



# ATMO sphere





Norwegian University of  
Science and Technology



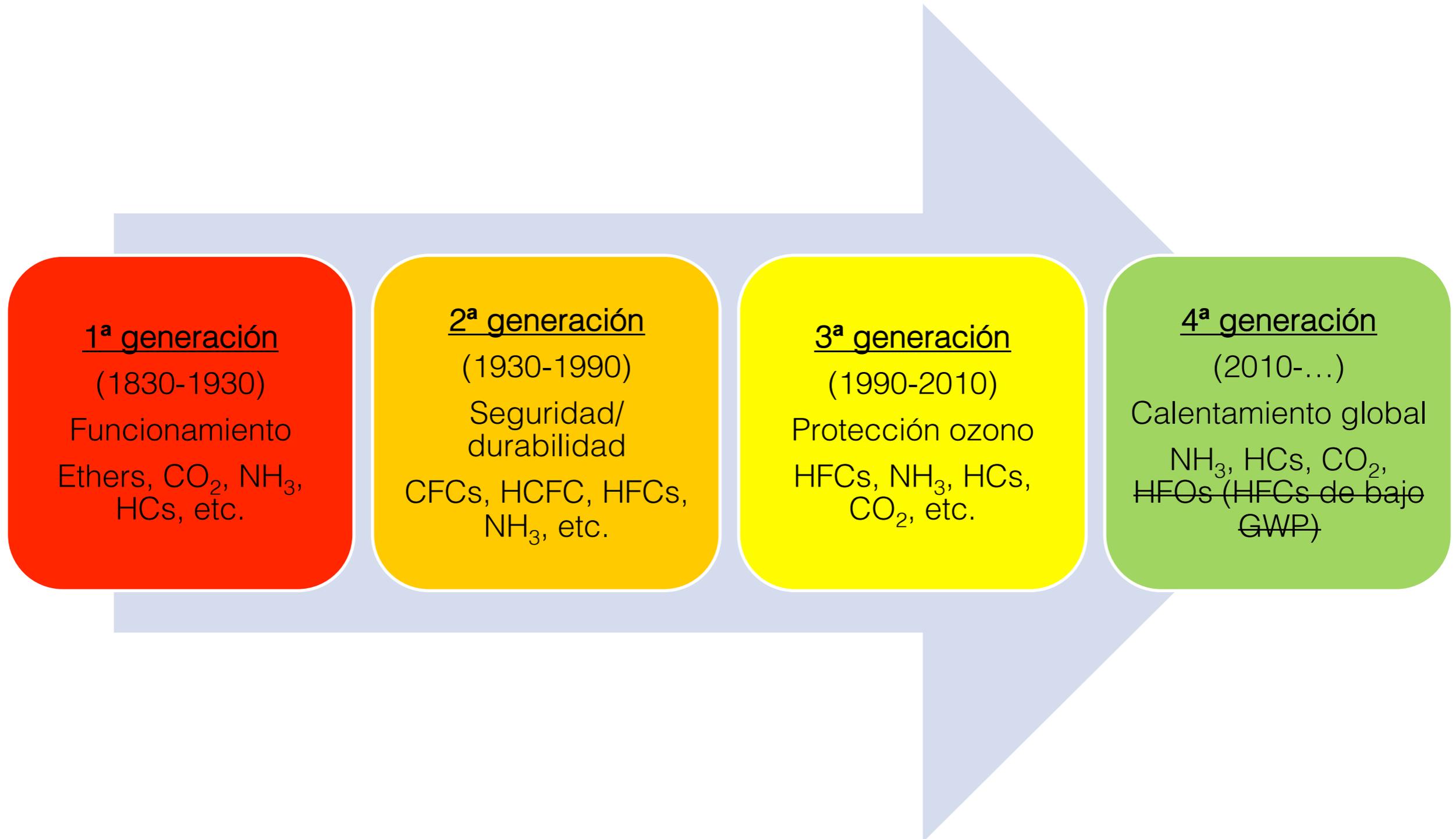
- Institución universitaria más grande de Noruega (39000 estudiantes, 6700 empleados).
- Centrada en educación e investigación en ingeniería y tecnología.
- Instituto de investigación independiente más grande de Escandinavia (2000 empleados).
- 2016: 5700 proyectos para 4000 clientes (clientes internacionales de hasta 63 países).



# **SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE CO<sub>2</sub> PARA SUPERMERCADOS EN ZONAS CÁLIDAS**

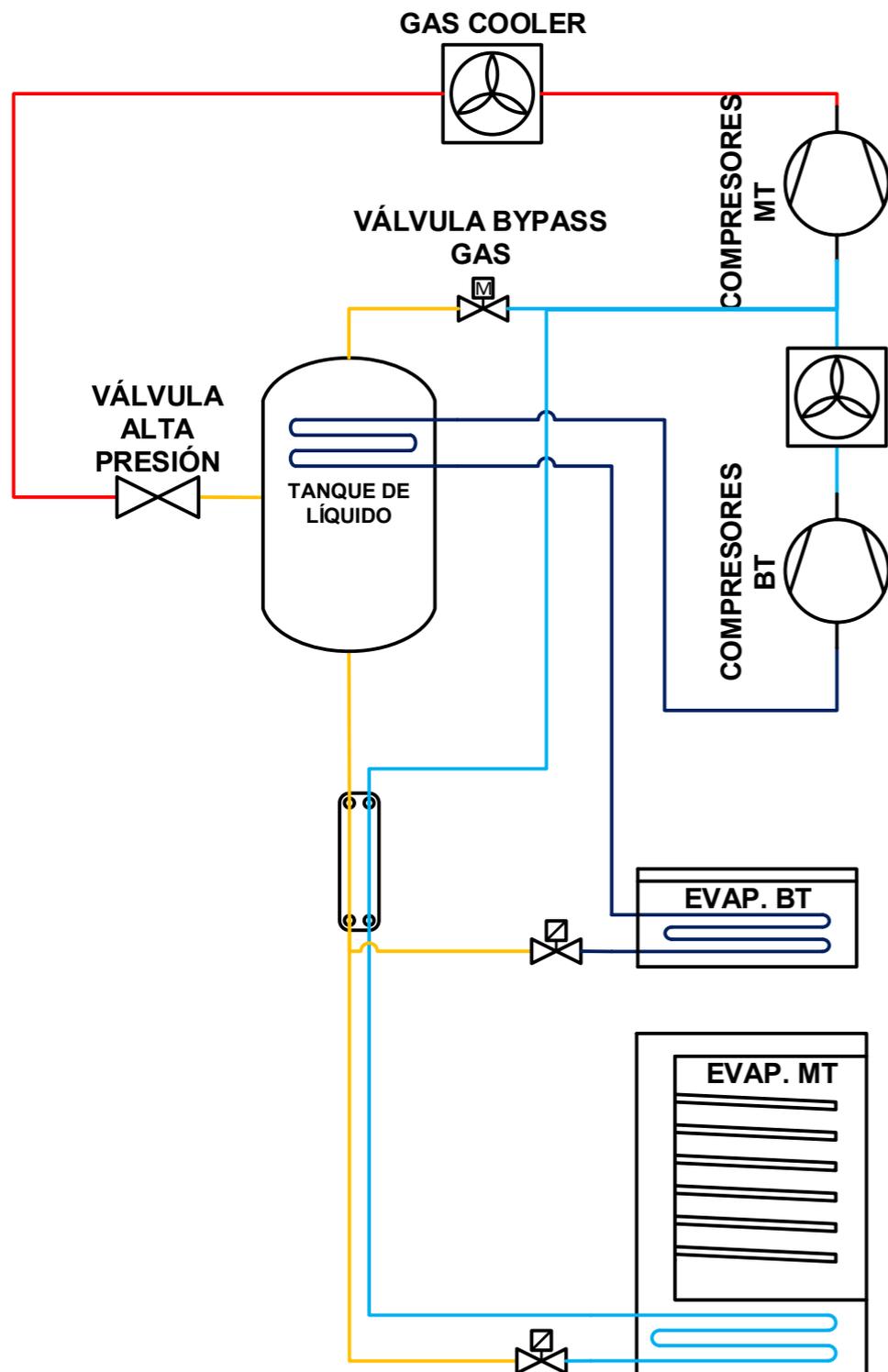
- **INTRODUCCIÓN**
- **SISTEMA BOOSTER**
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - **COMPRESORES PARALELOS**
  - **EYECTORES**
  - **EVAPORADORES INUNDADOS**
- **INTEGRACIÓN DE DEMANDAS**
- **CONCLUSIONES**

# INTRODUCCIÓN



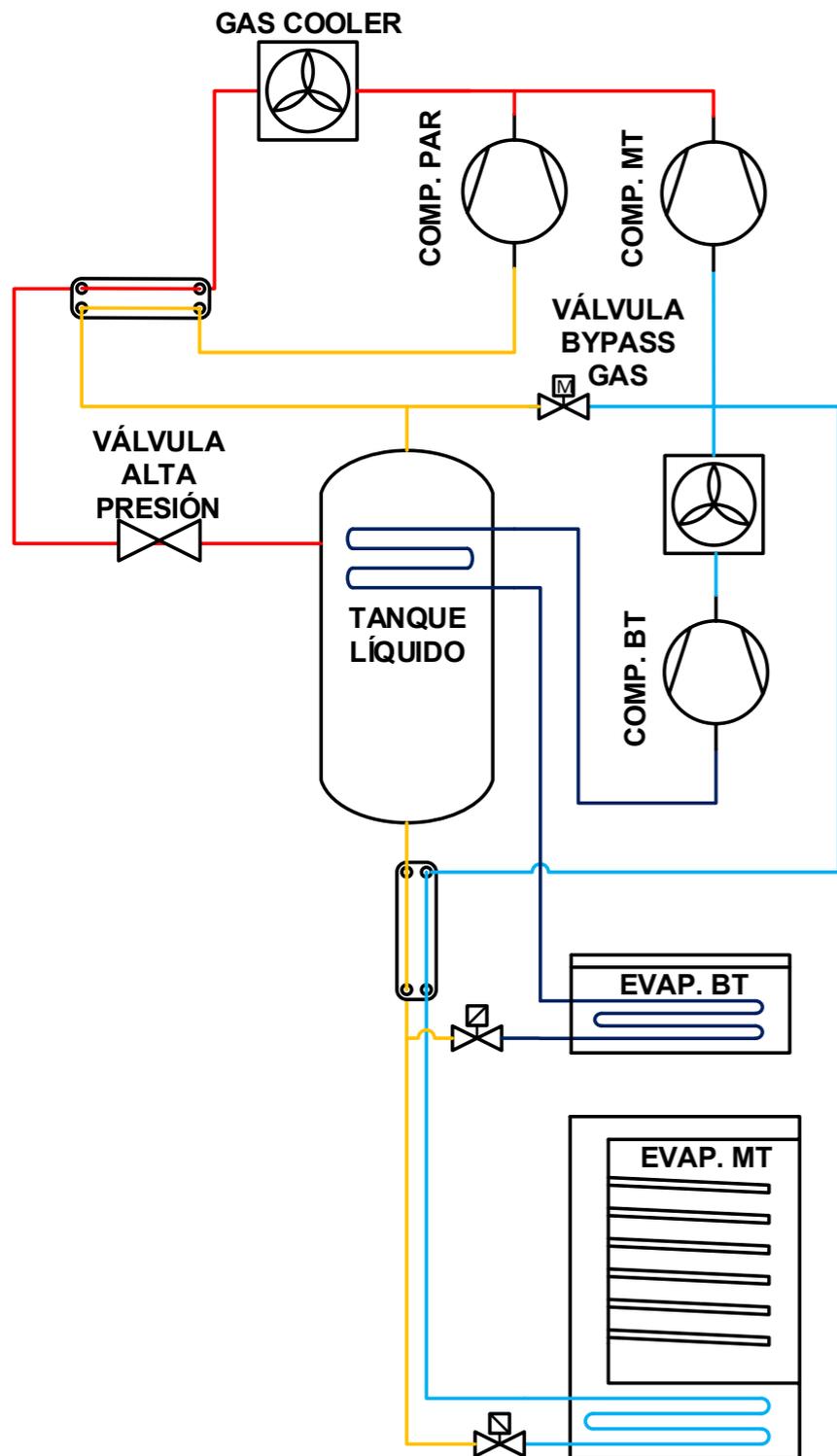
- Sist. **CO<sub>2</sub>** transcrito. Opción preferida climas templados/fríos para aplicaciones comerciales.
  - Demandas de refrigeración (MT, BT), calefacción, agua caliente, derretir nieve, AC?
  - Sistemas eficientes.
- Reto climas cálidos.

- INTRODUCCIÓN
- **SISTEMA BOOSTER**
- DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS
  - COMPRESORES PARALELOS
  - EYECTORES
  - EVAPORADORES INUNDADOS
- INTEGRACIÓN DE DEMANDAS
- CONCLUSIONES



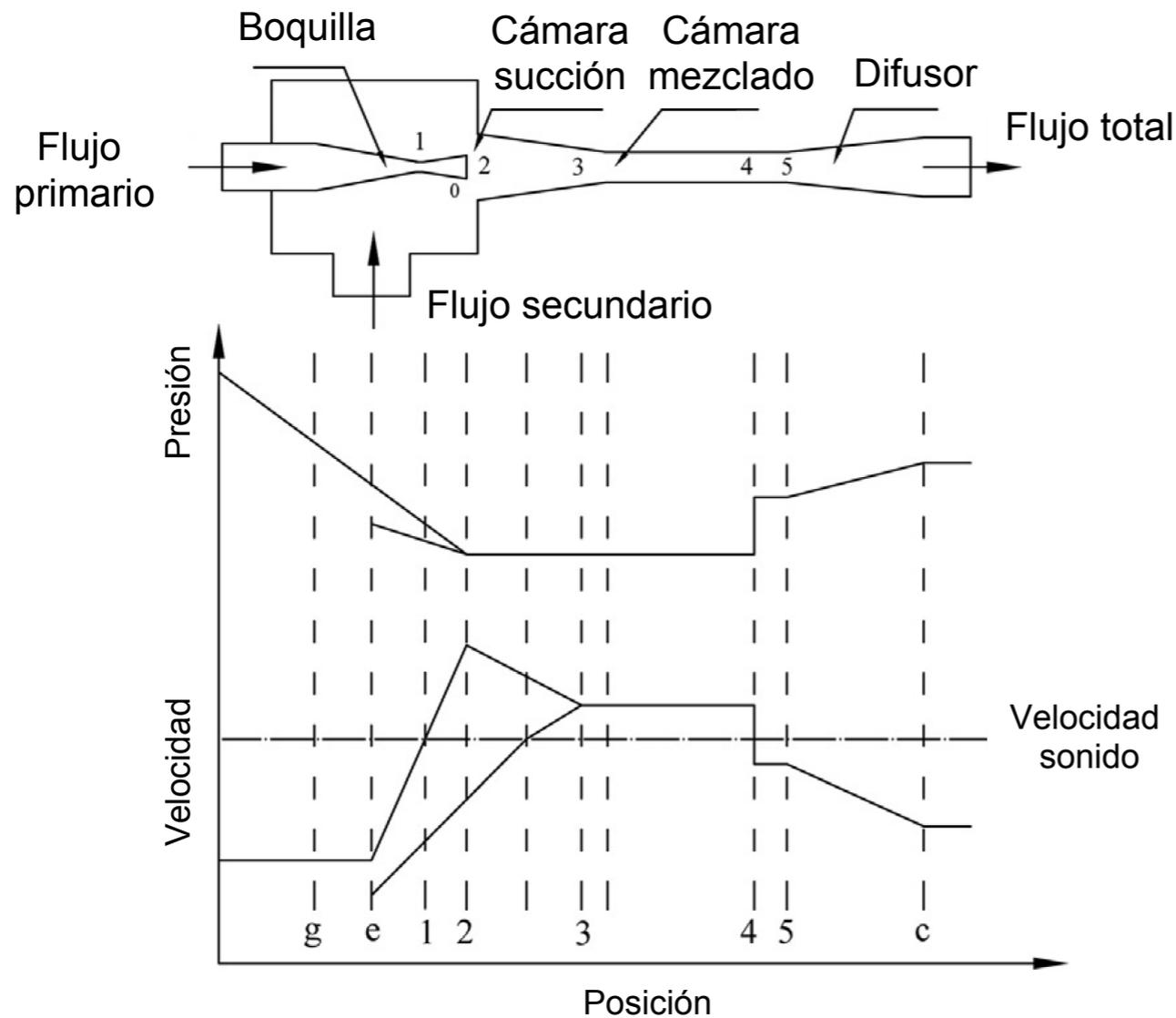
- Configuración básica.
- $p_{\text{Tanque\_liq}} \rightarrow \text{VBG}$ .
- $\uparrow T_{\text{amb}} \rightarrow \uparrow \text{Vapor en tanque}$ .
- Poco eficiente expandir vapor para recomprimir con una elevada relación de compresión.

- INTRODUCCIÓN
- SISTEMA BOOSTER
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - **COMPRESORES PARALELOS**
  - EYECTORES
  - EVAPORADORES INUNDADOS
- INTEGRACIÓN DE DEMANDAS
- CONCLUSIONES



- Configuración básica en climas cálidos.
- $p_{\text{Tanque\_liq}} \rightarrow$  Compresores paralelos.
  - Relación compresión menor.
- Pardiñas et al. (2017a).
  - $T_{\text{amb}} = 15 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow \downarrow 4 \%$  consumo energético.
  - $T_{\text{amb}} = 30 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow \downarrow 17 \%$  consumo energético.

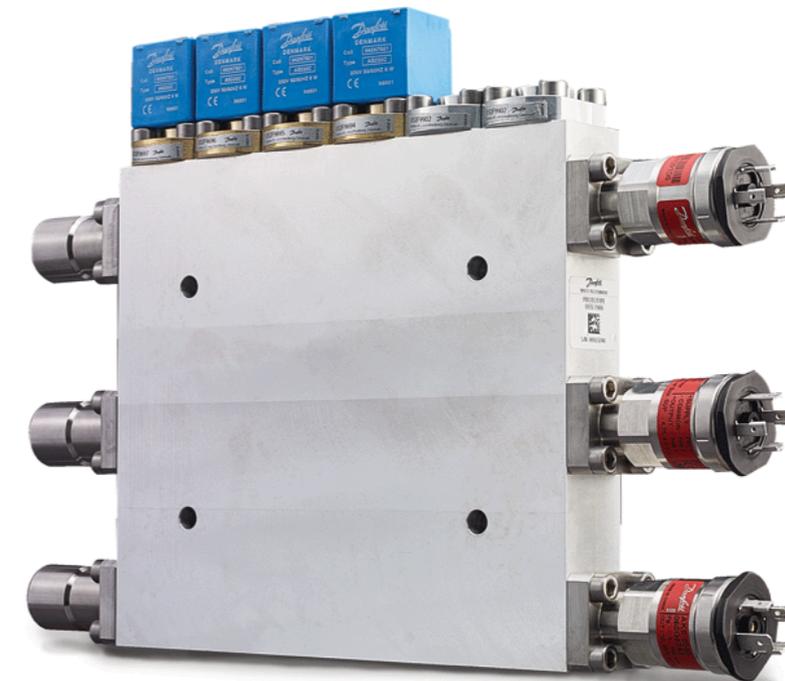
- INTRODUCCIÓN
- SISTEMA BOOSTER
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - COMPRESORES PARALELOS
  - **EYECTORES**
  - EVAPORADORES INUNDADOS
- INTEGRACIÓN DE DEMANDAS
- CONCLUSIONES



*Modificada de Chen et al. (2015)*

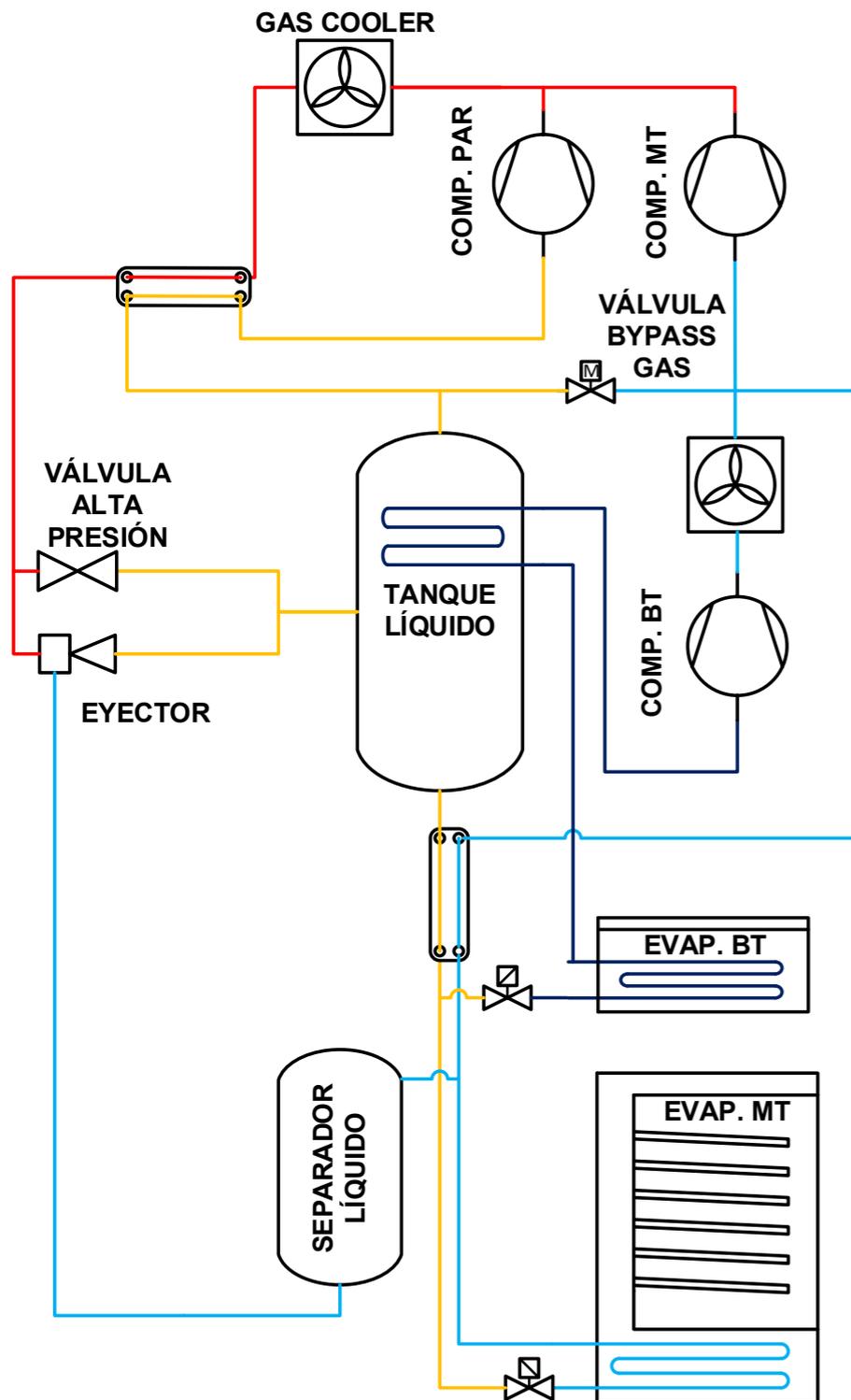


*Carel eyector (de [www.carel.es](http://www.carel.es))*



*Danfoss multieyector (de ACHR News)*

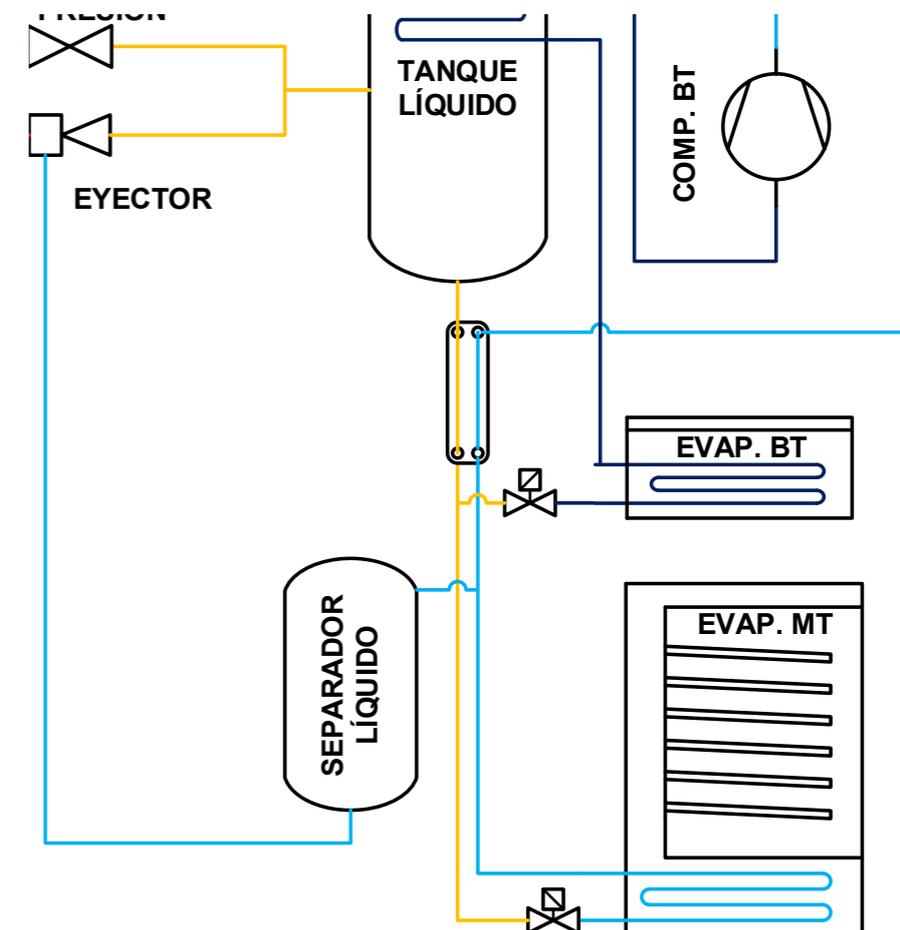
## EYECTORES



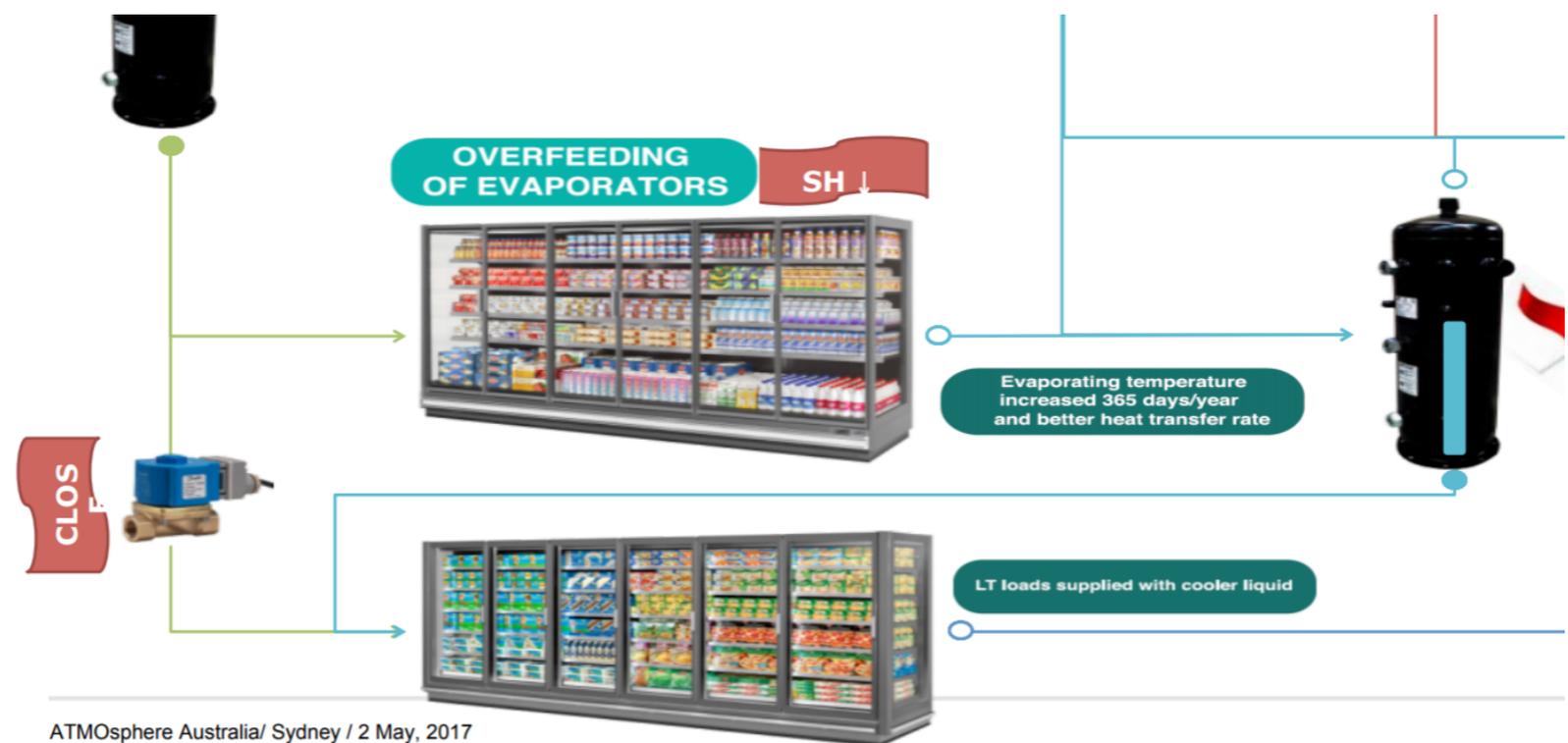
- Recuperar parte del trabajo expansión.
- Separador líquido.
  - Eyectores para líquido o para vapor.
- Pardiñas et al. (2017a).
  - $T_{amb} = 30 \text{ °C} \rightarrow \downarrow 6 \%$  consumo energético respecto a compresores paralelos.

- INTRODUCCIÓN
- SISTEMA BOOSTER
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - COMPRESORES PARALELOS
  - EYECTORES
  - **EVAPORADORES INUNDADOS**
- INTEGRACIÓN DE DEMANDAS
- CONCLUSIONES

- Para cualquier zona, no solo zonas cálidas.
- Evaporadores inundados, eliminar sobrecalentamiento.
  - Uso óptimo superficie  $\rightarrow \uparrow T_{\text{evap}} \rightarrow \downarrow \text{Consumo}$ .
  - Menos escarcha.
  - Título de vapor salida  $< 1$ .
  - Sistema para vaciar separador.
    - Eyectores de líquido.
    - Bombas.
    - Succión evaporadores BT.

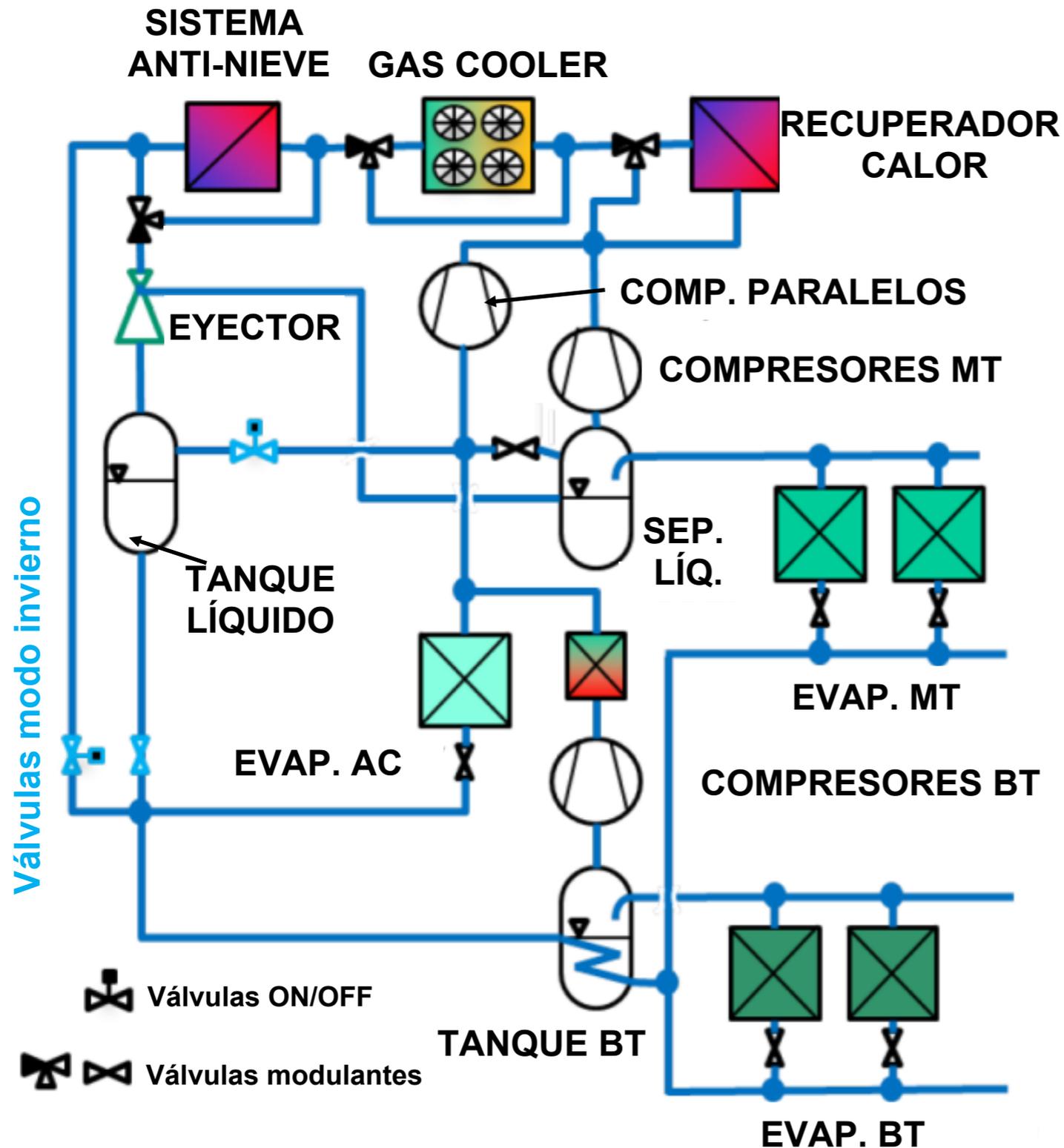


- Pardiñas et al. (2017b).
  - $T_{\text{evap,MT}}$  de 28 bar (-8 °C) a 32 bar (-3.2 °C).
  - -10% consumo transcrítico (30 °C), -15% subcrítico (10 °C).
- Fredslund et al. (2016). Mejora eficiencia 4 – 15%.
- Wiedenmann et al. (2014). Mejora en eficiencia 20 – 25%.
- EPTA FTE system.
  - -10% consumo.



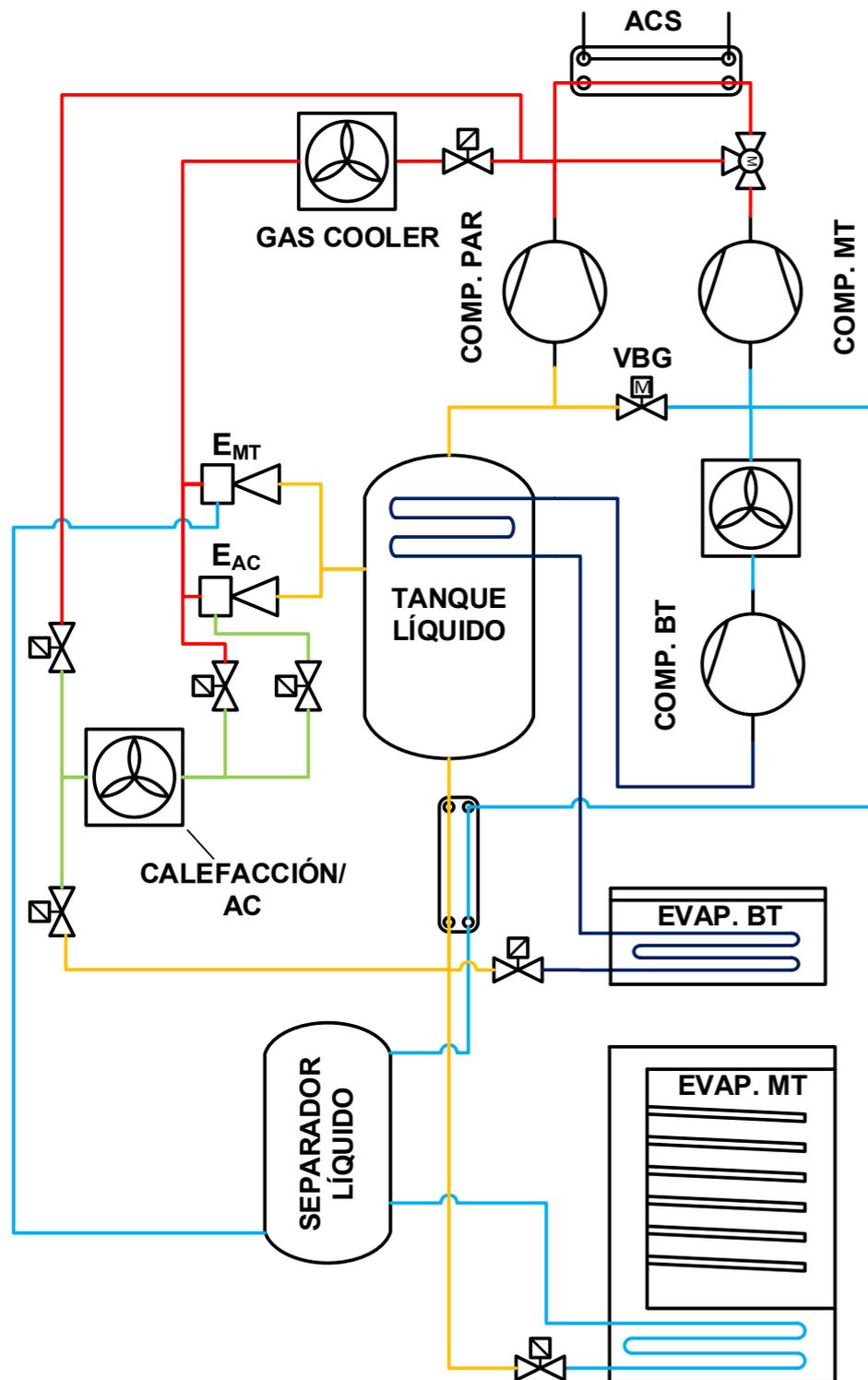
ATMOsphere Australia/ Sydney / 2 May, 2017

- **INTRODUCCIÓN**
- **SISTEMA BOOSTER**
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - **COMPRESORES PARALELOS**
  - **EYECTORES**
  - **EVAPORADORES INUNDADOS**
- **INTEGRACIÓN DE DEMANDAS**
- **CONCLUSIONES**



- Uso calor disponible.
  - ACS.
  - Calefacción.
  - Unidades tratamiento de aire.
  - Derretir nieve y hielo.

*Sistema para aprovechamiento de calor de los gas cooler. Modificado de Hafner (2017)*



- Mismo intercambiador (ventiloconvector) para calefacción y AC. CO<sub>2</sub> – aire.
  - Potencial reducción de coste.
  - Reducción de espacio.
  - Único contratista.
  - Elevación de  $T_{evap,AC}$ .
- Dos grupos eyectores.
  - E<sub>MT</sub>: Elevada pressure lift.
  - E<sub>AC</sub>: Baja pressure lift. Regular  $T_{evap,AC}$ .

- **INTRODUCCIÓN**
- **SISTEMA BOOSTER**
- **DESARROLLOS PARA CLIMAS CÁLIDOS**
  - **COMPRESORES PARALELOS**
  - **EYECTORES**
  - **EVAPORADORES INUNDADOS**
- **INTEGRACIÓN DE DEMANDAS**
- **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- Existe un reto con adaptar la tecnología del CO<sub>2</sub> transcrito a climas muy cálidos.
- Soluciones para aprovechar las características del CO<sub>2</sub>.
- Aplicar estas soluciones pero tratando de incrementar lo menos posible la complejidad de los sistemas. Soluciones más estandarizadas. Reducir costes.



**SUPERSMART-RACK  
PROJECT**  
RCN (project 244009/  
E20)



- Proyecto Europeo (7231237).
- Sistemas avanzados con CO<sub>2</sub>.
  - 3 supermercados (1 Portugal, 2 Italia).
  - 3 bombas de calor (Italia).
- Integración de demandas, eyectores, sistemas directos calefacción/AC, etc.
- Instrumentalizado.
- Resultados disponibles 2018?



- Calm, 2008. *The next generation of refrigerants – Historical review, considerations and outlook*. International Journal of Refrigeration.
- Chen *et al.*, 2015. *A review on versatile ejector applications in refrigeration systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- EPTA FTE, 2017. *New highly innovative CO<sub>2</sub> transcritical solution that combines low costs, energy saving and reliability*. ATMOsphere Australia.
- Fredslund *et al.*, 2016. *CO<sub>2</sub> installations with a multi ejector for supermarkets, case studies from various locations*. 12th IIR Gustav Lorentzen Natural Working Fluids Conference.
- Hafner, 2017. *Integrated CO<sub>2</sub> system for refrigeration, air conditioning and sanitary hot water*. 7th IIR Conference: Ammonia and CO<sub>2</sub> Refrigeration Technologies.
- Pardiñas *et al.*, 2017a. *Integrated R744 ejector supported parallel compression racks for supermarkets. Concept and steady state simulations of configurations*. 7<sup>th</sup> IIR Conference: Ammonia and CO<sub>2</sub> Refrigeration Technologies.
- Pardiñas *et al.*, 2017b. *Integrated R744 ejector supported parallel compression racks for supermarkets. Operation conditions*. 7<sup>th</sup> IIR Conference: Ammonia and CO<sub>2</sub> Refrigeration Technologies.
- Wiedenmann *et al.*, 2014. *CO<sub>2</sub> Kaelteanlage mit Ejektor*. DKV Tagung.
- <https://www.achrnews.com/articles/134082-danfoss-transcritical-co2-multi-ejector?v=preview>



**ATMO**  
sphere

¡Gracias por su atención!

