



fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ME 7140

Análisis Exergético

José Miguel Cardemil
Departamento de Ingeniería Mecánica

Beauchef 851, 5° piso (Poniente)
Of. 507

jcardemil@ing.uchile.cl



Análisis Exergético

Competencias:



- **Generales**

- **Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales** o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.
- **Trabajar en equipos** multidisciplinarios, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.
- **Gestionar su auto-aprendizaje** en el desarrollo del conocimiento de su profesión, adaptándose a los cambios del entorno.

- **Específicas**

- **Concebir, formular** y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.
- **Interpretar los resultados** de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizada para ello.
- **Concebir y crear** sistemas innovadores que den respuesta a nuevas necesidades tanto en el ámbito nacional como internacional.
- **Diseñar** componentes, equipos y sistemas mecánicos para la industria y la generación de energía.

Análisis Exergético

Propósito del curso



Objetivos:

- El curso tiene como propósito que el estudiante analice y elabore una propuesta metodológica, utilizando el análisis exergético para la evaluación del desempeño de sistemas complejos de conversión de energía, considerando la relación de compromiso entre eficiencia y costos de conversión.
- Se busca aplicar dicha teoría a la solución de problemas aplicados a procesos de conversión de energía y operaciones unitarias propias de la industria nacional.
- Metodología de aprendizaje - activo. Esta noción considera que el aprendizaje es una construcción personal donde se valora el proceso, no solo el producto. Involucra, oportunidades de aplicar lo aprendido, promoviendo una mayor responsabilidad y autorregulación de los estudiantes.
- El análisis desarrollado permite establecer el valor de la termodinámica como herramienta funcional para evaluar la sustentabilidad de procesos de diversa índole.

Análisis Exergético

Propósito del curso



Resultados de Aprendizaje:

- Aplica las leyes de mecánica de fluidos, transferencia de calor y termodinámica al análisis de procesos térmicos, a fin de evaluar, mediante manejo de lenguaje técnico y modelación computacional, el desempeño de sistemas de conversión de energía.
- Analiza en términos del flujo de exergía, el desempeño de sistemas térmicos, a fin de evaluar el potencial de trabajo destruido y las pérdidas energéticas del sistema describiendo de forma clara sus resultados.
- Evalúa el impacto del diseño térmico de sistemas de conversión de energía, determinando las condiciones de integración de las tecnologías y selección de equipos, para explicar de forma fundamentada la racionalidad en el uso de recursos energéticos.
- Identifica y cuantifica las fuentes de irreversibilidades intrínsecas de los dispositivos mecánicos y las inducidas por los equipos adyacentes, para establecer modelos de optimización en procesos térmicos, en base a parámetros propuestos, atingentes al proceso.
- Establece, con su equipo, una metodología de evaluación que considere una planificación de trabajo, para elaborar una propuesta de integración térmica de mejora en la asignación de recursos utilizados por cada dispositivo, a través de una optimización termoeconómica.

Análisis Exergético

Alumnos



- **Expectativas**
 - **Curso**
 - **Ingeniería Mecánica**
 - **Termofluidos**
 - **Integración de Procesos**

Análisis Exergético

Unidades Temáticas



Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

1. Energía y Potencial de Trabajo

- Primera y Segunda ley de la termodinámica.
- Definición de exergía.
- Destrucción de exergía.
- Exergía Física y Química.

2. Análisis exergético de procesos simples

- Procesos de mezcla y separación de fluidos a diferentes temperaturas.
- Transferencia de calor, procesos de expansión y compresión.
- Combustión.

3. Análisis exergético de ciclos de potencia

- Análisis de potencia entregada/tamaño de dispositivos.
- Aplicación ciclos Rankine, Brayton.
- Irreversibilidad interna y externa.
- Análisis de subsistemas: Recalentador, sobrecalentador, condensador.

4. Análisis exergético de ciclos de refrigeración

- Expansión de Joule-Thompson, expansión para producir trabajo.
- Indicadores de eficiencia.
- Aplicaciones en refrigeración, Bombas de calor y ciclos de absorción.

5. Análisis termoeconómico

- Fundamentos de análisis termoeconómico.
- Estimación de costo exergético en diferentes sistemas térmicos y dispositivos de conversión de energía: ciclos de vapor y gas, sistemas de cogeneración

Análisis Exergético

Metodología y Evaluación



Metodología

- Clases expositivas
- **Tareas computacionales**
- **Seminario de investigación en Exergía**

- **Evaluación:**
 - Dos controles:
 - Control 1 –Lunes 2 de Octubre (20%)
 - Control 2 – Miércoles 8 de Noviembre (20%)

 - 10 Tareas Computacionales (40%)

 - Seminario (20%)
 - Informe
 - Presentación

Bibliografía

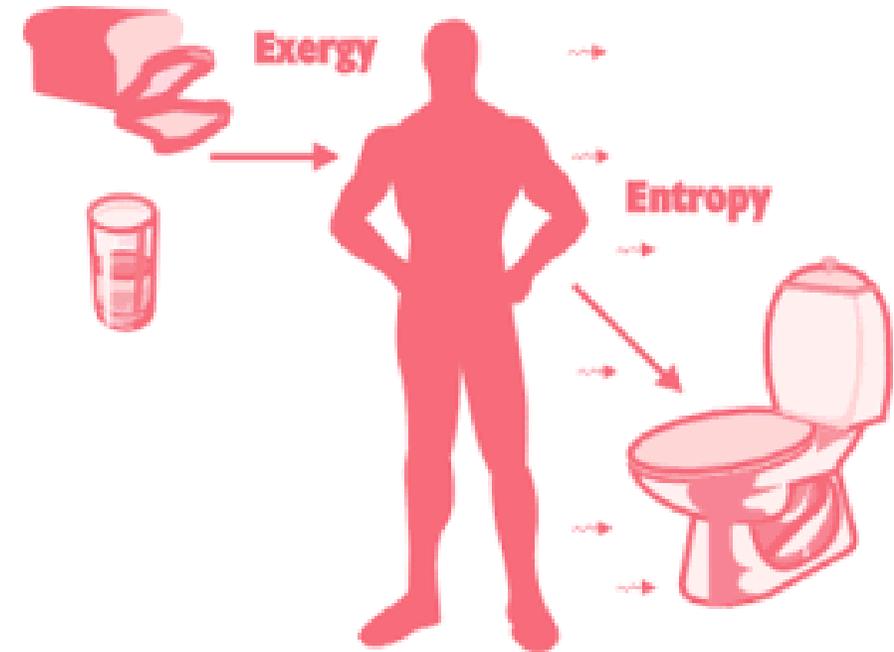
- Dincer I. and Rosen M., Exergy: energy, environment, and sustainable development, 2nded, 2012, Elsevier.
 - Kotas T.J. The Exergy Method of Thermal Plant Analysis, Butterworth, 2012.
 - Dincer, I. and Zamfirescu, C. Advanced Power Generation Systems, 2014, Elsevier
 - Bejan A., Advanced Engineering Thermodynamics, 4th ed. J Wiley & Sons, 2016.
 - Bejan A., Tsatsaronis G., Moran M., Thermal Design and Optimization, J Wiley, 1996
 - Artículos científicos seleccionados. Revistas: ***Energy, Energy Conversion and Management, Applied Energy y Applied Thermal Engineering.***
-
- **Software**
 - *Engineering Equation Solver (EES)*
 - *Coolprop*



fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Exergía



Exergía

De la segunda ley de la termodinámica sabemos

- Energía \neq Potencial de trabajo

Se define la **exergía** como trabajo disponible

$$\text{Trabajo} = f(\text{Estado inicial}; \text{proceso}; \text{Estado final})$$

Para comparar el trabajo disponible en diferentes sistemas se considera un estado de referencia (dead state) donde existe equilibrio termodinámico con el ambiente

- $\rightarrow P_o=1\text{atm}$ y $T_o=25^\circ\text{C}$

Trabajo potencial máximo que un sistema puede entregar si sufre un proceso desde su estado inicial hasta el estado de referencia, a través de un proceso reversible

- Limite superior

Trabajo reversible e irreversibilidades

En un sistema que expande contra el ambiente, el trabajo producido no es útil.

- Trabajo contra el ambiente W_{amb}

$$W_{amb} = P_o (V_2 - V_1)$$

La diferencia entre el trabajo real y el trabajo contra el ambiente se define como trabajo útil

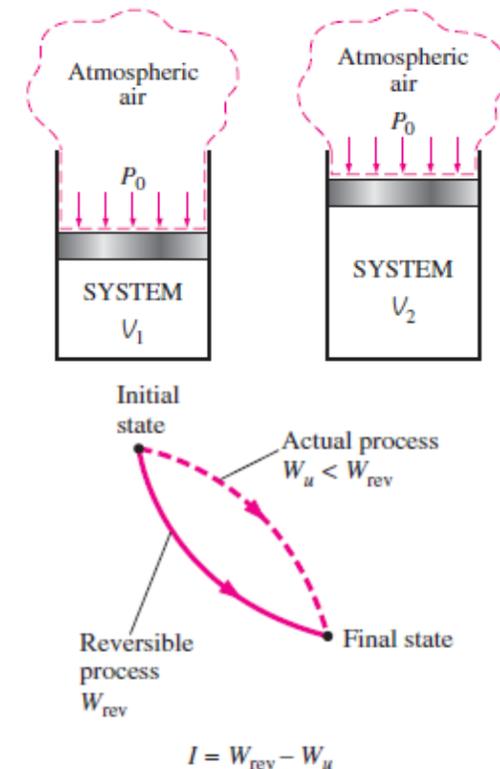
$$W_u = W - W_{amb} = W - P_o (V_2 - V_1)$$

Trabajo reversible es la máxima cantidad de trabajo útil que puede ser producida

Irreversibilidades

$$I = W_{rev,out} - W_{u,out}$$

$$I = W_{u,in} - W_{rev,in}$$



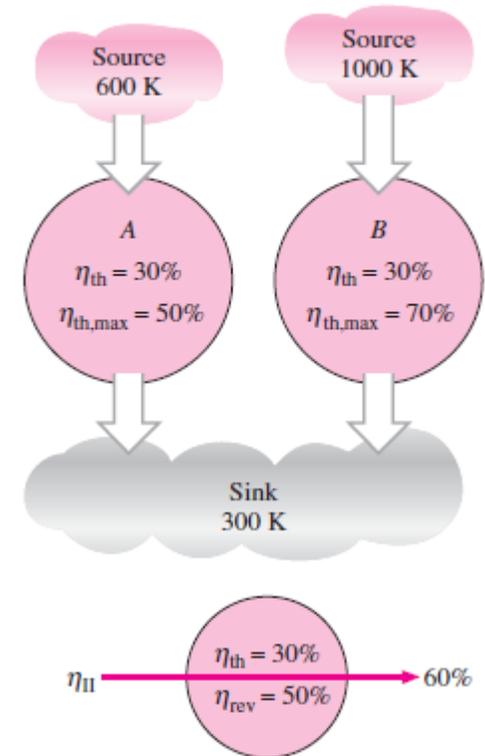
Irreversibilidad = Destrucción de Exergía

Eficiencia de segunda ley

Definimos la eficiencia térmica y el COP de ciclos termodinámicos, a través de la aplicación de la primera ley de la termodinámica

Pero esta medida no es realista, por eso para máquinas térmicas, definimos:

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{th}}{\eta_{th,rev}}$$



Algunos aspectos sobre la exergía

La exergía es una medida del proceso entre estado inicial del sistema y un estado en equilibrio con el ambiente. Por lo tanto es un atributo del sistema y del ambiente juntos.

La exergía es siempre positiva.

La exergía no es conservada, sino que es destruida a través de las irreversibilidades

La exergía es vista como el trabajo teórico máximo que puede ser obtenido del conjunto sistema-ambiente. Otra alternativa es considerar la exergía como el mínimo trabajo requerido para llevar el sistema desde el estado de referencia hasta el estado inicial

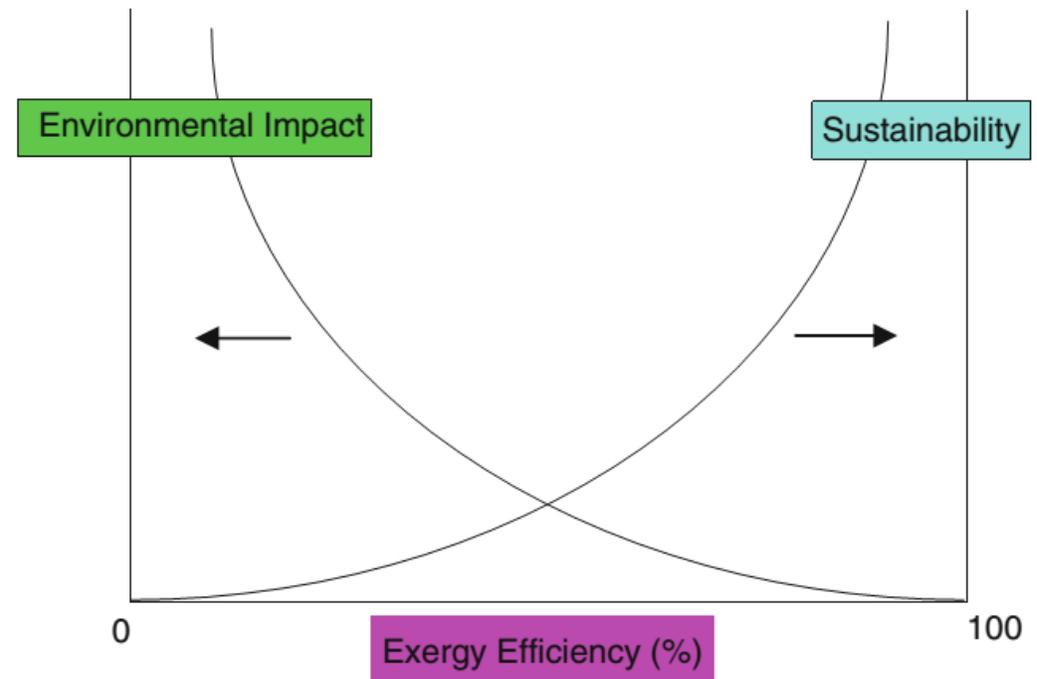
Para qué sirve?

EXERGY AND ITS ROLE FOR

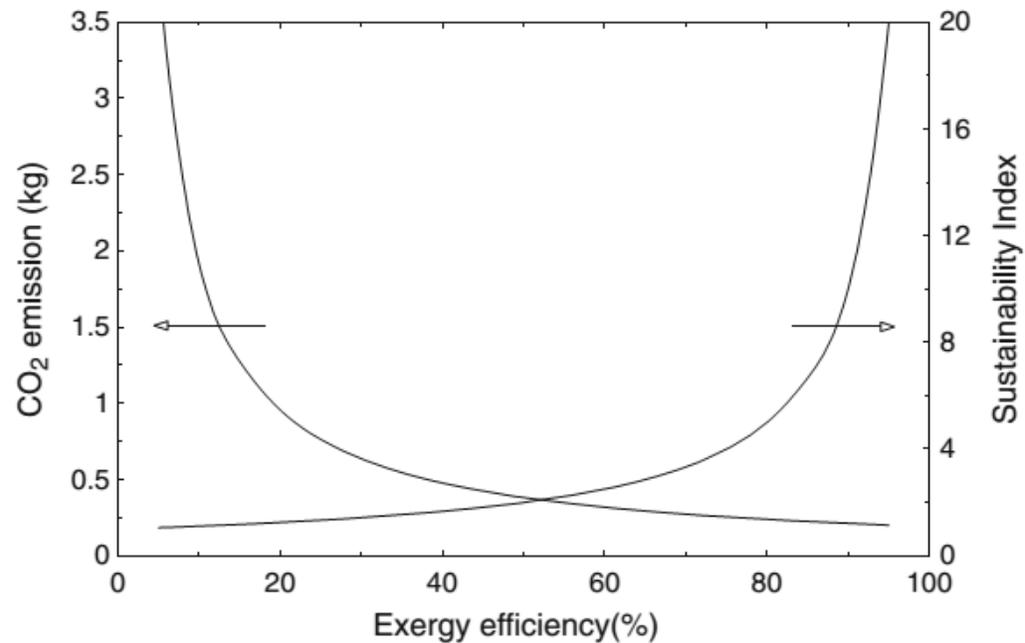
- Better engineering practices for design, analysis and performance improvement
- Better addressing the impact of energy resource utilization on the environment
- Better use of energy resources
- Better tool in providing sustainable supply of energy resources
- Better energy security
- Better measure for distinguishing the high-quality and low-quality energy resources
- Better tool for reducing the inefficiencies in the existing systems and applications
- Better implementation of energy projects
- Better cost effectiveness
- Identifying locations, types and true magnitudes of wastes and losses
- Determining the engineering limits for the design of more efficient energy systems and applications.

BETTER ENVIRONMENT

BETTER SUSTAINABILITY



Para qué sirve?



Depletion Factor

$$\eta_{II} = 1 - D_p$$

Índice de Sustentabilidad

$$SI = \frac{1}{D_p}$$



fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ME 7140

Análisis Exergético

José Miguel Cardemil
Departamento de Ingeniería Mecánica

Beauchef 851, 5° piso (Poniente)
Of. 507

jcardemil@ing.uchile.cl

