



# UCA

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA  
ARGENTINA  
Santa María de los Buenos Aires

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

### 1- PROYECTO

#### 1.1 Título:

**“Utilización del aire como sustancia de trabajo, en ciclos de refrigeración y calefacción para climatización”**

#### 1.2 Área Temática *ENERGÍA*

Disciplina: *Energías renovables*

Especialidad: *Climatización*

#### 1.3 Área Prioritaria: *Materiales y energía para un medio ambiente sustentable*

#### 1.4 Tipo de Proyecto: *Experimental/ Aplicado*

#### 1.5 Lugar de Trabajo: *Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias.*

### 2- RESPONSABLES

#### 2.1 Director

Apellido y nombre: **EDGARDO MARCELO TURCHETTI**

Cargo Docente: *Profesor Propietario*

Dedicación: *Especial Senior*

Títulos académicos obtenidos: *Ingeniero Electromecánico orientación Mecánica*

#### 2.2 Asesor Técnico

Apellido y nombre: **JOSÉ SEBASTIÁN BARRERA**

Cargo Docente: *Asistente Regular*

Dedicación: *Asesor Técnico*

Títulos académicos obtenidos: *Ingeniero Mecánico*

### 3. PLAN DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Resumen

Este trabajo tiene como objeto diseñar y construir una planta piloto basada en un ciclo termodinámico utilizando el aire como sustancia de trabajo. El producto final es aire refrigerado y deshumidificado, o bien calefaccionado, para ser utilizado en el acondicionamiento de aire ambiental.

En el caso de refrigeración, es un ciclo abierto, que requiere un proceso de compresión de aire atmosférico, en un rango de presiones moderadas, enfriamiento por aire con la atmósfera, separación por condensación de humedad y expansión adiabática final. Los procesos de compresión y expansión se realizan en un cilindro de doble efecto, minimizando las pérdidas por fricción y recuperando la mayor parte del trabajo de compresión.

Los beneficios de este desarrollo son principalmente que, al no hacer uso de refrigerantes específicos convencionales, no hay posible contaminación del medio ambiente ni paradas por fugas.

Es importante tener en cuenta que en este proceso también se ha logrado un aumento de la COP en relación con los valores estándar, considerablemente más altos, lo que supone un ahorro energético significativo.

En el caso de aplicarse a la calefacción, se considera el ciclo inverso como bomba de calor, realizando primeramente una expansión, luego un intercambio de calor con el medio ambiente y finalmente una compresión del aire.

En síntesis, será posible desarrollar dos procesos eficientes y totalmente sustentables.

#### 3.2 Palabras claves

Refrigeración. Calefacción. Aire acondicionado. Eficiencia. Sustentabilidad

#### 3.3 Estado actual del conocimiento sobre el tema

El ciclo de Brayton invertido, como sistema de refrigeración, que emplea gas como sustancia de trabajo, es ampliamente conocido y analizado en la bibliografía termodinámica clásica. Sin embargo no se ha podido llevar a la práctica en climatización en general (salvo en aviación), a pesar de que en la descripción ideal posee un alto coeficiente de operación, ya que en los ciclos reales de refrigeración de gas, los procesos de compresión y expansión se desvían de los isentrópicos, y la temperatura de enfriamiento es más alta que la temperatura ambiente  $T_0$ , a menos que el intercambiador de calor sea infinitamente largo.

Debido a que su rendimiento es más bajo y que el tamaño es más grande, el ciclo de Joule Brayton real o práctico no se aplica normalmente en refrigeración terrestre. La máquina de ciclo de aire es muy común, sin embargo, en aviones propulsados por motores a turbina, ya que se dispone de aire comprimido en abundancia en la primera etapa de los motores.

Los sistemas de refrigeración y calefacción ambiente, en muchas zonas, suelen ser de escasa diferencia térmica; por ejemplo, el acondicionamiento del aire en el verano requiere quitar calor a  $24^{\circ}\text{C}$  para llevarlo al medio ambiente a  $35^{\circ}\text{C}$ . Este salto térmico podría cubrirse con sistemas ideales, sin pérdidas exergéticas, con un COP de 28, es decir, que por cada unidad de energía eléctrica pueden obtenerse 28 unidades de energía de enfriamiento. La realidad reduce drásticamente este número a poco más de 3. Las causas siempre son las irreversibilidades de los procesos y no es fácil reducirlas.

Los sistemas actuales más utilizados son los de compresión de vapor utilizando fluidos refrigerantes en muchos casos contaminantes del medio ambiente. En estos casos de ciclos por compresión, podemos dividir en dos las diferentes irreversibilidades: 1) las debidas a las transferencias de calor con el medio y con la cámara a refrigerar, y 2) las debidas al propio ciclo, es decir a las causas internas.

Las primeras son causadas por la necesidad de no extender el tamaño de los intercambiadores de calor, por lo que se acepta aumentar la temperatura de condensación por encima del ambiente, y reducir la de evaporación muy por debajo de la finalmente requerida. Esto último permite deshumidificar convenientemente el aire ambiente.

También se utilizan en la actualidad ciclos de absorción, con menor frecuencia que los anteriores, en condiciones diferentes.

En el presente trabajo se propone un ciclo de gas abierto que aspira aire ambiente y entrega el mismo aire enfriado. El proceso se compone de cuatro pasos básicos, una compresión del aire aspirado, un enfriamiento del mismo en un intercambiador, extracción del líquido condensado, y una expansión y enfriamiento final del aire hasta la presión atmosférica. Se advierte que es uno solo el proceso de intercambio de calor, reduciendo las irreversibilidades asociadas al salto térmico propulsor del mismo.

Al ser bajos los saltos térmicos entre la alta y baja temperatura, se reducen las pérdidas, y se adaptan con ventajas a las condiciones de días de temperaturas no extremas.

Como puede verse en la bibliografía, los ciclos abiertos teóricos de este tipo tienen COP muy elevados e interesantes para aplicaciones en aire acondicionado, tanto en calefacción como en refrigeración. El problema aparece al transformar en reales los procesos de compresión y expansión, que en buena medida deben compensarse, y cuyas pérdidas hacen bajar excesivamente el COP ideal a valores inaceptables.

En este trabajo se presenta la elección de un ciclo de refrigeración y calefacción o bomba de calor con este mismo criterio. En la actual propuesta se ha pensado en un sistema de compresión expansión con posibilidad de reducir significativamente estas pérdidas y elevar el COP a valores incluso por encima de los valores habituales de los de compresión de vapor.

### **3.4 Objetivos e hipótesis de la investigación**

#### **Hipótesis de Trabajo**

Es termodinámicamente posible, técnicamente factible y económicamente viable, el diseño y construcción de un ciclo abierto, con aire como sustancia refrigerante, con un coeficiente de operación (COP) óptimo.

#### **Objetivo general:**

El objetivo general es estudiar y desarrollar un proceso novedoso y sustentable en el aprovechamiento energético y en el uso de los recursos de la naturaleza.

Promover y desarrollar capacidades y habilidades, en temas de energías renovables.

#### **Objetivos específicos:**

- Realizar un relevamiento de las bibliografías existentes como así también las publicaciones científicas.
- Elegir ciclos posibles de refrigeración y calefacción.

- Establecer conjuntos de valores, que se tomen como referencia para posteriores simulaciones, variaciones de parámetros y comparaciones. Calcular y conocer todos los estados del aire.
- Con esos valores elegidos calcular un COP inicial de referencia considerado como óptimo comparado con los actuales equipos de aire acondicionado.
- Pensar un diseño acorde con los valores y parámetros elegidos teniendo en cuenta la importancia del rozamiento en la eficiencia.
- Realizar un esquema donde se muestren los principales elementos de la instalación termomecánica.
- Diseñar y proyectar el ciclo elegido.
- Simular y profundizar procesos con el diseño elegido, las diversas pérdidas posibles frente a la variación de parámetros.
- Diseñar y proyectar la planta piloto.
- Construir una planta piloto experimental utilizando recursos externos y los del laboratorio de Termodinámica y Maquinas Térmicas.
- Puesta en marcha de la planta Piloto
- Puesta a punto de la planta piloto experimental.
- Introducir mejoras en la Planta piloto.
- Participación en jornadas y congresos.
- Evaluación final.
- Publicación de resultados

### 3.5 Metodología

<b>Etapa 1</b>	Realizar un relevamiento de las bibliografías existentes como así también las publicaciones científicas.
<b>Etapa 2</b>	Elegir los ciclos posibles. Establecer un conjunto de valores, que se tomen como referencia para posteriores simulaciones, variaciones de parámetros y comparaciones. Calcular y conocer todos los estados del aire. Con esos valores elegidos calcular un COP inicial de referencia considerado como óptimo comparado con los actuales equipos de aire acondicionado.
<b>Etapa 3</b>	Pensar un diseño acorde con los valores y parámetros elegidos.
<b>Etapa 4</b>	Dibujar esquemáticamente la instalación termomecánica donde se muestren los principales elementos.
<b>Etapa 5</b>	Simular y profundizar procesos con el diseño elegido, las diversas pérdidas posibles frente a la variación de parámetros. Elegir la potencia de la planta piloto.
<b>Etapa 6</b>	Realizar el anteproyecto de la planta piloto.
<b>Etapa 7</b>	Diseñar y proyectar la planta piloto con el ciclo elegido.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos de conjunto</li> <li>• Planos de piezas especiales.</li> <li>• Listas de materiales.</li> <li>• Otros</li> </ul>
<b>Etapa 8</b>	Realizar animaciones en 3D de funcionamiento y de despiece.
<b>Etapa 9</b>	Construir la planta piloto experimental utilizando recursos externos e internos del laboratorio de Termodinámica y Maquinas Térmicas.
<b>Etapa 10</b>	Puesta en marcha de la planta piloto.
<b>Etapa 11</b>	Instrumentación y sistema de registro
<b>Etapa 12</b>	Puesta a punto de la planta piloto.
<b>Etapa 13</b>	Introducir mejoras en la Planta piloto
<b>Etapa 14</b>	Participación en jornadas y congresos.Evaluación final.
<b>Etapa 15</b>	Publicación de resultados.

### 3.6 Desarrollo del Trabajo

El trabajo se continuará desarrollando dentro del ámbito del Laboratorio de Termodinámica y Máquinas Térmicas de Ingeniería, utilizando cuando corresponda el equipamiento existente para la fabricación de piezas y el armado, realizando compras de materiales y equipos comerciales y solicitando trabajos a terceros cuando sea necesario.

Con el mismo criterio se desarrollarán los sistemas de medición de resultados, utilizando a la capacidad técnica propia.

### 3.7 Bibliografía

Cengel Yunus, Boles Michael. Séptima edición (2012). Termodinamica. Spain. Editorial Mc Graw Hill. Cap. 10

Cengel Yonus A., Cimbala Johon M., Mecánica de los Fluidos, Fundamentos y aplicaciones (, 2006.) ,Mc Graw Gill Interamericana, Mexico, 2006. Cap. 8,9 10 y 11

Moran, Michael J. ShapiroH. N. Second (2004). Fundamentos de la TermodinámicaTécnica. Barcelona. Editorial Reverté.cap 7 y 10

## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1 Cronograma de Actividades

<b>Actividad</b>	
<b>ETAPAS</b>	
1 a 7 y 9 parcialmente	Desarrolladas durante 2019
<b>Comentarios y</b>	<b>Las actividades están explicadas en metodología</b>

Actividad	Meses – Año 2020											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8			x	x	x							
9 Refrigeración		x	x	x								
10 Refrigeración			x	x	x							
11 Refrigeración					x	x	x					
12 Refrigeración					x	x	x	x	x	x		
9 Bomba de calor										x	x	x
<b>Comentarios y</b>	<b>Las actividades están explicadas en metodología</b>											

Actividad	Meses – Año 2021											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9 Bomba de calor	x	x	x									
10 Bomba de calor			x	x	x							
11 Bomba de calor				x	x	x						
12 Bomba de calor					x	x	x	x	x	x	x	
13									x	x	x	x
14									x	x	x	x
15									x	x	x	x
<b>Comentarios y</b>	<b>Las actividades están explicadas en metodología</b>											

#### 4.2 Actividades de Transferencia

- Trabajos finales.
- Publicaciones.
- Jornadas.
- Ponencias.
- Charlas y cursos de formación.
- Pasantes.
- Becarios.
- Formación de estudiantes de ingeniería que están participando del proyecto.

#### 4.3 Vinculación del proyecto con la actividad docente desarrollada en UCA

- Se volcarán los resultados y experiencias en la cátedra de Termodinámica.
- Se participará en congresos vinculados con la enseñanza de la Ingeniería, para exponer nuestras experiencias en la enseñanza aprendizaje.

#### 4.4 Vinculación del proyecto con problemas de la Comunidad

Dependiendo de los resultados obtenidos en relación a la hipótesis planteada, tendría un importante impacto ambiental debido a la sustitución de refrigerantes lo cual beneficiaría enormemente a la Comunidad.

Además, obtener una maquina eficiente, implica reducción de uso energético domiciliario y con ello reducción de costos; y nuevamente beneficios ambientales por la reducción de producción de CO2

## 5. PERSONAL ASIGNADO AL PROYECTO

5.1 Completar la tabla de datos para cada uno de los integrantes en el siguiente orden: Director, Codirector, Investigadores e Investigadores en formación.

### 5.1.1. Por la UCA

<b>Función:</b>	Director		
<b>Apellido y Nombre:</b>	Turchetti, Edgardo Marcelo		
<b>Tipo y No. Documento:</b>	DNI 10964434		
<b>No. de Legajo en UCA:</b>	40254-7		
<b>Lugar y Fecha de Nacimiento:</b>	Bs. As., 12 de abril de 1954		
<b>Nacionalidad:</b>	Argentina		
<b>Domicilio:</b>	Acuña de Figueroa 1511 6A CABA		
<b>TE Particular/celular:</b>	( +54 11 ) 1553226222		
<b>E -mail:</b>	marcelo.turchetti@gmail.com		
<b>Título de Grado:</b>	Ingeniero Electromecánico Orientación Mecánica UBA		
<b>Máximo Título Obtenido:</b>	Ingeniero		
<b>Cargo Docente:</b>	Profesor Protitular		
<b>Si reviste como investigador en otra Institución (Ej.: CONICET, etc.), consignar:</b>	<b>Institución</b>	<b>Cargo</b>	<b>Dedicación</b>

<b>Función:</b>	Asesor Técnico		
<b>Apellido y Nombre:</b>	José Sebastián Barrera		
<b>Tipo y No. Documento:</b>	DNI 30.493.472		
<b>No. de Legajo en UCA:</b>	45868-7		
<b>Lugar y Fecha de Nacimiento:</b>	Buenos Aires, 4 de agosto de 1983		
<b>Nacionalidad:</b>	Argentina		
<b>Domicilio:</b>	Andonaegui 3378 CABA		
<b>TE Particular/celular:</b>	(011) 15 3703 5627		
<b>E -mail:</b>	<a href="mailto:sebabarrera@hotmail.com">sebabarrera@hotmail.com</a> >		
<b>Título de Grado:</b>	Ingeniero Mecánico		

## 6. ALUMNOS COLABORADORES

## 6.1 Por la UCA

Dos pasantes alumnos de ingeniería industrial, seleccionados según sus capacidades y preferencias, con dedicación semanal de 15 horas.

