



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Análisis paramétrico y evaluación estadística de las turbinas de gas comerciales empleadas para cogeneración hasta 50MW

**Author:** Adriana Santamaria-Padilla

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 17  
**Mail:** [adripiscosour08@gmail.com](mailto:adripiscosour08@gmail.com)  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

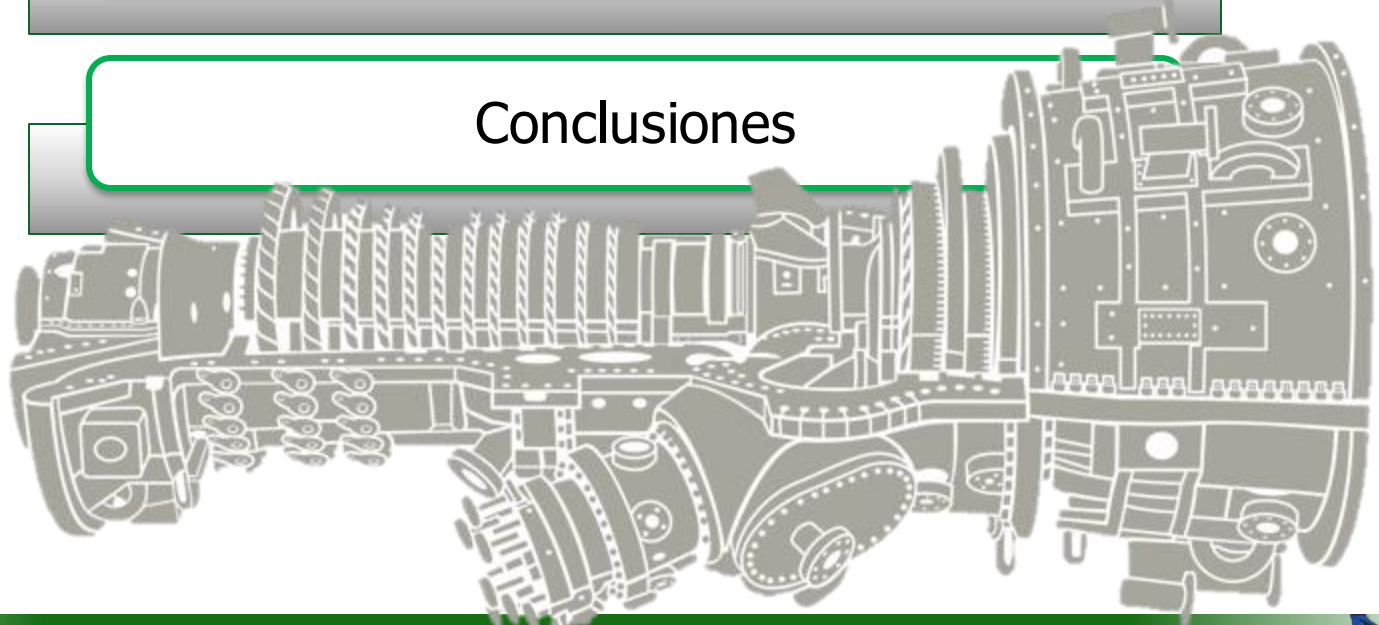
Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones



# Introducción

México cuenta con gran potencial para la cogeneración, el cual varía desde un mínimo de 849 MW a un máximo de 8,457 MW.

La cogeneración de alta eficiencia, al producir conjuntamente calor y electricidad en el centro de consumo térmico, aporta los siguientes beneficios energéticos, económicos y ecológicos:



Disminución de los consumos de energía primaria.

Reducción de emisiones de GEI.

Reducción de costos energéticos e incremento de productividad.

En este trabajo se realizó un estudio paramétrico a 38 turbinas comerciales, a partir de los datos que cada fabricante proporciona en sus fichas técnicas, en un intervalo de potencia de 1 MW hasta 50 MW.

# HITACHI



# Solar<sup>®</sup> Turbines

*A Caterpillar Company*

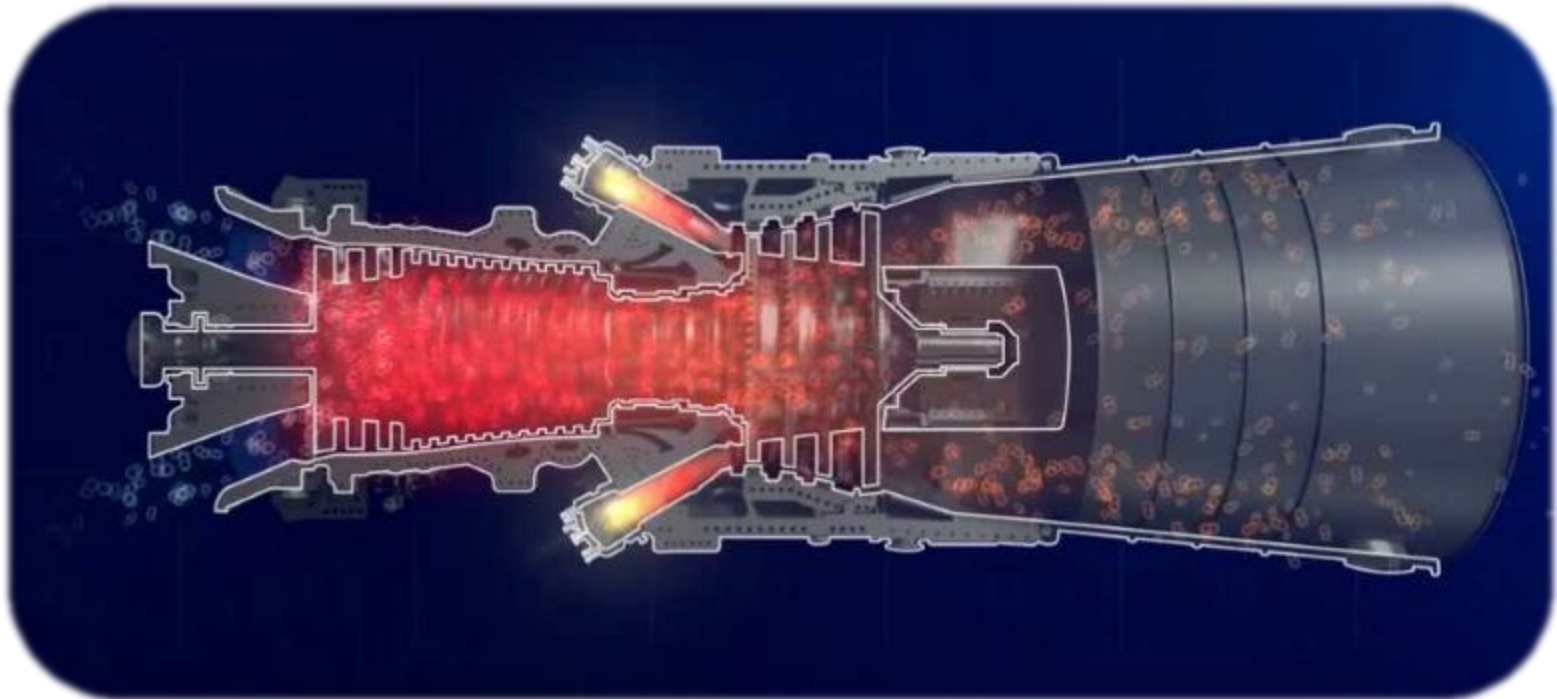


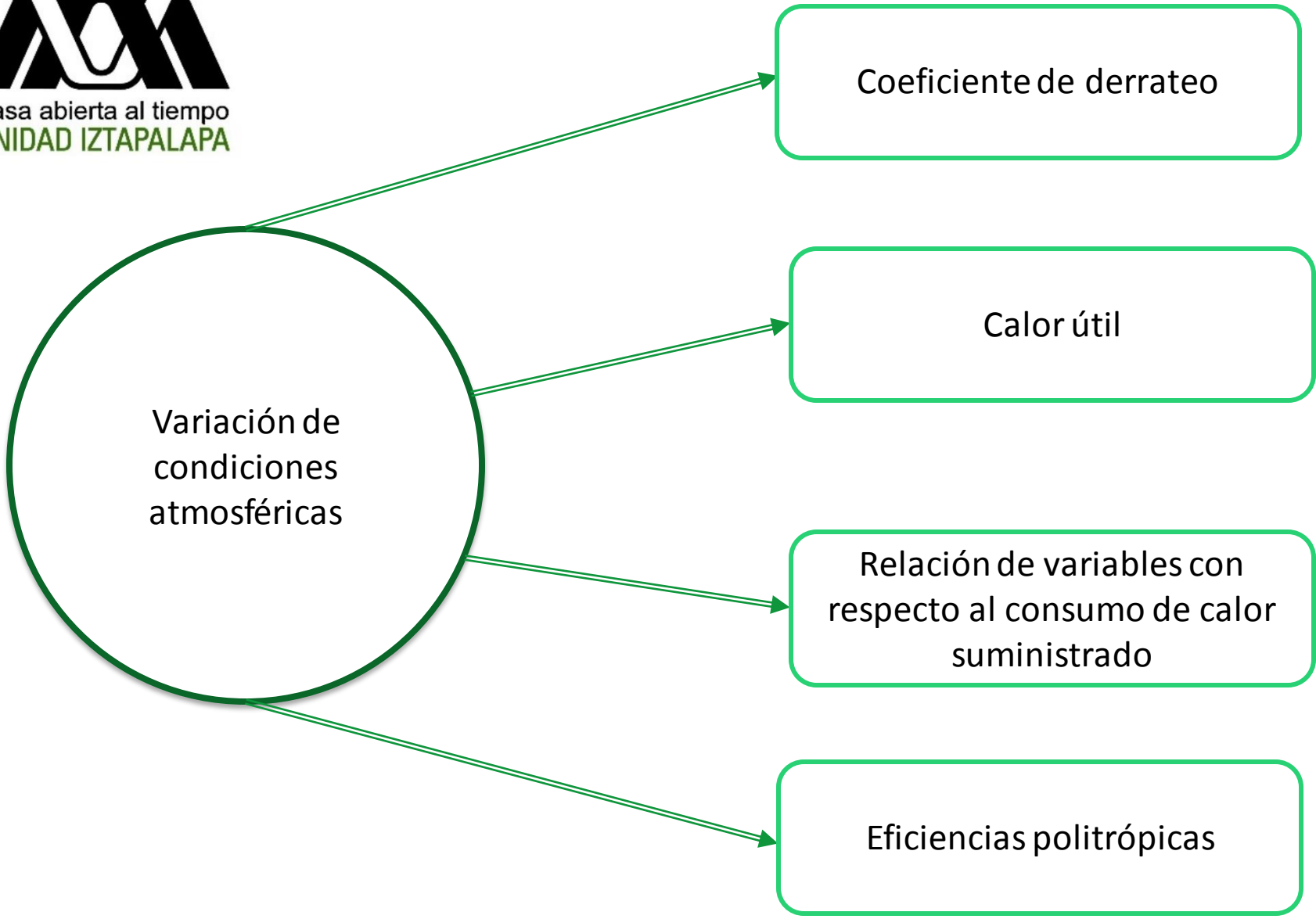
# Rolls-Royce<sup>®</sup>

# SIEMENS

4

Una turbina de gas es una turbomáquina capaz de generar potencia mecánica a partir de la combustión de una mezcla de combustible y aire en determinadas condiciones de presión y temperatura.





# Metodología

La composición del gas natural es igual para todas las turbinas:  
PCI=38,563 kJ/m<sup>3</sup>.

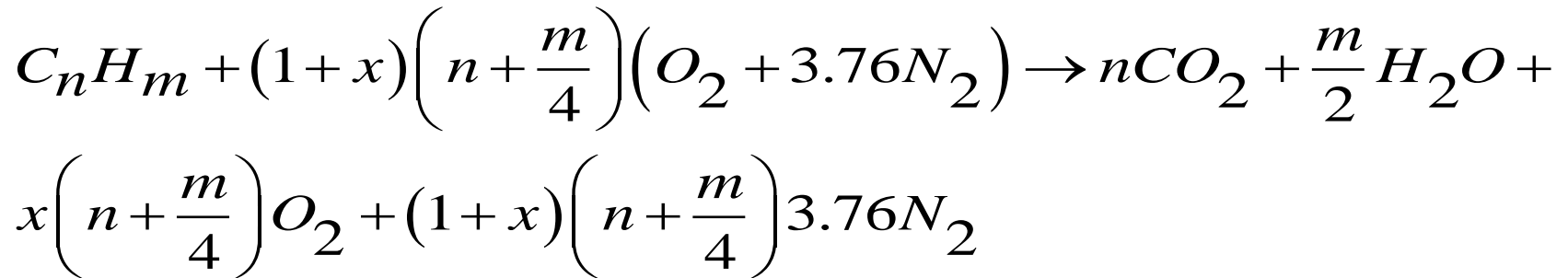
**Tabla 1.- Composición del GN**

Compuesto	Porcentaje [%]
CH <sub>4</sub>	90
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3
CO <sub>2</sub>	1
N <sub>2</sub>	1
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.5
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.3
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.2

A partir de datos del fabricante, los flujos de combustible y aire se determinan mediante:

$$Ec = \frac{\dot{W}}{\eta_{ele}} \quad \dot{m}_{comb} = \frac{Ec \rho}{PCI} = \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad \dot{m}_{aireISO} = \dot{m}_{gc} - \dot{m}_{comb}$$

El RAC se calcula con el balance de materia de la reacción:



Con lo anterior se tiene la forma compacta siguiente:



$$RAC_{st} = \frac{\left( n + \frac{m}{4} \right) * 4.76 * 29}{MM}$$

$$RAC_{real} = \frac{\dot{m}_{aire}}{\dot{m}_{comb}}$$

$$x = \frac{RAC_{real}}{RAC_{st}} - 1$$



## Cálculo de las propiedades termodinámicas

Estado 1.- Admisión de aire al compresor.

$$V_1 = \frac{R_{aire} T}{P}$$

Volumen de aire específico de cada turbina se considera constante.

$$V_{aire} = V_1 * \dot{m}_{aireISO}$$

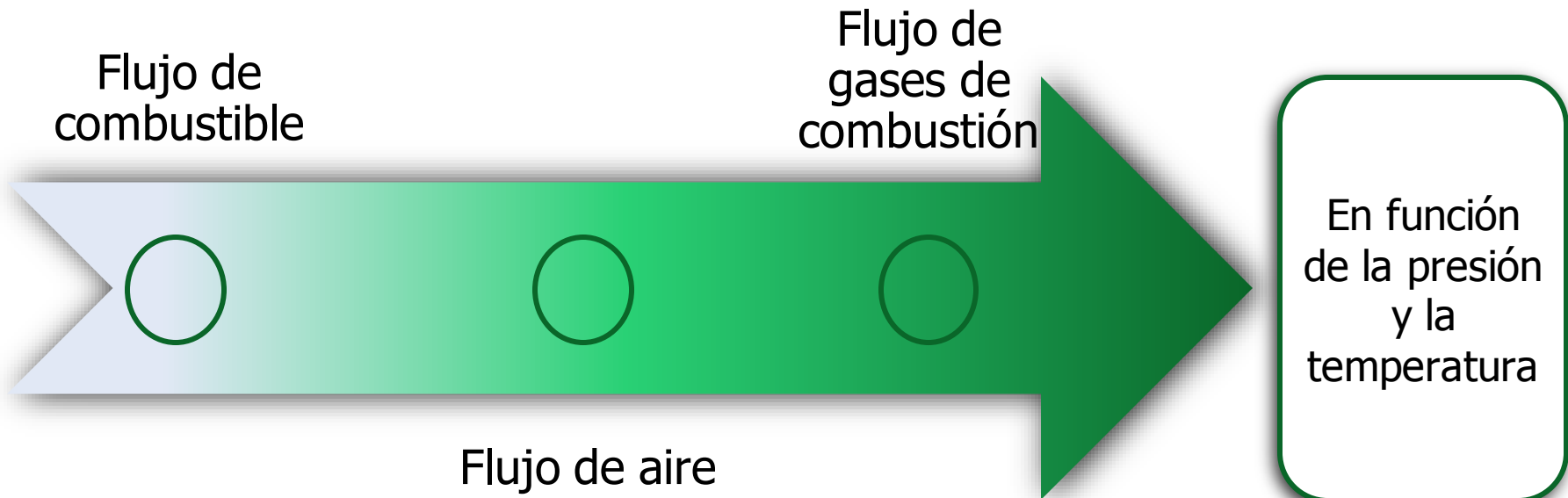
Estado 2.- Salida del aire del compresor. Se considera, en una primera instancia, una eficiencia del compresor del 80%.

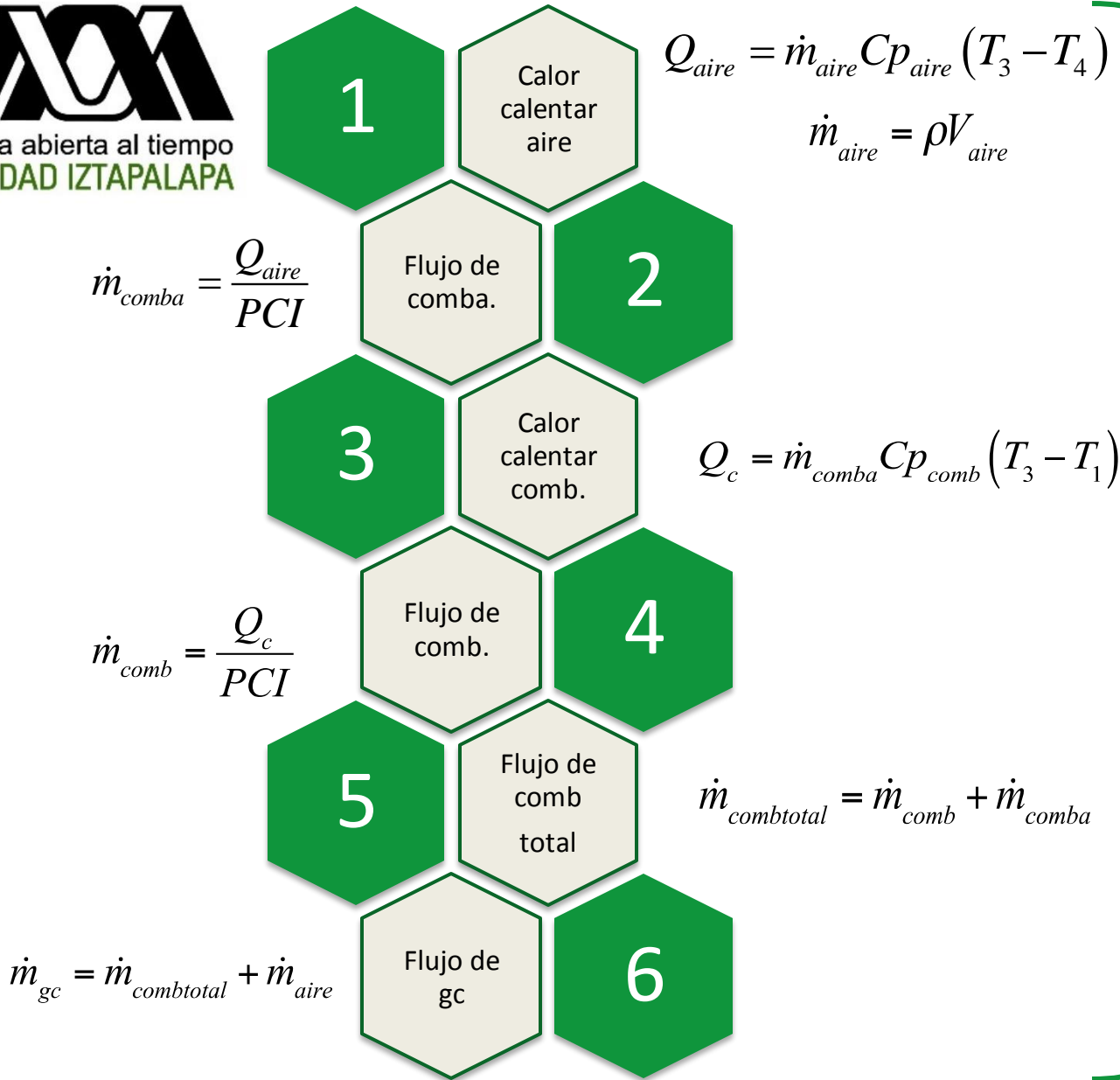
$$\eta_{sic} = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1} \quad T_2 = T_1 \left[ 1 + \frac{1}{\eta_{sic}} (\pi^x - 1) \right] \quad \pi = \frac{P_2}{P_1} \quad x = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

Estado 4.- Salida de gases de la turbina. El fabricante nos proporciona la temperatura de los gases de escape.

### Estado 3.- Proceso de suministro de calor.

$$\dot{W} = m_{gc} Cp (T_3 - T_4)$$





$$\dot{W}_{real} = \frac{\dot{m}_{gc} C_{p_{aire}} (T_3 - T_4)}{1000} [=] MW$$



Casa abierta al tiempo  
UNIDAD IZTAPALAPA

# Resultados

Tiene un decremento en la potencia del 5.48% por cada 500 msnm y 1.7% por cada 5°C que aumenta la temperatura

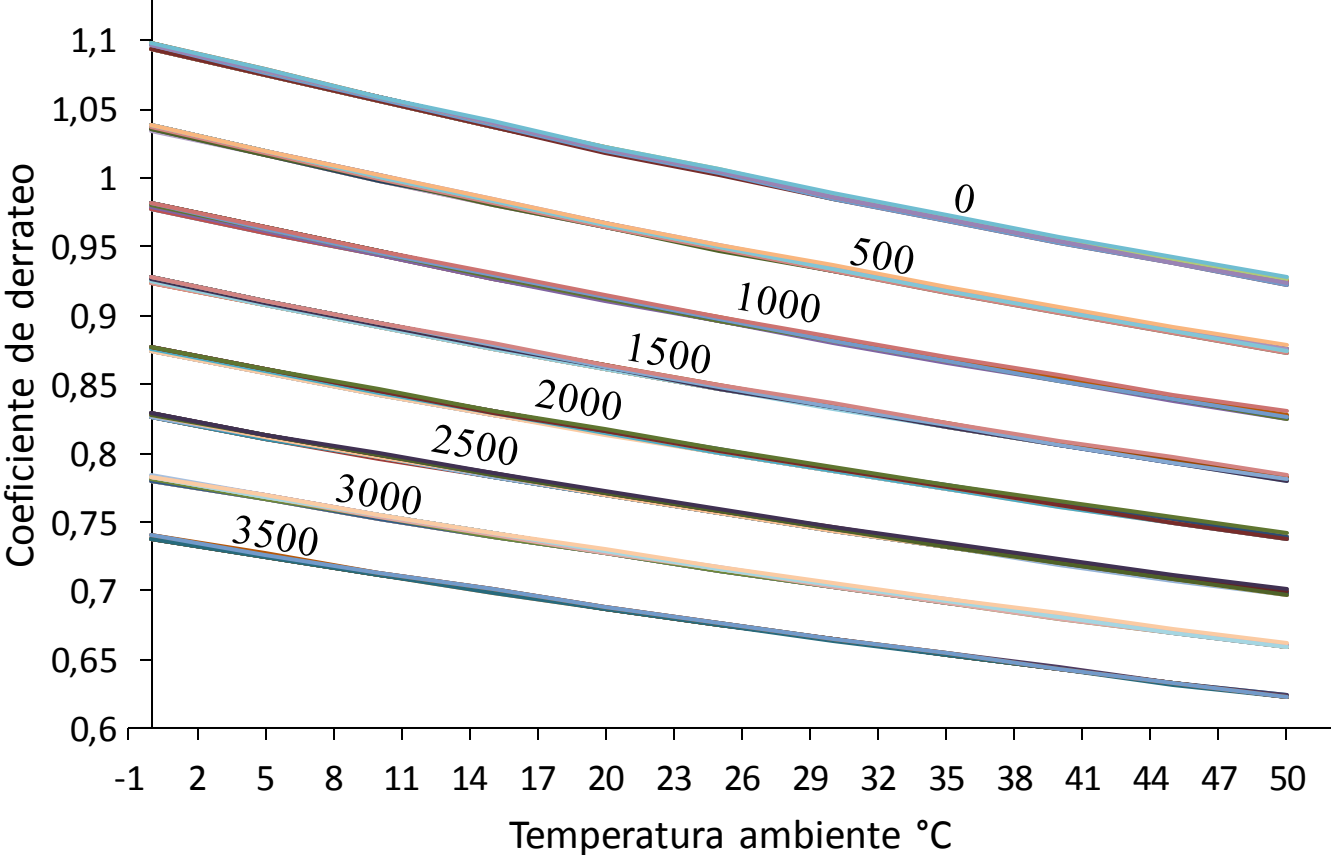


Figura 1.- Coeficiente de derrateo de turbinas de gas a distintas condiciones atmosféricas. 12



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

**2016**  
**CIERMMI**  
"La transición energética en beneficio de México"  
Del 19 al 21 de Octubre

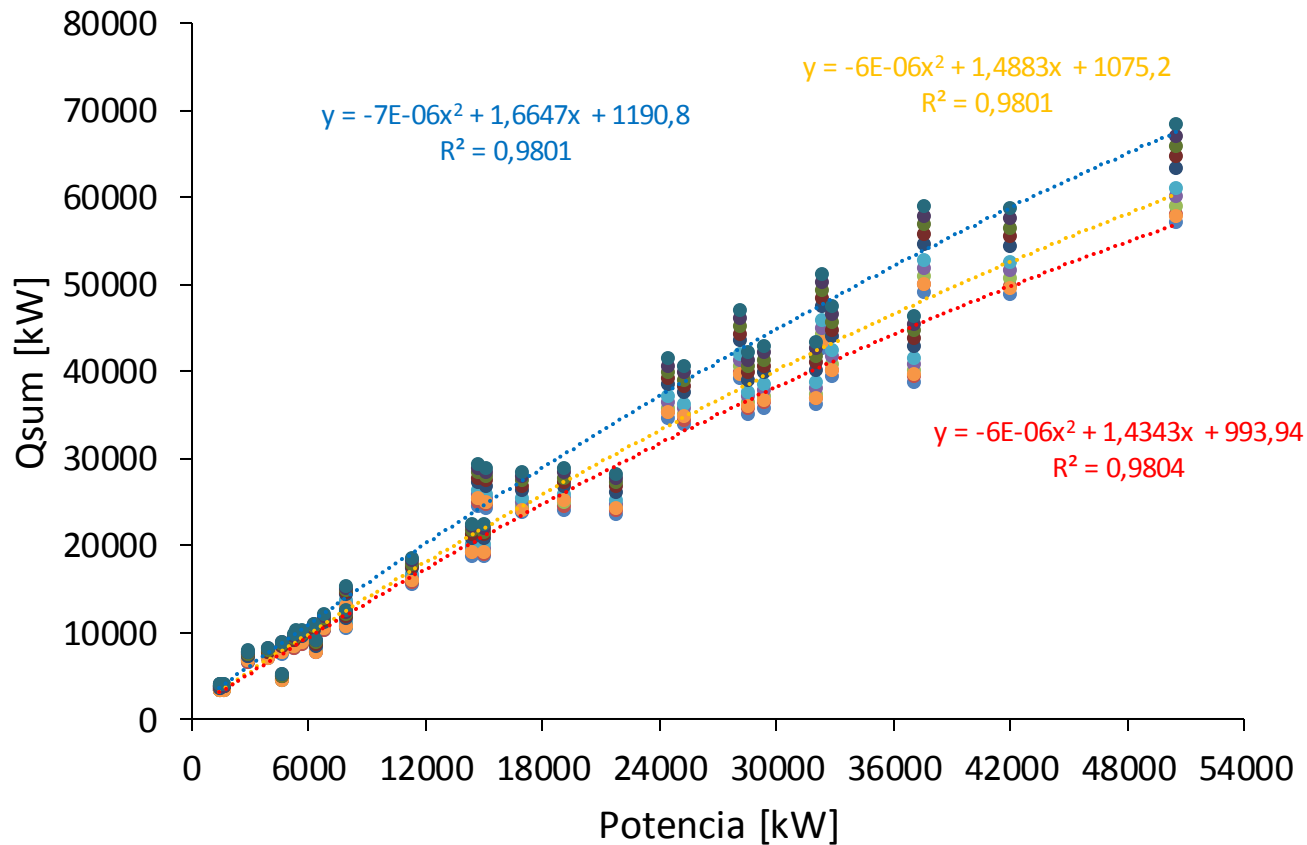


Figura 2.- Calor suministrado en función de la potencia de cada turbina, a presión de 1 atm variando la temperatura ambiente

Las turbinas en general generan un trabajo promedio de 0.8732 kW por cada kW de calor suministrado. De forma global se tiene un consumo de calor promedio de 1.5320 kW por cada kW de potencia.

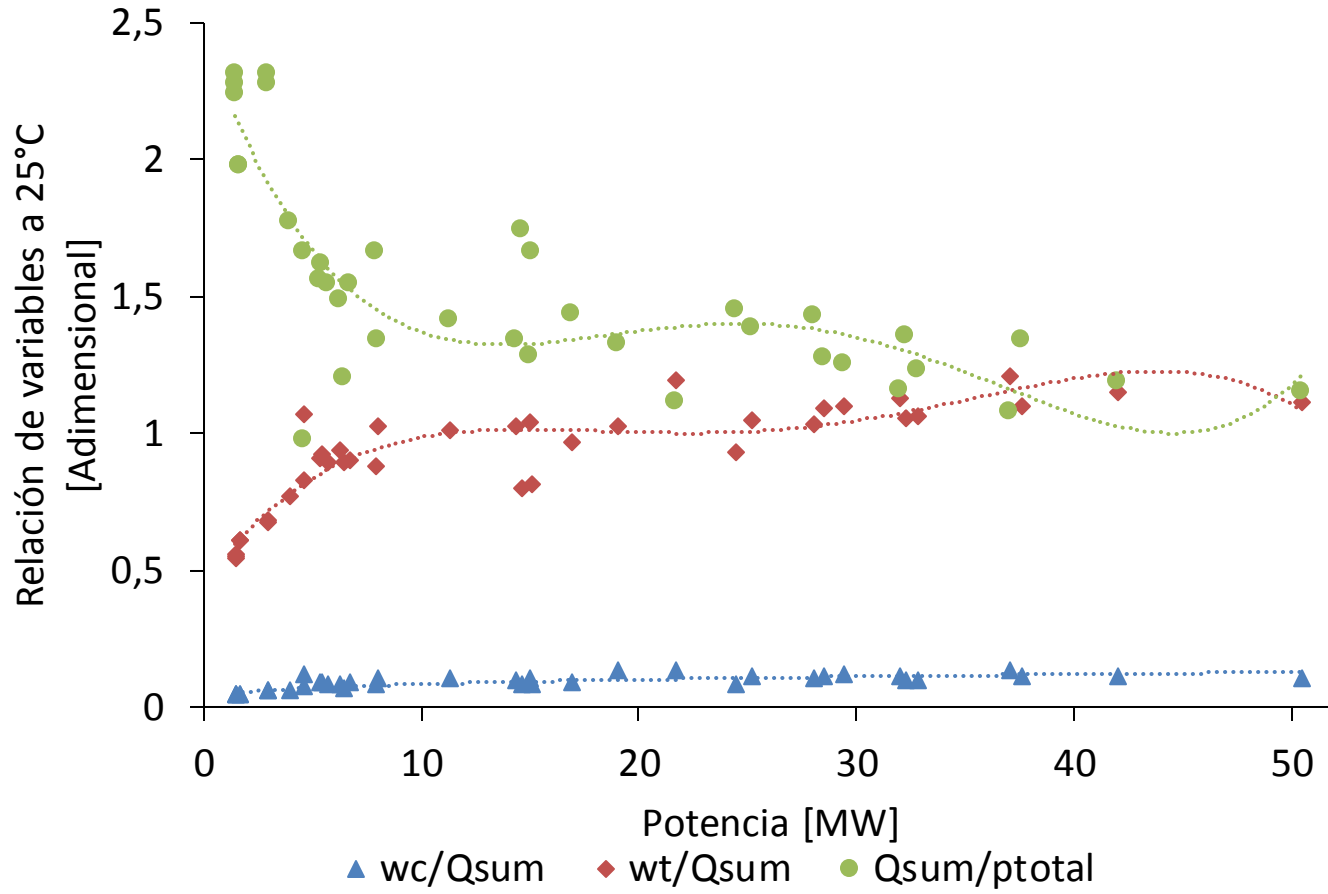


Figura 3.- Relación de variables a 25°C en función de la potencia.

Figura 4.- Diagrama Temperatura entropía ideal

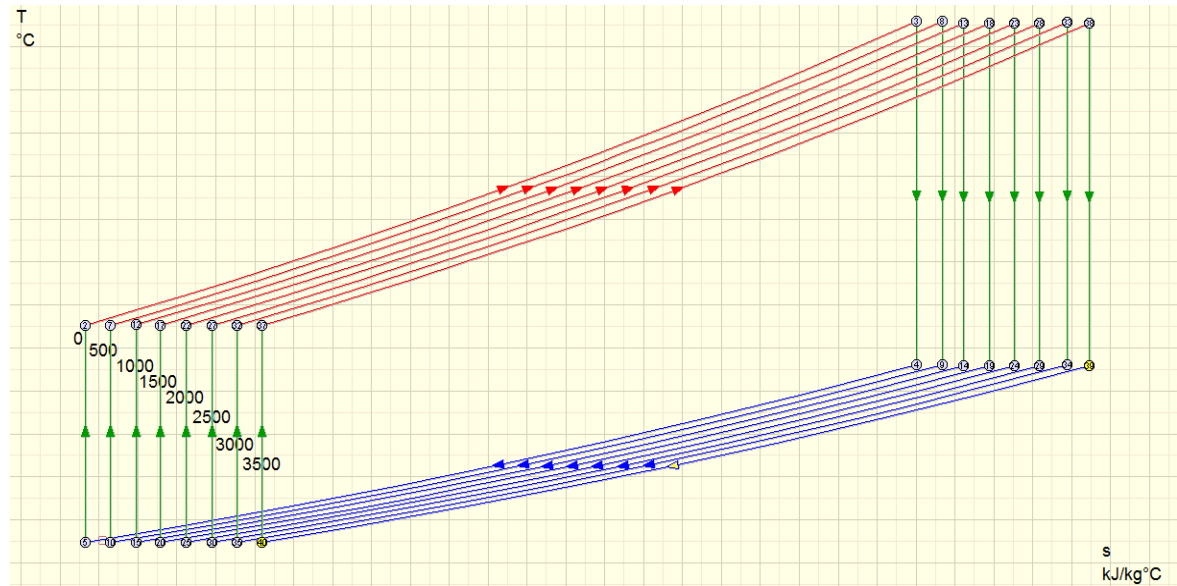
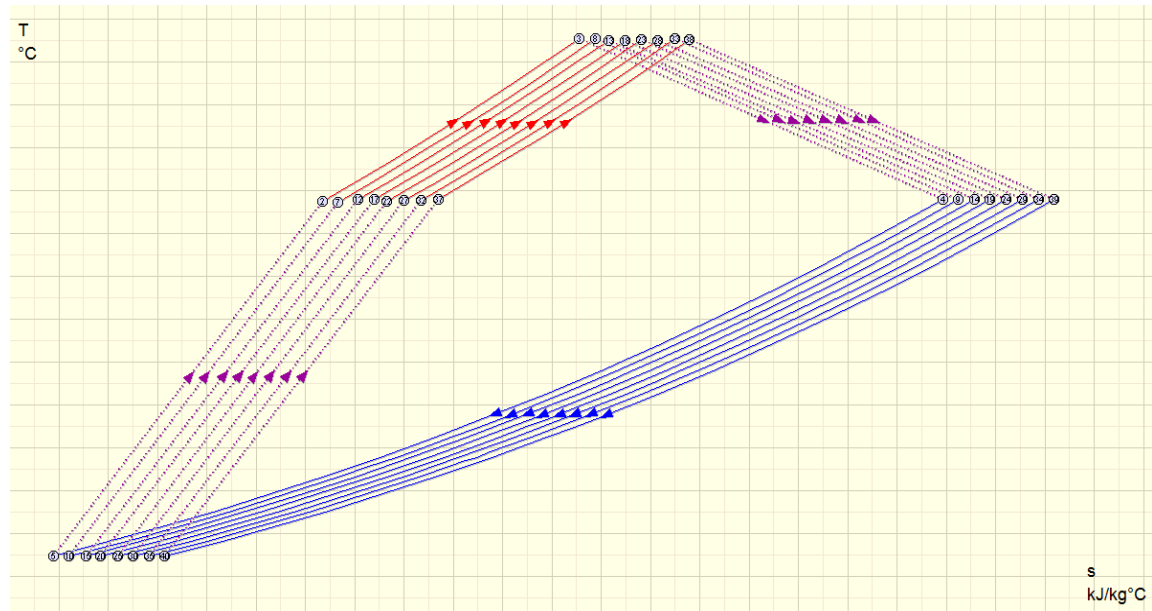


Figura 5.- Diagrama Temperatura entropía real



# Eficiencias politrópicas para los compresores y turbinas de entre 50-98% y 79-85%

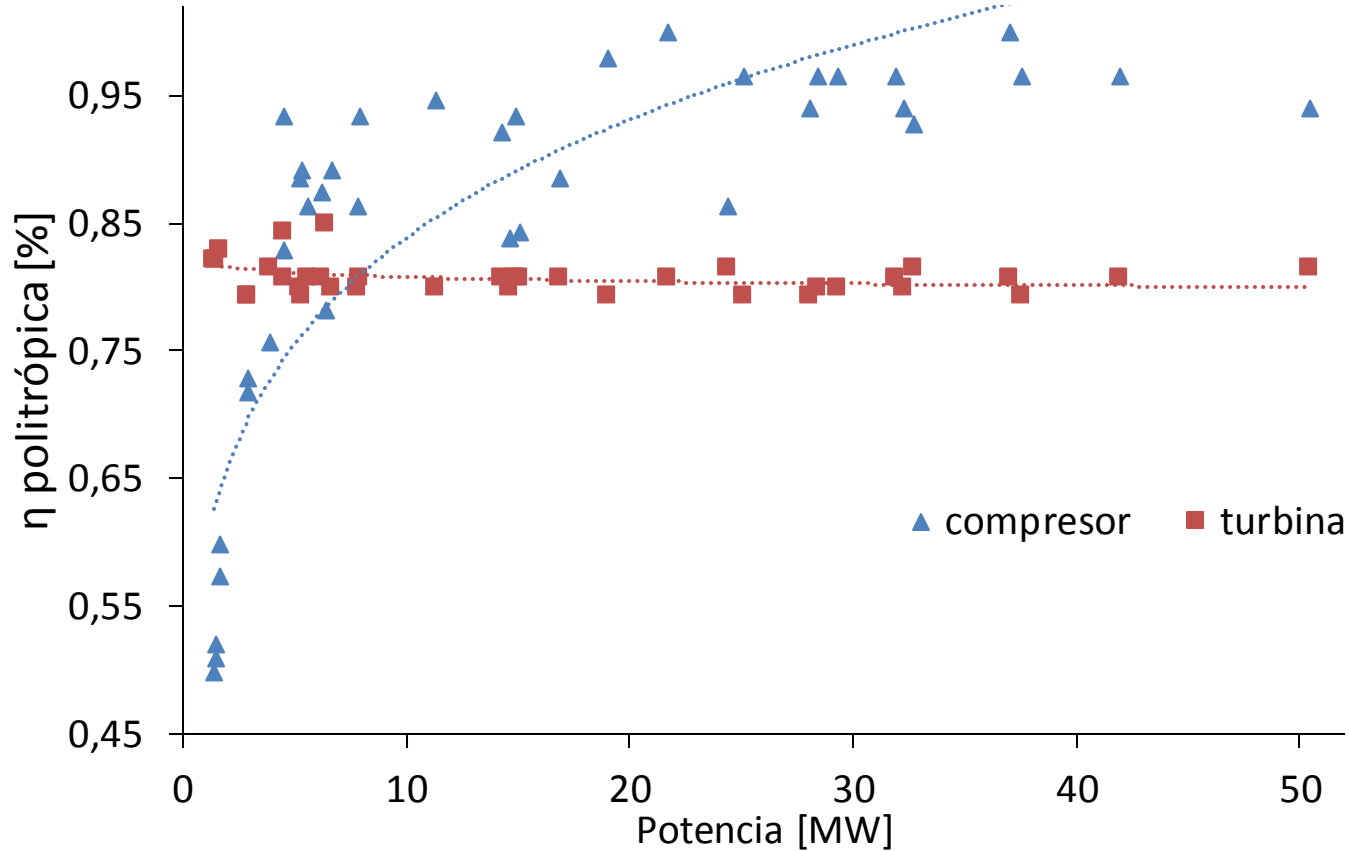


Figura 6.- Dispersión de eficiencia politrópica del compresor y turbina



# Conclusiones

Las turbinas de gas tienen un decremento de potencia del 5.48% por cada 500 msnm y 1.7% por cada 5 °C.

Las turbinas en general generan un trabajo promedio de 0.8732 kW por cada kW de calor suministrado. De forma global se tiene un consumo de calor promedio de 1.5320 kW por cada kW de potencia.

Eficiencias politrópicas para el compresor y turbina que van de 50-98% y 79-85%

Falta desarrollo tecnológico en compresores menores a 5MW

# Referencias

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica (6 edición)*. España: Mc Grawll Gill.
- CONUUE. (2009). *Estudio sobre Cogeneración en el sector Industrial en México*. México.
- Energiza, R. (Marzo de 2014). *Energiza*. Obtenido de <http://www.energiza.org/tubinasgasmarcho14/124-especial-turbinas-de-gas/971-principio-de-operaci%C3%B3n-en-una-turbina-de-gas>. Consulta: 23 marzo 2016.
- SENER. (2014). *Balance nacional de energía 2014*. México.
- Unisolar. (s.f.). *Cogeneración Micro-cogeneración y trigeneración* . México.
- Wiley, V. (2008). *Fundamentos de termodinámica*. México: Limusa.



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)