

# Acondicionamiento Dinámico de un Refrigerador para Vacunas en los Tiempos del COVID-19

G. A. Martinez Chavez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>IMSS Delegación CDMX Sur, México.  
\*gustavo.martinezc@imss.gob.mx.

**Abstract—** El objetivo de este trabajo es compartir la experiencia en la repotenciación de refrigeradores de vacunas, los cuales están diseñados para tener un correcto almacenamiento y conservación de los productos farmacéuticos como vacunas de virus vivos, medicamentos y reactivos, que son adecuados para este tema en particular.

De acuerdo a las recomendaciones del Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los EE. UU., las características del almacenamiento de vacunas ante el CORONAVIRUS (Covid-19) después de descongelar, la vacuna puede mantenerse a temperaturas de refrigeración entre 2°C y 8°C.

Con el objetivo de repotenciar el empleo de un refrigerador para vacunas con de 17.6 pies cúbicos (ft<sup>3</sup>) con mecanismo de congelador, se decidió la adaptación en su recámara de un sistema de enfriamiento por convección, mediante el empleo de un difusor en la parte superior de la cámara de refrigeración para de esta manera generar una temperatura de refrigeración homogénea y constante.

Dicha cámara fue reemplazada por un difusor evaporador de marca: OYON Modelo: OEJ-1D la cual está diseñada para capturar el aire que se encuentra en el ambiente, procesarlo y entregarlo sobre el mismo espacio interior de la cámara como aire frío.

Considerando para ello las medidas y recomendaciones de los Organismos Internacionales en el marco de la emergencia sanitaria del Covid-19 de acuerdo a la norma ISO 5149 en que se especifican los requisitos referentes a aspectos ambientales y de seguridad relacionados a la operación, mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración.

**Palabras clave—** Vacunas, Covid-19, Refrigerador, Evaporador, Difusor.

## I. INTRODUCCIÓN

México como otros países en el mundo desde el pasado mes de Diciembre 2020 comenzó la aplicación de la vacuna contra Covid-19, todas las vacunas son productos sensibles al tiempo y la temperatura: todas son sensibles al calor, algunas a la congelación y otras a la luz, y deben almacenarse y transportarse a temperatura controlada [1].

La creciente cartera de vacunas requiere una operación más eficaz y eficiente de cadenas de suministro complejas. Las evaluaciones realizadas en varios países sobre la gestión eficaz de vacunas (EVM) la importancia que se debe tener en el mantenimiento de los equipos en el rango de temperatura recomendado por la OMS [2]. Son prácticas de la cadena de frío que tienden a priorizar la protección de la vacuna contra el daño por calor, lo que a menudo crea el riesgo de exposición a temperaturas bajo cero. Por lo que es importante tomar las medidas de seguimiento adecuadas para el almacenamiento de vacunas y refrigeradores. [3], [4], [5], [6], [7].

Los refrigeradores y congeladores son equipos que se utilizan para almacenar vacunas, estos pueden ser dispositivos independientes o combinados es decir que cuando se maneja una temperatura de almacenamiento entre 2 °C y 10 °C se le denomina refrigerador y si maneja temperatura de congelación menor a los 0 °C se le denomina congelador sin embargo existen dispositivos híbridos denominados refrigeradores con congelador los cuales constan de dos secciones uno para el área de congelación, formado por el evaporador o congelador destinado a los paquetes refrigerantes (utilizados para conservar vacunas en los termos que no están refrigerados) y el otro espacio para refrigeración, este se divide en compartimientos o estantes y sirve para almacenar los productos biológicos en sus respectivas charolas perforadas.

En este sentido el empleo de refrigeradores para vacunas de 17.6 (ft<sup>3</sup>), resultan fundamentales ya que son fabricados con acero inoxidable tipo AISI 304 en su interior y en su exterior, rango de operación del refrigerador de 2°C a 8°C, con punto de equilibrio en 4°C ( Set Point ), con control de temperatura digital, congelador instalado en la parte superior del equipo con charola de escurrimiento removible puerta sólida de acero inoxidable en su interior cuentan, con alarma por apertura y panel de control en la parte superior y al frente del equipo, cerraduras tipo Clamp de doble hermeticidad, así como de un sensor instalado en el centro de la pared posterior del equipo, lo que facilita la medición exacta y homogénea de la temperatura.

El enfriamiento se realiza por convección mediante el congelador colocado en la parte superior que consta con un difusor en la parte trasera para tener temperatura homogénea y constante. El Congelador cuenta con puerta lisa aislada con poliuretano y con sistema de auto cierre, fabricada también en acero inoxidable.

Los difusores, también conocidos como evaporadores, son dispositivos diseñados y desarrollados con el objetivo de captar el aire que se encuentra en un espacio, procesarlo y entregarlo al mismo espacio como aire frío, razón por la cual este tipo de sistemas son muy útiles en algunos sectores de la industria en el que se requiera mantener un ambiente frío constante.

Los beneficios que ofrece el uso de difusores en cualquier tipo de lugar o instalación son variados, empezando por la ventaja más obvia que es la de contar con un ambiente fresco, frío o congelado, dependiendo de las necesidades del lugar y los usuarios. Lo que hace que su función se facilite sobre todo cuando se requiere de ambientes muy fríos, pues el equipo en sí se mantiene frío los procesos para la transformación del refrigerante y el enfriamiento del aire suelen ser más rápidos.



Fig.1. Los refrigeradores y congeladores son equipos que se utilizan para almacenar vacunas, estos pueden ser dispositivos independientes o combinados que permiten manejar una temperatura de almacenamiento entre 2 °C y 10 °C.

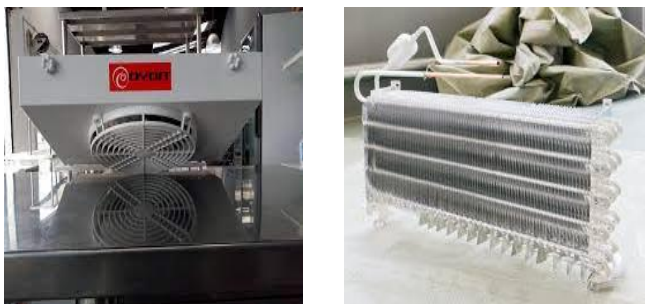


Fig.2 Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Los evaporadores se encuentran en todos los sistemas de refrigeración como congeladores, equipos de aire acondicionado y cámaras frigoríficas. Su diseño, tamaño y capacidad depende de la aplicación y carga térmica de cada uso.

## II. METODOLOGÍA

En las primeras etapas de la campaña de vacunación Covid-19, cuando el suministro de vacunas está limitado, puede ser suficiente con los puntos de vacunación de los centros sanitarios públicos habituales. Sin embargo, una vez que el suministro de vacunas aumenta, es esencial ampliar tanto la capacidad de los puntos de vacunación existentes, como, aprovechar nuevos entornos potenciales de vacunación Covid-19.

En este contexto se presentó la oportunidad para la repotenciación en el sistema de refrigeración de un refrigerador para vacunas de la Marca: Ojeda Modelo: RVBM-500 de 17.6 (ft³). Las causas más frecuentes de su fallo era la variación de temperatura por contar con un termómetro no calibrado, unidad refrigerante con fallas, y la falta de mantenimiento del equipo circunstancias asociadas al propio uso del refrigerador.

A partir de este contexto se estableció como **objetivo general** la “repotenciación de las funciones de la cámara de enfriamiento de dicho refrigerador mediante la implementación de un sistema de evaporador dinámico” mismo que proveyera las condiciones de estabilidad de temperatura en dicho refrigerador para vacunas.

De la investigación de mercado y su disponibilidad inmediata se seleccionó la tecnología de los evaporadores modulares de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D, que es un evaporador para sistema de refrigeración, conservación y congelamiento, disponible en una unidad de motor-ventilador, aplicable en enfriadores de bebidas y hielo, con tubería 100% cobre, y sistema de descongelamiento por resistencia las cuales son diseñadas para trabajar con un condensador cuyas conexiones se realizan con soldadura de plata tanto a la entrada como salida.

Una vez concluidos los trabajos de reacondicionamiento de dicho refrigerador se procedió a realizar el ejercicio de medir la temperatura en el interior de su cámara mediante un sistema de adquisición de temperatura a base de un Microcontrolador PIC 16F876 y sensor de temperatura LM35 previamente diseñado, calibrado y empleado como sistema de adquisición de los registros de temperatura las capturas realizadas a través de los programas Hiperterminal y desplegado en la hoja de Excel 2013 de los programas de Windows 7 versión profesional.

## III. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la medición de la temperatura en interior de los dos refrigeradores para vacunas de 17.6 (ft³) de la Marca: Ojeda Modelo:RVBM-500 tanto en el acondicionado con el sistema de difusión de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D, como del refrigerador que hace uso de su cámara de

refrigeración como mecanismo de enfriamiento por convección al tener ubicado el congelador en su parte superior, cuenta con un difusor en la parte trasera del mismo, lo que permite mantener la temperatura homogénea y constante en su interior.



Fig.3. Fotografías de los dos refrigeradores para vacunas de 17.6 pies<sup>3</sup> de la Marca: Ojeda Modelo:RVBM-500, utilizados en el proceso de pruebas, en la fotografía de la izquierda se presenta el refrigerador que hace uso de su cámara de refrigeración como mecanismo de enfriamiento por convección al tener ubicado el congelador en su parte superior, y que cuenta con un difusor en la parte trasera del mismo, lo que permite mantener la temperatura homogénea y constante en su interior; y en la fotografía de la derecha el refrigerador acondicionado con el sistema de difusión de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D.

Como se puede observar en la Fig.4. Se presenta la temperatura registrada en el interior de la recámara de refrigeración con mecanismo de enfriamiento por convección con congelador ubicado en su parte superior, obteniendo el siguiente comportamiento.

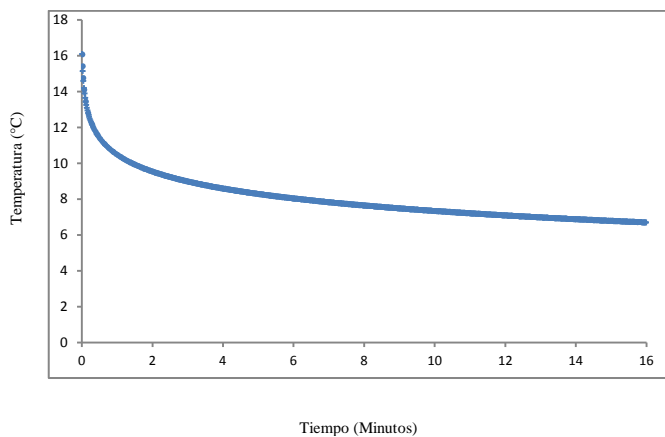


Fig.4. Registro de la temperatura en el interior de la recámara de refrigeración con mecanismo de enfriamiento por congelador en que se observa que dicho refrigerador para vacunas requiere algo más de 6 minutos lograr mantener la temperatura de servicio no mayor a 8°C y no menor de 2°C.

En la Fig.5. Se muestra la obtención del registro en el interior de la recámara de refrigeración con mecanismo de enfriamiento con el evaporador intercambiador de calor de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D adquiriendo la medida de temperatura que a continuación se muestra.

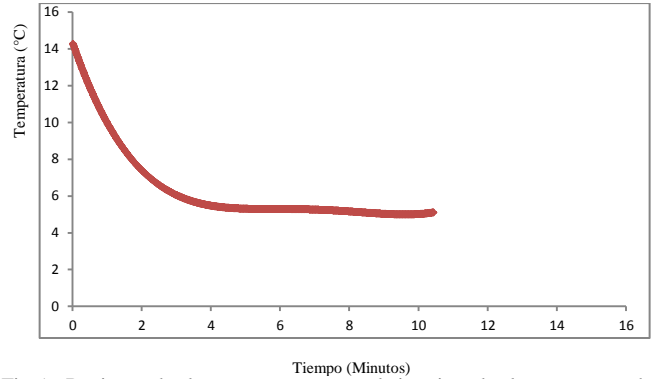


Fig.5. Registro de la temperatura en el interior de la recámara de refrigeración con enfriamiento con el evaporador intercambiador de calor de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D en que se contempla que dicho refrigerador para vacunas requiere aproximadamente de 2 minutos para lograr mantener la temperatura de servicio no mayor a 8°C y no menor a 2°C.

En la Fig.6 se indica la superposición de las dos medias de temperatura conseguidas y sobre de ellas se limita el rango de temperatura el cual no debe ser mayor a 8°C y no menor a 2°C.

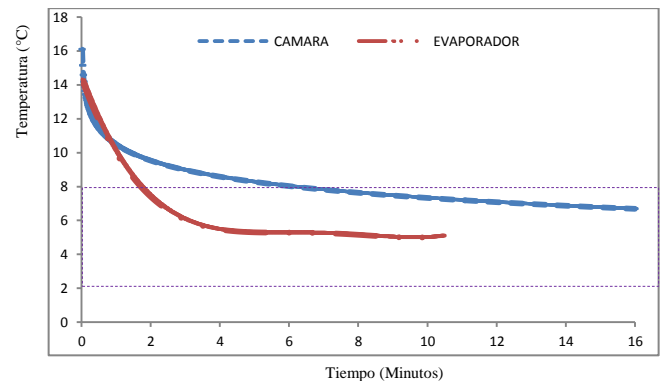


Fig.6. se indica la superposición de las dos medias de temperatura obtenidas en cada uno de los refrigeradores, al igual que si se limita el rango para mantener la temperatura de las vacunas, la cual no debe ser mayor a 8°C y no menor a 2°C, logrando la estimación en el tiempo aproximado que le toma a cada uno de los mecanismos de enfriamiento el conseguir ingresar al rango de temperatura de operación en iguales condiciones.

Se observa que el refrigerador con mecanismo de enfriamiento por convección con congelador, demora algo más de 6 minutos en alcanzar su temperatura de operación respecto al segundo refrigerador en que se le desmonto la misma cámara de enfriamiento y se le adapto el evaporador intercambiador de calor de la Marca: OYON Modelo: OEJ-1D, que tarda aproximadamente 2 minutos en alcanzar su temperatura de funcionamiento, ya que dichos sistemas se encuentran diseñados para cámaras frigoríficas.

#### IV. DISCUSIÓN

Dada la importancia que tienen las Redes de Frío en los Sistemas de Salud para la conservación y almacenamiento de medicamentos y biológicos en óptimo estado; fue posible el consolidar la repotenciación de un refrigerador de vacuna que inicialmente contaba con un sistema de enfriamiento por convección con congelador colocado en la parte superior con difusor en la parte trasera para tener temperatura homogénea y constante.

Por la opción de repotenciación de un refrigerador para vacunas mediante el uso de un evaporador dinámico con el objeto de atender oportunamente la incidencia en las red de frío de los centros de vacunación; permitiendo de esta manera mantener la cadena de suministro de las vacunas en condiciones óptimas bajo un ambiente de temperatura controlado y acorde con la normas aplicables.

Todo lo anterior en virtud de que dicho refrigerador presentaba fallos en su sistema de enfriamiento al haber completado su ciclo de vida útil y que con la repotenciación del intercambiador de calor se ha cumplido con el objetivo propuesto de implementar un refrigerador de vacunas que contribuye a la toma de decisiones importantes relacionadas con la selección de los equipos de refrigeración.

#### V. CONCLUSIONES

En este trabajo se describió el desarrollo para convertir un refrigerador convencional de vacunas con cámara frigorífica a uno con cámara de enfriamiento mediante la adaptación del evaporador intercambiador de calor. Se efectuó el desarrollo en la toma de temperatura de ambos refrigeradores teniendo como resultado una versión funcional.

Se optó por un refrigerador convencional de vacunas y se introdujeron algunos cambios para reducir la carga frigorífica y, en consecuencia, la potencia necesaria. Se realizaron pruebas para estudiar el comportamiento de los componentes frigoríficos entre ambos refrigeradores y en especial de la cámara de enfriamiento a la que se le adoptó el evaporador intercambiador de calor.

Por esta razón se considera que las contribuciones de la ingeniería biomédica a la mejora de los equipos de refrigeración mediante la repotenciación de equipos antiguos, facilitan la mejora en la eficiencia y ahorro de energía de un refrigerador tradicional mediante la implantación de un sistema centralizado empleando para ello un evaporador intercambiador de calor, en vez de paquetes plásticos conteniendo agua congelada que se colocan en la cámara frigorífica y que deben ser preparados con antelación.

Lo que permite obtener un modelo que facilita la toma y visualización de las variables inherentes al proceso de acondicionamiento del refrigerador de vacunas con el objetivo secundario de beneficiar el aprendizaje teórico práctico de los estudiantes.

Para esto se deberán realizar mediciones de los parámetros más importantes, de modo que éstos sean acorde a normas y especificaciones técnicas establecidas por fabricante, o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y/o calibración, auxiliando de esta forma a la mejora de toma decisiones de los cuerpos directivos al momento de adquirir nuevos equipos.

#### REFERENCIAS

1. ABRAVA. *Revista ABRAVA+Climatização & Refrigeração*. Editora Novatécnica; ABRAVA: São Paulo, Brazil, 2021; ISSN 2358-8926.
2. Ledford, H. Moderna COVID vaccine becomes second to get US authorization. *Nature* **2020**.
3. Kaoru, T.; Fernandes, D. *Anvisa Approves Emergency Use of Oxford and Coronavac Vaccine*; CNN: São Paulo, Brazil. Available online:
4. <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/2021/01/17/votos-anvisa-vacina-coronavac-oxford> (Consultado 20 de Agosto 2022).
5. Gamba, L. Argentina 1st Latin American Nation to OK Sputnik Vaccine. Plane Expected to Bring 300,000 Doses of Vaccine to Country Thursday. Anadolu Agency. Available online:
6. <https://www.aa.com.tr/en/americas/argentina-1st-latin-american-nation-to-ok-sputnik-vaccine/2086848> (Consultado 19 de Agosto 2022).
7. Gewin, V. Safely Conducting Essential Research in the Face of COVID-19. *Nature* **2020**, 580, 549–550.
8. Pfizer. Covid-19 Vaccine U.S. Distribution Fact Sheet. Available online:
9. <https://www.pfizer.com/news/hot-topics/covid-19-vaccine-u-s-distribution-fact-sheet> (Consultado 20 de Agosto 2022).
10. CDC. Moderna COVID-19 Vaccine. Storage and Handling Summary. Available online: <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/moderna/downloads/storage-summary.pdf> (Consultado 19 de Agosto 2022).