

ESTUDIO EXERGOAMBIENTAL DE UNA CENTRAL TÉRMICA CON UN MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL AIRE DE ADMISIÓN APROVECHANDO LOS GASES DE SALIDA DE LA TURBINA

Integrantes:


Saray Gisella Gómez Garnica
Johana Marcela Hernández Barajas

Director:

MSc. Carlos A. Diaz González

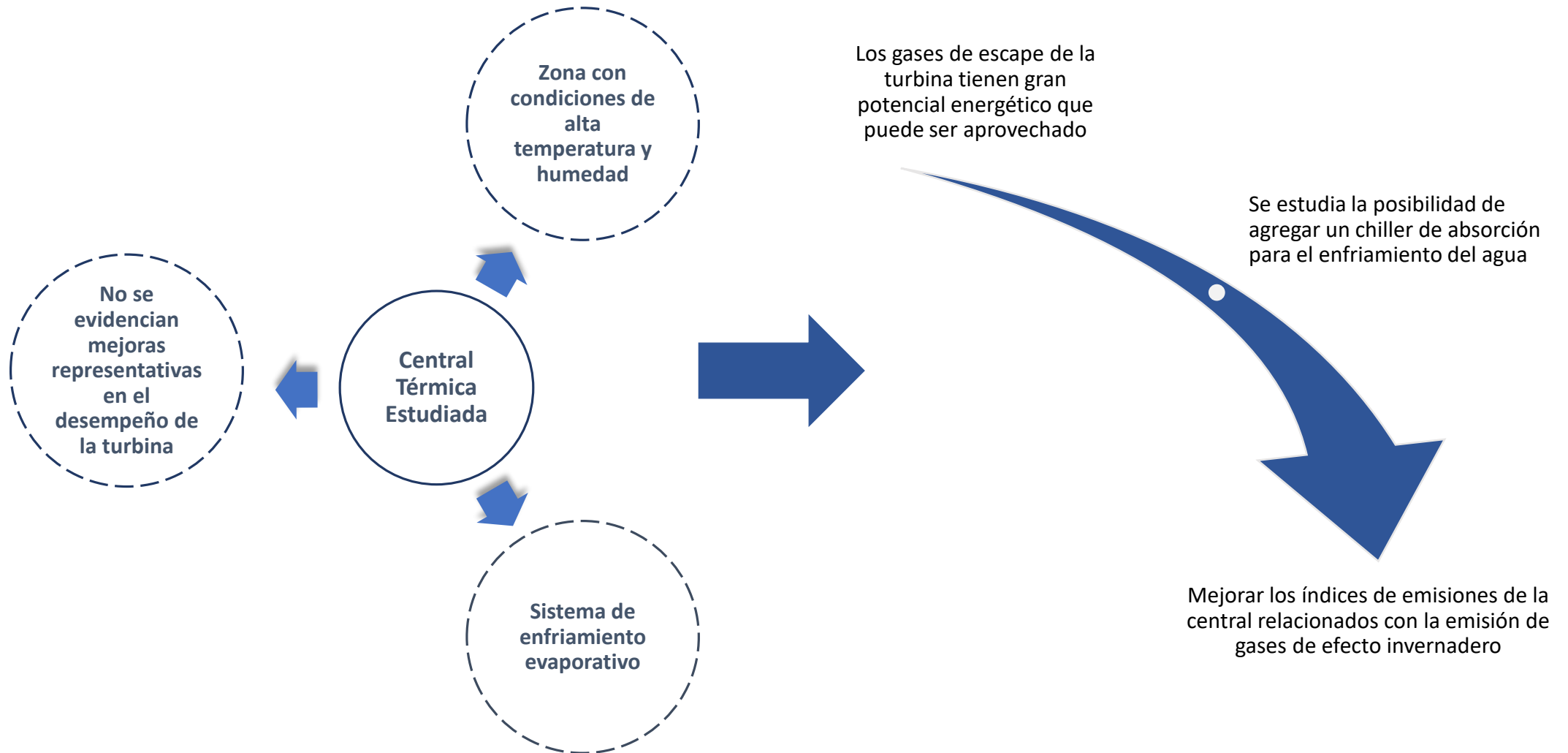
Facultad de ingeniería
Programa Ingeniería en Energía

CONTENIDO



- Introducción
- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

INTRODUCCION



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Compañías de generación térmica
enfocadas en optimizar los sistemas

- Mejoramiento de eficiencia
- Reducción del consumo de combustible
- Reducción de la contaminación ambiental

Se puede presentar disminución significativa de la potencia de salida de las turbinas de gas ya que son sensibles a los cambios de condiciones ambiente como temperatura y humedad

Turbinas de Gas



A menor temperatura de aire de entrada, mayor potencia de salida de la turbina

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio del desempeño exergoambiental de una central térmica comparando dos configuraciones del sistema de enfriamiento del aire de admisión.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

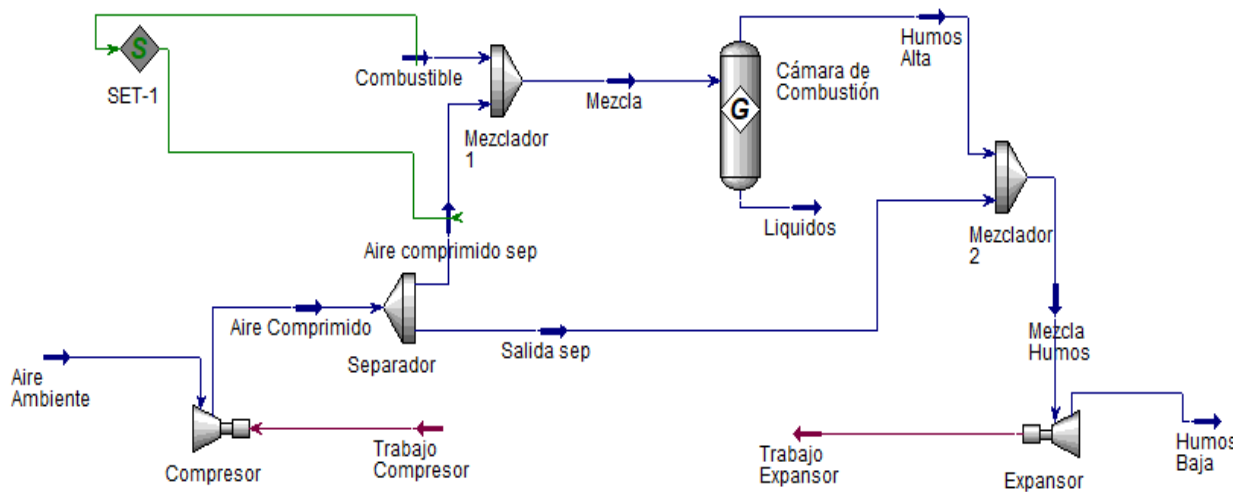
1. Establecer las características del sistema de enfriamiento modificado que aproveche los humos de salida de la turbina de gas.
2. Determinar el desempeño exergoambiental de la central térmica con las actuales condiciones del sistema de enfriamiento del aire de admisión.
3. Determinar el comportamiento de la central térmica con las dos configuraciones del sistema de enfriamiento del aire de admisión mediante análisis exergoambiental.
4. Comparar el comportamiento exergoambiental de la planta mediante indicadores de desempeño determinado para cada configuración del sistema de enfriamiento del aire de admisión.

METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

1. Simulación en Hysys de los casos planteados



- Equipos del sistema:
 - Compresor Centrifugo
 - Reactor de Gibbs
 - Expansor Centrifugo
 - Separador y Mezclador
- Operación SET
- Líneas de energía (rojo) y flujos de masa (azul)

Para realizar las simulaciones en Hysys

Datos fijos para simulación a plena carga	Datos variables para simulación a cargas parciales
Temperatura del aire de admisión	Trabajo del compresor
Presión del aire de admisión	Trabajo del expansor
Flujo de aire de admisión	Temperatura del aire comprimido
Temperatura de combustible	Flujo del sangrado del compresor
Presión del combustible	
Flujo de combustible	
Relación de compresión	

METODOLOGÍA

1. Condiciones de referencia de la Central Térmica (Caso ISO y zona cálida)

- Condiciones de entrada del combustible para los casos planteados
- Condiciones de aire de admisión para todos los porcentajes de carga

Parámetro	Valor
Temperatura [K]	303,1
Presión [kPa]	1800
Densidad [kg/m ³]	12,41
Flujo másico [kg/s]	9,468
Poder calorífico [kJ/kg]	47970

Parámetro	ISO	Zona Cálida
Humedad Relativa [%]	60	77
Temperatura [K]	288	301,2
Presión [kPa]	101,325	101,325

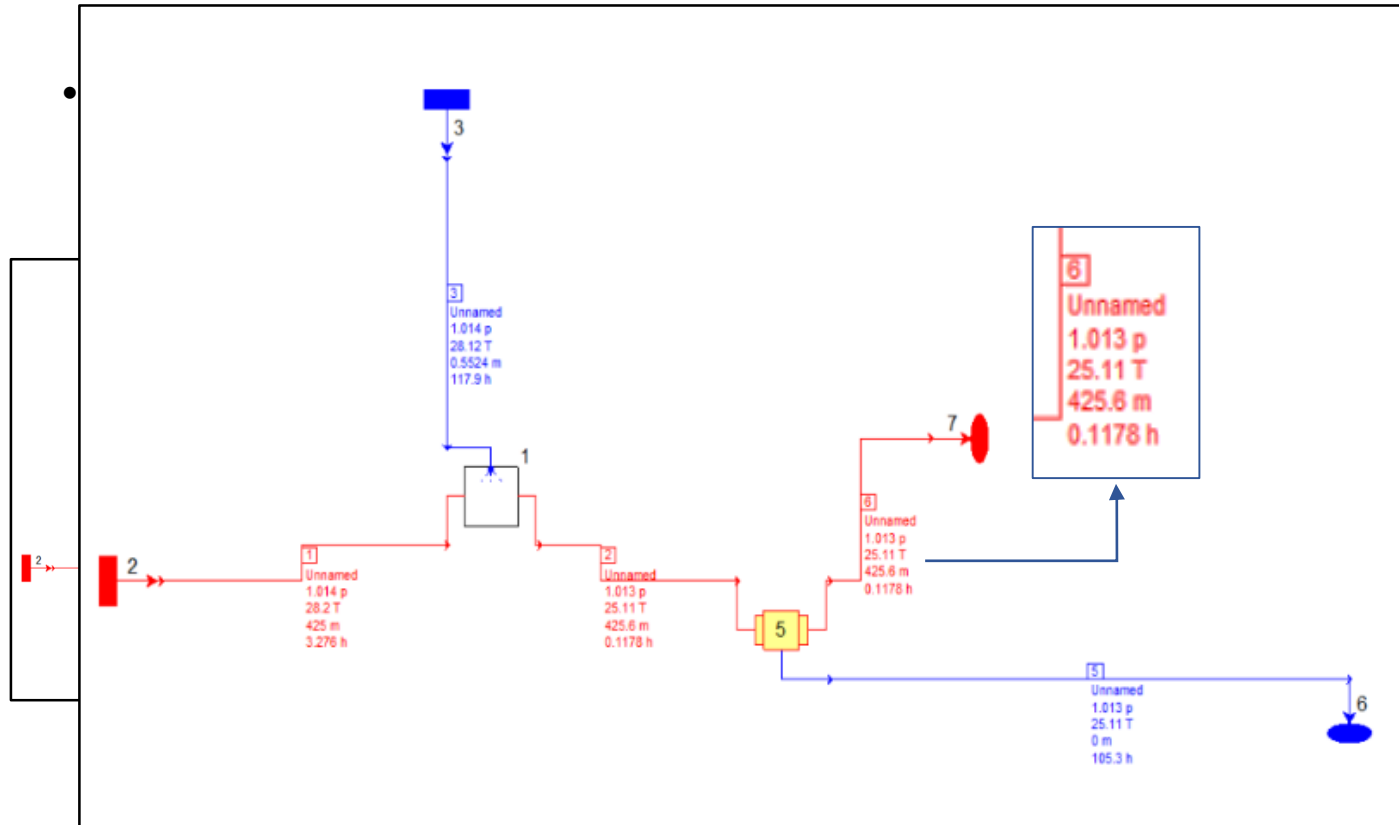
- Condiciones de la temperatura de compresión y el flujo de sangrado del compresor a cargas parciales.

	Carga [%]	100	90	80	70	60	50
ISO	T _{compresión} [K]	645.8	633.25	620.71	608.16	595.62	583.07
	Flujo de sangrado [kg/s]	68.22	63.78	59.97	53.57	47.85	41.63
Zona Cálida	T _{compresión} [K]	725,8	715,38	704,97	694,55	684,14	673,72
	Flujo de sangrado [kg/s]	67,26	62,13	56,70	50,98	44,94	38,54

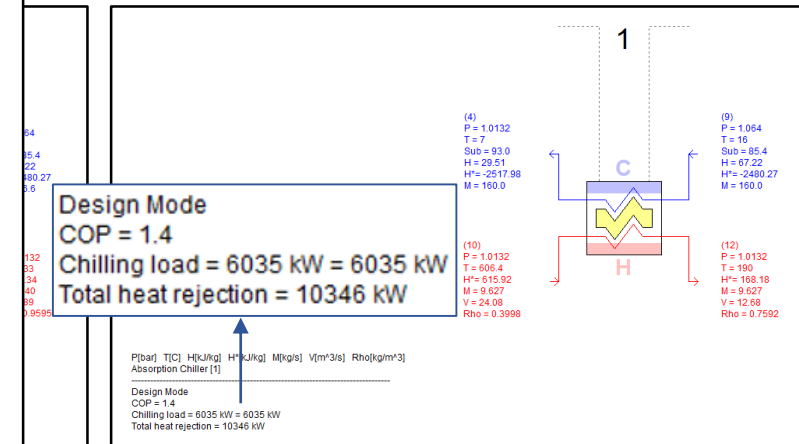
→ 15,8% del flujo de aire comprimido

METODOLOGÍA

2. Simulación en Termoflex para el sistema de enfriamiento actual y modificado



Termoflex para condiciones del (condensador del chiller de absorción)



Segunda simulación

METODOLOGÍA

2. Condiciones de referencia de la Central Térmica (Caso sistema de enfriamiento actual y modificado)

- Condiciones de aire de entrada para las simulaciones en Termoflex

Parámetro	Actual y Modificado
Humedad Relativa [%]	77
Temperatura [K]	301,2
Presión [kPa]	101,325

- Condiciones de aire de admisión para todos los porcentajes de carga obtenidos de Termoflex

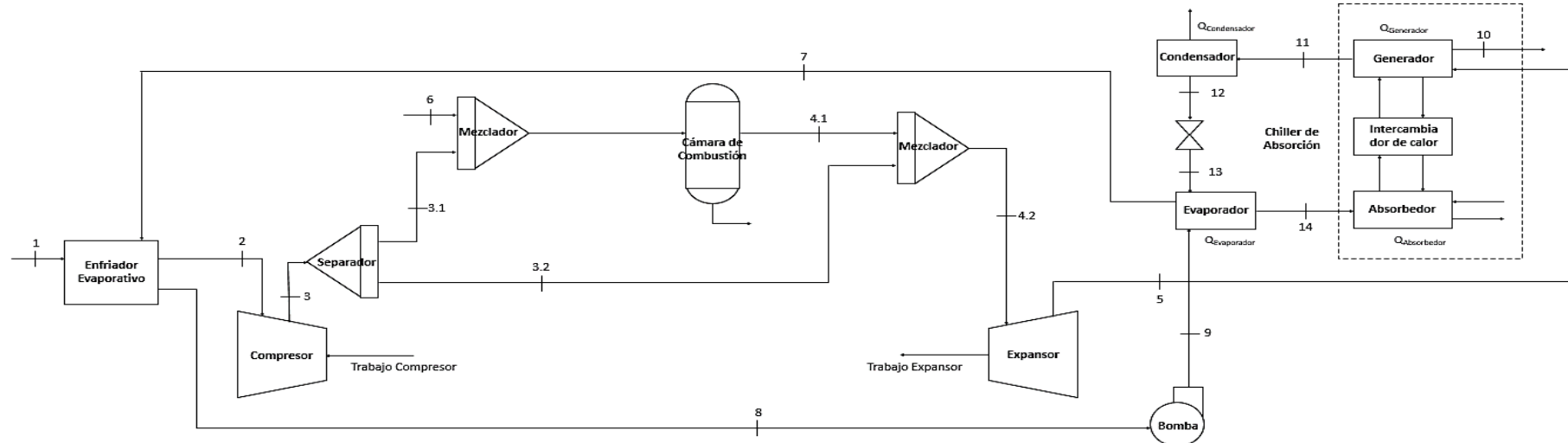
Parámetro	Actual	Modificado
Temperatura [K]	298,11	288,7

- Condiciones de la temperatura de compresión y el flujo de sangrado del compresor a cargas parciales.

	Carga [%]	100	90	80	70	60	50
Actual	$T_{\text{compresión}}$ [K]	719,5	704,94	694,52	684,11	673,69	663,98
	Flujo de sangrado [kg/s]	67,26	62,50	57,14	51,44	45,37	38,94
Modificado	$T_{\text{compresión}}$ [K]	698,2	673,93	663,52	653,10	642,69	632,27
	Flujo de sangrado [kg/s]	67,26	62,40	56,95	51,25	45,22	38,83

METODOLOGÍA

2. Análisis Exergético



Cálculo de entalpías y entropías

Obtención de exergía física de las corrientes

Cálculo de exergía química

Cálculo de irreversibilidades para cada equipo

Cálculo de eficiencia exergética

$$h_{corriente} = C_p corriente T_{corriente}$$

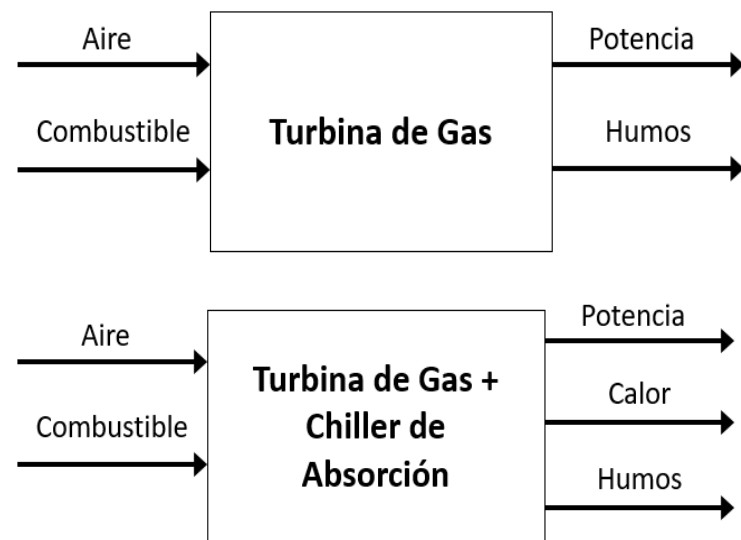
$$Ex_{q,i} = \sum m_{i,entrada} (Ex_{física} + Ex_{química})_{i,entrada} - \sum m_{i,salida} (Ex_{física} + Ex_{química})_{i,salida}$$

$$\eta_{exergética} = \frac{\text{Productos}}{\text{Recursos}}$$

METODOLOGÍA

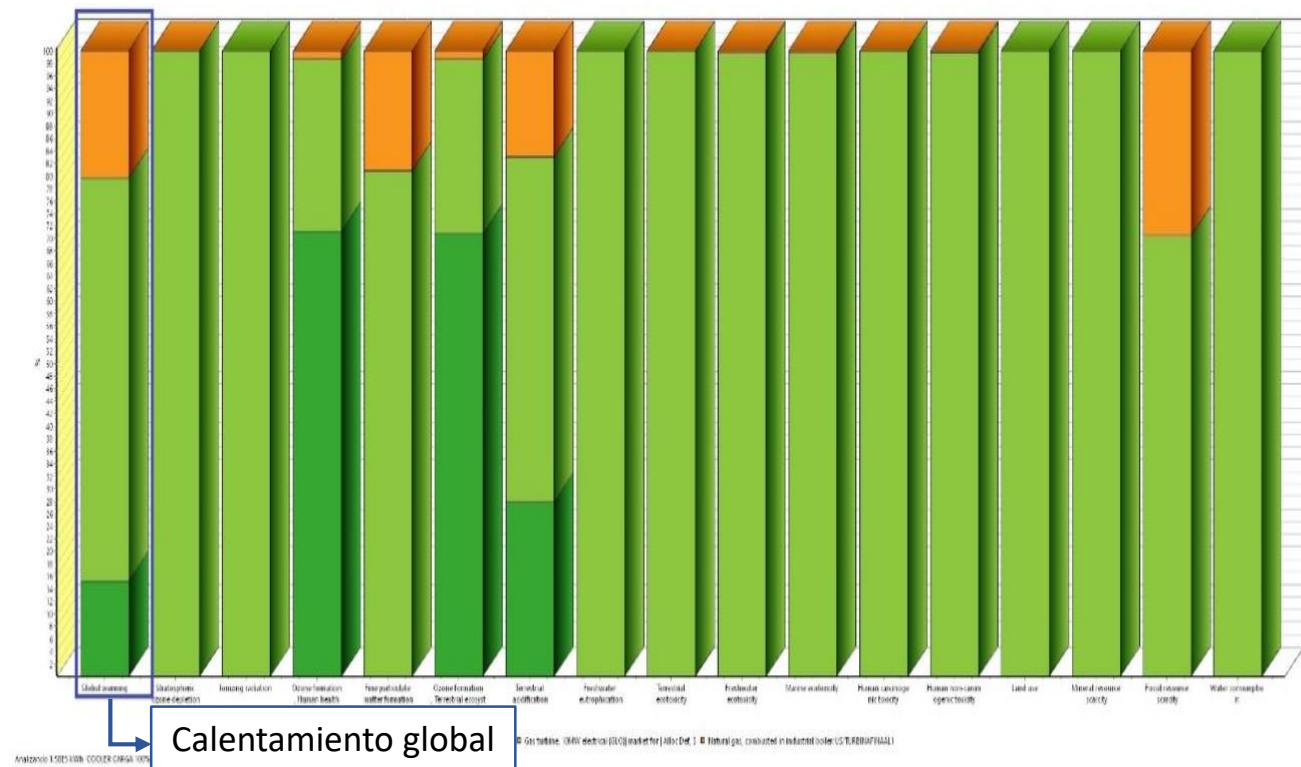
3. Análisis Ambiental

- Volúmenes de control para la turbina de gas y/o el chiller de absorción



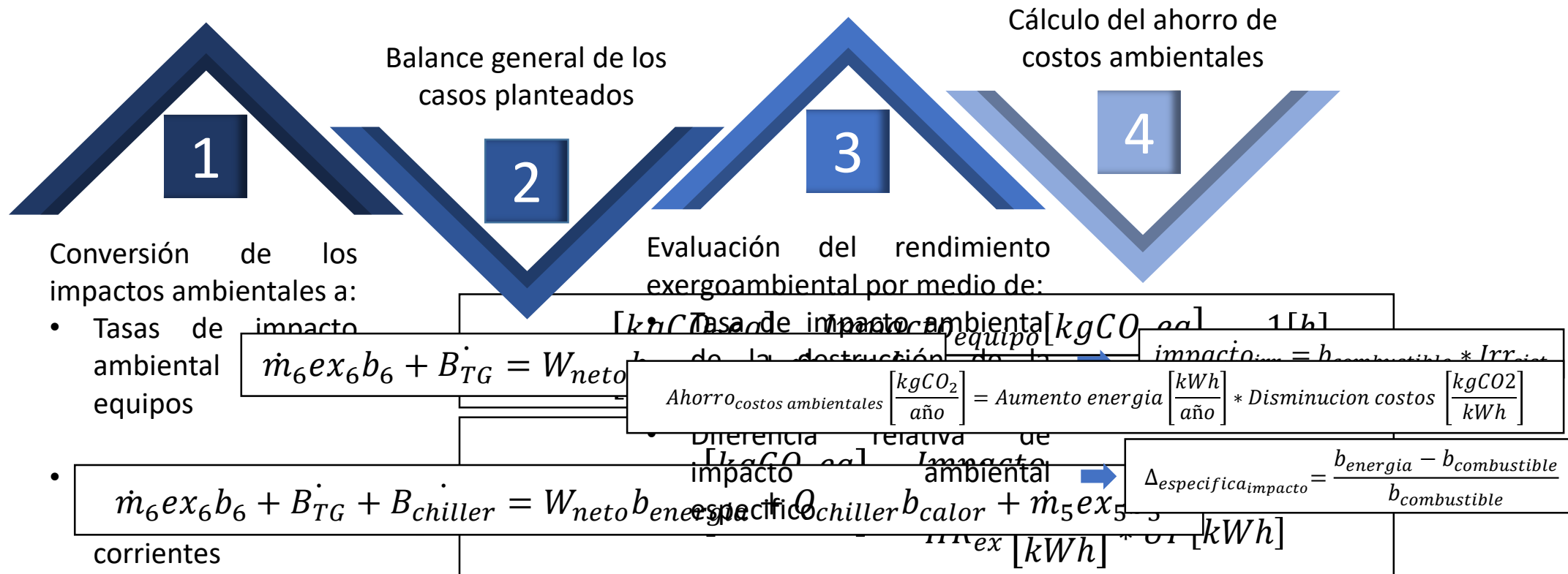
Composición de los humos: CO_2 , N_2 , H_2O , NO y O_2

- Categoría de impacto escogida para estudio



METODOLOGÍA

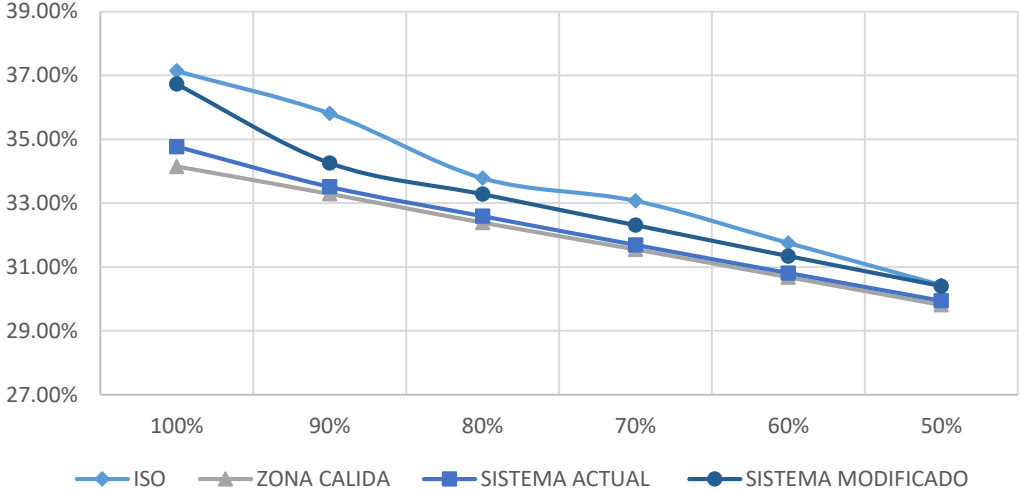
4. Análisis Exergoambiental



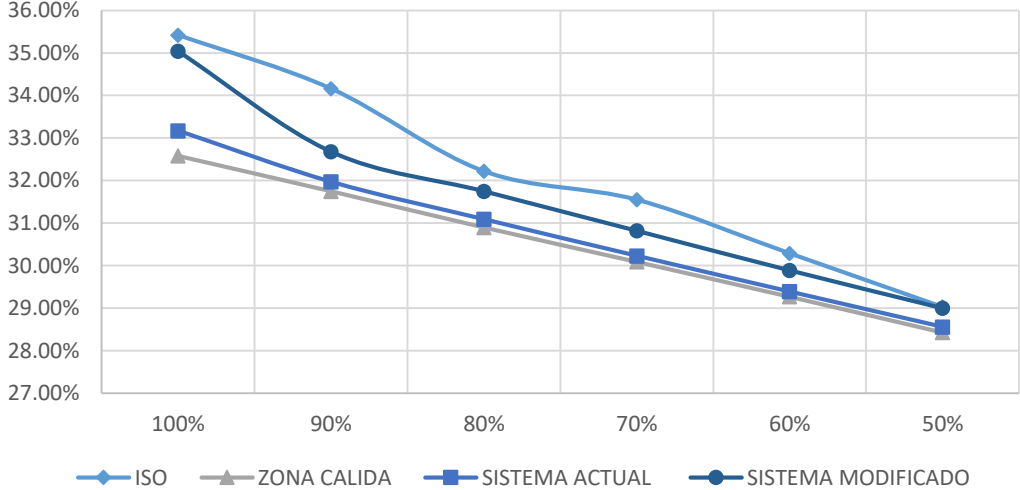
RESULTADOS



Eficiencia energética



Eficiencia exergetica



- Eficiencia del sistema actual con respecto al trabajo del sistema a condiciones ISO

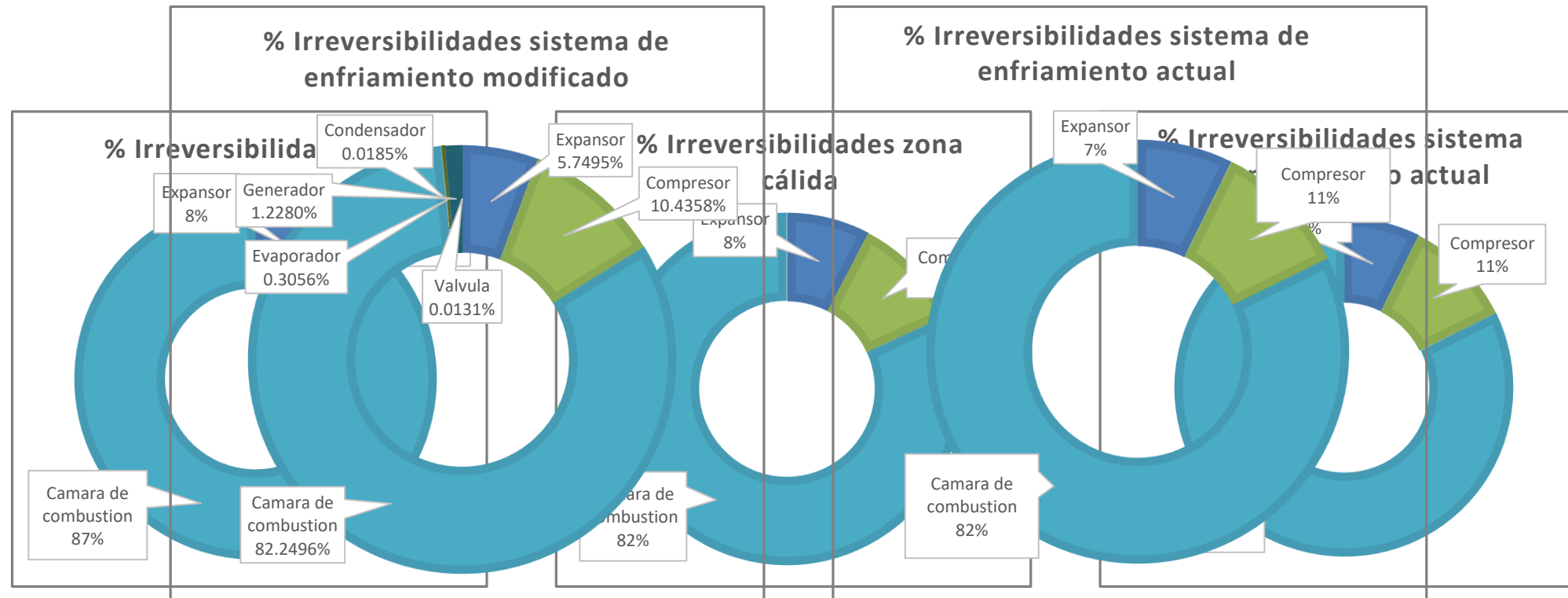
	Energética	Exergética
Actual	-7,55%	-6,78%

- Incremento y reducción de la eficiencia de los casos planteados con respecto al sistema actual

	Energética	Exergética
Zona cálida	-1,81%	-1,78%
Modificado	5,34%	5,64%

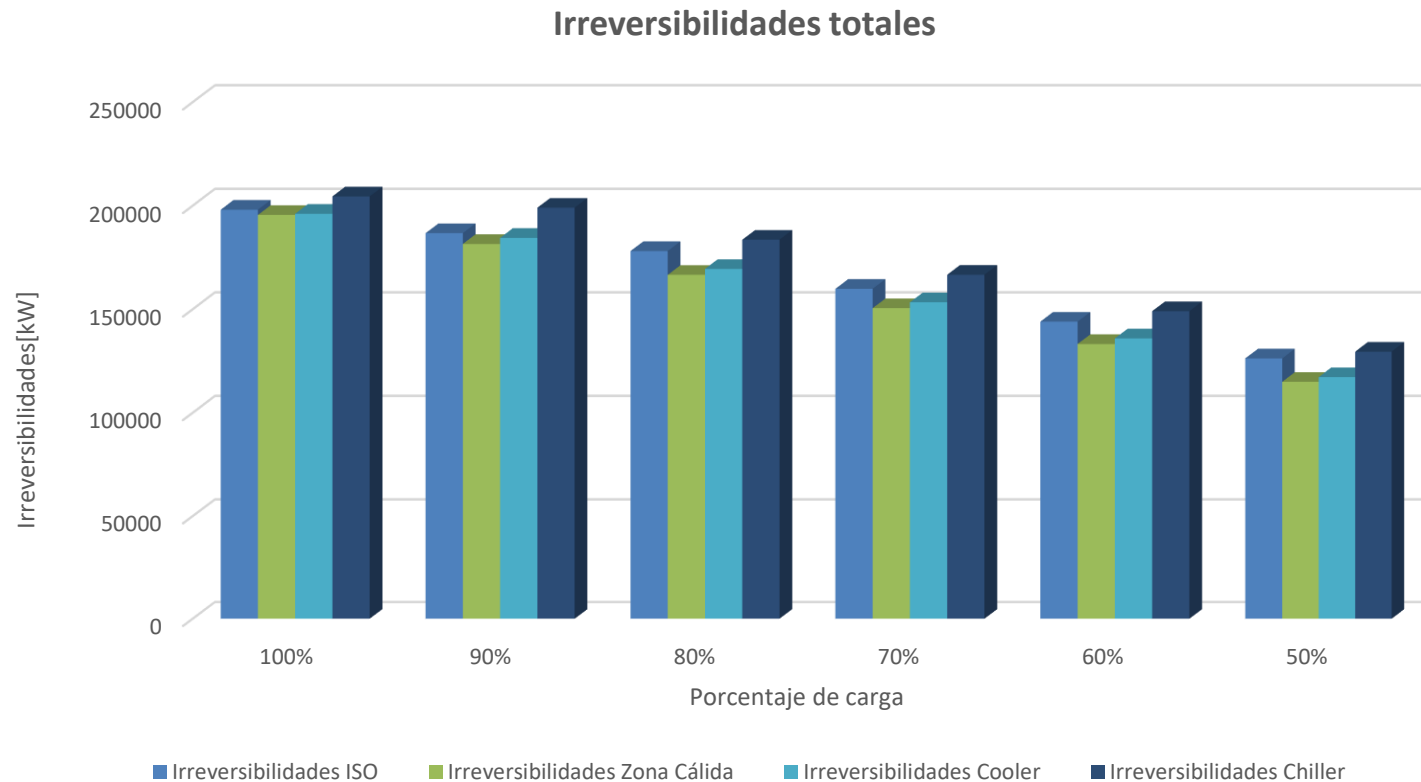
La potencia eléctrica en el caso actual es de 157900kW, con el sistema modificado se incrementa a 166800kW.

RESULTADOS



- Irreversibilidades a plena carga de cada uno de los casos planteados
- Los equipos que conforman el sistema modificado suman aproximadamente el 1,6% del total de las irreversibilidades.

RESULTADOS



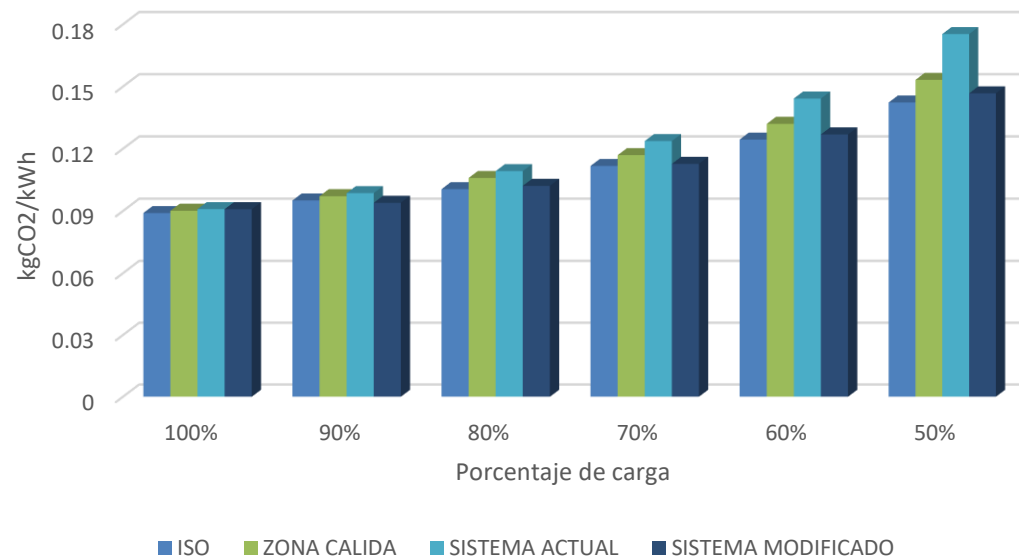
Las irreversibilidades del sistema de enfriamiento modificado son mayores con respecto a los demás casos debido a la cantidad de equipos que se asocian a su funcionamiento.

RESULTADOS

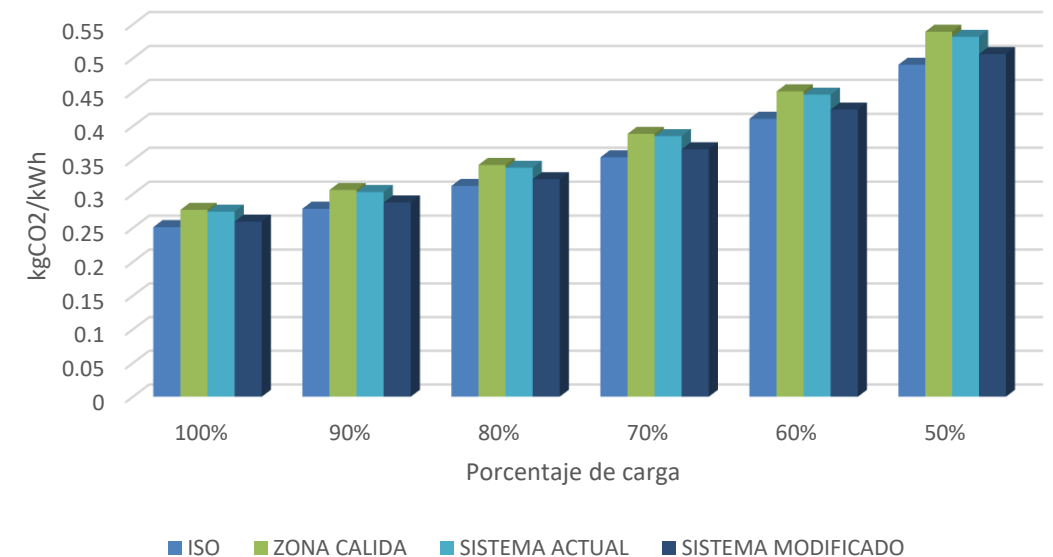
Análisis exergoambiental para los casos planteados

Costo específico ambiental de las corrientes

Costo ambiental del combustible



Costo ambiental de la energía



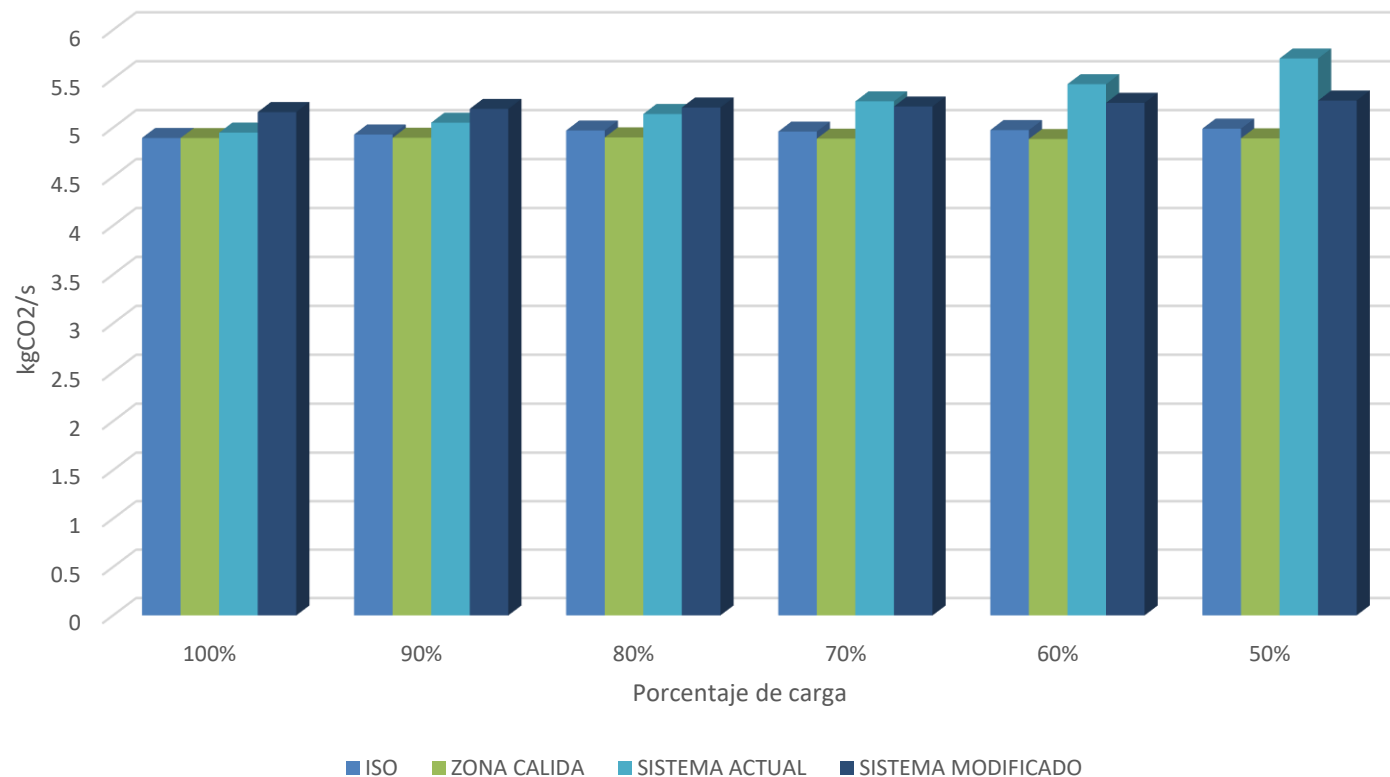
- Calculado con los resultados obtenidos de la herramienta SimaPro.

- Calculado por medio del balance general ambiental.

RESULTADOS

Análisis exergoambiental para los casos planteados

Tasa de impacto ambiental de la destrucción de exergía

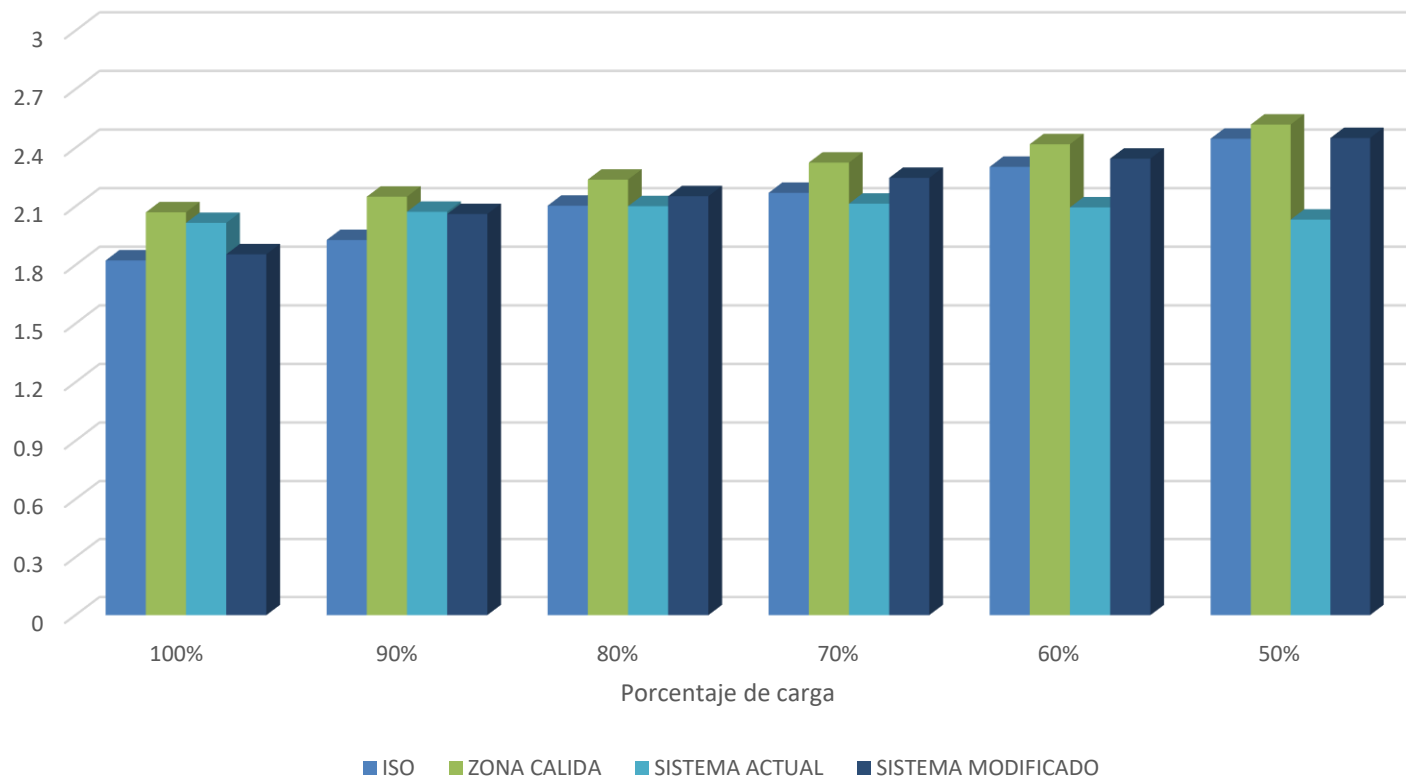


Relacionada directamente con el costo ambiental del combustible

RESULTADOS

Análisis exergoambiental para los casos planteados

Diferencia relativa de impacto ambiental específico



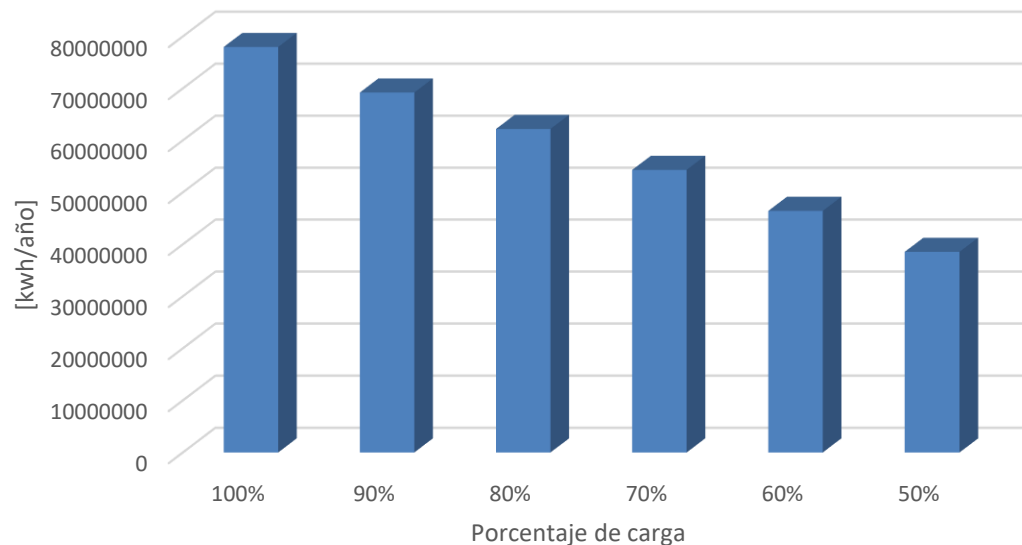
Indica el potencial para reducir el impacto ambiental

RESULTADOS

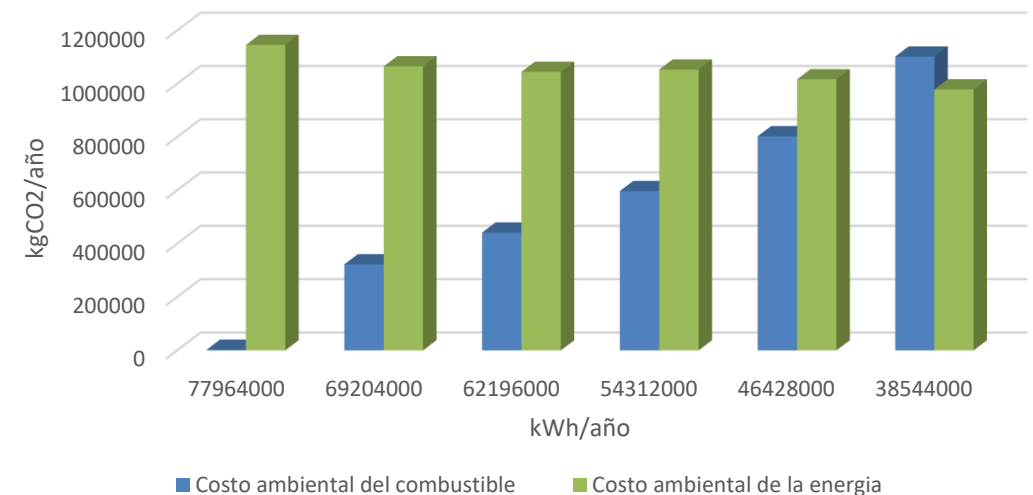
Análisis exergoambiental para los casos planteados

Ahorro de costos ambientales

Aumento energía con el sistema modificado



Ahorro costos ambientales entre el sistema actual y el modificado



- Relacionado con el ahorro en los costos ambientales del combustible y la energía por año a cada porcentaje de carga.

- Se ahorran trabajando a carga plena 1146070,8 toneladas de CO₂ al año.

CONCLUSIONES

1

Actualmente la central térmica estudiada cuenta con una temperatura de aire de admisión de 298,11 K y genera una potencia a carga plena de 157900 kW, al contemplar la idea de instalar el chiller de absorción esta potencia aumentaría un 5,6% ya que este equipo reduciría la temperatura del agua usada en el cooler evaporativo y así la del aire de admisión alcanzaría los 288,7 K. Esto influye exergoambientalmente ya los impactos ambientales están relacionados inversamente con la potencia generada, a medida que aumenta la potencia los impactos ambientales se reducen

2

El sistema de enfriamiento modificado cuenta con un chiller de absorción de simple efecto con el cual se aprovecharían los humos de salida de la turbina de gas. Se escogieron dos chiller's de la marca Thermax 2B con una capacidad frigorífica nominal de 7846 kW cada uno, los cuales requieren un caudal de agua de 1211,9 m³/h. El flujo de humos a la salida de la turbina es de 434,4 kg/s pero al instalar este sistema de enfriamiento solo se aprovecha 19,25 kg/s para ambos chiller's, es decir el restante iría directamente a chimenea. Con el aprovechamiento de este flujo de humos el cual reduce la temperatura del aire de admisión se alcanzan a generar 166800 kW trabajando la central a plena carga.

CONCLUSIONES

3

Al realizar el análisis exergoambiental del estado actual, se obtuvo un costo ambiental del combustible de $0,09087 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ trabajando a carga plena y este se incrementa a medida que el porcentaje de carga se reduce. También se obtuvo un costo ambiental de la energía de $0,274 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ a plena carga. Se calculan la tasa de impacto de destrucción de energía que está relacionada directamente con el costo ambiental del combustible, a carga plena se obtuvo una tasa de $4,94 \text{ kgCO}_2/\text{s}$

4

El análisis exergoambiental del sistema modificado arrojó un costo ambiental de combustible de $0,09084 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ trabajando a carga plena, de igual forma se obtuvo el valor para el costo ambiental de la energía a carga plena de $0,2593 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ se puede evidenciar con los resultados que estos valores se redujeron en comparación al sistema actual. Para el caso de la tasa de impacto de destrucción de el valor obtenido carga plena es $5,15 \text{ kgCO}_2/\text{s}$, al comparar esta tasa con el sistema actual se observa que si se trabaja a carga plena, el valor en el sistema modificado es mayor debido a las irreversibilidades del sistema ya que por la instalación de un nuevo equipo estas aumentan y el costo del combustible se mantiene estable.

CONCLUSIONES

5

Se evaluó el costo ambiental de la energía en cada uno de los casos planteados, obteniendo un menor costo a condiciones ISO de $0,2512 [kgCO_2/kWh]$ trabajando a plena carga, seguido del sistema de enfriamiento modificado con un costo de $0,2593 [kgCO_2/kWh]$. Por otra parte los costos ambientales de potencia más altos se encontraron en el caso de zona cálida y sistema actual alcanzando valores de $0,2766 [kgCO_2/kWh]$ y $0,274 [kgCO_2/kWh]$ respectivamente trabajando a carga plena. Se presenta una reducción máxima de 5.36% en este costo en el sistema de enfriamiento modificado en comparación con el sistema actual con una generación de energía de $166800 kWh$.

6

Tomando como referencia un estudio ambiental aplicado a las centrales eléctricas modificadas para quemar carbón y paja de arroz el costo ambiental de la energía cuando se generan $31500 kWh$ y se utiliza carbón como combustible alcanza un valor de $1,23 [kgCO_2/kWh]$. Este resultado se esperaba ya este costo está relacionado con el combustible utilizado por lo tanto el carbón provoca serios daños al medio ambiente, principalmente porque su utilización como fuente de energía se da por medio de la combustión que libera grandes cantidades de gases, mientras que el gas natural es el combustible fósil que emite menos CO_2 por unidad de energía generada.

7

Por último, al evaluar el ahorro de los costos ambientales por año entre el sistema actual y modificado a carga plena se ahorran $1146070 kgCO_2$ en el costo ambiental de la energía, este valor disminuye proporcionalmente con el porcentaje de carga ahorrándose por año a carga media $979017,6 kgCO_2$.

RECOMENDACIONES

1

Para trabajos futuros se recomienda hacer uso de una herramienta computacional que cuente con mayor enfoque termodinámico, con el fin de simular todos los procesos en un mismo programa y de esta manera asegurar la conectividad de todos los parámetros asociados al sistema para obtener resultados más asertivos.

2

De igual forma se le recomienda a la central estudiada determinar y analizar el trabajo propuesto para definir el enfoque de una posible mejora, si bien desean incrementar su capacidad de generación y contribuir a reducir las emisiones de CO₂, la implementación del chiller de absorción es una buena alternativa.