



*We Texturize  
Your Products*

**Aubygel**

**Daritech**

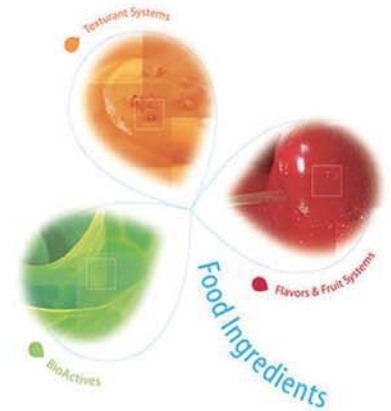
**Ital**

**Lygomme**

**Satiagel**

**Topcithin**

**Unipectine**



**degussa.**

*creating essentials*

[www.texturantsystems.com](http://www.texturantsystems.com)  
[servicioclientes@degussamex.com.mx](mailto:servicioclientes@degussamex.com.mx)

Vía Gustavo Baz Sur No. 27  
Centro Naucalpan de Juárez  
Edo. de Méx. C.P. 53000  
tel: 5358.0311 fax: 5358.0258  
5358.0294  
Lada sin costo: 01800.5032.011

Guadalajara: (33) 3671.1769  
Durango: (871) 750.2440  
El Salvador: (503) 2274.4128  
Guatemala: (502) 2421.0300

# Suspensión de Hielo:

## Prometedora Tecnología en Refrigeración

Peter W. Egolf

Las ventajas potenciales más importantes de los sistemas de las suspensiones de hielo, son válidas en comparación con los sistemas de evaporación directa y/o sistemas de refrigeración indirecta que contengan salmueras como un refrigerante secundario.

**D**urante siglos, el hielo se ha considerado como un material de almacenamiento efectivo para temperaturas alrededor de los 0°C. Utilizar hielo puede reducir el tamaño de un tanque de almacenamiento de agua por un factor de dos a diez, dependiendo del rango de temperatura utilizado para operar el sistema. La razón de la alta densidad de energía se debe al calor latente del cambio de fase. Para una sustancia pura, bajo una presión constante, a temperatura de congelamiento, se requiere de una gran cantidad de energía para obtener una estructura cristalina regular, la cual forma la fase sólida. En el proceso opuesto de la fusión, el cristal se destruye y se libera energía a la misma temperatura, ahora llamada temperatura de fusión.

Para temperaturas diferentes a 0°C, se pueden utilizar otros materiales que producen un cambio de fase (PCM). Para aplicaciones técnicas, las mezclas son las más utilizadas. Éstas muestran una temperatura de transición continua durante el cambio de fase.

Si un PCM se dispersa finamente en un fluido portador, se produce una suspensión de cambio de fase. Las partículas deben de ser estables y no generar altos efectos de estratificación en el sistema, causado por la fuerza de flotación. Las suspensiones de cambio de fase pueden ser microemulsiones, parafinas estabilizadas, clatratos, suspensiones de cambio de fase microencapsuladas, etc.<sup>1</sup>

En Abril del 2003, en Suiza, se organizó una conferencia internacional y foro de negocios en el nuevo campo de PCM y el almacenamiento de energía basado en estos materia-



Foto: ICE

les.<sup>2</sup> En este tipo de almacenamiento de energía, PCMs – los cuales tienen una alta densidad de energía térmica y temperatura estable debido al cambio de fase—también se utilizan para transportar frío o calor. La suspensión de hielo es la sustancia más vieja y comúnmente usada en el grupo de suspensiones de cambio de fase.

### Definiciones

Anteriormente, para enfriar los alimentos, los romanos utilizaban suspensiones de hielo encontradas en la naturaleza; por ejemplo mezclas de agua y nieve, hielo molido, hojuelas de hielo, etc. El siglo pasado, las suspensiones de hielo se crearon artificialmente. Inicialmente, éstas eran básicamente de agua con partículas grandes de hielo con un diámetro determinado de uno a varios centímetros y se utilizaron principalmente para enfriar minas de carbón, plata y oro. La producción de suspensiones de hielo con finos cristales permitió entonces que la técnica se aplicara en pequeños sistemas, por ejemplo para el enfriamiento de gabinetes de exhibición en supermercados (ver Figura 1 en la página 14).

Es difícil definir «suspensión de hielo». La suspensión de hielo se puede clasificar usando las siguientes definiciones<sup>3</sup>:

**Definición 1:** Una suspensión de hielo consiste en partículas sólidas de hielo en un fluido formando una suspensión de dos fases.

**Definición 2:** Una suspensión de hielo de cristales finos es una sustancia que consta de partículas de hielo de un diámetro promedio el cual es igual a o más pequeño de 1mm.

La definición 2 es un poco arbitraria, pero útil. Este documento técnico sólo se refiere a las suspensiones de hielo con cristales finos, producidos por ejemplo con raspadores de hielo mecánicos generadores de suspensiones de hielo. Con este método, las partículas de hielo obtenidas tienen un diámetro característico de aproximadamente 200 µm.

### Aplicación en sistemas de refrigeración y beneficios ambientales

La experiencia ha mostrado que los sistemas convencionales de evaporación directa son generalmente de bajo costo y técnicamente muy confiables. Sin embargo, usan el mismo fluido —el refrigerante— para 'producir' y 'transportar' el frío desde la unidad central de refrigeración hasta el usuario final (ej. gabinetes de exhibición). Como resultado, estos sistemas contienen grandes cantidades de refrigerante y, en el caso de fuga permanente o accidental del refrigerante, puede ocasionar grandes pérdidas con consecuencias drásticas para el ambiente. Además, las cargas de refrigerante de los sistemas grandes provocan más gastos porque los repuestos nuevos de CFCs y HCFCs son varias veces más costosos.

En sistemas indirectos, la producción de frío y su transportador están separados. El frío se transfiere en un intercambiador de calor desde el circuito primario al secun-

dario. Los sistemas indirectos facilitan el uso de refrigerantes como amoníaco (R-717) o propano (R-290). Existen una gran variedad de fluidos disponibles y utilizados como 'refrigerantes líquidos secundarios'. El uso de suspensiones de hielo es un desarrollo en dichos sistemas en donde el cambio de fase se aprovecha para reducir el flujo de masa requerido para una capacidad dada comparado con el obtenido utilizando un refrigerante líquido secundario.

La dificultad de buscar refrigerantes alternativos, para retirar paulatinamente el CFCs y HCFCs, ha conducido a que se prevea el desarrollo de la tecnología de suspensiones de hielo.

### Métodos de Producción

Actualmente, las técnicas más utilizadas son las mecánicas. Usualmente, el refrigerante se evapora en un evaporador cilíndrico de doble pared. En el campo interior, una mezcla de agua-aditivo produce la formación de cristales de hielo en la pared; éstos se remueven mecánicamente. Conforme los cristales caen al fluido, el número de partículas de hielo por volumen y por tanto también la concentración de hielo, aumentan. Un raspador de hielo mecánico tipo generador de suspensión de hielo con:

- ☑ Cuchillas giratorias
- ☑ Bloques cilíndricos rotatorios (ver Figura 2, página 14)



## Purificadores de agua por medio de luz ultravioleta

Calidad, Confianza, Garantía y Servicio

Equipos desde 4 hasta 1500 litros por minuto, además contamos con:



- Portacartuchos
  - Cartuchos Filtrantes
  - Lámparas Germicida
  - Filtros Multicapa
  - Filtros Carbón Activado
  - Suavizadores
  - Desmineralizadores
  - Osmosis Inversa
  - Generadores de Ozono
  - Plantas Embotelladoras y mucho más...
- Somos Fabricantes

Tel: (777) 380-0791

Fax sin costo: 01800-202-3845

e-mail: info@instapura.com.mx

Subida a Chalma 2044, Lomas Tetela 62158, Cuernavaca, Mor. México

[www.instapura.com.mx](http://www.instapura.com.mx)

Estas son algunas compañías que han confiado la calidad de su agua en nuestros equipos:

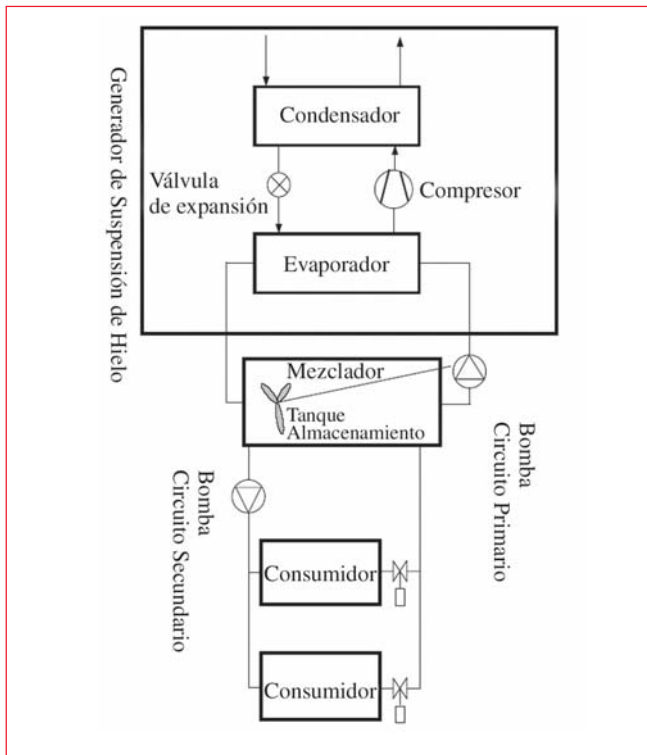


Las razones sociales que aparecen son marcas registradas o nombres comerciales de sus respectivas compañías.

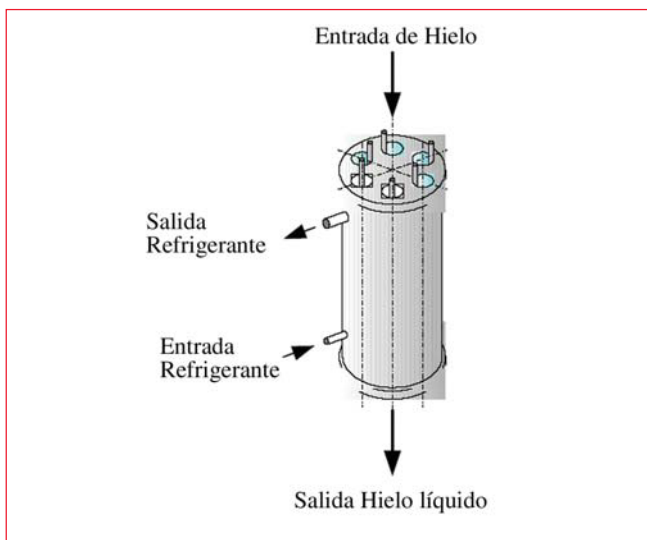
- ☑ Cepillos rotatorios
- ☑ Tornillos en cilindros

Ha aparecido en el mercado y ahora se utiliza ampliamente para experimentación y en algunas instalaciones.

**Figura 1.** Se muestra un dibujo esquemático de un sistema de suspensión de hielo, por ej. para un supermercado. La parte izquierda muestra el generador de la suspensión de hielo.



**Figura 2.** El principio de un generador de suspensión de hielo con bloques rotatorios permite una alta producción de hielo por volumen.



Otros generadores de suspensiones de hielo bajo investigación son:

- ☑ Tipo flujo-vórtice (flujo de remolino turbulento remueve las partículas de hielo de las superficies especialmente tratadas con poca adhesión)
- ☑ Tipo inyección directa o intercambiador de calor directo (el refrigerante se inyecta directamente al agua)
- ☑ Generador de lecho de hielo fluidizado (el flujo permite que las esferas de acero o vidrio choquen con los cristales de hielo y éstos se desprendan de la pared)
- ☑ Generadores de hielo utilizando agua superenfriada con diferentes tipos de iniciadores de nucleación:
  - por una disminución de momentum (flujo perpendicular hacia una pared fría)
  - por un campo ultrasónico
  - por una nucleación de burbuja
- ☑ Generadores de hielo al vacío (la presión se baja hasta el punto triple del agua)
- ☑ Generador de hidro-raspado

### Ventajas de la tecnología de las suspensiones de hielo

Las ventajas potenciales más importantes de los sistemas de las suspensiones de hielo, son válidas en comparación con los sistemas de evaporación directa y/o sistemas de refrigeración indirecta que contengan salmueras como un refrigerante secundario:

- ☑ Una alta capacidad de enfriamiento dada por el calor latente
- ☑ Diámetros menores de los tubos en el sistema de tubería (A)
- ☑ Menor demanda de energía de las bombas (B)
- ☑ Observación práctica demuestra que la 'calidad' del frío producido por los sistemas de hielo es mejorada: mejor estabilidad de temperatura, un manejo más sencillo de la humedad, congelamiento/descongelamiento
- ☑ Combinado con el almacenamiento de energía, la alta capacidad térmica del sistema puede soportar pequeños cortes de electricidad.
- ☑ Se puede tomar ventaja del menor costo de electricidad y de la baja presión de condensación nocturna.
- ☑ Aumentar la seguridad al almacenar frío en tanques de almacenamiento
- ☑ Más pequeños rellenos de masa de circuitos primarios
- ☑ Si la demanda de frío de un sistema existente se debe aumentar, no es necesario incrementar el suministro de electricidad porque la producción de frío se puede extender durante 24 horas.

- ❑ El suministro pico de frío es muchas veces mayor en un sistema de suspensión de hielo que en un sistema convencional de almacenamiento (ej. un sistema hielo-en-serpentín).

El diseño de ingeniería del sistema puede seleccionar entre (A) y (B) o tomar ventaja parcial de ambos. Los altos índices de transferencia de calor son posibles porque las partículas de hielo son muy finamente dispersas en el fluido. La Figura 3 muestra numerosas partículas de hielo en una suspensión de hielo, y la Figura 4 la superficie relacionada con la cantidad total de partículas de hielo en un kilogramo de suspensión de hielo.

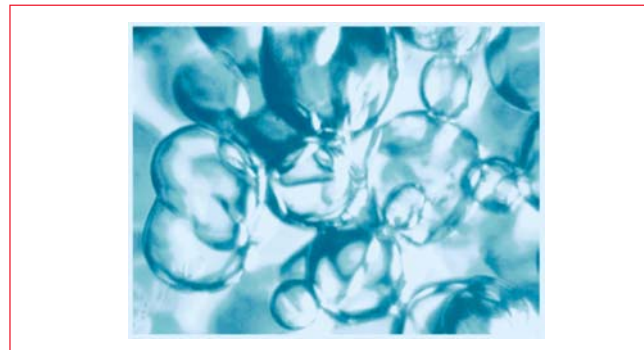
### Inconvenientes y límites

Los sistemas de suspensión de hielo también muestran desventajas significativas, las cuales son:

- ❑ intercambio de calor adicional entre el sistema de refrigerante primario y el sistema de transportación secundario para frío
- ❑ bomba adicional
- ❑ demanda de energía adicional para la bomba para cargar al tanque de almacenamiento y para la operación del elemento mezclante.

- ❑ sistemas adicionales para controlar y monitorear la calidad de la mezcla de hielo
- ❑ no apto para utilizarse en sistemas de aire acondicionado y enfriadores (chillers), excepto en donde los ahorros ofrecidos por esta tecnología compensen el castigo debido a enfriar por debajo de 0°C para cumplir con una tarea de enfriamiento a solo 12-14°C
- ❑ los sistemas agua-hielo son más ventajosos a temperaturas cercanas al punto de congelamiento del agua.

**Figura 3.** Foto de microscopio de una suspensión de hielo. Después de su formación, las partículas de hielo crecen ligeramente en función al tiempo, produciendo un comportamiento de las propiedades físicas relacionado con el tiempo.



## Soluciones a la Medida para el Proceso de Alimentos

En Maquinaria Jersa desarrollamos soluciones de maquinaria para la industria alimenticia, desde equipos hechos a la medida, hasta líneas completas de proceso para conservas, empaque fresco, congelado, hidrotatamiento y deshidratación. Contamos con la más alta tecnología para diseñar y fabricar maquinaria de acuerdo a sus necesidades de automatización, capacidad de producción, tipo de proceso, envase, espacio disponible y presupuesto, así como de sus requerimientos de higiene y seguridad.

Entre nuestros principales equipos se encuentran: **lavadoras, clasificadoras, marmitas, escaldadoras, mezcladoras, rajadoras, despulpadores, deshidratadores, orientadoras, agregadoras, llenadoras, autoclaves, cocedores, pasteurizadores, esterilizadores, transportadores, elevadores, etc.**

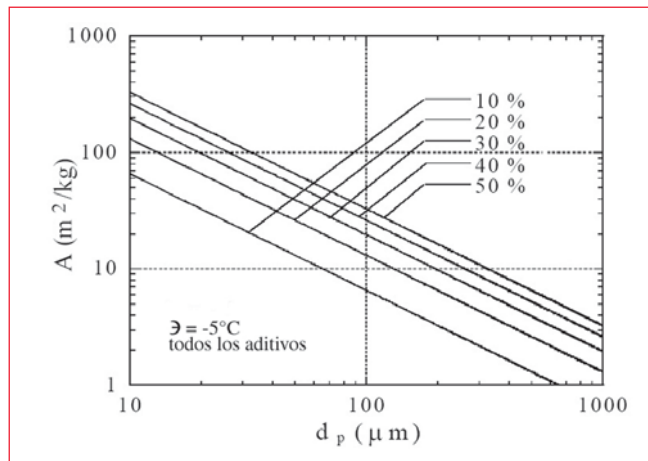
Ofrecemos servicios de instalación, capacitación y mantenimiento en sitio y en su propio idioma. Más de 30 años de experiencia y 15,000 equipos fabricados y entregados nos respaldan.



Emiliano Zapata 51, Col. San José Buenavista  
Cuautlán Izcalli, Edo. de México, C.P. 54710  
Tel.: (52) 55-5889-0006, Fax: (52) 55-5889-0234  
ventas@jersa.com.mx, www.jersa.com.mx

Dichas desventajas han generado que recientemente se desarrollen otros PCMs, por ejemplo el uso de sustancias como la parafina. Con estas sustancias el punto de fusión se puede ajustar continuamente a los requerimientos establecidos por cada aplicación en particular.

**Figura 4.** Se muestra la superficie total de las áreas A de todas las partículas en un kg de suspensión de hielo, para diferentes fracciones de masa de hielo. Estos resultados son válidos para partículas esféricas con un diámetro  $d_p$



### Aplicaciones actuales

Los sistemas de mezclas de hielo se pueden aplicar en los siguientes campos:

- refrigeradores en supermercados
- enfriadores en instalaciones de producción de lácteos y queso
- enfriadores en fábricas de cerveza
- enfriadores de comida rápida
- enfriadores en aviones y en aeropuertos (transporte de frío en largas distancias a los puertos)
- enfriadores en parques farma (análogos a los tecno-parques, pero para investigación farmacéutica)
- inmersión directa de alimentos (ej. camarones).
- Almacenamiento en frío en la industria de alimentos, en aire acondicionado, etc.

### Posibles aplicaciones futuras

Se esperan aplicaciones futuras en los siguientes campos:

- Producción de plásticos: la estabilización de la temperatura genera perfiles de temperatura más homogéneos en los extrudores de plástico. Esto aumentará la calidad del producto.
- Enfriamiento de procesos químicos.

- Paro inmediato del proceso químico por inyección de una suspensión de hielo dentro del reactor para absorber el mayor calor posible, por razones de seguridad.
- Mezclar concreto con suspensiones de hielo en cierta cantidad de manera que después de la fusión de las partículas de hielo sea exactamente la masa adecuada del agua que se añade al concreto. El calor latente se utilizará para absorber el calor de reacción. Particularmente en la construcción de carreteras y túneles de trenes, el sistema técnico de enfriamiento podría ser reducido en tamaño o hasta economizado.

### Conclusiones

Las suspensiones de hielo es indudablemente una tecnología prometedora que se debería fomentar por sus numerosas ventajas, en particular el ahorro de energía y los beneficios ambientales.

Se necesitan realizar más desarrollos e investigaciones, particularmente en cómo generar suspensiones de hielo de una manera eficiente, confiable y económica; y sobre las técnicas de medición y propiedades del fluido con el fin de abrir el uso de esta tecnología a un amplio rango de aplicaciones<sup>5</sup>.

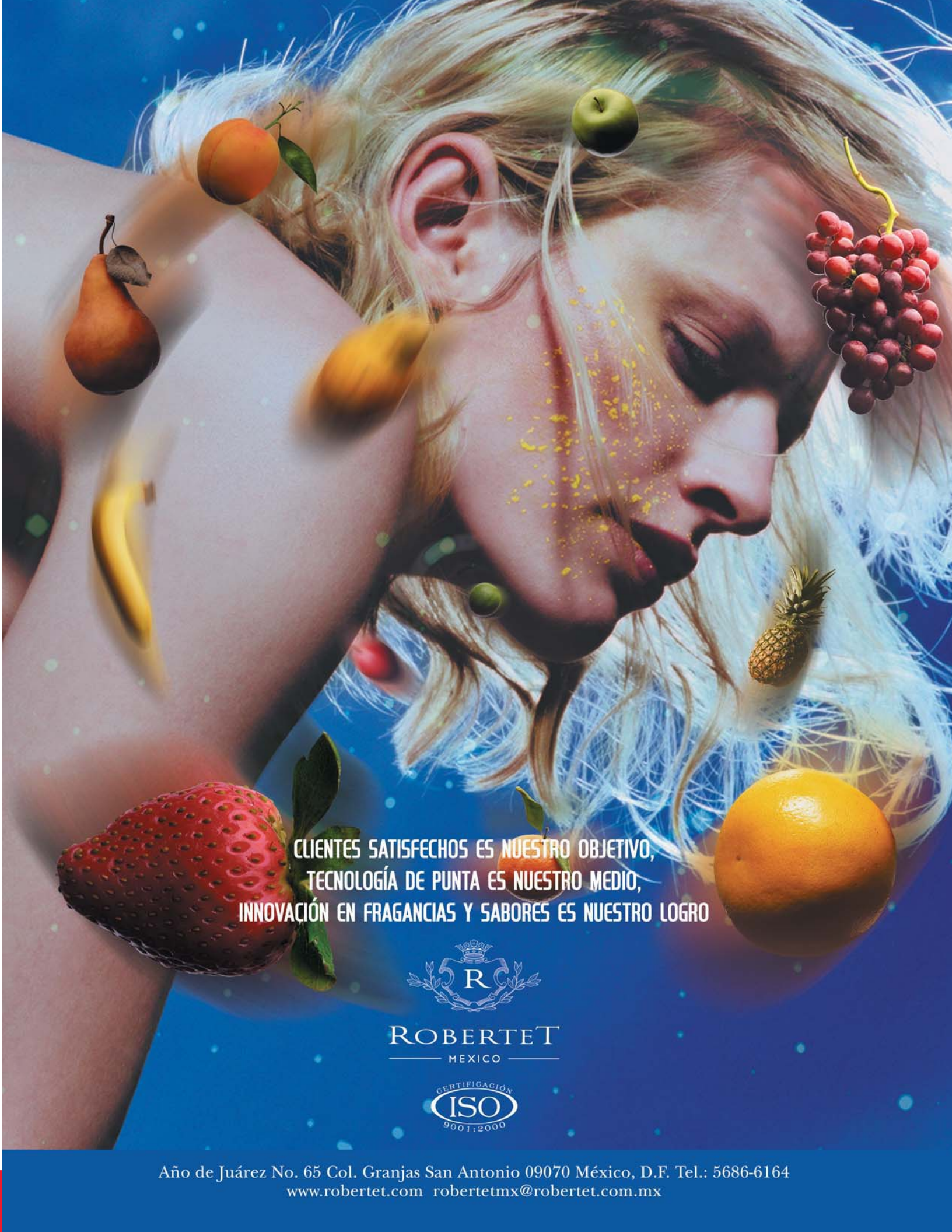
### Referencias

1. Inaba H. et al. New Challenge in Advanced Thermal Energy Transportation Using Functionally, Thermal Fluids, Int. J. Therm. Sci., 39, 991 – 1003, 2000.
2. Proceedings of the Phase Change Material and Slurry Scientific Conference and Business Forum, Editors Egolf P.W., Sari O. Yverdon-les-Bains, Switzerland, April 23-26, 2003.
3. Egolf P.W., Sari O. A Review from Physical Properties of Ice Slurries to Industrial Ice Slurry Applications. Proceedings of the Phase Change Material and Slurry Scientific Conference and Business Forum, 15-25, Yverdon-les-Bains, Switzerland, April 23-26, 2003.
4. Brühlmeier J, Egolf PW. Flüssigeis – ein neuer Kälteträger. Booklet printed in the framework of a special prize donated by the Swiss Bank Association (UBS), 1996.
5. Granryd E, Perspectives on ice slurries, Proceedings of the Fifth IIR Workshop on Ice Slurries, Stockholm, Sweden, 2002.

### Fuente:

International Institute of Refrigeration  
Francia. Julio 2004.

Traducción: I.A. Violeta Morales V.



CLIENTES SATISFECHOS ES NUESTRO OBJETIVO,  
TECNOLOGÍA DE PUNTA ES NUESTRO MEDIO,  
INNOVACIÓN EN FRAGANCIAS Y SABORES ES NUESTRO LOGRO



ROBERTET  
MEXICO

