



# PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

## OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE SISTEMA DISCO PARABÓLICO – MOTOR STIRLING

### **ALUMNOS:**

FELICE AUGUSTO LEGAJO: 05-23524-6  
CASSANI GUILLERMO LEGAJO: 05-20794-2



## INDICE

<b>GLOSARIO</b> .....	1
<b>CAPITULO I.INTRODUCCIÓN</b> .....	2
1.1 PRESENTACION.....	2
1.2 OBJETIVO.....	3
1.3 ALCANCE.....	3
<b>CAPITULO 2.</b>	
2.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA.....	4
2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.....	4
• CONCENTRADOR DISCO PARABOLICO.....	5
• SISTEMA DE SEGUIMIENTO.....	6
• RECEPTOR.....	6
• MOTOR STIRLING.....	7
<b>CAPITULO 3.</b>	
3.1 BASE DE CÁLCULO.....	8
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	8
3.1.2 CALCULO DE LA POTENCIA INSTALADA.....	11
3.1.3 BANCO DE BATERIAS.....	12
3.1.4 MOTOR STIRLING.....	12
3.1.5 CALCULO DEL COLECTOR SOLAR (DISCO PARABOLICO).....	12
3.1.5.1 DIMENSIONES DEL DISCO PARABOLICO.....	15
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	17



## GLOSARIO.

$C$  relación de concentración

$A_0$  área de apertura del receptor ( $m^2$ )

$A_{DP}$  área del disco parabólico ( $m^2$ )

$\alpha$  coeficiente del material absorbente (cobre pintado, 0,64)

$\rho$  coeficiente de reflexividad (aluminio pulido, 0,85)

$Q_{dp}$  energía colectada en el disco

$Q_0$  energía absorbida en el receptor

$Q_{rad}$  energía perdida por radiación

$Q_{conv}$  energía perdida por convección

$E$  emisividad del motor (cobre, 0,64)

$\sigma$  constante de Stefan-Boltzmann

$T_R$  temperatura del receptor (k)

$T_{AIRE}$  temperatura del aire (k)

$h$  coeficiente convectivo

$Q_{util}$  energía útil



## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PRESENTACION

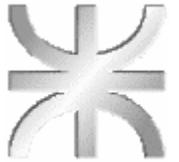
Uno de los temas más preocupante de los últimos tiempos es el daño producido a la atmosfera a causa de las industrias y los motores de combustión interna, que cada vez son mayores e irremediables. Algunos de los efectos que produce son, el efecto invernadero y el calentamiento global, causando cambios en el clima y provocando una ola de desastres naturales. Estos efectos son debido al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, producto de la combustión del petróleo (en su mayor parte), entre otros.

En la actualidad, el desarrollo y aplicación de las energías renovables (son aquellas que se obtienen de fuentes naturales inagotables), se ha ido incrementando en forma exponencial, ya sea (ENERGIA EÓLICA- SOLAR- HIDRAULICA- MARINAS- MAREO MOTRIZ- GEOTERMICAS- BIOENERGIA). Estos tipos de fuentes de energía, nos permiten obtener energía eléctrica mediante distintos mecanismos.

En este proyecto presentamos una de las formas ecológica de generar energía eléctrica en base a la radiación solar y un motor Stirling. De esta forma proponemos una alternativa a la necesidad de obtener energía eléctrica, utilizando los recursos naturales, sin contaminación y pudiendo obtener el servicio en lugares donde se hace prácticamente imposible acceder de la misma, ya sea, por grandes distancias, elevado costo, difícil acceso, etc.

### 1.2 OBJETIVO

El objetivo de este proyecto, es proponer un sistema para generar energía eléctrica con un motor Stirling (tipo alfa 90°), utilizando como combustible energía solar obtenida a partir de un colector Disco Parabólico. La corriente



producida será almacenada en un banco de baterías para el suministro de energía eléctrica a una escuela rural ubicada en Abra Pampa (Jujuy).

### **1.3 ALCANCE**

Ingeniería Conceptual del Sistema Disco Parabólico- Motor Stirling y sus componentes.



## CAPITULO 2

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas de Disco Parabólico- Stirling son pequeños equipos de generación de energía que convierten la energía térmica de la radiación solar, en energía mecánica y luego en energía eléctrica.

Los Discos Parabólicos están formados por un conjunto de espejos para reflejar y concentrar la radiación proveniente de los rayos solares en un receptor, con el fin de alcanzar las temperaturas necesarias para convertir el calor en trabajo dentro del ciclo del motor Stirling.

La radiación solar concentrada es absorbida por el receptor y transferida a la fuente caliente del motor. Para lograr esto constantemente y sin interrupciones, el plato debe seguir la trayectoria del sol en dos ejes.

Los sistemas disco-motor se caracterizan por una gran eficacia, funcionamiento autónomo, y una capacidad híbrida (la capacidad para operar con energía solar o con combustible fósil (gases), o ambas cosas).

### 2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.

Básicamente un sistema Disco Stirling consta de los siguientes componentes:

- 1) - Concentrador solar parabólico.
- 2) - Sistema de seguimiento solar.
- 3) - Intercambiador de calor solar (Receptor).
- 4) - Motor Stirling con generador eléctrico.



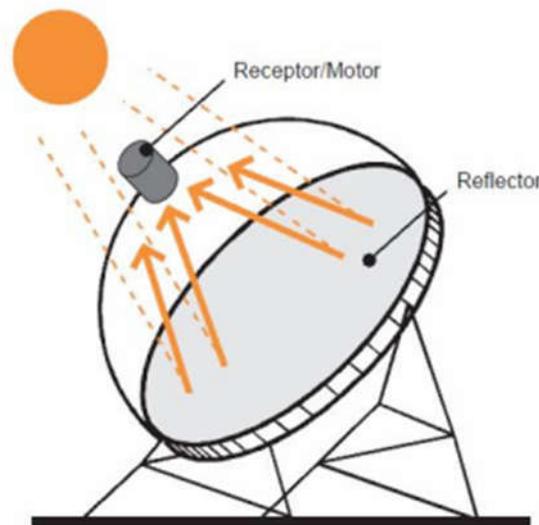
## 1) Concentrador solar parabólico

Los concentradores parabólicos, poseen una superficie reflectante, ya sea de metal, de vidrio o de plástico, refleja la radiación solar directamente en una pequeña región que denominaremos foco, o zona focal.

El tamaño del concentrador solar está determinado por el motor utilizado, su receptor y las condiciones de radiación directa de la zona de su instalación.

Los materiales con lo que están fabricados son, por ejemplo, en cuanto a su estructura, algunos se realizan con planchas de plástico reforzado, con fibra de vidrio o estructura metálica, y en cuanto a las superficies de reflexión las más usadas son espejos de plata y vidrio.

El concentrador ideal es un paraboloide de revolución, para que asegure que todos los rayos se concentren en la superficie del receptor





## 2) Sistema de seguimiento solar

Los sistemas de disco parabólico, necesitan ubicarse de tal forma que los rayos del sol estén paralelos al eje de la parábola, para lograr esto se debe realizar el seguimiento en dos ejes de la posición del sol.

### Seguimiento de elevación - acimutal,

El disco concentrador está ubicado en un plato que gira en un plano paralelo a la tierra (acimut) y en otro plano perpendicular a ella (la altitud). Estos sistemas proporcionan al colector la capacidad de rotar a izquierda / derecha y arriba / abajo mediante el uso de un pequeños servomotores.

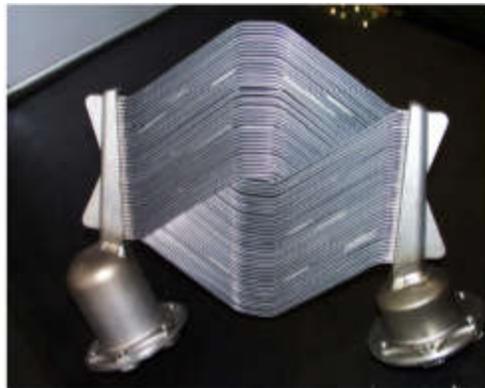
## 3) Receptor

El receptor, una parte importante del motor, es quien realiza la conexión térmica entre el concentrador y el motor Stirling.

Tiene fundamentalmente dos tareas:

- Absorber la radiación solar reflejada por el concentrador.
- Transmitir esta energía absorbida al motor Stirling en forma de calor con las mínimas pérdidas.

El receptor está formado por numerosos conductos por los que pasa el fluido de trabajo (Hidrogeno/Nitrógeno/Helio), de manera que la radiación concentrada caliente a través de las paredes de estos conductos el fluido de trabajo que circula en su interior.



Receptor Solar



#### **4) Motor Stirling**

El Stirling es un motor de combustión externa, a diferencia de los tradicionales motores a gasolina o diesel de combustión interna. El motor opera con una fuente de calor externa (combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, energía nuclear, solar, etc.) y un sumidero de calor, la diferencia de temperaturas entre ambas fuentes debe ser grande. En el proceso de conversión del calor en trabajo el motor Stirling alcanza un rendimiento superior a cualquier otro motor real teórico, acercándose hasta el máximo posible del motor ideal de Carnot.

El motor Stirling, debido a su rendimiento, sus bajos niveles de ruido y emisiones tóxicas se presenta como una de las posibles soluciones a la alta emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera producto de la combustión del petróleo.



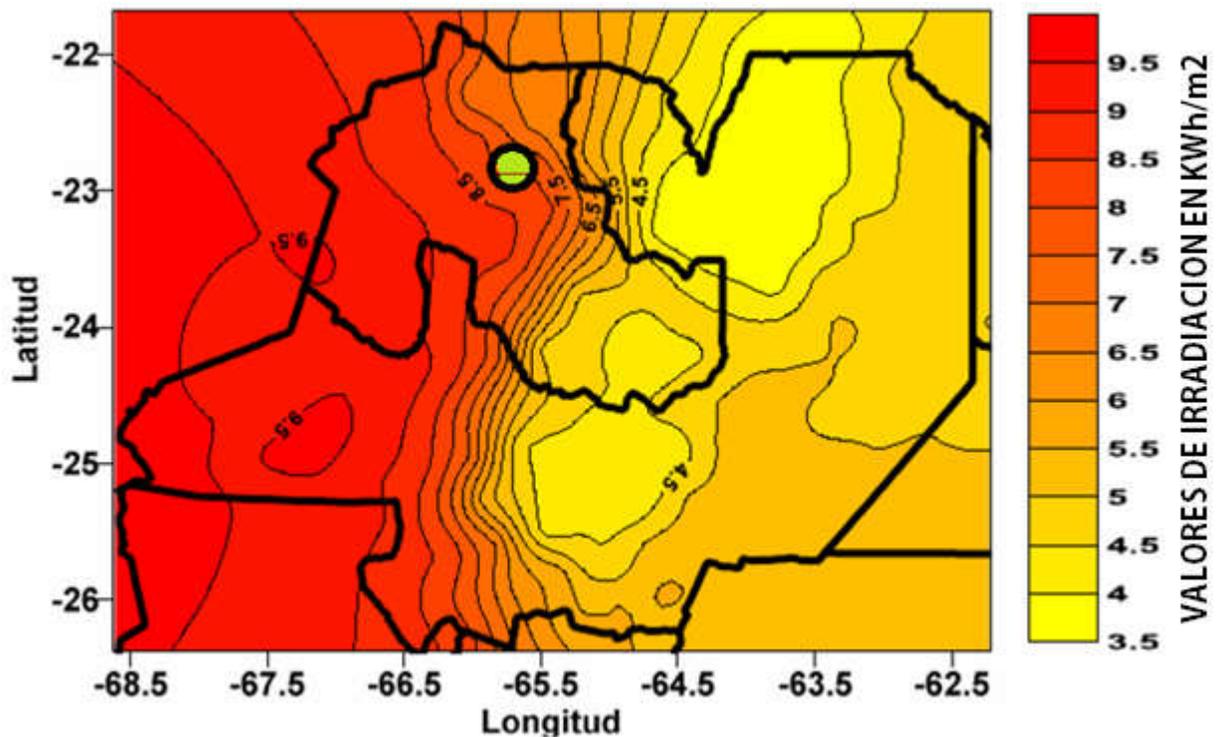
## CAPITULO 3

### 3.1 BASE DE DISEÑO

#### 3.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

El lugar estudiado para el desarrollo del proyecto es la Ciudad de Abra Pampa, Provincia de Jujuy.

Abra Pampa está ubicado en la Provincia de Jujuy (Coordenadas 22°43'00" S 65°42'00" o)



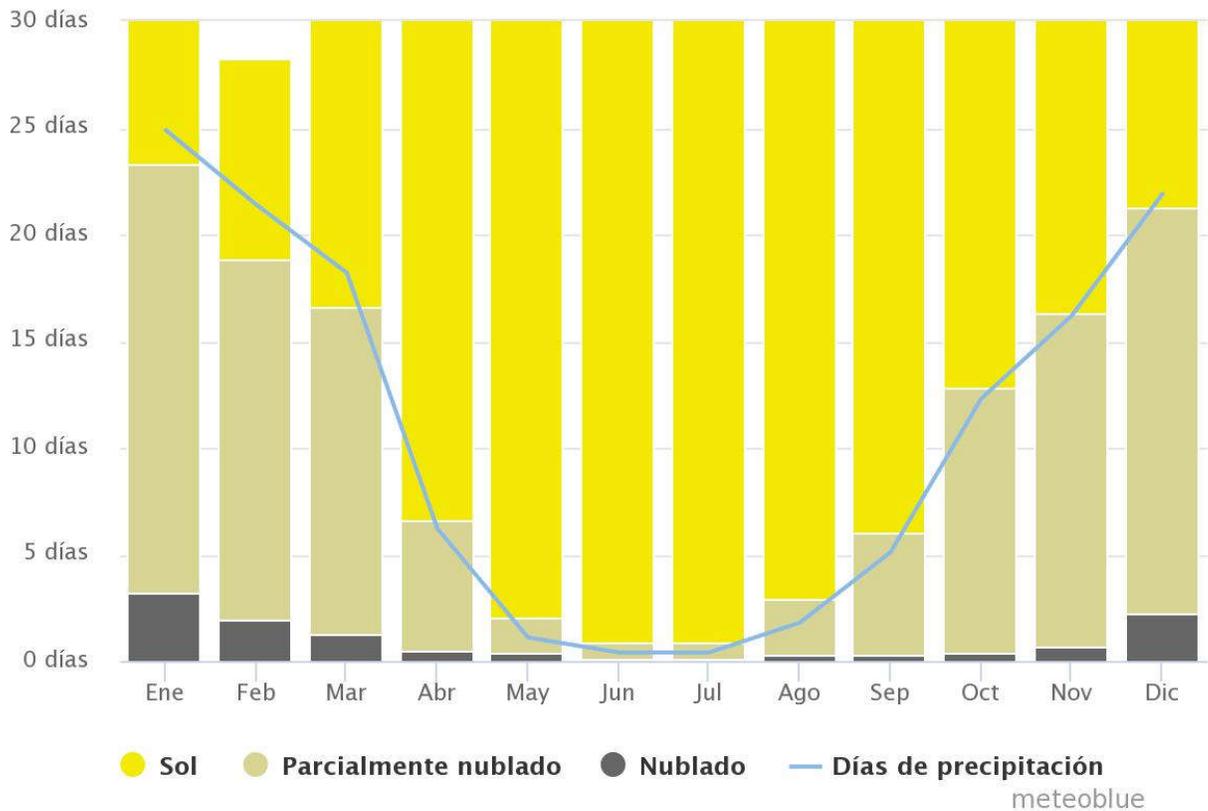
Como se observa en la figura la irradiación solar directa media anual, medida en kWh/m<sup>2</sup>, es aproximadamente 8,5. (Datos extraídos de la base satelital SWERA, aportados por la Facultad Nacional de Catamarca).

El primer factor analizado es la irradiación solar alcanzada, siendo esta esencial para el correcto funcionamiento de los motores STIRLING, ya que nos



permite por medio de colectores Disco Parabólico, lograr concentrar la suficiente irradiación para alcanzar la temperatura necesaria en el receptor del motor.

El segundo factor a considerar en el estudio, es la nubosidad presente en los distintos periodos del año. Abra Pampa presenta un número muy bajo de días nublados, siendo este otro aspecto positivo para el proyecto.



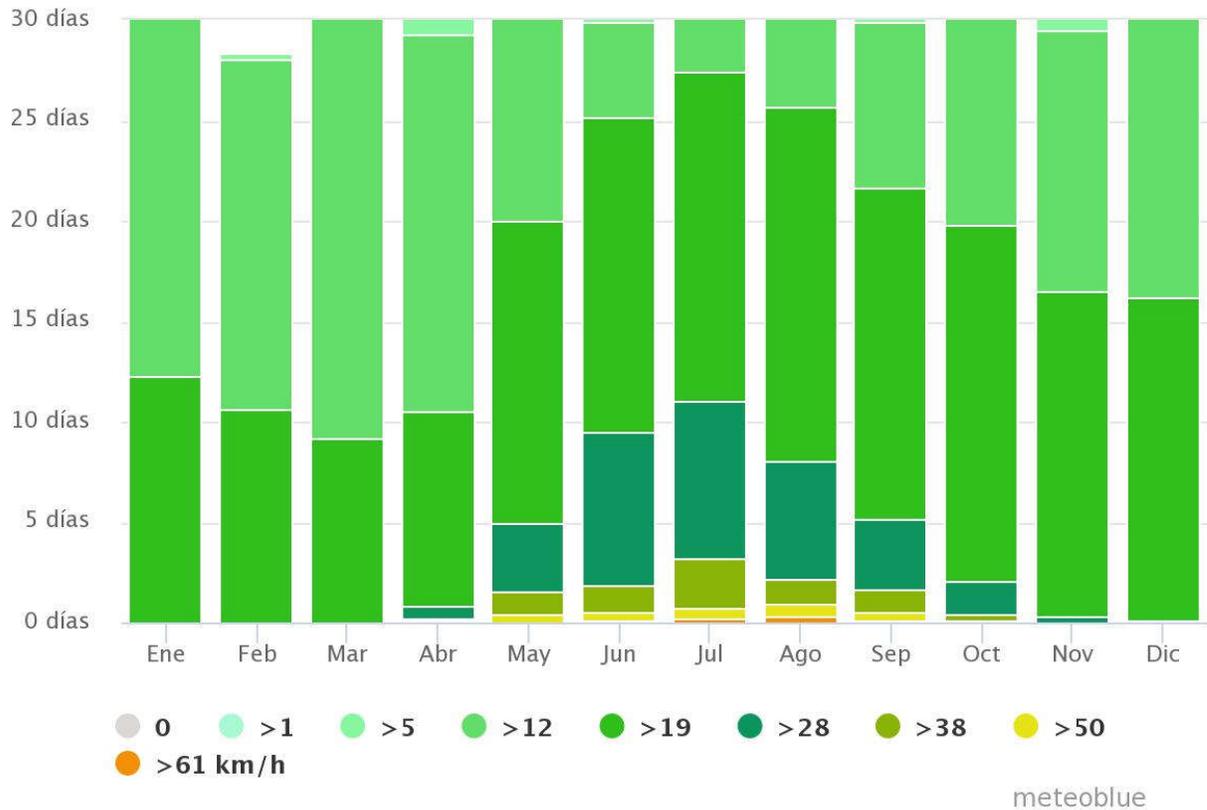
El gráfico muestra el número mensual de los días de sol, parcialmente nublados, nublados y precipitaciones. Los días con menos de 20% de cubierta de nubes se consideran como días soleados, con 20-80% de cubierta de nubes como parcialmente nublados y más del 80% como nublado.

El tercer factor a considerar y de relevante importancia en los sistemas de Disco Parabólico, es la velocidad del viento, ya q los mismo son montados



sobre estructuras metálicas, que soporta diámetros de pantallas importantes del orden de los 7 a 15 m.

La incidencia del viento sobre estas pantallas genera esfuerzos considerables sobre la estructura.



Como observamos en la figura, los valores de las velocidades del viento en la zona de estudio son relativamente bajos, siendo otro aspecto positivo para el desarrollo del proyecto.



### 3.1.2 CALCULO DE LA POTENCIA INSTALADA

Con el fin de abastecer el consumos diarios de la Escuela, se calculara la potencia en Wh de todo los artefactos y herramientas, proponiendo un abastecimiento de 2 días consecutivos sin recarga de baterías.

Detalle de los consumos:

ARTEFACTOS	CANTIDAD	FAC DE UTILIZACION (hr)	CONSUMO (w/h)	TOTAL (W)
Reproductor de DVD	1	2	15	30
Radio	1	6	25	150
Televisor 14 "	2	2	75	150
Microondas	1	1	640	640
Cargador de celular	1	3	10	30
Computadora	2	2	800	1600
Heladera	1	2	75	150
Termotanque	1	1	1500	1500
Iluminacion	varias	6	300	1800
Bomba de agua 1/2	1	1	380	380
				.....
				6430
HERRAMIENTAS	CANTIDAD	FAC DE UTILIZACION (hr)	CONSUMO (w/h)	TOTAL (W)
Taladro de mano	1	0,5	800	400
Taladro de pie	1	0,5	250	125
Amoladora de mano	1	0,5	2000	1000
Amoladora de banco	1	0,5	373	186,5
Maquina de esquilar	1	0,5	184	92
				.....
				1803,5
POTENCIA DIARIA TOTAL EN W	8233,5			
POTENCIA DURANTE 2 DIAS EN W	16.467			

En base a los consumos propuestos nos queda:

Potencia total: 16.467 W = 16,4 K



### 3.1.3 BANCO DE BATERIAS

El banco de baterías para el almacenamiento de la potencia calculada anteriormente, estaría constituido por 16 baterías de GEL(12 Vcc- 200 Ah), conectadas en paralelo. El cálculo se realizó posterior al análisis de mercado.

### 3.1.4MOTOR STIRLING

Para este proyecto se seleccionara del mercado un motor que cumpla con las condiciones mínimas requeridas y que se adapte a las condiciones del lugar. Esto implica.

- Potencia mínima entregada entre 7 y 10 kw.
- Soporte las condiciones climáticas del lugar.
- Tensión trifásica.
- Bajo Mantenimiento.
- Sistema alternativo de combustible.

Luego de haber realizado un estudio de mercado, se determinó que el motor STIRLING SOLO 161(Mod 2), sería el indicado para llevar a cabo el proyecto.

### 3.1.5CALCULO DEL COLECTOR

Los sistemas DISCO PARABOLICO/ MOTOR STIRLING, operan con una relación de concentración (C),entre (800-1000). Dicho valor adimensional representa la relación de área entre el disco parabólico y el receptor.

$$C = (A_{DP} / A_0) \cdot \alpha \cdot p \quad (1)$$

De la ecuación (1), despejamos  $A_{DP}$ , quedando:

$$A_{DP} = A_0 \cdot C / \alpha \cdot p$$



$$A_{DP} = 0,028\text{m}^2 \cdot 1000 / 0,64 \cdot 0,85$$

$$A_{DP} = 51,47 \text{ m}^2$$

El área calculada representa un diámetro de pantalla de 8,09 m.

En base al diámetro del disco, se realizara un balance de energías, tanto ganadas como perdidas.

- Energía colectada en el disco.

$$q_{dp} = I \cdot A_{DP}$$

$$q_{dp} = 1307 \text{ W/m}^2 \cdot 51,47 \text{ m}^2$$

$$q_{dp} = 67.271,29 \text{ W}$$

Por efecto Joule, perdemos aproximadamente un 30% de la energía colectada, quedando  $q_{dp} = 47.089,90 \text{ W}$ .

- Energía absorbida por el receptor.

$$q_0 = I \cdot A_{dp} \cdot \alpha \cdot \rho$$

$$q_0 = 47.089,90 \text{ w} \cdot 0,64 \cdot 0,85$$

$$q_0 = 25.616,90 \text{ W}$$

- Energía perdida por radiación.

$$q_{rad} = E \cdot \sigma \cdot A_0 \cdot (T_R^4 - T_{AIRE}^4)$$

$$q_{rad} = 0,64 \cdot 5,66 \cdot 10^{-8} \text{ w.k}^4 / \text{ m}^2 \cdot \text{k}^4 \cdot 0,028 \text{ m}^2 \cdot (973 \text{ k}^4 - 269,8 \text{ k}^4)$$



$$Q_{\text{rad}} = 903,7 \text{ W}$$

- Energía perdida por convección.

$$q_{\text{conv}} = h_4 \cdot A_0 \cdot (T_R - T_A)$$

$$q_{\text{conv}} = 12,72 \cdot 0,028 \text{ m} \cdot (973 \text{ k} - 293 \text{ k})$$

$$q_{\text{conv}} = 242,3 \text{ W}$$

Por lo tanto la energía útil resulta:

$$Q_{\text{util}} = q_0 - q_{\text{rad}} - q_{\text{conv}}$$

$$Q_{\text{util}} = 25.616,90 \text{ w} - 903,7 \text{ w} - 242,3 \text{ w}$$

$$Q_{\text{util}} = 24.470,9 \text{ W}$$

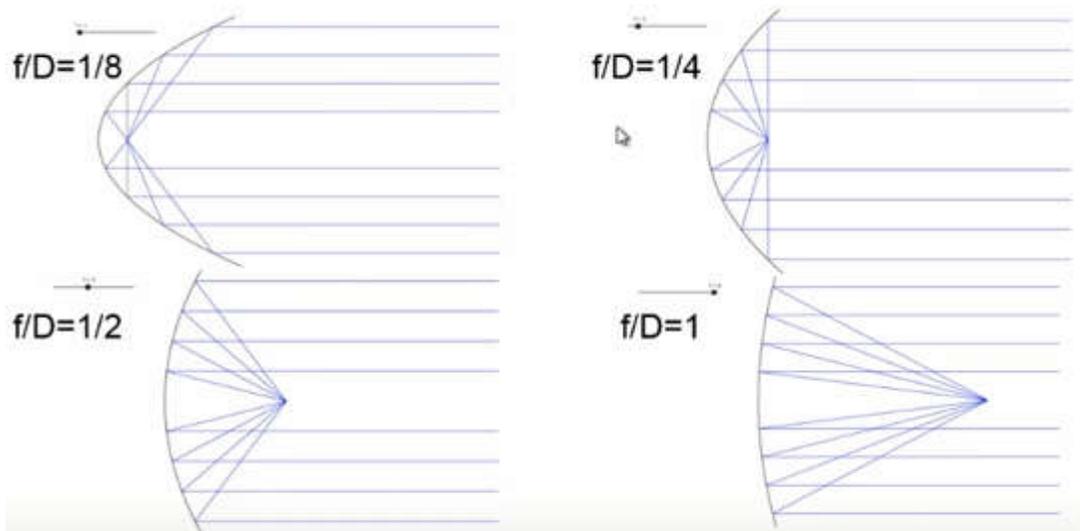
Esta energía concentrada en el receptor, es transferida al fluido de trabajo del motor (fuente caliente), la que este transforma en trabajo mecánico.



### 3.1.5.1 Dimensiones del Disco Parabolico

Los sistemas Disco Parabólicos - Motor Stirling, utilizan relaciones foco/diámetro con valores que van desde  $\frac{1}{2}$  a 1. Utilizando estos valores el foco se ubica por fuera de la línea directriz de la parábola, lo que garantiza una mejor concentración de los rayos solares en el receptor.

PROPIEDADES GEOMETRICAS.



La distancia focal será:

$$f/d = 0.7$$

$$f = 0.7 \times 8.1\text{m}$$

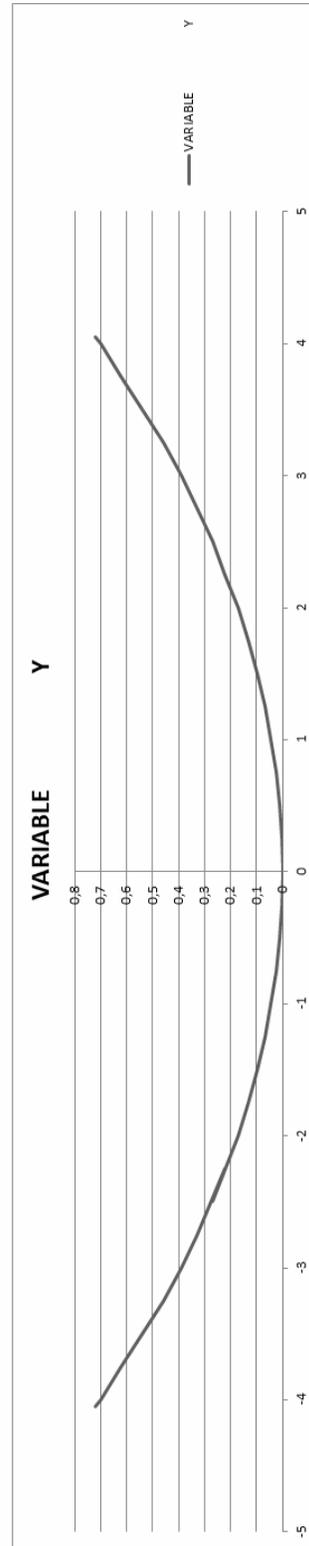
$$f = 5,67\text{m}$$

Aplicando la ecuación de la parábola  $x^2 + y^2 = 4fz$  (eje de simetría z), y ya teniendo la distancia focal, damos valores a X, para graficar el paraboloides.

$$y = \frac{1}{4f} \cdot x^2$$



VARIABLE	X	VARIABLE	Y
	-4,05		0,72
	-4		0,7
	-3,75		0,62
	-3,5		0,54
	-3,25		0,46
	-3		0,39
	-2,75		0,33
	-2,25		0,22
	-2,5		0,27
	-2		0,17
	-1,75		0,13
	-1,5		0,099
	-1,25		0,068
	-1		0,044
	-0,75		0,024
	-0,5		0,011
	-0,25		0,0027
	0		0
	0,25		0,0027
	0,5		0,011
	0,75		0,024
	1		0,044
	1,25		0,068
	1,5		0,099
	1,75		0,13
	2		0,17
	2,25		0,22
	2,5		0,27
	2,75		0,33
	3		0,39
	3,25		0,46
	3,5		0,54
	3,75		0,62
	4		0,7
	4,05		0,72



DANDO VALORES A LA FUNCION DE LA PARABOLA OBTENEMOS LA GRAFICA DE LA MISMA.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Capítulo de Energía Solar (Libro- Pedro Fernández Diez).
- Ente Nacional Regulador de la Electricidad ([www.enre.gov.ar](http://www.enre.gov.ar)).
- INSTITUTO DE ENERGIA NO CONVENCIONAL (INECO-CONICET).
- Colectores de Concentración (Libro- Pedro Fernández Diez).
- CIMAT- Plataforma Solar de Almería ([www.psa.es](http://www.psa.es))
- Clima Abra Pampa, [www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)



## CAPITULO 1

### 1.1 INTRODUCCION

Uno de los temas más preocupante de los últimos tiempos es el daño producido a la atmosfera a causa de las industrias y los motores de combustión interna, que cada vez son mayores e irremediables. Algunos de los efectos que produce son, el efecto invernadero y el calentamiento global, causando cambios en el clima y provocando una ola de desastres naturales.

Estos efectos son debido al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, producto de la combustión del petróleo (en su mayor parte), entre otros.

En la actualidad, el desarrollo y aplicación de las energías renovables (son aquellas que se obtienen de fuentes naturales inagotables), se ha ido incrementando en forma exponencial, ya sea (ENERGIA EÓLICA- SOLAR- HIDRAULICA- MARINAS- MAREO MOTRIZ- GEOTERMICAS- BIOENERGIA). Estos tipos de fuentes de energía, nos permiten obtener energía eléctrica mediante distintos mecanismos.

En este proyecto presentamos una de las formas ecológica de generar energía eléctrica en base a la radiación solar y un motor Stirling. De esta forma proponemos una alternativa a la necesidad de obtener energía eléctrica, utilizando los recursos naturales, sin contaminación y pudiendo obtener el servicio en lugares donde se hace prácticamente imposible acceder de la misma, ya sea, por grandes distancias, elevado costo, difícil acceso, etc.

### 1.2 OBJETIVO

El objetivo de este proyecto, es proponer un sistema para generar energía eléctrica con un motor Stirling (tipo alfa 90°), utilizando como combustible energía solar obtenida a partir de un colector Disco Parabólico. La corriente producida será almacenada en un banco de baterías para el suministro de energía eléctrica a una escuela rural ubicada en Abra Pampa (Jujuy).

### 1.3 ALCANCE

Análisis del mercado y selección de los equipos que cumplan con las condiciones mínimas requeridas por el proyecto.



## CAPITULO 2

### 2.1 MOTOR STIRLING

A continuación se detallaran los motores Stirling, así como algunos de sus modelos con sus características.

#### 2.1.1 *SOLO conjunto a Schlaich Bergermann und Partner (SBP)*

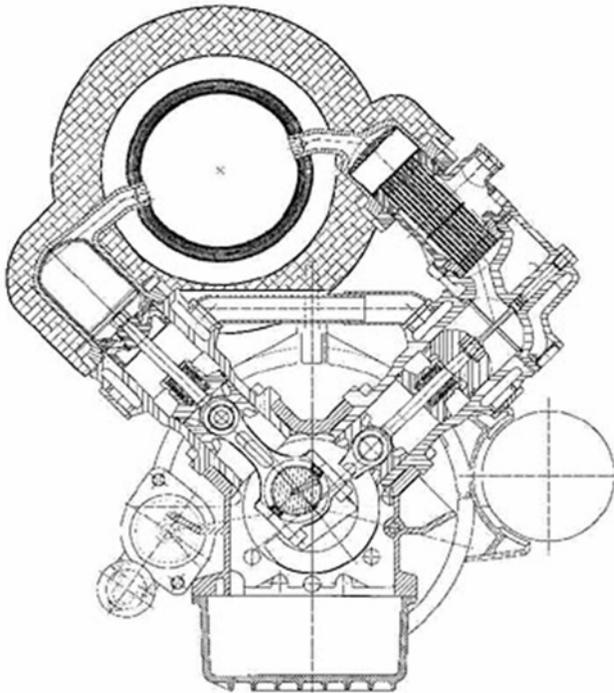
El importante y más conocido, el motor Stirling SOLO Stirling 161, diseñado por la empresa SOLO en conjunto con Schlaich Bergermann und Partner (SBP). El motor y sus características son mostrados en las siguientes figuras:





### Principales características Solo 161

Tipo:	Dos cilindros en V a 90°.
Cilindrada:	160 cm <sup>3</sup> .
Peso:	430 Kg.
Gas de trabajo:	Hidrógeno /Helio
Presión de trabajo:	20-150 bar.
Potencia eléctrica bruta máxima:	9,8 kW.
Potencia neta:	9,2 kW
Velocidad nominal:	Mod 1-1500 rpm. / Mod 2- 800-1890rpm
Temperatura del Colector	650°C – 750 °C
Diámetro del Colector	0,19 m
Conexión eléctrica:	400 V, 50 Hz, 3 fases.
Rendimiento:	25- 30%



Este motor viene acompañado de un quemador que permite su operación de forma continua. Además, el nivel de emisiones es muy reducido.



## 2.1.2 GenoaStirling

Genoastirling S.R.L, presenta dos motores de Stirling, uno de tipo alfa (dos pistones y sin desplazador) y otro de tipo beta (pistón y desplazador en el mismo cilindro).

### GENOA01

#### Principales características

Tipo:	1 Cilindro alfa
Cilindrada:	552 cm <sup>3</sup> .
Peso:	120 Kg.
Gas de trabajo:	Nitrógeno
Presión de trabajo:	>30 bar.
Potencia eléctrica bruta máxima:	1,5kW.
Potencia neta:	1 kW
Velocidad nominal:	600 rpm.
Temperatura del Colector	750 °C
Diámetro del Colector	0,17 m
Conexión eléctrica:	220v – 50 Hz
Rendimiento:	20-25 %

Technical Scheme GENOA01



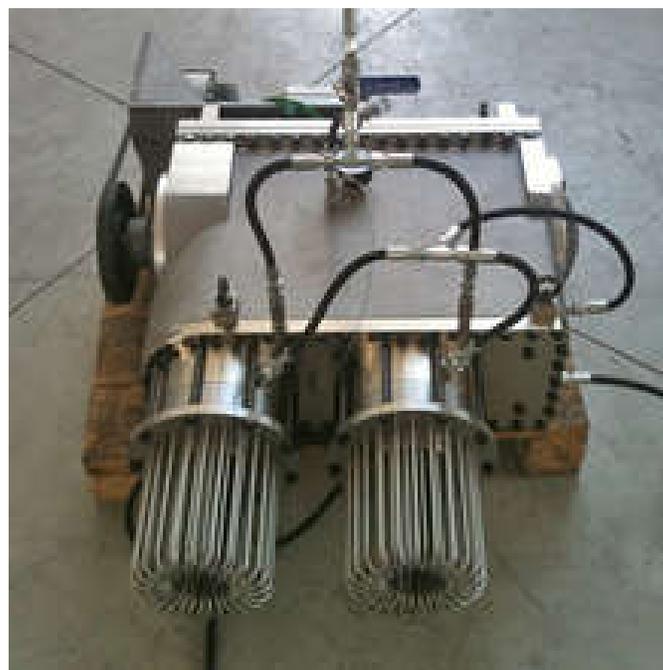


## GENOA03

### Principales características

Tipo:	Dos cilindros en $\alpha$ a $90^\circ$ .
Cilindrada:	522 x 2 cm <sup>3</sup> .
Peso:	150 Kg.
Gas de trabajo:	Nitrógeno
Presión de trabajo:	>30 bar.
Potencia eléctrica bruta máxima:	3,5 kW.
Potencia neta:	3 kW
Velocidad nominal:	600 rpm.
Temperatura del Colector	750 °C
Diámetro del Colector	0,17 m
Conexión eléctrica:	220 v – 50 hz
Rendimiento:	20-25 %

El diseño es muy similar al anterior con la importante diferencia de introducir un segundo cilindro para generar más potencia, alcanzando los 3 KW. Los materiales usados son los mismos, y el peso se ve incrementado en 30 Kg más, llegando a los 150 Kg.

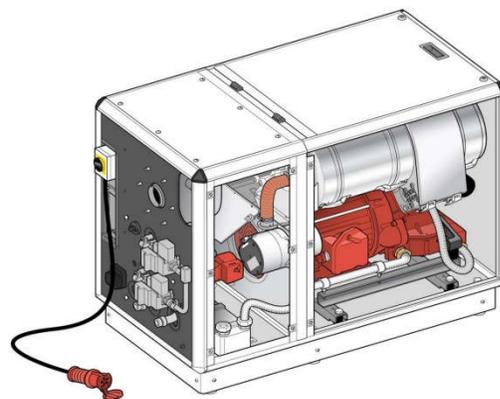




### 2.1.3 Cleanergy

#### Principales características

Tipo:	Dos cilindros en V a 90°.
Cilindrada:	180 cm <sup>3</sup> .
Peso:	400 Kg.
Gas de trabajo:	Hidrógeno
Presión de trabajo:	15-200bar.
Potencia neta:	11 a 13 kw
Velocidad nominal:	1500 rpm.
Temperatura del Colector	600°C – 700 °C
Diámetro del Colector	0,18 m
Conexión eléctrica:	220 V, 50 Hz
Rendimiento:	25- 30%





## 2.2 Comparativa

Luego de haber analizado los modelos más importantes del mercado, aunque la variedad sea bastante limitada, se puede observar que hay algunas opciones de tamaños y potencias.

A continuación se muestra una tabla donde se aprecian las principales diferencias.

MOTOR	STIRLING	STIRLING	CLEANERGI	GENOA STIRLING	GENOA STIRLING
Modelo	SOLO 161 Mod 2	SOLO 161 Mod 1	CLEANERGI	GENOA01	GENOA03
Tipo	ALFA 90	ALFA 90	ALFA 90	ALFA	ALFA 90
N° de Cilindros	2	2	2	1	2
Volumen cm <sup>3</sup>	160	160	180	552	1104
rpm	800 - 1890	1500	1500	600	600
Fluido de Trabajo	HIDROGENO	HIDROGENO HELIO	HIDROGENO	NITROGENO	NITROGENO
Potencia	9,2 kw	9,2 kw	11 -13 kw	1 kw	3 kw
Control de Potencia	PRESION VARIABLE	PRESION VARIABLE	PRESION VARIABLE	-----	-----

### Conclusión:

Analizando los motores disponibles y teniendo en cuenta los requerimientos mínimos del proyecto, se puede observar que el STIRLING SOLO 161( Mod 2), sería el indicado para llevar a cabo el proyecto. El SOLO 161, en comparación a los demás motores, entrega valores de potencia entre los márgenes solicitados, opera con variación del régimen de giro e incluso variación de la presión del fluido de trabajo y posee un quemador que permite su operación de forma continua.



## CAPITULO 3

### 3.1 TIPOS DE BATERIAS

Existen en el mercado diferentes tipos de baterías solares, fabricadas cada una para cumplir con unas exigencias técnicas determinadas en cuanto a n° de ciclos de descarga, vida útil, mantenimiento, capacidades de almacenaje y rendimiento.

#### **Baterías de Gel**

En estas baterías se añade al electrolito un compuesto de silicona, lo que genera que el líquido se convierta en una masa sólida como gelatina, de ahí su nombre.

Esta especial característica, hace que las baterías de gel tengan una mayor vida útil, garantizando un número elevado de ciclos de carga y descarga, y que reduzcan el porcentaje de evaporación.

Además, soportan descargas profundas y ambientes con vibraciones, golpes y altas temperaturas, cuentan con un voltaje más estable durante la descarga, no requieren de mantenimiento y son más seguras ya que si esta batería se rompe, no hay posibilidad de derrame de líquido.

#### **Baterías de plomo/AGM**

Las baterías de plomo/AGM (AGM es la abreviación de Absorption Glass Mat) son confeccionadas a base de fibra de vidrio absorbente, de manera que al ensamblar la batería e introducir el electrolito líquido, éste es absorbido por la fibra AGM que opera como una esponja.

Proporcionan los mismos beneficios que las baterías de gel, pero con la diferencia de que este tipo de baterías soportan la tensión de carga con la cuales trabajan las baterías convencionales, sin precisar de ninguna modificación al sistema de carga.



## Baterías de Litio

Las baterías de litio al ser baterías de tamaño reducido, ligeras, seguras, que acumulan grandes cantidades de energía por tamaño y peso, con un alto voltaje por celda, sin efecto memoria, de forma que la primera carga no tiene nada que ver con su duración, y de descarga lineal (mientras la batería se está descargando su voltaje varía muy poco, es por eso que no necesitan de un regulador de voltaje).

Sin embargo, su precio es más elevado que el resto de baterías y disminuyen su rendimiento a bajas temperaturas, reduciendo su duración hasta un 25%.

### Conclusión:

Se analizaron los tipos de baterías existentes y de acuerdo a las características del proyecto se considera adecuada la utilización de Baterías de GEL.

## 3.2 BANCO DE BATERIAS

En función de la potencia calculada en la Ingeniería Conceptual, se tendrán en cuenta algunos factores de corrección.

POTENCIA CALCULADA:  $16.467 \text{ W} = 16,4 \text{ KW}$

- 1) Rendimiento de Baterías: Las baterías no se descargan al 100% de su carga, con lo cual debemos tomar como potencia utilizable el 50% de la capacidad de la batería.

Rendimiento de Baterías (50%):  $32.934 \text{ W}$

- 2) Factor de transformación: Las cargas de las baterías están en Corriente Alterna, con lo cual necesitamos Inversores, esto agrega a la potencia calculada un 10% adicional que se pierde en la transformación.

Perdidas por Inversores (10%):  $36.227,4 \text{ W}$

Por lo tanto la potencia que necesitamos almacenar para poder abastecer la escuela durante 2 días es de  $36.227,4 \text{ W}$ .

Potencia a almacenar:  $36.227,4 \text{ W}$ .



Las baterías están determinadas por su voltaje de carga (12Vcc) y la capacidad de almacenamiento en Amper- hora, por lo tanto se deberá calcular la potencia en dicho valor.

$$\text{Capacidad de Batería} = 36.227,4 \text{ W} / 12 \text{ V} = 3.018,9 \text{ Ah}$$

Para saber la cantidad de baterías que constituirán el banco, se divide el valor obtenido según la capacidad de la batería seleccionada.

Se seleccionaron baterías con una capacidad de 200 Ah, por lo tanto.

$$\text{Cantidad de Baterías} = 3.018,9 \text{ Ah} / 200 \text{ Ah} = 15,09$$

**El banco de batería estará compuesto por 16 baterías de GEL (12 Vcc- 200 Ah), conectadas en paralelo.**

#### **COMPONENTES SECUNDARIOS PARA EL SISTEMA DE CARGA**

- **INVERSOR DE 220VCA- 12VCC**
- **REGULADOR DE CARGA**
- **CONVERSOR DE 12VCC – 220VCA**



## BIBLIOGRAFIA

- Motor Cleanergy ([www.cleanergy.com](http://www.cleanergy.com))
- Motor Genoa Stirling ([www.genoastirling.com](http://www.genoastirling.com))
- [Motor Stirling Solo 161 \(www.buildup.eu/en/practices/cases/solo-stirling-161-fact-sheet-germany\)](http://www.buildup.eu/en/practices/cases/solo-stirling-161-fact-sheet-germany)
- Banco de Baterías [www.cavadevices.com](http://www.cavadevices.com) / [www.monsolar.com](http://www.monsolar.com)