



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori i Sostenibilitat
**Direcció General
de Qualitat Ambiental**



**Documents de Referència sobre les millors tècniques
disponibles aplicables a la indústria**

**Aplicació de les millors tècniques
disponibles per a l'eficiència energètica
al sector industrial**

COEIC, 1 de Desembre de 2014.

La Guia de les Millors Tècniques Disponibles d'Eficiència Energètica és una referència de tecnologies disponibles per a la Indústria basada en el document publicat per la UE: “BREF Energy Efficiency”. La Guia s’estructura en tres blocs:

1.- Introducció i indicadors d’eficiència energètica.

2.- Presentació de sistemes per a gestionar els processos industrials de forma més eficient.

3.- Casos pràctics.

1. Introducció i indicadors d'eficiència energètica

1.1. Introducció

- 1.1.1. L'energia en el sector industrial de la UE
- 1.1.2. Els impactes mediambientals de l'ús de l'energia
- 1.1.3. La contribució de l'eficiència energètica en la reducció de l'escalfament global
- 1.1.4. L'eficiència energètica en el marc de la Directiva d'emissions industrials (DEI)
- 1.1.5. La Directiva d'eficiència energètica EE 2012/27
- 1.1.6. L'ús eficient i ineficient de l'energia

1.2. Definicions dels Indicadors d'eficiència energètica

- 1.2.1. Exemples d'indicadors d'eficiència energètica a la indústria
- 1.2.2. Aspectes a tenir en compte per definir els indicadors d'eficiència energètica

1. Introducció i indicadors d'eficiència energètica

1.1. Introducció

1.1.1. L'energia en el sector industrial de la UE

1.1.2. Els impactes mediambientals de l'ús de l'energia

1.1.3. La contribució de l'eficiència energètica en la reducció de l'escalfament global

1.1.4. L'eficiència energètica en el marc de la Directiva d'emissions industrials (DEI)

1.1.5. La Directiva d'eficiència energètica EE 2012/27

1.1.6. L'ús eficient i ineficient de l'energia

1.2. Definicions dels Indicadors d'eficiència energètica

1.2.1. Exemples d'indicadors d'eficiència energètica a la indústria

1.2.2. Aspectes a tenir en compte per definir els indicadors d'eficiència energètica

L'energia en el sector industrial

Valors de consum anual:

- **UE** Industrial consumeix E_{final} : 287 milions de tep (26 % total) ¹
- **Catalunya** Industrial consumeix E_{final} : 4,5 milions de tep ²
- **Espanya** Industrial consumeix E_{final} : 26,7 milions de tep ²

¹ Dades del 2011 [EUROSTAT]

² Dades del 2008 [ICAEN]

Indicadors d'eficiència energètica

Permeten **controlar** el progrés de l'eficiència energètica:

- **SEC:** consum específic d'energia [GJ/Tn]
- **EEl:** indicador d'eficiència energètica (objectiu) [adimensional]
- **EIF:** factor d'intensitat d'energia [GJ/€ facturats]

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.1. Introducció

2.2. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica a nivell de gestió d'instal·lacions industrials

2.2.1. Sistemes de gestió de l'eficiència energètica (SGE) – **(MTD 1)**

2.2.2. Disseny energètic eficient (DEE) d'una nova instal·lació – (MTD 2)

2.2.3. Millora de la integració de processos **(MTD 3)**

2.2.4. Control eficient de processos **(MTD 4)**

2.2.5. Manteniment preventiu per assolir el funcionament òptim **(MTD 5)**

2.2.6. Seguiment i anàlisi de mesures **(MTD 6)**

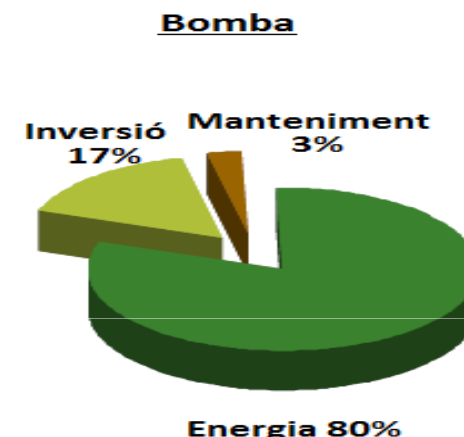
2.2.7. Auditories energètiques **(MTD 7)**

2.2.8. Mètodes d'anàlisi **(MTD 8)**

Disseny energètic eficient d'una nova instal·lació

A la fase de planificació cal avaluar:

- **Cost d'inversió**
- **Consum energètic durant tota la vida útil**



L'aplicació de criteris d'eficiència energètica durant la fase de disseny comporta estalvis que si es fessin un cop la planta està en marxa requeririen d'inversions molt superiors.

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.1. Processos de Combustió (MTD 9)

2.3.1.1. Recuperació de calor dels gasos d'escapament (reducció de la temperatura dels gasos que surten de la cambra de combustió)

2.3.1.2. Cremadors recuperatius i regeneratius

2.3.1.3. Reducció de l'excés d'aire

2.3.1.4. Elecció del combustible adequat

2.3.1.5. Regulació i control dels cremadors

Cremadors recuperatius i regeneratius

- El **Cremador Recuperatiu** fa també la funció de recuperador de calor per extreure calor dels gasos residuals que surten del forn i preescalfar l'entrada d'aire de combustió.
- El **Cremador Regeneratiu** operen per parelles i funcionen segons el principi d'acumulació de calor de curta durada mitjançant l'ús de regeneradors de calor ceràmics.

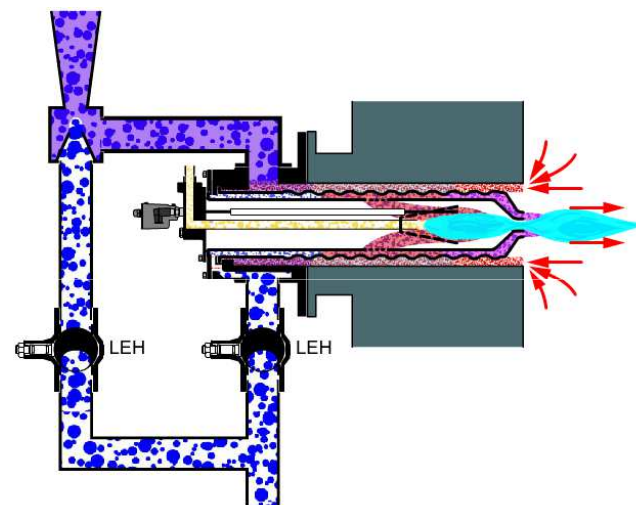


Figura 14. Cremador auto recuperatiu en configuració de flama directa.

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.2. Processos i sistemes de Vapor (MTD 10)

2.3.2.1. Preescalfament de l'aigua d'alimentació

2.3.2.2. Reutilització del vapor flaix

2.3.2.3. Minimització de les purgues de la caldera

2.3.2.4. Recuperació de l'energia de les purgues de la caldera

2.3.2.5. Minimitzar les pèrdues degudes als cicles curts de calderes

2.3.2.6. Recollida i retorn del condensat a la caldera per a la seva recuperació

2.3.2.7. Tècniques d'operació i control

Recuperació de l'energia de les purgues de la caldera

La reutilització del **vapor flash** és possible en un gran nombre de casos, sovint per un escalfament a temperatures inferiors a 100°C. Existeixen diverses alternatives per la seva implementació:

- **Recollida de vapor flash a la canonada de condensat.** El condensat es recupera a pressió atmosfèrica, per tant, la major part de la canonada s'omple de vapor flash.
- **Descàrrega del vapor flash a un tanc d'evaporació instantània** instal·lat en un punt apropiat en la línia de retorn.

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.3. Processos de Recuperació de calor (MTD 11)

2.3.3.1. Recuperació directa de la calor residual

2.3.3.2. Recuperació de calor mitjançant bombes de calor

2.3.4. Sistemes de Cogeneració (MTD 12)

2.3.4.1. Els diferents tipus de cogeneració

2.3.4.2. Aplicabilitat

2.3.4.3. Trigeneració

Recuperació de calor Mitjançant Bombes de Calor.

Per la transferència de calor des d'una font de calor a una altra ubicació es requereix disposar d'una font d'alimentació externa que accioni la bomba de calor.

L'accionament pot ser:

- **Motor elèctric**
- **Motor de combustió**
- **Turbina**
- **Font de calor per a bombes de calor d'absorció.**

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.5. Subministrament d'Energia elèctrica (MTD 13)

2.3.5.1. Compensació d'energia reactiva

2.3.5.2. Harmònics

2.3.5.3. Gestió eficient d'energia en transformadors

2.3.6. Sistemes accionats per Motors elèctrics (MTD 14)

2.3.6.1. Motors d'alta eficiència

2.3.6.2. Rebobinar o reemplaçar

2.3.6.3. Variadors de freqüència

2.3.6.4. Correcte dimensionat del motor

Gestió eficient d'energia en transformadors

Si un transformador pot tenir una relació entre l'eficiència de la transformació i el factor de càrrega que segueix la corba a la Figura 38. En aquest cas, el transformador té un punt màxim en un valor del 40% del factor de càrrega.

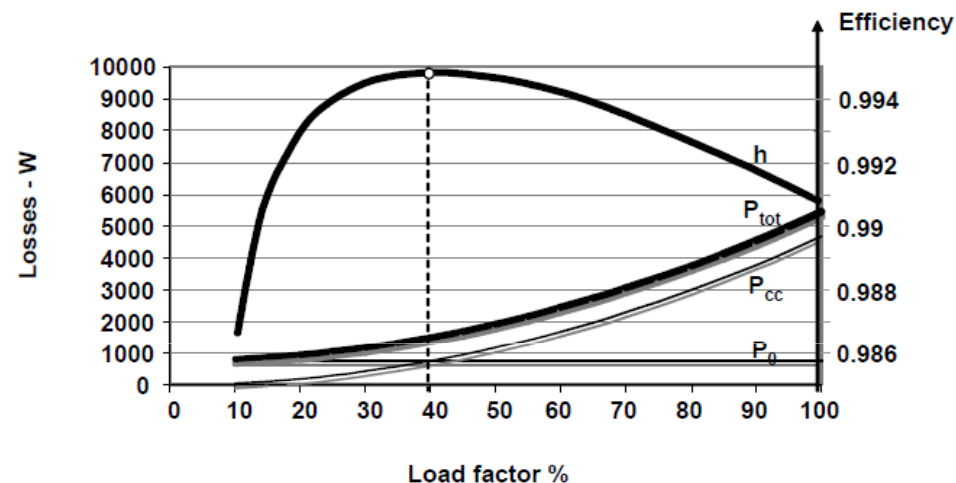


Figura 38 Relació entre les pèrdues en el ferro, el coure, en l'eficiència i e el factor de càrrega

Cal destacar que és bàsic disposar de **transformadors amb baixes pèrdues en el ferro**, ja que aquestes (0,2% - 0,5% de la P_n) es produeixen de manera contínua sempre que el transformador està en tensió al primari.

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.7. Instal·lacions d'Aire comprimit - (MTD 15)

2.3.7.1. Disseny del sistema

2.3.7.2. Sistema de control d'aire comprimit

2.3.7.3. Variadors de freqüència

2.3.7.4. Recuperació de la calor

2.3.7.5. Reducció de les pèrdues d'aire comprimit

2.3.7.6. Reducció de les pèrdues de pressió

2.3.7.7. Altres tècniques per augmentar l'eficiència energètica

Reducció de les pèrdues de Pressió

- Reduir la pressió de descàrrega.
- Reduir la pressió d'operació.
- Dissenyar correctament els components.
- Treballar a pressions baixes.
- Reducció de les pèrdues d'aire.
- Considerar les pèrdues de pressió en el circuit.

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.8. Sistemes de Bombeig - (MTD 16)

2.3.8.1. Inventari i avaluació d'un sistema de bombeig

2.3.8.2. Elecció de la bomba

2.3.8.3. Sistemes amb múltiples bombes

2.3.8.4. Configuració del sistema de canonades

2.3.8.5. Manteniment

2.3.8.6. Control del cabal

2.3.8.7. Selecció del motor

Control del cabal

- Línies de bypass
- Vàlvules de papallona
- Conjunts de vàries bombes
- Variadors de velocitat i motors d'accionament de velocitat variable.

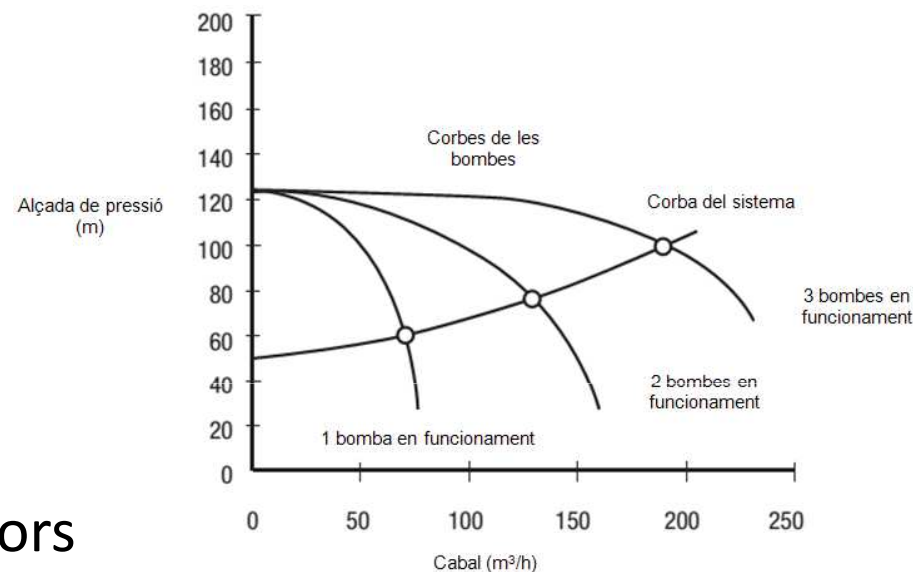


Figura 50. Operació amb múltiples bombes

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.9. Sistemes de Climatització i ventilació (HVAC)

2.3.9.1. Sistemes de climatització - (MTD 17)

2.3.9.1.1. Sistemes de refredament gratuït: *freecooling*

2.3.9.1.2. Sistemes de calefacció per infrarojos (calefacció IR)

2.3.9.2. Sistemes de ventilació - (MTD 18)

2.3.9.2.1. Elecció del ventilador

2.3.9.2.2. Disseny de la xarxa de distribució

2.3.9.2.3. Elecció del motor

2.3.9.2.4. Velocitat del ventilador

2.3.9.2.5. Recuperadors de calor

2.3.9.2.6. Instal·lació de filtres

2.3.9.2.7. Diagnosi energètica

2.3.9.2.8. Manteniment preventiu

2.3.9.2.9. Accions sobre l'operació

Sistemes de refredament gratuït: Free-cooling

El refredament gratuït o free cooling té lloc quan l'entalpia de l'aire exterior és menor que l'entalpia de l'aire interior, fet pel qual resulta més interessant des del punt de vista energètic utilitzar l'aire exterior en comptes del retorn de l'espai climatitzat.

- Tipus de Free-cooling:

- **Free-cooling Indirecte.**
- **Free-cooling Directe.**

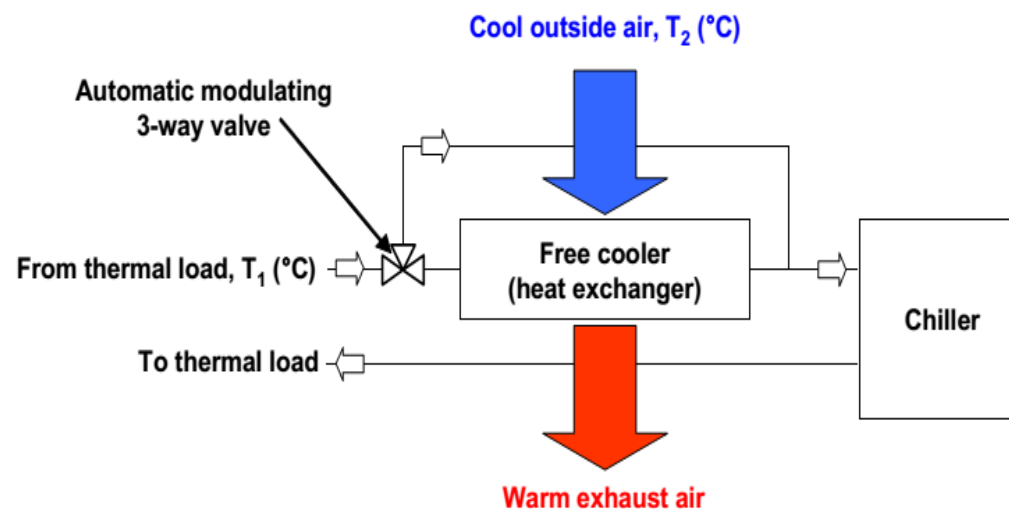


Figura 54. Esquema d'implementació d'un refredament gratuït indirecte

2. Millors tècniques disponibles per a l'assoliment de l'eficiència energètica a la indústria

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.10. Sistemes de Refrigeració industrial

2.3.10.1. Consum d'energia dels sistemes de refrigeració industrials

2.3.10.2. Reducció del consum energètic als sistemes de refrigeració per aigua i aire (MTD 19)

2.3.11. Sistemes d'Enllumenat (MTD 20)

Reducció del consum energètic als sistemes de refrigeració per aigua i aire (MTD 19)

- Escollir el disseny del sistema adequat.
- Quan sigui possible sistemes d'un sol pas o once-through systems.
- Reduir la resistència al flux de l'aigua i l'aire.
- Utilitzar equips eficients i de baix consum energètic.
- Variar el flux d'aire i d'aigua si les condicions del procés són variables.
- Evitar recirculacions de l'aigua calenta expulsada en sistemes d'un sol pas.
- Reduir el nombre d'equips consumidors d'energia.
- Realitzar un tractament òptim de l'aigua de refrigeració per a sistemes d'un sol pas i per a torres de refrigeració obertes.
- Manteniment.

2.3. Aplicació de les millors tècniques disponibles per millorar l'eficiència energètica pel que fa als sistemes consumidors d'energia, processos, activitats i equipaments

2.3.12. Processos d'Assecatge, separació i concentració (MTD 21)

2.3.12.1. Selecció de la tecnologia òptima o combinació de tecnologies

2.3.12.2. Processos mecànics

2.3.12.3. Processos tèrmics

2.3.12.3.1. Requisits energètics i d'eficiència

2.3.12.3.2. Escalfament directe

2.3.12.3.3. Escalfament indirecte

2.3.12.3.4. Vapor reescalfat

2.3.12.3.5. Energies radiants

2.3.12.4. Recuperació de calor en processos d'assecatge, concentració i separació

2.3.12.5. Optimització de l'aïllament del sistema d'assecatge

2.3.12.6. Control de processos assistit per ordinador/procés d'automatització en processos tèrmics d'assecatge

Recuperació de calor en processos d'assecatge, concentració i separació.

És possible reduir les necessitats energètiques utilitzant solucions de recuperació de calor, com per exemple, una bomba de calor, o incloure una recompressió mecànica del vapor o evaporadors múltiple-efecte amb termocompressió.

Taula 23. Tipus d'evaporadors i consums específic

Tipologia d'evaporador	Consums específics ^{1,2,3}	
	kg vapor/twe ¹ (kWh)	kWh d'electricitat/twe ¹
1 etapa 1200	960	10
2 etapes 650	520	5
1 etapa amb termocompressió	450-550 (400)	5
3 etapes	350-450 (320)	5
6 etapes amb termocompressió	115-140 (100)	5
1 etapa amb MVR	0-20 (8)	15-30
2 etapes amb MVR	0-20 (8)	10-20
Bomba de calor		
<i>Notes:</i> 1: twe: tona d'aigua evaporada 2: valors mitjos per diferents concentracions del producte 3. L'última columna correspon a consums auxiliars (bomba, torre de refrigeració, etc.)		

3. Exemples d'implementació

3.1. Sistemes de gestió de l'eficiència energètica (SGE)

3.1.1 Actuació: Implementació d'un Sistema de Gestió Energètica (MTD 1)

3.2. MTD per a processos de combustió

3.2.1. Actuació: Implementació de sistemes avançats de gestió i control d'un procés (MTD 4)

3.2.2. Actuació : Substitució d'un cremador recuperatiu (MTD 9)

3.2.3. Actuació : Substitució d'un cremador amb control electrònic (MTD 9)

3.3. MTD per a sistemes de vapor (MTD 10)

3.3.1. Actuació : Instal·lació d'un economitzador

3.3.2 Actuació : Estalvis de costos potencials d'una recuperació de condensat

ACTUACIÓ: Substitució d'un cremador recuperatiu (MTD 9)

Situació de partida:

Cremadors de Gasoil i Gas Natural amb aire pre-escalfat a uns 108°C amb una temperatura de cambra d'uns 880°C.

Acció de millora

Cremadors autorrecuperatius de gas de 250kW.
S'aconsegueix incrementar la temperatura de l'aire preescalfat fins als 420°C, el que es tradueix, finalment, en un estalvi del consum de combustible i disminució de pèrdues en fums.



Figura 63 Forn d'escalfament de lingots de coure i llautó

ACTUACIÓ: Instal·lació d'un economitzador (MTD10)

Situació de partida

En una planta farmacèutica existeix un generador de vapor de 2.000 kW per al procés productiu. Aquest generador té actualment un consum d'uns 200 Nm³/h de gas natural i un rendiment calculat del 92%.

Acció de millora:

Situació	Consum de gas natural [Nm ³ /h]	Hores funcionament anual [h]	Rendiment del generador	Consum gas natural [MWh/any]	Emissions anuals			Estalvi econòmic [€/any]
					CO ₂ [t]	NO _x [kg]	PST [kg]	
Abans	200	7.200	92%	16.128	--	--	--	--
Després	191,5	7.200	96%	15.442	--	--	--	--
Estalvi/Reducció	8,5	--	--	686	138	182	1,9	24.830
% d'estalvi	4,25%	--	--	4,25%	--	--	--	--

3.4. MTD per a processos de recuperació de calor (MTD 11)

3.4.1. Actuació : Instal·lació de termocompressors (recompressió mecànica de vapor)

3.5. MTD per a sistemes de cogeneració (MTD 12)

3.5.1. Actuació : Instal·lació d'una màquina d'absorció (trigeneració)

3.6. MTD en subministrament d'energia elèctrica (MTD 13)

3.6.1. Actuació : Compensació de potència reactiva

3.7. MTD per a sistemes accionats per motors elèctrics (MTD 14)

3.7.1. Actuació : Substitució dels accionaments elèctrics d'una línia de producció

3.7.2. Actuació : Instal·lació d'un sistema servomotor

3.8. MTD per instal·lacions d'aire comprimit (MTD 15)

3.8.1. Actuació : Instal·lació d'un compressor d'aire variable

3.8.2 Actuació : Instal·lació d'un Intercanviador de calor oli-aigua

3.9. MTD per a sistemes de climatització i ventilació (HVAC)

3.9.1. Actuació. Instal·lació de proteccions solars (MTD17)

3.9.2. Actuació. Sectorització zones de climatització (MTD 17)

3.9.3. Actuació : Instal·lació d'un sistema de recuperació de calor de l'aire de ventilació (MTD 18)

3.10. MTD per a sistemes de refrigeració industrial(MTD 19)

3.10.1. Actuació. Instal·lació d'un intercanviador aire-aigua

3.10.2. Actuació. Instal·lació d'un variador de freqüència

3.11. MTD per a processos d'assecatge(MTD 21)

3.11.1 Actuació. Millora dels assecadors



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori i Sostenibilitat
**Direcció General
de Qualitat Ambiental**



Moltes Gràcies

Josep M Piguillem
Director Comercial

COEIC, 1 de Desembre de 2014.