

MODULE M2.2

Diseño y optimización del suministro de calefacción y refrigeración

Paso 7.5: Prediseño del sistema alternativo de suministro

➔ Aplicado después del proceso de optimización y recuperación de calor

Objetivo:

- ✓ Minimización del consumo de energía primaria y del impacto ambiental

Alcance de las medidas :

- ✓ Cambios en el equipo de suministro de calor
- ✓ Cambios en el combustible
- ✓ Cambios en el sistema de distribución

Paso 7.5: Prediseño del sistema alternativo de suministro

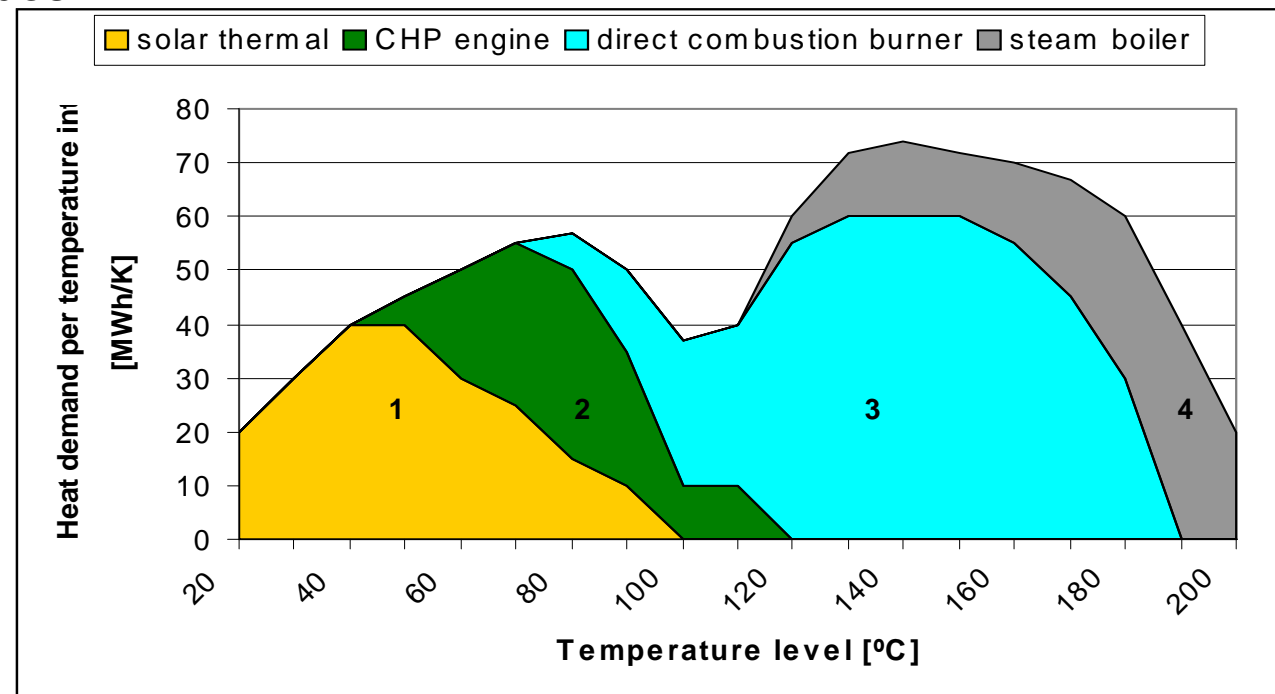
Punto partida:

- ✓ El análisis de la demanda agregada de (desfglose estadístico) teniendo en cuenta :
 - Nivel de temperatura de la demanda de calor restante
 - Cantidad de demanda y disponibilidad de calor residual
 - Distribución temporal de la demanda y calor residual
 - Disponibilidad de espacio
 - Disponibilidad de fuentes alternativas de energía y sus costes (biomasa,...)

Paso 7.5: Prediseño del sistema alternativo de suministro

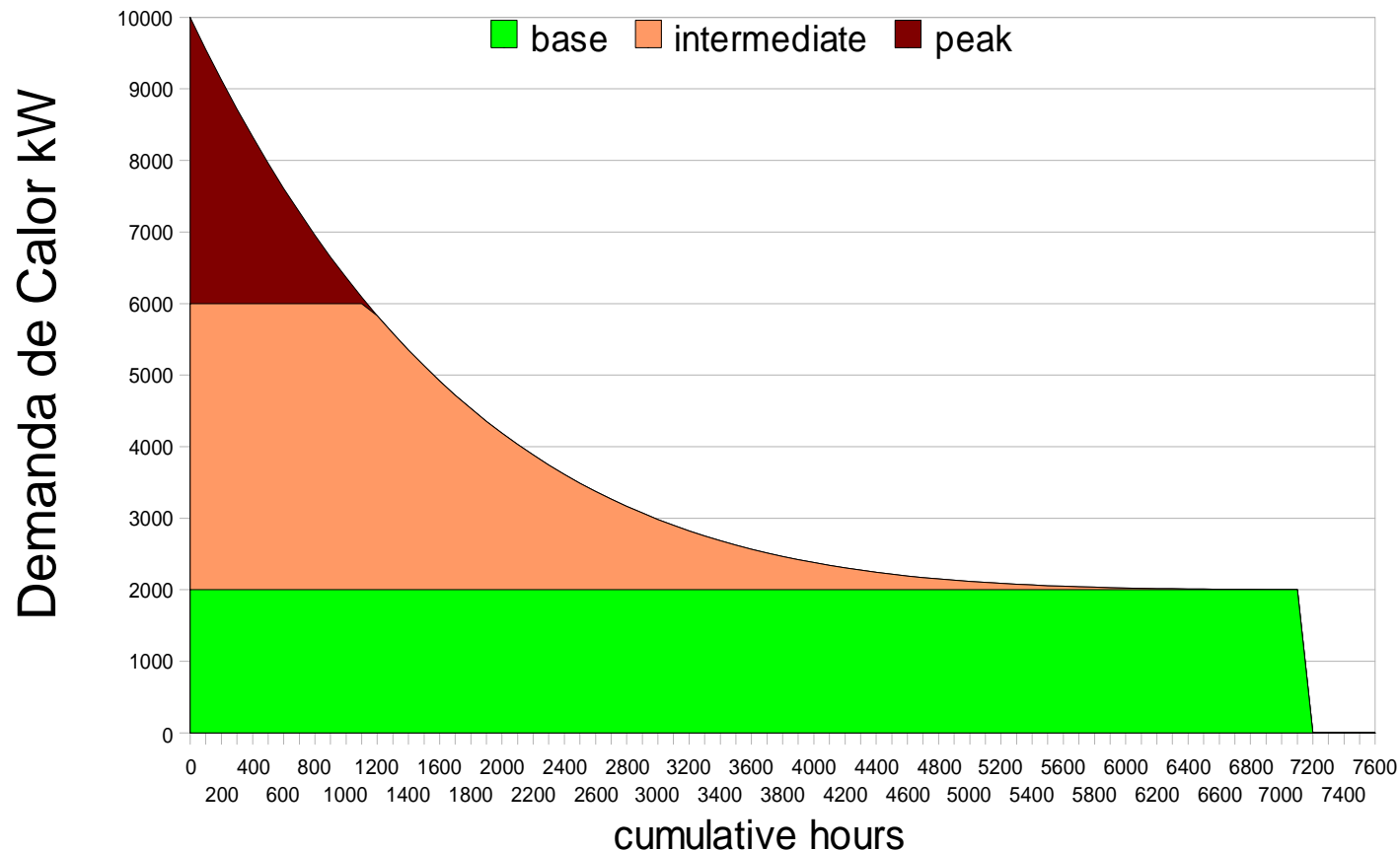
Cascada de suministro de calor: selección del equipo adecuado

- Mayoría de equipos de eficiencia cubren la carga de base y a bajos niveles de temperatura (amplio numero de horas de operativa)
- A carga máxima y altas high temperaturas son cubiertas por equipos menos eficientes adecuados.



Paso 7.5: Prediseño del sistema alternativo de suministro

- ✓ Dimensionamiento del equipo para carga base, carga intermedia y carga máxima



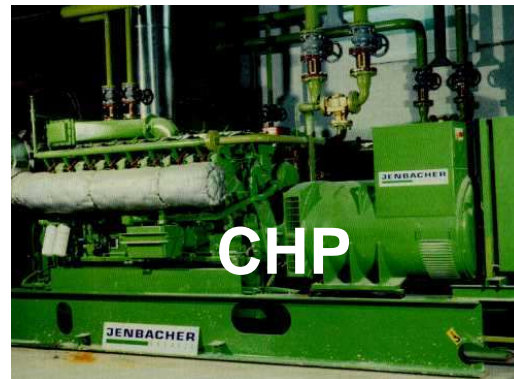
Paso 7.5: Prediseño del sistema alternativo de suministro

Pasos del diseño...

- ✓ Selección del tipo de equipo para ser usado y orden de la cascada de calor.
 - Ejecutado manualmente por el auditor o propuesto por la herramienta EINSTEIN
- ✓ Dimensionamiento de cada tipo de equipo en la cascada
 - Ayudado por la herramienta EINSTEIN “asistente de diseño”
- ✓ Selección de la combinación óptima del ‘todo’
 - Hecha básicamente a partir del proceso de ‘prueba-error’
- ✓ Optimización iterativa de la secuencia de recuperación de calor – suministro de calor/frío
 - Ya que los cambios en el sistema de suministro pueden llevar a cambios en el calor residual disponible

Paso 7.5: EINSTEIN –Tecnologías disponibles

EINSTEIN
thermal energy
industry audit



paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Almacenamiento de calor y frío

- ✓ Almacenamiento de calor y frío puede usarse para reducir la demanda pico de calor:
 - Incrementa la fracción de carga base
 - Permite una fracción de demanda más elevada para ser cubierta por equipos de eficiencia energética asegurando más horas de producción.
- ✓ Permite cubrir la demanda de calor con calor residual disponible y calor térmico solar.
 - Siempre y cuando los esquemas temporales no se solapen.

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Sistemas de almacenamiento de calor y frío más destacados:

- ✓ Almacenamiento sensible de HC en forma de agua caliente/fría (hasta 150°C es posible tanques presurizados)
- ✓ Almacenamiento latente HC en tanques de vapor saturados
- ✓ Almacenamiento con aceite térmico
- ✓ Almacenamientos sólidos (cerámicos, lechos de rocas,...)
- ✓ Almacenamiento helado y latente para otros cambios de estado de materiales.

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Eficiencia energética en la distribución de calor y frío

→ *En muchos casos la distribución de calor y frío puede ayudar a reducir el consumo de energía :*

✓ **Reducción del nivel de temperatura**

- Puede reducir las pérdidas de calor en tubos y almacenamiento
- Puede ser necesaria para aplicar tecnologías eficientes de energía (CHP, bombas de calor, térmica solar)

✓ **Combustión/enfriamiento directo**

- Puede incrementar la eficiencia energética eliminación las pérdidas en la distribución y por el uso del calor latente del vapor de agua contenido en los gases de escape (ej. En calentamiento por baño)
- Potencial de uso con combustibles más limpios como gas natural o biogás.

Cogeneración (CHP)

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

- ✓ CHP asegura la producción de calor y electricidad a partir de combustible con eficiencia energética alta
 - Pérdidas de conversión de 10 a 25% versus como mínimo 45% para sistemas eléctricos.
- ✓ CHP puede cubrir la demanda de frío (trigeneración: electricidad + calor + frío)
 - Usando máquinas de refrigeración por absorción o similares

➔ *Para maximizar el ahorro de energía:*

- ✓ *CHP debe ser diseñado para suministrar calor a la planta de producción donde esté localizada.*

Exceso de electricidad puede ser exportada a la red pública de distribución y consumo.

Ciclo combinado de cogeneración (CHP)

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Cáculo de los ahorros de energía primaria con CHP:

- ✓ Enfoque “simétrico”
 - La Directiva de cogeneración 2004/8/EC: compara sistemas CHP con sistemas de producción separada de calor y electricidad (basado en eficiencias de referencia)
- ✓ Enfoque “eficiencia eléctrica equivalente”
 - Resta la cantidad de energía que sería necesaria para producir calor y calcula la eficiencia eléctrica teórica.
- ✓ Enfoque térmico EINSTEIN
 - Consumo de energía primaria específica por unidad de calor producido con CHP:

$$\frac{\Delta E_{PE}}{\Delta Q} = \frac{f_{PE}}{\eta_{th}^{CHP}} \left(1 - \frac{\eta_{el}^{CHP}}{\eta_{el}^{grid}} \right)$$

Tecnologías CHP disponibles

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Tecnología CHP	Nivel temperatura	Eficiencia (eléctrica./térmica)
Motor de gas or combustibleñ	< 95°C (agua enfriado) < 400 °C (gas escape)	(40% / 45%)
Turbina de gas	< 400 °C	(30% / 60%)
Turbina de vapor	< 250 °C (límite parcial; depende de la presión del contador)	(20-30% / 65%)
Ciclo combinado (turbina de gas + recuperación de calor del generador de vapor + turbina de vapor)	< 250 °C (límite parcial; depende de la presión del contador)	(50-55% / 35-40%)
Turbina ORC (Ciclo orgánico Rankine)	< 250 °C	(27-50% / 30-55%)
Motor Stirling	< 90 °C	(10-25% / 60-80%)
Célula de combustible	< 80 °C (tecnología PEM) < 400 °C (tecnología SOFC)	(45-60% / 30-50%)

Bombas de calor

paso 7.5: Prediseño de
alternativas para el sistema de suministro

Tipos de bombas de calor :

- ✓ Bombas de calor mecánicas de compresión de vapor
 - Normalmente funcionan con electricidad
- ✓ Bombas de absorción de calor
 - Usan energía térmica
- ✓ Bombas de vapor jet
 - Usan vapor como fuerza motor

Bombas de calor

paso 7.5: Prediseño de
alternativas para el sistema de suministro

Aplicaciones industriales típicas para bombas de calor:

- ✓ Procesos de calentado y enfriado de agua
- ✓ Procesos de secado
- ✓ Calentamiento de espacios
- ✓ Procesos de evaporación y destilación
- ✓ Recuperación de calor residual

bombas de calor

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Consideraciones importantes sobre la aplicación de bombas de calor:

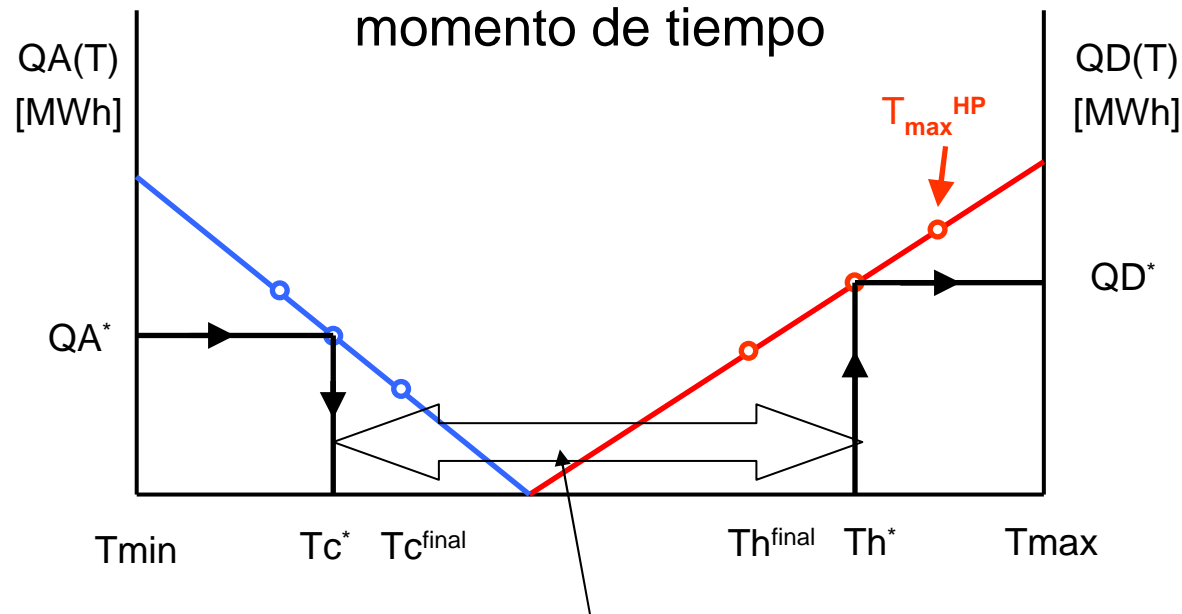
- ✓ Temperatura final del calor (normalmente de 55 a 120°C; de 80 a 150°C con agua como refrigerante)
- ✓ Incremento de temperatura (típicamente de 20 a 40 K)
- ✓ Horas de funcionamiento
- ✓ Temperatura Pinch
- ✓ Forma del suministro de calor y curvas de demanda

bombas de calor

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Bases para el cálculo de flujos de energía

Demanda de calor y disponibilidad en un momento de tiempo



Incremento máximo de temperatura

Generación de frío eficiente energéticamente

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Tipos de refrigeradores:

- ✓ Torres de refrigeración (refrigeración gratuita)
 - Refrigeración abierta/cerrada, húmeda/seca/hídrica
 - Nivel de potencia eléctrica típicamente entre 10 y 23 kW_{el}/MW_{th}
- ✓ Enfriadores de compresión de vapor
 - COP sobre 4.0 o superior para instalaciones de gran tamaño
- ✓ Refrigeradores térmicos
 - Absorción y enfriadores de adsorción, bombas de chorro de vapor, etc
 - Integración en CCHP (trigeneración) o conceptos de refriger. Solar
 - COP (enfriadores de absorción): 0.5 a 0.8 (efecto simple); 1.0 a 1.3 (doble efecto)
 - Importante: use la relación de energía primaria para comparar los refrigeradores térmicos y eléctricos

Generación de frío eficiente energéticamente

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Consideraciones acerca de la aplicación de refrigeración:

- ✓ Reducción de la demanda de refrigeración por recuperación de calor
- ✓ Uso de calor residual del refrigerador (hasta 50°C es posible)
- ✓ Uso de refrigeración gratuita

Uso de cascadas de enfriadores cuando sea conveniente

- ✓ Alta temperatura de suministro de agua enfriada
- ✓ Baja temperatura del suministro de agua re-enfriada
- ✓ Reduzca el funcionamiento a carga parcial de los enfriadores

Sistemas energía solar térmica

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

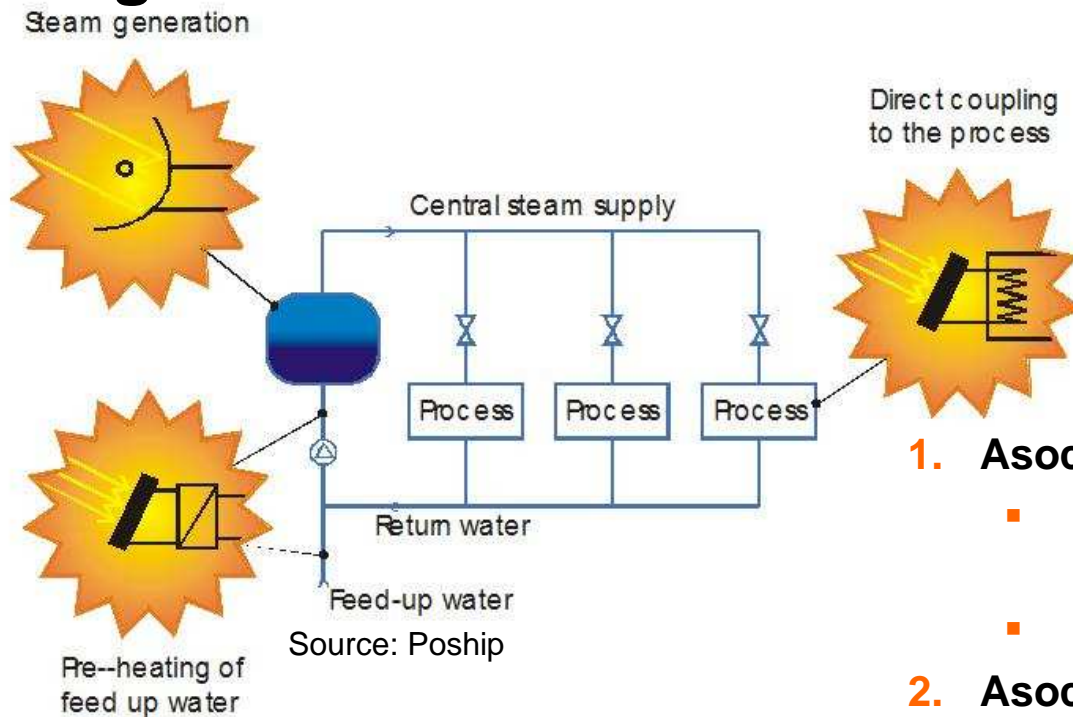


Sistemas de solar térmica

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Integración de la solar térmica en el proceso

EINSTEIN thermal energy industry audit



1. Asociarla al proceso

- Precalentamiento del fluido circulante
- Calentamiento de los baños

2. Asociarla a la caldera

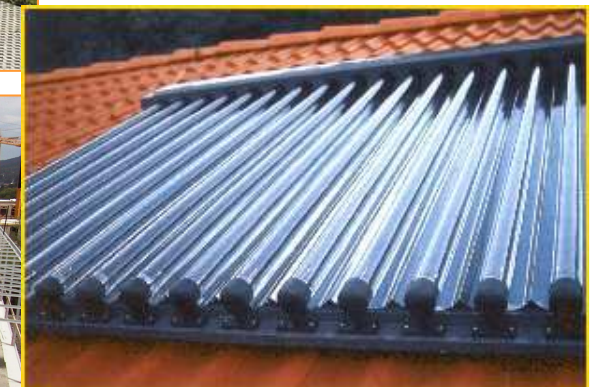
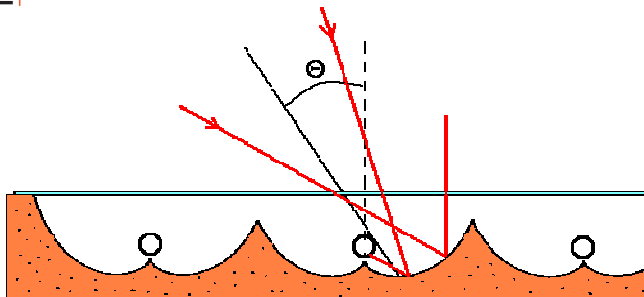
- A través del precalentamiento del agua de suministro de los calentadores de vapor
- por un generador solar de vapor

Sistemas de solar térmica

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Colectores térmico solares para procesos de calor

- ✓ Placas planas
- ✓ Tubos evacuados
- ✓ Concentración de colectores:
 - CPC
 - Bandeja parabólica
 - Fresnel
 - Otros



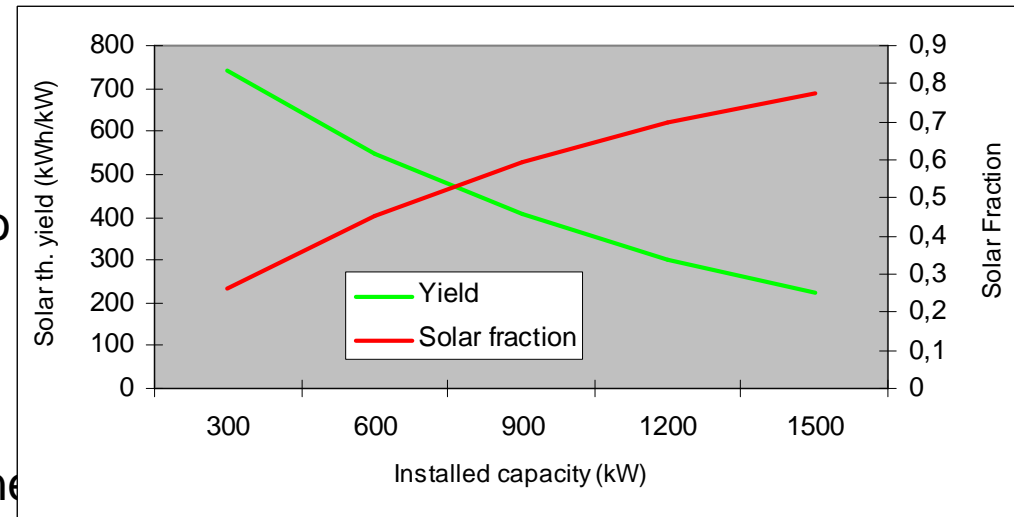
Sistemas de solar térmica

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

EINSTEIN
thermal energy
industry audit

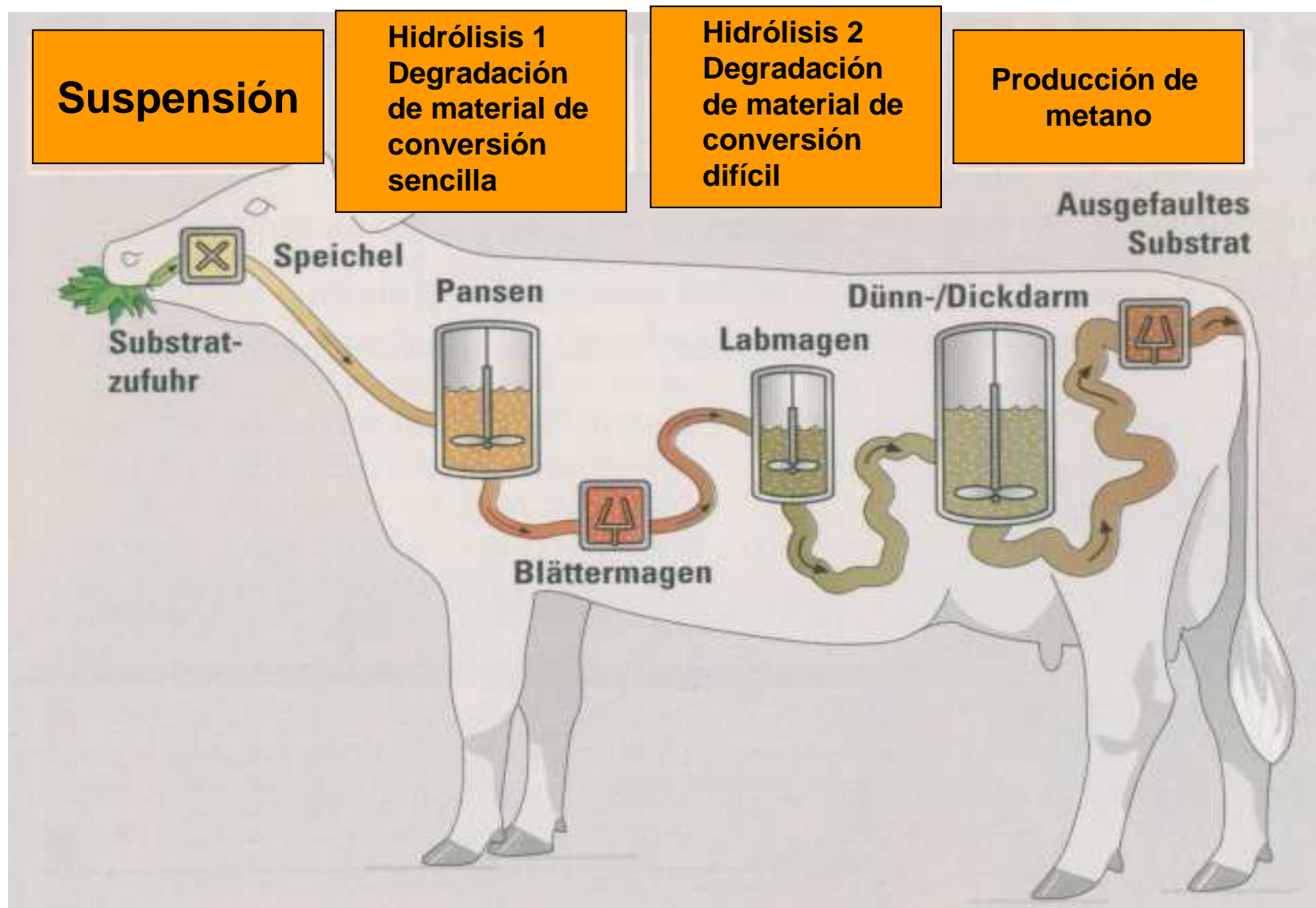
Criterios de diseño

- ✓ Temperatura de funcionamiento
- ✓ Condiciones Climáticas
- ✓ Perfil de carga
- ✓ Fracción Solar y rendimiento energético
- ✓ Tamaño del sistema
- ✓ Integración de procesos
- ✓ Área y estructura de techo disponibles



BIOGAS

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro



Biogas: Fuentes y pretratamientos

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Agriculture industry	Slaughter houses	Industry (e.g. food)	Canteen kitchen	commune
<ul style="list-style-type: none"> •Residues of harvesting •Energy plants •Liquid manure •Solid and liquid dung 	<ul style="list-style-type: none"> •Slaughter house waste water (grease,...) •Slaughter house solid waste (bowels) 	<ul style="list-style-type: none"> •mash •Brewer grains •yeast •Fruit pulp 	<ul style="list-style-type: none"> •Food residues •Kitchen waste •Waste grease 	<ul style="list-style-type: none"> •grass •Biogenic waste •Sewage sludge

Pre-treatment	examples
Mechanical/physical	Milling, chaffing, ultra sonic
chemical	Acids, base, wet oxidation
Bio-technological	Enzymes, fungi,
Thermal	Steam explosion, thermal pressure hydrolysis

Calderas y quemadores

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Criterios de ahorro energéticos/económicos para calderas (1)

- ✓ Evita calentamiento eléctrico y implantar calderas con combustibles de bajo impacto ambiental
- ✓ Gas natural (NG) o gas líquido (LPG) permiten tecnologías eficientes
- ✓ Vapor de baja presión y temperatura reduce costes y pérdidas
- ✓ Evitar bajo factor de carga (< 30%)
- ✓ Aplicar calderas con eficiencias elevadas para calderas de carga base con menor eficiencia para carga completa
- ✓ Evitar sobredimensionar y/o baja capacidad de los equipos
- ✓ A baja temperatura utiliza calderas de agua caliente y de condensación

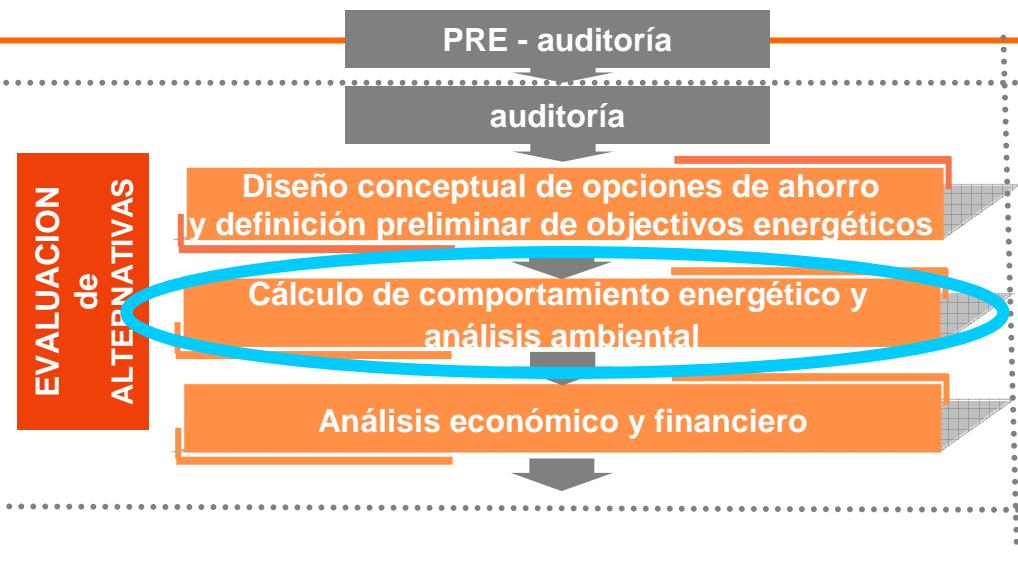
Calderas y quemadores

paso 7.5: Prediseño de alternativas para el sistema de suministro

Criterios económicos/energéticos de ahorro para calderas (2)

- ✓ Optimiza el control de la estrategia
- ✓ Decrece la temperatura de apagado del gas (off-temp), ajusta el exceso de ratio de aire y aísla las calderas
- ✓ Instala un economizador y/o un precalentador de aire (recuperador)
- ✓ Recubre el condensado
- ✓ Reduce el vapor 'blow-down' y recupera su calor
- ✓ Si las calderas se apagan frecuentemente usa silenciadores

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS: PASO 8



EINSTEIN Paso 8: Cálculo de rendimiento energético y análisis medioambiental

> Cálculo rápido

> Simulación del sistema mediante un software externo específico

> Análisis energético y medioambiental

Paso 8.1: Simulación sistemas EINSTEIN

Cálculos rápidos de herramienta EINSTEIN

Bases del cálculo:

$$\dot{Q}_{D,j}(T,t) = \sum_{connected_pipes} \dot{Q}_{D,m}^{res}(T,t)$$

- ✓ Agrega demanda de calor
 - ✓ Suma de demanda residual de todas las tuberías / índice m)
- ✓ Resultado potencial del equipo de suministro de calor en cascada
- ✓ Resultado de potencia de equipo de suministro depende generalmente de los niveles de temperatura (en caso de bomba de calor también depende del calor disponible)

El calor útil suministrado por un equipo dado j en la cascada es el mínimo de potencia de salida máxima posible y la demanda:

$$\dot{Q}_{USH,j}(T,t) = \min \left[P_{j,max}(T,...), \dot{Q}_{D,j}(T,t) \right]$$

Paso 8.2: Evaluación del comportamiento energético

Simulación del sistema con software externo

- *En los casos en que sea necesario disponer de una mayor exactitud utilice un software externo de simulación de sistema*
 - ✓ Referencias pueden ser encontradas en informe EINSTEIN : *Review of Thermal Energy Auditing Practices and Tools.*

Paso 8.3: Evaluación del comportamiento energético

Parámetros de análisis ambiental

- ✓ Consumo de energía primaria como indicador principal
 - representa una media ponderada de los diferentes tipos de emisiones
- ✓ Generación de CO₂
 - no incluye el impacto de otro tipo de emisiones, como los residuos nucleares
- ✓ Generación de residuos nucleares
 - asociados con consumo eléctrico
- ✓ Consumo de agua
 - ➔ *La conversión de parámetros usada puede ser configurada con las bases de datos EINSTEIN*