

## **INFORME CIENTIFICO DE BECA**

Legajo N°:

**BECA DE** Estudio                      **PERIODO** 2012-2013

1. **APELLIDO:** Chiesa

**NOMBRES:** Lucas Patricio

**Dirección Particular: Calle:**    N°:

**Localidad:** La Plata **CP:** 1900 **Tel:**

**Dirección electrónica (donde desea recibir información):** lucasdel9@hotmail.com

2. **TEMA DE INVESTIGACIÓN** (Debe adjuntarse copia del plan de actividades presentado con la solicitud de Beca)

**Estudio de factibilidad, diseño y desarrollo de Sistemas Ópticos Colectores Solares, para la generación de Energía Eléctrica en la Provincia de Buenos Aires**

3. **OTROS DATOS** (Completar lo que corresponda)

**BECA DE ESTUDIO: 1º AÑO:** *Fecha de iniciación:* 01/04/2012

**2º AÑO:** *Fecha de iniciación:* 01/04/2013

**BECA DE PERFECCIONAMIENTO: 1º AÑO:** *Fecha de iniciación:*

**2º AÑO:** *Fecha de iniciación:*

4. **INSTITUCIÓN DONDE DESARROLLA LOS TRABAJOS**

*Universidad y/o Centro:* Universidad Nacional de La Plata

*Facultad:* Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas

*Departamento:* Laboratorio de Óptica, Calibraciones y Ensayos

*Cátedra:* -

*Otros:* -

*Dirección: Calle:* Paseo del Bosque                      N°: s/n

*Localidad:* La Plata **CP:** 1900 **Tel:** 221 427-4914

5. **DIRECTOR DE BECA**

*Apellido y Nombres:* Lic. Luis C. Martorelli

*Dirección Particular: Calle:*    N°:

*Localidad:* City Bell **CP:** 1896 **Tel:**

*Dirección electrónica:* lmoptica@yahoo.com.ar

**6. EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.** (Debe exponerse la orientación impuesta a los trabajos, técnicas empleadas, métodos, etc., y dificultades encontradas en el desarrollo de los mismos, en el plano científico y material).

En este primer año de trabajo se ha comenzado con el proceso de investigación teórica-práctica que apunta por un lado a maximizar los conocimientos referidos a dispositivos colectores solares en sus diversas variantes y por otro lado a analizar la posibilidad de generación de Energía Eléctrica por medio de colectores de Energía Solar acoplados a máquinas termodinámicas en el territorio de nuestro país y puntualmente en la provincia de Buenos Aires.

Para esto se recurrió a la bibliografía existente sobre el tema y a la investigación de los trabajos que se han realizado en el extranjero y principalmente en nuestro país. Los resultados de un análisis general de dicha información revelan que, en nuestro territorio, la utilización de recursos naturales renovables para la generación de energía eléctrica ocupa un porcentaje mínimo, cercano al 1% (mientras que en Europa ya se acerca al 7%) dentro de los cuales encontramos a la energía solar, biomasa, eólica, marea-motriz, etc. Como dato cabe destacar que la energía solar es casi exclusivamente procesada a través de paneles solares fotovoltaicos. *La intención de esta investigación es justamente dar un paso en pos de revertir esta situación, generando en el mediano plazo el conocimiento teórico-práctico necesario para desarrollar en nuestra región unidades generadoras solares-termoeléctricas del tipo colector cilindro parabólico y de disco parabólico de foco puntual, capaces de procesar energía solar y convertirla en energía eléctrica, de manera tal que en su utilización en conjunto puedan acoplarse en un Parque Solar Termoeléctrico y abastecer de energía eléctrica a los habitantes de una región determinada.*

Desarrollo teórico:

Es importante realizar una breve descripción de los conceptos teóricos básicos utilizados en el transcurso de este trabajo. Los mismos son: radiación solar, concentración de la radiación solar y características principales de los tipos de sistemas colectores concentradores ópticos solares más conocidos.

**La Radiación solar** es el medio por el cual la energía liberada del Sol se transmite al exterior. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la **irradiancia**, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la superficie terrestre. Su unidad es el  $W/m^2$  (Watts o vatio por metro cuadrado). En nuestra región este valor es en promedio de  $1000W/m^2$ , con sus variaciones respectivas en función de la época del año. Para la Provincia de Buenos Aires este valor disminuye a un promedio anual de  $450 W/m^2$ , siendo el pico máximo en verano de alrededor de  $900W/m^2$ .

La aplicación directa de la energía solar como tal, se puede realizar a través de dos formas: la acumulación de calor o la generación de electricidad. La primera se realiza con paneles o estructuras especiales colocadas en lugares expuestos al Sol, en los que se calienta un fluido que se almacena en depósitos para su uso posterior. Por otro lado, se puede generar electricidad a partir de la energía solar a través de varios procedimientos: un sistema de **concentración termal** de la energía solar que alimente una máquina termoeléctrica y genere así la electricidad; o bien a través de **celdas fotovoltaicas** que convierten directamente la energía del Sol en electricidad usando el efecto fotoeléctrico propio de los materiales que las componen. Ya que esta investigación se centra en los sistemas termosolares de concentración, dejaremos de lado los sistemas fotovoltaicos.

Un sistema termosolar de concentración se compone básicamente de tres sub-

sistemas; un **sistema óptico colector/concentrador** de energía radiante, un **sistema receptor** de la misma y un **sistema de conversión de potencia** donde se genera electricidad. La función del sistema colector es captar y concentrar la radiación sobre el sistema receptor, que transforma la energía radiante captada en energía térmica. Esta energía se transforma luego en energía eléctrica en el sistema de conversión de potencia a través de una máquina térmica, por ejemplo, turbinas o motores Stirling.

Nótese que se habla en esta investigación de **colectores concentradores** de energía solar y no solo de **colectores**, esto se debe a que las *maquinas térmicas\** encargadas de producir energía eléctrica necesitan de un aporte calórico mayor al que podrían recibir directamente de la irradiación solar que llega a la superficie de nuestro territorio (450 W/m<sup>2</sup> promedio anual).

*\* Una máquina térmica puede definirse como un dispositivo, equipo o una instalación destinada a la producción de trabajo en virtud de un aporte calórico. Son ejemplos de máquinas térmicas las turbinas, las máquinas de vapor y los motores Stirling. Las mismas acopladas al eje de un generador son capaces de producir energía eléctrica.*

Es por esto que es necesario el uso de sistemas de concentración de energía solar, de manera de lograr en el final del ciclo de transformación, temperaturas más elevadas. Aparece aquí el concepto de **razón de concentración**, que es la razón entre el área de la superficie reflectora del dispositivo colector y el área de la superficie del dispositivo receptor de la energía ya concentrada. Esta puede llegar a un valor de 5000, dependiendo de las geometrías constructivas de las partes.

Es en función a esta razón de concentración que pueden agruparse los distintos tipos de colectores concentradores:

Los sistemas **cilindro parabólicos** consisten en espejos cilíndricos cuya sección transversal es una parábola, de tal forma que la radiación solar se concentra en el eje central focal. Poseen un solo eje de seguimiento del sol. Se consiguen razones de concentración entre 30 y 90.

Los sistemas de **torre central** están formados por espejos cuasi-planos denominados helióstatos, distribuidos en una superficie horizontal e inclinados de tal forma que reflejen la radiación solar hacia la parte superior de la torre, donde generalmente se coloca el receptor. Los factores de concentración que se consiguen en este caso oscilan entre 200 y 1000.

Los **discos parabólicos** son espejos tipo paraboloides de revolución, que se mueven de manera tal que siempre están orientados al Sol. Esto se logra mediante un doble sistema de movimiento donde uno controla la elevación y otro controla el giro en azimut. Este tercer tipo es con el que se consiguen razones de concentración más altas, entre 1000 y 5000.

**Desarrollo práctico en base al Cronograma mensual de actividades citado en el plan de trabajo del primer año de esta beca**

Actividad 1	Evaluación de programas de diseño y desarrollos teóricos
Actividad 2	Análisis de normativas internacionales de control de radiación
Actividad 3	Selección del diseño de prototipo cilindro y/o colector ópticos
Actividad 4	Diseño del sistema de movimientos y seguimientos solar
Actividad 5	Construcción del prototipo de 1.5 metros
Actividad 6	Capacitación en errores y correcciones de medición y diseño

1).- En primer medida se ha realizado una evaluación de aquellos programas de diseño que posibiliten un desarrollo de modelos digitales basados en cálculos teóricos referidos a la eficacia de las diferentes superficies reflectantes destinadas a la concentración de energía solar, simulación de movimientos de partes y estructuras de soporte, dimensiones óptimas, etc.

Para eso se profundizo en el uso de programas de vectorización como Rhinoceros y Autocad, decidiendo el uso de Rhinoceros por ser uno de los más versátiles en cuanto a modelados virtuales, y Autocad para el desarrollo de información técnica destinada a la fabricación del prototipo de colector.

En el área del Laboratorio de óptica se colaboró con el análisis de los modelos teóricos de cálculo de superficies parabólicas de revolución en busca del perfil de curva que optimizara el plano focal de un colector parabólico aplicando el programa de diseño óptico Zemax.

2).- Se ha dejado para la siguiente etapa de investigación el estudio de aquellas normativas que regulan el control de la radiación solar tanto nacional como internacionalmente, dado que se ha visto dificultado por cuestiones administrativas la consecución de dichas normas, las que se espera conseguir en el transcurso de este año.

3).- Junto a profesionales tanto del Área Mecánica como del área de la Metrología Óptica del LOCE de la FCAGLP y con apoyo de los datos recavados en el análisis teórico anterior, el becario colaboro en la evaluación de los modelos de colectores-concentradores ópticos (discos parabólicos – cilíndricos parabólicos – cilíndricos compuestos – torres solares de helióstatos) y se determino que los de tipo **discos parabólicos** son los que se desarrollaran en una primera instancia dada su potencialidad a nivel de rendimiento eléctrico, posponiéndose para una segunda instancia la posibilidad de desarrollo de colectores tipo **cilindro parabólico**. Se estima que un modelo de disco parabólico con motor Stirling, con una dimensión de entre 3 a 5 metros de diámetro, puede llegar a la generación de energía eléctrica en valores de 3 a 5 KW/h, lo que plantea un escenario muy favorable a lo que se propone como objetivo de esta beca.

Por otro lado se participó en el diseño formal estructural del sistema colector concentrador, en el cual como primer alternativa se tomo la geometría parabólica (Ver trabajo en área publicaciones) Por otro lado se profundizo en los conocimientos sobre motores Stirling y se participo en el diseño y construcción de pequeños prototipos a baja escala, los cuales se encuentran aun en su etapa de desarrollo experimental . Se espera que los mismos arrojen datos que sirvan para determinar condiciones de funcionamiento que puedan ayudar al diseño de los motores empleados en los colectores mayores.

4).- Se analizaron y caracterizaron los movimientos tanto de elevación como de giro en azimut para el seguimiento solar con el fin de diseñar y proyectar el dispositivo que se utilizara en el colector. Para esto, se estudiaron los sistemas de movimientos de modelos

actuales desarrollados y se propusieron sistemas de movimientos no convencionales a fin de evaluar su factibilidad.

Del análisis de estos datos en este periodo se lograron definir los siguientes puntos.

1. el sistema colector debe rotar en forma azimutal sobre dos ejes bien definidos, horizontal y vertical, lo que lleva al uso de motores y programas de seguimiento solar cuyas características y niveles de control de precisión se hallen a la altura de lo requerido.
2. el disco concentrador debe poseer la capacidad de resguardarse, de manera rápida y precisa, ante eventuales acontecimientos, sean climatológicos o de otra índole, lo que demanda una combinación tanto del movimiento de giro como de elevación, lo cual condiciona el tipo de motorización elegido.
3. hay una notable diferencia de velocidades entre el movimiento de seguimiento en azimut -el cual debe realizarse a muy bajas velocidades relativas- y el movimiento de retorno del sistema a su posición inicial a la espera del próximo día, colocándose en ese momento en posición de reposo -el cual debe realizarse a velocidades relativamente elevadas-.

En base a estas conclusiones se decidió que los movimientos de giro en azimut y elevación serán asistidos por motores de corriente continua comandados por variadores de ancho de pulso que permitiría alternar a voluntad entre velocidades altas y bajas, dependiendo del requerimiento del momento. En cuanto al sistema de seguimiento solar, se opta como primer alternativa por un dispositivo desarrollado en colaboración con el Área de Electrónica de la FCAGLP el cual se basa en un arreglo fotosensible acompañado de un programa de coordenadas que permite una vez ubicado el sol, realizar un seguimiento en función del gradiente de luz solar que se detecta, retroalimentándose y auto corrigiendo la posición en un movimiento combinado de azimut y elevación.

5).- Se participó en el diseño y construcción, junto a otros diseñadores y al Área Mecánica de la FACGLP de un prototipo funcional de 1,5mts de diámetro de un colector tipo disco parabólico, el cual si bien aun no se ha acoplado a un motor Stirling ha permitido realizar mediciones de energía solar concentrada, mediciones temperatura y energía difusa. El mismo ha sido desarrollado previamente en programas de modelado (Rhinceros y Autocad) donde se efectuaron correcciones tanto de dimensiones como alternativas constructivas y funcionales, se pudieron observar situaciones de uso y movimientos, y construido en base a moldes y modelos de yeso y resinas cargadas con fibra de vidrio.

La superficie reflectante se ha construido en base a secciones de vidrio plano espejado en segunda superficie, cuyas dimensiones han sido calculadas con los programas de diseño mencionados anteriormente. Estas secciones de espejo permiten obtener en el foco del disco concentrador una zona de mínima confusión de aproximadamente 14 cm, donde se han hallado temperaturas según mediciones con termocuplas K de aproximadamente 465°C lo que cumple holgadamente con los parámetros establecidos como necesarios en el comienzo de este proyecto de investigación.

6).- Actualmente el proyecto se encuentra en una segunda etapa de desarrollo a nivel de prototipo, en la cual se esta fabricando, previo análisis de los resultados entregados por el primer colector prototipado, un segundo disco concentrador capaz de ser montado en la estructura del primer colector, cuyo perfil de curva corresponde a una parábola esférica, lo que combinado con el uso de gajos triangulares de espejo de igual forma y tamaño, se espera generen en el foco una zona de mínima confusión tendiente a un punto lo cual acrecentaría la razón de concentración logrando aun mayores temperaturas. A la vez se continúan realizando mediciones de temperaturas en diferentes secciones del foco a fin de evaluar la incidencia de energías difusas, temperaturas aledañas al foco, etc.

## **7. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS O PUBLICADOS EN EL PERIODO.**

**7.1. PUBLICACIONES.** Debe hacerse referencia, exclusivamente a aquellas publicaciones en la cual se halla hecho explícita mención de su calidad de Becario de la CIC. (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha aclaración no debe ser adjuntada. Indicar el nombre de los autores de cada trabajo, en el mismo orden que aparecen en la publicación, informe o memoria técnica, donde fue publicado, volumen, página y año si corresponde; asignándole a cada uno un número. En cada trabajo que el investigador presente -si lo considerase de importancia- agregará una nota justificando el mismo y su grado de participación.

**Co-Autor del trabajo “Análisis y evaluación de variables ópticas en el desarrollo de concentradores solares ópticos para la generación de energía eléctrica”**

**ISSN - 1862 5075**

**7.2. PUBLICACIONES EN PRENSA.** (Aceptados para su publicación. Acompañar copia de cada uno de los trabajos y comprobante de aceptación, indicando lugar a que ha sido remitido. Ver punto 7.1.)

**7.3. PUBLICACIONES ENVIADAS Y AUN NO ACEPTADAS PARA SU PUBLICACIÓN.** (Adjuntar copia de cada uno de los trabajos. Ver punto 7.1.)

**7.4. PUBLICACIONES TERMINADAS Y AUN NO ENVIADAS PARA SU PUBLICACIÓN.** (Adjuntar resúmenes de no más de 200 palabras)

**7.5. COMUNICACIONES.** (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores)

**7.6. TRABAJOS EN REALIZACIÓN.** (Indicar en forma breve el estado en que se encuentran)  
Participación en el diseño y construcción de nueva superficie reflectante para prototipo de colector solar parabólico de 1,5mts. 30%

**8. OTROS TRABAJOS REALIZADOS.** (Publicaciones de divulgación, textos, etc.)

**8.1. DOCENCIA**

**8.2. DIVULGACIÓN**

**8.3. OTROS**

**9. ASISTENCIA A REUNIONES CIENTÍFICAS.** (Se indicará la denominación, lugar y fecha de realización y títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas)

**10. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.** (Señalar características del curso o motivo del viaje, duración, instituciones visitadas y si se realizó algún entrenamiento)

10.1 Nombre: "JORNADA DE CAPACITACIÓN EN SISTEMA DE COLECTORES SOLARES",  
Duración: DEL 15 AL 22 DE MAYO DE 2012  
Asistido o aprobado: Asistido  
Institución: LOCE-FCAG-UNLP  
Carga horaria: 12 Hs  
Prof. Lic. Luis C. Martorelli

10.2 Nombre: "SISTEMAS DE COLECTORES OPTICOS PARABOLICOS Y MOTOR STIRLING",  
Duración: DEL DIA 5 AL 16 DE AGOSTO DE 2012  
Asistido o aprobado: Asistido  
Institución: LOCE-FCAG-UNLP  
Carga horaria: 16 Hs  
Prof. Lic. Luis C. Martorelli

**11. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO**

**12. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO**

**12.1 Cargo: Ayudante Adscripto**

Dedicación: simple

Cátedra: Tecnología del Diseño Industrial 2 A – Facultad de Bellas Artes – UNLP

**Periodicidad: 2011 – 2012**

**12.2 Cargo: Ayudante Diplomado**

Dedicación: simple

Cátedra: Tecnología del Diseño Industrial 2 A – Facultad de Bellas Artes – UNLP

**Periodicidad: 2012 - actualidad**

**13. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES** (Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período)

Exposición del trabajo y dictado de charlas en:

13.1 TEC LA PLATA "Congreso de difusión y extensión"

Lugar: República de los Niños

Auspicio: Municipalidad de La Plata - UNLP

Fecha: 12 al 17 de Abril 2012

13.2 TEC ENSENADA "Jornadas de Energías Renovables"

Lugar: Municipalidad de Ensenada

Auspicio: Municipalidad de Ensenada - UNLP

Fecha: 16 al 20 de Noviembre 2012

**14. TITULO DEL PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PERIODO DE PRORROGA O DE CAMBIO DE CATEGORÍA** (Deberá indicarse claramente las acciones a desarrollar)

**Estudio de factibilidad, diseño y desarrollo de Sistemas Ópticos Colectores Solares, para la generación de Energía Eléctrica en la Provincia de Buenos Aires**

---

### Condiciones de Presentación

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Becario, la que deberá incluir:
- a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 14).
  - b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, deben agregarse al término del desarrollo del informe
  - c. Informe del Director de tareas con la opinión del desarrollo del becario (en sobre cerrado).

---

**Nota:** El Becario que desee ser considerado a los fines de una prórroga, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.

.....  
Firma del Director

.....  
Firma del Becario