Ahorros energéticos de Compresores Alternativos Industriales con Variador de Frecuencia

Carlos de Yzaguirre
Grupo GEA

GEA engineering for a better world

Atecyr
Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
www.atecyr.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
www.fenercom.com

Comunidad de Madrid

Índice

1 Introducción

2 Funcionamiento de compresores alternativos con variador

3 Ventajas Instalación de variador de frecuencia

4 Resumen

1 - Introducción

Diseño de Instalación Frigorífica Industrial (NH_3)

Condiciones de diseño:

- Producto (temperatura, flujo…)
- Temperatura exterior (verano)
- Líneas de producción
- ….

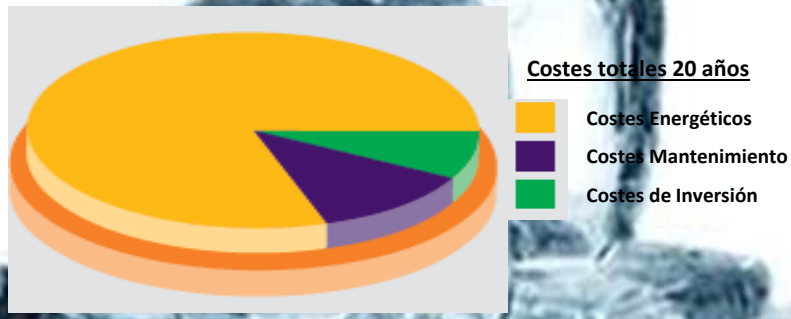
Pero: ¿Qué puede suceder en condiciones reales?

- Menos producto, más frío
- Temperatura exterior (invierno)
- Trabajan menos líneas de producción
- ….

¡Tendremos que trabajar a carga parcial!

1 - Introducción

Coste Total de Propiedad de compresores Industriales



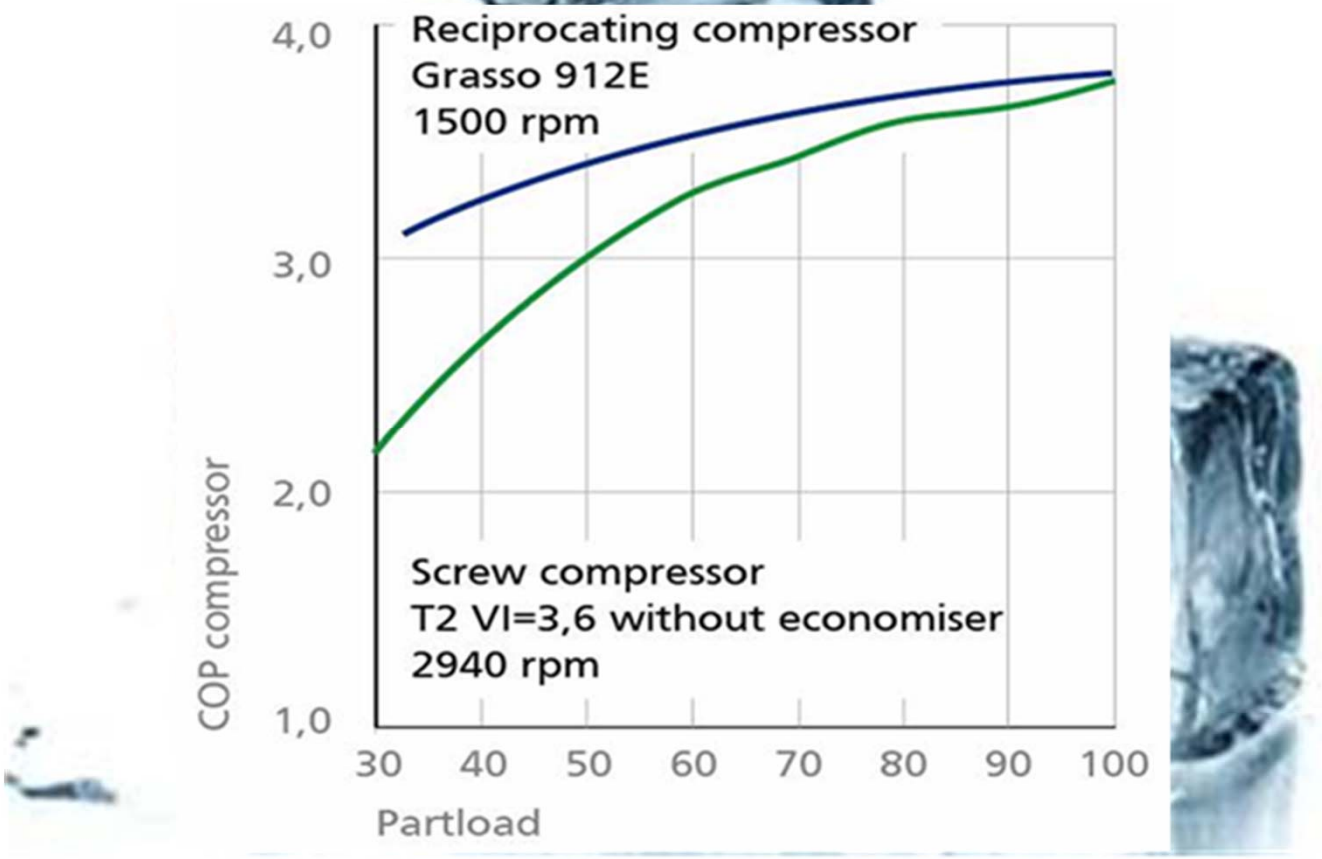
¿Diseñamos instalaciones frigoríficas para optimizar costes energéticos?

¿Tenemos en cuenta el tiempo que no se trabaja a plena carga?

¿Existen soluciones para optimizar costes energéticos a carga parcial?

1 - Introducción

Rendimiento de compresores a cargas parciales (velocidad constante)



2 - Compresores alternativos con variador

- Se propone instalar compresor alternativo industrial GEA con variador de frecuencia

- Diseñado para amplio rango de velocidad (500 -1200 rpm) para optimizar el funcionamiento con variador

  – Estabilidad a baja velocidad debido a tecnología de válvulas
  – Sobredimensionamiento de rodamientos
  – Bomba de aceite dimensionada para funcionamiento a baja velocidad

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo A: Modelo V1100 (6 cilindros)

Example	
Refrigerant	NH_3
Evaporating temperature	- 10 °C
Condensing temperature	+ 35 °C
Suction gas superheat	2 K
Liquid sub cooling	0 K
Speed	1200 min^{-1}

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo A:

Velocidad constante 1.200 rpm

Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Power Consumption (kW)	COP
100%	550,3	137,0	4,02
83%	456,7	116,3	3,93
67%	368,7	96,8	3,81
50%	275,1	76,0	3,62
33%	181,6	55,3	3,28

(*) Tolerancias según Normativa EN12900 y DIN 8976
Aceite homologado por GEA

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo A:

Funcionamiento a velocidad variable

Speed min^{-1}	Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Power Consumption (kW)	COP
1200	100%	550,3	137,0	4,02
996	83%	456,7	112,6	4,06
804	67%	368,7	89,9	4,10
600	50%	275,1	66,0	4,17
500	42%	229,3	54,3	4,22
(500)	35%*	190,3	46,1	4,13
(500)	28%*	153,6	38,4	4,00
(500)	21%*	114,6	30,1	3,80

+5%

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo A:

Si comparamos por capacidades

Capacity step	Constant Speed 1200 rpm	VSD 500/1200 rpm	COP Improvement
100%	4.02	4,02	0
83%	3,93	4,06	+3,3%
67%	3,81	4,10	+7,6%
50%	3,62	4,17	+15,2%
33% / 35%	3,28	4,13	+20,6%

- Mejora comparativa del COP a carga parcial
- Disminución de capacidad hasta el 21%
- Regulación lineal hasta velocidad mínima

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo B: Modelo V1800T (7 + 3 cilindros)

Example	
Refrigerant	NH_3
Evaporating temperature	- 40 °C
Condensing temperature	+ 40 °C
Suction gas superheat	0 K
Interstage system	Open flash ("C")
Speed	1200 min^{-1}

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo B: Modelo V1800T

Velocidad Constante 1.200 rpm

Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Volume ratio	Power Consumption (kW)	COP
100%	201,4	2,3	109,3	1,84
86%	177,7	2,0	98,5	1,80
71%	141,8	2,5	79,3	1,78
57%	118,3	2,0	68,6	1,72
43%	81,2	3,0	49,3	1,64
29%	58,6	2,0	39,1	1,50

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo B: Modelo V1800T

Velocidad Variable

Speed min^{-1}	Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Volume ration	Power Consumption (kW)	COP
1200	100%	201,4	2,3	109,3	1,84
1032	86%	173,5	2,3	92,9	1,87
852	71%	143,4	2,3	75,5	1,90
684	57%	115,5	2,3	59,2	1,95
516	43%	87,4	2,3	43,2	2,02
500	41%	84,7	2,3	41,8	2,03
*(500)	29%	59,6	2,5	29,6	2.01
*(500)	24%	49,7	2	25,4	1,95

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo B: Modelo V1800T (Doble salto)

Si comparamos por capacidades:

Capacity step	Constant Speed 1200 rpm	VSD 500/1200 rpm	COP Improvement
100%	1,84	1,84	0
86%	1,80	1,87	+3,8%
71%	1,78	1,90	+6,3%
57%	1,72	1,95	+11,8%
43 %	1,64	2,02	+18,8%

- Mejora comparativa del COP a carga parcial
- Disminución de capacidad hasta el 24%
- Regulación lineal hasta velocidad mínima

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo C: Chiller Industrial FX GC VP 900

Example	
Refrigerant	NH_3
Evaporating temperature	- 10 °C
Condensing temperature	+ 35 °C
Inlet Temperature	- 3 °C
Outlet Temperature	- 8 °C
Speed	1200 min^{-1}

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo C: Chiller Industrial FX GC VP 900

Velocidad constante 1.200 rpm

Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Power Consumption Line (kW)	COP
100%	550	144	3,82
84%	456	120	3,80
69%	368	99	3,71
52%	275	77	3,57
35%	182	59	3,25

Reducción del COP es del 18,7%

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo C: Chiller Industrial FX GC VP 900

Velocidad Variable

Cap. Step	Ref. Cap. (kW)	Power Consumption Line (kW)	COP Line
100%	555	151	3,68
85%	472	126	3,75
70%	389	102	3,83
50%	278	70	3,96
35%	194	51	3,79
25%	*139*	*38*	*3,65*
15%	*83*	*25*	*3,35*

2 - Compresores alternativos con variador

Ejemplo C: Chiller Industrial FX GC VP 900

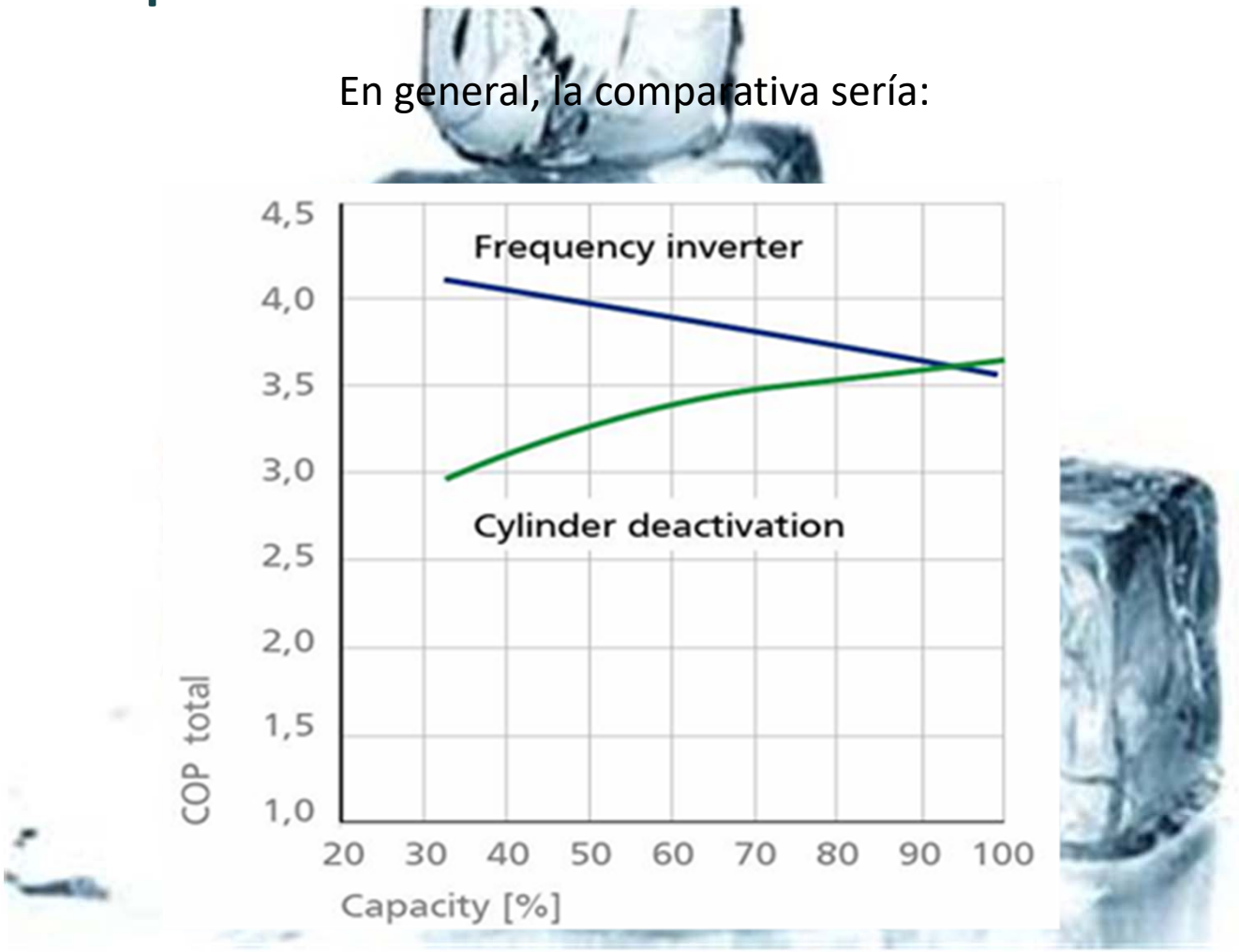
Si comparamos por capacidades :

Capacity step	Constant Speed 1200 rpm	VSD 500/1200 rpm	COP Improvement
100%	3,82	3,68	- 4,6 %
85%	3,80	3,75	- 1,3 %
70%	3,71	3,83	+ 3,2 %
50%	3,57	3,96	+ 10,9 %
35 %	3,25	3,79	+ 16,6 %

- Mejora comparativa del COP a carga parcial
- Disminución de capacidad hasta el 18%

2 - Compresores alternativos con variador

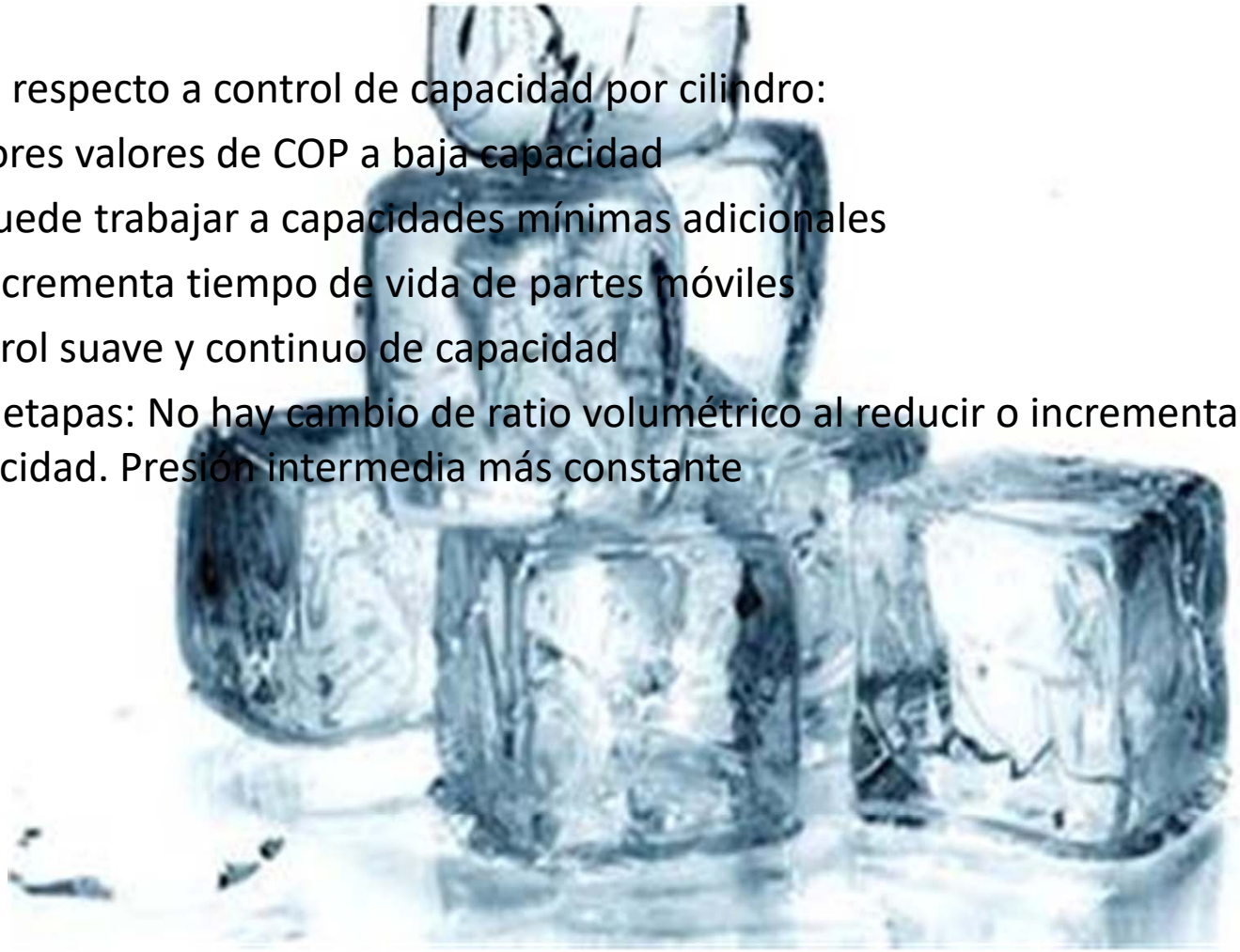
En general, la comparativa sería:



3 – Ventajas Instalación variador frecuencia

Ventajas respecto a control de capacidad por cilindro:

- Mejores valores de COP a baja capacidad
- Se puede trabajar a capacidades mínimas adicionales
- Se incrementa tiempo de vida de partes móviles
- Control suave y continuo de capacidad
- En 2 etapas: No hay cambio de ratio volumétrico al reducir o incrementar capacidad. Presión intermedia más constante

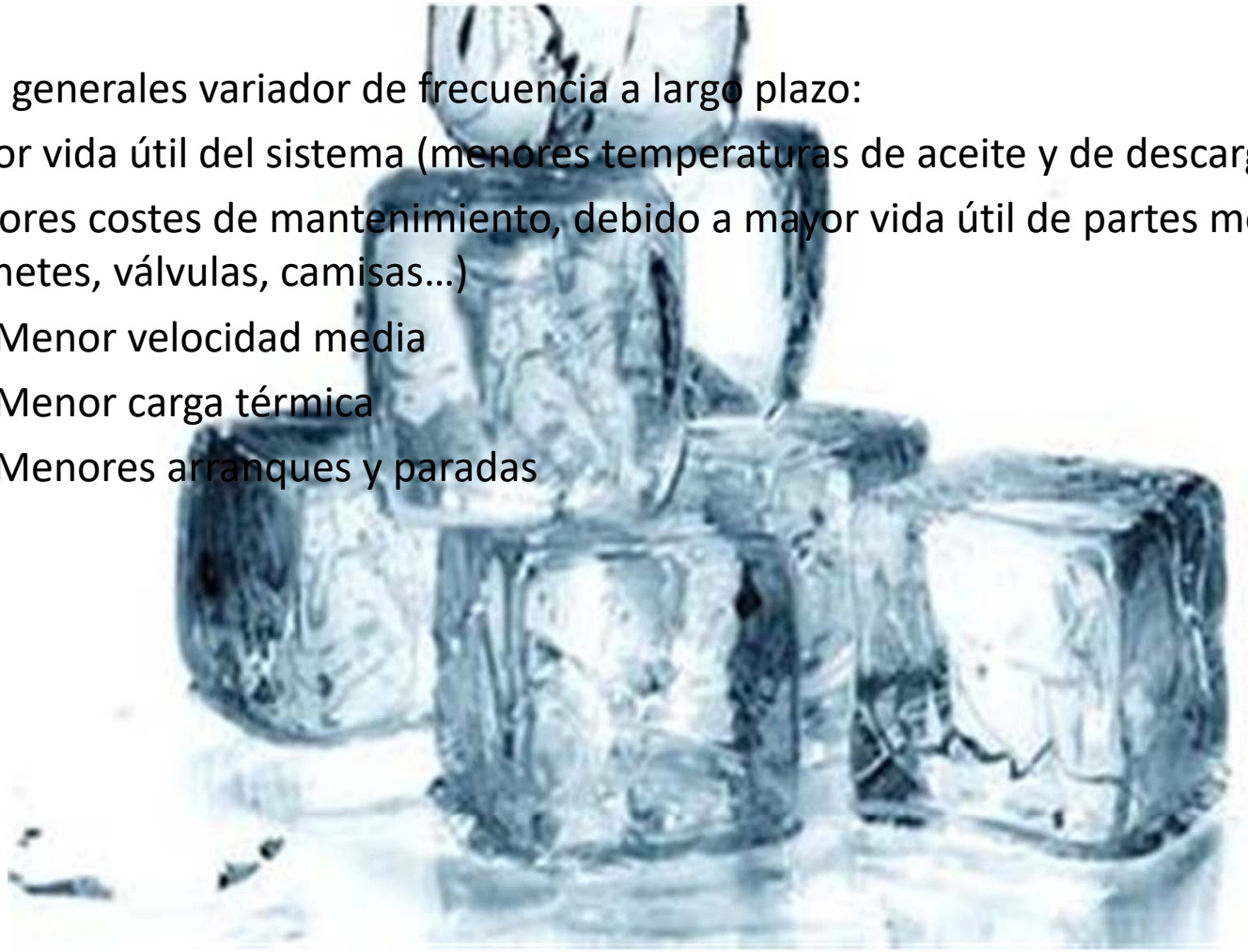


3 – Ventajas Instalación variador frecuencia

Ventajas generales variador de frecuencia:

- Mejor eficiencia "media" del compresor
- Control de capacidad lineal
- Menor nivel sonoro a baja capacidad
- Mejor eficiencia "media" del motor
- Menores temperaturas de descarga a carga parcial

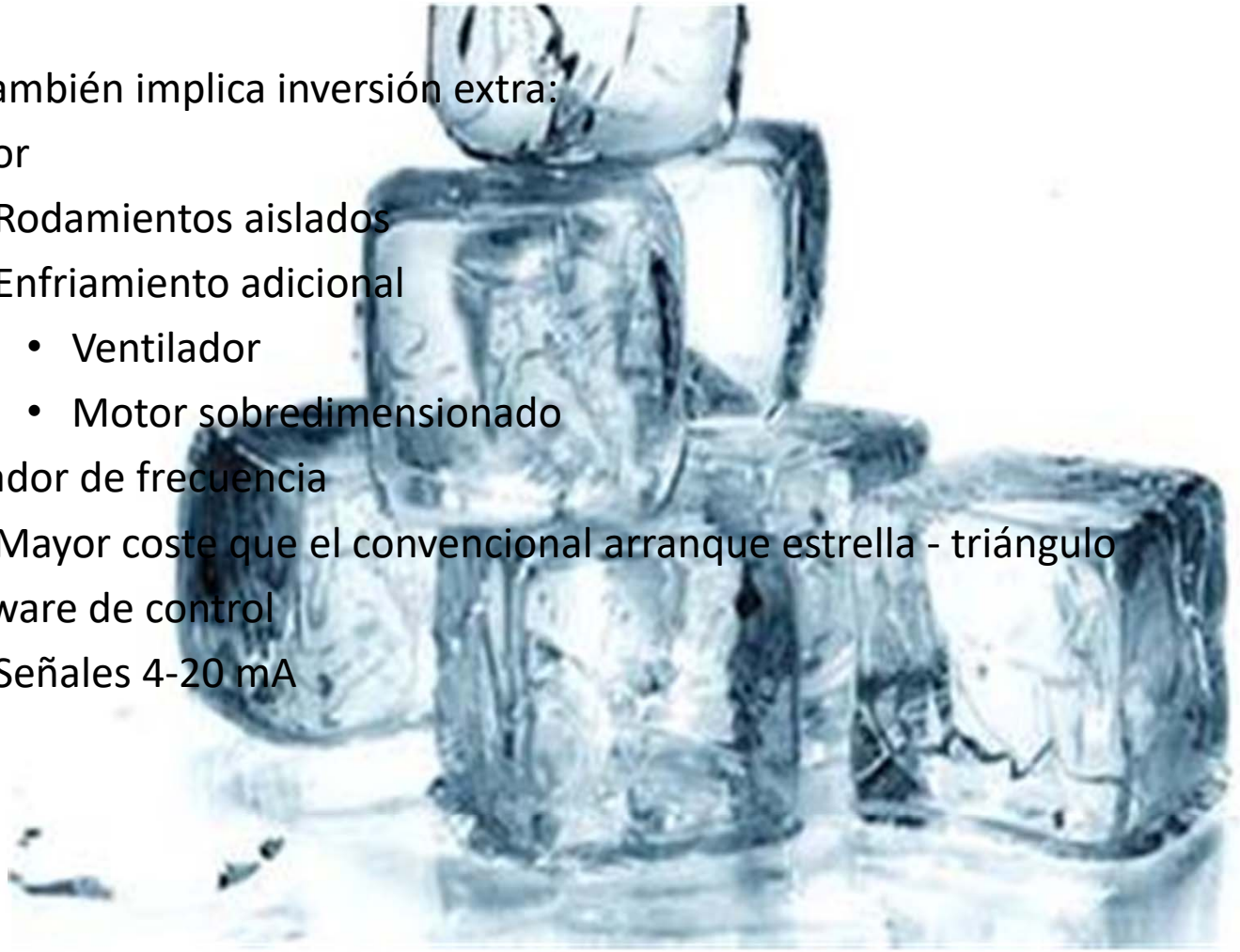
3 – Ventajas Instalación variador frecuencia



Ventajas generales variador de frecuencia a largo plazo:

- Mayor vida útil del sistema (menores temperaturas de aceite y de descarga)
- Menores costes de mantenimiento, debido a mayor vida útil de partes móviles (cojinetes, válvulas, camisas…)
  - Menor velocidad media
  - Menor carga térmica
  - Menores arranques y paradas

3 – Ventajas Instalación variador frecuencia



…pero también implica inversión extra:

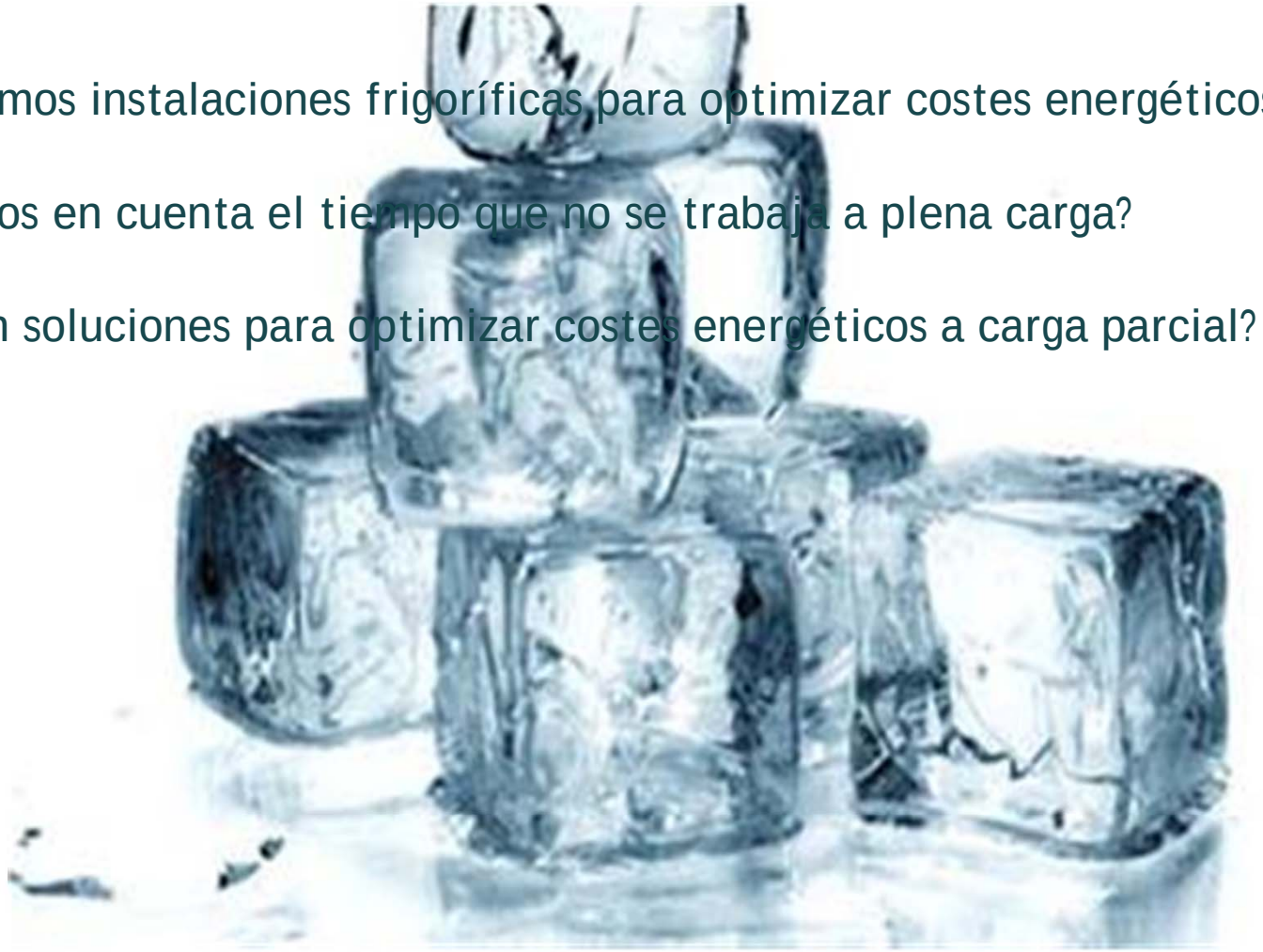
- Motor
  - Rodamientos aislados
  - Enfriamiento adicional
    - Ventilador
    - Motor sobredimensionado
- Variador de frecuencia
  - Mayor coste que el convencional arranque estrella - triángulo
- Software de control
  - Señales 4-20 mA

4 - Conclusión

¿Diseñamos instalaciones frigoríficas para optimizar costes energéticos?

¿Tenemos en cuenta el tiempo que no se trabaja a plena carga?

¿Existen soluciones para optimizar costes energéticos a carga parcial?



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Logo de la empresa/entidad

Atecyr
Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
www.atecyr.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
www.fenercom.com

Comunidad de Madrid