

## **INFORME CIENTIFICO DE BECA**

Legajo N°:

**BECA DE PERFECCIONAMIENTO**

**PERIODO 04/2014 - 04/2015**

**1. APELLIDO:** CHIESA

**NOMBRES:** LUCAS PATRICIO

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

**Localidad:** LA PLATA **CP:** 1900 **Tel:**

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

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

Análisis y evaluación de variables opto-mecánicas en sistemas de concentradores solares para la generación de energía eléctrica sustentable 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:* 01/04/2014

**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°:** -

*Localidad:* La Plata **CP:** 1900 **Tel:** 0221-4274914

**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 período de Beca de Perfeccionamiento, y continuando con los lineamientos de la Beca de Estudio anteriormente desarrollada, se trabajó sobre las consideraciones de diseño y desarrollo de colectores solares Cilíndrico Parabólicos (CCP). El conocimiento obtenido sobre el tema permitirá aprovechar el recurso solar disponible en la provincia de Buenos Aires y utilizarlo para convertir dicho recurso en energía eléctrica con el objetivo de llegar a aquellos lugares alejados de las redes troncales eléctricas donde existen poblaciones apartadas en donde el recurso eléctrico es escaso o nulo, y a su vez complementar estos sistemas con otros recursos energéticos existentes. Esta aplicación permitirá no solo poder generar electricidad sino también energía térmica que pueda utilizarse para diversos fines (calefacción, cocción de alimentos o como calor de proceso) ya sea en el hogar, la industria (en sus diferentes escalas) o escuelas, hospitales, delegaciones rurales, etc. Esta actividad sin duda tiende a fomentar un desarrollo sustentable de la región a partir del aprovechamiento de las energías renovables limpias y la reducción del uso de aquellas que terminan siendo contaminantes o no renovables.

El objetivo específico es adquirir el conocimiento en estas tecnologías, que si bien ya están disponibles en otros países, mayoritariamente en Europa y los EE.UU., aún en el nuestro y en América Latina se encuentran en escaso (sino nulo) desarrollo. El bagaje de conocimiento que se adquiriera abre las puertas para la inserción de este tipo de tecnologías limpias en el escenario del planeamiento y la planificación en pos del Desarrollo Sustentable.

Para este primer año se plantearon las siguientes actividades concretas a realizar:

- Evaluación y análisis de las variables solarimétricas en la Pcia de Bs As.

Para estudiar el potencial solarimétrico del territorio provincial, se utilizó como principal herramienta los datos que se vuelcan en el Atlas de Energía Solar de Argentina, realizado por el grupo Gersolar de la Universidad Nacional de Lujan, (con quien cabe destacar que se ha establecido un muy buen vínculo de trabajo y coparticipación investigativa). En dicho Atlas se puede relevar por un lado la Heliofanía (cantidad de horas solares efectivas) y por otro lado la Irradiancia Solar (Potencia solar incidente por unidad de superficie). Ambas magnitudes combinadas nos otorgan como resultado el potencial en bruto mensual promedio disponible en la Provincia de Buenos Aires con el que se podría contar para el funcionamiento de los colectores solares.

Se vuelcan en el Anexo 1 (Tabla 1 - Irradiación Solar de la Provincia de Buenos Aires) los datos obtenidos del estudio del Atlas Solar. Con estos datos se podrán realizar los cálculos pertinentes a la energía disponible en cada mes luego de realizar las deducciones por pérdidas.

El posterior estudio de estos datos arrojará un panorama sobre las características solares de cada región de la provincia, con lo que se podrá, tener un claro y certero panorama de situación para planificar que tipo de uso se le puede dar a la energía colectada y procesarla en función de las actividades que se desarrollen en cada región y realizar posteriores estudios de impacto tanto ambiental como socio-económico referentes a la implementación de estas tecnologías .

Por otra parte conociendo el valor del recurso solar se podrán estimar que requerimientos deberían tener los colectores para utilizar con máxima eficiencia el recurso solar disponible: dimensiones de cada unidad, requerimientos mínimos para funcionar como posibles parques termo-eléctricos solares y características de los mismos, características de las máquinas térmicas acopladas a los colectores, etc.

- Experimentación y posterior selección de los materiales constitutivos de las superficies reflectantes y del cuerpo receptor, desarrollo de alternativas estructurales de soporte y selección del diseño global definitivo de los prototipos de colectores cilíndrico-parabólicos.

En cuanto a la superficie reflectante (que es la encargada de coleccionar la radiación solar y concentrarla, gracias a su geometría de sección parabólica, haciendo converger todos los haces de dicha radiación en la superficie receptora), se experimentó en ensayos desarrollados en el Área de Metrología Óptica del LOCE -FCAG-UNLP y el CEMECA-CIC con los siguientes materiales:

\*vidrio de 2mm tipo Vasa Crown recubierto con una película de plata en primera y segunda superficie, esto es en la cara que queda hacia apuntando al sol y en la cara que queda hacia atrás del colector respectivamente.

\*vidrio de 2mm tipo Vasa Crown recubierto con una película de aluminio, en primera y segunda superficie. Generada y analizada en el Área de Alto Vacío del LOCE-FCAG-UNLP

\*acero inoxidable pulido.

\*aluminio pulido.

\*Mylar, que es el nombre comercial de una película muy fina de PET metalizado.

En el Anexo 1 (Tabla 2 - niveles de Reflectividad Global de materiales para superficies reflectivas) podemos encontrar los porcentajes de reflectividad de estos y otros materiales que se investigaron.

Analizando sus cualidades reflectivas pero también el comportamiento de estos materiales a través del tiempo y considerando que una vez instalados, los CCP se encontrarán a la intemperie y expuestos a las partículas en suspensión que se encuentran en el aire y que tienden a degradar por erosión cualquier superficie, se decide que el mejor material para utilizar como superficie reflectante es el vidrio de 2mm plateado en segunda superficie, recubierto además en su cara posterior con una pintura protectora del tipo Epoxi o Poliuretánica, que otorgue mayor vida útil al baño de plata. La elección de este material frente al resto se fundamenta en varias cuestiones:

- El índice de reflectividad es aceptable para los requerimientos planteados (+/-80%).

- La cara de vidrio expuesta a la intemperie se comporta de manera más que aceptable frente a los agentes erosivos suspendidos en el aire.

- Presenta la cualidad de no oxidarse en contacto con el oxígeno ni degradarse con el agua que se utilizaría para lavar la superficie reflectante, cosa que se debe hacer periódicamente ya que la misma va acumulando partículas y perdiendo así capacidad reflectiva (factor de ensuciamiento).

- Se consigue fácilmente de manera comercial y su costo relativo no es elevado.

- Si bien es estructuralmente estable, permite una cierta deformación en frío que le permitiría copiar la forma de la superficie parabólica de soporte sobre la cual se pegaría. Esto es una ventaja ya que no requiere de tratamientos térmicos ni mecánicos, lo que abarata los costos globales de fabricación.

- Puede ser conseguido y manufacturado en prácticamente cualquier localidad de la provincia (y del país) lo que asegura su mantenimiento y reposición. La posible reposición de dicho material sería rápida y no presenta una complejidad tal que requiera de personal cualificado, sino que puede hacerse con el personal de mantenimiento habitual del colector. Estos factores, desde el punto de vista de la sustentabilidad es un punto a favor ya que hace que no se dependa del fabricante del colector para su posterior mantenimiento y esto de alguna manera independiza al destinatario de uso de lidiar con servicios técnicos especializados.

Estructuralmente la superficie reflectiva de vidrio de 2mm requiere de una estructura soporte que se proyectó en una chapa de acero al carbono a la cual se pegan los vidrios plateados. Esta debe ser contenida a su vez por una estructura que le de la curvatura necesaria. Para esto, en un primer momento se tuvieron en cuenta 2 alternativas: una estructura compuesta por siluetas de chapa de acero al carbono cortadas por pantógrafo con la sección parabólica correspondiente y vinculadas entre sí con caños redondos de acero al carbono. Como segunda alternativa se propone una estructura integral reticulada de caños de acero al carbono unidos con tornillos y soldados formando la cuna. Se decidió finalmente por la estructura de caños de acero ya que el costo del corte por pantógrafo es muy elevado para esta escala de trabajo, aunque para diseños a futuro de mayor dimensión es una alternativa viable porque simplifica el proceso de fabricación y ensamblaje.

En cuanto al receptor, el mismo se proyecta como un tubo de acero al carbono recubierto con una pintura selectiva de alta absorción (95%) y baja emisividad (<13%). El estudio de los antecedentes dice que la mayor eficiencia en cuanto a pérdidas térmicas se refiere se alcanza utilizando tubos recubiertos con un segundo tubo de vidrio y entre los cuales hay una capa de vacío que evita las pérdidas por radiación y convección. Para este desarrollo experimental se utilizarán tubos sin recubrimiento de vidrio dado que los mismos presentan un costo elevado. Sin embargo se deja constancia de que para desarrollos a mediana y gran escala, los tubos receptores deben ser recubiertos con tubo de vidrio y capa de vacío intermedia, flexibles en sus extremos y juntas rotativas que permitan vincular un colector a otro para formar los lazos.

En cuanto a la estructura general de soporte y los sistemas de anclaje al suelo, se propone trabajar con dos soportes uno en cada extremo del colector cilíndrico, que cumplen la múltiple función de soporte del colector, soporte de los mecanismos de movimiento y de seguimiento solar y a su vez hace de soporte para los brazos que mantienen el tubo receptor en su posición. La misma se proyecta de caños estructurales de acero al carbono, soldados para mayor rigidez, y vinculados al suelo con un sistema de cimentación que aun no se ha definido ya que depende de la geometría final de la estructura.

El diseño global que se propone para este trabajo es el de un colector cilíndrico parabólico de 2mts de longitud y 1mt de abertura, con el foco de la parábola a 30cm. los

vidrios que constituyen la superficie reflectiva se cortarán en un prototipo en tiras longitudinales de entre 3 y 5 cm de ancho, que luego serán pegadas a la chapa soporte con una silicona de alta resistencia. Ya dijimos que el tubo receptor será de acero al carbono y su diámetro será determinado por el potencial térmico que se considere adecuado en la etapa de análisis de requerimientos. El mismo ronda los 70mm de diámetro. Todo el conjunto del colector se proyecta con una inclinación en su estructura de  $34,5^\circ$ , coincidente con la latitud de la ciudad de la plata. Esto se hace buscando optimizar el rendimiento global del colector, eliminando el factor de corrección del ángulo  $\phi$ .

- Diseño del sistema de movimientos y seguimiento solar

El sistema de movimiento fino de seguimiento solar, se resuelve de la misma manera que se resolvió el movimiento en altura del colector esférico parabólico analizado en la etapa de estudio anterior de esta beca, donde se acopla una corona al eje de los cilindros colectores y esta es acoplada a su vez a un piñón solidario al eje de un motor-reductor de corriente continua controlado con un driver muy simple y un buscador de sol encargado del feedback necesario para el posicionamiento y reposicionamiento del colector. El conjunto de motor se regula para alcanzar la velocidad de desplazamiento del sol en altura. Luego, es el buscador el encargado de mantener al sol dentro del rango adecuado para que todos los rayos incidan finalmente sobre el tubo receptor. En desarrollos posteriores sería interesante experimentar con un sistema de posicionamiento automático que responde a algoritmos que le permiten calcular la posición del sol en cada día del año, y posicionar al equipo independientemente del buscador de Sol.

- Participación en la construcción de los 2 prototipos a escala.

Para este proyecto como ya se dijo anteriormente se propuso el desarrollo de 2 prototipos funcionales de colectores cilíndricos de 2mts de longitud y una abertura de 1mt, lo que da un área de absorción de  $2\text{mts}^2$ . Como innovación se proponen los colectores con su ángulo de inclinación similar a la latitud de la ciudad de la plata, o sea  $34,5^\circ$ . Esto permite que todos los rayos incidentes sobre la superficie colector no sufran pérdidas ya que los mismos inciden en la mayor parte del tiempo en forma perpendicular a la misma.

En el anexo 1 (Imágenes) se muestran imágenes de los esquemas de los colectores y del estado de avance de los prototipos. Cabe mencionar que una parte de la fabricación de los mismos se realizó en el Área Mecánica de la FCAG, y coincidió con la mudanza de los talleres a un edificio nuevo, lo que retrasó considerablemente el avance en la fabricación.

## 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.

**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)

**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 Asistente a la IV Escuela de Verano de la UNLP - Curso de Energía Solar de Alta Concentración  
Período: del 23 al 27 de Febrero de 2015.

Dictado por el profesor Lic Luis Martorelli de la FCAG - UNLP, el Dr. Raul Righini del Grupo Gersolar - UNLujan y el Dr Jesus Fernandez de Ciemat PSA - España.

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

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

12.1 Catedra: Tecnologia de Diseño Industrial "2A" - Facultad de Bellas Artes - UNLP

Cargo: Ayudante Diplomado

Dedicación: Simple

Período: 2013 - actualidad

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

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

Análisis y evaluación de variables opto-mecánicas en sistemas de concentradores solares para la generación de energía eléctrica sustentable en la Provincia de Buenos Aires.

Las actividades a desarrollar son mencionadas en el formulario de pedido de prórroga.

---

### 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

## ANEXO 1

MES	HELIOFANÍA	IRRADIACIÓN PROMEDIO
ENERO	8/9 HS	6.5 kW.h/m <sup>2</sup>
FEBRERO	8/9 HS	5.75 KW.h/m <sup>2</sup>
MARZO	6/7 HS	4.5 KW.h/m <sup>2</sup>
ABRIL	6/5 HS	3 KW.h/m <sup>2</sup>
MAYO	5/4 HS	2.25 KW.h/m <sup>2</sup>
JUNIO	4/3 HS	1.5 KW.h/m <sup>2</sup>
JULIO	4 HS	1.75 KW.h/m <sup>2</sup>
AGOSTO	5 HS	2.75 KW.h/m <sup>2</sup>
SEPTIEMBRE	5/6 HS	3.75 KW.h/m <sup>2</sup>
OCTUBRE	6/7 HS	5 KW.h/m <sup>2</sup>
NOVIEMBRE	7/8 HS	6 KW.h/m <sup>2</sup>
DICIEMBRE	7/8 HS	6.75 KW.h/m <sup>2</sup>

TABLA 1 - IRRADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

*FUENTE: ATLAS DE ENERGIA SOLAR DE ARGENTINA.*

*GRUPO GERSOLAR - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LUJAN*

MATERIAL	INDICE DE REFLECTIVIDAD
<b>VIDRIO PLATEADO EN SEGUNDA SUPERFICIE 2MM</b>	<b>79.5%</b>
<b>VIDRIO PLATEADO EN SEGUNDA SUPERFICIE 3MM</b>	<b>75.4%</b>
<b>VIDRIO PLATEADO EN SEGUNDA SUPERFICIE 4MM</b>	<b>71.2%</b>
<b>MYLAR</b>	<b>83.3%</b>
<b>ACERO INOXIDABLE</b>	<b>57.2%</b>
<b>ALUMINIO DE ALTA REFLECTIVIDAD (VERDE)</b>	<b>83.9%</b>
<b>ALUMINIO DE ALTA REFLECTIVIDAD (ROSADO)</b>	<b>85.3%</b>
<b>ALUMINIO DE ALTA REFLECTIVIDAD (CELESTE)</b>	<b>82.0%</b>
FIBRA DE VIDRIO PINTADA DE BLANCO	70.9%
PVC BLANCO	87.1%
CHAPA GALVANIZADA	58.8%
CHAPADUR PREPINTADO BLANCO	74.1%
CHAPA NUEVA PINTADA DE BLANCO	58.5%
PAPEL DE ALUMINIO	79.9%

TABLA 2 : REFLECTIVIDADES GLOBALES DE ALGUNOS MATERIALES

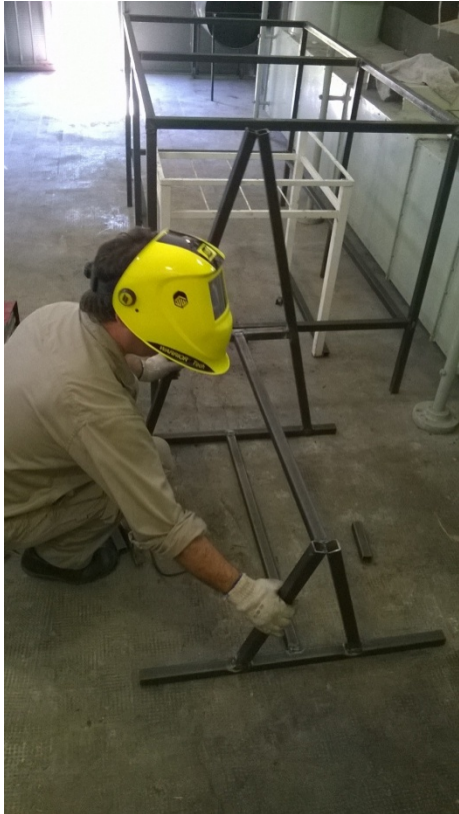
FUENTE: ESTUDIO DE MATERIALES REFLECTIVOS PARA CONCENTRADORES SOLARES

INENCO - Universidad Nacional de Salta

## IMÁGENES

ESTADO DE AVANCE DE LA FABRICACIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE COLECTORES CILINDRICO PARABOLICOS





modelados 3d de los prototipos de colectores

