

Gestión integral de la energía en un entorno habitacional

Propuesta
Programa CENIT
D.Guinea
Instituto de Automática Industrial



Coste energético de las viviendas (IDAE)

Consumo en calefacción, ventilación refrigeración y A.C.S.: **109 kWh/m² año.**

Vivienda 90m² : **9810 kWh/año**

1kW/h genera: **0,65 kg de CO²**

Vivienda 90 m² genera: **6376kg CO²/año**

Coste energético de las viviendas (IDAE)

**Construcción anual:
500.000 viviendas**

**Incremento consumo energía:
4.905.000.000 kWh/año**

**Incremento CO² :
3.188.000 Tm. /año**

Otros datos de REPSOL YPF

Los edificios y la construcción acaparan el 60% del consumo de materiales y energía y de la mitad de los residuos y contaminación que se produce en el planeta, según el Worldwatch Institute de Washington.

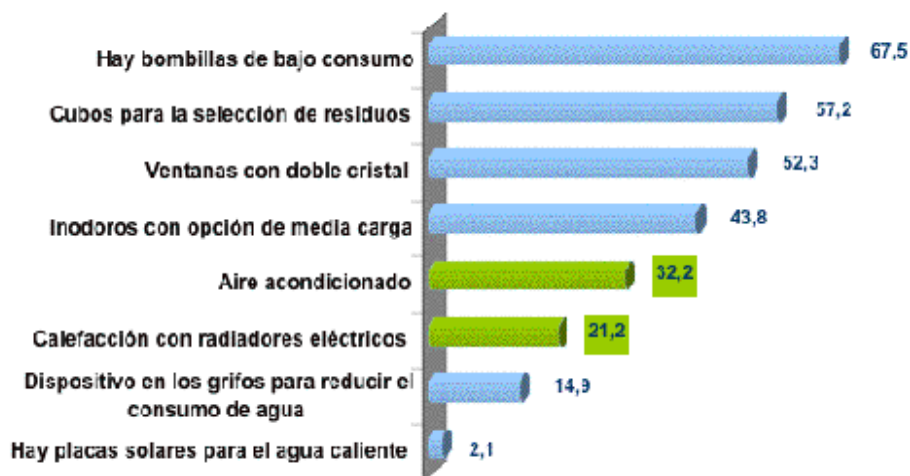
Algunas respuestas

-En Navarra se ha puesto en marcha la ciudad bioclimática de Zolina, una urbanización de 1.000 viviendas que será energéticamente autosuficiente.

Además, existe otro proyecto de construcción de 4.600 viviendas bioclimáticas en Sarriguren.

-En Barcelona, el Patronato Municipal de la Vivienda acaba de entregar las últimas viviendas de un proyecto pionero que ha supuesto la construcción de 431 pisos bioclimáticos para jóvenes. El promotor garantiza por contrato a los ocupantes de la vivienda un ahorro del 60% en la energía que se utiliza para calentar el agua.

Técnicas de ahorro implantadas en España en % de viviendas(ADBC)

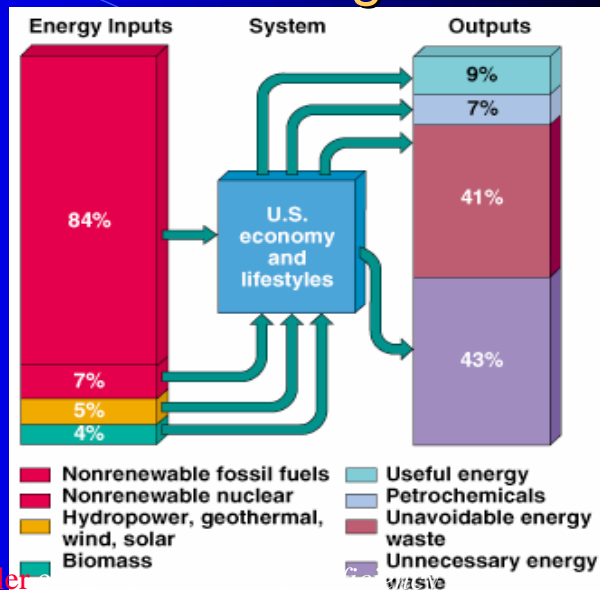


Origenes y motivación

- **Instrumentación y procesamiento en colaboración con otros grupos**
- **Supervisión de procesos complejos**
 - Medidas numerosas y heterogéneas
 - Calibración e interpretación de resultados
- **Comportamiento de la pila como un sistema multivariable. Modelado**
- **Aplicación a robótica u otros procesos de importancia industrial o social**

Perdidas de energía

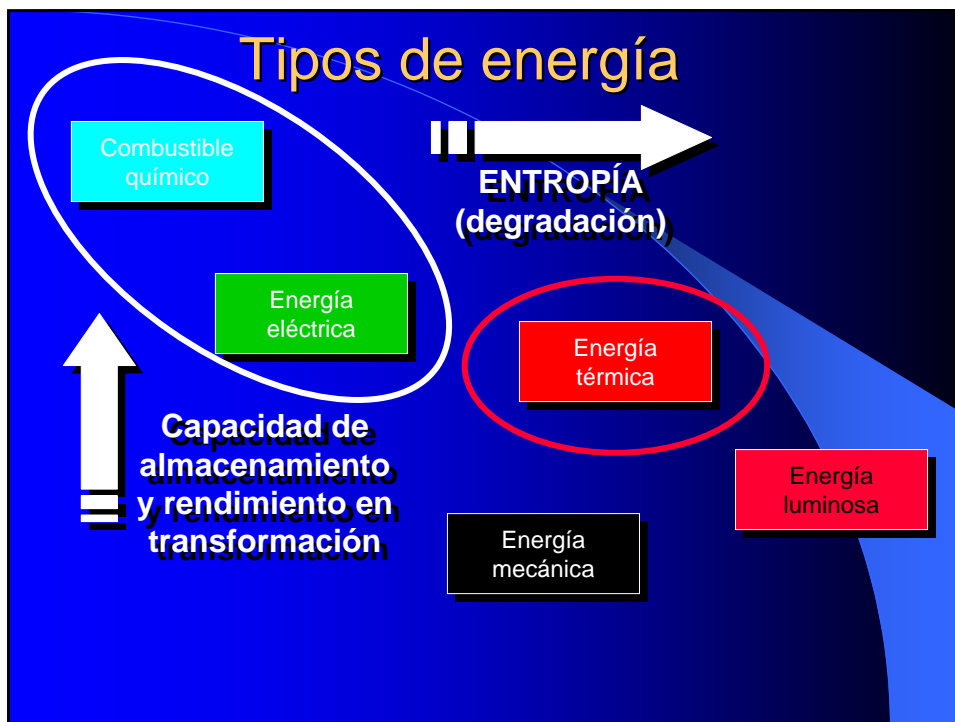
Tecnología actual:
16% al usuario
41% pérdidas inevitables
43% pérdidas remediables



Prof. [G. Tyler Miller](#)
renewable energy resources” “[Living in the Environment](#)”

Objetivos:

- Máxima reducción del consumo energético por vivienda.
- Mínimo aporte de contaminación atmosférica
- Menor coste
- Menor tiempo de construcción



Ahorro energético convencional

- Aislamiento térmico
- Vivienda bioclimática
- Paneles solares térmicos
- Bombas de calor
- Muros Trombe
- Etc.

Energía Térmica

Energía Térmica

Aislamiento térmico. mat. construcción

Material	Clave	Densidad (ρ)	Coef. Conductividad (λ)	Calor específico (c)	$\rho \cdot c \cdot \lambda$
		Kg/m ³	W/m.K	J/Kg.K	kW/m ²
Hormigón	A	2200	1.65	1000	1333.3
Enfoscado cemento	B	1600	0.9	836	1486.2
Enfoscado yeso	C	1500	0.56	1000	2678.6
Ladrillo macizo	D	1800	0.87	836	1729.7
Ladrillo hueco	E	1200	0.49	836	2047.3
Madera	F	700	0.17	1600	6588.2
Madera	G	800	0.14	1600	9142.9
Vidrio	H	2500	0.95	750	1973.7
Aluminio	I	2700	204	880	11.6
Acero	J	7500	50	450	67.5
Piedra	K	2600	2.3	1000	1130.4
Bloque de hormigón	L	1400	0.56	1000	2500

Materiales aislantes

Material	Clave	Densidad (ρ)	Coef. Conductividad (λ)	Calor específico (c)	$\rho \cdot c / \lambda$
		Kg/m ³	W/m.K	J/Kg.K	kW/m ²
Poliestireno expandido	a	15	0.032	1450	679.7
Poliestireno extrusionado	b	30	0.031	1450	1403.2
Poliuretano	c	33	0.026	1400	1776.9
Poliuretano	d	40	0.023	1400	2434.8
Lana mineral	e	50	0.042	1000	595.2
Lana de vidrio	f	25	0.042	1030	613.1
Vidrio celular	g	160	0.041	1000	3990.0
Corcho	h	150	0.042	1500	5357.1
Cámara aire	i	1.3	0.9	1003	1.5

Conductividad en cerramientos

Convencional

- Enfoscado 1,5cm
- Ladrillo 11,5cm
- Poliestireno 4 cm
- Cámara aire 5 cm
- Ladrillo hueco 4cm
- Enlucido 1,5cm

Conductividad

0'64 W/m² K

Industrializable

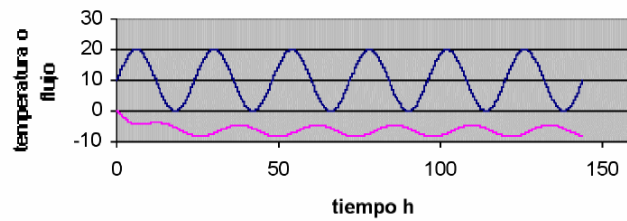
- Enfoscado 1,5cm
- Poliestireno 4cm
- Mortero 15cm
- Poliestireno 4cm
- Enlucido 1,5cm

Conductividad

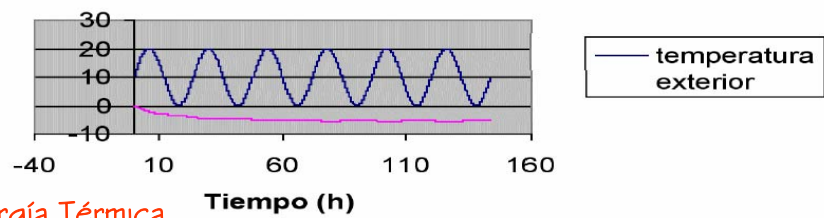
0'37 W/m² K

Aislamiento e inercia térmica

12 cm ladrillo 4 cm aislante 12 cm ladrillo



TERMOARCILLA



Energía Térmica

Tiempo (h)

Un acumulador grande y barato: el subsuelo



Energía Térmica

Vivienda bioclimática



Energía Térmica

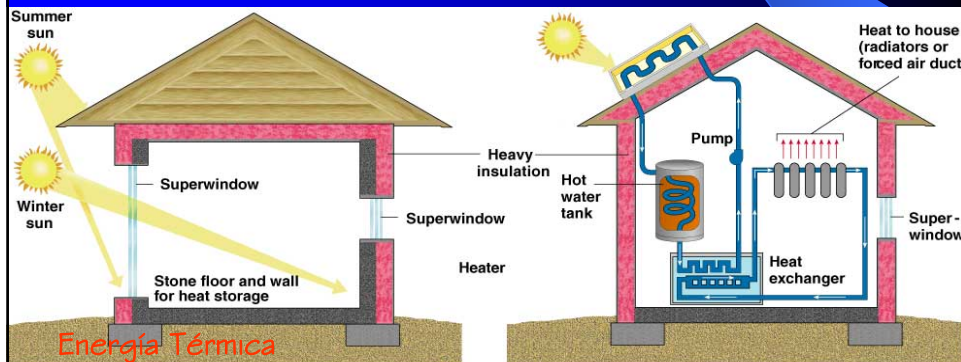
Energía solar térmica

Sistema pasivo:

Recibe y almacena la energía del sol directamente en la estructura

Sistema activo:

Los colectores toman la energía solar y las bombas la transportan al almacen o aplicación según necesidad.



Energía Térmica

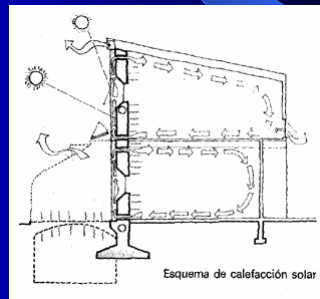
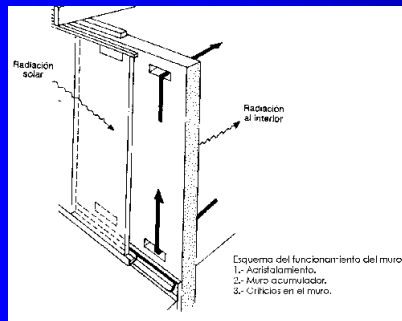
Sistemas Térmicos

- Paneles solares térmicos
- Muro Trombe
- Acumulación en
 - Estructura, subsuelo
 - Tanques y piscinas
- Humidificación
- Bombas de calor para control del flujo térmico servocontroladas
 - Gas-gas. líquido –gas
 - Líquido-líquido baja temperatura

Energía Térmica

Muros Trombe

- Captador térmico Pasivo
- Optimización → Acristalamiento tintado



Energía Térmica

Intercambio y almacenamiento térmico en los muros



Energía Térmica

Paneles solares térmicos sobre la cubierta de la vivienda



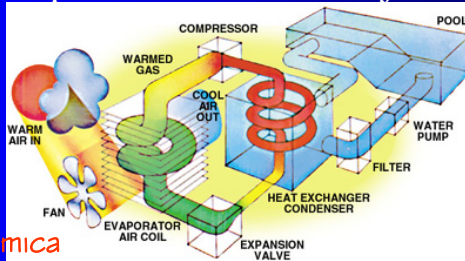
Energía Térmica

Bombas de calor

W O R M S

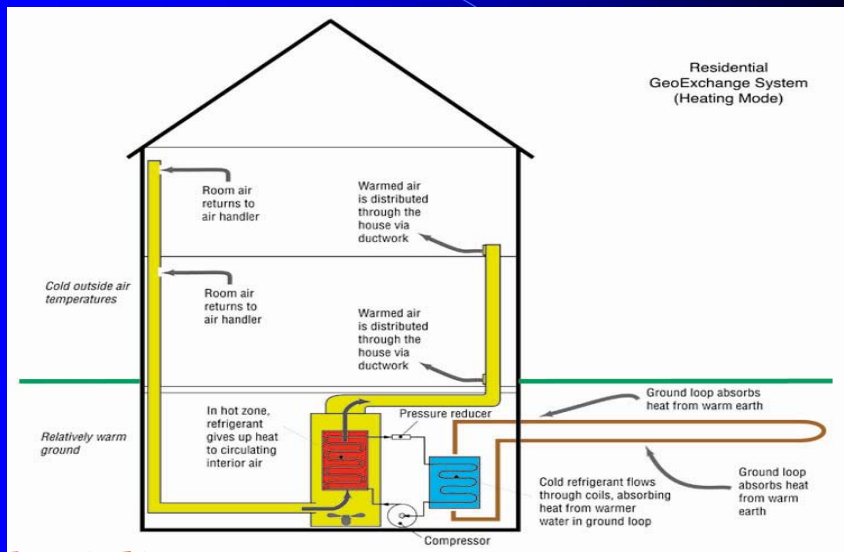
E f i c i e n c i a e n e r g e t i c a

- Estufa eléctrica
- Bomba de calor aire-aire
- Bomba líquido-aire
- Bomba líquido-líquido
 - Acumulador térmico externo
 - Superficie radiante de baja temperatura



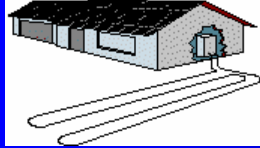
Energía Térmica

Bomba de intercambio de calor con el subsuelo



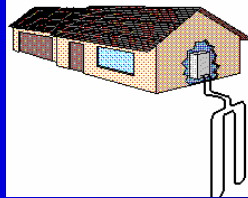
Energía Térmica

Tipos de intercambiadores



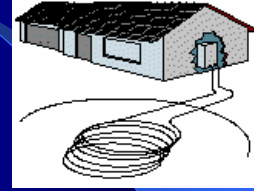
Lazo horizontal

- El más común
- Instalación arata
- Tubos a 1,5m de profundidad * 200 m de longitud



Lazo vertical

- Cuando la superficie está limitada
- En pozos de 30 a 150m de profundidad



Lazo en estanque

- Intercambio en el lazo exterior con el agua de un estanque, lago o río

Almacenamiento en piscinas



Energía Térmica

**Ahorro energético conseguido
con las técnicas convencionales**

20 al 55%

Energía Térmica

**Incremento del coste de
construcción con técnicas
convencionales**

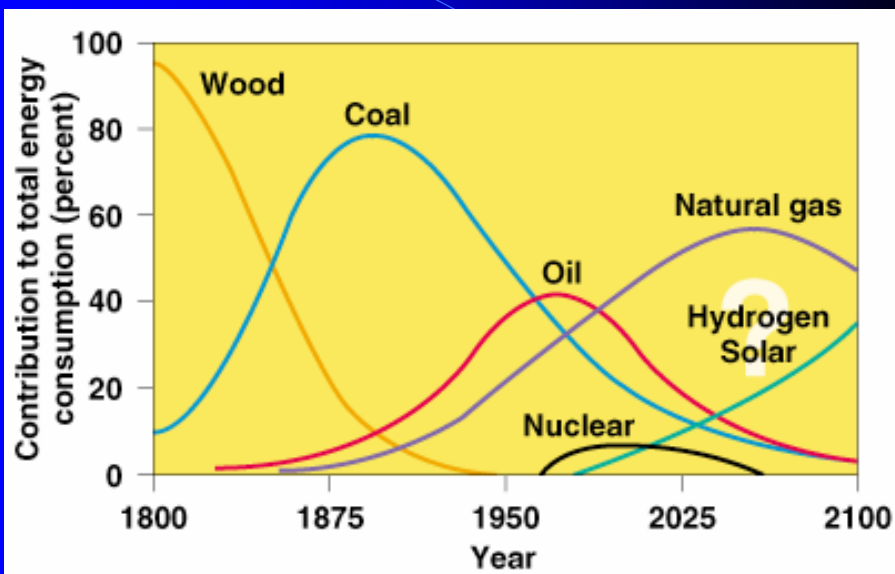
12 al 16%

Energía Térmica

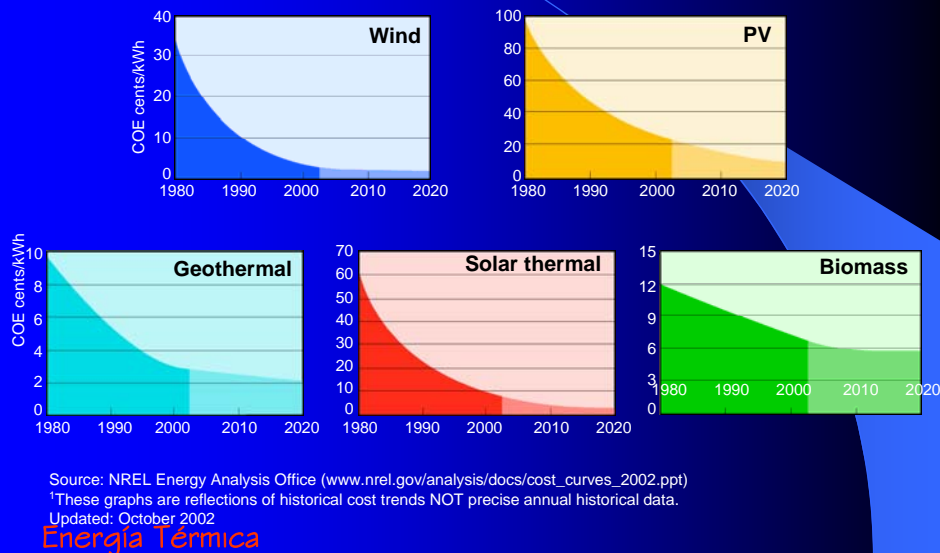
Propuesta: mejorar la gestión global de la energía

Energía Térmica

Evolución de las fuentes de energía



Energías renovables: espectativas de costes



En la Península Ibérica el calor neto de climatización es aprox. nulo:

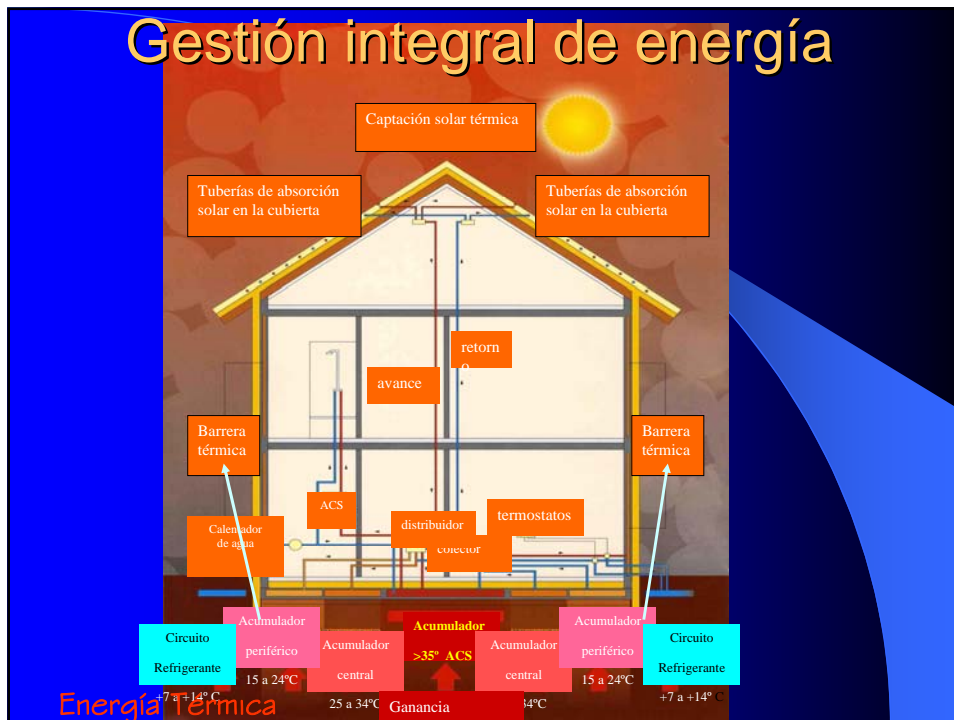
- El calor que sobra en verano es el que falta en invierno
- Incluso los picos de potencia diciembre- junio son similares: han llevado a un máximo crítico a la red de suministro eléctrico española
- Ahora bien.....
 - Si la tecnología nos permitiera retirar y almacenar el calor excedente durante varios meses, esta nos proporcionaría la energía precisa el resto del año

Optimización del flujo térmico mediante:

- Captación térmica en cubierta
- Acumulador en el subsuelo
- Acondicionamiento por aire
- **Barrera térmica con doble aislamiento** ®
- Gestión integral de la energía

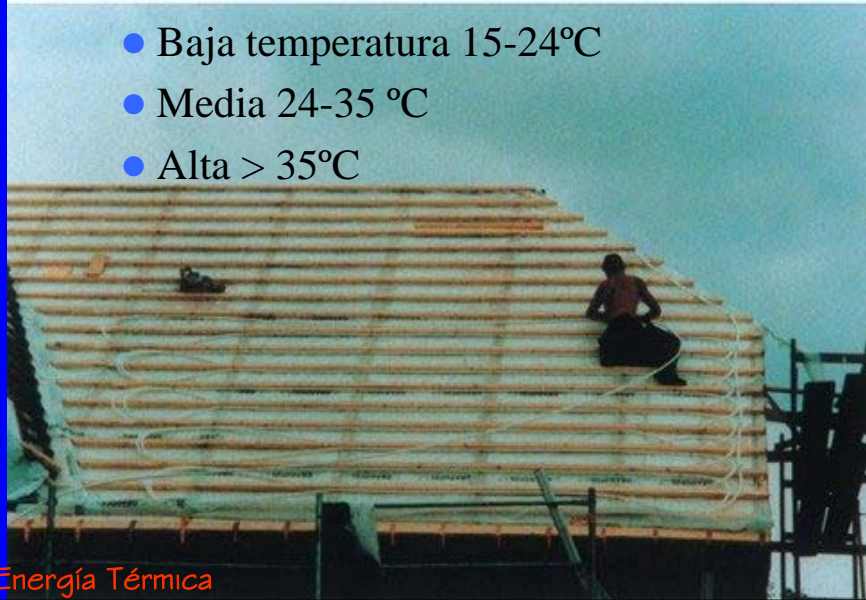
Energía Térmica

Gestión integral de energía



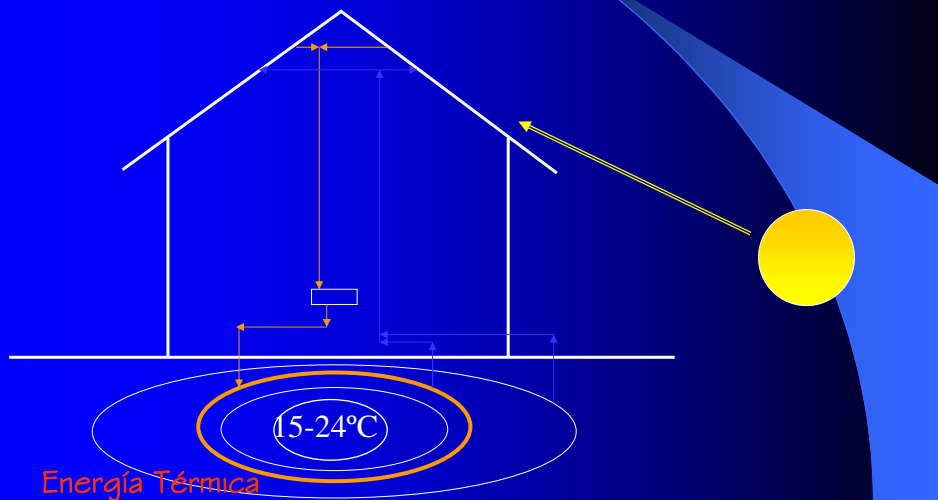
Captación en la propia estructura

- Baja temperatura 15-24°C
- Media 24-35 °C
- Alta > 35°C

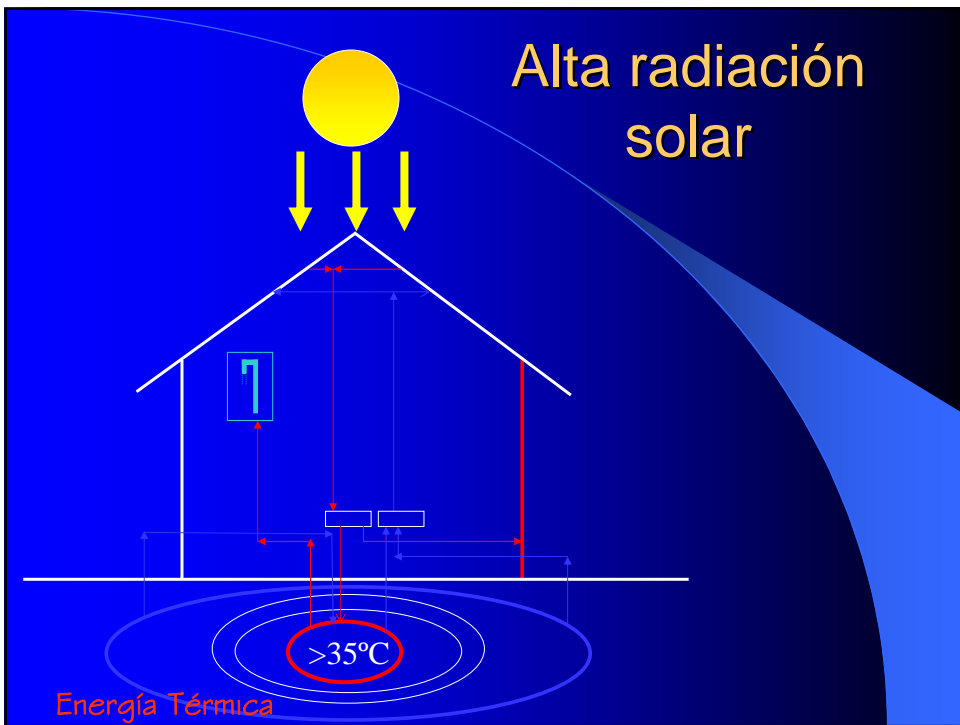
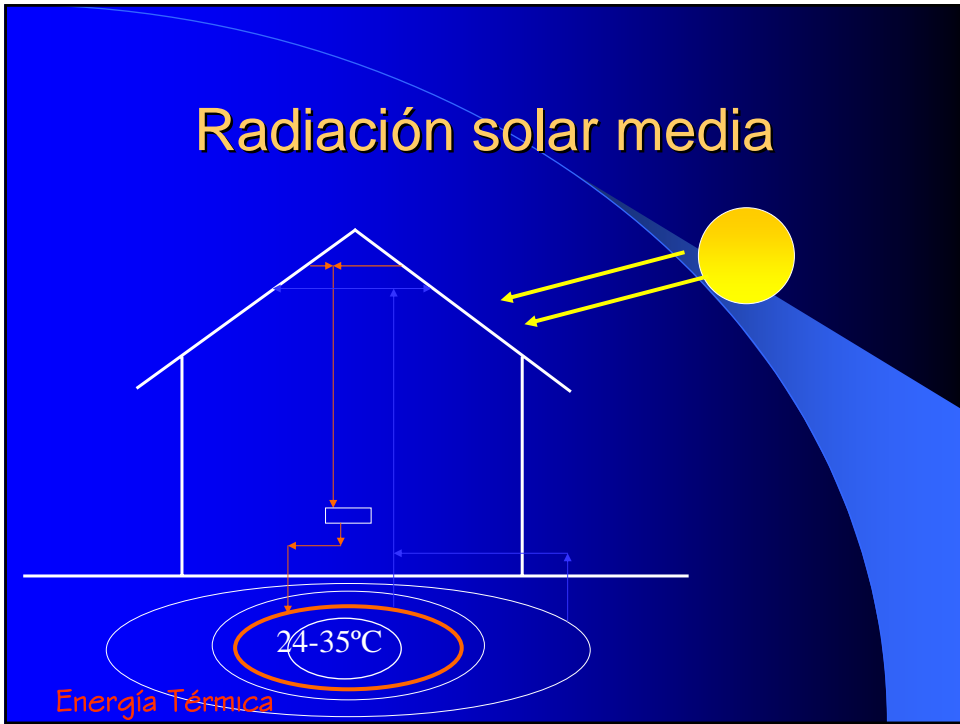


Energía Térmica

Baja radiación solar



Energía Térmica



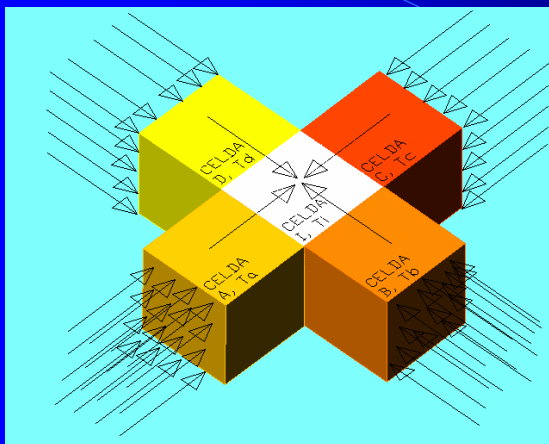
Transferencia de calor al subsuelo

En la situación que se nos plantea es necesario recurrir a elementos finitos para estudiar la temperatura que se tiene cada cierto tiempo en una cierta región del espacio. El intervalo de tiempo se escoge en función de la precisión con la que se quiera medir las temperaturas, y la dimensión se elige de tal forma de que se haga una malla más o menos homogénea a lo largo de todo el volumen a medir.

Una vez que se ha hecho un mallado completo de la zona a medir, y se tienen claras las condiciones de contorno, se proponen a continuación las ecuación de la temperatura de cada una de las celdas.

Energía Térmica

Ecuaciones de difusión



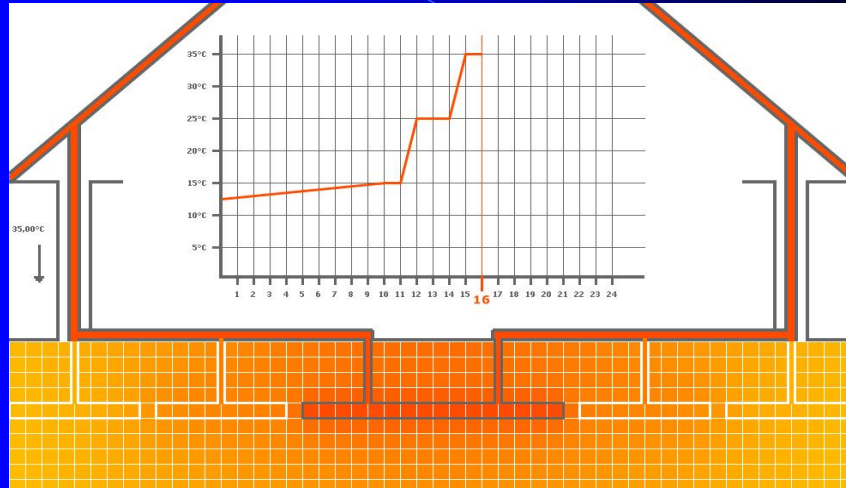
La ecuación térmica para calcular la temperatura de cada uno de los nodos es la siguiente:

$$t'_i = t_i + \delta\tau \left(\sum_j \frac{t_j - t_i}{R_{ij}C_i} + \frac{q_i}{C_i} \right)$$

Donde la temperatura actual de cada nodo depende de la temperatura de los nodos que lo rodean y de su propia temperatura en el instante anterior, a su vez también depende su capacidad calorífica C_i y de la conductividad térmica R_{ij}

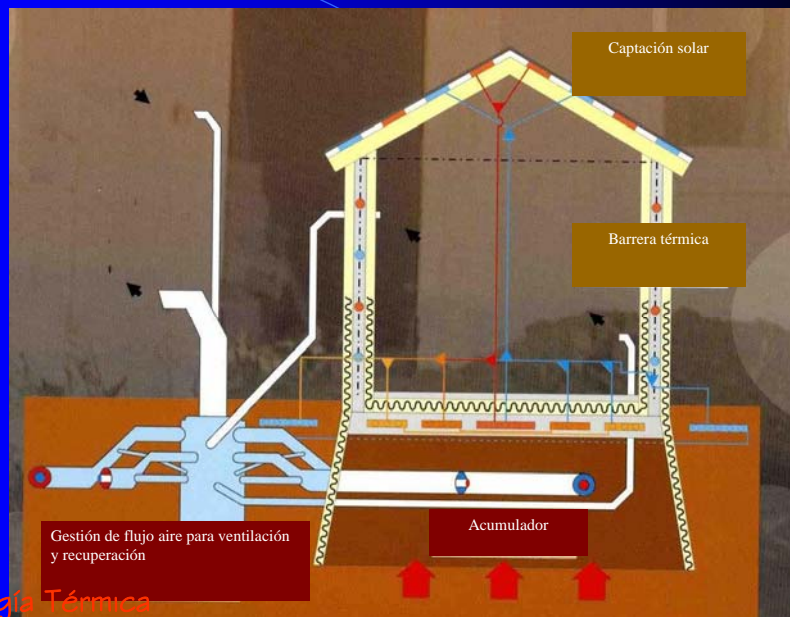
Energía Térmica

Acumulación en el subsuelo

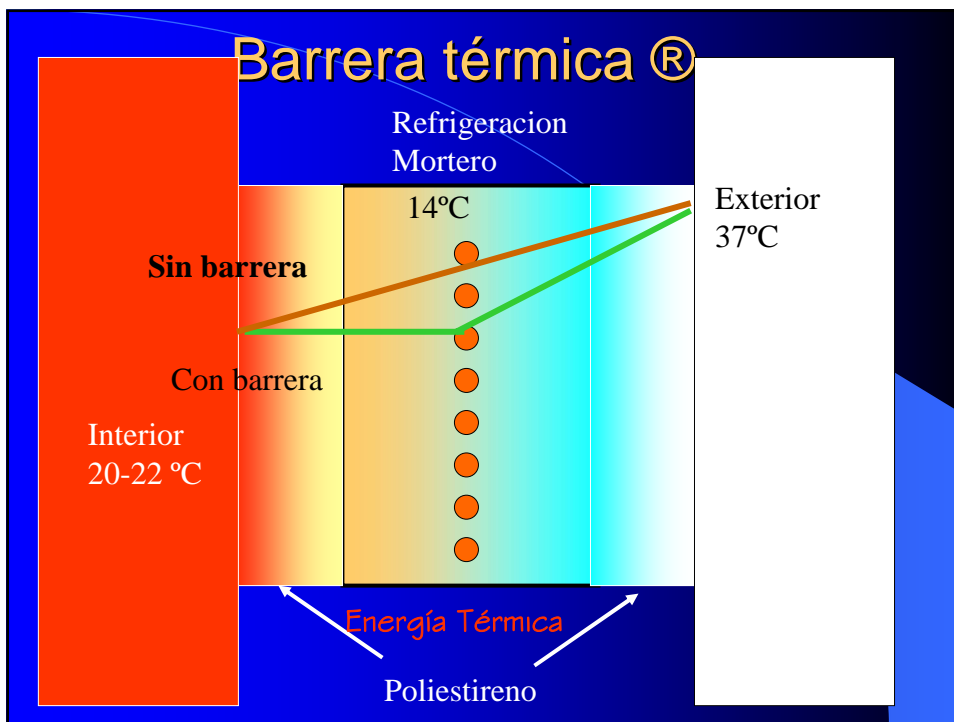
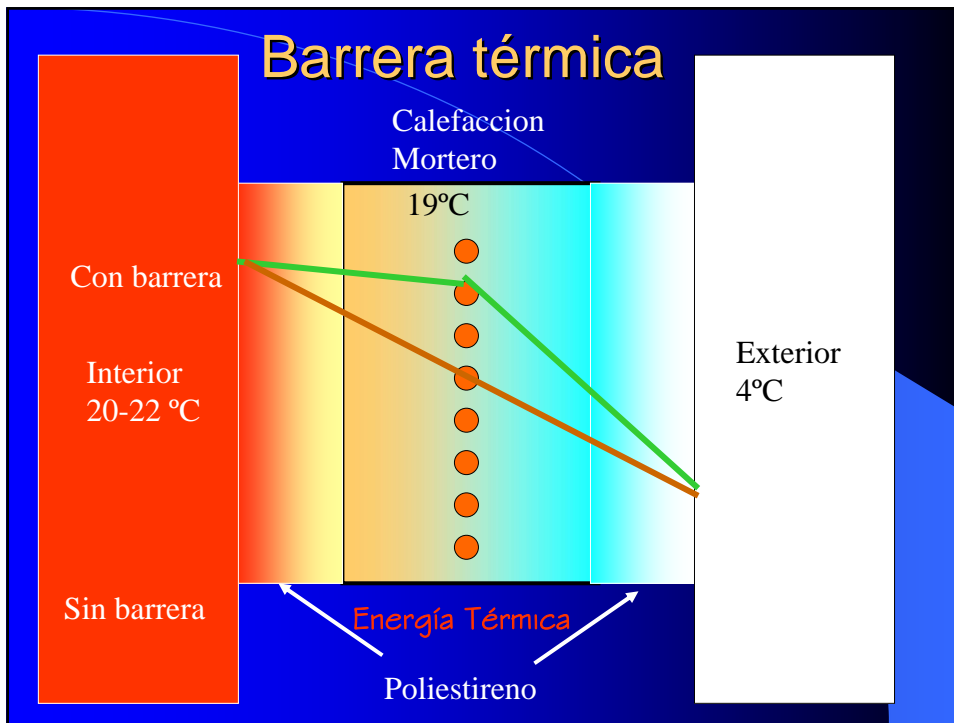


Energía Térmica

Climatización del aire



Energía Térmica



Fuentes complementarias

- Calor generado en el interior
 - Personas
 - Electrodomésticos,
 - Intercambio directo con el exterior.
- Aporte térmico para
 - A.C.S.: calentador instantaneo
 - La climatización por aire con calefacción directa o bomba de calor
 - Calefacción.
 - Climatización
- Utilización ocasional
- Inferior al 5% de la energía global

Energía Térmica

Solera de hormigón



Energía Térmica

Encofrado de poliestireno



Premarcos en los huecos



Inserción de la barrera térmica



Muros portantes de hormigón armado



Viviendas construidas: Singapur



Viviendas construidas: Suiza



Viviendas construidas: Portugal



Viviendas construidas: Holanda



Viviendas construidas: Alemania



Viviendas construidas: Malasia



Viviendas construidas: Polonia



Viviendas construidas: India



Viviendas construidas: Puerto Rico



Energía Térmica

Viviendas construidas: Djibouti



Energía Térmica

Viviendas construidas: Alemania



Viviendas construidas: Luxemburgo



Viviendas construidas: Luxemburgo



Ahorro energético conseguido

Convencional

20 al 55%

Propuesta

85 al 93%

Energía Térmica

Coste de construcción

Convencional
aumento del
12 al 16%

Propuesta:
Mejorar
ahorro del
6 al 12%

Energía Térmica

Plazo de construcción vivienda 130 m² (obra gris)

Convencional
3 a 4 meses

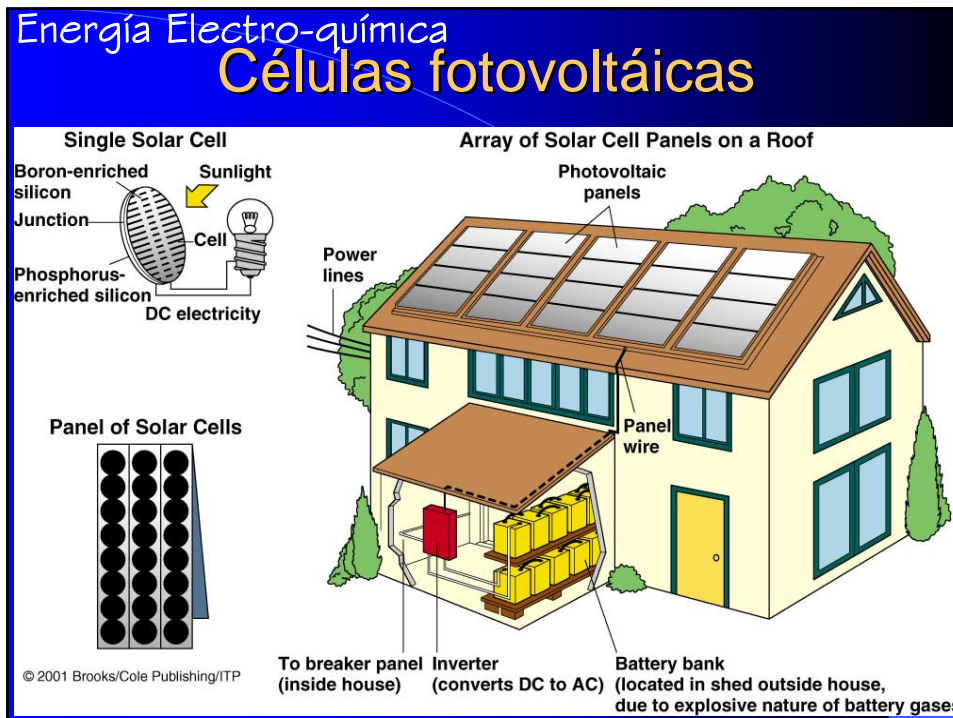
Propuesta:
1 a 2 semanas

Energía Térmica

Automatización del sistema:

- Construcción de elementos
- Montaje en obra
- Supervisión de parámetros climatización
- Control del flujo térmico:
 - Captación, barrera, climatización aire
- Almacenamiento estacional

Energía Térmica



Seguidor solar hidráulico



Energía Electro-química

Pilas de combustible:

- Poliméricas de hidrógeno
- Poliméricas de metanol
 - Diseño convencional grafito – Nafion
 - Diseño propio
 - Bipolares metálicas, bajo coste
 - Monolíticas
- Óxidos sólidos
 - Pendiente del desarrollo de los primeros prototipos por el grupo de la red de pilas

Energía Electro-química

Maravillas de las Pilas PEM

- Consumen hidrógeno y oxígeno (o aire)
 - Solo eliminan agua
- Trabajan a baja temperatura
 - No generan Nox

CONTAMINACIÓN NULA

Energía Electro-química

Maravillas de las Pilas PEM

- No tienen partes móviles
 - Sin desgaste mecánico, sin ruido
- Rendimiento triple de un motor térmico $>50\%$ no limitado por Carnot
 - Depende del % de carga respecto a la máxima o nominal

Energía Electro-química

Maravillas de las Pilas PEM

- La parte activa es pequeña y ligera
 - Membranas de 50-200 micras
- Con elevadas densidades de corriente $> 1 \text{ A/cm}^2$
- Con materiales potencialmente abundantes y sencillos (no en la actualidad)

Energía Electro-química

Maravillas de las Pilas PEM

- Dispositivos reversibles:
 - Hidrógeno $< \text{--} >$ Electricidad
 - Posibilidad de almacenamiento
 - Generación y almacenamiento local
 - Dispositivos ideales para redes distribuidas

Energía Electro-química

Pero sin embargo.....

- Las pilas no compiten hoy día en el mercado con otros generadores

¿Por qué?

Energía Electro-química

Algunas razones

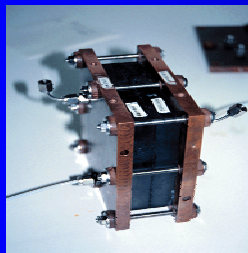
- Las pilas son caras (5000€/kW)
- La instrumentación es aún más cara
- Lo mismo el H₂ combustible de alta pureza
- Al igual que los sistemas de seguridad
- Son sistemas de funcionamiento complejo
- Y difíciles de manejar

Energía Electro-química

Una regla del tres



200 años



??



Energía Electro-química

Las pilas de combustible

- Se encuentran en una etapa experimental
- En rápido desarrollo
- Requieren todavía mucho trabajo
 - Materiales
 - Instrumentación
 - Modelado
 - Operación
 - Transferencia de energía
 - Integración de sistemas

Energía Electro-química

La pila en una vivienda

- Integración de la pila en la aplicación:
 - Generador, consumo, energía residual, transformación, almacén, etc
- La pila en funcionamiento
 - Carga, temperatura, alimentación, potencia, humedad, etc.
- Diseño y realización de la pila:
 - Materiales, diseño (topología), conexión, sensorización, etc.

Energía Electro-química

En la Península Ibérica el calor neto de climatización es nulo:

- El calor que sobra en verano es el que falta en invierno
- Incluso los picos de potencia diciembre- junio son similares: han llevado a un máximo crítico a la red de suministro eléctrico española
- Ahora bien.....
 - Si la tecnología nos permitiera retirar y almacenar el calor excedente durante varios meses, esta nos proporcionaría la energía precisa el resto del año

Energía Electro-química

En resumen: La pila de combustible PEM

- No es la solución completa a todos los problemas de la energía..... Pero
- Puede ser un excelente complemento en un proceso de racionalización de las redes
 - Alto rendimiento
 - Limpieza
 - Reversibilidad

Energía Electro-química

Gestión integral de la energía en un entorno habitacional

1. **Energía térmica de baja temperatura**
2. **Energía electroquímica**
3. **Diseño. construcción y mantenimiento:
calidad, coste, prestaciones**
4. **Desarrollo de prototipos reales con
objetivo “consumo energético cero”:**
5. **Un entorno humano:**

Propuesta CENIT

Energía térmica de baja temperatura

- **Fuentes:** Convencionales, renovables (captación/disipación térmica en recubrimientos), aprovechamiento de energías residuales.
- **Acumulación:** estructura, depósito agua, subsuelo. Conductividad y calor específico de los materiales. Modelos de transmisión, difusión y recuperación térmica en el subsuelo.
- **Transporte:** directo, agua, aire
- **Transformación:** intercambio directo, bomba de calor, máquinas de absorción a baja temperatura.
- **Utilización:** calefacción, refrigeración, acondicionamiento H.R.

Propuesta CENIT

Energía electro- química:

- **Fuentes:**
 - Convencionales: red eléctrica, gas natural, fuel/gasoil
 - Renovables: eólica, fotovoltaica
- **Acumulación:** baterías, hidrógeno,
- **Transporte:** eléctrico, combustible químico
- **Transformación:** pilas de combustible, microturbinas,
- **Utilización:** Iluminación, equipamiento (motores, instrumentación, comunicaciones, etc.)

Propuesta CENIT

Materiales y procesos constructivos para la optimización energética:

- Captación y disipación integrada en el edificio: Solar térmica y fotovoltaica
- Transformación: aprovechamiento de las secuencias naturales de degradación de la energía. Sistemática en la recuperación de energías residuales
- Almacenamiento: geotérmico de alta y baja temperatura (acumulador con intercambiador en el subsuelo) y URFC (pila de combustible reversible o conjunto electrolizador-PEM)
- Utilización: Bombas de calor con mínimo salto térmico y cambiadores de alta eficiencia y bajo coste, renovación forzada con recuperación térmica en expulsión,
- Transporte: Retorno de excesos de energía a las redes de suministro. La generación y almacenamiento de diversos tipos de energía (eléctrica, química, térmica.) como elemento estabilizador en una gestión global capaz de asumir con pérdidas mínimas los picos de consumo.

Diseño. construcción y mantenimiento: calidad, coste, prestaciones

- Construcción industrializada: de la obra gris al acabado:
- Robótica en construcción:
- identificación de las funciones a realizar: transporte, ensamblado, soldadura, deposición en suelo, muros o techos, inspección técnica de fallos, etc.
- Robots móviles: localización, navegación, planificación de tareas, seguridad, control, operación, costes
- Estructura de las redes de soporte físico y lógico para captura de datos, comunicaciones, procesamiento y adopción de decisiones.
- Gestión inteligente de la energía: medida, control y optimización de los flujos y transformaciones energéticas. Modelado de los patrones de generación y consumo para cada tipos de energía, clima y hábitos de consumo de los residentes.
- Sistemática de habitación y mantenimiento: análisis de costes energéticos, protocolos de inspección, automatización en la detección y reparación de averías, estimación de las reservas, mejora en las estrategias de actuación, limpieza, seguridad, etc.

Propuesta CENIT

Prototipos reales con objetivo “consumo energético cero”

- **Vivienda unifamiliar**
- **Construcción en altura**
- **Rehabilitación de edificios**
- **El barrio como unidad de gestión de energía**

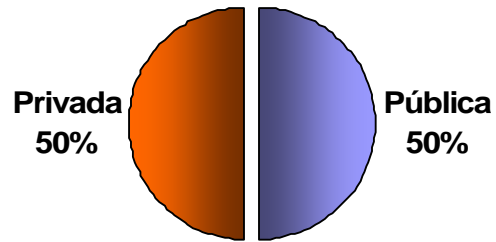
Propuesta CENIT

Un entorno humano

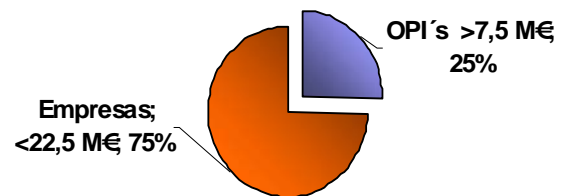
- **Infraestructura de transmisión de información**
- **Supervisión y control en la fase experimental**
- **La interacción con el usuario. Patrones de comportamiento**
- **Mecanismos de evaluación energética**
- **Integración en los distintos niveles de normativa: UE, Nacional, Comunidades Autónomas, Ayuntamientos.**

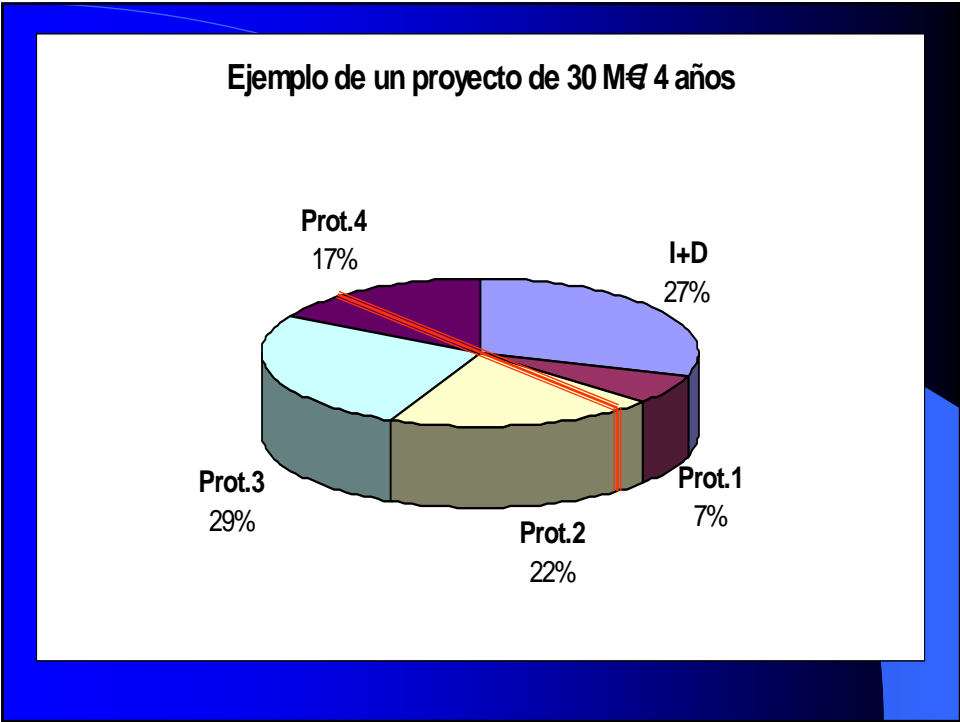
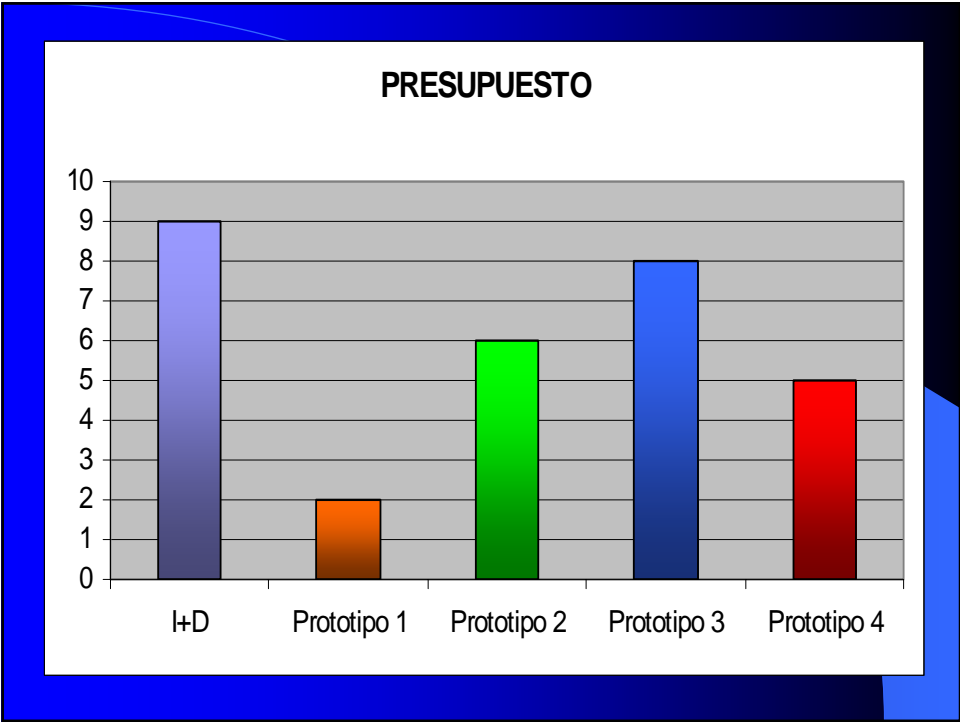
Propuesta CENIT

**Fuentes de financiación
Programa CENIT**



**Distribución de la ejecución de los fondos
Ejemplo presupuesto global 30M€**





Acciones inmediatas

- Empresa coordinadora
- Precontratos
 - Entre socios
 - Con los OPI's
- Cumplimentar formularios
- Entregar la propuesta