

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DE UN SISTEMA
TERMO SOLAR CON TECNOLOGÍA FRESNEL PARA
LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL
DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

Juan Sebastián Gaitán Álvarez

Director: Ph,D. Luis Sebastián Mendoza.

Codirector:

Ph,D. Ana Lisbeth Galindo Noguera





CONTENIDO

PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

DESARROLLO

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



Área de $20,848 \text{ km}^2$ y densidad de $47,27$ personas por km^2

45 % de su población no tiene acceso a electricidad, agua potable, alcantarillado, y recibe una calidad de educación baja



Fuente: DW, made for minds

PROBLEMA



Fuente: Revista Semana



La pobreza en La Guajira urbana asciende al 53% de su población; en La Guajira rural, al 84 %.



Fuente: DW, made for minds



Marefati, Mehrpooya y Mousavi(2019)[11] en su artículo **“Introducing an integrated SOFC, linear Fresnel solar field, Stirling engine and steam turbine combined cooling, heating and power process”** desarrollaron un sistema solar Fresnel para determinar la exergía, las eficiencias y la producción de electricidad.



Potencia[kW]	12560
Eficiencia eléctrica [%]	49.71

JUSTIFICACIÓN



Potencia: 30 Mw
Fuente: OlhIndustrial





OBJETIVOS

Realizar un dimensionamiento y un modelo matemático de un sistema tipo Fresnel para implementarlo en el departamento de la Guajira bajo condiciones climáticas reales, a fin de determinar la viabilidad técnica en el proceso de generación de energía eléctrica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Caracterizar el potencial energético solar en la zona de implementación, para determinar el tamaño del campo solar.
- ❖ Elaborar el modelo óptico-geométrico para el sistema tipo Fresnel, para determinar los parámetros de diseño del campo solar.
- ❖ Elaborar el modelo del ciclo de potencia utilizando el fluido orgánico (ORC) para determinar la potencia eléctrica.
- ❖ Validar el modelo matemático con revistas especializadas y realizar la evaluación de viabilidad técnica del sistema Fresnel para la implementarlo en el departamento de la Guajira.



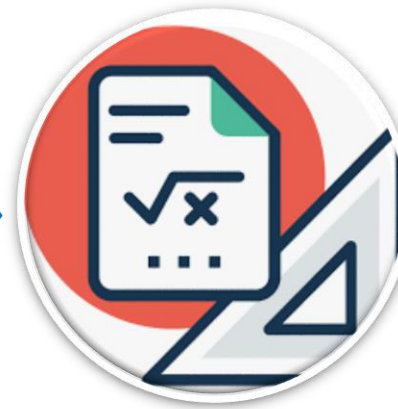
METODOLOGÍA



Fase de caracterización del recurso solar



Fase del modelo matemático óptico-geométrico del campo de colectores solares Fresnel.



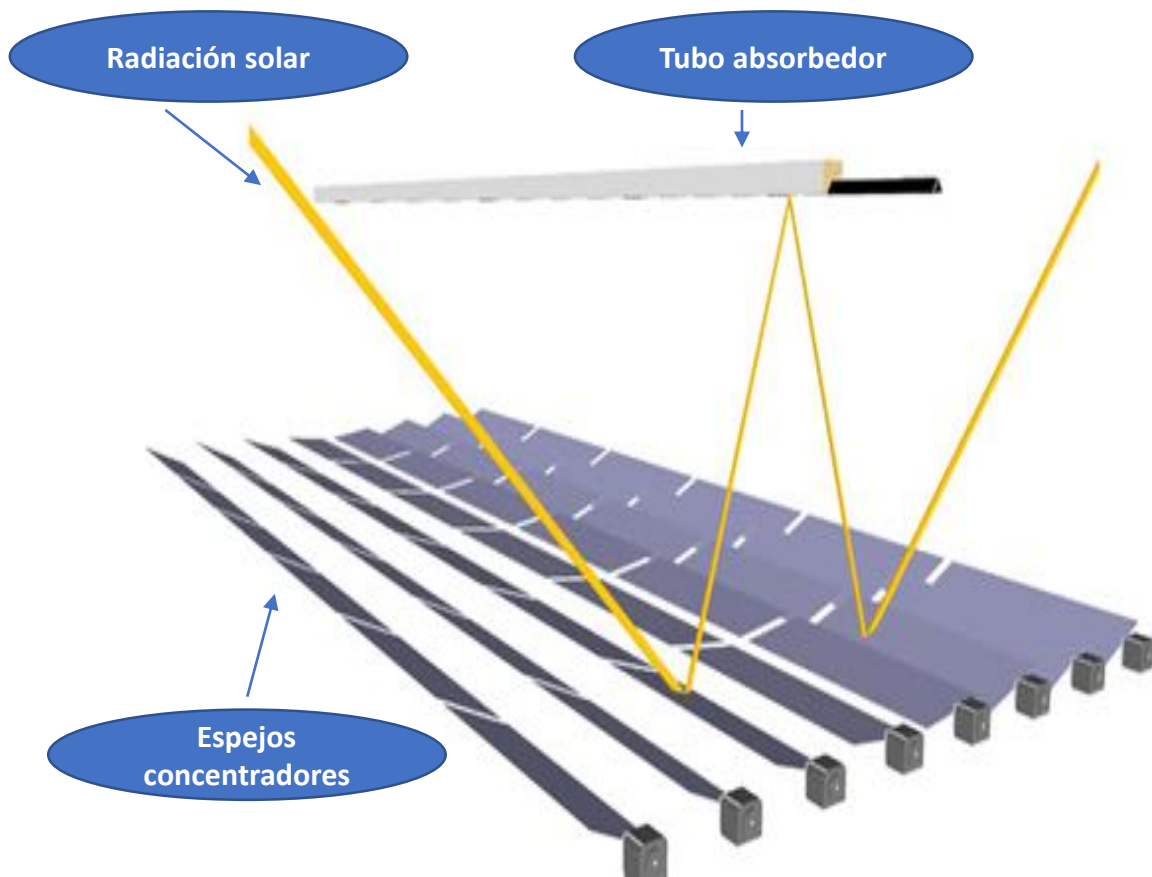
Fase del modelo matemático térmico del campo de colectores Fresnel.



Fase del dimensionamiento del ciclo orgánico Rankine

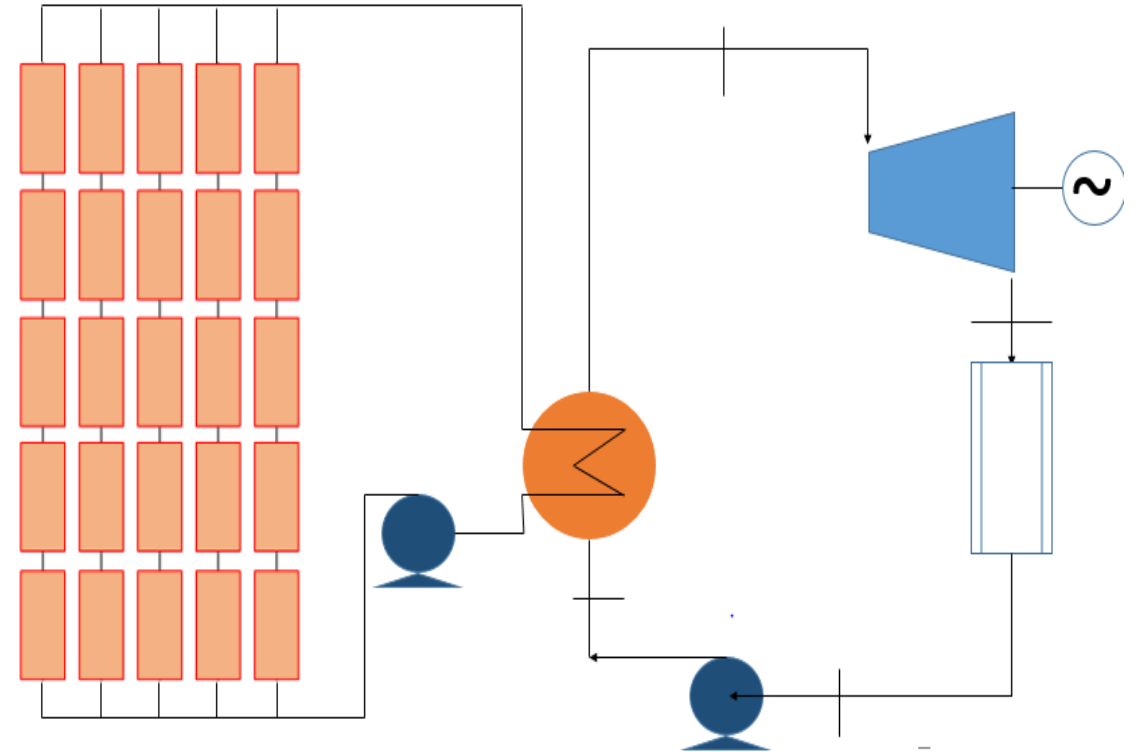


DESARROLLO



Características del colector comercial LF-11

Vida útil del espejo [años]	20
Número de espejos	22
Longitud del espejo [m]	4.06
Ancho del espejo [m]	0.5
Altura del colector con respecto al tubo absorbedor [m]	4



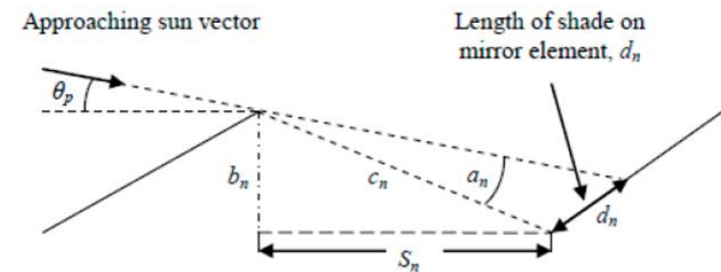
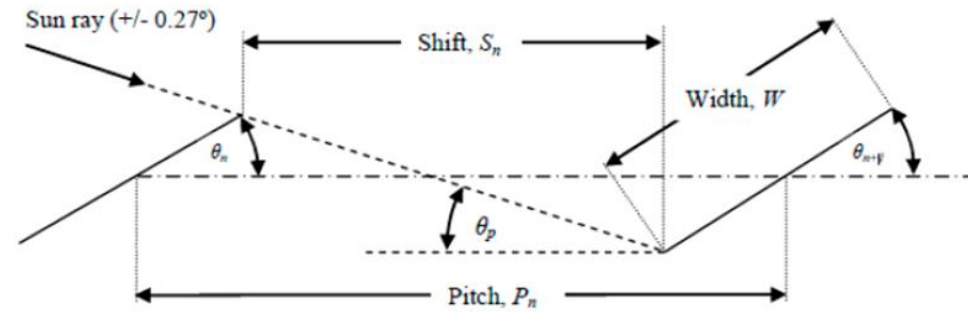
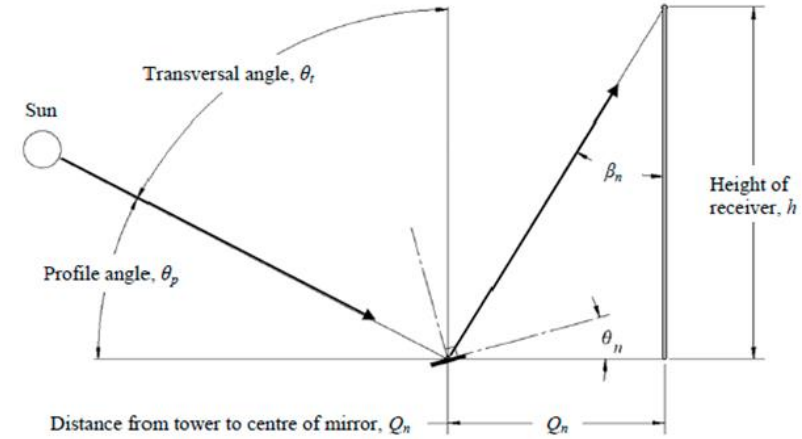
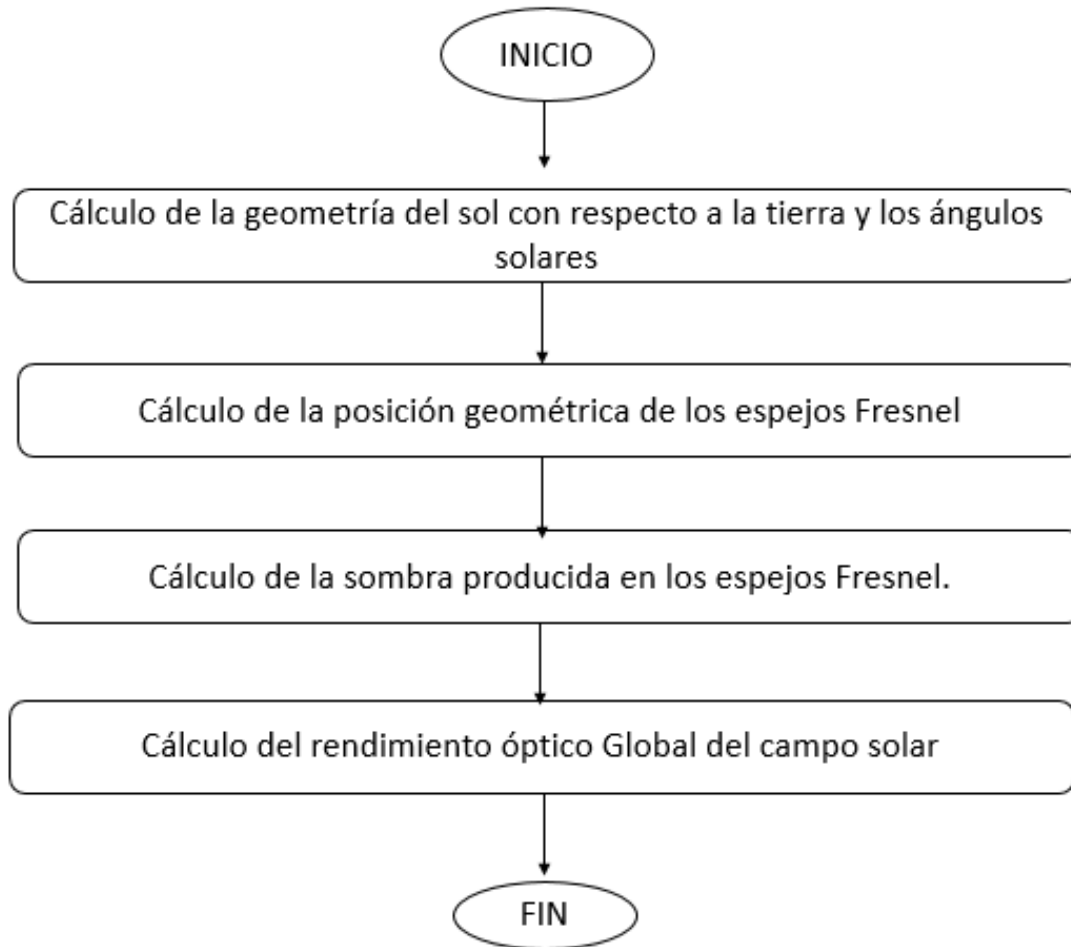
Datos del tubo absorbedor SCHOTT PTR 70

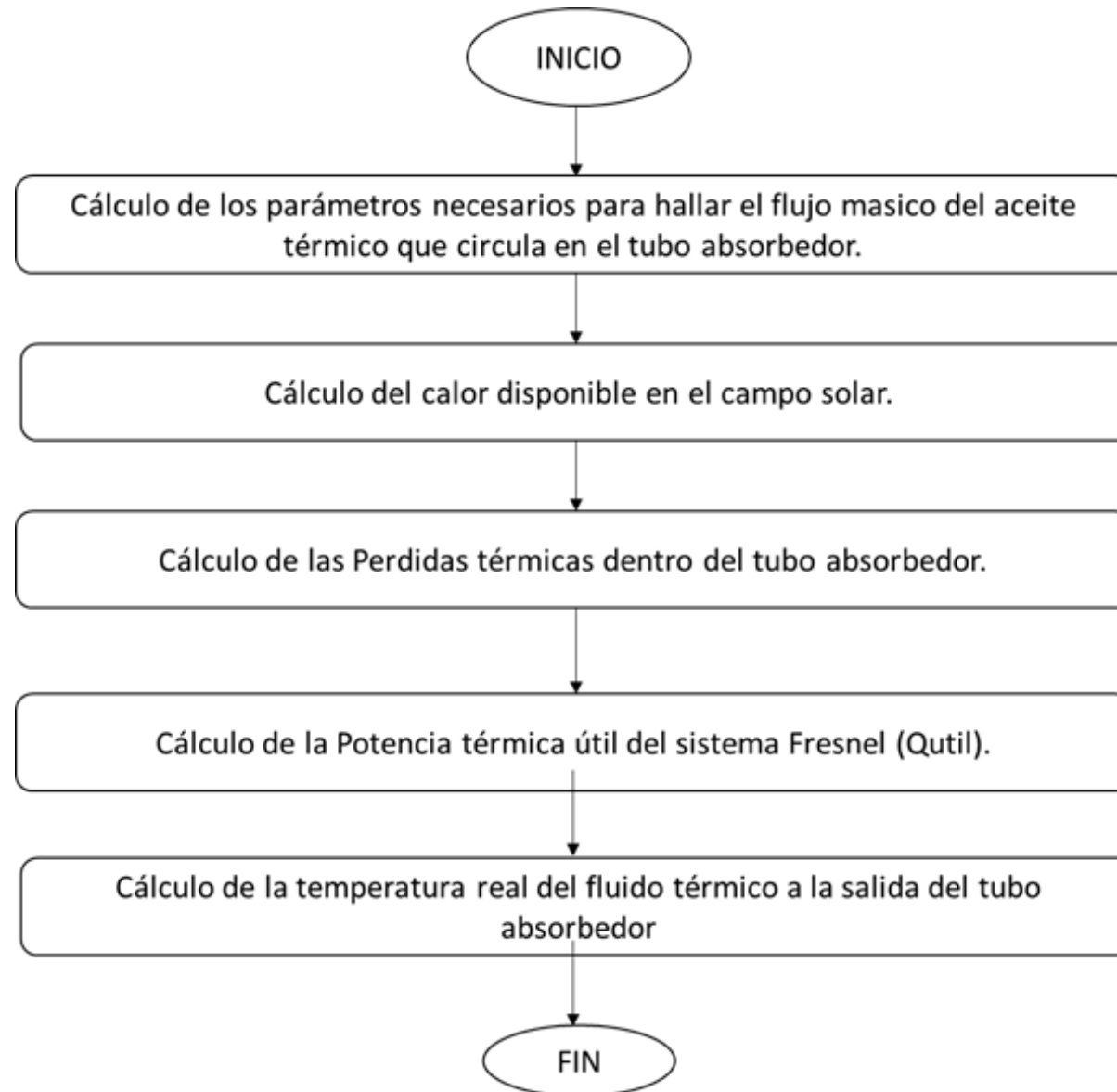
Longitud[m]	4.06
Diámetro exterior tubo metálico[m]	0.07
Diámetro interior tubo metálico[m]	0.065
Tipo de metal [Acero inoxidable]	-
Diámetro exterior tubo vidrio[m]	0.125
Diámetro interior tubo vidrio[m]	0.12
Emisividad del tubo metálico [-]	0.14
Emisividad del tubo de vidrio [-]	0.1
Vida útil [años]	>25



DESARROLLO

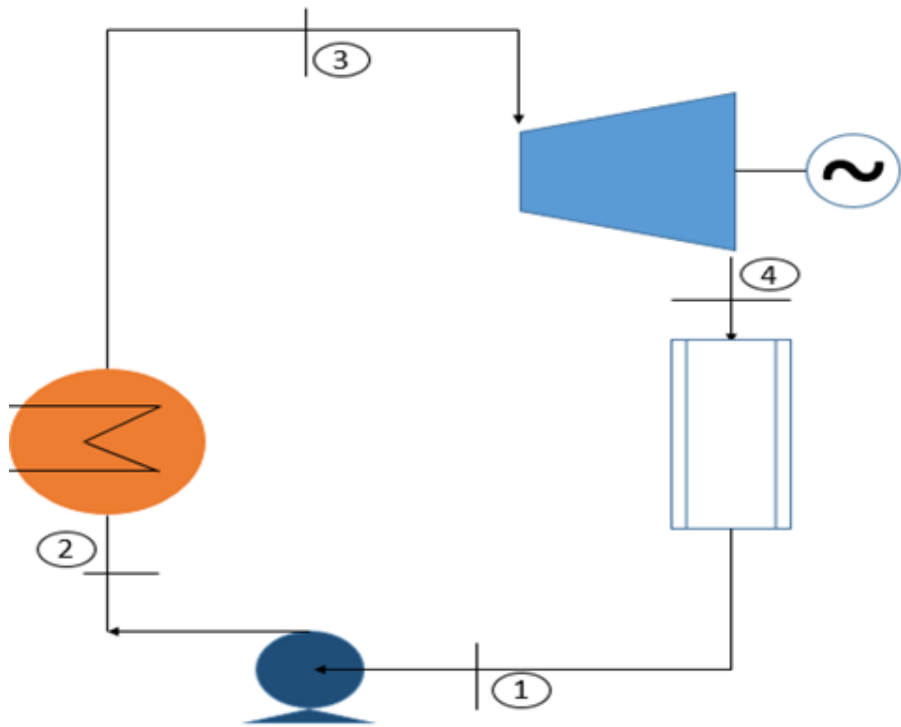
Meses del año	IDEAM ($\frac{Wh}{m^2}$)	DNI ($\frac{W}{m^2}$)	DNI Promedio ($\frac{W}{m^2}$)
Enero	5200	611.764	655.098
Febrero	5550	652.941	
Marzo	5700	670.588	
Abril	5850	688.235	
Mayo	5600	658.823	
Junio	5950	700	
Julio	6200	729.411	
Agosto	6050	711.764	
Septiembre	5750	676.470	
Octubre	5220	614.117	
Noviembre	4900	576.470	
Diciembre	4850	570.588	



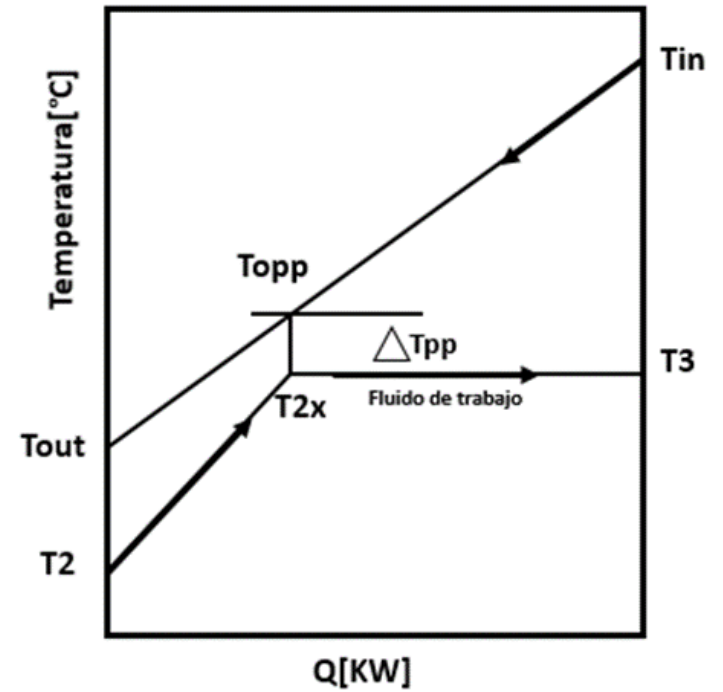




Dimensionamiento del ciclo Rankine Orgánico (ORC)



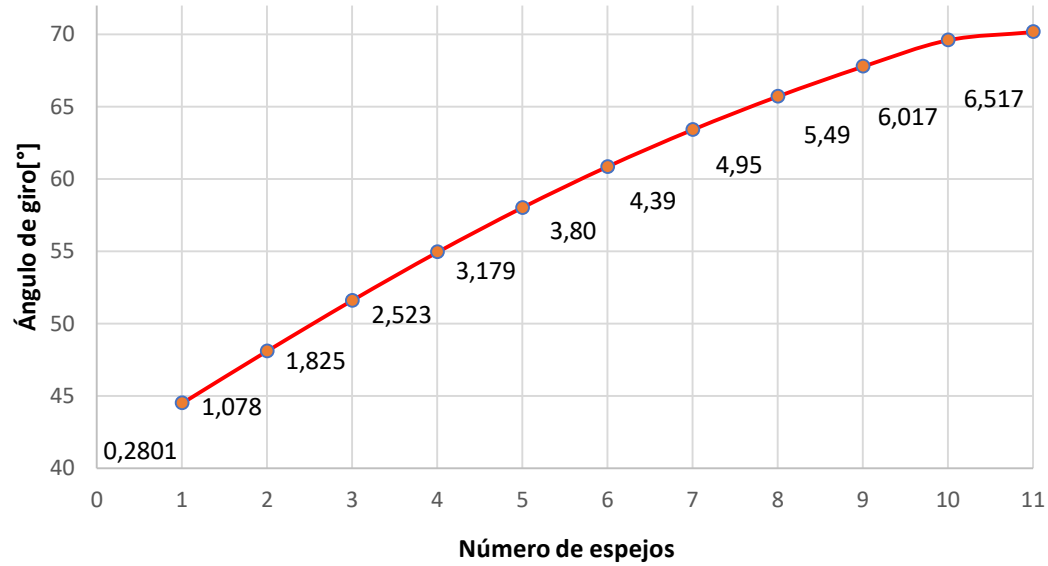
- ① Entrada a la bomba
- ② Entrada al evaporador
- ③ Entrada a la turbina
- ④ Entrada al condensador





RESULTADOS

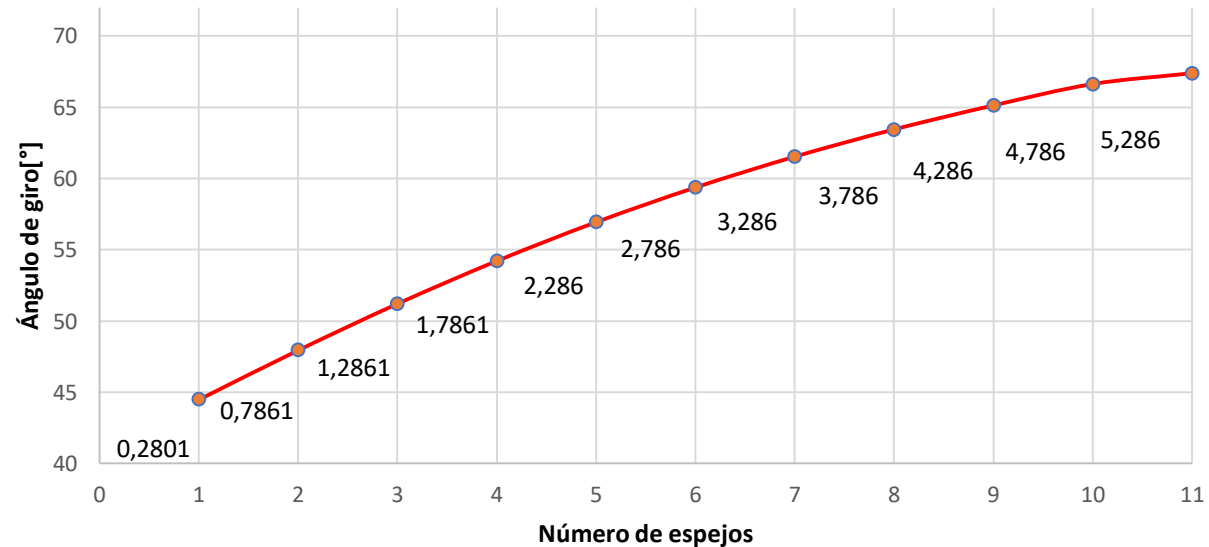
Ángulo de giro del espejo, hora local: 8 am



Ángulo de giro del espejo , hora local: 10 am



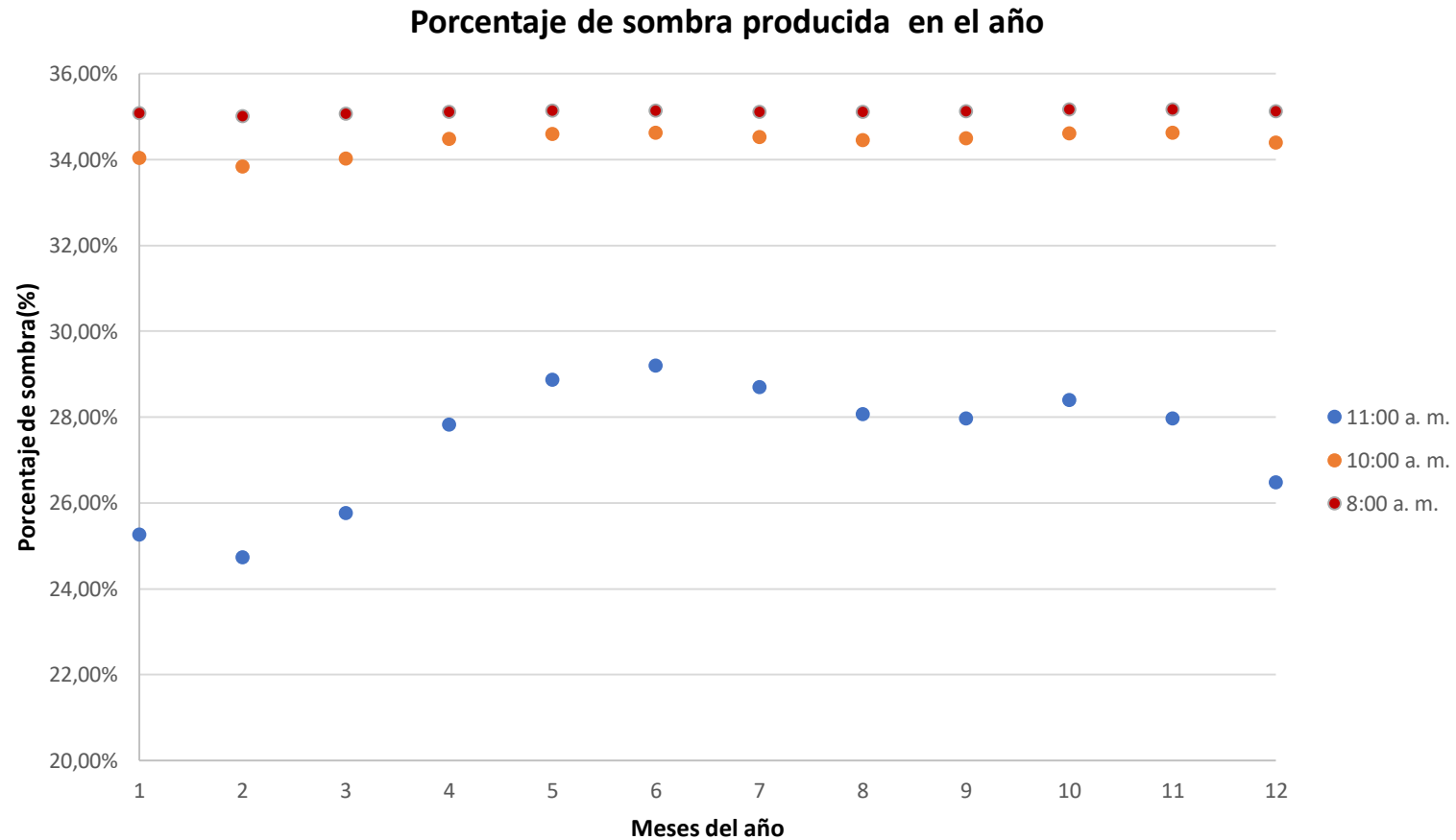
Ángulo de giro del espejo , hora local: 11 am





RESULTADOS

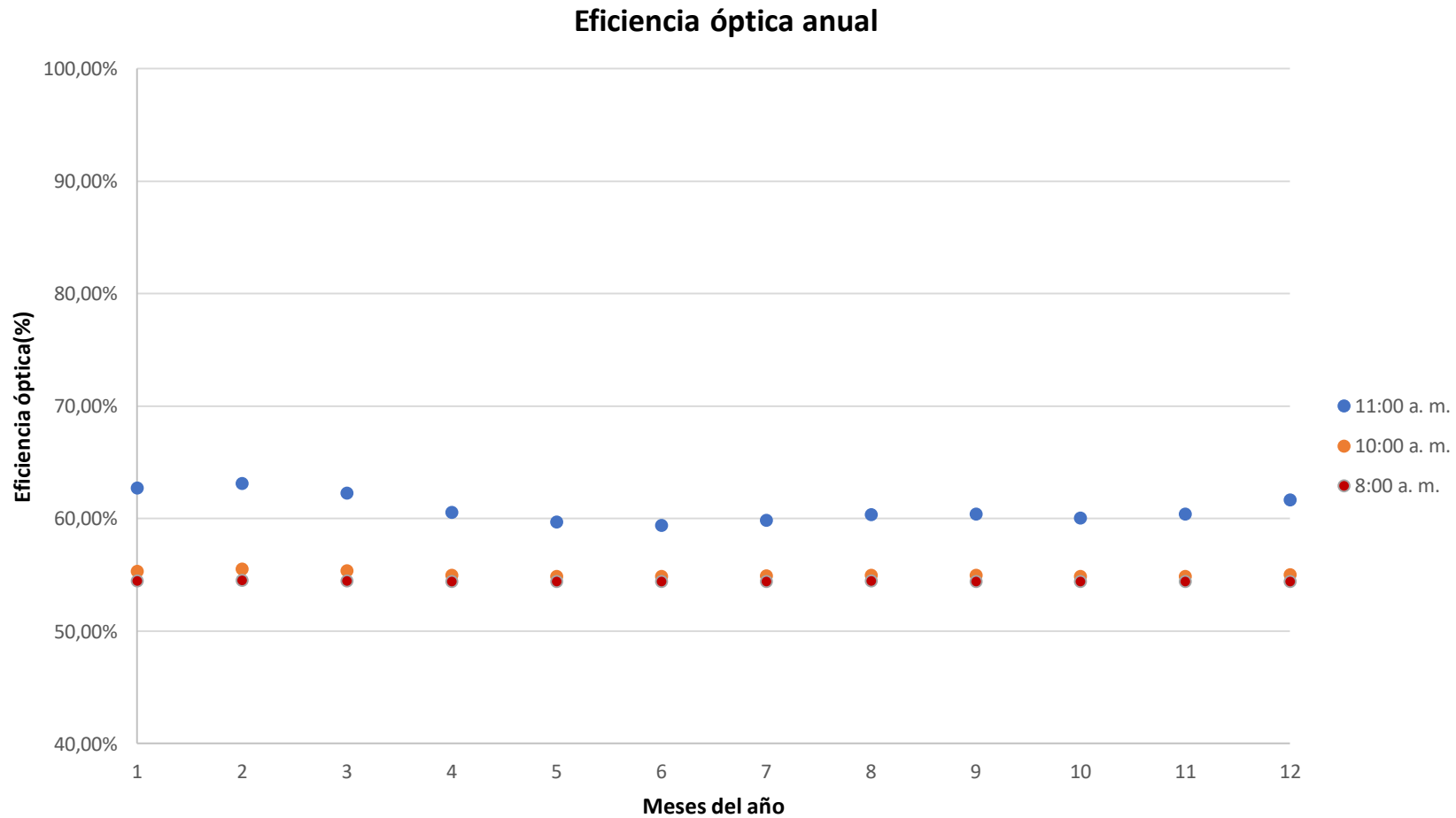
SOMBRA PRODUCIDA EN EL AÑO





RESULTADOS

EFICIENCIA ÓPTICA EN EL AÑO





RESULTADOS

DATOS CAMPO SOLAR FRESNEL EN EL TUBO ABSORBEDOR

Fluido caloportador	Aceite térmico VP1-Therminol
Temperatura de entrada[°C]	293
Temperatura de salida[°C]	377
Velocidad interna en el tubo[m/s]	0.9426
Flujo másico $\left[\frac{kg}{s}\right]$	2.7867
Qcampo[Kw]	731.3075
Qloss[Kw]	160.7075

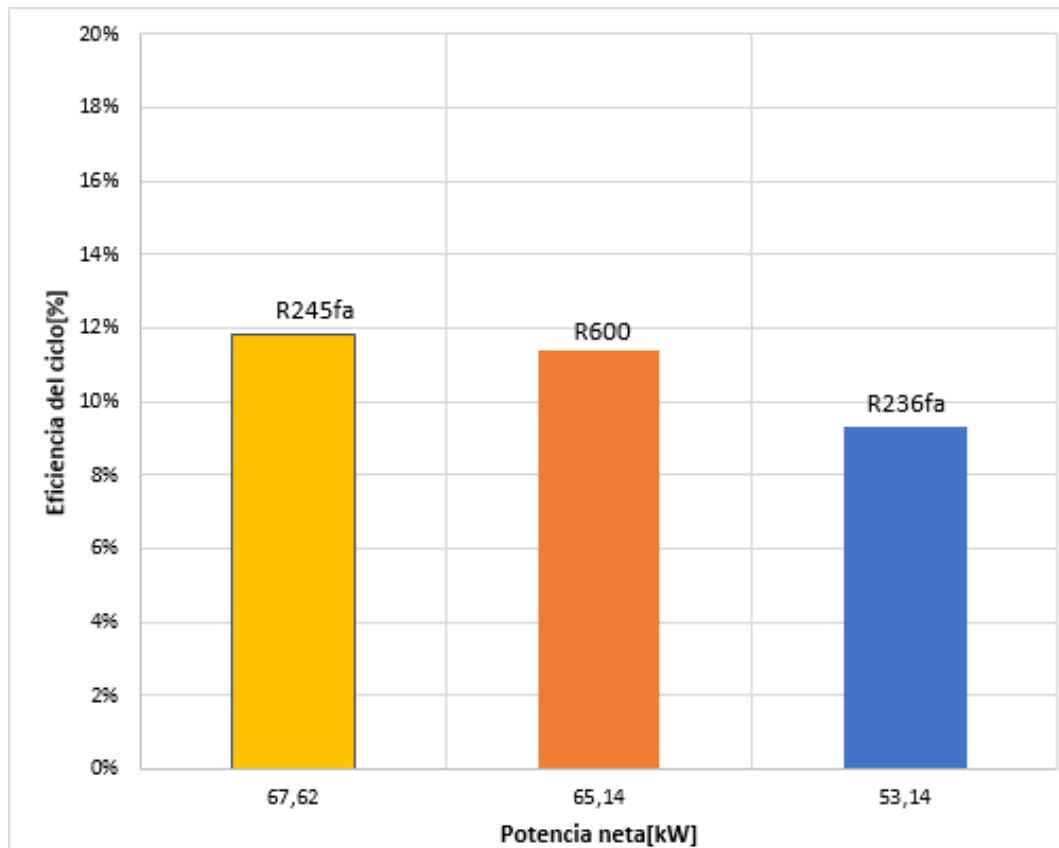
DIMENSIONAMIENTO CICLO RANKINE ORGÁNICO

Variable	R245fa	R600	R236fa
n_{orc} [%]	11.85	11.42%	9.313%
w_{neta} [kW]	67.62	65.14	53.14
W_b [kW]	11.03	13.04	14.07
W_{tur} [kW]	78.65	78.18	67.21
$Q_{evaporador}$ [kW]	570.6	570.6	570.6
$Q_{condensador}$ [kW]	485.8	487.8	501.3
m_{orc} $\left[\frac{kg}{s}\right]$	2.547	1.346	3.495
Presión de diseño[bar]	30	30	30
Presión crítica[bar]	36.51	32	37.96
Potencia Especifica $\left[\frac{kW}{kg*s}\right]$	26.5488	48.3952	15.2

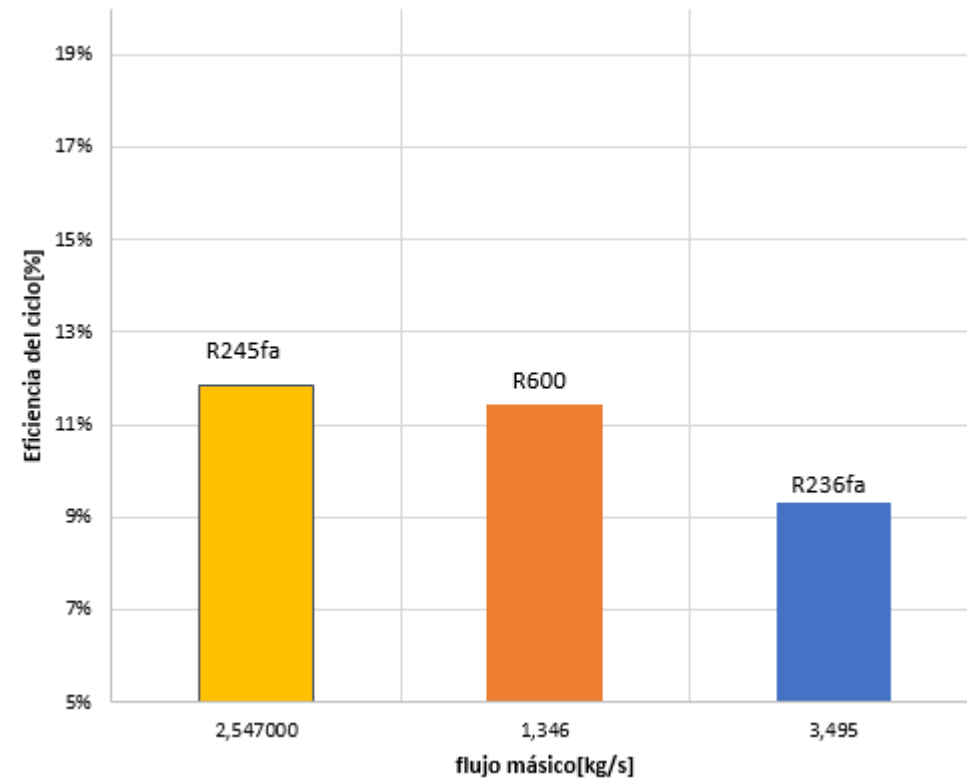


RESULTADOS

POTENCIA NETA VS EFICIENCIA DEL CICLO



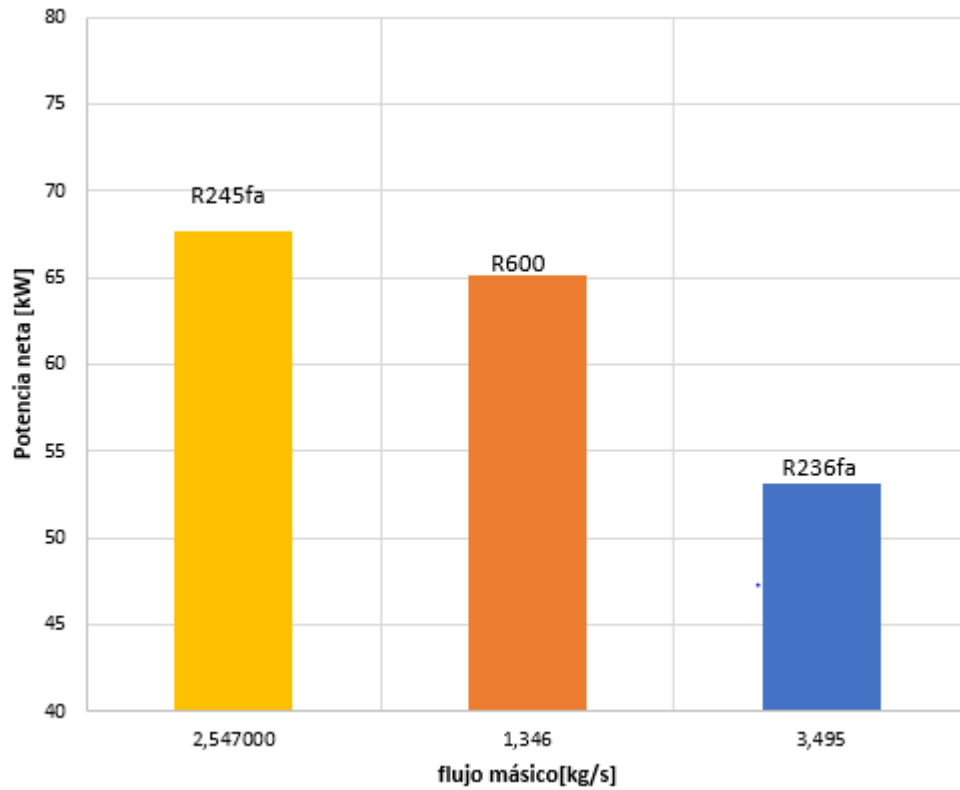
FLUJO MÁSICO VS EFICIENCIA DEL CICLO



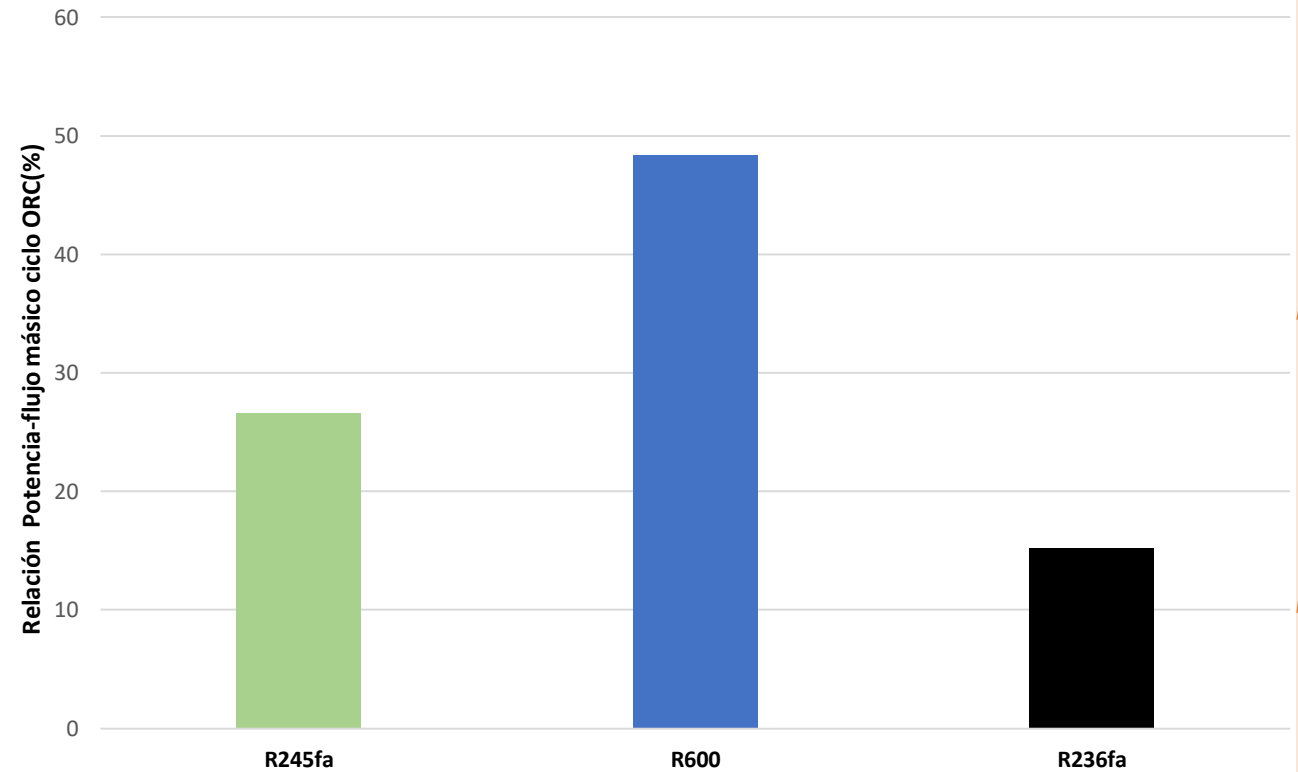


RESULTADOS

FLUJO MÁSICO VS POTENCIA NETA



RELACION POTENCIA NETA-FLUJO MÁSICO DEL CICLO





CONCLUSIONES

- El modelo matemático arrojó valores de eficiencia óptica de 54 a 63% para valores de irradiación solar y se obtuvieron variaciones de ángulo de giro entre 40 y 70 grados en la franja horaria de 8-11 am con un área de 133.98 m², teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la sombra producida en el año depende del valor de irradiancia normal directa y por consiguiente su eficiencia óptica, ya que son dependientes, y para cada mes del año la radiación solar que se produce es distinto.
- En la etapa de transferencia de calor, se seleccionó el aceite térmico VP1 Therminol, debido a que presenta amplios rangos de temperatura de trabajo hasta 400 °C y flujo másico por los colectores de 2.7867 $\left[\frac{Kg}{s}\right]$. Esto permitió obtener eficiencias en el ciclo de transferencia de calor entre el rango del 55-62% global, lo cual es un indicador ideal para la operación de estos sistemas.



CONCLUSIONES

- En el dimensionamiento del ciclo Rankine orgánico, se obtuvo resultados de flujo másico, potencia neta y eficiencia del ciclo para los fluidos de trabajo R245fa, R600 y R236fa, el refrigerante R600 es el óptimo para las condiciones de operación del ciclo, porque tiene la mayor relación potencia-flujo másico obtenido (48.39%), es decir, se genera una potencia con menor unidad de masa, con una potencia neta de 65.14 [kW] y un rendimiento del ciclo de 11.42%.
- Al realizar la validación de los modelos matemáticos obtenidos con revistas especializadas, se obtuvo para el modelo óptico-geométrico una desviación del 6.63% respecto al área, para la eficiencia óptica del 14.02% y para el modelo térmico del ciclo orgánico Rankine se obtiene un 16.84% de desvío de la eficiencia del ciclo. Las validaciones realizadas tienen valores por debajo del 17%, y esto se debe a que las condiciones de operación respecto a los autores citados son diferentes, sin embargo, estos valores podrían ser menores si las condiciones de operación son similares al trabajo propuesto.
- El sistema solar térmico fue validado con revistas especializadas y es viable su implementación para el departamento de la Guajira, ya que el campo solar proporciona un calor de 731.3 [kW] y teniendo en cuenta las pérdidas, se obtuvo un calor útil de 570.6 [Kw], el cual en el ciclo de potencia fue necesario para la generación de potencia neta, teniendo en cuenta esto, las características de radiación solar generadas en el departamento cumplen con los requisitos para implementar el sistema Fresnel.



RECOMENDACIONES

- Seleccionar otros fluidos caloportadores, ya que estos tienen ciertas restricciones en las condiciones termo físicas que podrían afectar el sistema solar Fresnel o de lo contrario podría mejorar el desempeño del sistema en general.
- Seleccionar un refrigerante con mejores condiciones termo físicas como fluido de trabajo en el ciclo orgánico Rankine, de esta manera se podría lograr unja mayor potencia con un flujo másico inferior y un rendimiento del ciclo mayor.
- Realizar un análisis exergo-económico, para que el sistema solar térmico Fresnel sea mas viable, obteniendo datos mas reales para su implementación.
- Realizar un análisis de ciclo de vida, ya que en la selección de los refrigerantes, factores como la toxicidad de ciertos fluidos de trabajo podrían afectar causando contaminación ambiental.