ventajas.

Energía solar fotovoltaica

Constituye un sector con alta capacidad de integración en edificios y ciudades, con bajos costes de instalación, y capaz de reducir los costes en electricidad.

Se puede distinguir entre instalaciones fotovoltaicas conectadas a red y aisladas de red. La principal diferencia en las instalaciones aisladas consiste en que estas generan su propia red de consumo para el espacio al que estén abasteciendo, compuestas de placas solares, regulador de carga, inversor y almacenamiento. Por otro lado, las instalaciones integradas se componen de placas solares y un generador fotovoltaico que transforma la energía solar en corriente continua, la cual pasa por un sistema de acondicionamiento de potencia que transforma la energía a corriente alterna, que permite transportar grandes cargas sin apenas pérdidas para posteriormente integrarse en la red eléctrica de distribución.

Eficiencia

$$\eta = \frac{P_M[W]}{A[m^2] * G[\frac{W}{m^2}]} = \frac{P_M[W]}{A[m^2] * 1000[\frac{W}{m^2}]}$$

Siendo:

PM: Potencia

A: Área

G: Irradiancia, que corresponde a 1000W/m²

Dimensionado y producción esperable

$$E_{FV} = P_{nomG} * Y_R * (1 - F_S) * PR ;$$

$$Y_R[h] = \frac{G_a(\alpha,\beta) [\frac{kWh}{m^2}]}{1 [\frac{kN}{m^2}]}$$

EFV: Energía fotovoltaica

P_{nomG}: Potencia nominal del generador

Y_R: Productividad de referencia

F_S: Factor sombra

PR: Calidad con respecto al ideal [0,75 - 0,8]

Dimensiones de placas:

La dimensión de la placa solar varía dependiendo del modelo y la marca elegida, pero suele rondar los 100cm x 170cm con una potencia pico media de unos 230 W. Dependiendo de su rendimiento hay modelos que pueden llegar a los 330 W de potencia pico.

Energía solar térmica

Este sistema energético consta de captadores solares que capturan la radiación solar y la convierten en calor, el cual se transporta a través de agua u otro fluido, por un circuito primario cerrado, desde el captador al intercambiador de calor, donde se transfiere esta energía al agua de consumo y esta finalmente llega a un acumulador o depósito de almacenamiento. Una vez que el fluido ha intercambiado todo el calor con el agua de consumo vuelve al colector, enfriada, y se repite el proceso. El acumulador tiene a su vez un circuito secundario de consumo, con una entrada de agua fría y otra de agua calentada. En el caso en el que la instalación sea forzada, se situarán dos bombas en cada uno de los dos circuitos para su bombeo. Como elementos adicionales se incluye un vaso de expansión, que absorbe variaciones en el volumen del líquido portador del calor, mantiene la presión y evita pérdidas en su masa, además de aislante térmico en las tuberías del circuito y un panel para controlar estas temperaturas.

Es un recurso apto para el sector comercial, industrial y residencial, con gran potencial en rehabilitaciones con mejora en la eficiencia de las instalaciones de ACS y climatización.

Superficie de captación necesaria:

Capacidad 75l/m² de colector térmico

$$S [m^2] = \frac{\text{Volumen acumulador (deposito)}}{\text{Capacidad colector} \left[\frac{l}{m^2}\right]} ;$$

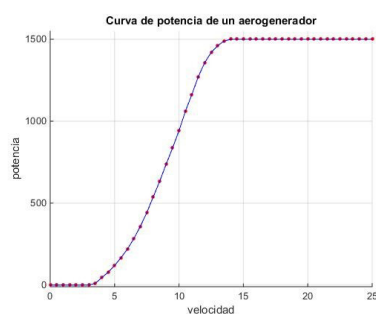
$$n^{\circ} \text{ captadores} = \frac{S}{\text{Área captador}}$$

Energía eólica

Se trata de un sistema que utiliza la fuerza del viento para generar energía eléctrica. El viento mueve las aspas del molino que a su vez mueve el rotor y la multiplicadora, y a través de un generador o turbina de imanes se genera el voltaje eléctrico. Existen aerogeneradores horizontales, los más eficientes ya que aprovechan la energía cinética, aerogeneradores verticales, que permiten generar electricidad sin importar la dirección del viento, y aerogeneradores sin aspas, los cuales captan la energía oscilando con el viento.

Potencia extraíble de una turbina eólica:

$$P = \frac{\rho}{2 * C_p * \eta * A * v^3}$$



Siendo:

P: Potencia de la turbina [W]

 ρ : Densidad de la masa de aire [kg/m³]C_p: Coeficiente de potencia máximo en turbina ideal de eje horizontal= 0.593 η : eficiencia mecánica y eléctrica de la turbina

A: Área del movimiento de las palas del rotor

v: velocidad de la masa de aire [m/s]

Energía de la biomasa

La fuente de esta energía es materia orgánica, procedente tanto de la naturaleza, como de residuos agrícolas y cultivos energéticos, residuos ganaderos, residuos forestales como limpieza de bosques y podas, residuos procedentes de la industria alimentaria (huesos de aceituna), y de la industria de muebles o papelera. La madera es el material más utilizado, en forma de pellets, astillas o serrín. El calor que se produce al quemar el producto calienta el agua de consumo, que se distribuye a los correspondientes elementos domésticos.

Se pueden clasificar las instalaciones de biomasa por su uso en calderas industriales, de alto consumo con una potencia superior a 70 kW, calderas domésticas, de uso particular y límite 70kW, y quemadores, donde se aprovechan las calderas de otros combustibles no renovables. En procesos industriales puede generar también electricidad, pero es más eficiente como recurso para calefacción y ACS.

«Una planta de biomasa media puede evitar 200.000 toneladas de CO₂ al año» – ACCIONA

Potencia necesaria (cálculos para caldera de pellets):

$$P = m * C_p (\Delta T)$$

Siendo:

P: Potencia de la caldera [kcal/h]

M: caudal masico del agua a calentar [kg/h]
con densidad de agua 1l/kgC_p: calor específico del agua = 1kcal/kg°C ΔT : salto térmico del fluido [°C]

Para 1kW de potencia instalado son necesarios 200-250 kg de pellets, que equivalen a 900 kW/h. (IDAE)

Combustible necesario:

$$\text{Kg de pelets necesarios} = \frac{CE \text{ (consumo energético)}}{PCI \text{ (poder calorífico inferior)}}$$

Cantidad de energía:

Cantidad de energía [kWh] = masa [kg] * poder calorífico de la biomasa

Energía del biogás

Consiste en una variante de la energía de la biomasa. Se extraen residuos orgánicos para establecer una digestión anaeróbica, a partir de la cual estos desechos se descomponen en espacios herméticos en ausencia de oxígeno, produciendo un gas rico en metano. La quema de este gas permite producir calor para suministrar a la red de calefacción y ACS.

La fuente principal de esta energía reside en las ciudades, como residuos de materia orgánica del consumo diario, pero también se emplea la materia desechada en la agricultura y residuos ganaderos de estiércol y purines, incluso de plantas acuáticas o algas. Para todas estas se requiere de una red de recogida de basura específica, la cual se lleva a una planta digestora donde se produce la digestión anaeróbica y la producción energética. Toda la materia sobrante que quede tras terminar el proceso se emplea como fertilizante natural en agricultura. Conjunto con la biomasa se pueden generar biocombustibles para automóviles e incluso bioqueroseno para aviación.

Cantidad de energía:

Cantidad de energía [kWh] = masa [kg] * poder calorífico del biogás

Energía geotérmica

Esta energía proviene del calor interior de la Tierra. Cuanto más profunda sea la instalación, mayor será la temperatura que se alcanza. Entre los 5 y los 10 metros de profundidad, el terreno se encuentra a una temperatura de 15°C que aumenta en 3°C por cada cien metros de profundidad. Dependiendo de la conductancia del terreno se podrá llegar a temperaturas más o menos altas y con ello su posible uso.

Con una temperatura superior a 150°C es posible la generación de electricidad, con una temperatura de entre 100 y 150°C se puede establecer un uso eléctrico y térmico industrial. Una temperatura baja de entre 30 y 100°C se aprovecha para uso térmico industrial, para calefacción y ACS, y con una temperatura muy baja inferior a 30°C el calor es destinado a calefacción, refrigeración y ACS, mediante bomba de calor. Para un uso doméstico que proporcione calefacción y refrigeración basta con los 15 -20°C que se encuentran entre los 80 y 150 metros de profundidad.

Se diferencian las instalaciones en intercambiadores geotérmicos horizontales y verticales. Los horizontales consisten en zanjas de entre 1,2 m y 1,5 m de profundidad, donde la principal ventaja es que el coste de la instalación es mucho menor, pero se puede llegar a alterar la temperatura del terreno y suelen ser menos eficientes que las verticales. Las instalaciones verticales varían normalmente entre 80 y 150m de profundidad, con tubos por los que discurre agua para producir el intercambio de calor. Este intercambio de calor es un proceso termodinámico que se produce entre el terreno y la edificación, dando lugar a la obtención de calor en épocas frías y a la posible refrigeración en épocas cálidas, lo cual procura un equilibrio estacional en la cobertura de la demanda energética, equilibrio que se mantiene durante el ciclo de vida del edificio. A continuación, vemos unos gráficos explicativos de este proceso de intercambio, atendiendo a los diferentes meses del año. Cuando se extrae calor se enfría el terreno y viceversa.

Intercambio geotérmico. Simulación termodinámica del terreno:

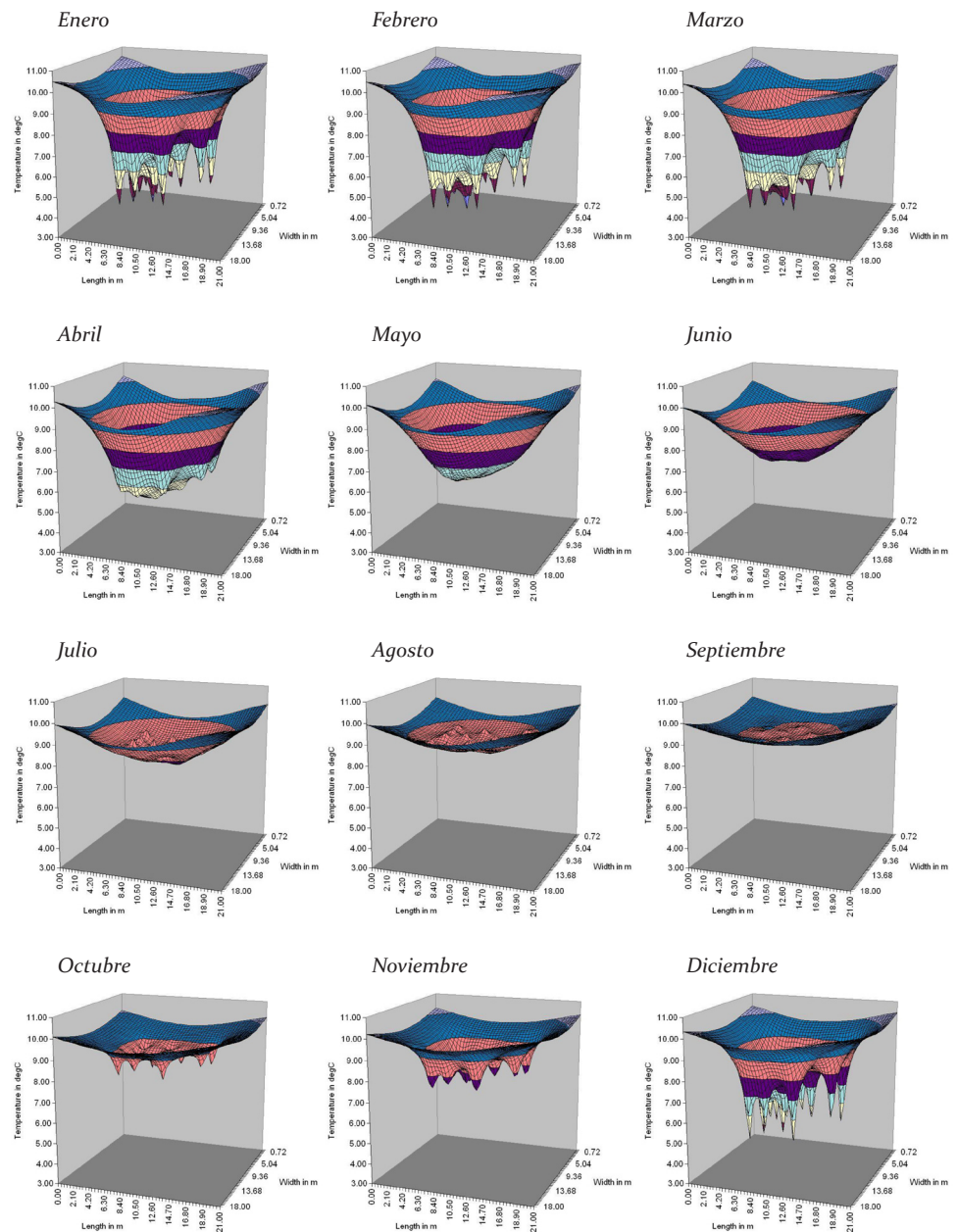


FIG 1.1 Intercambio geotérmico. Simulación termodinámica del terreno. Procedencia: MAYAB

La principal ventaja de esta energía es que es un recurso presente en cualquier parte del mundo mientras que la desventaja es que es una instalación de alto coste.

Eficiencia:

El rendimiento de este tipo de instalaciones está vinculado a la cantidad de calor extraído y cedido al terreno.

Cálculo por el método ASHRAE para intercambiadores en bucle cerrado

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x} * (T_1 - T_2)$$

Siendo:

$Q/\Delta t$: Calor transmitido por unidad de tiempo [W]

k: Conductancia térmica [W/m·]

A: Área de superficie de contacto [m²]

($T_1 - T_2$): diferencia de temperatura entre foco caliente y foco frío [°C]

x: espesor del material [m]

Calor intercambiado:

$$q = \frac{L * (t_g - t_w)}{R}$$

q: Calor intercambiado con el terreno [W]

L: Longitud del intercambiador de calor [m]

t_g : Temperatura del terreno [°C]

t_w : Temperatura del agua del intercambiador [°C]

R: Resistividad térmica global [m·°C /W]

$$q_{cond} = \frac{EER + 1}{EER} * q_{lc}$$

q_{cond} : calor cedido al terreno durante la condensación [W]

q_{evap} : calor absorbido del terreno durante la evaporación [W]

q_{lc} : cargas térmicas demandadas de refrigeración [W]

q_{lh} : cargas térmicas demandadas de calefacción [W]

$$q_{evap} = \frac{COP - 1}{COP} * q_{lh}$$

EER: "Energy Efficiency Ratio" (rendimiento de la bomba de calor en refrigeración)

COP: "Coefficient Of Performance" (rendimiento de la bomba de calor en calefacción)

Transferencia de calor anual:

$$q_a = \frac{q_{cond} * EFLH_c + q_{evap} * EFLH_h}{8760}$$

EFLH_c: "Equivalent Full Load Hours cooling" número de horas equivalentes de funcionamiento a carga máxima en refrigeración [h]

EFLH_h: "Equivalent Full Load Hours heating" número de horas equivalentes de funcionamiento a carga máxima en calefacción [h]

Dimensionado:

$$L = \frac{q * R}{(t_g - t_w)}$$

L: Longitud del intercambiador de calor [m]

Bombas de calor

Una bomba de calor consiste en un dispositivo que extrae calor del medio para convertirlo en energía. Según el medio del que se extraiga se clasifican en bombas de calor geotérmicas, hidrotérmicas y aerotérmicas.

Diferenciándose de la geotermia, que aprovecha el calor del subsuelo para fines climáticos, la energía hidrotérmica recoge el calor de las aguas superficiales, y la aerotérmica del aire ambiente. Esto se puede realizar a partir de bombas de calor, que extraen el calor del entorno natural y lo introducen en la edificación a la que este abastece. Su funcionamiento requiere de un evaporador en el interior y un condensador en el exterior unidos por un circuito con refrigerante. Gracias a cambios de calor-frío y líquido-gaseoso el fluido transfiere aire frío al interior de la edificación y aire caliente al exterior y viceversa.

Las bombas de calor geotérmicas contienen dos circuitos, uno primario que intercambia la energía con el terreno a través de conductos por los que circula agua y uno secundario que transfiere dicha energía al edificio a través de una bomba de calor agua-agua.

Cogeneración

La cogeneración se compone de la producción conjunta de energía eléctrica y térmica, aprovechando el calor residual que origina. Necesita de una energía primaria, que comúnmente ha sido el gas natural, fuente no renovable, pero puede ejecutarse con otras fuentes como la biomasa. Se utiliza un motor para la quema de esta materia, que genera energía mecánica, y un generador convierte en energía eléctrica. El calor residual que desprende se recoge en un sistema secundario que calienta agua.

Calor residual

Asociado a la cogeneración, el calor residual es un recurso que puede ser aprovechado de procesos energéticos e industriales. Se han desarrollado muchas aplicaciones para aprovechar este calor proveniente de distintos procesos como los producidos en centrales térmicas, fábricas e incluso vehículos. Como ejemplo de programa enfocado en calor residual, Londres sacó ReUseHeat como iniciativa para abastecer a 1.350 viviendas en calefacción a partir del calor residual que genera el metro, con un ventilador que extrae el aire de los túneles con el que se calienta el agua que posteriormente se suministra a las viviendas. Esto se extrapola a procesos en centrales de calefacción, entre otros.

Eficiencia:

Caldera de recuperación de calor:

$$P_{\text{elec}} = \eta_{\text{elec}} * \eta_{\text{CR}} * \eta_{\text{CRC}} * m_{\text{gas}} * C_{p_{\text{gas}}} * (T_1 - T_2)$$

Siendo:

P_{elec} : Potencia eléctrica [W]

η_{elec} : Rendimiento eléctrico= 98%

η_{CR} : Rendimiento del Ciclo de Rankine

η_{CRC} : Rendimiento de la caldera CRC

m_{gas} : Caudal másico de los gases [kg/h]

$C_{p_{\text{gas}}}$: Calor específico de los gases [kJ/(kg°C)]

T_1 : Tº gas de entrada a la caldera [°C]

T_2 : Tº gas de salida de la caldera [°C]

Energía undimotriz o energía de las olas

Es aquella que genera energía eléctrica a partir de la energía de las olas. Esta captación se hace a través de boyas que transmiten la fuerza de las olas a turbinas y estas generan electricidad.

Energía hidroeléctrica

Es la energía que aprovecha la fuerza del agua para convertirla en energía eléctrica. Para ello se construyen grandes infraestructuras como presas, embalses y centrales que recogen la energía potencial del agua. Se aprovechan los saltos de agua para forzar el paso de esta por rejillas filtradoras, un transformador y una turbina donde por rotación, se transforma la energía cinética en energía mecánica y la energía mecánica en eléctrica. Dependiendo del procedimiento y función, las centrales hidroeléctricas se clasifican en centrales de agua fluyente, centrales de regulación y centrales reversibles o de bombeo.

2 Incorporación de energías renovables en la ciudad

Tal y como se ha dicho anteriormente, las ciudades son responsables del 70% de las emisiones de CO₂ al planeta y por ello desde la Unión Europea surgen los Distritos de Energía Positiva (PED). Para llevar a cabo los objetivos propuestos se crea el Plan Estratégico de Tecnología Energética (SET), acción 3.2 del Plan SET, el programa “Barrios y distritos de Energía Positiva para el Desarrollo Urbano Sostenible”, que apoya la planificación, despliegue y replicación de 100 Barrios de energía positiva para 2025, dirigido por JPI Urban Europe, al que se suman 20 estados miembros de la UE. El programa cuenta con la participación de las redes de financiación de I+D, las ciudades, la industria, las organizaciones de investigación y las organizaciones ciudadanas. Para que este modelo sea exitoso se necesita la contribución de las autoridades regionales o municipales, los servicios públicos, planificadores, inversores y habitantes trabajando juntos, en lo que se conoce como procesos de planificación participativa.

Dependiendo de la localización y los recursos disponibles, se establecen distintos modelos. De entre los 100 barrios programados existen proyectos en fase de planificación, ejecución, o ya en funcionamiento. Expongo a continuación algunos de los ejemplos y sus respectivas estrategias, seleccionados aquellos con mayor información disponible:

FINLANDIA:**Åland Island – Smart Energy Åland – en ejecución**

Tiene como objetivo ser 100% autosuficiente y 100% libre de fósiles, descarbonizando tanto los sistemas de calefacción como el transporte. La energía solar fotovoltaica cubre del 1,7% al 0,7% por el momento, mientras que la eólica el 20%, aunque está planeado que abastezca el 70% de la energía demandada. Otras fuentes como el calor residual, la cogeneración de bioenergía y la energía undimotriz están todavía en proceso de implementación. Para 2030 y comparado con los datos de 2005, se habrá reducido el carbón en un 60%, incrementado la energía renovable en un 60% y su producción local en otro 60% además de reducir las emisiones por movilidad en un 50%.

FINLANDIA**Åland Island**
Smart Energy Åland

Existente + nueva construcción - en funcionamiento (2014 - 2019)

Abastecimiento
Área **13 300 km²**

Población **30 000**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica (1,7%), eólica (20%), cogeneración, undimotriz.
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Cogeneración, bioenergía, geotérmica y almacenamiento sobrante.

Objetivos 2030:

- Producción de energía eólica a máximo rendimiento cubriendo un 70% de electricidad demandada.
- Reducir las emisiones de dióxido de carbono al 60% y las de tráfico por carretera al 50% respecto a 2005.
- Aumentar la proporción de energía renovable general y de electricidad producida localmente, ambas un 60%.

**Oulu – MAKING CITY – en ejecución**

En primer lugar, la readaptación de los edificios residenciales permite maximizar el rendimiento de las infraestructuras. A esto se le suma un suministro de energía donde la geotermia y el almacenamiento de la energía sobrante son las principales soluciones.

Se establece una red de calefacción urbana complementada con tecnología geotérmica y fotovoltaica. La fotovoltaica consta de placas solares en los tejados y la geotermia de bombas de calor y almacenamientos térmicos en pozos bajo el centro comercial de la ciudad. El calor sobrante se utiliza para la refrigeración y albergan además tanques de almacenamiento de energía estacional para aumentar la autosuficiencia durante los picos de carga.

FINLANDIA

Oulu
Making-City

Existente + nueva construcción – en ejecución (2018 – 2023)

Proyecto
Área: **4 Ha**

- Suministro de energía:
- **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Solar fotovoltaica, geotérmica y almacenamiento de la energía sobrante.
 - **Red:** Refrigeración
 - **Origen:** Calor sobrante

- Objetivos:
- Readaptación de edificios residenciales para maximizar su rendimiento.
 - Ser neutra en carbono en 2040.



Espoo – SPARCs – en planeamiento

Se introduce el concepto de central eléctrica virtual al permitir la participación de los edificios en el mercado de energía, lo que ofrece nuevos servicios, la creación de comunidades VirtualPositiveEnergy pudiendo intercambiar energía con entidades energéticas fuera del distrito. El proyecto Espoo se centra en bloques mixto, de nueva construcción y existentes con soluciones inteligentes e instalaciones energéticas que permitan llegar a una neutralidad en carbono para 2030.

FINLANDIA

Espoo
SPARCs

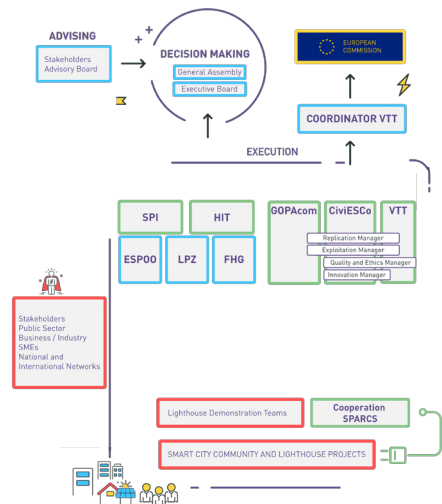
Nueva construcción – en planeamiento (– 2025)

Proyecto
Área: **52 ha**

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Central eléctrica virtual

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica, geotérmica, bombas de calor, almacenamiento del calor residual, cogeneración de biomasa, carga bidireccional de eV

- Objetivos:
- Alcanzar la neutralidad en carbono en 2030
 - Funcionamiento por central eléctrica virtual



Img 2.1. Instalación eólica en Aland Island. Flexens

Img 2.2. Instalación fotovoltaica en Aland Island. Flenex

Img 2.3. Ciudad de Oulu. Mega construcciones

Img 2.4. Proceso de operación. Smart Otaniemi

NORUEGA

La producción de energía en Noruega es aproximadamente 98% renovable, (94,3% hidroeléctrica, 3,4% eólica 2,3% otras FER) además de la gran capacidad de almacenamiento en embalses de Europa (50%).

Tiene la mayor cuota de fuentes de energía renovable en su suministro eléctrico y la menor cuota de emisiones de Europa. En 2016, alcanzó una producción de energía equivalente a 149 TWh.

Stor – Elvdal Municipality – en funcionamiento

El Campus Evenstad es un proyecto piloto dentro del Centro de Investigación sobre Barrios de Emisión Cero en Ciudades Inteligentes. Estos proyectos piloto sirven como centros de innovación donde investigadores, constructores, promotores inmobiliarios, ayuntamientos, empresas energéticas, propietarios y usuarios de edificios, prueban nuevas soluciones con el fin de reducir a cero las emisiones de gases de efecto invernadero a escala de barrio.

Evenstad se trata de un campus donde la demanda de calor está cubierta por la producción de cogeneración de calor in situ. Un tercio de la demanda de electricidad está cubierta y el resto se suministra mediante energía solar fotovoltaica con baterías, además del almacenamiento de energía en baterías. El proyecto pretende ser un centro regional de energía y una planta de demostración de energías renovables.

NORUEGA Municipio de Stor-Elvdal Campus Evenstad

Nueva construcción - en funcionamiento (2014 - 2019)

Abastecimiento
Área: 61 000 m² Edificado: 10 000 m²

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad y calefacción
- **Origen:** Cogeneración. Se cubre 100% del calor demandado y el 33% de la electricidad.

Proyecto experimental

Objetivos:

- Ser un centro regional de energía y una planta de demostración de energías renovables.



Bodø – NyBy – en planificación

Este municipio tiene exceso de capacidad de producción, pero en varios lugares tiene problemas para su distribución. El objetivo del plan es crear una ciudad inteligente con eficiencia energética y con sistemas que reduzcan los picos de demanda. Este sistema energético utiliza energías renovables locales, con suministro y optimización de redes eléctricas regionales, nacionales, nórdicas y de la UE. con origen en la energía solar térmica, la energía geotérmica, bombas de calor y el almacenamiento del calor residual industrial.

NORUEGA

**Bodø
NyBy**

Nueva construcción – en planeamiento y ejecución (- 2020)

Proyecto
Área: **3 400 000 m²**

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** -

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía solar térmica, geotérmica, bombas de calor y calor residual industrial.

Proyecto experimental

- Objetivos:
- Es crear una ciudad inteligente con eficiencia energética, con sistemas energéticos estables y sostenibles que reduzcan los picos de demanda
 - Compartir la energía dentro de los distritos



Drammen – Jacobs Borchs Gate – en funcionamiento

El 85% de las necesidades de calefacción se cubren con la implantación de una bomba de calor de fiordo a gran escala (13 MW) teniendo como fuente de calor el agua del mar. El 15% restante se cubre con caldera de gas. Se consigue un suministro medio anual de energía de 67GWh, reduciendo el impacto por 1,5 millones de toneladas de CO₂ al pasar del gas a la bomba de calor de amoníaco, además de ser mucho más barato.

NORUEGA

**Drammen
Jacobs Borchs Gate**

Existente – en funcionamiento

Proyecto
Área: **1 000 m²**

- Suministro de energía:
- **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Bombas de calor de fiordo con fuente el calor del agua del mar (85%). Restante con caldera de gas (15%)

- Objetivos:
- Abandonar los combustibles fósiles y de combustión en los sistemas de calefacción.



Img 2.5. Instalaciones energéticas dentro del Campus Evenstad. StatsbyggFilm.

Img 2.6. Campus Evenstad. StatsbyggFilm.

Img 2.7. Proyectos inteligentes en la ciudad de Bodø. Nybybodo.

Img 2.8. Nuevos edificios en la ciudad de Bodø. Nybybodo.

Img 2.9. Instalación energética en Drammen. Drammen Fjernvarme

Elverum – Ydalir project – en planificación y ejecución

Se quiere reducir la demanda de energía en los edificios y basar la producción de energía en fuentes locales, como la solar, los biocombustibles, la calefacción urbana. Se está planeando también el almacenamiento de energía en baterías o dentro del lecho de roca como otra posibilidad. En cuanto a los materiales de construcción plantean soluciones con baja huella de carbono, como madera de origen local o materiales reciclados. Se invierte tam-

bién en un buen transporte público, buenas vías para caminar y montar en bicicleta y una política de restricción del uso del automóvil, con aparcamiento comunitarios a cierta distancia de las viviendas. Se incluye además una gestión de residuos.

NORUEGA

Elverum
Ydalir project

Nueva construcción – en planeamiento y ejecución (2016– 2030)

Proyecto

Área: 430 000 m²

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica
-
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Biocombustibles y almacenamiento de energía en baterías (generada por la instalación fotovoltaica).
-

Proyecto experimental

Objetivos:

- Reducir la demanda energética y basar su producción en fuentes locales.
- Materiales reciclados y madera local.
- Modelos de transporte sostenible.
- Gestión de residuos



Trondheim – NTNU Campus within the Knowledge Axis – en ejecución

Se realiza una optimización de energía para extrapolarla a los tres PED de la ciudad, permitiría cubrir el pico de energía de consumo teniendo un suministro de energía excedente. Tiene como objetivo ser de energía tanto él como sus alrededores para 2060.

NORUEGA

Trondheim

NTNU Campus within the Knowledge Axis

Existente + nueva construcción – en planeamiento y ejecución (2016 – 2025)

Proyecto

Área: 136 000 m²

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Energía hidroeléctrica (21g de CO₂eq/kWh)
-
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Quema de residuos locales, solares fotovoltaicos, bombas de calor y almacenamiento en baterías.



Proyecto experimental

Objetivos:

- Optimización de la red para una conexión con el resto de la ciudad.
- Cubrir el pico de energía de consumo teniendo un suministro de energía excedente.
- Toda la actividad del campus y sus alrededores será de energía cero en 2060



Trondheim – +CityxChange – en ejecución

Con el objetivo de crear prototipos, habitarlos y acelerarlos, dentro de la ciudad se despliegan dos PEBs, Brattøra y Sluppen. Se realiza la optimización de la red térmica y eléctrica en el campus Gløshaugen (NTNU), para posteriormente conectar las tres áreas de la ciudad de forma que se produzca un intercambio de energía y efecto. La electricidad convencional es suministrada en gran parte por una hidroeléctrica con 21g de CO₂eq/kWh, la calefacción urbana se abastece mediante la quema de residuos locales y se incluyen también matrices solares fotovoltaicas y bombas de calor, además del almacenamiento de la energía sobrante en baterías de 1500 kWh.

NORUEGA

Trondheim
+CityxChange

Existente + nueva construcción – en ejecución
(2018 – 2023)

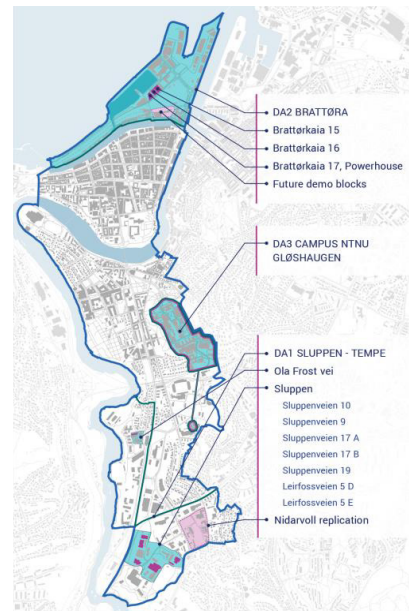
Proyecto
Área: **76 ha** (Brattøra y Sluppen)

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Energía hidroeléctrica (21g de CO₂eq/kWh)

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Quema de residuos locales, solares fotovoltaicos, bombas de calor y almacenamiento en baterías de 1500 kWh

Proyecto experimental

- Objetivos:
- Conectar los diversos PED de toda la ciudad



Bergen – Zero Village Bergen (ZVB)6 – en planificación

El objetivo principal es el de mejorar la eficiencia energética para reducir la demanda. Para ello, se planean sistemas energéticos individuales basados energía fotovoltaica y térmica. El excedente de energía se suministrará a los vehículos eléctricos para integrar soluciones eficientes de movilidad.

NORUEGA

Bergen
Zero Village Bergen (ZVB)6

Nueva construcción – en planeamiento (– 2025)

Proyecto
Área: **378 000 m²**

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Energía fotovoltaica

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía solar térmica

Proyecto experimental

- Objetivos:
- Utilizar el excedente para vehículos eléctricos, instalaciones públicas y un centro local basado en energías renovables.



Img 2.10. Calle tipo PED
Elverum. Urban Europe

Img 2.11. Ciudad de Elverum

Img 2.12. Ciudad de Trondheim

Img 2.13. Render proyecto PED
en Trondheim. Urban Europe

Img 2.14. Proyecto PED
completo en Trondheim.
Urban Europe

Img 2.15. Proyecto PED en
Bergen. Urban Europe

SUECIA

Lund – Lund Northeast – en ejecución

Brunnshög se plantea como una ciudad que produce más energía de la que necesita. Se sustituye la calefacción urbana actual suministrada por biomasa por una planta a gran escala de cogeneración de biocombustibles junto con una unidad de energía geotérmica, combustión de calor residual y bombas de calor para la refrigeración urbana. La electricidad esta será originada por energía solar fotovoltaica. Se establecen lugares para la agricultura y el transporte público, la bicicleta y los desplazamientos a pie se promueven por encima del automóvil.

SUECIA

Lund
Lund Northeast

Nueva construcción – en ejecución (2009 – 2049)

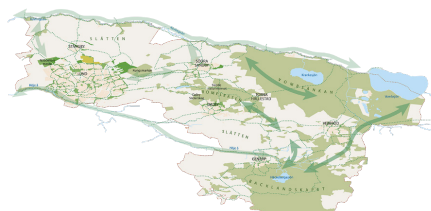
Proyecto

Área: **225 ha**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica.

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Solar térmica, bombas de calor y calor residual industrial (que proveerá con calefacción a toda el área).



Objetivos:

- Brunnshög se plantea como una ciudad que produce más energía de la que necesita
- Barrio de obra nueva con agricultura y movilidad sostenible integrado en el planeamiento.

Stockholm – Hammarby Sjöstad 2.0 – en funcionamiento

A diferencia de otros ejemplos, este pone un foco en la gestión de residuos de alimentación, que se convertirían en biogás para abastecer a la red de ACS y calefacción además de constituir combustible para los vehículos.

SUECIA

Stockholm
Hammarby Sjöstad 2.0

Existente + nueva construcción – en ejecución y funcionamiento (2014– 2030)

Proyecto

Área: **2 m²**

Suministro de energía:

- **Red:** Gestión de residuos, ACS y calefacción
- **Origen:** Biogás a partir de la gestión de residuos, solar térmica, geotérmica y bombas de calor.

Objetivos:

- Inclusión de energías, movilidad, digitalización, comunicación y economía circular y compartida



FRANCIA

Carquefou (Nantes) – Fleuriaye West – en funcionamiento

Se crea una obra nueva siguiendo el sello Passivhaus, de impacto neutro energético y con el medioambiente. Para ello se pone el foco tanto en el diseño de las viviendas, como en la movilidad y los materiales utilizados, estableciendo una economía circular. La instalación se completa con 15.000m² de paneles solares fotovoltaicos que proporcionan 2,3 MWp para la electricidad, además de la quema de biomasa para la calefacción de las viviendas. Todo ello alcanza una cobertura de energía renovable superior al 100% en Fleuriaye Oeste y alrededor del 42% en el perímetro entre Fleuriaye Este y Oeste.

FRANCIA

Carquefou, Nantes
Fleuriaye West

Nueva construcción - en funcionamiento y ejecución (1995 - 2022)

Dimensiones del proyecto

Área abastecida: **37 ha**

Edificado: **10 000 m²**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Fotovoltaica. Actualmente 8.000 m² de paneles, planeados 15.000 m². Con **1,2 MWp** instalados = autoconsumo del 55%
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Biomasa
- **360 viviendas pasivhaus**
- **660 planeadas**

Movilidad suave:

- Bicicletas eléctricas

Materiales y economía circular:

- Mobiliario exterior de madera
- Sistemas de ventilación de doble flujo
- Gestión de residuos

Objetivos:

- Se producirá todo lo que se consume.



Img 2.16. Plano dimensiones del proyecto en Lund. Lunds Kommun

Img 2.17. Esquema circulación. Hammarby Sjöstad 2.0

Img 2.18. Planta PED Carquefou. Urban Europe

Img. 2.19. Instalación fotovoltaica en edificios. Loire-Atlantique développement Sela

Img 2.20. Instalación fotovoltaica en viviendas. Loire-Atlantique développement Sela

Grenoble – City Wide Project – en ejecución y funcionamiento

La calefacción urbana es la estrategia energética principal de la ciudad, con soluciones avanzadas como la biomasa y el calor residual de la planta de incineración, como soluciones innovadoras como el almacenamiento, captura de CO₂, y control inteligente entre otras. En 2017 ya se consiguió un 66,5% de reducción de emisiones de CO₂, y la intención es llegar al 100%.

FRANCIA

Grenoble
City-wide project

Existente + nueva construcción – en ejecución y funcionamiento

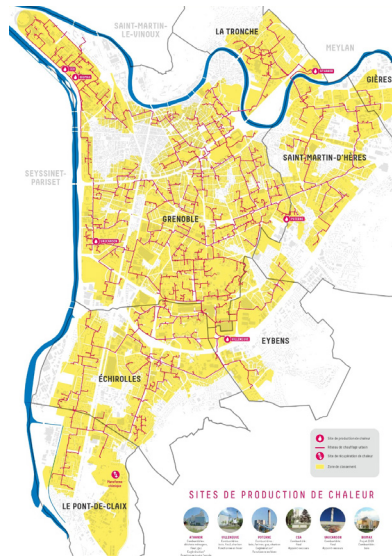
Proyecto
Área: **18,13 km²**

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** biomasa, calor residual de la planta de incineración, almacenamiento y captura del CO₂

Objetivos:

- Calefacción 85% de ER en 2022 y 100% en 2033. Reducción del 60% de emisiones de CO₂ desde 1990 a 2017.



ESPAÑA

Móstoles (Madrid) – Ecoenergías – en ejecución y funcionamiento

Proyecto que parte de una base existente y crea una red para el suministro de calefacción y ACS a 7.200 viviendas a partir de la biomasa apoyada con energía solar térmica. Promueve una red de calor para Móstoles que en su primera fase da servicio a 3.000 hogares y que se está ampliando a 7.000. La instalación se compone por dos calderas de 5MW de Biomasa y una caldera de apoyo de 2MW + 2 de 5MW de biomasa. El consumo previsto es de 5.934 toneladas de biomasa por año. Esta se distribuye por tuberías en circuito cerrado, que impulsa agua caliente y al intercambiar el calor en las subestaciones vuelve para ser calentada de nuevo. Sustituye las actuales calderas de carbón, gasóleo y gas natural, evitando la emisión de 18.000 Tn de CO₂ al año. Actualmente hay 2664 viviendas conectadas a las que se suministra 18 GWh/año.

ESPAÑA

Móstoles, Madrid
Móstoles Ecoenergías

Existente- en funcionamiento y ejecución 2015
– indefinido

Dimensiones del proyecto

Área de implementación: **7 200 viviendas**
Población aproximada abastecida: **21 600**

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Solar térmica y calderas de biomasa: **actualmente suministra 2664 viviendas, planeado para 7 000.**

Está compuesta por dos calderas de 5MW de Biomasa y una caldera de apoyo de 2MW + 2 de 5MW de biomasa

Reducción:

Producirá una reducción de 18 000Tn de CO₂ al año



Bilbao, Spain – ATELIER – en planeamiento y ejecución

Se planea un nuevo barrio construido sobre un terreno industrial abandonado, que incluye varias viviendas privadas del siglo XIX, viviendas residenciales de nueva construcción y antiguos edificios industriales que se están recuperando en su mayoría para centros de formación. Desde el proyecto ATELIER se estudia la parte energética, incluyendo redes de energía eléctrica con suministro en la energía solar fotovoltaica y redes de ACS y calefacción a partir de bombas de calor y energía geotérmica reforzada con energía hidrotérmica para los picos de demanda en 3 zonas piloto de este nuevo barrio.

ESPAÑA

Bilbao
ATELIER

Existente + nueva construcción – en planeamiento y ejecución (2019 - 2024)

Proyecto
Área: 65 Ha

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Energía solar fotovoltaica

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía geotérmica reforzado con energía hidrotérmica y bombas de calor

- Objetivos:
- Desarrollo experimental y abastecimiento energético del barrio.



Paterna (Valencia) – Barrio La Pinada – en planeamiento

Barrio La Pinada es el primer ecodistrito codiseñado por sus futuros habitantes. Se proyecta entorno a un colegio y ofrece 25 hectáreas de pinos, donde se instalarán 1 000 familias. Se integra la energía solar fotovoltaica y la geotérmica.

ESPAÑA

Paterna, Valencia
Barrio La Pinada

Nueva construcción– en planeamiento (2016-2027)

Proyecto
Área: 25 ha Población: 1000 familias

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Energía solar fotovoltaica

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía solar térmica, geotérmica.



Img 2.21. Red de calefacción y ACS en Grenoble. Compagnie de Chauffage

Img 2.22. Red de calefacción y ACS en Móstoles. Urban Europe

Img 2.23. Edificio de biomasa en Móstoles. ESEficiencia

Img 2.24. Ciudad de Bilbao. El Ágora Diario

Img 2.25. Viviendas PED en Paterna. Urban Europe

Mieres (Asturias) – District Heating Pozo Barredo – en funcionamiento

Se instala una red que da suministro a una universidad, instituto y 248 viviendas a partir de una instalación geotérmica basada en el uso de agua de

mina. Supone una mejora en la calidad ambiental y una disminución del riesgo de pobreza energética.

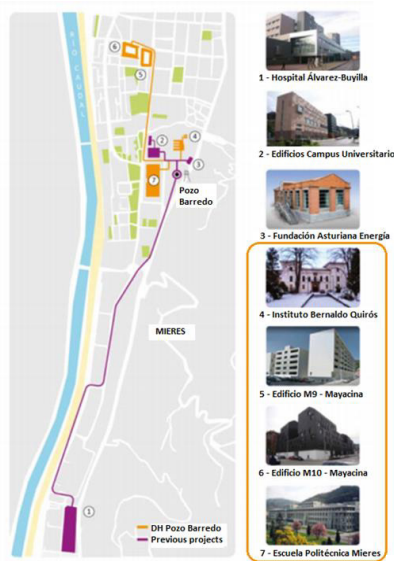
ESPAÑA **Mieres, Asturias**
District Heating Pozo Barredo

Existente– en funcionamiento

Proyecto
Área: **1km²**

- Suministro de energía:
- **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía geotérmica

- Objetivos:
- Reducción de 636.85 tCO₂/año



ITALIA

Milano – Sharing Cities – en funcionamiento

Sharing cities in Milan se centra en la rehabilitación de edificios para una mejor eficiencia, con un total de 24 000 m² de rehabilitación y en la implantación de elementos para una movilidad sostenible, con 60 puntos de carga de vehículos eléctricos, 10 áreas de movilidad, 150 bicicletas compartidas y 13 e-vehículos.

ITALIA **Milano**
Sharing Cities

Existente – en funcionamiento (2016– 2020)

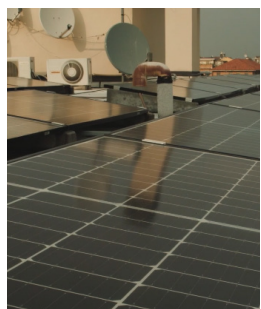
Proyecto
Área: **28 000 m²**

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Energía solar fotovoltaica

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía geotérmica y bombas de calor

 - 60 puntos de recarga para movilidad eléctrica + 150 bicicletas de uso compartido, 11 e-vehículos para logística y 2 comunitarios.
 - 24 000 m² de rehabilitación de edificios residenciales.

- Objetivos:
- Ahorro energético del 50-70%



Bolzano – Sinfonia – en ejecución

Se ha desarrollado un plan de rehabilitación que tiene como objetivo ahorrar de un 40% a 50% de energía primaria y aumentar las energías renovables en un 20%. Se rehabilitarán 37 000 m² de viviendas sociales de los años 50-70 para conseguir un mayor rendimiento y confort. Se incluyen medidas de control de los picos de carga y demanda, recuperación del calor residual, puntos de recarga para vehículos y bicicletas y reequipamiento inteligente del alumbrado público entre otras.

ITALIA

Bolzano
Sinfonia

Existente – en ejecución (2014- 2020)

Proyecto

Área: **785 ha** (Bolzano parte sur)

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica, bombas de calor y aprovechamiento del calor residual.

Objetivos:

- Ahorro d energía primaria de entre un 40-50%
- Rehabilitación de 37 000m² de vivienda



Rome – Pietralata PED – en planeamiento

Con el objetivo de contribuir a la transición energética se planea instalar infraestructura inteligente integrada tanto en edificios existente como de nueva construcción. Se integran soluciones de movilidad para la expansión de los modelos PED, además de redes eléctricas y térmicas que contribuyan a la eficiencia energética urbana.

ITALIA

Roma
Pietralata PED

Existente + nueva construcción– en planeamiento

Proyecto

Área: **70 000 m²**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Energía solar fotovoltaica (Carril bici solar)

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica, geotérmica, y bombas de calor.

Objetivos:

- Transición energética con sistemas inteligentes.



Img 2.26. Plano implantación en Mieres. Urban Europe

Img 2.27. Movilidad en Milano. Sharing Cities

Img 2.28. Instalación fotovoltaica en Milano. Sharing Cities

Img 2.29. Plano situación Milano. Sharing Cities

Img 2.30. Ciudad de Bolzano. Wikipedia

Img 2.31. Ciudad de Roma. Architectours

Trento – Santa Chiara Urban District – en planeamiento

El plan de acción en Trento incluye un ahorro global de energía de 760 000 MWh, una cuota de energía renovable de 10.200 MWh y una reducción de CO₂ de 210.500 toneladas. Se rehabilitan 4 complejos de edificios y se construye uno más a los que se les abastece calor y frío por cogenerador geotérmico, solar térmica, bombas de calor y almacenamiento de calor residual entre otras.

ITALIA

Trento
Santa Chiara Open Lab

Existente + nueva construcción – en planeamiento (2017– 2023)

Proyecto

Área: **3,5 ha**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Energía solar fotovoltaica 230kW, 291MWh/año
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía geotérmica 23750 m BHEs, y bombas de calor 1080 kW, 917 MWh/año, energía solar térmica y uso del calor residual.
- **Red:** Refrigeración
- **Origen:** Bombas de calor 1080 kW, 917 MWh/año.

Objetivos:

- Ahorro global de energía de 760 000 MWh y reducción de 210.500 toneladas de CO₂.



Trento – STARDUST – en planeamiento

Se renuevan las envolventes de los edificios con fachadas BIPV modulares, junto con la creación de chimeneas térmicas para la refrigeración por ventilación y un sistema de calefacción urbana de bombas de calor geotérmicas, además del aprovechamiento del calor residual y la energía fotovoltaica que suministre un barrio ya existente.

ITALIA

Trento
STARDUST

Existente – en planeamiento (2017– 2022)

Proyecto

Área: **30 ha**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Fotovoltaica 180 kW, 140 MWh/año
- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía geotérmica 11600 m de BHEs, bombas de calor 450 kW, 1.1 GWh/año y aprovechamiento del calor residual.

Objetivos:

- Renovación de envolventes integradas con BIPV
- Chimenea térmica para refrigeración por ventilación libre.



PORTUGAL

Évora – POCITYF – en ejecución

Se pretende transformar energéticamente tanto edificios de nueva construcción como zonas existentes, culturales e históricas protegidas en edificios de energía positiva, con flexibilidad de red, sistemas de almacenamiento y e-Movilidad. Se seleccionan cuatro distritos de uso mixto, entre ellos, el centro histórico de Évora (Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO) para las actividades de demostración, que acogen a 17 500 residentes. La captación de energía se basará en solar fotovoltaica (red eléctrica) y almacenamientos residenciales y calentadores de agua ya instalados.

PORTUGAL

Évora POCITYF

Existente + nueva construcción – en ejecución
(2019 – 2024)



Dimensiones del proyecto
Área: **6,11 ha** dividido en **3 PED**



Suministro de energía:

- **Red:** electricidad:
- **Origen:** Solar fotovoltaica
- Sistemas de almacenamiento y calentadores de agua residenciales ya instalados

Objetivos:

- Transformación de edificios existentes
- Flexibilidad en la red y sistemas de almacenamiento
- e-Movilidad para descarbonizar y aliviar el tráfico



PAISES BAJOS

Alkmaar – PoCiTYF – en ejecución

Alkmaar y Évora constituyen proyectos faro PoCiTYF demuestran soluciones integradas para implementar posteriormente a las ciudades de Granada-ES, Bari-IT, Celje-SI, Ujpest-HU, Loannina-GR, y Hvidore-DK. Proponen bloques de energía positiva, flexibilidad de la red, economía circular e integración de la e-movilidad. En Alkmaar se escogen 21 complejos de edificios que cubren una superficie total de 87.480 m2 con unas necesidades energéticas actuales de 13,25 GWh/año y se integran 16,2 GWh/año de energías renovables cubriendo el 144% de las necesidades netas totales, con una recuperación residual de 5.880MWh y un almacenamiento térmico a nivel de distrito equivalente a 2.052MWh. Todo lo anterior, junto con la integración de la movilidad eléctrica, dará lugar a una reducción total estimada de 9.743 GEI (en toneladas de CO2/año). En total, un ahorro anual de 2,32 GWh en 2024 dentro de sus PED.

Img 2.32. PED Trento.
Urban Europe.

Img 2.33. Ciudad de Trento

Img 2.34. Esquemas de
implantación. Pocityf

Img 2.35. Ciudad de Évora

PAÍSES BAJOS**Alkmaar**
PoCiTYFExistente + nueva construcción - en ejecución
(2019 - 2024)

Proyecto

Área **87 480 m²**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica.

- **Red:** ACS + calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica, bombas de calor.

Objetivos:

- FER locales de 16,2 GWh/año en los distritos;
- Cobertura del 144% de las necesidades energéticas netas totales con FER locales.
- Una recuperación del calor residual de 5880MWh;
- Un almacenamiento térmico a nivel de distrito equivalente a 2 052MWh.
- Movilidad eléctrica, reducción total estimada de 9 743 GEI (en toneladas de CO₂/año.

**Ámsterdam – ATELIER – en planeamiento y ejecución**

ATELIER es un proyecto de Ciudad Inteligente con dos Ciudades Faro y seis Ciudades asociadas. En Ámsterdam se desarrollan los grupos de edificios: Republica, Poppies, Schoonschip y De Ceuvel.

Schoonschip se conecta a la estación de recuperación de energía, la implantación de la red inteligente y la participación en la Comunidad Energética de Buiksloterham. De Ceuvel es una comunidad energética existente con una red inteligente, que participa en actividades de comercio de energía. La estación de recuperación de energía y la planta fotovoltaica local están situadas en los otros dos emplazamientos. En los edificios Republica y Poppies se despliega una microrred inteligente (basada en la experiencia en Schoonschip y De Ceuvel) para controlar simultáneamente la producción, el almacenamiento y el uso de las FER.

Se rehabilita lo existente y se completa el diseño de obra nueva con materiales de alta eficiencia energética: en fachadas con un aislamiento óptimo, en acristalamientos con ventanas triples, y en tejados con cubiertas verdes. Además, el PED integrará un centro de e-movilidad para 15-20 coches eléctricos, así como instalaciones para cargar bicicletas eléctricas y vehículos urbanos específicos, lo que reducirá las emisiones de CO₂, mejorará la calidad del aire local, contribuirá a equilibrar la red y reducirá el número de automóviles en la zona.

PAÍSES BAJOS

**Ámsterdam
ATELIER**

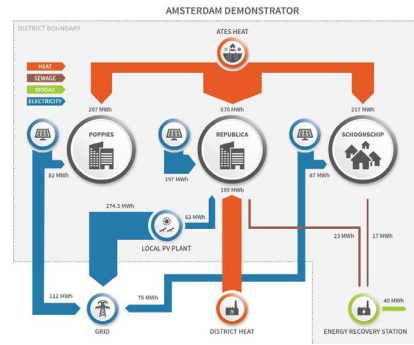
Nueva construcción - en planeamiento y ejecución (2019 - 2024)

Proyecto
Área **28 500 m²**

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** Solar fotovoltaica.

 - **Red:** ACS + calefacción
 - **Origen:** Energía solar térmica, geotérmica, bombas de calor.

- Objetivos:
- Mejorar la calidad del aire, reducir las emisiones de CO₂, introducir la e-Movilidad y ser autosuficiente energéticamente.



Groningen – MAKING CITY – en ejecución

Groningen se considera una ciudad faro con una metodología replicable en todo tipo de distritos. Como elementos energéticos incorpora PV, PVT, BIPV, solar térmica, Solaroad, digestión de residuos, geotermia o calor residual (de un hotel de datos), bombas de calor geotérmicas y calefacción urbana.

PAÍSES BAJOS

**Groningen
MAKING City**

Existente + nueva construcción - en ejecución (2018 - 2023)

Proyecto
Área: **45 047 m²** (distrito norte y sur)

- Suministro de energía:
- **Red:** Electricidad
 - **Origen:** fotovoltaica y fotov. Integrada con térmica

 - **Red:** ACS y calefacción
 - **Origen:** Energía geotérmica, calor residual (de un hotel de datos), bombas de calor geotérmicas.

 - **Red:** Gestión de residuos

- Objetivos:
- Ser una ciudad faro con una metodología replicable en todo tipo de distritos.



Img 2.36. Ciudad de Alkmaar. Sobre Holanda

Img 2.37. Funcionamiento PED Ámsterdam. Urban Europe

Img 2.38. Plano situación PED Ámsterdam. Urban Europe

Img 2.39. Ciudad de Groningen. Itinari

AUSTRIA

Graz – City District Development Graz-Reininghaus – en ejecución

Este proyecto focaliza su diseño en una estructura compacta de asentamiento, alto suministro de espacios verdes, buen transporte público, de peatones y carriles bici para un tráfico calmado añadiendo redes energéticas que constituyan un modelo para la elaboración de ciudades.

AUSTRIA **Graz**
City District Development Graz-Reininghaus

Nueva construcción – en ejecución (2012– 2025)

Proyecto
Área: **10 ha**

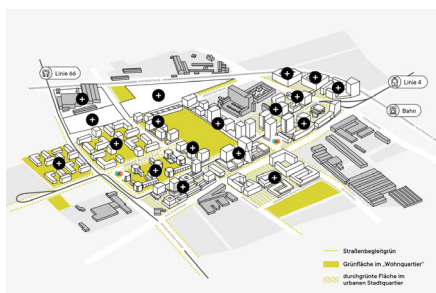
Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía geotérmica, bombas de calor y calor residual industrial.

Objetivos:

- Desarrollo de valores específicos como base legal en los contratos y recomendaciones para futuros desarrollos
- Estructura compacta, alta proporción de espacios verdes, reducción de automóviles y desarrollo de vías alternativas.



Vienna – Zukunftsquartier – en planeamiento

Para este proyecto se adoptan medidas de adaptación al clima como refrigeración suave en edificios, además de sistemas energéticos que incluyen sistemas fotovoltaicos, bombas de calor geotérmicas (mediante campos de sondeo y/o aguas subterráneas) y recuperación del calor excedente con el objetivo de ser un barrio eficiente y de energía positiva.

AUSTRIA **Vienna**
Zukunftsquartier

Existente + nueva construcción– en planeamiento (2018– 2024)

Proyecto
Área: -

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Energía solar fotovoltaica (Carril bici solar)

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Bombas de calor geotérmicas (campo de sondeos y/o aguas subterráneas) y uso del calor excedente y almacenamiento del mismo.

Objetivos:

- Descarbonizar el barrio



DINAMARCA

Odense – Coal phase out by 2025 – en ejecución

Con el objetivo de eliminar los combustibles fósiles para 2025 y llegar a los precios más baratos de la calefacción urbana en Dinamarca, Odense suministra calefacción urbana con calor residual y producción de energía a partir de renovables como la eólica. Además, se invierte en pequeñas unidades de energía con bombas de 10 - 20MW, calderas de biomasa de 30 - 50 MW y calderas eléctricas de más de 50 MW.

DINAMARCA

Odense

Coal phase out by 2025

Existente – en ejecución (2019 - 2024)

Proyecto

Área: **304,3 km²** municipio de Odense

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía eólica, almacenamiento del calor residual, calderas de biomasa y calderas eléctricas.

Objetivos:

- Eliminar los combustibles fósiles para 2025 y reducir el precio de la energía.



IRLANDA

Limerick – +CityxChange – en ejecución

Se trata de un proyecto de ciudad faro inteligente junto con Trondheim Kommune, Limerick City y County Council. Se integra la e-Movilidad como servicio, se tiene una visión de ciudad con directrices y participación comunitaria. Aumentarán en 100% el total de las FER, con la reducción de 1,5 toneladas/año de emisiones de NOx, un cambio del 10% de vehículos de combustible a eléctricos, incorporación de carga del vehículo al edificio y 3 nuevos DPEBs realizados entre otros impactos y objetivos.

Este proyecto incluye la rehabilitación de envolventes, garantizando estanqueidad, reacondicionamiento, ventilación avanzada, además de soluciones de recuperación mecánica de calor o ventilación controlada por demanda. Para sustituir los combustibles fósiles se establecen sistemas de bomba de calor aire-aire sustituyendo las calderas de gas o petróleo, energía solar térmica integrada en el edificio, que abastece a la red de ACS y energía fotovoltaica para suministrar electricidad. Se instala también un sistema de gestión de energía en el edificio (BEMS) y hogar (HMS) que permite el comercio de energía y la interacción con la red comunitaria.

Img 2.40. Vivienda PED
Graz. Urban Europe

Img 2.41. Plano explicativo
PED. Reining Haus Grunde

Img 2.42. Ciudad de
Viena. Civitatis

Img 2.43. Ciudad de
Odense. Getty Images

IRLANDA**Limerick**
+CityxChange

Existente – en ejecución (2019 – 2024)

Proyecto

Área: **1,5 ha**

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica.

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Solar térmica y bombas de calor.
- Rehabilitación de envolventes y reacondicionamiento por ventilación avanzada.

Objetivos:

- integra la e-Movilidad y vehículos EMAas, visión de ciudad con directrices y planes de acción, participación comunitaria, nuevos puestos de trabajo, aumento del 100% del total de FER, reducción de 1,5 tn/año de emisiones de Nox.

**TURQUÍA****Kadıköy (Istanbul) – MAKING CITY – en ejecución**

MAKING-CITY es un Proyecto de demostración a gran escala que se centra en la obtención de pruebas sobre el potencial de los PED, como un modelo más allá de las regulaciones europeas. Estos PED deben complementarse con una planificación del territorio a largo plazo para garantizar su ampliación y, en consecuencia, un mayor impacto. Las ciudades de Groningen (Países Bajos) y Oulu (Finlandia) actuarán como faros sobre León (España), Bassano del Grappa (Italia), Kadiköy (Turquía), Poprad (Eslovaquia), Vidin (Bulgaria) y Lublin (Polonia), ciudades seguidoras.

Por lo tanto, Kadıköy desarrolla un PED con alto nivel de réplica de las soluciones demostradas en Groningen y Oulu. Aunque este por definir, Kadıköy incluirá redes energéticas de electricidad, ACS y calefacción basadas en solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, y bombas de calor.

TURQUÍA**Istanbul-Kadıköy**
MAKING City - Follower City KadıköyExistente + nueva construcción – en ejecución
(2019 – 2024)

Proyecto

Área: -

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Solar fotovoltaica y eólica.

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Solar térmica y bombas de calor.

Objetivos:

- PED con alto nivel de réplica de las soluciones demostradas en Groningen y Oulu.



RUMANÍA

Măgurele – Laser Valley, Land of Lights – en ejecución

Laser Valley - Land of Lights abarca varios condados de Rumanía con grandes implicaciones para el desarrollo, el transporte y el eje de movilidad. El proyecto se entiende como una ciudad científica con estrategias de renovación urbana, planificación general de la energía y políticas de apoyo al ecosistema empresarial. En cuanto al suministro de energía establecen una red de ACS y calefacción con origen en la energía solar térmica y la geotérmica.

RUMANIA

Magurele

Laser Valley – Land of Lights

Existente + nueva construcción – en ejecución

Proyecto

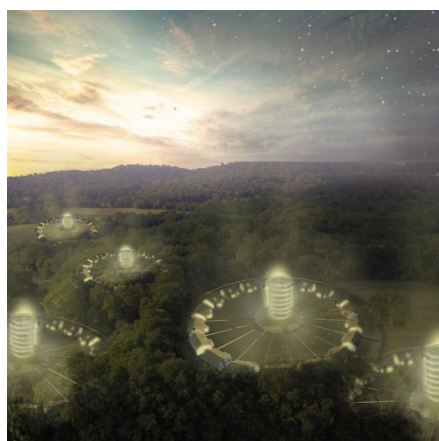
Área: 4 620 ha

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica y geotérmica.

Objetivos:

- Ciudad en crecimiento, estrategias de renovación urbana, planificación general de la energía y políticas de apoyo al ecosistema empresarial



HUNGRIA

Győr – Győr Geothermal District Heating Project – en funcionamiento

Se implementa un gran Proyecto de calefacción urbana geotérmica a partir de tres pozos de producción de agua termal. Esta producción se transmite a los consumidores y se reinyecta cuando el fluido se enfría. La electricidad proporcionada al barrio se suministra a partir de solar fotovoltaica.

HUNGRIA

Győr

Győr Geothermal District Heating Project

Nueva construcción – en funcionamiento (2013-2015)

Proyecto

Área: 5 ha

Suministro de energía:

- **Red:** Electricidad
- **Origen:** Energía solar fotovoltaica

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía geotérmica

Objetivos:

- Suministro íntegro de calefacción a partir de energía geotérmica.



Img 2.44. Ciudad de Limerick. Limerick 2030

Img 2.45. Ciudad de Istanbul

Img 2.46: Imagen PED Magurele. Urban Europe

Img 2.47. Ciudad de Győr. Pannergy

ESTONIA

Võru – +CityxChange – en ejecución

Se combina la creación de un prototipo futuro y la creación de un mercado energético común. La ciudad de Võru quiere centrarse en su centro histórico con el fin de disminuir las emisiones de CO₂. En sus redes energéticas instalan calderas de biomasa y energía solar térmica para procurar de electricidad, ACS y calefacción.

ESTONIA

Võru
+CityxChange

Existente + nueva construcción – en ejecución
(2018 - 2023)

Proyecto
Área: 220 000 m²

Suministro de energía:

- **Red:** ACS y calefacción
- **Origen:** Energía solar térmica y biomasa.

- Uso de materiales renovables

Objetivos:

- Creación de un prototipo y de un mercado energético común. Ciudad seguidora.



Img 2.48. Expected Impact PED Voru. Urban Europe

3 Comparación de los casos estudiados

		AREA	REFRIGERACIÓN		Gestión residuos	E-MOVILIDAD	REHABILITACIÓN
		km ²	Calor residual	Bombas de calor		Carga ev	
FINLANDIA	Åland Island	13300	no	no	no	no	no
	Oulu	0.04	SI	no	no	no	no
	Espoo	0.52	no	no	no	SI	no
NORUEGA	Stor-Elvdal	0.061	no	no	no	no	no
	Bodø	3.4	no	no	no	no	no
	Drammen	0.001	no	no	no	no	no
	Elverum	0.43	no	no	no	no	no
	Trondheim	0.76	no	no	no	no	no
	Bergen	0.378	no	no	no	no	no
	SUECIA	Lund	2.25	no	no	no	no
	Stockholm	2.00E-06	no	no	SI	no	no
FRANCIA	Carquefou	0.35	no	no	SI	SI	no
	Grenoble	18.13	no	no	no	no	no
ESPAÑA	Móstoles		no	no	no	no	no
	Bilbao	0.65	no	no	no	no	no
	Paterna	0.25	no	no	no	no	no
	Mieres	1	no	no	no	no	no
ITALIA	Milano	0.028	no	no	no	SI	SI
	Bolzano	7.85	no	no	no	no	SI
	Roma	0.07	no	no	no	no	no
	Trento	0.035	no	SI	no	no	no
	Trento 2	0.3	no	no	no	no	SI
PORTUGAL	Évora	0.0611	no	no	no	SI	SI
	Alkmaar	0.08748	no	no	no	SI	no
PAÍSES BAJOS	Ámsterdam	0.0285	no	no	no	SI	no
	Groningen	0.045047	no	no	SI	no	no
AUSTRIA	Graz	0.1	no	no	no	SI	no
	Viena		no	no	no	no	no
DINAMARCA	Odense	304.3	no	no	no	no	no
IRLANDA	Limerick	0.0,015	no	no	no	SI	SI
TURQUÍA	Istanbul-Kadıköy		no	no	no	no	no
RUMANÍA	Magurele	46.2	no	no	no	no	no
HUNGRÍA	Győr	0.05	no	no	no	no	no
ESTONIA	Võru	0.22	no	no	no	no	no

Σ	13687.595
MEDIA	456.25317

Comparación de todos los casos

		AREA	RED ELÉCTRICA				
		km ²	PV	Eólica	Cogeneración	Undimotriz	Hidroeléctrica
FINLANDIA	Åland Island	13300	SI	SI	SI	SI	
	Oulu	0.04	—	—	—	—	—
	Espoo	0.52	—	—	SI	—	—
NORUEGA	Stor-Elvdal	0.061	no	no	SI		
	Bodø	3.4	—	—	—	—	—
	Drammen	0.001	—	—	—	—	—
	Elverum	0.43	SI	no	no	no	no
	Trondheim	0.76	no	no	no	no	SI
	Bergen	0.378	SI	no	no	no	no
SUECIA	Lund	2.25	SI	no	no	no	no
	Stockholm	2.00E-06	—	—	—	—	—
FRANCIA	Carquefou	0.35	SI	no	no	no	no
	Grenoble	18.13	—	—	—	—	—
ESPAÑA	Móstoles		—	—	—	—	—
	Bilbao	0.65	SI	no	no	no	no
	Paterna	0.25	SI	no	no	no	no
	Mieres	1	—	—	—	—	—
ITALIA	Milano	0.028	SI	no	no	no	no
	Bolzano	7.85	—	—	—	—	—
	Roma	0.07	SI	no	no	no	no
	Trento	0.035	SI	no	no	no	no
	Trento 2	0.3	SI	no	no	no	no
PORTUGAL	Évora	0.0611	SI	no	no	no	no
	Alkmaar	0.08748	SI	no	no	no	no
PAÍSES BAJOS	Ámsterdam	0.0285	SI	no	no	no	no
	Groningen	0.045047	SI	no	no	no	no
AUSTRIA	Graz	0.1	SI	no	no	no	no
	Viena		SI	no	no	no	no
DINAMARCA	Odense	304.3	—	—	—	—	—
IRLANDA	Limerick	0.0,015	SI	no	no	no	no
TURQUÍA	Istanbul-Kadıköy		SI	SI	no	no	no
RUMANÍA	Magurele	46.2	—	—	—	—	—
HUNGRÍA	Győr	0.05	SI	no	no	no	no
ESTONIA	Võru	0.22	—	—	—	—	—
	Σ	13687.595	% 90.90%	% 9.09%	% 13.63%	% 4.54%	% 4.54%
	MEDIA	456.25317	% 76%	% 7.69%	% 7.69%	% 3.84%	% 3.84%

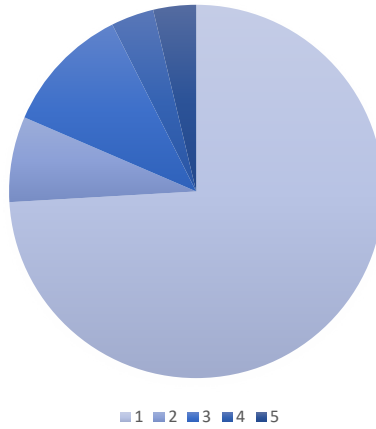
ACS + CALEFACCIÓN											
PV efecto joule	Eólica	Cogeneración	Geotérmica	Solar térmica	Bombas de calor	Hidrotermia	Biomasa	Biogas	Calor residual	Almacenamiento	
no	no	SI	SI	no	no	no	SI	no	no	SI	
SI	no		SI	no	no	no	no	no	no	SI	
no	no	SI	SI	SI	SI	no	SI	no	SI	SI	
no	no	SI	no	no	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	no	no	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	no	no	no	SI	no	no	SI	
SI	no	no	no	no	SI	no	SI	no	no	SI	
no	no	no	no	SI	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	SI	SI	SI	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	SI	no	no	
no	no	no	no	no	no	no	SI	no	no	no	
no	no	no	no	no	no	no	SI	no	SI	no	
no	no	no	no	SI	no	no	SI	no	no	no	
no	no	no	SI	no	SI	SI	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	SI	SI	SI	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	SI	
no	no	no	no	SI	SI	SI	no	no	SI	SI	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	SI	SI	
no	SI	no	no	no	no	no	SI	no	SI	SI	
no	no	no	no	SI	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	SI	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	no	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	SI	no	no	SI	no	no	no	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
5.88%	2.94%	8.82%	52.94%	47.05%	55.88%	2.94%	26.47%	2.94%	35.29%	26.47%	
2.19%	1.10%	3.29%	19.78%	17.58%	20.88%	1.10%	9.89%	1.10%	13.18	9.89%	

Comparación de climas semejantes

		AREA	RED ELÉCTRICA				
		km ²	PV	Eólica	Cogeneración	Undimotriz	Hidroeléctrica
FRANCIA	Carquefou	0.35	SI	no	no	no	no
	Grenoble	18.13	—	—	—	—	—
ESPAÑA	Móstoles		—	—	—	—	—
	Bilbao	0.65	SI	no	no	no	no
	Paterna	0.25	SI	no	no	no	no
	Mieres	1	—	—	—	—	—
ITALIA	Milano	0.028	SI	no	no	no	no
	Bolzano	7.85	—	—	—	—	—
	Roma	0.07	SI	no	no	no	no
	Trento	0.035	SI	no	no	no	no
	Trento 2	0.3	SI	no	no	no	no
PORTUGAL	Évora	0.0611	SI	no	no	no	no
			1	2	3	4	5
%			100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

RED ELÉCTRICA

Comparación de todos los casos



Comparación de climas semejantes



ACS + CALEFACCIÓN											
PV	Eólica	Cogeneración	Geotérmica	Solar térmica	Bombas de calor	Hidrotermia	Biomasa	Biogas	Calor residual	Almacenamiento	
no	no	no	no	no	no	no	SI	no	no	no	
no	no	no	no	no	no	no	SI	no	SI	no	
no	no	no	no	SI	no	no	SI	no	no	no	
no	no	no	SI	no	SI	SI	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	no	no	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	no	SI	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	no	no	
no	no	no	SI	SI	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	SI	no	SI	no	no	no	SI	no	
no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	SI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0.00%	0.00%	0.00%	58.33%	41.67%	50.00%	8.33%	25.00%	0.00%	33.33%	8.33%	

Tabla 3.1. Comparación Área, Refrigeración, Gestión de residuos, E-Movilidad, Rehabilitación.

Tabla 3.1 Comparación eléctrica

Tabla 3.3. Comparación ACS + Refrigeración

Tabla 3.4. Comparación clima semejante electricidad

Tabla 3.5. Comparación climas semejantes ACS + Calefacción

Gráfica 3.1. Red eléctrica

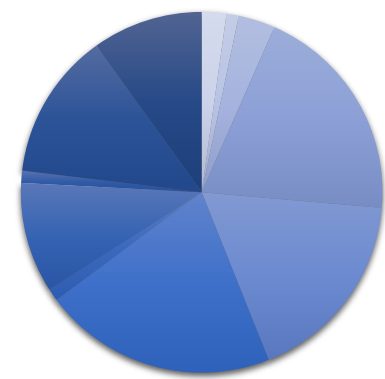
Gráfico 3.2. Red eléctrica climas semejantes

Gráfico 3.4. Red térmica climas semejantes

Elaboración propia

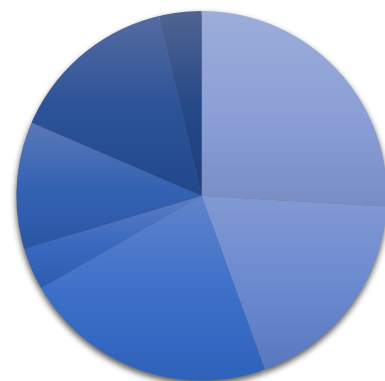
RED TÉRMICA

Comparación de todos los casos



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ 10 ■ 11

Comparación de climas semejantes



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ■ 6 ■ 7 ■ 8 ■ 9 ■ 10 ■ 11

4 Conclusiones parciales: instalaciones energéticas

Como consecuencia del estudio en la aplicación de instalaciones energéticas en la ciudad, el uso de los recursos disponibles en el entorno de la misma constituye un elemento básico para la determinación de la instalación óptima en cada caso. De tal manera, recursos como la energía hidroeléctrica y undimotriz son de gran potencial, pero menormente aplicables dada la necesidad de cercanía a saltos de agua o al mar. Sin embargo, otras instalaciones destacan por su recurrente uso en distintos climas.

Centrando el estudio en climas similares al de España, para su posterior aplicación en Madrid, se obtiene la energía solar fotovoltaica como la más eficiente, dado su uso en un 100% de los casos estudiados, para su aportación energética a la red eléctrica. España tiene una gran incidencia solar y, por lo tanto, se decide aplicar esta energía para el abastecimiento eléctrico de Madrid.

En cuanto a la demanda de ACS y calefacción, es la energía geotérmica la más recurrente en los casos de estudio anteriormente vistos, debido a la poca superficie que demanda y su gran eficiencia sin importar el clima. Se implementará como captaciones verticales de profundidad conectadas a bombas de calor. Para cerrar el ciclo, la red energética deberá cubrir tanto la demanda en vivienda como la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de las bombas de calor geotérmicas. Además, este tipo de instalación permitirá refrigerar en épocas cálidas, pues alrededor de los 100 m de profundidad, el subsuelo mantiene una temperatura constante de aproximadamente 15-20°C.

Se descarta el uso de la energía solar térmica, de elevado porcentaje en su uso, para destinar toda la superficie en desuso a la instalación de placas solares fotovoltaicas que contribuyan a la red eléctrica. Sin embargo, es otra fuente potencial a tener en cuenta en proyectos energéticos.

La demanda de calor se complementará con una red de recogida de residuos, tanto orgánicos domésticos, como de podas y residuos madereros para la implantación de instalaciones de biomasa y biogás que contribuyan al aprovechamiento de todas las fuentes energéticas potenciales producidas dentro de la ciudad, y a la reducción de residuos y malgasto energético.

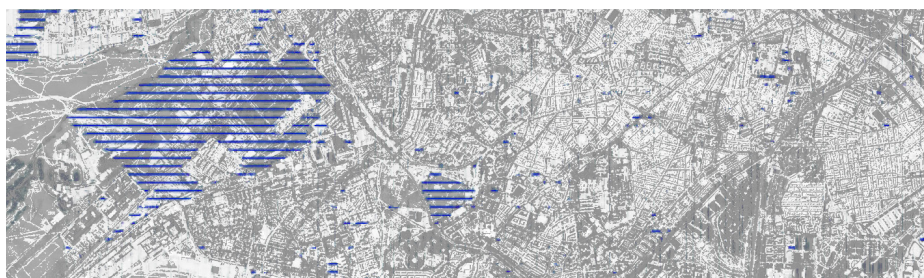
5 Madrid en desuso: selección de casos y criterios

Se encuentra una noticia publicada en 2017 que comunica que el Ayuntamiento de Madrid tiene 35 inmuebles vacíos, entre estos, centros escolares, vivienda, locales y mercados, entre muchos otros. La comunidad de Madrid contiene patrimonio en desuso que recoge tanto edificios, como suelo. Dada la antigüedad del comunicado, se selecciona cada uno de los edificios y se comprueba si siguen en el mismo estado. De esta selección se descartan aquellos que no reúnan las condiciones aptas para la implantación de instalaciones energéticas.

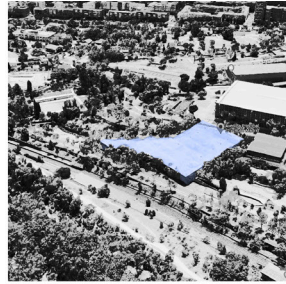
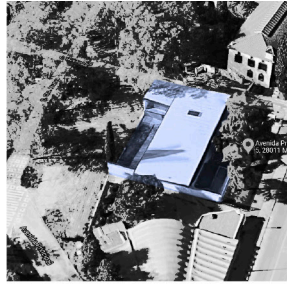
En primer lugar, se descarta el Palacio de la Duquesa de Sueca, situado en la Plaza Duque de Alba 2, debido a que ya ha sido rehabilitado para otros usos. En segundo lugar, se descartan todos aquellos que constituyan viviendas o locales, ya que no se consideran aptos para las instalaciones anteriormente dichas. Y, por último, se quitan todos los ubicados dentro de la casa de campo, pues por ubicación, tienen poca cercanía al núcleo urbano.

En cuanto al suelo público en desuso, obtenido del IDEM (Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid), se usará todo el necesario para cubrir las necesidades de cada distrito.

Con todos estos datos, se establece como ámbito de estudio los barrios de Carabanchel, Aluche y Las Águilas, con el patrimonio correspondiente al cuartel militar en desuso situado en la Av. De Carabanchel Alto, y a los centros educativos ubicados en C/ Camarena 247 y C/ Rafael Finat 75. Este patrimonio se usará con el objetivo de implantar instalaciones energéticas óptimas para la ciudad.



Img 5.1. Patrimonio de suelo publico en desuso.



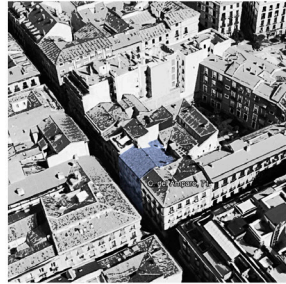
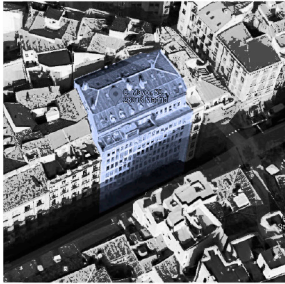
Edificios en desuso:

(orden de lectura)

Img 5.2. Avenida Principal, 3

Img 5.3. Avenida Principal, 5

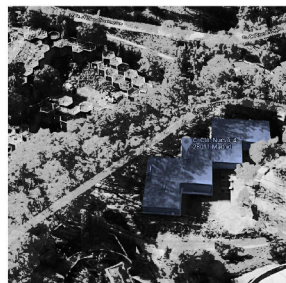
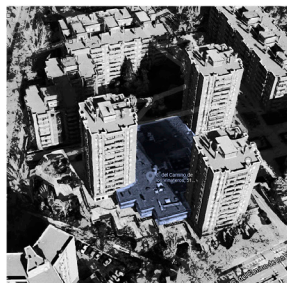
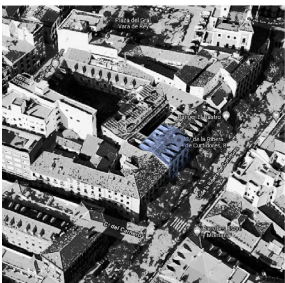
Img 5.4. Avenida Principal, 21, Madrid



Img 5.5. C. Mayor, 58, 28013

Img 5.6. C. Rafael Bergamín, 8, 28043

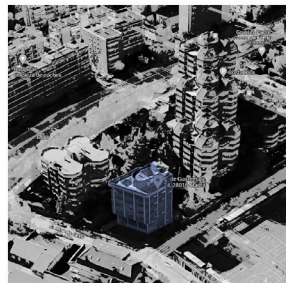
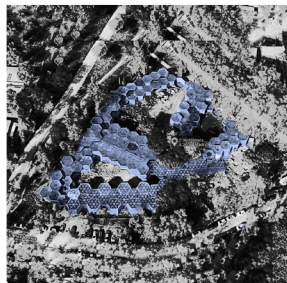
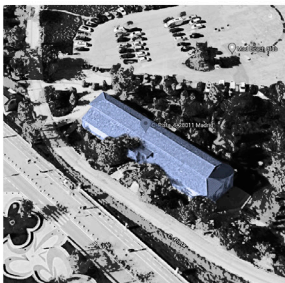
Img 5.7. Calle Amparo, 71



Img 5.8. Calle Ribera De Curtidores, 8

Img 5.9. Calle Camino De Los Vinateros, 51

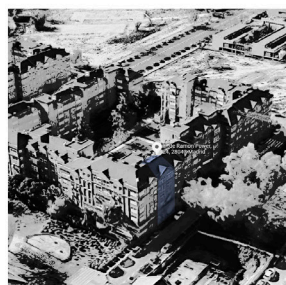
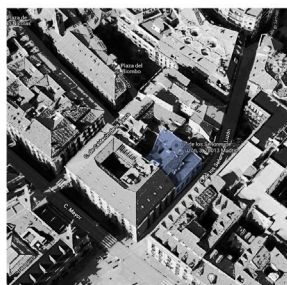
Img 5.10. Calle De La Cuesta Nueva, 4



Img 5.11. Calle De La Pista, 4

Img 5.12. Calle De Los Hexágonos, 4

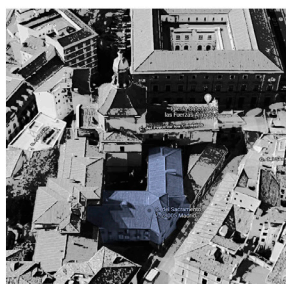
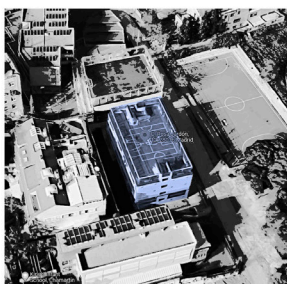
Img 5.13. Calle Guatemala, 24



Img 5.14. Calle Pedro Heredia, 36

Img 5.15. Calle Señores De Luzon, 3

Img 5.16. Calle Ramon Power, 24

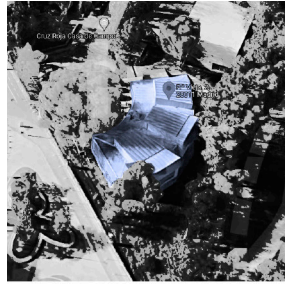


Img 5.17. Calle Rodriguez Espinosa, 13

Img 5.18. Calle Rosa Jardón, 12

Img 5.19. Calle Sacramento, 7

Img 5.20. Paseo Viejo, 2



Img 5.21. Plaza Cascorro, 11



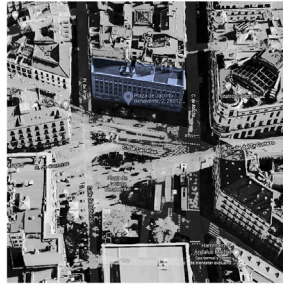
Img 5.22. Plaza Duque de Alba, 2



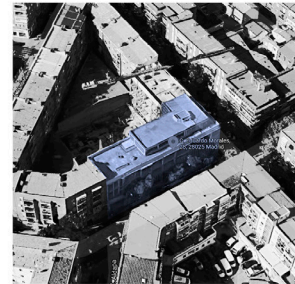
Img 5.23. Calle Villaamil, 45



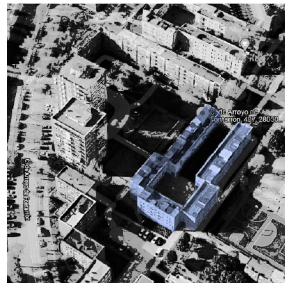
Img 5.24. Plaza Jacinto Benavente, 2



Img 5.25. C. Eduardo Morales, 28



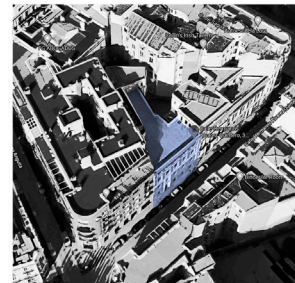
Img 5.26. Calle Arroyo Fontarrón, 407



Img 5.27. Calle De La Pista, 3

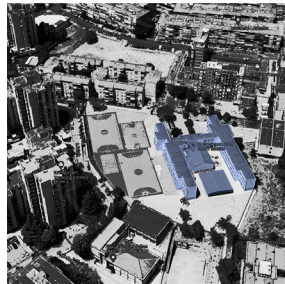


Img 5.28. Calle Hermanos Álvarez Quintero, 3

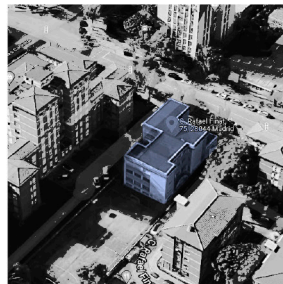


Seleccionados:

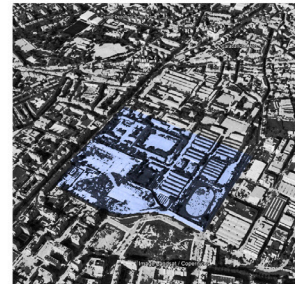
Img 5.29. C/ Camarena 247



Img 5.30. C/ Rafael Finat 75



Img 5.31. Av. De Carabanchel Alto



6 Cálculo de la demanda energética en los ámbitos de estudio

Para conocer la demanda energética a cubrir son necesarios datos como la población, el número de vivienda y los metros cuadrados de la misma, datos extraíbles del INE (Instituto Nacional de Estadística) y de la Sede Electrónica del Catastro.

Población

En el ámbito de estudio elegido, la población total asciende a 427 308 personas, repartidas en 100 722 en Aluche, 68 958 en Las águilas y 257 628 en Carabanchel.

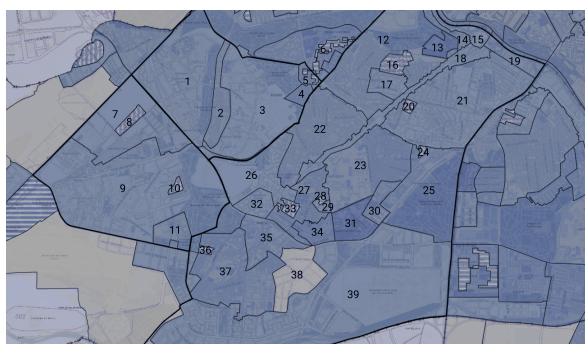
	Población total
Aluche	100 722
Las Águilas	68 958
Carabanchel	257 628
Σ	427 308

Vivienda

Cada distrito se divide en zonas de igual condición de vivienda, donde entran datos como la tipología constructiva, la calidad y antigüedad de la edificación, el valor medio de la vivienda, la superficie construida en m² y el número de inmuebles para esta división en zonas. De aquí se recogen los datos útiles para la obtención de la demanda energética, como son las unidades de vivienda y la superficie construida de cada una de ellas, que se desglosa para concluir con que; en Aluche existen 33 574 viviendas con 2 616 836 m² construidos totales; en Las Águilas hay 22 986 viviendas con 1 857 490 m² construidos totales; y Carabanchel contiene 121 593 viviendas con 9 400 348 m² construidos totales. Esto hace un total de 178 153 viviendas y 13 874 674 m² de superficie construida total.

Tabla 6.1 Población total.
INE. Elaboración propia

Img6.1. Zonas equidistribución.
Catastro. Elaboración propia



	zonas	nº viviendas	m2 vivienda	m2	
Aluche	1	12 447	80	995 760	
	2	6 018	71	427 278	
	3	9 416	80	753 280	
	4	1 658	71	117 718	
	5	3 433	80	274 640	
	6	602	80	48 160	
	Σ	33 574		2 616 836	m2 en aluche
Las Águilas	7	1 327	90	119 430	
	8	92	80	7 360	
	9	20 296	80	1 623 680	
	10	89	140	12 460	
	11	1 182	80	94 560	
	Σ	22 986		1 857 490	m2 en Las Águilas
Carabanchel	12	10 725	71	761 475	
	13	825	112	92 400	
	14	2 310	80	184 800	
	15	1 128	100	112 800	
	16	576	90	51 840	
	17	1 767	90	159 030	
	18	5 641	80	451 280	
	19	3 065	90	275 850	
	20	80	140	11 200	
	21	29 271	71	2 078 241	
	22	13 645	71	968 795	
	23	8 219	71	583 549	
	24	60	90	5 400	
	25	2 870	80	229 600	
	26	3 346	100	334 600	
	27	3 201	71	227 271	
	28	48	71	3 408	
	29	509	90	45 810	
	30	2 263	71	160 673	
	31	2 071	100	207 100	
32	1 574	80	125 920		
33	58	250	14 500		
34	2 529	71	179 559		
35	1 995	80	159 600		
36	51	112	5 712		
37	8 895	71	631 545		
38	sin datos				
39	14 871	90	1 338 390		
	Σ	121 593		9 400 348	m2 en Carabanchel
	Σ	178 153	nº vivienda total	13 874 674	m2 totales
	90,13		m2 de media por vivienda		
	2,398		media personas por vivienda		

Demanda de electricidad

Según IDAE, en un hogar español hacen falta unos 40 kWh/m²·año para cubrir la demanda de energía eléctrica. Esta puede cubrirse con fuentes renovables como la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y la cogeneración.

$$Aluche = \frac{40 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{40 \text{ [kWh]} * 2\,616\,836 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 104\,673\,440 \text{ kWh/año}$$

$$Las \text{ Águilas} = \frac{40 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{40 \text{ [kWh]} * 1\,857\,490 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 74\,299\,600 \text{ kWh/año}$$

$$Carabanchel = \frac{40 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{40 \text{ [kWh]} * 9\,400\,348 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 376\,013\,920 \text{ kWh/año}$$

Demanda de electricidad del total del área de estudio = 554 986 960 kWh/año

Demanda de calefacción

La calefacción puede cubrirse con fuentes como la energía geotérmica, a través de bomba de calor, por biomasa, biogás, y cogeneración.

Para cumplir con la demanda de calefacción, según la normativa del CTE anterior a la actual, podrían hacer falta unos 40 kWh/m²·año en edificios de nueva construcción. Sin embargo, al estar tratando con barrios de edificaciones antiguas, una cifra más precisa sería 80 kWh/m²·año para cubrir la demanda anual. Esto supone una demanda por barrio de:

$$Aluche = \frac{80 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{80 \text{ [kWh]} * 2\,616\,836 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 209\,346\,880 \text{ kWh/año}$$

$$Las \text{ Águilas} = \frac{80 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{80 \text{ [kWh]} * 1\,857\,490 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 148\,599\,200 \text{ kWh/año}$$

$$Carabanchel = \frac{80 \text{ [kWh]}}{[m_2 * \text{año}]} = \frac{80 \text{ [kWh]} * 9\,400\,348 \text{ [m}_2]}{[m_2 * \text{año}]} = 752\,027\,840 \text{ kWh/año}$$

Demanda de calefacción del total del área de estudio = 1 109 973 920 kWh/año

Demanda de refrigeración

Es posible cubrir esta demanda con bombas de calor geotérmicas. Al igual que con la demanda en calefacción, cumpliendo el CTE anterior al actual en refrigeración se necesitan unos 15 kWh/m²·año, pero como se trabaja con edificación antigua, se usa 30 kWh/m²·año como dato más probable.

$$Aluche = \frac{30 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{30 [kWh] * 2\,616\,836 [m_2]}{[m_2 * año]} = 78\,505\,080 \text{ kWh/año}$$

$$Las \text{ Águilas} = \frac{30 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{30 [kWh] * 1\,857\,490 [m_2]}{[m_2 * año]} = 55\,724\,700 \text{ kWh/año}$$

$$Carabanchel = \frac{30 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{30 [kWh] * 9\,400\,348 [m_2]}{[m_2 * año]} = 282\,010\,440 \text{ kWh/año}$$

Demanda de refrigeración del total del área de estudio = 416 240 220 kWh/año

Demanda de energía para agua caliente sanitaria

Es posible cubrir esta demanda con biomasa, biogás y/o cogeneración.

El cálculo de la demanda en ACS considera los litros de agua de consumo, el calor específico del agua a calentar y el salto térmico del mismo. Considerando como litros consumidos 60 l al día, de calor específico 1 kJ/l*K y un salto térmico de 33°C, obtenemos un consumo de 0,55 kWh/día. Teniendo en cuenta, además, una media de 2,39 personas por vivienda y 90 m² por vivienda en el ámbito de estudio, se obtiene una demanda de 5,33 kWh/m²·año, que establecerá las demandas totales por barrio.

$$Demanda \text{ al día} = 60 [l/per \text{ día}] * 1 [kJ/l * K] * (45 - 12)[K] = 0,55 \text{ kWh/día}$$

$$Demanda \text{ al año} = \frac{0,55 [kWh/día] * 365 [día] * 2,39 [personas]}{90 [m_2]} = 5,33 \text{ kWh/año}$$

$$Aluche = \frac{5,33 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{5,33 [kWh] * 2\,616\,836 [m_2]}{[m_2 * año]} = 13\,947\,735,88 \text{ kWh/año}$$

$$Las \text{ Águilas} = \frac{5,33 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{5,33 [kWh] * 1\,857\,490 [m_2]}{[m_2 * año]} = 9\,900\,421,7 \text{ kWh/año}$$

$$Carabanchel = \frac{5,33 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{5,33 [kWh] * 9\,400\,348 [m_2]}{[m_2 * año]} = 50\,103\,854,84 \text{ kWh/año}$$

Demanda de ACS del total del área de estudio = 73 952 012,42 kWh/año

Demanda de energía para cocinar

Cubierta con energía fotovoltaica y biogás según sea el tipo de cocina. La demanda de este tipo energía requiere 1,539 kWh/persona·día= 14 kWh/m²·año. Por barrio supone:

$$Aluche = \frac{14 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{14 [kWh] * 2\,616\,836 [m_2]}{[m_2 * año]} = 36\,635\,704 \text{ kWh/año}$$

$$Las \text{ Águilas} = \frac{14 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{14 [kWh] * 1\,857\,490 [m_2]}{[m_2 * año]} = 26\,004\,860 \text{ kWh/año}$$

$$Carabanchel = \frac{14 [kWh]}{[m_2 * año]} = \frac{14 [kWh] * 9\,400\,348 [m_2]}{[m_2 * año]} = 131\,604\,872 \text{ kWh/año}$$

Demanda de energía para cocinar del total del área de estudio = 194 245 436 kWh/año

Demanda energética total

	m2 vivienda	Electricidad	Calefacción	Refrigeración	Cocinar	ACS
	m2	[kWh/año]	[kWh/año]	[kWh/año]	[kWh/año]	[kWh/año]
Aluche	2 616 836	104 673 440	209 346 880	78 505 080	36 635 704	13 947 735,88
Las Águilas	1 857 490	74 299 600	148 599 200	55 724 700	26 004 860	9 900 421,7
Carabanchel	9 400 348	376 013 920	752 027 840	282 010 440	131 604 872	50 103 854,84
Σ	13 874 674	554986960	1 109 973 920	416 240 220	194 245 436	73 952 012,42

PV, cogn, eólica

Geo, biomasa,
biogas,cog

Geotermia

PV, biogas

Biomasa, biogas,
cog

Tabla 6.3. Demanda energética total. Elaboración propia

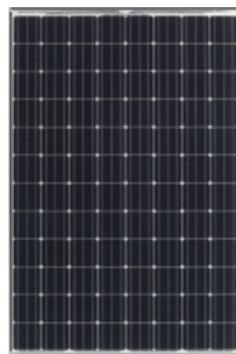
Esta demanda se cubrirá con las instalaciones seleccionadas y en las dimensiones aptas para la integración en el ámbito de estudio.

7 Producción de energía

Producción de energía solar fotovoltaica

En primer lugar, se elige el modelo con el que se va a trabajar, que condiciona el cálculo según sus dimensiones y eficiencia. En este caso, se elige el módulo solar de silicio cristalino VBHN₃XXSJ₄₇ de ASSolar. Una sola placa de este modelo, de media 328W de potencia instalada, con una inclinación de 35° y una orientación estricta a Sur ofrece una producción anual de 539,84 kWh/año.

Posteriormente, y por cada caso de estudio elegido, se instalará este módulo para conocer la demanda energética que puede cubrirse con este sistema.



VBHN₃XXSJ₄₇ (325 - 330W)

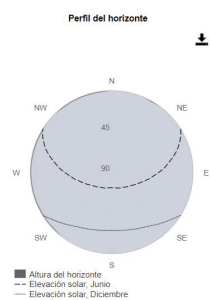
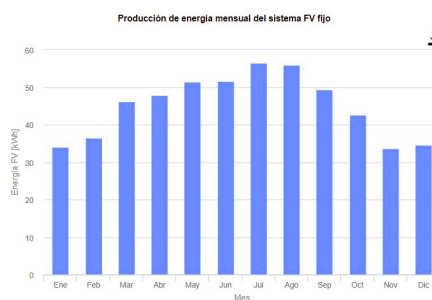
Modelo	VBHN325SJ47	VBHN330SJ47
Eficiencia Máxima	19.4 %	19.7 %
Peso / Dimensiones	18.5 kg / 1590 x 1053 x 35 mm	
Tolerancia	+10/-0 %	
Coef. Temperatura PMPP	-0.29 %/°C	
Células	Células HIT*	
Carga de Viento / Nieve	2400 Pa / 2400 Pa	
Garantía de Producto	15 años	

Resumen

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	40.391, -3.724
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	0.328
Pérdidas sistema [%]:	14
Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	35
Ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual FV [kWh]:	539.84
Irradiación anual [kWh/m²]:	2107.28
Variación interanual [kWh]:	20.75
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.59
Efectos especiales [%]:	0.49
Temperatura y baja irradiación [%]:	-7.22
Pérdidas totales [%]:	-21.9

Img 7.1. Modelo
VBHN₃XXSJ₄₇ ASSolar

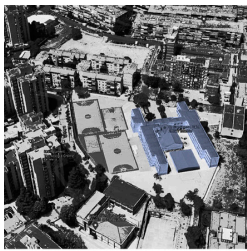
Img 7.2. Fotovoltaic geographical
information system



Aluche

En el caso del edificio del que se dispone en el barrio de Aluche, se aprovechan únicamente las cubiertas debido a que en el resto del solar hay canchas deportivas que destinan a su mismo uso.

Por la geometría de la cubierta y teniendo en cuenta las sombras que proyecta, se colocan un total de 713 módulos solares, que constituyen una producción anual de 384 905,92 kWh/año. El barrio, sin embargo, requiere de 104 673 440 kWh/año, por lo cual, se cubre únicamente un 0,37% de la demanda energética, necesitando 193 184 módulos solares adicionales para cubrir el 100% de esta.



Aluche		
1placa 328 W	539,84	kWh/año
	0%	
nº pl necesaria	193 897	placas
pl puestas	713	placas
Producción anual	384 905,92	kWh/año
Demanda	104 673 440	kWh/año
Faltan	104 288 534	kWh/año
Faltan	193 184	placas
cubierto un: 0,37 %		

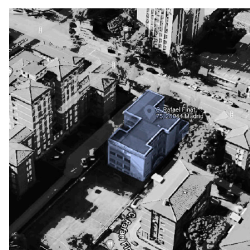
Img 7.3. C/ Camarena 247

Tabla 7.1. Producción energética de Aluche. Elaboración propia

Las Águilas

Dadas las proporciones del edificio en desuso, se extrae su geometría y con ella la cantidad de módulos fotovoltaicos que se pueden instalar. Completando el máximo del espacio disponible con la separación requerida de las placas entre sí, se dispone de 126 unidades en cubierta y 319 unidades en el resto del solar. Este total de 445 placas, proporciona una potencia instalada de 145,96 kWh/año y con ello, una producción anual de 240 227,39 kWh/año.

Comparando la producción con los 74 299 600 kWh/año que requiere el distrito, se cubre únicamente un 0,32% de la demanda. Para que esta demanda sea completada, se necesitan 74 059 372,61 kWh/año, o lo que es lo mismo 137 188 placas solares fotovoltaicas adicionales.



Img 7.4. C/ Camarena 247

Tabla 7.2. Producción energética de Las Águilas.
C/ Rafael Finat 75

Las Águilas			
	nº placas:		
	tejado	patio	
1placa 328 W	126	319	placas
0%			
nº pl necesaria	137 632	suma 445	
		x328	
pl puestas	445 placas	P instalada	145,96 kWh/año
		Producción anual	240 227,39 kWh/año
		Demanda	74 299 600 kWh/año
		Faltan	74 059 372,61 kWh/año
		Faltan	137 188 placas

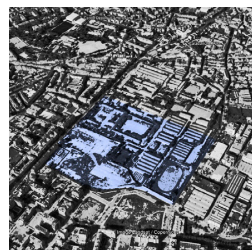
cubierto un: 0,32 %

Carabanchel

En este distrito disponemos de un cuartel militar, lo que conlleva una mayor expansión de superficie a utilizar. De esta, se aprovechan todas las cubiertas y mucha de la superficie de suelo, descartando aquellas que constituyen espacio de circulación, las que tienen una gran proyección de sombra y las reservadas a otros usos energéticos.

Todos los módulos instalados en suelo tendrán orientación estricta a Sur, mientras que, en el caso de las cubiertas, las placas se adaptarán a la orientación de la geometría. Por ello, se hace una distinción entre las distintas orientaciones de 0%, 4% y 5% respecto al Sur para que el cálculo energético sea preciso.

Se disponen 7 223 placas con una orientación del 4% que producen 3 897 097,42 kWh/año, 1 330 unidades con orientación del 5% y producción de 717 308,9 kWh/año, y 16 009 estrictas a Sur que producen 8 642 298,56 kWh/año. Todo el conjunto contribuye con 13 256 704,88 kWh/año que a la demanda de 376 013 920 kWh/año supone cubrir un 3,5% del total. Harían falta 672 345 placas adicionales para que se cubriera el 100% de la demanda.



Carabanchel				
Producción anual según orientación				
1placa 328 W	539,54	539,33	539,84	kWh/año
	4%	5%	0%	
nº pl neces	696 915			
pl puestas	7 223	1 330	16 009	placas
Producción anual	3 897 097,42	717 308,9	8 642 298,56	kWh/año
		suma	13 256 704,88	kWh/año
		Demanda	376 013 920	kWh/año
		Faltan	362 757 215,1	kWh/año
		Faltan	672 345	placas

cubierto un: 3,52 %

Img 7.5. Av. De Carabanchel Alto

Tabla 7.3. Producción energética de Carabanchel. Elaboración propia

Ámbito de estudio

Bebido a que el conjunto de los tres barrios con sus casos de estudio aislados supone un aporte de únicamente un 2,5% de la demanda, se vuelve al patrimonio de suelo público en desuso del total del ámbito de estudio para potenciar al máximo la propuesta fotovoltaica.

Se delimitan los barrios y los solares disponibles. De este suelo, se establece un retranqueo de 5 metros en todos los solares para asemejar el cálculo a la producción real, considerando pérdida de suelo por sombreado, dificultades de instalación o circulación.

Las placas fotovoltaicas se colocan estrictamente orientadas a Sur, inclinadas 35° y, en consecuencia, con una separación de 0,7 m ya que estas son de unas dimensiones de 1590 x 1053 mm.

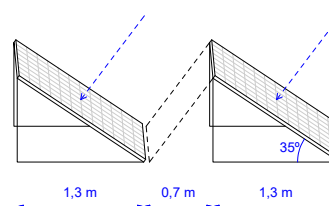
En un espacio de 100x100 metros de suelo, caben un total de 4 750 placas con sus debidas separaciones, que producen 2 564 240 kWh/año. Esto supone que en 1 m² la producción es de 256,424 kWh/año. Teniendo en cuenta la demanda total y la energía cubierta, son necesarios 2 110 197 m² de suelo fotovoltaico para llegar a cubrir el total de la demanda energética.

De las delimitaciones anteriormente establecidas de suelo público disponible, se extrae una suma total de 1 547 970 m², que supone un 74% de la demanda total.

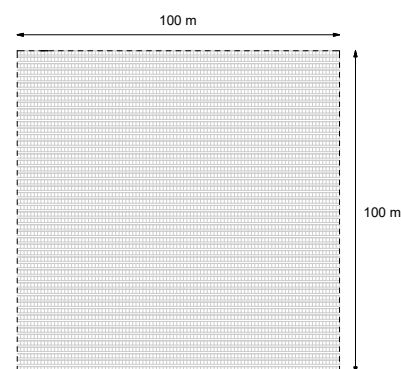
Puesto que el propósito de este trabajo es llegar a una ciudad auto sostenible y el límite del barrio de Las Águilas corta un gran espacio en desuso, se procede al estudio de esta superficie. Es un espacio correspondiente al barrio de Campamento, distrito con un porcentaje muy bajo de ocupación construida, que permite una posible implantación que provea tanto al total del barrio como a otros colindantes. Por esta razón, se decide una ocupación externa al ámbito de estudio. Se excluyen de esta zona adicional las superficies de gran potencial ambiental por su densa masa arbórea. De los 1 385 579 m² sobrantes que contiene la zona, hacen falta únicamente 562 227 m² para cubrir el 100% de la demanda energética en electricidad de la zona y 378 758 m² para cubrir la mitad de la demanda en energía para cocina, que se reparte entre sistema fotovoltaico y energía del biogás considerando los dos tipos de cocina existentes.

	eje y:	eje x:	total:	producción 1 placa:	producción total:
por cada 10000 m2 de suelo	50 placas	95 placas	4 750 placas	539,84	2 564 240 kWh/año
1 m2 de suelo	256,424				

Demanda total	554 986 960	kWh/año
Energía cubierta	13 881 838,19	kWh/año
Cubierto un:	2,5	%
Por cubrir:	541 105 121,8	kWh/año
Hacen falta	211	unidades de 10000 m2 de suelo
Se necesitan:	2 110 197	m2 de suelo para electricidad



Suelo demanda de cocina		
Demanda total	194 245 436	kWh/año
1 m2 de suelo	256,424	kWh/año
Suelo necesario	757 517	m2 para cubrir todo
1/2 de la demanda	97 122 718	
Se necesitan	378 758	m2 de suelo para cocina



Suelo en desuso del ámbito			
Σ 1 547 969,8 m2	Se necesita	2 110 197	m2
	faltan	562 227	m2
	cubierto	74	%
		+	
Solar adicional (Campamento)			
1 385 578,9 m2		562 227	m2
	cubierto	100	%

Tabla 7.4. Producción energética por m2. Elaboración propia

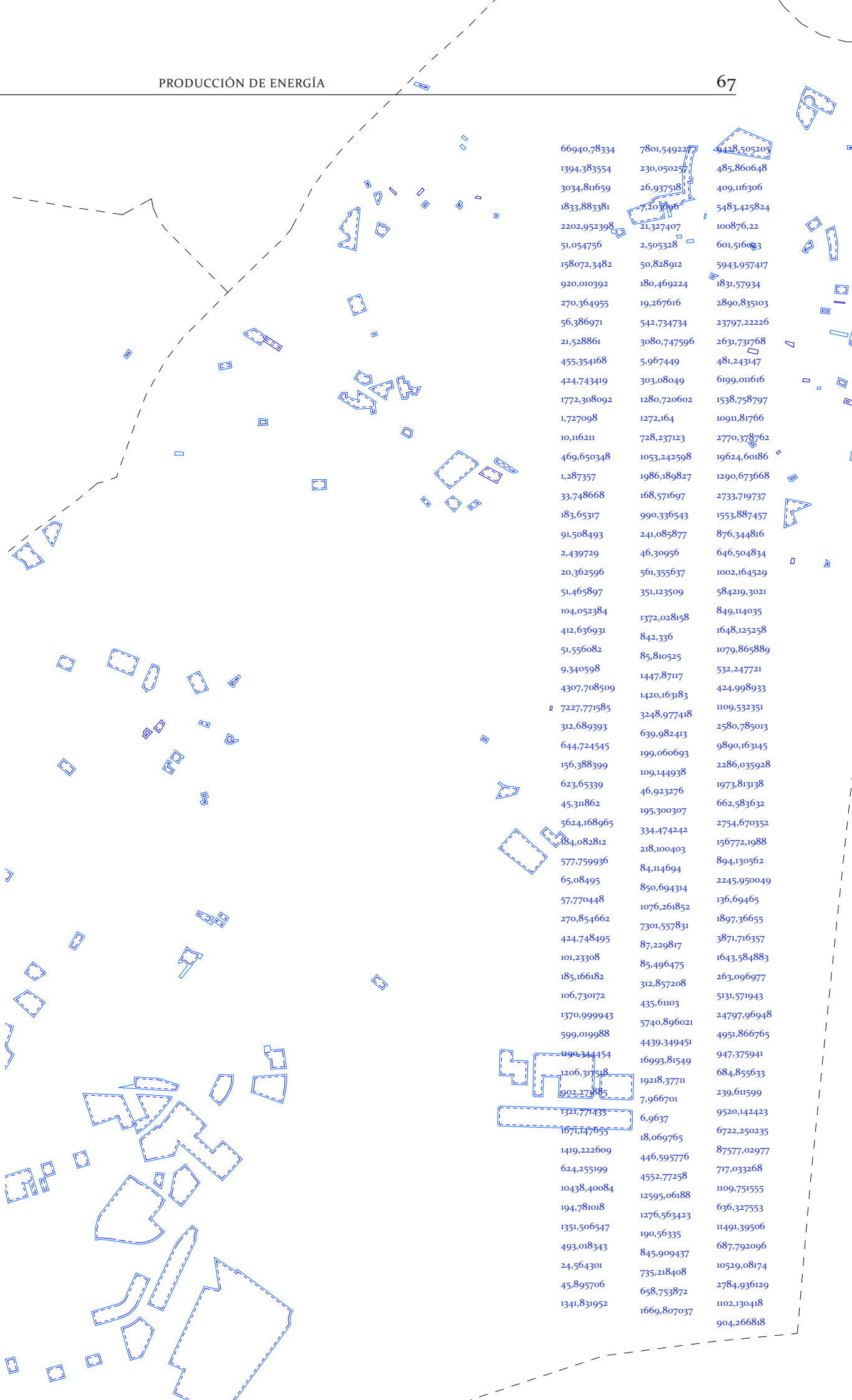
Tabla 7.5. Suelo necesario para electricidad. Elaboración propia

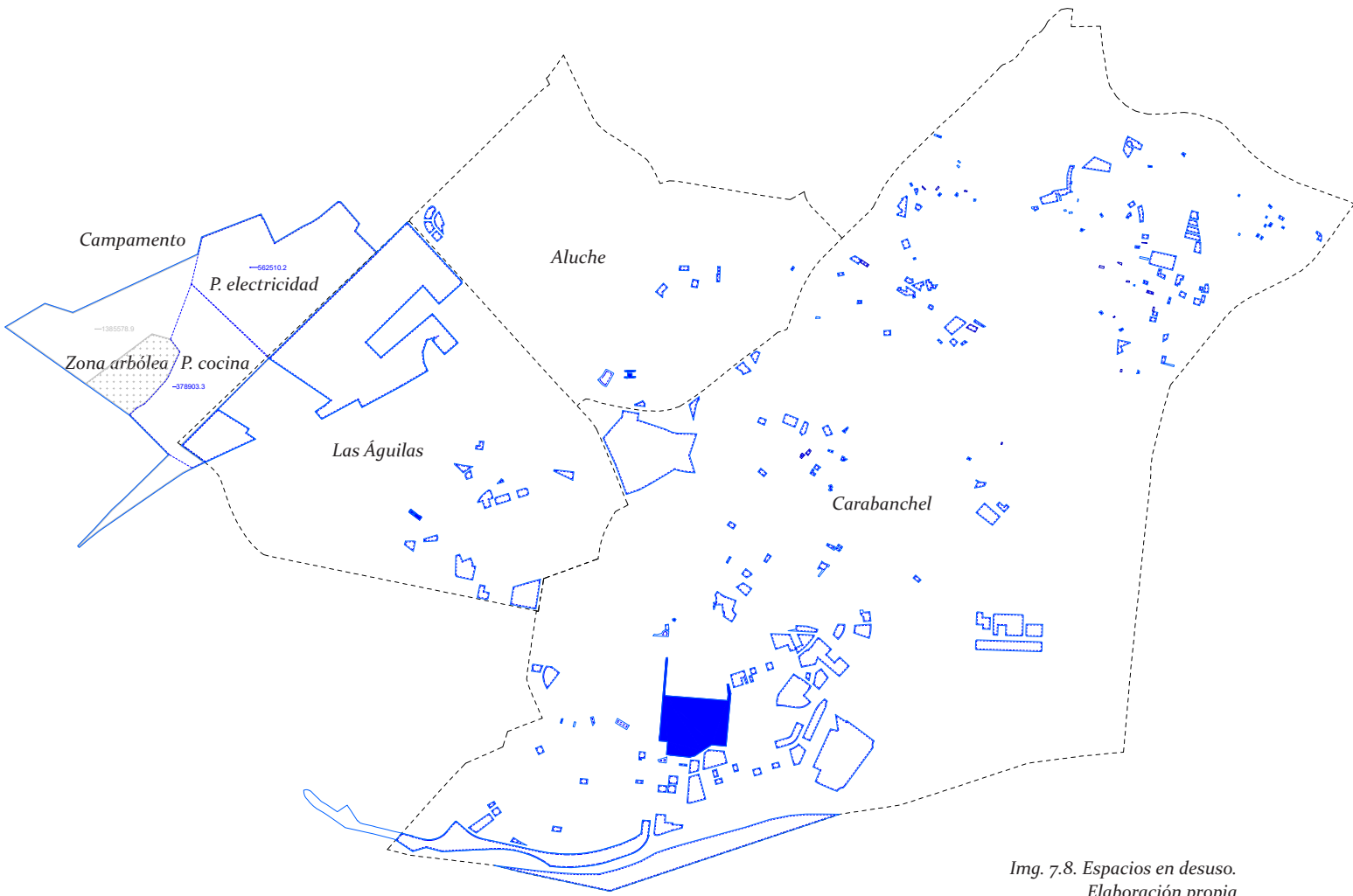
Tabla 7.6. Suelo necesario para cocina. Elaboración propia

Tabla 7.7. % cubierto. Elaboración propia

Img. 7.6. Separación de placas y representación en 1 000m2. Elaboración propia

Img. 7.7. Espacios en desuso. Elaboración propia





Img. 7.8. Espacios en desuso.
Elaboración propia

BIOGÁS

Producción del ámbito de estudio

4 personas generan		Población		Producción	
4	3810	nº personas		kWh/año	
	5588				media
personas	kWh/año				
1 persona genera					
1	952,5				
	1397				
personas	kWh/año				
		Aluche	100722	95937705	
				140708634	118323170 kWh/año
		Las Águilas	68958	65682495	
				96334326	81008411 kWh/año
		Carabanchel	257628	245390670	
				359906316	302648493 kWh/año
		Total	427308	407010870	
				596949276	501980073 kWh/año

Demanda cubierta

Producción	demanda ACS	% que se cubre	1/2 demanda cocina	% que se cubre	demanda calefacción	% que se cubre	kWh/año por cubrir en calefacción
KWh/año	kWh/año	%	kWh/año	%	kWh/año	%	kWh/año
118323170	13947736	84,8	18317852	569	209346880	41	123289298,4
81008411	9900421,7	81,8	13002430	547	148599200	39	90493641,2
302648493	50103855	60,4	65802436	383	752027840	25	565285637,8
KWh/año	73952012	67,9	97122718	441	1109973920	29,8	779068577,4

Tabla 7.8. Producción por persona. Elaboración propia

Tabla 7.9. Producción del ámbito. Elaboración propia

Tabla 7.10. % cubierto. Elaboración propia

Producción energética del biogás

Una familia de cuatro miembros produce mensualmente alrededor de 180 kg de basura, que anualmente componen 2 190 kg. Una simple incineración del biogás producido por la descomposición de estos residuos orgánicos genera una cantidad de energía de entre 1,74 y 2,25 kWh/kg, que en una familia de cuatro miembros supone entre 3 810 y 5 588 kWh/año.

Se propone por lo tanto una red de recogida de basura que destine los residuos orgánicos a una planta de biogás que suplemente la red energética de calefacción y ACS junto con la energía geotérmica y de la biomasa.

En el área de estudio viven 427 308 personas, lo que supone una producción de entre 407 010 870 y 596 949 276 kWh/año. Me quedo con 501 980 073 kWh/año por ser la media.

Con esta producción anual se cubre el 100% de la demanda en ACS, el 100% de la mitad restante de la demanda de energía para cocinar que no cubre la energía fotovoltaica y un 29,8% de la demanda en calefacción de toda el área de estudio.

Se deja sin cubrir un 70,1% de calefacción, que corresponde a 779 068 577,4 kWh/año que se cubrirán a partir de biomasa y energía geotérmica.



Img. 7.9. Instalación de biomasa

Tipo de almacenamiento	Tipo de almacenamiento	Sistema de carga del silo	Sistema de alimentación de la caldera	Observaciones
Almacenamiento prefabricado	Contenedor o tolva exterior	Sistema neumático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Normalmente se utiliza en viviendas unifamiliares
	Silo flexible	Sistema neumático o semiautomático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Capacidad de entre 2 y 5 toneladas. Para viviendas unifamiliares o pequeños edificios (calderas de < 40 kW). Puede ser de lona o de polipropileno
	Depósito subterráneo Tolva o almacenamiento integrado	Sistema neumático Semiautomático	Sistema neumático Semiautomático	Tanto en viviendas unifamiliares como en grandes instalaciones. Almacenamiento integrado en la caldera. Pequeño tamaño (100-1.000 l)
Almacenamiento de obra (sala de nueva construcción o adaptación de una existente)	Con suelo inclinado de 2 lados	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	No necesita agitador
	Con suelo inclinado de 1 lado	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Agitador sólo hasta 25°. A mayor ángulo de inclinación, mayor espacio muerto bajo los lados inclinados

Tipo de almacenamiento	Tipo de almacenamiento	Sistema de carga del silo	Sistema de alimentación de la caldera	Observaciones
Almacenamiento de obra (sala de nueva construcción o adaptación de una existente)	Con suelo horizontal	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Con agitador siempre
		Descarga directa	Semiautomático	Para combustibles de tamaño o forma heterogénea como leña o briquetas, que son difíciles de automatizar

Tipo de biomasa	Densidad aparente (kg/m³)	Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)	Volumen de combustible (m³/kW)	Volumen del silo (m³/kW)			
				Suelo inclinado de 1 ó 2 lados		Suelo horizontal	
				por temporada	por semana	por temporada	por semana
Pélets de madera o huesos de aceituna	650	18.000	0,30	0,48	0,023	0,40	0,019
Astillas de madera	250	13.000	1,10	1,77	0,084	1,44	0,069

Tipo de biomasa	Área del silo para altura de 2,50 m (m²)			
	Suelo inclinado de 1 ó 2 lados		Suelo horizontal	
	por temporada	por semana	por temporada	por semana
Pélets de madera o huesos de aceituna	0,19	0,009	0,16	0,008
Astillas de madera	0,71	0,033	0,58	0,027



Tabla. 7.11. almacenamiento y tipo de biomasa. Guía técnica, instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE

Img. 7.10. Astillas. Mstoles ecoenergías

Img 7.11. Instalación de biomasa. Móstoles ecoenergías

Producción energética de la biomasa

El ámbito de estudio está situado cerca de la Casa de Campo, un parque con más de 1 700 hectáreas y con alrededor de 624 000 árboles en su interior. Se propone aprovechar los residuos de poda que salen del parque para su quema y extracción energética, con el objetivo de aprovechar todos los recursos que se generan en la ciudad.

“Con suelo horizontal es la opción más acertada cuando se dispone de poco espacio disponible o el combustible tiene poca densidad”- IDAE.

Dado que el combustible se saca de la poda, para minimizar gastos de producción, este será quemado directamente en forma de astillas, con densidad menor a la del pelet. El almacenamiento se ajustará a las dimensiones adaptadas de las salas de los edificios en desuso, que corresponde con un almacenamiento de obra, para el cual se mantendrán suelos horizontales, que permiten aprovechar al máximo el espacio de almacenamiento, evitando espacios muertos debajo de los suelos inclinados del silo. Para ello, se dispondrán de rascadores horizontales hidráulicos giratorios. Del silo a la caldera, la alimentación se producirá a través de un tornillo sin fin como sistema neumático.

Para 1kW de potencia instalada son necesarios alrededor de 200-250 kg de pelets que equivalen a 900 kWh producidos por esos kg (IDAE). En el ámbito de estudio, la demanda por cubrir de calefacción es de 779 068 577,4 kWh/año, por lo que harían falta 194 767 Tm de pelets.

$$kg\ pelets = \frac{779\ 068\ 577,4\ [kWh/año] * 225\ [kg]}{900\ [kWh/año]} = 194\ 767\ 144,4\ kg/año$$

Como para este caso se usan astillas de madera para reducir los costes de producción de pelets, y su poder calorífico es de 13 000 kJ/kg, 200-250 kg de astillas tendrían una producción energética de 650 kWh, lo que conlleva una menor eficacia y mayor uso de espacio.

En este caso, harán falta 269 677 Tm para cubrir toda la demanda.

$$kg\ pelets = \frac{779\ 068\ 577,4\ [kWh/año] * 225\ [kg]}{900\ [kWh/año]} = 194\ 767\ 144,4\ kg/año$$

Suponiendo una extracción de 4 kg por árbol al año de los 624 000 árboles del parque, obtendría 2 496 000 kg/año de astillas, cuya producción ascendería a 7 210 666 kWh/año, cubriendo un 0,92% de la demanda restante.

Demanda a cubrir: 771 857 910,7 kWh/año.

Producción energética geotérmica

Con todos los cálculos anteriormente hechos, quedan 771 857 910,7 kWh/año de calefacción y 416 240 220 kWh/año de refrigeración por cubrir.

Los kWh/año por calefacción corresponden a 9 648 223.8 m², y puesto que la media de vivienda son 90 m², la implantación geotérmica debe abastecer a 107 202 viviendas en calefacción. En cuanto a los kWh/año de refrigeración, estos corresponden al total de vivienda de la zona de estudio, las cuales son 178 153 viviendas.

La distancia mínima entre pozos variará dependiendo de la profundidad de los pozos y será de 5m para pozos entre 40 y 50m de profundidad y 6m para pozos mayores de 50m y hasta 100 m de profundidad (FERRO-TERM).

La determinación en cuanto a la cantidad de pozos y su producción variará dependiendo del tipo de terreno, para el cual se deberá hacer un estudio previo a la instalación de los mismos.

Características del terreno:

Ground type	Thermal conductivity		Density ρ_E in 10 ³ kg/m ³	Specific heat capacity per unit volume $\rho_E \cdot c_E$ in MJ/(m ³ ·K)	Thermal diffusivity α in m ² /s·10 ⁻⁶
	in W/(m·K)	λ_E Typical calculated value			
Sand, dry	0,3 to 0,8	(0,4)	1,16 to 1,7	1,3 to 1,6	0,28
Sand, water-saturated	1,7 to 5,0	(2,4)	1,6 to 2,2	2,2 to 2,9	0,94
Gravel, dry	0,4 to 0,5	(0,4)	1,5 to 1,8	1,4 to 1,6	0,27
Gravel, water-saturated	approx. 1,8	(1,8)	approx. 2,2	approx. 2,4	0,75
Clay or silt, dry	0,4 to 1,0	(0,5)	0,93 to 1,3	1,5 to 1,6	0,32
Clay or silt, water-saturated	0,9 to 2,3	(1,7)	1,2 to 1,7	1,6 to 3,4	0,68
Peat	0,2 to 0,7	(0,4)	n.a.	0,5 to 3,8	0,19

Extracción de calor según el tipo de terreno:

Underground	Specific heat extraction	
	for 1800 h	for 2400 h
<i>General guideline values:</i>		
Poor underground (dry sediment) ($\lambda < 1.5$ W/(m · K))	25 W/m	20 W/m
Normal rocky underground and water saturated sediment ($\lambda < 1.5$ – 3.0 W/(m · K))	60 W/m	50 W/m
Consolidated rock with high thermal conductivity ($\lambda > 3.0$ W/(m · K))	84 W/m	70 W/m
<i>Individual rocks:</i>		
Gravel, sand, dry	< 25 W/m	< 20 W/m
Gravel, sand, saturated water	65–80 W/m	55–65 W/m
For strong groundwater flow in gravel and sand, for individual systems	80–100 W/m	80–100 W/m
Clay, loam, damp	35–50 W/m	30–40 W/m
Limestone (massif)	55–70 W/m	45–60 W/m
Sandstone	65–80 W/m	55–65 W/m
Siliceous magmatite (e.g. granite)	65–85 W/m	55–70 W/m
Basic magmatite (e.g. basalt)	40–65 W/m	35–55 W/m
Gneiss	70–85 W/m	60–70 W/m
The values can vary significantly due to rock fabric such as crevices, foliation, weathering, etc.		

Tabla 7.12. Características del terreno. MAYAB

Tabla 7.13. Extracción del calor según el tipo de terreno. MAYAB

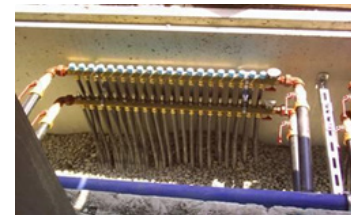
Img 7.12. Inyección geotérmica. MAYAB

Img 7.13. Esquema geotérmico. Producción propia

Al no conocer el tipo de suelo con el que se está trabajando, se supone una producción apta de un pozo por cada dos viviendas. Resultan de tal manera 53 601 pozos para completar la demanda energética anual total.

Por tener cada pozo una profundidad de 120m, la separación será de 6m entre ellos, de diámetro 15cm (FERROTERM).

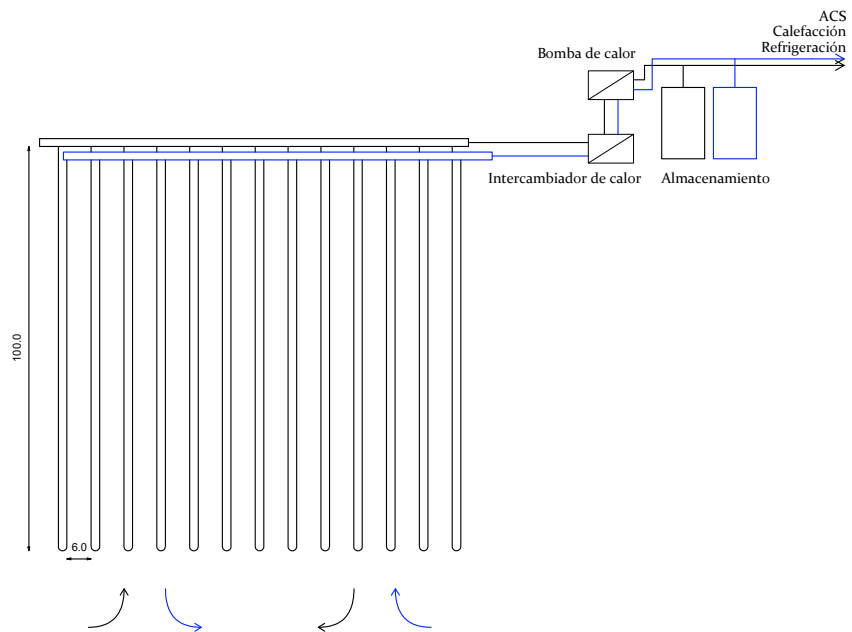
La ubicación de estos pozos de extracción se dará en mayor medida en los solares en desuso, y si fuera necesario, dentro de las edificaciones ya construidas.



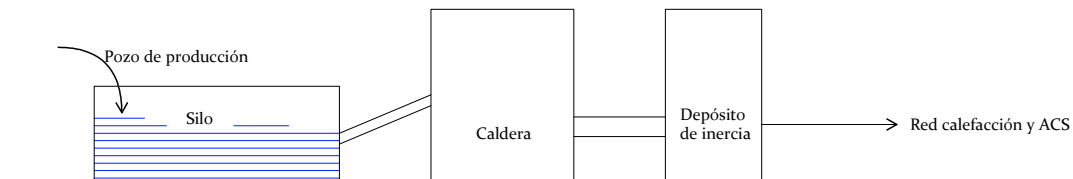
Inyección geotérmica

Esquemas funcionamiento

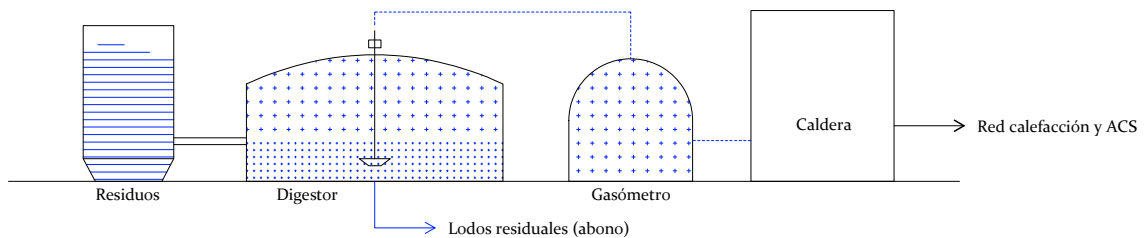
Geotermia:



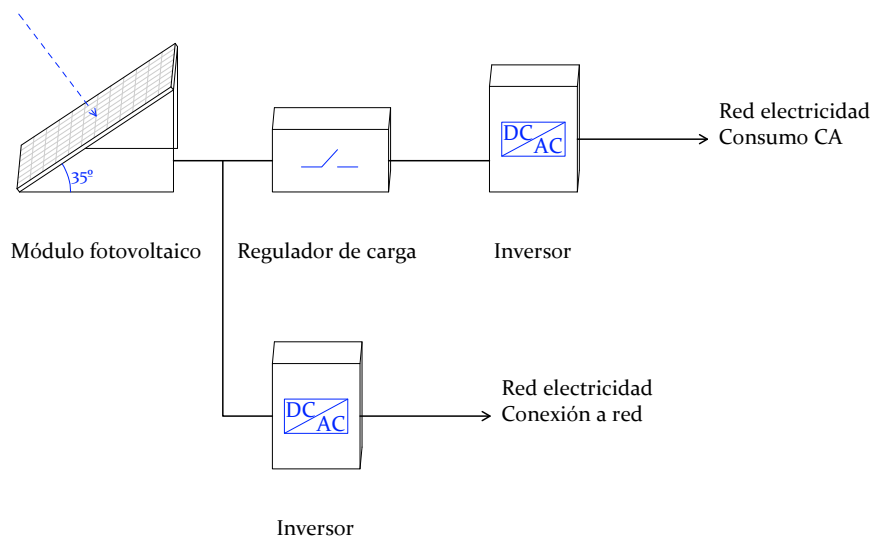
Biomasa:



Biogás:



Solar fotovoltaica:



Img 7.14. Esquema biomasa. Producción propia.

Img 7.15. Esquema biogás. Producción propia.

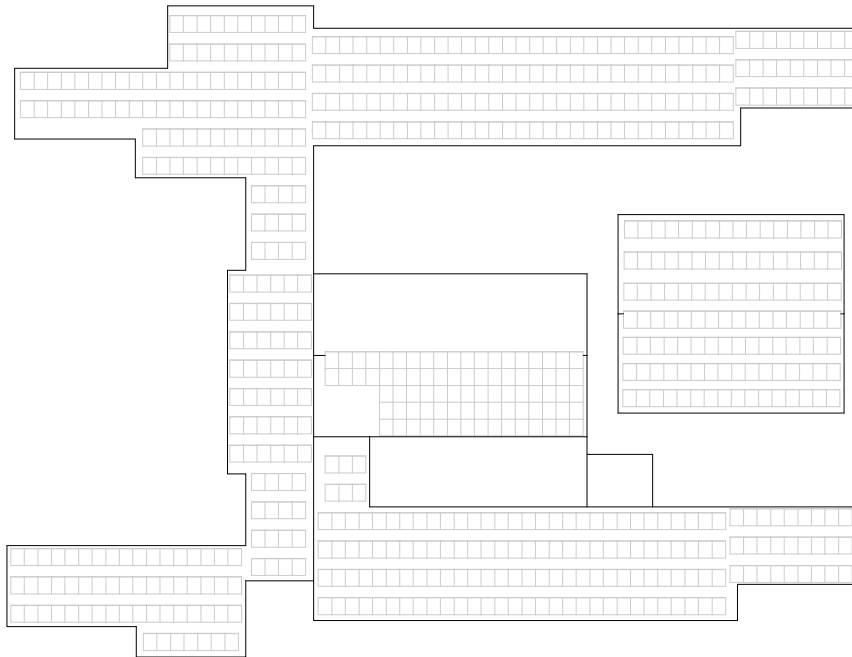
Img 7.16. Esquema fotovoltaico. Producción propia

Img 7.17. Nucleo energético de Aluche. Distribución fotovoltaica y energética. Producción propia

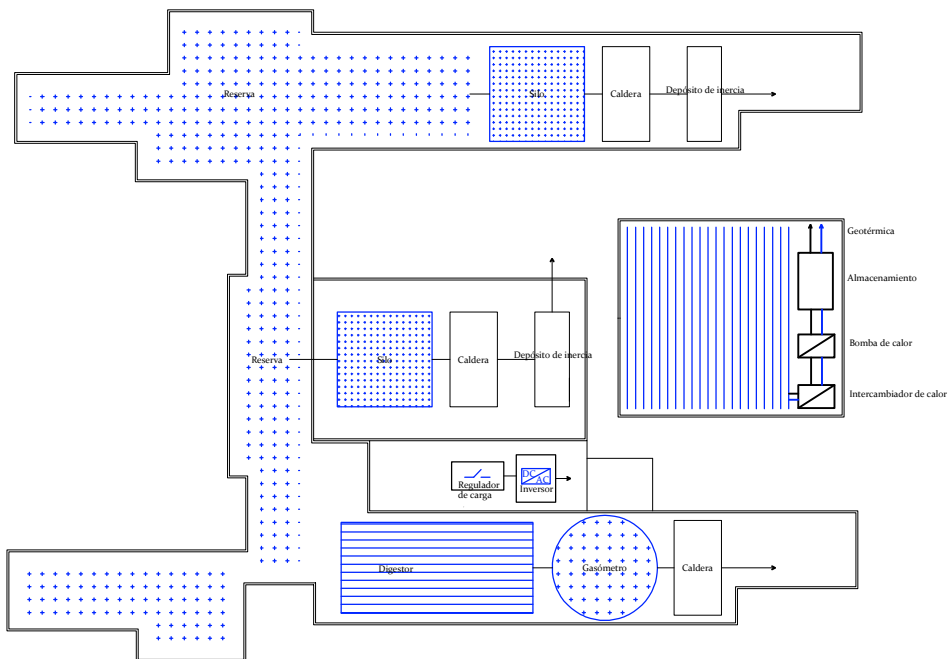
Nucleos energéticos

Aluche

Distribución fotovoltaica

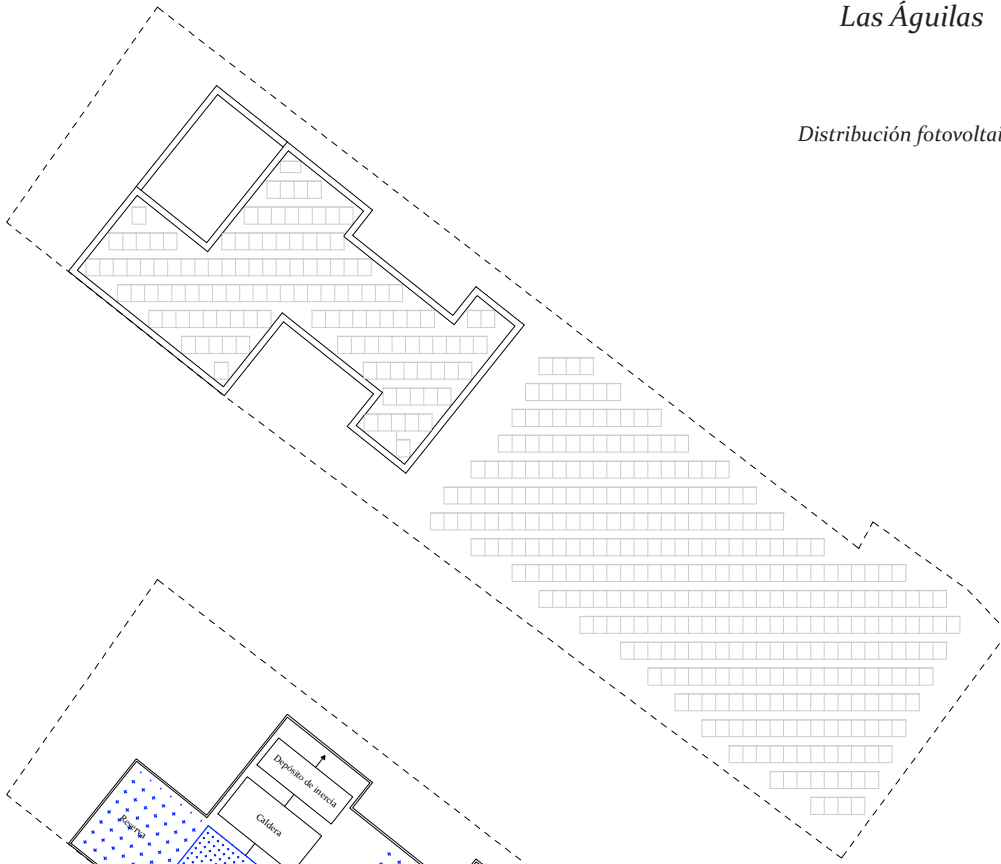


Distribución energética

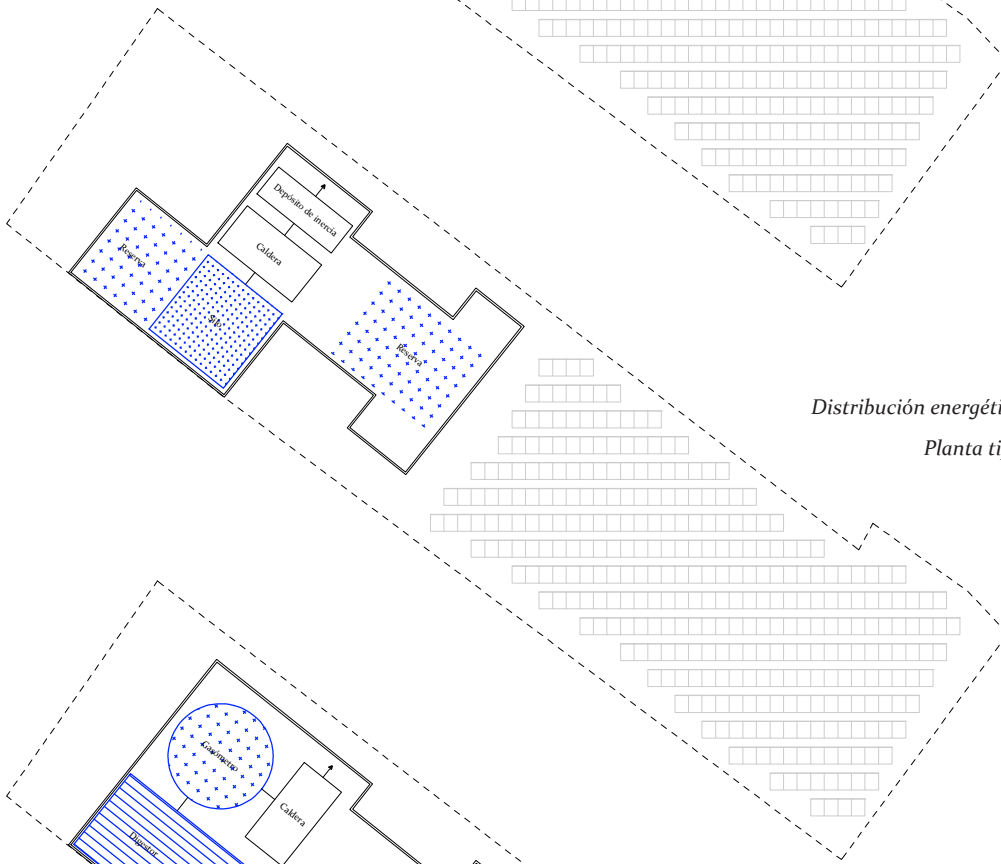


Las Águilas

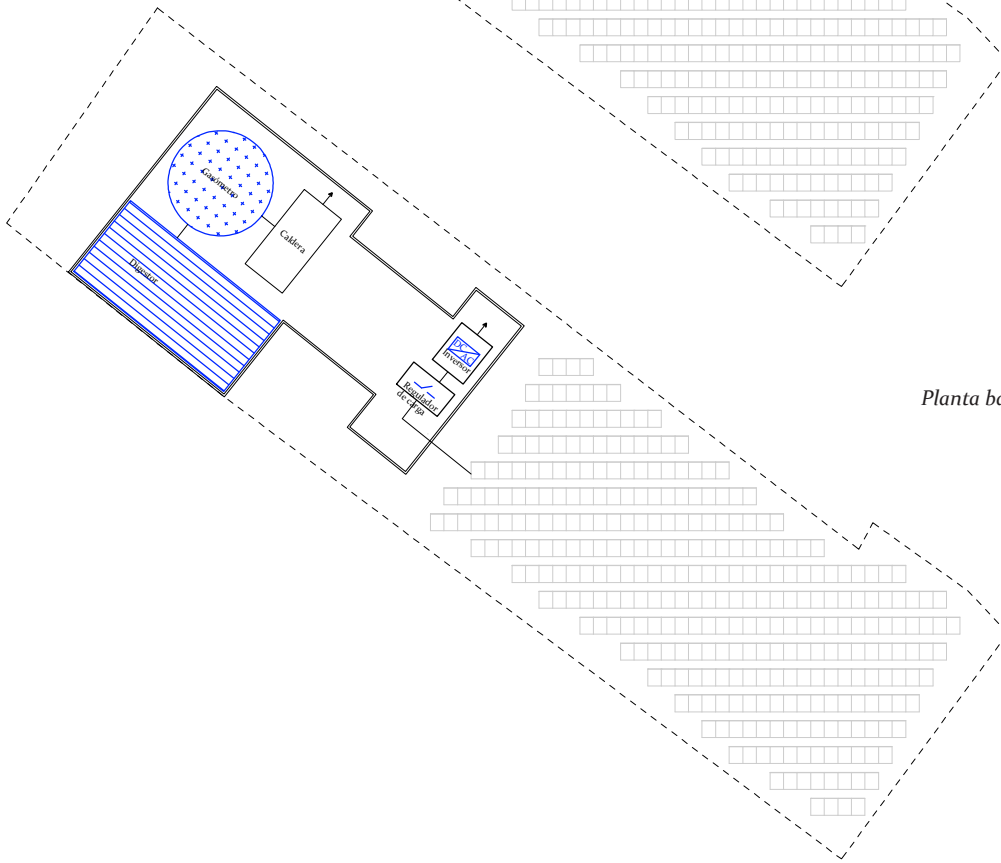
Distribución fotovoltaica



Distribución energética
Planta tipo

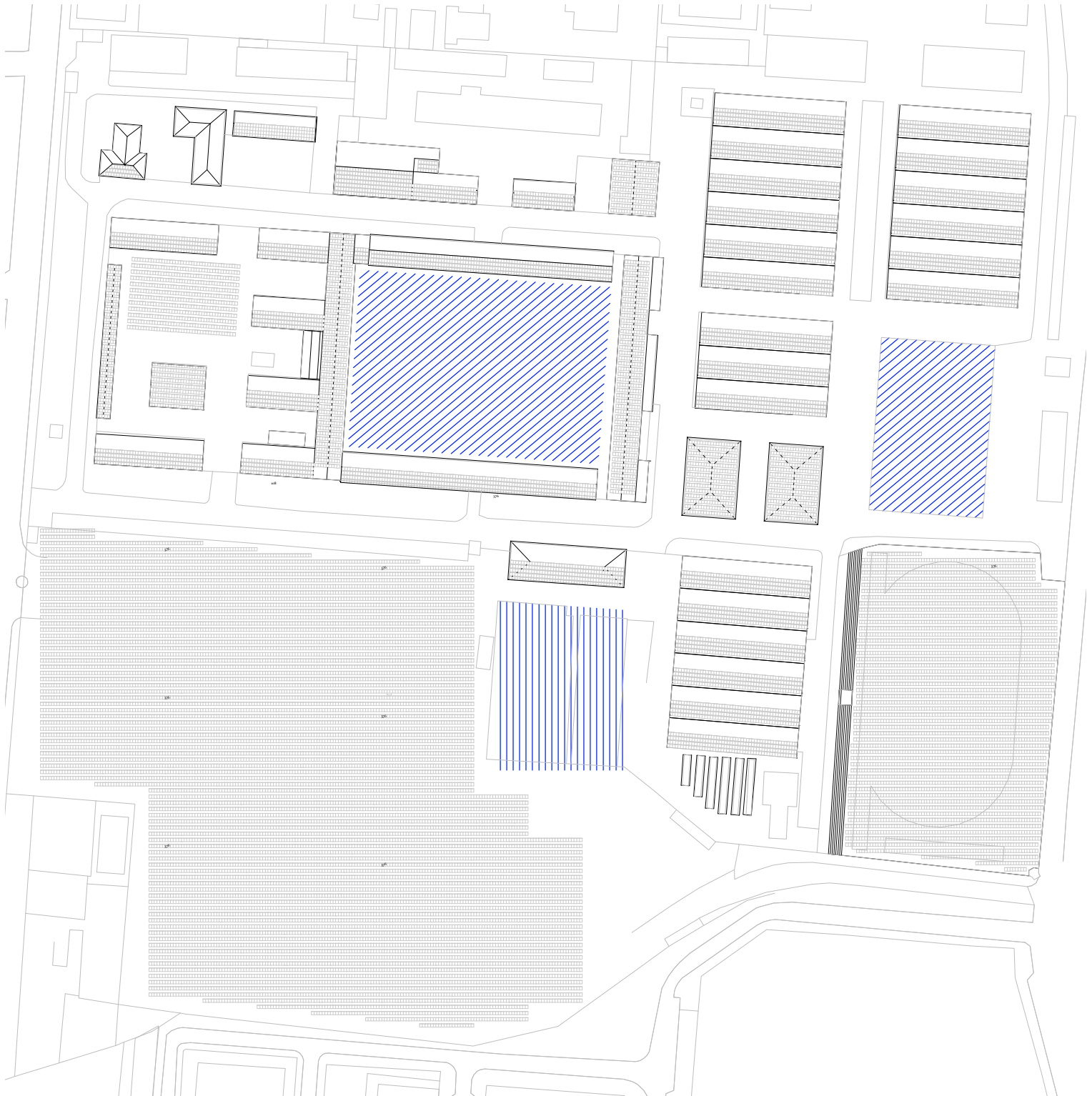


Planta baja



Carabanchel

Distribución fotovoltaica



Img 7.18. Nucleo energético de Las Águilas. Distribución fotovoltaica y energética. Producción propia

Img 7.19. Nucleo energético de Carabanchel. Distribución fotovoltaica. Producción propia

Distribución energética



Img 7.20. Nucleo energético de Carabanchel Distribución energética. Producción propia

Distribución energética detallada



Img 7.21. Nucleo energético de Carabanchel Distribución energética detallada. Producción propia

8 Extrapolación a Madrid municipio

Como se ha dicho anteriormente, la demanda energética va ligada a la población, el número de vivienda y la superficie que ocupa cada una. Recogiendo estos datos para cada caso de estudio concreto, se pueden valorar las opciones que tiene cada núcleo urbano.

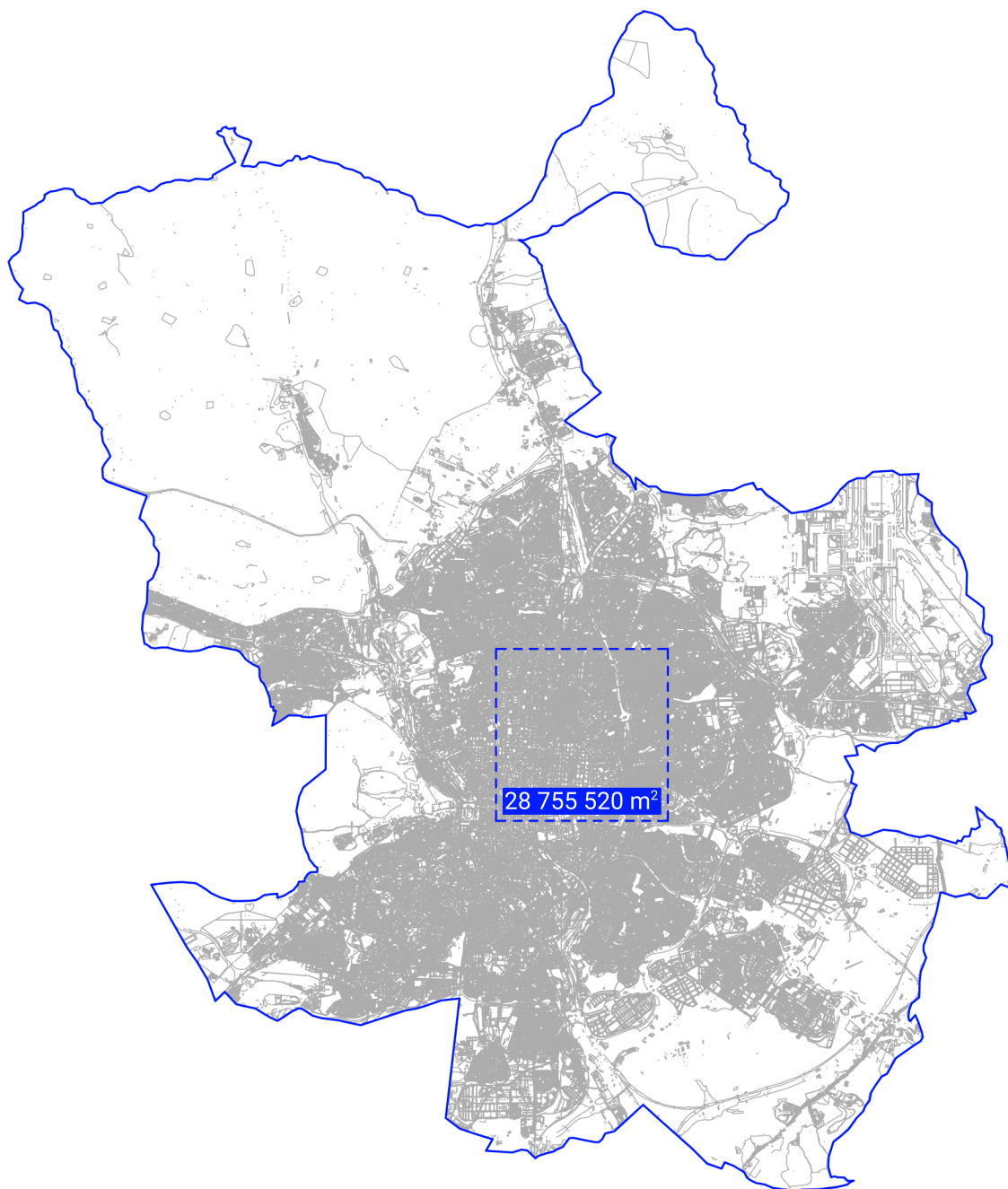
Con los datos obtenidos del ámbito de estudio que recoge este trabajo, se extrapolan los resultados al resto del municipio de Madrid:

El municipio de Madrid contiene 1 494 204 inmuebles con una superficie construida de 156 885 222 m², y una media por unidad de 115 m² promedio (CATASTRO). Dentro del municipio residen 3 305 408 personas (INE). Consecuentemente, la demanda eléctrica asciende a 6,28*10⁹ kWh/año, la demanda en calefacción a 1,26*10¹⁰ kWh/año, la demanda en refrigeración a 4,71*10⁹ kWh/año, la demanda de cocina a 2,2*10⁹ kWh/año y la de manda de ACS a 6*10⁸ kWh/año.

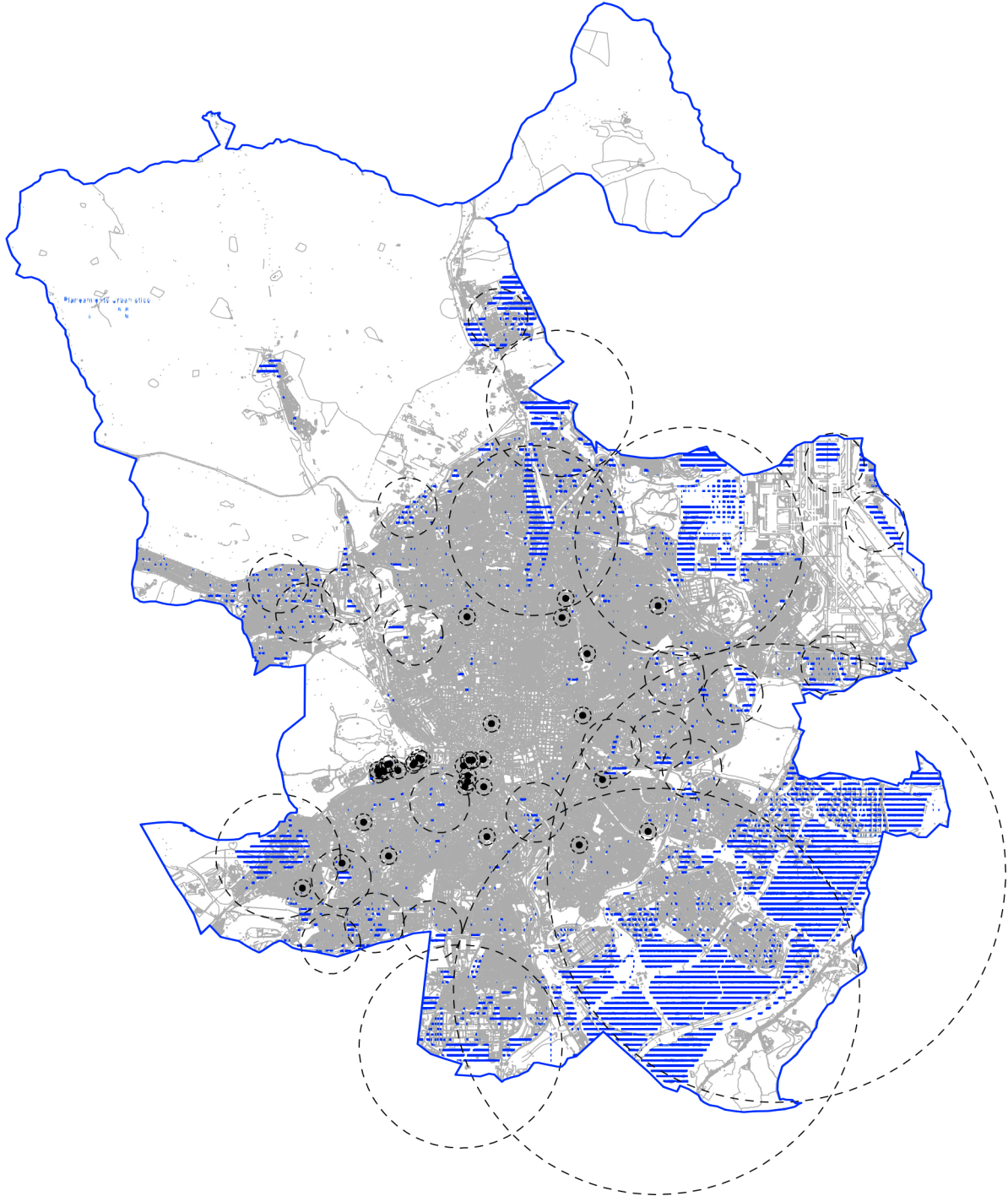
Por cada m² de instalación solar fotovoltaica instalada, según el modelo elegido en este trabajo se obtiene una producción de 256,42 kWh/año. Una vivienda de 115 m² precisa de 5 405 kWh/año para cubrir su demanda eléctrica y la mitad de la demanda en cocina, suponiendo una dualidad entre gas y electricidad, lo cual supone 21 m² de instalación fotovoltaica por vivienda para cubrir esta demanda. En líneas globales, el municipio de Madrid necesitaría exactamente 28 755 520 m². ¿Cuánto suelo público hay en desuso? ¿Se puede recoger esta superficie en m² de cubierta?

Después de la poligonación y sumatorio de las áreas de los espacios en desuso del conjunto del Municipio de Madrid, se obtiene un total aproximado de 60 280 850 m², lo que supone una producción del 209% de la demanda total en electricidad. En cuanto a la posibilidad de instalar placas solares en cubierta, el conjunto del municipio posee m² suficientes para esta aplicación, aunque en este trabajo no se profundiza en esta opción.

Para la demanda de calor, la media de habitante por vivienda es de 2,21 personas, lo que supone que la quema del gas producido por los propios residuos orgánicos que se generan cubren el total de la demanda en ACS, el total del medio correspondiente a la demanda de cocina y un 17% de la energía en calefacción teniendo en cuenta que la vivienda promedio es de 115 m². El resto puede cubrirse con biomasa y energía geotérmica.



Superficie requerida



Aportación de los núcleos energéticos

9 Conclusiones

Autosuficiencia

El trabajo plantea desde un primer momento la necesidad de aprovechar los recursos que se generan dentro de la ciudad, junto con la opción de readaptar el patrimonio en desuso, para fomentar una red energética de cercanía integrada en el interior de la ciudad existente.

Respondiendo a las preguntas que se formularon en el comienzo de este trabajo, se encuentra la de si España es un país con recursos suficientes como para un autoabastecimiento energético. Debido a unos resultados en abastecimiento superiores al 100% de la demanda eléctrica en Madrid, y a datos muy positivos en lo que respecta a la demanda de calor y refrigeración, se puede decir que sí, se tiene el potencial para hacerlo posible.

Extrapolando los resultados a nivel global, y atendiendo a otra de las cuestiones inicialmente formuladas como es la de si la ciudad, en términos generales, es capaz de autoabastecerse con los recursos que genera en su interior, se podría llegar a decir que no solo Madrid, sino cualquier ciudad podría llegar a ser autosuficiente energéticamente, aprovechando los recursos producidos y los adquiridos por el clima.

En cuanto a la demanda de electricidad, la energía fotovoltaica es una fuente de grandísimo potencial, especialmente en regiones con alta incidencia solar a lo largo del año, pero también en aquellas con baja incidencia, y esto se refleja en el uso de esta instalación en un 91% de todos los PED estudiados, sin importar el clima, lo cual se debe a que es una opción de bajo coste y alta eficacia.

“Solar energy, in my view, has the greatest chance for us as a species of climbing back out of the hole that we have put ourselves into” – Bill Behrens. Co-author of the Limits to Growth

Para aquellas zonas en las que con energía solar fotovoltaica no sea suficiente, abundarán otros recursos como puede ser el viento, saltos de agua, proximidad al mar, o a aguas subterráneas, entre otras de las opciones estudiadas a lo largo del trabajo que permitirán abastecer a la población.

Atendiendo a la demanda de calor para redes de ACS y calefacción, me parece especialmente interesante destacar la energía del biogás y de la biomasa, por ser opciones no tan usadas, pero de gran potencial. La ciudad produce enormes cantidades de basura orgánica al año y desechos de biomasa, que con una buena red de recogida y posterior transformación puede traducirse en muchos kWh/año que ayuden a reducir la demanda de calor total, reducir la cantidad de residuos generados y la aportar compost de calidad para el terreno. Esta instalación puede ser complementada con otras como la energía solar térmica o la geotérmica. Las instalaciones geotérmicas

cas poseen la gran ventaja de ser aptas para todo tipo de climas, versátiles según la conductancia del terreno, y capaces de proporcionar calefacción y refrigeración a la red de consumo con una muy alta eficiencia.

Cada implantación deberá adaptarse a las condiciones del clima, construcciones preexistentes y espacio disponible con el objetivo de reducir emisiones contaminantes, y ser independientes de relaciones internacionales que hagan fluctuar el precio de la energía, llegando al autoabastecimiento del núcleo urbano.

Espacio en uso y desuso

Volviendo a España, es interesante hablar del espacio del que disponemos y el uso que le asignamos. Se están viendo casos de “campos fotovoltaicos”, donde suelos con potencial para la agricultura, por ejemplo, se cubren con este tipo de instalación, en las dimensiones requeridas para extraer una producción x de energía. Sin embargo, las ciudades ya ocupan en superficie muchos metros cuadrados que se han quitado al suelo de otros posibles usos o protecciones ambientales. ¿Cuáles son los límites de crecimiento?

La integración de funciones energéticas en la ciudad ya existente tiene como objetivo la reducción del impacto de la edificación y su ciclo de vida, el dimensionado óptimo y la captación residual para evitar pérdidas, además de adquirir la eficiencia necesaria para que los costes de las instalaciones energéticas renovables sean iguales o inferiores a las alternativas no renovables. Pero entre estos objetivos se encuentra también el de compactar los núcleos urbanos y energéticos reduciendo así, una vez más, el impacto de la acción humana. En este trabajo se elige el patrimonio público en desuso, tanto de edificaciones como de suelo, por ser una opción simple de adquirir y de rápida ejecución, para readaptar espacios que han perdido su uso originario y para mantener el desarrollo energético dentro de los límites de la ciudad. Sin embargo, se contempla también la opción de adaptar las cubiertas de los edificios existentes para una captación solar óptima de dicho recurso y así destinar el suelo público en desuso a otros usos que contribuyan a la reducción de los efectos del cambio climático en la ciudad, como espacios verdes, y huertos urbanos entre muchos otros.

De la teoría a la práctica del cambio

Como se ha dicho anteriormente, todas las problemáticas entran interconectadas y es necesaria la acción la mayoría de sectores de la sociedad para que el cambio se lleve a la práctica.

En cuanto a la arquitectura y como arquitectos, tenemos el deber de ser conscientes del impacto que cada proyecto produce sobre el medio ambiente y de las múltiples opciones de actuación existentes, para garantizar una buena calidad de vida en las ciudades junto a la resiliencia de estos núcleos urbanos.

Fuentes

Bibliografía

- CAMPOS REVUELTA, Andrés. «Energía eólica en España: potencialidad y consecuencias» 2011, vol. 23, no. 23, pp. 43-69.
- CRISTÓBAL LÓPEZ, Alejandra. «Evaluación de la implantación de energía solar fotovoltaica en plantas de tratamiento de residuos municipales» 2017/06
- Dpto. de Biomasa y Residuos del IDEA. «Guía técnica. Instalaciones de biomasa térmica en edificios» 2009/05.
- FEDER. «Eficiencia Energética y Energías Renovables en España: Recomendaciones sobre directrices estratégicas y prioridades de inversión para el periodo de programación» 2014-2020
- FERROTERM. «Sistema de Geotermia FERROTERM» 2020
- RODRIGUEZ, Alcor. «Cálculo de una instalación geotérmica» 2018
- PÉREZ ARGILÉS, Marta. «Dimensionado de una instalación solar térmica para el abastecimiento de agua caliente sanitaria de un colegio público de educación primaria en el municipio de L'Eliana» 2016/06, cap. 4.2.2.3
- PERMATA, D.D., KUSWANDY, A.S., RIZA, A.I., SAKTI, P.F. y DIANA, T.I. «The Centrum-Bandung : Adaptive Reuse at Heritage Building as Sustainable Architecture. IOP conference series. Earth and environmental science», 2020. pp. 12036.
- SILVIA BOSSI, CHRISTOPH GOLLNER y SARAH THEIERLING. «Towards 100 Positive Energy Districts in Europe: Preliminary Data Analysis of 61 European Cases» 2020/02, vol. 13, no. 22, pp. 6083.
- VALLESPÍR MARQUES. Tao Miguel «Dimensionamiento de la instalación geotérmica para la climatización de un hotel de 4 estrellas» 2019/09, cap. 3.1.1
- X. ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VAN-DEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021, vol. 11, no. 8, pp. 318.

Recursos digitales

Último acceso a todos los recursos digitales: Enero 5, 2022

AEROTERMIA E HIDROTERMIA. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/aeroterminia-e-hidrotermia>

Biomasa. Disponible en: <https://www.eficienciarenovable.com/biomasa/>

Centrales hidroeléctricas. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-hidroelectrica>

¿Cómo funciona la biomasa? - ACCIONA. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=F2z1w9Xh044>

¿Cómo funciona el biogás? Disponible en: <https://energia.roams.es/energia-renovable/biogas/funcionamiento/>

Componentes térmicos. Disponible en: <https://www.eficienciarenovable.com/energia-solar/componentes-termicos/>

Datos población INE. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2853#ltab=tabla> y en <https://www.ine.es/index.htm>

Datos vivienda CATASTRO. Disponible en: [https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?pest=urbana&from=OVCBusqueda&ZV=SI&ZR=NO&anyoZV=2022&tematicos=&anyotem=&RCCompleta=&via=CARABANCHEL&tipoVia=EM&numero=&kilometro=&bloque=&escalera=&planta=&puerta=&DescProv=MADRID&prov=28&muni=900&DescMuni=MADRID&TipUR=U&codvia=43072&comVia=CARABANCHEL%20\(EXTRAMUROS\)&tc=U&del=28&mun=900](https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?pest=urbana&from=OVCBusqueda&ZV=SI&ZR=NO&anyoZV=2022&tematicos=&anyotem=&RCCompleta=&via=CARABANCHEL&tipoVia=EM&numero=&kilometro=&bloque=&escalera=&planta=&puerta=&DescProv=MADRID&prov=28&muni=900&DescMuni=MADRID&TipUR=U&codvia=43072&comVia=CARABANCHEL%20(EXTRAMUROS)&tc=U&del=28&mun=900) y disponible en <https://www1.sedecatastro.gob.es/Accesos/SECAccvr.aspx#>

El Ayuntamiento de Madrid tiene 35 inmuebles vacíos, el 3,5% de todo su ladrillo. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/vivienda/2017-01-29/se-aceptan-apuestas-cuantos-edificios-vacios-tiene-el-ayuntamiento-de-madrid_1314551/

El precio de la electricidad cierra en España su peor año. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/12/30/mercados/1640874678_487352.html

Energía geotérmica. Disponible en: <https://preciogas.com/instalaciones/geotermia#geotermia-que-es>

Energía termoeléctrica. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-termoelectrica>

Energía undimotriz. Disponible en: <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-undimotriz/>

Entrevista con Patrick Bouchain y Loïc Julienne. Disponible en: <https://www.dailymotion.com/video/x2odzn6>

España compra a otros países el 75% de la energía que consume. Y eso explica la escalada de la luz. Disponible en: <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/espana-compra-a-otros-paises-75-energia-que-consume-eso-explica-escalada-luz>

Final warning limits to growth. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=kz9wjJmkmc> Instalaciones micro-eólicas. Disponible en: <https://cecu.es/campanas/medio%2oambiente/res&rue/htm/dos->

sier/1%20eolica.htm#2.2%20Composici%C3%B3n%20de%20una%20instalaci%C3%B3n%20e%C3%B3lica

La energía urbana sostenible es el futuro. Disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-energia-urbana-sostenible-es-el-futuro>

Maarten Gielen (ROTOR) – Current Preoccupations. Disponible en: <https://rotordb.org/en/stories/current-preoccupations>

Presentación del Global Award for Sustainable Architecture™ 2018 y conferencias de los 5 ganadores. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=lbcwaPjvhbg>

¿Qué es el calor residual y cómo se puede aprovechar? Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-calor-residual-y-como-se-puede-aprovechar/>

Rendimiento de un sistema FV conectado a red. Visualizador. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP

What are Positive Energy Districts? JPI Urban Europe. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=jCu98jq-62U>

Procedencia de las ilustraciones

FIG 1.1 Intercambio geotérmico. Simulación termodinámica del terreno. Procedencia: MAYAB

Img 2.1. Instalación eólica en Aland Island. Flexens. Disponible en <https://flexens.com/>

Img 2.2. Instalación fotovoltaica en Aland Island. Flenex. Disponible en: <https://flexens.com/>

Img 2.3. Ciudad de Oulu. Mega construcciones. Disponible en: <https://megaconstrucciones.net/?construccion=oulu>

Img 2.4. Proceso de operación. Smart Otaniemi. Disponible en: <https://smartotaniemi.fi/>

Img 2.5. Instalaciones energéticas dentro del Campus Evenstad. StatsbyggFilm. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=u-kRma5B52w>

Img 2.6. Campus Evenstad. StatsbyggFilm. Edición propia. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=u-kRma5B52w>

Img 2.7. Proyectos inteligentes en la ciudad de Bodø. Nybybodo. Disponible en: <https://nybybodo.no/>

Img 2.8. Nuevos edificios en la ciudad de Bodø. Nybybodo. Disponible en: <https://www.df.no/>

Img 2.9. Instalación energética en Drammen. Drammen Fjernvarme. Disponible en : <https://www.df.no/>

Img 2.10. Calle tipo PED Elverum. Urban Europe. Disponible en: X. ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVE-RE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.

Img 2.11. Ciudad de Elverum

- Img 2.12. Ciudad de Trondheim. Disponible en: <https://www.midtnorskdebatt.no/meninger/kronikker/2020/10/27/Arkitektur-i-Trondheim-Det-bygges-for-mye-stygt-22862127.ece>
- Img 2.13. Render proyecto PED en Trondheim. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.14. Proyecto PED completo en Trondheim. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.15. Proyecto PED en Bergen. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.16. Plano dimensiones del proyecto en Lund. Lunds Kommun. Disponible en: [brunnshog](http://brunnshog.se)
- Img 2.17. Esquema circulación. Hammarby Sjöstad 2.0. Disponible en: <https://hammarbysjostad20.se/>
- Img 2.18. Planta PED Carquefou. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img. 2.19. Instalación fotovoltaica en edificios. Loire-Atlantique développement Sela. Disponible en : <https://www.youtube.com/watch?v=h-MuQgKqWWs>
- Img 2.20. Instalación fotovoltaica en viviendas . Loire-Atlantique développement Sela. Disponible en : <https://www.youtube.com/watch?v=h-MuQgKqWWs>
- Img 2.21. Red de calefacción y ACS en Grenoble. Compagnie de Chauffage. Disponible en: <https://www.compagniedechauffage.fr/>
- Img 2.22. Red de calefacción y ACS en Móstoles. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.23. Edificio de biomasa en Móstoles. ESEficiencia. Disponible en: <https://www.eseficiencia.es/2017/10/17/mostoles-ecoenergia-red-calor-abastece-2500-viviendas-suroeste-madrid>
- Img 2.24. Ciudad de Bilbao. El Ágora Diario. Disponible en : <https://www.elagoradiario.com/en-profundidad/ciudades-del-futuro/bilbao-ejemplo-ciudad-sostenible/>
- Img 2.25. Viviendas PED en Paterna. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.26. Plano implantación en Mieres. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VAN-

- DEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.27. Movilidad en Milano. Sharing Cities. Disponible en:
- Img 2.28. Instalación fotovoltaica en Milano. Sharing Cities. Disponible en: <https://www.sharingcities.eu/>
- Img 2.29. Plano situación Milano. Sharing Cities. Disponible en: <https://www.sharingcities.eu/>
- Img 2.30. Ciudad de Bolzano. Wikipedia. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bolzano>
- Img 2.31. Ciudad de Roma. Artchitectours. Disponible en: <https://www.artchitectours.es/tour/roma-la-ciudad/>
- Img 2.32. PED Trento. Urban Europe. Disponible en:
- Img 2.33. Ciudad de Trento. Disponible en: <https://italia.hoteles.net/trento/trento-historica-ciudad-italia.html>
- Img 2.34. Esquemas de implantación. Pocitif. Disponible en: <https://pocitif.eu/>
- Img 2.35. Ciudad de Évora. Disponible en: <https://www.voyalisboa.com/evora/>
- Img 2.36. Ciudad de Alkmaar. Sobre Holanda. Disponible en: <https://sobreholanda.com/2010/08/31/tiendas-y-compras-en-alkmaar/>
- Img 2.37. Funcionamiento PED Ámsterdam. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.38. Plano situación PED Ámsterdam. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.39. Ciudad de Groningen. Itinari. Disponible en: <https://www.itinari.com/es/a-day-in-series-groningen-jg14>
- Img 2.40. Vivienda PED Graz. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.
- Img 2.41. Plano explicativo PED. Reining Haus Grunde. Disponible en: <https://xn--reininghausgrnde-vzb.at/>
- Img 2.42. Ciudad de Viena. Civitatis. Disponible en: <https://www.civitatis.com/blog/guia-de-viena/>
- Img 2.43. Ciudad de Odense. Getty Images. Disponible en: <https://www.gettyimages.es/fotos/odense-denmark>
- Img 2.44. Ciudad de Limerick. Limerick 2030. Disponible en: <https://limerick2030.ie/why-limerick/>
- Img 2.45. Ciudad de Istanbul. Disponible en: <https://www.sofia-airport-transfer.com/es/mobile/istanbul-kadikoy-airport-transfer>
- Img 2.46: Imagen PED Magurele. Urban Europe. Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VANDEVYVERE.

RE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.

Img 2.47. Ciudad de Győr. Pannergy. Disponible en: <https://pannergy.com/en/projects/gyor/>

Img 2.48. Expected Impact PED Voru. Urban Europe. . Disponible en: ZHANG, S. PENAKA, S. GIRIRAJ, M. SÁNCHEZ, P. CIVIERO, H. VAN-DEVYVERE. «Characterizing Positive Energy District (PED) through a Preliminary Review of 60 Existing Projects in Europe» 2021.

Tabla 3.1. Comparación Área, Refrigeración, Gestión de residuos, E-Movilidad, Rehabilitación. Elaboración propia.

Tabla3.1 Comparación eléctrica. Elaboración propia.

Tabla 3.3. Comparación ACS + Refrigeración. Elaboración propia.

Tabla3.4.Comparación clima semejante electricidad. Elaboración propia.

Tabla 3.5. Comparación climas semejantes ACS + Calefacción. Elaboración propia.

Gráfica 3.1. Red eléctrica. Elaboración propia.

Gráfico 3.2. Red eléctrica climas semejantes. Elaboración propia.

Gráfico 3.4. Red térmica climas semejantes. Elaboración propia.

Img 5.1. Patrimonio de suelo publico en desuso. Disponible en IDEM. Edición propia.

Img 5.2-5.31. Capturado en Google Maps. Edición propia.

Img 5.2. Avenida Principal, 3

Img 5.3. Avenida Principal, 5

Img 5.4. Avenida Principal, 21, Madrid2

Img 5.5. C. Mayor, 58, 28013

Img 5.6. C. Rafael Bergamín, 8, 28043

Img 5.7. Calle Amparo, 71

Img 5.8. Calle Ribera De Curtidores, 8

Img 5.9. Calle Camino De Los Vinateros, 51

Img 5.10. Calle De La Cuesta Nueva, 4

Img 5.11. Calle De La Pista, 4

Img 5.12. Calle De Los Hexágonos, 4

Img 5.13. Calle Guatemala, 24

Img 5.14. Calle Pedro Heredia, 36

Img 5.15. Calle Señores De Luzon, 3

Img 5.16. Calle Ramon Power, 24

Img 5.17. Calle Rodriguez Espinosa, 13

Img 5.18. Calle Rosa Jardón, 12

Img 5.19. Calle Sacramento, 7

Img 5.20. Paseo Viejo, 2

Img 5.21. Plaza Cascorro, 11

Img 5.22. Plaza Duque de Alba, 2

Img 5.23. Calle Villaamil, 45

Img 5.24. Plaza Jacinto Benavente, 2

Img 5.25. C. Eduardo Morales, 28

Img 5.26. Calle Arroyo Fontarrón, 407

Img 5.27. Calle De La Pista, 3

Img 5.28. Calle Hermanos Álvarez Quintero, 3

Img 5.29. C/ Camarena 247

Img 5.30. C/ Rafael Finat 75

Img 5.31. Av. De Carabanchel Alto

Tabla 6.1 Población total. INE. Elaboración propia

Img 6.1. Zonas equidistribución. Catastro. Elaboración propia

Tabla 6.2. m2 por zonas. Catastro. Elaboración propia

Tabla 6.3. Demanda energética total. Elaboración propia

Img 7.1. Modelo VBHN3XXSJ47 ASSolar

Img 7.2. Fotovoltaic geographical information system. Edición propia. Calculado a través de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP

Img 7.3. C/ Camarena 247. Capturado en Google Maps. Edición propia.

Tabla 7.1. Producción energética de Aluche. Elaboración propia

Img 7.4. C/ Camarena 247. Capturado en Google Maps. Edición propia.

Tabla 7.2. Producción energética de Las Águilas. C/ Rafael Finat 75. Capturado en Google Maps. Edición propia.

Img 7.5. Av. De Carabanchel Alto. Capturado en Google Maps. Edición propia.

Tabla 7.3. Producción energética de Carabanchel. Elaboración propia

Tabla 7.4. Producción energética por m2. Elaboración propia

Tabla 7.5. Suelo necesario para electricidad. Elaboración propia

Tabla 7.6. Suelo necesario para cocina. Elaboración propia

Tabla 7.7. % cubierto. Elaboración propia

Img. 7.6. Searación de placas y representación en 1 000m2. Elaboración propia

Img. 7.7. Espacios en desuso. Elaboración propia

Img. 7.8. Espacios en desuso. Elaboración propia

Img. 7.9. Instalación de biomasa

Tabla. 7.11. allmacenamiento y tipo de biomasa. Guia técnica, instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE

Img. 7.10. Astillas. Mstoles ecoenergías

Img 7.11. Instalación de biomasa. Móstoles ecoenergías. Disponible en: <https://www.eseficiencia.es/>

Tabla. 7.12. Características del terreno. MAYAB

Tabla 7.13. Extracción del calor según el tipo de terreno. MAYAB

Img 7.12. Inyección geotérmica. MAYAB

Img 7.13. Esquema geotérmico. Producción propia

Img 7.14. Esquema biomasa. Producción propia.

Img 7.15. Esquema biogás. Producción propia.

Img 7.16. Esquema fotovoltaico. Producción propia

Img 7.17. Nucleo energético de Aluche. Distribución fotovoltaica y energética. Producción propia

Img 7.18. Nucleo energético de Las Águilas. Distribución fotovoltaica y energética. Producción propia

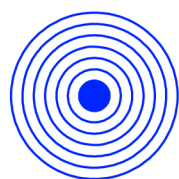
Img 7.19. Nucleo energético de Carabanchel. Distribución fotovoltaica. Producción propia

Img 7.20. Nucleo energético de Carabanchel Distribución energética. Producción propia

Img 7.21. Nucleo energético de Carabanchel Distribución energética detallada. Producción propia

Img 8.1. Superficie requerida. Elaboración propia

Img 8.2. Aportación de los núcleos energéticos. elaboración propia.



READAPTACIÓN DEL PATRIMONIO EN DESUSO
PARA UNA CIUDAD AUTOSUFICIENTE

ALBA MULERO MANZANERO

2022