Universidad Autónoma Metropolitana

Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

DIVISION DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

UAM - Azcapotzalco

Ingeniería mecánica

# Determinación de la viabilidad del uso de una unidad de aire acondicionado como bomba de calor para el secado de hierbas aromáticas.

Modalidad: Proyecto de Investigación

Versión: Segunda

Trimestre lectivo: 21-P

## Datos del alumno:


Nombre: Soto Ortega Moises
Matricula: 2143070457
Correo electrónico: zirck001@hotmail.com


_____

**Firma**

## Datos del Asesor:


Nombre: Dr. López Callejas Raymundo
Titular C
Departamento de Energía
Área de Termofluidos
Tel: 55 5318 9060
Correo electrónico: rlc@azc.uam.mx


_____

**Firma**

**8 de noviembre del 2021**

# Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

| | |
|---|---|
| Alumno: Soto Ortega Moises | Asesor: Dr. López Callejas Raymundo |

# 1 Introducción

Los sistemas de aire acondicionado desechan una cantidad importante de energía hacia el medio ambiente por medio del condensador a través de convección, por lo que aprovechar esta energía en un proceso de secado puede ser rentable y sustentable. Además, ayuda a reducir las emisiones contaminantes que afectan la capa de ozono.

Los hogares en países desarrollados en los últimos años utilizan bombas de calor para sus sistemas de enfriamiento o calefacción, esto hace que el uso de un secador doméstico sea una opción viable para aprovechar la energía desechada, siempre y cuando se tenga una unidad ventana de aire acondicionado. Los equipos de secado son robustos, consumen en su mayoría energía eléctrica, lo cual no es amigable con el medio ambiente y aparte tienen una baja eficiencia energética que ronda entre el 25% y 50%.

En este proyecto se propone calcular el calor desechado por el condensador de una unidad ventana de aire acondicionado comercial con una capacidad máxima de 2 toneladas de refrigeración y evaluar su posible utilización en un secado de hierbas aromáticas, para posteriormente realizar la simulación del sistema con el software MATLAB.

# 2 Antecedentes

Un tercio de la energía producida a nivel mundial es consumida por los hogares en donde el 88% de ésta es utilizada para calefacción [1]. En Europa el 40% de la energía producida es utilizada en equipos de refrigeración y calefacción.

Los equipos de aire acondicionado unidad ventana usados actualmente, tienen una capacidad hasta de 2 toneladas de refrigeración y cuentan con tecnología de alto rendimiento energético, además algunos equipos ofrecen diseños silenciosos como lo son los de marca Mirage® BLU PLUS modelo MACC2421N (Figura 1) [2], que utilizan refrigerante R410a.

Figura 1. Mirage® BLU PLUS MACC2421N.

El refrigerante utilizado en los sistemas de enfriamiento se debe considerar a gran escala, ya que en el año de 1974 se dejó en claro los efectos negativos del uso de refrigerantes sintéticos, tales como los Clorofluorocarbonos (CFC) [3].

La tendencia en los equipos de refrigeración es el uso de hidrocarburos, en donde se destaca el propano (R290) [4], el cual es un gas natural conocido que en los últimos años su uso está en incremento en aparatos domésticos, debido a sus ventajas que aportan, entre ellas que no perjudican la capa de ozono ni contribuyen al calentamiento global. El refrigerante R32 es un refrigerante económico altamente usado en bombas de calor domésticas y nuevos equipos de aire acondicionado, dicho refrigerante brinda un índice de Potencial de Calentamiento Atmosférico muy bajo (PCA) [5].

El artículo publicado en 2019 por *M. Kuan, Ye. Shakir, M. Mohanraj, Ye. Balyayev, S. Jayaraj y A. Kaltayev* en la revista *Renewable Energy* sobre la simulación numérica de un secador solar accionado por una bomba de calor [6], deja en claro que el modelo matemático utilizado puede ser empleado para el secado de otro tipo de productos, como lo son las hierbas aromáticas.

De la propuesta realizada por el alumno Edain González en el año 2020, se tomó cierta normatividad, la cual menciona las condiciones adecuadas para el secado de alimentos [7].

# 3 Justificación

Los procesos de refrigeración desechan una considerable cantidad de energía a través del condensador hacia el exterior por medio de convección forzada, la cual podría ser utilizada en un secador doméstico, siempre y cuando se cuente con una unidad ventana de aire acondicionado.

El refrigerante de estudio será primordialmente el R32, debido a las ventajas que presenta en comparación al R410 (mejor el rendimiento energético y menor índice de PCA).

El proceso de secado de hierbas aromáticas debe ser empleado en determinadas condiciones para no afectar las propiedades de la materia prima y facilitar su empaquetamiento, además se tendría un ahorro energético y económico. Hacer una simulación gráfica del proceso termodinámico por medio de MATLAB facilita su comprensión, por lo que es importante realizarlo.

# 4 Objetivos

## 4.1 Objetivo general:

Evaluar el potencial del posible empleo de una unidad de ventana de aire acondicionado como bomba de calor para su aplicación en un secador doméstico de hierbas aromáticas.

## 4.2 Objetivos particulares:

Analizar las unidades de ventilación comerciales con capacidad máxima de hasta 2 toneladas de refrigeración y determinar su posible uso como bomba de calor doméstica.

Obtener la eficiencia energética y exergética del ciclo para determinar el COP con la finalidad de analizar el flujo de calor que se podría utilizar.

Obtener el flujo de calor desechado por el condensador.

Analizar la posible aplicación doméstica del flujo de calor desechado en el secado de hierbas aromáticas, en un secador doméstico de alimentos, el cual es propiedad del asesor y que tiene una capacidad máxima de 0.300 kg de producto.

Simular el proceso del comportamiento termodinámico del sistema utilizando el software MATLAB.

# 5 Metodología

1. Investigar sobre las unidades comerciales.
2. Evaluar el desempeño del refrigerante utilizado.
3. Calcular el flujo de calor desechado por el condensador, para determinar su posible aplicación en el secador.
4. Simular el proceso termodinámico en MATLAB.
5. Analizar los resultados obtenidos.

# 6 Normatividad

ISO 5149-1: 2014, especifica los criterios de clasificación y selección aplicables a los sistemas de refrigeración y bombas de calor [8].

La NORMA Oficial Mexicana NOM-023-ENER-2018, establece el nivel mínimo requerido Relación de Eficiencia Energética Estacional (REE), así como los métodos de prueba que deben utilizarse para verificar dicho procedimiento [9].

El manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares nos proporciona valores preestablecidos del contenido de agua para cada hierba, así como las condiciones requeridas para proceso de secado [10].

La guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes nos informa sobre las condiciones de temperatura máximas requeridas para mantener las propiedades de las hierbas aromáticas [11].

La NORMA Oficial Mexicana NMX-F-NORMEX-2016, menciona la forma adecuada de la instalación física, el control de plagas y la forma correcta de manipulación de alimentos por parte del personal, con el fin de evitar las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) [12].

La NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSAI-2009 establece la forma adecuada para el almacenamiento de alimentos y productos, con el fin de evitar su contaminación [13].

# 7 Cronograma de actividades

UEA para la que solicita acreditación:

- Proyecto de Ingeniería Mecánica I

| | **Actividades del Trimestre 21-O** | **Semana** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Investigar sobre las unidades ventana de aire acondicionado | x | x | x | | | | | | | | | |
| **2** | Investigar sobre los refrigerantes ecológicos utilizados | | | x | x | x | | | | | | | |
| **3** | Evaluar el desempeño termodinámico de los refrigerantes | | | | | x | x | x | x | | | | |
| **4** | Calcular el flujo de calor desechado por el condensador | | | | | | | | x | x | x | x | x |

| | **Actividades del Trimestre 21-I** | **Semana** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| **1** | Determinar la aplicación en el secado de hierbas aromáticas | x | x | x | x | | | | | | | | |
| **2** | Simular los procesos | | | | x | x | x | x | x | | | | |
| **3** | Redactar reporte final | | | | | | x | x | x | x | x | x | x |
| **4** | Entrega del reporte final | | | | | | | | | | | | x |

# 8 Entregables

Reporte final del proyecto.

# 9 Referencias bibliográficas


[1] Joana Scudamore-Trezek, Ed., 2015, *Heat Pump Planning Handbook*, 2ª ed., Routledgge, Berlín, Cap 1.

[2] Mirage México, 2021, “Bluplus”.

https://mirage.mx/productos/todo/aire-acondicionado/de-ventana/bluplus/

[3] Walter Grassi, 2018, Heat Pumps: Fundamentals and Applications, Springer, Italia, Cap 5.

[4] Embraco, 2017, “TENDENCIAS: R290 y R600a”.

https://refrigerationclub.com/es-es/r290-y-r600a/

[5] Idoia Arnabat CALORYFRIO, 27 de marzo del 2019, “Gas R32 – Infografía para entender mejor este refrigerante”.

https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/gas-r32-infografia-entender-mejor-este-refrigerante.html

[6] M. Kuan, Ye. Shakir, M. Mohanraj, Ye. Balyayev, S. Jayaraj y A. Kaltayev, 2019, “Numerical simulation of a heat pump assisted solar dryer for continental climates”, Renewable Energy, 143, pp. 214-225.

[7] Edain González, 2020, “Simulación numérica del comportamiento termodinámico de una bomba de calor usada en el secado de hierbas aromáticas”, UAM Azcapotzalco, Ciudad de México.

[8] ISO 5149-1:2014, “Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales”, 2014.

[9] NOM-023-ENER-2018, “Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado”, 2018.

[10] Luján Banchero, Sergio Carballo y Juan Telesca, 2008, “Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares”.

http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429090512093946.pdf

[11] Almada Martín, Cáceres María Stella, Machain-Singer Marta, Pulfer, Jean Claude, 2005, “Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes”.

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000156206

[12] NMX-F-NORMEX-2016, “Manejo higiénico en el servicio de alimentos preparados para la obtención del distintivo H”.

[13] NOM-251-SSIA-2009, “Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios”, Estados Unidos Mexicanos – Secretaría de Salud, pp. 14.

# 10 Terminología

No aplica.

# 11 Infraestructura

No aplica.

# 12 Asesoría complementaria

No aplica.

# 13 Publicación o difusión de resultados

No es necesaria.

Determinación de la viabilidad del uso de una unidad de aire acondicionado como bomba de calor para el secado de hierbas aromáticas.

| COMENTARIO DEL CEM | | ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI | |
|---|---|---|---|
| Pág. | | Pág. | |
| 3 | Faltan antecedentes relacionados con el trabajo | 3-4 | Adición de antecedentes |
| 4 | Corregir redundancia en el objetivo general | 4 | El objetivo general fue modificado. |
| 4 | En los objetivos particulares se menciona la evaluación de las propiedades termodinámicas de algún refrigerante. | 4 | Se modifica por la obtención de la eficiencia energética y exergética. |
| 4 | Objetivos particulares muy extensos. | 4-5 | Se dividieron. |
| 5 | Falta normatividad. | 5 | Se añadió la normatividad correspondiente. |