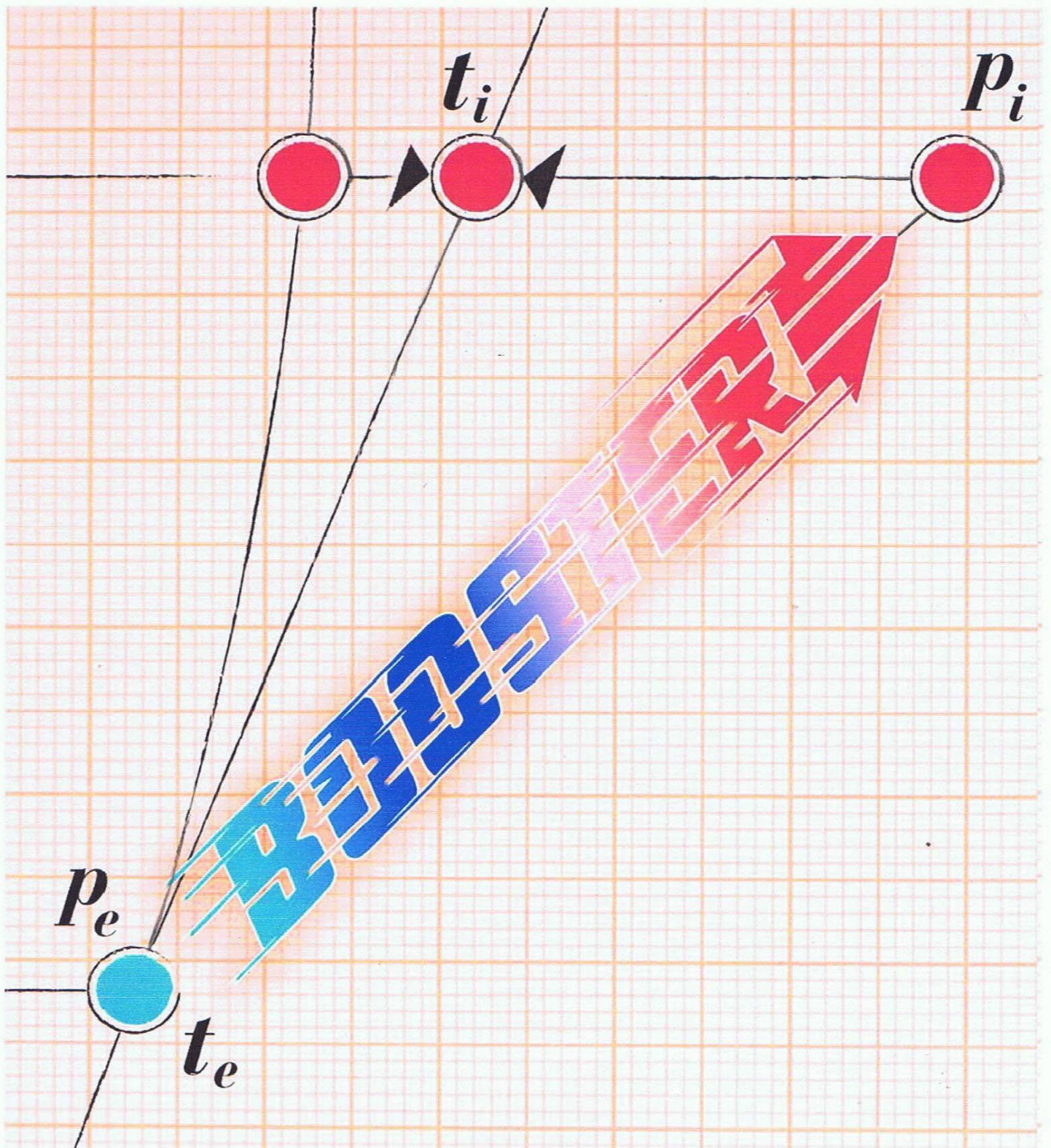




COMITÉ DE REFRIGERACIÓN

BOLETÍN JUNIO 2017

Por José Romanillos

Responsable del Comité de Refrigeración

Carta del Editor

Estimados colegas, socios de ASHRAE y miembros del ASHRAE Spain Chapter:

Como responsable del Comité de Refrigeración del ASHRAE Spain Chapter, me permito presentaros el primer número del Boletín de dicho Comité, creado con diversas finalidades.

En primer lugar, dada la gran mayoría de socios afines a otras disciplinas (Climatización, Ventilación, Control, Calefacción, etc.) en comparación con los que podemos considerarnos, mayoritariamente, afines a la Refrigeración, creo interesante e importante dar a conocer, de una forma más amplia, dicha disciplina entre todos los miembros del Chapter, esperando que a más de uno le podrá interesar, dada la interdependencia efectiva de casi todas las actividades con la Refrigeración.

Es cierto que, a la mayoría, nos basta con saber que los equipos que incorporamos en nuestros proyectos e instalaciones van a funcionar, cumpliendo las especificaciones, sin que sea imprescindible conocer más de los que ya sabemos.

Pero estamos afrontando tiempos bastante complicados, con multitud de retos, en todos los frentes: Energético, Ecológico - Medioambiental y Económico. Así, de nuevas a primeras y casi sin comerlo ni beberlo, nos tenemos que preocupar - de forma mucho más profunda que hasta ahora - de temas que dábamos por resueltos: del Refrigerante que incorporan estos equipos, de su C.O.P. y de muchas más características, que hasta hace poco, dábamos por hecho que eran incumbencia del fabricante.

Y está sucediendo que este actor, a quien creíamos conocer a fondo, con una forma de actuar más o menos predecible en el tiempo, no nos ofrece un “coro” más o menos coordinado, con diferencias lógicas entre sus propuestas. En su lugar, nos presenta soluciones no ya diferentes, sino incluso opuestas, o nos enfrentan a decisiones que superan nuestro conocimiento real sobre el tema, por ser nuevas tecnologías en las que, aún, no tenemos la suficiente experiencia.

En cualquier caso, la sociedad nos reclama “acción” ya que nuestros clientes se ven empujados por la Administración, las leyes, las normas de seguridad, nuevas limitaciones, costes operativos, etc., etc.

Todo lo cual nos lleva a la única salida aceptable: aumentar nuestros conocimientos para asimilar la información recibida lo más rápido que podamos y estar en la mejor disposición para enfrentarnos a las propuestas que nos hacen, sin caer, fácilmente, en la aceptación de aquellas que no responden, totalmente, a lo que prometen. Porque, también, los fabricantes, de una forma u otra, se enfrentan a los mismos retos y con un lastre añadido: sus fabricados.

No se puede exigir, de la noche a la mañana, que toda una cadena de fabricación de componentes se modifique para cumplir con las nuevas exigencias.

A esto hay que añadir la peculiaridad de nuestro mercado: España está localizada, geográficamente, en un escenario que precisamente no ayuda a facilitar las cosas, obviamente por su clima cálido y sin desdeñar la inventiva y los conocimientos de nuestra sociedad técnica,

debemos de reconocer que no somos el centro de desarrollo de muchas de las nuevas tecnologías que nos llegan inevitablemente deformadas, pues han sido desarrolladas en lugares y para mercados con unas necesidades y motivaciones muy distintas.

Reconozcámoslo o no, estamos más cerca de los problemas de un ciudadano de California, Florida, Nueva York, Chicago o Arizona que de los de uno de Oslo, Berlín, Copenhague, Estocolmo, etc. y no solamente en lo relacionado a HVAC, sino en las aplicaciones industriales: Cosecha de frutas y Verduras, Ganadería y su industria de Transformación de la Carne, Pesca, Hábitos de Alimentación e, inclusive, de diversión etc., lo que hace que no baste con aceptar los diferentes datos de una forma “aritmética” en la ecuación. Simplemente, en muchos casos, las propuestas no son extrapolables, a pesar de los esfuerzos realizados para que así sea, adaptaciones, etc. Así en el tema de los refrigerantes, ni debemos ni podemos caer en tentaciones simplificadoras.

Existen a nivel internacional foros dedicados a este tema, por ejemplo el IAR, (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoníaco) y a pesar de que es una voz autorizada y ha reunido desde el inicio de su andadura a los mejores expertos en el tema, una lectura y seguimiento de sus actividades recientes nos presenta en la actualidad una información demasiado influenciada por intereses “comerciales”.

Además, esta avalancha de retos ha coincidido con un relevo generacional de autoridades tecnológicas, que hoy en día no está muy claramente liderado por personalidades con la solvencia y experiencia demostrada de un Profesor Stoecker, por ejemplo, ni otros muchos, que nos han ido dejando en los últimos años.

Así, incluso se puede comprobar que hasta ASHRAE, ha dejado muchas de las actividades de la Refrigeración, con mayúsculas, a otras instancias, como el propio IAR y RETA y con minúsculas a la RSES, aunque esté formalmente involucrada, sin abandonar su papel aglutinador y de foro rector-divulgador.

Para comprobar lo dicho, basta con visitar la gran Exhibición anual de A.R./ASHRAE y se verá que no asiste ningún fabricante de componentes de Refrigeración Industrial (Compresores, Evaporadores, Condensadores, etc.) y si lo hacen, es con la línea de productos más comercial que ofrecen, para Climatización, Supermercados, y similares.

Así las reuniones del IAR se han convertido en el altavoz de esos fabricantes, con sus presentaciones y su exhibición de productos. Leyendo sus “papers” se puede observar que se enuncian cantidad de propuestas, pero como “refrendadas” por las más altas instancias y que no reciben ninguna crítica, pues sus “oyentes”, ansían respuestas y hasta hoy, “la voz del fabricante” es “la voz” y con sus diferencias de resultados, hemos llegado hasta aquí.

Pero lamentablemente, a la vista del “viejo” que ha visto muchos km de camino y muchos escenarios, algunas de las propuestas “chirrían” (inclusive a la de muchos jóvenes, más o menos ilustrados). Algunas propuestas, leyendo sus patentes correspondientes, le resultan incongruentes. Pero ¿Quién va a discutir cuando se subvencionan, se utilizan, etc.? Y así en ciertos casos estamos presenciando discusiones que en un foro técnico, sin presiones comerciales, se resolverían mucho más fácilmente de lo que parece y no en el sentido actual.

Sin embargo, artículos como el ofrecido en el ASHRAE Journal, recientemente, sobre la aplicación del CO2 en pistas de patinaje confirman lo que acabo de comentar.

Alguien que lo lea puede acabar pensando: “El CO₂ es el Refrigerante Ideal”. Pero a pesar de haberlo leído y releído, no he encontrado nada más que referencias y bibliografía, para sustentar lo expuesto. Ni un dato técnico, ni una ecuación, ni un dato sobre los fluidos, los circuitos, velocidades, pérdidas de carga, flujo másico, potencia absorbida, energía reciclada y sustituida (al recuperar el calor), costes económicos, R.O.I., etc., etc. Para colmo, mucha de la bibliografía referida es similar. No ofrece comparativa real y efectiva, compara resultados obtenidos entre sistemas totalmente dispares, dejando una duda clave para este tema: ¿Si los dos sistemas comparados hubieran sido realizados con las mismas filosofías, solamente cambiando el refrigerante, hubieran dado los mismos resultados comparativos?

Y lo mismo me ha venido sucediendo en las últimas reuniones técnicas y simposios a los que he asistido: declaraciones de usuarios con datos porcentuales, comparaciones sin respaldo técnico real, maravillas tecnológicas que nos van a trasladar a un “tomorrowland” del frío, fabricantes reinventando la rueda y una audiencia sin más referencias que las del inevitable “fabricante” y que en su mayoría desconoce ASHRAE.

Y este es el punto de interés de toda la parrafada anterior: cuando me dirijo al potencial interesado en asociarse a ASHRAE, me pregunta: ¿Qué saco con ello? Y magra respuesta les puedo dar: El Handbook de Refrigeración, (con la versión de 2010 traducida al español por Actecyr), el Pocket Handbook, igualmente traducido. Y alguna conferencia de vez en cuando. Para eso, ya están otras instancias, aparentemente con mucho más: AEFYT, ATECYR, AFEC, etc., etc., con sus cursos, congresos, etc.

Pero a mi punto de vista, eso ya está ahí y no “soluciona”. Conozco cantidad de buenos técnicos frigoristas, que han leído y tienen los mejores libros publicados pero, algo falla: No tienen las respuestas que necesitan. Y ese es el quiz de todo o casi todo: Son libros “preparatorios”, para una segunda parte en la formación: Una enseñanza basada en la experiencia. Refrigeración Aplicada.

Cuando un técnico se enfrenta a un proyecto de Refrigeración, tiene suficiente información sobre lo básico. Pero ¿Cómo se explica que al seleccionar un componente, 5 fabricantes le den 5 respuestas totalmente dispares, que en el caso de un evaporador signifique 5 diferentes caudales y, por supuesto, superficies, configuraciones, etc., etc.?

En mis tiempos, algún amigo experto y el tiempo, (tropezarse y levantarse) si no se perecía en la empresa, lo curaban todo, y más o menos daban lugar a “aprender del error”, pero hoy, con el marketing tan avanzado que nos bombardea, los retos, las presiones, etc., ¡No hay tiempo! Esta es mi modesta opinión, sin que con ello quiera “pontificar”. Es la voz de mi experiencia, pero la estoy exponiendo, sin soberbia y con la máxima humildad que puedo, a todos vosotros,

En este boletín, incluyo un breve extracto del libro español sobre Refrigeración más antiguo que he encontrado (1918) que en una parte expone una serie de datos con la referencia: **Pruebas presentadas por Mr. Thomas Shipley a la Asociación Americana de Ingenieros Frigoríficos en 1906.** (A.S.R.E., predecesora de ASHRAE). Tengo el texto original completo de dicha presentación, donde se discute sobre la compresión seca del amoníaco (defendida por los técnicos americanos, Shipley, Vilter y otros) y la compresión húmeda (defendida por Linde y algún otro colega, europeo).

Como se puede comprobar, ese es el gran papel que ha jugado ASRE/ASHRAE a lo largo de más de un siglo: la difusión de la tecnología, fruto de debates entre sus miembros, con el afán de impulsar una disciplina tecnológica imprescindible para la humanidad.

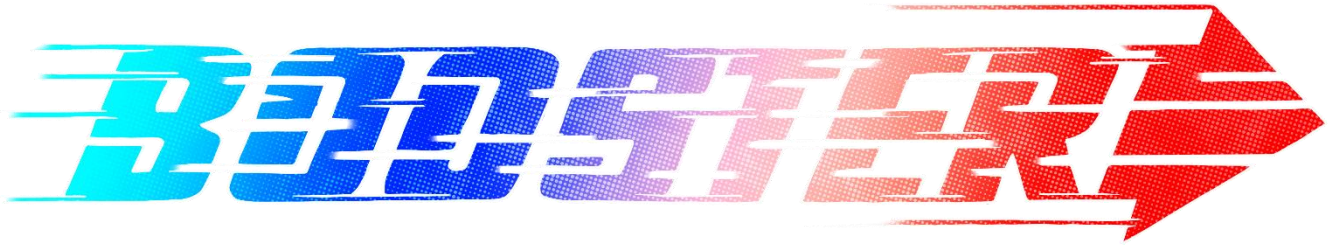
Os pido ayuda, para que este Subcomité, adaptando el espíritu de ASHRAE de cooperación individual voluntaria a título personal, a la problemática española, pueda hacer oír su voz, entre los frigoristas y les ofrezca ayuda. Puede parecer una propuesta ilusoria y una tarea titánica. Pero como aprendí en el día a día: “Las tareas en equipo resultan más livianas y hasta puede que si se programan bien, lleguen a buen puerto. Hay mucho que hacer y aunque no sea obvio, nos necesitan”.

Si os parece aceptable, os iré proponiendo ideas: divulgación, conferencias, cursos, etc. Ahora, sin más y sin grandes pretensiones, permitidme que os introduzca a la Refrigeración, de una forma algo diferente y quizás menos académica, que espera la paciencia y comprensión de mis colegas, y ya me consideraré feliz si no os aburro en exceso

José Romanillos, MASHRAE
Consultor en Refrigeración

Junio 2017

¿Por qué el nombre de BOOSTER?



Cuando acepté encargarme del Comité de Refrigeración del ASHRAE Spain Chapter, ya era consciente de que necesitaba un gran empujón, que lo revitalizara.

En Refrigeración, cuando la compresión del refrigerante se hace difícil por la gran diferencia entre las presiones de Aspiración y Descarga, como en el caso de las instalaciones para conseguir Bajas Temperaturas, se recurre al sistema de compresión en etapas múltiples.

En EE.UU., país con un lenguaje pragmático, los compresores que dan el primer “empujón” al gas desde la Baja Presión se denominan “**Booster**”. Y esto posibilita lo que de otra manera es, prácticamente, imposible de forma viable y económica.

Esperemos que nuestro “**Booster**”, facilite el empujón que buscamos para nuestro Subcomité de Refrigeración. A continuación, se reproduce una explicación ilustrada de este sistema, extraído de literatura técnica de mediados de los años 30 del sigloXX.

La portada del boletín trata de reproducir la representación del camino termodinámico seguido en el Diagrama de Mollier por el Refrigerante desde p_e-t_e (Presión-Temperatura de Evaporación) hasta la p_i-t_i (Presión-Temperatura Intermedia) por el trabajo del Booster.

ICE AND FROST

AUG 9 1937

LOW TEMPERATURE REFRIGERATION

The demand for frozen foods, the development of new industrial and chemical processes, and the increasing knowledge of bacteriological action have all emphasized sharply the need of maintaining temperatures below those previously used in most refrigerating plants.

Quick-frozen fruits, vegetables, meats, fish, and poultry have a market that is still limited only by the quantities which can be produced.

Ice cream manufacturers find that faster freezing greatly improves the quality of their product, besides saving time and money. Dairymen are learning that lower temperatures mean much more than they supposed, in storing raw cream and milk.

Oil refineries, chemical and textile plants, as well as manufacturers and users of dry ice, tend toward greater utilization of lower and lower temperatures.

AMMONIA BOOSTER COMPRESSORS

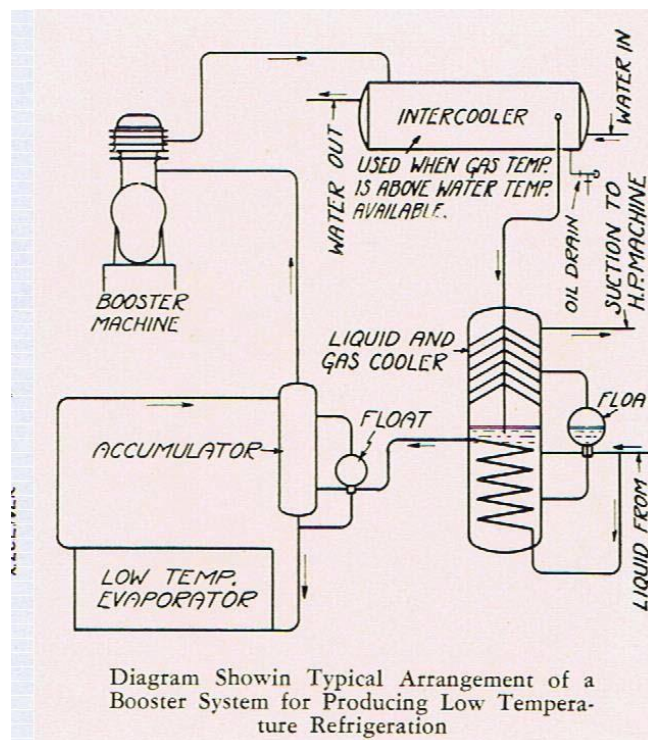
BOOSTER COMPRESSION

Booster compressors were developed to reduce the cost of producing sub-zero temperatures in commercial quantities.

A booster compressor is one designed to handle a large volume of gas at low pressures. Low temperatures can only be obtained by lowering the expansion pressure of the refrigerant; lowering the pressure also lowers the weight of gas per cubic foot. Since the amount of refrigeration produced depends upon the weight of refrigerant handled, it is apparent that any low temperature plant must circulate large quantities of low pressure gas.

A booster compressor takes this low pressure, low weight gas and compresses it (or “boosts” its pressure) to a point where the discharge pressure is about four times that of the suction gas coming to the machine. This gas leaving the booster is cooled with cold water by means of a heat exchanger, passed through another vessel which removes all superheat, and then goes to the suction of a standard compressor, which raises it to the final condensing pressure; this in turn is determined by the condensing water temperature, quantity of water available, and the amount of condenser surface.

Certain users prefer carbon dioxide for low temperature work instead of ammonia. We have in operation a number of carbon dioxide plants, some using straight two-stage compression and others employing the split-stage principle, in which carbon dioxide condensers are cooled by direct expansion ammonia in place of water. This last arrangement keeps the head pressure on the carbon dioxide machines within the most reasonable limits, and decreases the compression ratio so that there is an important gain in economy. The ammonia gas after passing through the compressor is condensed in turn by the use of cold water.



Refrigeración

Todos damos por hecho que la **Refrigeración** es importante en la vida diaria, pero nos hemos acostumbrado a su utilización de tal forma, que, aun siendo nuestra profesión, en uno o en otro campo, hemos llegado a olvidar que es crucial e imprescindible, no en mayor o menor grado, sino, absolutamente imprescindible para el desarrollo de cualquier actividad en esta sociedad desarrollada en que vivimos.

Para poner las cosas en su sitio y que seamos conscientes de su importancia y se lo transmitamos así a quienes requieren nuestros servicios, sin dramatismo, pero con seguridad y firmeza, haciéndoles saber que somos conscientes de esto y que no “repudiaremos” nuestra responsabilidad para ayudarles a disfrutar de sus servicios de forma sencilla y eficiente, redactamos esta lista de aplicaciones de la **Refrigeración**, que no es completa al 100 % ni exhaustiva, pero que pretende dejar claro lo dicho:

“NO HAY ALTERNATIVA – SIN REFRIGERACIÓN, TODO SE DETIENE Y PARALIZA”

• ALIMENTACIÓN

Comenzamos por la más evidente al común de la sociedad: todos tenemos un frigorífico doméstico y sabemos de su utilidad

Frutas y Verduras



Enfriamiento post-cosecha para reducir las pérdidas por putrefacción anticipada, transporte en condiciones idóneas hasta el punto de consumo por tierra mar y aire (¿Quién no ha comido cerezas chilenas fuera de estación en España?) incluso en otro continente. Congelación para su consumo a lo largo de todo el año.

Industria Cárnica



Comenzando por la climatización de las granjas de estabulación y crianza de los animales, seguimos con enfriamiento de las reses posteriormente al sacrificio, para mantener su calidad durante el máximo de tiempo posible, climatización en condiciones sanitarias de las salas de preparación y envasado en porciones, refrigeración en las diversas etapas de fabricación y proceso, como en las picadoras para fabricación de mortadela y similares, Congelación del producto para disponer cuando se precise, tanto en “bruto” para su proceso posterior como “procesado”, control de las condiciones de curado de los productos de chacina, jamones, salchichones, salami, chorizo, etc., transporte en condiciones idóneas hasta el punto de consumo por tierra mar y aire (que les pregunten a los Neozelandeses o Australianos como exportan sus corderos, etc.).

Industria Avícola



Climatización de las granjas de estabulación y crianza de las aves y similares, enfriamiento de los pollos y demás aves, incluso conejos, etc., inmediatamente después del sacrificio para conseguir un producto bajo total control sanitario, y preservar su integridad hasta el

proceso final o consumo. Control de las condiciones de puesta e incubación de huevos, Congelación, conservación del producto, transporte en condiciones idóneas hasta el punto de consumo por tierra mar y aire.

Pescado



Enfriamiento y congelación a bordo de los buques pesqueros, conservación en lonjas y puntos de distribución al mayor y de venta al menor, enfriamiento y congelación posterior a otros procesos de cocción, y fileteado, envasado en porciones, etc., En esta aplicación se utilizan grandes cantidades de hielo como medio primario de enfriamiento del género recién pescado y posterior a la cocción.

Vinos, Bebidas, Zumos y Refrescos



Sistemas de enfriamiento de la uva tras su recogida, para controlar desde el comienzo la fermentación reduciendo pérdidas y consiguiendo la mejor calidad del vino; vinificación a temperatura controlada; eliminación de impurezas (Bi-tartratos) por super-enfriamiento hasta el punto de congelación, envejecimiento de los caldos en bodega a temperatura y humedad controlada.

Enfriamiento del agua para la preparación de la masa, preparación y conservación de la masa, control de la fermentación, congelación del pan, congelación de tartas y pasteles y todo tipo de bollería.

Almacenes Frigoríficos



A **temperatura controlada**, entre típicamente $+10$ y -30°C , para la conservación de todos los productos anteriormente detallados, anexos a centros de producción, de distribución centralizada (logísticos) y de distribución y venta al detalle en comercios.

• INDUSTRIA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA



Si alguna industria precisa de la **Refrigeración** para el desarrollo de sus funciones, estas son la Química y Petro-Química. Prácticamente, todas sus unidades funcionales y productivas están basadas en la transferencia de calor y masa: destilación, vaporización, condensación, control del calor de reacción (reacciones exotérmicas y endotérmicas), control de la presión y temperatura de los tanques de almacenamiento de gases licuados, transporte a presión y temperatura controlada.

Se puede también decir, que estas aplicaciones fueron el epicentro y motivo del desarrollo inicial de la Refrigeración, al observarse que se podían utilizar los fenómenos observados en la obtención de productos como el Amoníaco, el Éter, el Nitrógeno, el Oxígeno, etc., para controlar la temperatura de ciertos procesos, etc., y absorber el calor indeseable de los mismos. No es casual que Linde, Faraday, y otros, padres de la refrigeración, fueran los mismos que llevaron a cabo la licuefacción de los gases, síntesis del amoníaco, etc.

• INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y MEDICINA



Prácticamente, todos los medicamentos precisan de la Refrigeración en su proceso de creación, producción, envasado, etc., concentración al vacío, Liofilización (Crio-desecación), control de las condiciones de temperatura y humedad (Muy baja, por debajo del 10 %) en los procesos de encapsulado, y posterior conservación de algunos productos sensibles, vacunas, y similares. Igualmente, el procesado y congelación de la sangre y su posterior conservación hasta su utilización en transfusiones, es crucial para salvaguardar vidas y hacer posible multitud de intervenciones quirúrgicas que de otra forma serían inútiles.

Finalmente, y no menos importante, el control de la temperatura y humedad en quirófanos, uci, salas de recuperación, hace posible el llevar a cabo curaciones que de otra forma verían reducidas las posibilidades de éxito.

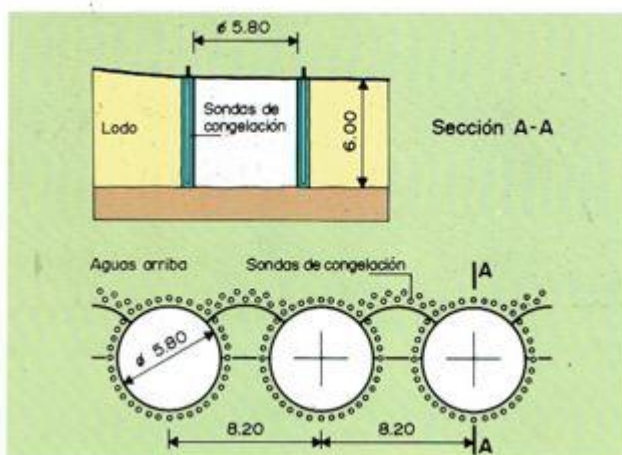
Esto explica que uno de los padres de la Refrigeración, John Gorrie, en el siglo XIX, fuera un médico buscando reducir la mortandad entre sus enfermos, a pesar del éxito de sus intervenciones, controlando la temperatura y la humedad de su quirófano y sala de recuperación, en Apalachicola, Florida, EE.UU., mediante la construcción de un rudimentario equipo de Refrigeración.

• INDUSTRIA METALÚRGICA Y MECÁNICA



Desde el control de la temperatura y humedad del aire insuflado en los hornos Bessemer para la producción del acero, hasta la climatización de las cabinas de las grúas que mueven los crisoles en un ambiente realmente infernal, pasando por el control de las condiciones de templado en frío de aleaciones de gran resistencia, estabilización de materiales después de ciertos procesos, control de expansión de remaches previamente enfriados a temperatura inferior a la que les rodeará en su vida útil, así como la climatización estabilizada de las salas de metrología y control dimensional, podemos decir sin miedo a exagerar, que la moderna industria metalúrgica y mecánica dependen, totalmente, de la Refrigeración para llevar a cabo sus actividades.

• INGENIERÍA CIVIL



Para desarrollar su potencial y llevar a cabo las grandes obras realizadas a partir de finales del siglo XIX y los comienzos del siglo XX, hasta hoy, se ha basado en las soluciones ofrecidas por la Refrigeración en el enfriamiento de las grandes masas de hormigón utilizadas en la ejecución de presas, puentes, etc., mediante la utilización de agua fría mezclada con hielo en las hormigoneras, así como la utilización de áridos previamente enfriados, para controlar el calor de formación, eliminando tensiones que se crean e igualando el proceso en toda la masa.

Igualmente depende de la refrigeración para la estabilización de cimentaciones en terrenos húmedos y fangosos, realización de túneles y excavaciones en terrenos inestables por el agua contenida, previa congelación del terreno.

La minería puede llevar a cabo sus operaciones en minas cada vez más profundas, gracias a los modernos sistemas de ventilación con aire refrigerado y seco, que permiten a los mineros trabajar en condiciones adecuadas, que no serían posible de conseguir y mantener sin la ayuda de la Refrigeración.

• INDUSTRIA AERONÁUTICA Y AEROESPACIAL



Dependen de la Refrigeración tanto para realizar ensayos en tierra con simulación de las condiciones que se encontrarán en vuelo real, como para pruebas de los componentes en bancos de ensayo durante las operaciones de mantenimiento. Igualmente, comparten muchas aplicaciones del FRIO con la Industria Metalúrgica y Mecánica.

Sin esos ensayos en tierra con simulación de las condiciones reales no se hubiera podido avanzar, pues las pruebas reales serían de carácter “destructivo” eliminando la posibilidad de medir y registrar los parámetros de interés. Igualmente, comparten con la industria Química y Petroquímica aplicaciones en la producción, transporte y almacenamiento de combustibles.

• INDUSTRIA ELECTRÓNICA



Prácticamente, todas las ramas, tanto aplicadas a la telecomunicación, computación, etc., utilizan la Refrigeración para controlar la disipación de calor de los elementos centrales de proceso, como CPU's, etc., así como control de la temperatura en centros de servidores, ordenadores centrales, etc. Todos estos equipos desarrollan una capacidad cada vez mayor en menos espacio, y sus componentes disipan un calor elevado que no puede acumularse so pena de reducir la capacidad de computación hasta anularla si se supera determinado nivel de temperatura. Esto ha hecho preciso pasar de refrigerar los componentes y sistemas por aire frío a llegar a embeber en sus circuitos intercambiadores de Calor por los que circula el fluido refrigerante, evitando el uso de agua por razones obvias y reduciendo el caudal preciso al aprovecharse del calor latente de vaporización (Cambio de fase) mucho más elevado que el sensible o por elevación de temperatura. Así se ha llegado a la utilización de CO₂ líquido en esta aplicación.

• CICLOS ENERGÉTICOS COMBINADOS



Para paliar la crisis energética que surgió a partir de los años 70, tras la primera crisis del Petróleo auspiciada por los países del Golfo Pérsico y Aliados, productores de Petróleo y gas natural en defensa de sus intereses económicos, la Refrigeración ha cobrado un papel

relevante en su aplicación de Recuperación Energética en forma de Bombas de Calor que eliminan el calor para su aprovechamiento en procesos de calefacción doméstica, comercial e industrial.

Así la fuente energética primaria utilizada en el ciclo frigorífico llega a reducir o eliminar (Según el caso particular) la fuente energética a utilizar en el proceso de calefacción final. Esta combinación reduce las necesidades de Energía Primaria de forma drástica.

Hoy, muchas ciudades escandinavas no podrían gozar de calefacción si no fuera por las bombas de calor que extraen calor de bajo nivel térmico de las aguas casi heladas de mares, lagos y ríos y con un pequeño consumo energético (hasta un 30 % del originalmente preciso en calefacción directa) producen el calor preciso. al nivel adecuado.

Otros sistemas de recuperación energética hacen viable determinados sistemas de generación eléctrica, al aprovechar el calor desprendido para accionar sistemas frigoríficos precisos para otros procesos, sin aumentar el consumo primario.

• LA CLIMATIZACIÓN O ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE PARA CONFORT HUMANO



Hemos dejado a propósito, para el último lugar la aplicación “estrella”. Sin duda, ha sido pieza clave para el desarrollo de las naciones, permitiendo hacer habitables zonas extensas que de otra forma no lo hubieran podido ser, impidiendo el desarrollo de muchas naciones, de lo cual es el ejemplo más claro los Estados Unidos de Norteamérica.

¿Puede alguien imaginarse la vida desarrollada en Arizona, Nuevo México, incluso, California y Florida, sin “Refrigeración”? Y esto es extensible a todo el mundo.

Lo encontramos tan lógico, que pese a toda su importancia socio-económica, no es algo habitual como tema de conversación entre el público en general que, sin embargo, sí llega a interesarse y discutir sobre otras materias tan técnicas o más, como puede ser la Aeronáutica, la Astronáutica, la Automoción, etc.

Así se puede percibir cierta falta de interés global, que llega a dificultar el ejercicio profesional y no facilita la inclusión realmente fluida de todos los avances precisos, pues hasta cierto punto el gran público ignora cuánto depende de esto y es reacio a incrementar las inversiones precisas para reducir el consumo, por ejemplo, pero que no rechaza hacerlo en otras áreas como

comprar un automóvil. Al cual sí le exige que incorpore “lo último”. Pero no así a algo que es lo que le permite vivir en su “tierra”, sin apercibirse de lo expuesto más arriba.

“DE LO ANTERIOR SE PUEDE DEDUCIR FACILMENTE QUE, SI TODAS LAS PLANTAS FRIGORIFICAS DEL MUNDO SE DETUVIERAN, LA ACTIVIDAD DEL MUNDO SE DETENDRÍA Y EL HOMBRE RETROCEDERÍA AL SIGLO XVI /XVII COMO POCO, SIN CONTAR LA HAMBRUNA QUE SE PRODUCIRIA.”

COMENTARIOS SOBRE LOS REFRIGERANTES

Hace ya un tiempo, a partir del descubrimiento confirmado del daño causado a la capa de ozono por los refrigerantes del grupo de los CFC's, (R-12, R22, R-502, etc.) ha cobrado una gran importancia este tema, en la búsqueda de alternativas, ganando aceptación los refrigerantes "naturales" es decir, aquellos, que, independientemente de su obtención, están o forman parte de los elementos existentes en la naturaleza, como el Amoniaco, (NH₃-R717), el Anhídrido Carbónico, (CO₂-R-744), y algunos Hidrocarburos, como el Propano y el Iso-Butano.

Igualmente, hay uno que pertenece a dicho grupo, que, sin embargo, no acaba de recibir el impulso que se merece, quizás por su rango limitado de temperatura operativa pero, que por el contrario, podría ser utilizado en la aplicación más utilizada a nivel mundial y en muchos procesos industriales: “el agua”, (H₂O -R-718).

Actualmente es utilizada exclusivamente en los sistemas de Absorción que emplean el Bromuro de Litio como Absorbente, y el agua como fluido Refrigerante primario. Sin embargo, este refrigerante, en los inicios de la Refrigeración recibió mucha más atención y se utilizó con sistemas de COMPRESIÓN, empleando para ello compresores tanto “mecánicos” como “térmicos”. Debido al gran volumen que se produce al evaporarse un Kg de agua, se precisan compresores de gran desplazamiento volumétrico, lo que hace de los Compresores Centrífugos o de los Termocompresores o Eyectores, los candidatos ideales. De hecho, en los años 30, era más frecuente de lo que hoy pensamos su utilización, de lo que dan fe algunos documentos que se reproducen más adelante.

La figura 1 reproduce una representación esquemática del sistema a Eyección, que utiliza vapor a presión adecuada a las necesidades como energía motriz en los termocompresores.

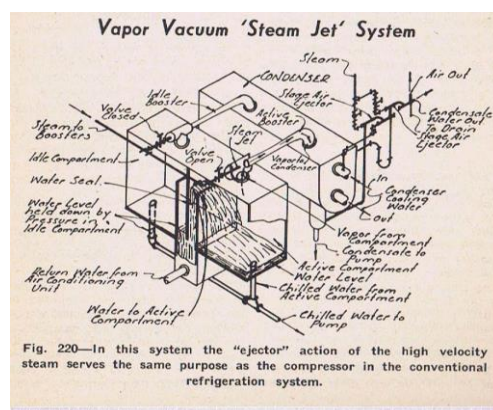


Figura1

Tanto la evaporación como la condensación se suelen llevar a cabo por contacto directo, siendo en ambos casos la propia agua el agente frigorífico enviado al proceso o a la torre de enfriamiento, donde absorben y ceden, respectivamente, el calor.

Este sistema continúa siendo utilizado en procesos industriales dentro de las industrias químicas y farmacéuticas, e inclusive alimentarias, en las cuales existen fuentes de vapor, (residual o no), que se pueden utilizar de forma económicamente rentable y facilitan los procesos, que muchas de las ocasiones precisan la extracción de vapor de agua, como en el enfriamiento directo de productos previamente cocidos, como ensaladas, legumbres, o con alto contenido de agua, como la lechuga.

En climatización es digno de recordarse que, hasta hace no mucho tiempo, aprovechando la red de vapor existente en Nueva York para la calefacción, se utilizaba este sistema en el famoso RADIO CITY HALL. Es un sistema sin prácticamente piezas móviles, de gran sencillez y fiabilidad. El otro sistema, con compresores centrífugos, también, se utilizaba en esos años 30, como muestra la figura 2.

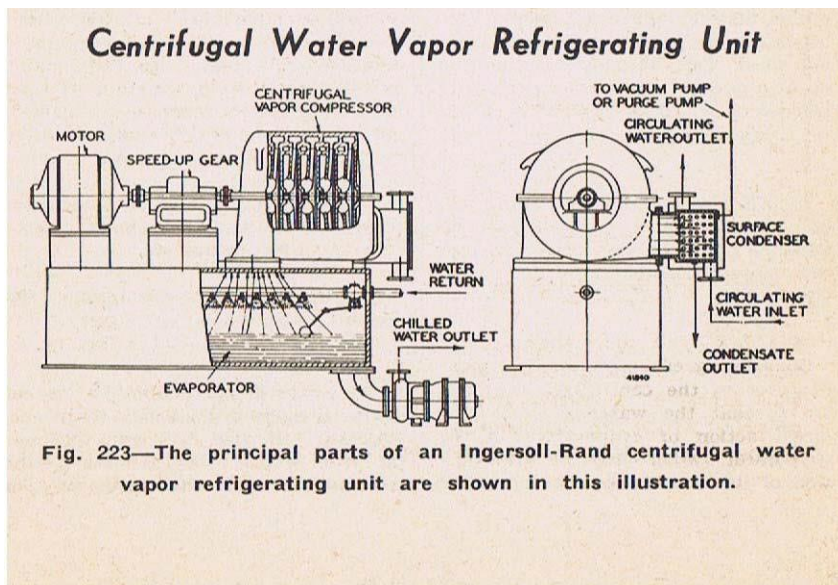
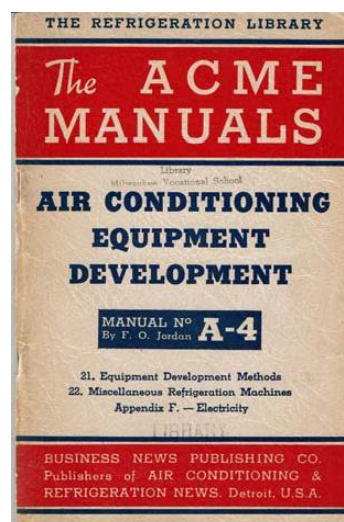


Figura2

Ambas figuras proceden de un libro de enseñanza cuya portada se muestra más abajo.



Ya en nuestros días, en 1995, se llevó a cabo una instalación que se consideró revolucionaria en su momento.

El fabricante de Juguetes LEGO utilizó este sistema para cubrir sus necesidades de refrigeración para equipos de moldeo, climatización, etc. (Figuras 3, 4 y 5)



System installed at Lego System A/S chilling water from approximately 13.5°C to 9°C

Figura 3

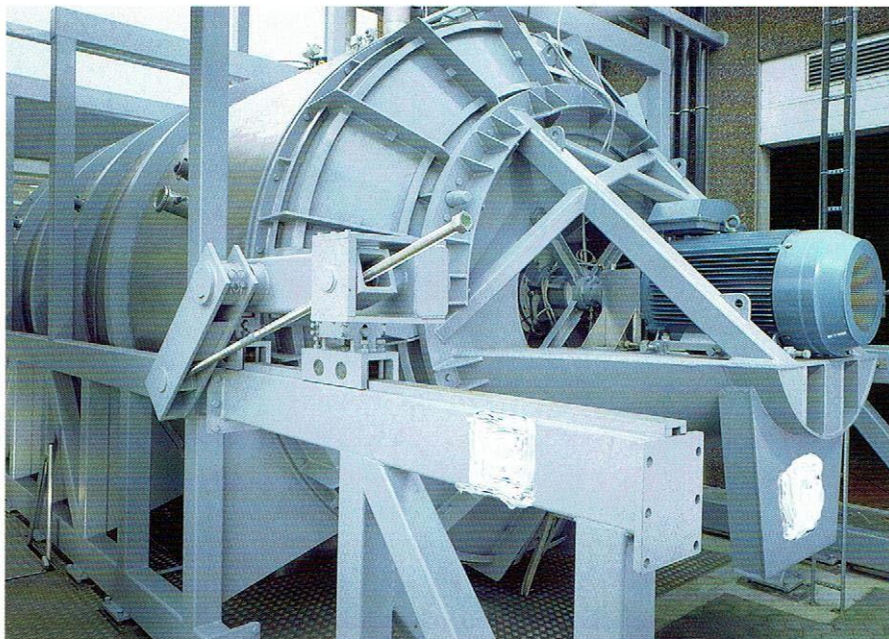


Figura 4

Flow diagram for 2 MW chiller unit

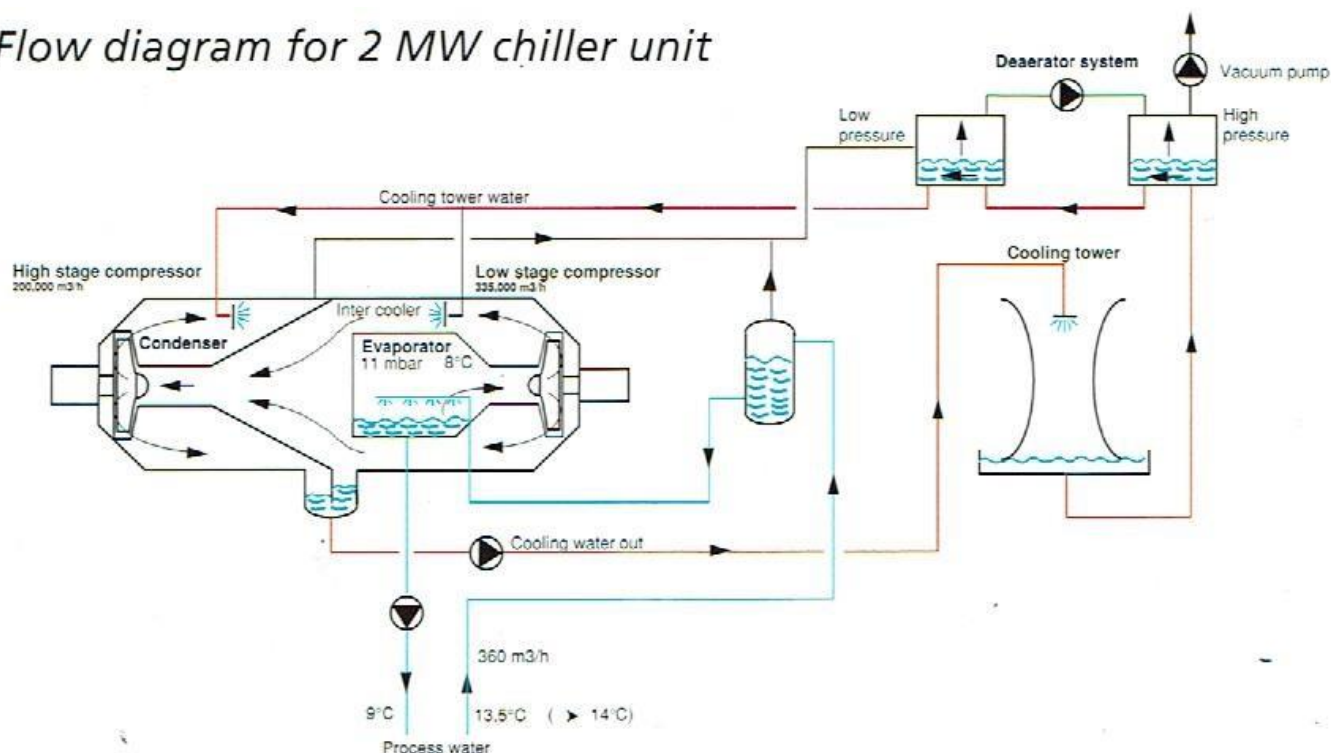


Figura 5

A partir de ese momento se crearon serias expectativas, llegándose a presentar el equipo en exhibiciones de prestigio como IKK, pero de repente esto se desvaneció, quedando solo una serie de artículos publicados por el creador del compresor, que ha estado ejerciendo de profesor en una prestigiosa universidad de EE.UU.

Al parecer está claro el material a utilizar, así como su proceso de fabricación, etc., etc., pero lo que haya sucedido o esté sucediendo solo da lugar a especulaciones.

¿Esperando inversores? ¿Evitando la canibalización de una gama de productos existentes?

En próximas ediciones hablaremos sobre los otros refrigerantes, tanto “naturales” como “sintéticos” ya que consideramos importante analizar datos concretos tan importantes como:

- la energía absorbida realmente por los diferentes sistemas propuestos
- caudales máscicos involucrados
- tamaño de compresores
- intercambiadores de calor
- tuberías
- válvulas y accesorios, de forma que podamos conocer los hechos previsibles, basados en la Física, que como sabemos es una de las Ciencias Exactas.

Es cierto que determinadas formas de utilizar cualquier cosa producen distintos resultados comparativamente hablando, pero, obviamente, esas “mejoras” pueden muy bien adoptarse, en nuestro caso, si es que son recomendables y viables, con cualquier refrigerante. Y un punto importante: Conoceremos la efectividad de determinadas actuaciones aplicadas a los diferentes fluidos, comprobando que “No es oro todo lo que reluce”.

Curiosamente, en la revista HPAC de enero de 1935 aparece un anuncio del fabricante de los equipos de Eyección y Turbo-Compresión descritos más arriba, quien en la actualidad es propietario de una de las principales marcas mundiales de enfriadoras de agua. ¿Volverá a rediseñar sus equipos para utilizar R-718?

14 Heating-Piping & Air-Conditioning January, 1935 January, 1935 Heating-Piping & Air-Conditioning 15

Ingersoll-Rand Water-Vapor Refrigerating Units

STEAM-JET TYPE



Quietness and absence of vibration and moving parts characteristic steam-jet units. Water, the refrigerant, is evaporated at a high vacuum and the vapor is compressed by steam-jet boosters. The water chilled by this evaporation is the cooling medium. The condenser may be of surface or barometric type. Exhaustor & B isolates simplify control. Sizes from 10 tons upward.

CENTRIFUGAL TYPE



Centrifugal compressors, developed by Ingersoll-Rand specially for this service, replace the steam jets where steam is not available or condensing water is limited. They can be installed with electric-motors or highly efficient steam-turbine drive. An important feature is self regulation; units simply float on the load, giving automatic reduced power consumption with reduced demand. Sizes from 10 tons upward.

LEADERS in various fields are installing I.R. Water-Vapor Refrigeration for air conditioning and industrial uses because:

1. The use of water as a refrigerant makes the system still yet cost only moderate amount for replacing chemical refrigerant, simplifies installation and reduces power consumption.
2. Two types of units—Steam-Jet and Centrifugal—permit the selection of the most economical equipment to meet widely varying conditions of steam or electric power, cooling water supply and refrigerating requirements.
3. Reliability is the worldwide I.R. reputation, with more than 40 years of experience in manufacturing evaporating and centrifugal compressors, surface and barometric condensers, steam-jets, air removal apparatus and pumps for every purpose. This background has been coupled with years of research and actual field experience with Water-Vapor Refrigerating Units, resulting in reliable and serviceable equipment.
4. Sustained performance and over-sized capacity permit a full range rating at the highest chilled-water temperature compatible with the service conditions. Direct expansion absolute cooling or heating of equipment, surface, and the recuperative capacity of either steam-jet boosters or the centrifugal compressor remains practically fixed for the life of the unit. An overload of 10% or 20% can be carried for peak conditions with only 3" to 5" increase in chilled-water temperature.

BECAUSE it is simple, safe, and economical, I.R. Water-Vapor Refrigeration has unlimited uses. It has been applied to:

Air conditioning in office buildings, factories, department stores, restaurants, theaters, hospitals, hotels, museums, government buildings, and cold storage aboard ships.

In industry, it is being used in automobile factories, chemical plants and rubber mills. Industrial applications are constantly increasing in variety and number.

Send for further information, or let one of our engineers call on you.

Ingersoll-Rand
11 BROADWAY, NEW YORK CITY

Adicionalmente a la búsqueda de reutilizar los refrigerantes “Naturales” adaptándolos a las nuevas circunstancias y haciendo uso de los avances tecnológicos experimentados en todos los frentes desde aquellos tiempos iníciales, la industria no ha dejado de buscar soluciones, tanto “temporales” para poder adaptarnos gradualmente a los nuevos retos, como “definitivas”.

Entre estas, han aparecido propuestas muy interesantes, con GWP a niveles más que aceptables. Pero como todo, en esta vida, no son “perfectas”. El principal inconveniente es su ligera inflamabilidad en determinadas circunstancias, habiendo dado lugar a la creación de un nuevo grupo de refrigerantes en la denominación internacional según el grado de seguridad: el **A2L**.

Inicialmente, su inflamabilidad está llevando a determinados sectores a buscar la reducción de la carga admitida en los equipos, reduciendo drásticamente su aplicación en donde está el verdadero problema: la Refrigeración Industrial, hoy descansando mayoritariamente en el empleo del R-717 (Amoniaco) y que está tratando de solventar el problema de la seguridad combinando su empleo con la vuelta a la utilización de sistemas indirectos, mediante fluidos secundarios como “Salmueras” de base glicolada o fluidos específicamente formulados en competencia con estos, o alternativamente, R-744 (CO₂).

Esto, como se puede ver analizando en profundidad las aplicaciones de la Refrigeración, no es una solución perfecta, pues entre sus inconvenientes, estos sistemas presentan un aumento elevado del consumo energético por motivos inevitables: Doble salto térmico entre el intercambiador de calor de proceso y el evaporador, aumento del tamaño del intercambiador de

proceso por el peor coeficiente de transmisión global, aumento del consumo por la energía de bombeo del fluido secundario y su repercusión en el balance térmico final, etc.

Además, estos fluidos secundarios no son “neutros” y en caso de fugas, son contaminantes y de difícil limpieza. En el caso del CO₂, la presión de trabajo impone limitaciones y encarece el coste de la inversión. En cualquiera de los 2 casos, el tema del desescarche se complica a niveles impensables.

Esto justifica que debamos de tratar, sosegadamente, el tema de los A2L, inclusive, ofreciendo soluciones intermedias, que permitan una utilización extendida de forma adecuada, pues basta ver como la sociedad está rodeada de instalaciones de gas natural que llegan a nuestras cocinas.

**ASHRAE ya se está posicionando.
Hagámoslo nosotros.
Por todo lo mencionado.**

JOSÉ VIDALROS

REFRIGERACIÓN

Compendio sobre el Frío Industrial

1918

FARRÉYASENSIO•Puertaferri.17

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo que va adquiriendo la industria del frío artificial en los países Hispano-Americanos, hace ya necesario que exista algún tratado escrito en español que vulgarice por lo menos los conocimientos más esenciales y prácticos de tan importante industria, que en otros países reviste proporciones colosales y sobre la que han escrito en diferentes idiomas un gran número de obras, publicándose a la vez muchas revistas dedicadas al ramo. Sin embargo, en español no se encuentra tan siquiera una modesta traducción.

Sin pretensiones presentamos este librito, recopilado en gran parte de los mejores tratados de los Estados Unidos, de carácter práctico en la creencia de satisfacer en principio una necesidad y confiando que será favorablemente acogido y que sirva de estímulo a otros, a fin de que no tardemos en ver publicadas obras más científicas y de mayor mérito.

Las reglas que se dan, son exactas y completamente de acuerdo con la práctica adquirida sobre las mismas máquinas e instalaciones y aunque no presentamos ninguna fórmula científica, todas podrán ser comprobadas y verificadas por cálculo. En cada regla se han hecho concesiones para las pérdidas accidentales que ocasiona el continuo y riguroso funcionamiento de una instalación durante semanas y meses.

Habiendo nacido la construcción de máquinas frigoríficas y su aplicación en países extranjeros, donde rigen reglas y medidas distintas a las españolas, hemos creído conveniente dar a conocer éstas en su forma nativa con sus equivalencias en nuestras unidades de medida.

BARCELONA

puede mantenerse una mayor contrapresión, lo que aumenta enormemente la capacidad de la máquina.

5.º Por el uso del acumulador la capacidad del sistema puede aumentarse hasta un 20 % y con su empleo puede disminuirse, si es necesario, la superficie de los serpentines de evaporización.

Ventajas de la compresión seca sobre compresión húmeda

**Pruebas presentadas por Mr. Thomas Shipley
a la Asociación Americana de Ingenieros frigoríficos en 1906**

La diferencia en HP. por tonelada de refrigeración cuando un compresor funciona con compresión seca y cuando funciona con compresión húmeda, se indica en la tabla n.º 2, que es el resultado de seis ensayos de unas seis horas cada uno, efectuados bajo compresión seca y húmeda con un compresor de amoníaco, horizontal, de doble acción, de $12\frac{1}{2}'' \times 18''$, conectado directamente a una máquina de vapor Corliss, horizontal, de $18'' \times 18''$. Estos ensayos se hicieron para determinar cuantas revoluciones de más por minuto y cuantos HP. de más por tonelada se requerían al hacer una determinada cantidad de trabajo con compresión húmeda, de las que son necesarias para hacer ese mismo trabajo con compresión seca. Las presiones de condensación y aspiración y horas de trabajo, fueron constantes. Las revoluciones y caballos de fuerza, fueron las variables. Los ensayos de compresión seca y húmeda fueron alternados.

TABLA N.º 2

	Comp. húmeda	Comp. seca
Toneladas de refrigeración (enf. salmuera).	20,94	20,47
Total de H. P. I. del comp.	42,88	32,83
» » H. P. I. » maq.	49,51	36,16
Fricción en % de HP. de la máquina . . .	13,39	9,19
H. P. I. indicados en el comp. por ton. ref.	2,066	1,603
H. P. I. indicados en la máq. por ton. ref.	2,368	1,766

Por lo expuesto se verá que el funcionar una máquina por compresión húmeda significa un considerable aumento de HP. por tonelada, en favor de la compresión seca. También se notará que la fricción de la máquina es mucho mayor con compresión húmeda.

Las siguientes notas de los diagramas presentan la diferencia funcionando el mismo compresor, primero con «aspiración húmeda» y después con «aspiración seca»; con lo que se obtuvo la información de la tabla n.º 2.

Funcionamiento 398 lbs. — Aspiración húmeda

Compresión directa aspiración $12 \frac{1}{2}'' \times 18''$.

Promedios:

Presión aspiración — 15,5 lbs. m.

» descarga — 185 »

Revoluciones por minuto 158,51.

Temperatura gas aspiración entrada compresor = $-0,483^{\circ}$ F.

» » descarga salida compresor = $95,89^{\circ}$.

Funcionamiento 399 lbs. — Aspiración seca

Compresión directa aspiración $12 \frac{1}{2}'' \times 18''$.

Promedios:

Presión aspiración — 15,58 lbs m.

» descarga — 185,39 » »

Revoluciones por minuto 40,99.

Temperatura gas aspiración entrada compresor = $4,84^{\circ}$ F.

» » descarga salida compresor = $259,38^{\circ}$.

Escala $1'' = 100$ lbs.

Coste de fabricación de hielo

El coste de fabricar y tener lista para embarque una tonelada de hielo, varía enormemente según las circunstancias, especialmente por el precio y calidad del combustible o fuerza motriz, naturaleza del agua, regularidad con que trabaje la instalación, su capacidad, el tiempo de funcionamiento anual y