

## *Proyecto secador de polen*

### *Componente científico-técnico*

- **Título del proyecto:** Diseño e implementación de un secador de polen para operar a partir de energías renovables en los páramos de Cundinamarca.
- **Eje, línea y sublínea temática de investigación del proyecto:** Eje de CTel para la agregación de valor a recursos renovables y no renovables, en la línea de sistemas de generación localizada y distribuida de energía, abordando la temática procesos que tiendan a optimizar las tecnologías actuales y usos finales de la energía térmica y eléctrica.
- **Duración:** 24 meses.
- **Lugar de ejecución:** Las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo en el laboratorio del grupo de investigación LIFAE, que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En dicha sala se cuenta con dos equipos de cómputo y demás equipos necesarios para la etapa de investigación e implementación del proyecto. Adicionalmente, se cuenta con elementos como osciloscopios, multímetros, pinzas amperimétricas, entre otros.
- **Investigador principal y coinvestigadores**
- **Conformación del equipo de investigación**  
Laboratorio de Investigación de Fuentes Alternativas de Energía - (Universidad Distrital Francisco José de Caldas) – COL0012963 - Categoría A1.

Grupo de Compatibilidad e Interferencia Electromagnética GCEM (Universidad Distrital Francisco José de Caldas) – COL0011142 - Categoría A.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Cundinamarca.

Integrantes del equipo de investigación:

| Nombre                 | Tiempo de dedicación | Función                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| investigador principal | 8 h/s                | Investigador Principal – Coordinar las diferentes actividades del proyecto. Asesorar estudiantes y asistentes de investigación. Dirigir tesis desarrolladas durante el proyecto. Planear y ejecutar las actividades necesarias para el desarrollo del prototipo secador de polen a partir de energías renovables. |
| co-investigador 1      | 4 h/s                | Co-Investigador. Coordinar estudiantes y asistentes de investigación. Dirigir tesis desarrolladas durante el proyecto. Planear y ejecutar las actividades necesarias durante el desarrollo del proyecto, relacionadas con el diseño físico del secador de polen.                                                  |
| co-investigador 2      | 4 h/s                | Co-Investigador. Planear y ejecutar actividades concernientes al desarrollo de los sistemas                                                                                                                                                                                                                       |

|                         |        |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |        | electrónicos y de control del secador de polen. Asesorar estudiantes de pregrado y maestría. Dirigir tesis desarrolladas durante el proyecto.                                                                                        |
| co-investigador 3       | 4 h/s  | Co-Investigador. Orientar a los desarrolladores en las pruebas de operación del prototipo. Elaboración del protocolo de pruebas para la validación del correcto funcionamiento del prototipo.                                        |
| investigador pregrado 1 | 48 h/s | Investigador pregrado – Participar en el diseño, modelado, simulación y análisis de cada uno de los componentes del equipo secador de polen. Participar en la construcción y puesta en funcionamiento de prototipo secador de polen. |
| investigador pregrado 2 | 48 h/s | Investigador pregrado – Participar en el diseño, modelado, simulación y análisis de cada uno de los componentes del equipo secador de polen. Participar en la construcción y puesta en funcionamiento de prototipo secador de polen. |

- **Antecedentes y trayectoria del equipo de investigación solicitante en la temática específica del proyecto**

El Laboratorio de Investigación de Fuentes Alternativas de Energía – LIFAE viene trabajando temas relacionados con las energías renovables fundamentalmente en aplicaciones de generación distribuida desde aproximadamente 10 años. Este trabajo se ha visto reflejado por ejemplo en:

- Un proyecto de investigación financiado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas titulado “Prototipo de una microrred eléctrica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas PME-UD”. Convocatoria # 14-2013: financiación de proyectos de investigación presentados por alianzas de grupos de investigación de una misma facultad institucionalizados en el sistema de investigaciones de la Universidad Distrital Francisco José de caldas y reconocidos en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; Scienti dentro de la convocatoria 2012. Concluido.
- Un proyecto de investigación financiado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas titulado “Diseño, simulación e implementación de una microrred eléctrica” Financiado por Convocatoria interna # 7-2015 en desarrollo.
- 6 artículos de investigación publicados en revistas indexadas por Publindex: IEEE Transaction on Industrial Electronics (A1), IEEE Transactions on Power Electronics (A1), Applied Energy (A1), Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (A1), Tecnura (A2) y Revista Colombiana de Física (C).
- Un libro de investigación titulado Microrredes Eléctricas, Editorial UD, 2015.
- 9 proyectos de grado finalizados en temáticas relacionadas el diseño e implementación de prototipos alimentados a partir de fuentes renovables de energía.
- 2 proyectos de grado, un proyecto de maestría y una tesis de doctorado, en desarrollo, en temáticas relacionadas con aplicaciones de las fuentes renovables de energía.
- Gracias a todos los trabajos, previos y actuales, se cuenta actualmente con lazos de cooperación con varios centros de investigación internacionales entre los que se destaca el Grupo de Sistemas Electrónicos Industriales – GSEI de la Universidad Politécnica de Valencia en España, el Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Renovables

- TER del Instituto Politécnico Nacional de México, el Research Programme in MicroGrids de la Aalborg University.

El Grupo de Compatibilidad e Interferencia Electromagnética – GCEM viene trabajando desde hace 5 años en el desarrollo de dispositivos y sistemas que permitan aplicar o analizar diferentes fenómenos relacionados con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Algunos de los proyectos desarrollados y sus productos son:

- a. Un proyecto de investigación financiado por COLCIENCIAS mediante contrato FP44842-321-2015, titulado “Desarrollo de un sistema de medición avanzado para registro de parámetros eléctricos de estado estable y de calidad de energía en redes de tensión menor a 1 kV”, código 1130-669-46529. Convocatoria 669 – 2014: Convocatoria para apoyar proyectos de investigación y desarrollo en ingenierías – 2014. En ejecución.
- b. Un proyecto de investigación financiado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas titulado “Desarrollo de un prototipo para registro de sobretensiones en redes de 11.4 kV”, código 2-5-334-12. Convocatoria interna # 5-2012. Concluido. Como resultados de este proyecto se publicó 1 artículo en revista indexadas por Publindex: Tecnura (A2). Además de 3 ponencias en conferencias internacionales.
- c. Un proyecto titulado “Diseño y construcción de un prototipo de generador monofásico de huecos de tensión (SAGS) de 1 kVA basado en impedancia en derivación”. Concluido. Prototipo construido y funcional, el cual se encuentra en proceso de protección de derechos de autor ante la Superintendencia de Industria y Comercio. Como resultado de este proyecto se publicaron 3 artículos en revistas indexadas por Publindex: Ingeniería e Investigación (A1), Tecnura (A2), Información Tecnológica (A1). Además de 3 ponencias en conferencias internacionales.
- d. Un proyecto titulado “Análisis de calidad de potencia en un sistema industrial mediante el método de medición multipunto”, el cual permitió validar la utilidad del método. La metodología de análisis de la información recopilada ha sido la base de la estrategia de análisis proyectos posteriores. Un artículo en la revista Información Tecnológica (A1).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Cundinamarca, tiene una amplia experiencia en proyectos orientados a fomentar la innovación tecnológica y la transferencia de tecnología, y la asistencia técnica para medianos y pequeños productores en el sector rural, tal como lo plasma en su misión que dice: “contribuir al desarrollo sostenible, competitivo y equitativo del sector agropecuario, agroindustrial, artesanal y al mejoramiento de la calidad de vida de la población rural del Departamento, en armonía con las políticas nacionales, regionales, departamentales, municipales y el principio constitucional de participación comunitaria.”<sup>1</sup>. Algunos proyectos desarrollados son:

- a. Aunar esfuerzos para el suministro de 150.000 plantulas clonadas de cacao y la capacitación a 70 familias en buenas prácticas agrícolas en el municipio de Medina Cundinamarca.
- b. Aunar Esfuerzos con la Fundacion Espeletia para fomentar el cultivo de la Guadua mediante establecimiento de plantaciones comerciales de la Guadua y la capacitación de productores y técnicos, que hagan posible el mejoramiento de la producción para la transformación y comercialización en mejores condiciones de aprovechamiento y sostenibilidad, en el municipio de Pacho.
- c. Aporte de cooperación técnica y cofinanciación para la Ejecución de los convenios suscritos entre la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, la Agencia Presidencial para la Acción Social y la UDEC para

<sup>1</sup>[http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeagricultura/Secagriculturadespliegue/asquienessomos\\_contenidos/csecagricultura\\_mision](http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeagricultura/Secagriculturadespliegue/asquienessomos_contenidos/csecagricultura_mision)

implementar programa de Seguridad Alimentaria en los municipios de alto Tequendama, Apulo y Puerto Salgar.

- **Resumen ejecutivo**

El proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR DE POLEN PARA OPERAR A PARTIR DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS PÁRAMOS DE CUNDINAMARCA”, es un producto directo Plan de Energización Rural Sostenible para el Departamento de Cundinamarca PERS-Cundinamarca, desarrollado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), con el objetivo de “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la elaboración del Plan de Energización Rural Sostenible del Departamento de Cundinamarca. PERS para el Departamento de Cundinamarca”. En consecuencia, el presente proyecto muestra una posible solución para la implantación de proyectos amigables con el medio ambiente en los páramos de Cundinamarca (Chingaza, Guerrero, Rabanal, Sumapaz-Cruz Verde, Guacheneque y Guatanfur). La propuesta va enfocada al diseño e implementación de un prototipo secador de polen a partir de fuentes renovables de energía, que cumpla con altos estándares de calidad y brinde un producto (proceso de secado de polen adecuado) según los requerimientos de la actividad apícola, para ser instalado en los páramos de Cundinamarca, mencionados anteriormente.

El prototipo estará compuesto por una cámara sobre la cual se hará la supervisión y el control de temperatura, adecuado para el correcto secado del polen. Dicho prototipo será alimentado por fuentes renovables de energía disponibles en la zona de estudio (páramos de Cundinamarca). Producto del estudio del recurso energético, se puede llegar a la conclusión de que el sistema puede depender de una o más fuentes renovables y posiblemente con conexión al sistema eléctrico domiciliario.

Posteriormente, mediante un protocolo de pruebas debidamente desarrollado, se validarán las cualidades del prototipo desarrollado para corroborar sus bondades frente a otros equipos con características similares disponibles en el mercado. Finalmente, se realizará un estudio socio-económico que permitirá identificar en primera instancia la inclusión del desarrollo en las comunidades objeto de estudio, así como las posibles entidades interesadas en financiar la masificación, mediante subsidios, del prototipo en las zonas descritas.

- **Palabras clave**

Secador de polen, control de temperatura, fuentes renovables de energía.

- **Planteamiento del problema y de la pregunta de investigación**

Actualmente, la principal fuente de contaminación a nivel mundial, y causa del calentamiento global y el cambio climático, es el aumento de los gases de invernadero que provienen de la quema de combustibles fósiles [1], por ello ha surgido la necesidad de explotar fuentes alternativas de energía, que sean sostenibles, principalmente aquellas energías naturales renovables que se pueden transformar en energía eléctrica [2].

Por otra parte, y teniendo en cuenta los resultados del PERS-Cundinamarca, y que la explotación agraria convencional es una práctica común que se realiza a lo largo del territorio colombiano y los páramos que tiene el Departamento de Cundinamarca (Chingaza, Guerrero, Rabanal, Sumapaz – Cruz Verde, Guacheneque y Guatanfur) no escapan a esta situación. Hizo necesario, que el Gobierno Nacional mediante la Ley 1450 de 2011 [3] estableciera que en los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, entre otras, lo que

obliga a buscar nuevas soluciones que permitan a las familias asentadas en dichas zonas tener alternativas de ingresos diferentes a la explotación agropecuaria convencional y al mismo tiempo que vean la importancia ambiental en actividades alternativas como lo es la apicultura, la cual tiene la gran ventaja que beneficia la polinización de diferentes especies vegetales y del bosque andino y es amigable con el ambiente.

El polen, como producto comercial apícola, es uno de los muchos productos que ofrece la naturaleza y que presenta múltiples aplicaciones: cosmética, alimentación humana, farmacología, etc. [4]

Un elemento esencial en la producción de polen, es el secado del mismo, el cual es un proceso muy costoso que requiere de grandes inversiones, no solo en la consecución del equipo como tal, sino en el consumo energético que este demanda, lo que lo hace poco atractivo.

En Colombia no existen grandes empresas productoras de polen, por el contrario la mayoría de su producción se realiza de forma artesanal obteniendo resultados aceptables que en muchas ocasiones no cumplen con la calidad o con las normas fitosanitarias exigidas. Generalmente, se utilizan secadores de bandejas con energía eléctrica y con tiempos y temperaturas diferentes según el sitio o lugar, haciendo que el polen sea susceptible a contaminarse fácilmente [5].

Por otra parte, las familias productoras de polen en las zonas de paramo y sub paramo son pocas (según lo caracterizado por la Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Cundinamarca), sin embargo, si se logra desarrollar un proceso de secado a través de un prototipo, que este dentro de los límites económicos de los pequeños productores, basado en energías alternativas, con el fin de reducir el consumo energético, y en segundo lugar se logra mejorar la calidad final del producto, se puede asegurar que muchos de esos pequeños y medianos productores previa capacitación y/o mejorando los procesos que vienen desarrollando, encontrarían en la apicultura una alternativa económicamente rentable y además permitida por la autoridad ambiental.

### • Justificación del proyecto

En el marco del Plan de Energización Rural Sostenible – PERS Cundinamarca, se han adelantado una serie de actividades de las cuales se destacan, “la visita a diferentes municipios del Departamento, con el fin de recopilar y clasificar información, caracterizar el consumo de algunas zonas del sector rural representativas, analizar oferta de recursos energéticos, identificar consumos de subsistencia del sector rural, realizar ejercicios de proyección de la demanda para el periodo 2015-2031 y formular, originar o dinamizar algunos proyectos productivos, energéticos o integrales con las características PERS (sostenibles económica, tecnológica, ambiental y socialmente)”<sup>2</sup>. Dicho análisis, ha permitido aunar esfuerzos con diferentes entidades gubernamentales, como la Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Cundinamarca, en aras de desarrollar proyectos con metodología PERS en diferentes zonas del departamento, basados en las necesidades de las comunidades, generando como resultado la inclusión de la apicultura en los páramos de Cundinamarca como medio de subsistencia.

Por otra parte, el Gobierno Nacional definió, mediante la Ley 1450 de 2011 (por la cual se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014), que en los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales, ni construcción de refinerías de hidrocarburos. Aproximadamente el 70% de la población de la región andina toma el agua de los páramos. De ahí su importancia para la sociedad y para la economía. De los 1'700.000 hectáreas de páramo que se calcula hay en el país, Cundinamarca tiene cerca de 386.000 evidenciando la importancia de su conservación.

<sup>2</sup> <http://perscundinamarca.udistrital.edu.co/>

En la zona de influencia del proyecto se encuentra pequeños productores agropecuarios cuya vocación agropecuaria (producciones de ganadería y hortícola), impacta negativamente debido a las actividades económicas que allí se realizan. Por tal razón el implementar proyectos amigables con el ambiente generará una economía sostenible para las familias de influencia y disminuirá el impacto que el hombre causa sobre la zona de paramo.

Uno de estos posibles proyectos, es el de la apicultura sostenible en zonas de influencia de los cinco grandes complejos de Páramos de Cundinamarca (Chingaza, Guerrero, Rabanal, Sumapaz-Cruz Verde, Guacheneque y Guatanfur), como protección ambiental y activación económica enmarcada en la polinización y pos-cosecha del polen formulado por la Gobernación de Cundinamarca. Sin embargo, un aspecto crucial en el proceso de pos cosecha del polen, es el correcto secado del mismo. En la actualidad dichos procesos de secado, en Colombia, se realizan de forma artesanal, obteniéndose un producto medianamente aceptable, caracterizado por ser en ocasiones amargo, debido a su alto contenido de humedad y susceptible al crecimiento de hongos y bacterias. Por esta razón se hace necesario la implementación de secadores con la capacidad de supervisar y controlar la temperatura, y que sean amigable con el medio ambiente en el sentido de ser alimentados, parcial o totalmente, a partir de fuentes renovables de energía.

- **Alcance del proyecto**

El proyecto en mención se considera un proyecto en fase de perfil. En dicho proyecto se pretende desarrollar (diseño e implementación) un secador de polen prototipo alimentado, posiblemente, a través de energías alternativas orientado a brindar una alternativa de subsistencia a los agricultores de las zonas de sub paramo y paramo. Adicionalmente, se realizará un estudio económico que permita valorar la inserción de dicha tecnología en las comunidades en mención. En una fase posterior, fuera del alcance del presente proyecto, se prevé una etapa de sensibilización relacionada con aspectos propios de la apicultura, así como la consecuente capacitación de la comunidad.

- **Marco conceptual**

### ***El polen***

El polen son las células reproductivas de las plantas, las cuales son transportadas al estigma de otra planta gracias a la acción de los insectos, el viento, el agua, entre otros [6]. Su coloración varía dependiendo de la especie vegetal de que procede, siendo generalmente de color amarillo o marrón [7].

El polen de abeja es un producto fabricado por las abejas con polen extraído de las flores y combinado con néctar y/o miel, y secreciones propias. Dicho polen es almacenado dentro de la colmena en celdas separadas de aquellas que almacenan el néctar [8].

El polen, según su origen, puede variar su composición, sin embargo la composición del polen en términos generales es la que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición del polen [4]

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| Agua                   | 12% - 20%                                   |
| Proteínas              | 20% - 40%                                   |
| Hidratos de carbono    | 25% - 40%                                   |
| Aminoácidos esenciales | Histidina, leucina, isoleucina, triptófano, |



|                   |                                                                             |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                   | valina, lisina, metionina, treonina y fenilalanina.                         |
| Otros aminoácidos | Prolina, glutamina, arginina, etc.                                          |
| Vitaminas         | Complejo B (B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>6</sub> ), A, C, D y K |
| Minerales         | 1% - 7%                                                                     |

### ***Usos del polen***

El principal uso del polen es como producto alimentario, sin embargo también presenta aplicaciones a nivel cosmético y terapéutico.

Entre las aplicaciones más destacadas y validadas por la comunidad científica, se encuentran:

- ✓ Presenta un alto contenido nutricional debido a su contenido de proteínas, lípidos, azúcares, fibras, sales minerales, aminoácidos y vitaminas [9].
- ✓ Presenta altos contenidos de sustancias polifenólicas con propiedades farmacológicas (antibióticas, antineoplásicas, antidiarréicas) y antioxidantes [10].
- ✓ Presenta actividad antioxidante reconocida por la captación de radicales libres y la inhibición de la peroxidación lipídica, asociada a la presencia de vitaminas C y E, β-carotenos y una variedad de compuestos fenólicos [11].
- ✓ Podría reducir la incidencia de enfermedades degenerativas como cáncer y arterioesclerosis entre otras [11] [12].

### ***Secado del polen***

La humedad es el factor que más influye en la conservación del polen. El proceso de secado en el polen consiste en reducir la humedad a valores cercanos al 8%. Dicho nivel de humedad no permite el crecimiento de hongos y/o bacterias.

Algunos factores a tener en cuenta en el secado del polen son [13]:

- ✓ El secado debe realizarse inmediatamente después de la recolección.
- ✓ El rango de temperatura de secado es 40°C – 42°C. A estas temperaturas, el secado se completará en 12-15 horas.
- ✓ Durante el proceso de secado, hay que manipular lo menos posible el polen y hacerlo con mucho cuidado, ya que se trata de un producto sensible a las roturas y a la contaminación.

Por otra parte, existen diferentes métodos para el secado del polen. Uno de ellos es el secado natural, mediante el cual el apicultor expone al sol y al viento el polen, otro es el secado artificial el cual se basa en la inyección controlada de aire caliente, una descripción más detallada se presenta a continuación [14]:

1. *Secado solar directo:* Dicho método consiste en exponer el polen directamente a los rayos del sol. Es considerado un método rudimentario, que afecta el producto final, en términos de calidad y homogeneidad, esto en razón a que el polen tiene diversos componentes fotosensibles, los cuales son afectados por los rayos ultravioleta.
2. *Secado solar indirecto:* Es un método ampliamente utilizado por los productores de polen y se basa en la construcción de secadores artesanales, fabricados por dichos

productores, generalmente en zonas donde se tiene un alto nivel de radiación solar. El principal inconveniente es el control de la temperatura interna del secador, ya que se podría llegar a sobrecalentar el polen.

3. *Secado con aire caliente:* Este es el procedimiento más adecuado para el secado de polen. Se realiza con aire caliente a una temperatura controlada entre los 40°C a los 45°C. Existen diversas empresas fabricantes, sin embargo, no en la cantidad suficiente debido a lo específico del mercado. Se caracterizan por ser gabinetes acondicionados con bandejas cuyo fondo está fabricado en malla fina donde se deposita el polen, permitiendo la circulación del aire caliente y eliminando la humedad del mismo.

### ***Equipos secadores de polen comerciales***

A nivel comercial es posible encontrar diferentes empresas, en su mayoría extranjeras, que ofrecen secadores de polen, sin embargo, dichos secadores son costosos y se alimentan a partir de la red eléctrica domiciliaria. Algunos de dicho secadores, se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. Secadores de polen eléctricos<sup>3</sup>

| Referencia   | Características                                                                                                                       | Precio (Pesos Colombianos) |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| MAQAPSP_001  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Número de bandejas: 5</li> <li>· Capacidad: 500gr/24h.</li> <li>· Potencia: 250 W</li> </ul> | 316.251                    |
| MAQAPSP_002  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Número de bandejas: 2</li> <li>· Capacidad: 500gr/24h.</li> <li>· Potencia: 475 W</li> </ul> | 1'052.381                  |
| MAQAPSP_003  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Número de bandejas: 3</li> <li>· Capacidad: 750gr/24h.</li> <li>· Potencia: 600 W</li> </ul> | 794.070                    |
| MAQAPSP_004a | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad: 30kg/24h.</li> <li>· Potencia: 2 kW</li> </ul>                                    | 4'624.102                  |
| MAQAPSP_004b | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad: 20gr/24h.</li> <li>· Potencia: 500 W</li> </ul>                                   | 4'624.102                  |
| MAQAPSP_005a | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad: 30kg/24h.</li> <li>· Potencia: 550 W</li> </ul>                                   | 2'630.954                  |
| MAQAPSP_006  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad: 100kg/24h.</li> <li>· Potencia: 6 kW</li> </ul>                                   | 9'168.085                  |

### ***Energías renovables***

Las energías renovables se definen como aquellas que tienen un potencial energético inagotable ya sea porque son capaces de regenerarse o porque tienen una gran cantidad de energía. La utilización de energías renovables presenta en la actualidad una mayor viabilidad, en razón a que su costo ha disminuido sustancialmente en los últimos 30 años [15]. A continuación se presentan algunas de ellas.

1. *Pequeñas centrales hidroeléctricas:* Las pequeñas centrales hidroeléctricas son usadas como fuentes de energía en la generación distribuida. Esta fuente de energía no es

<sup>3</sup> Tomado y adaptado de

<http://www.mielvalledelospedroches.com/secaderos%20y%20limpiadoras%20de%20polen%20de%20abeja.htm>



contaminante por sí misma, sin embargo, dificulta la migración de peces, el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, provoca disminución en el caudal del río, entre otros problemas ambientales. Es uno de los métodos más económicos para generar electricidad pero los costos ambientales no han sido tomados en cuenta [16]. Para el aprovechamiento de este tipo de fuente de energía se han desarrollado las microturbinas, que tienen una eficiencia del 25 al 30 por ciento y son aplicadas en rangos de 30 KW a 200 KW [17].

2. *Energía Solar:* La energía solar ha sido usada por los seres humanos desde hace mucho tiempo. En Colombia, por ejemplo, se ha utilizado este tipo de energía para calentadores de agua, así como para suministrar energía eléctrica a repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas, bases militares entre otras aplicaciones [18].

Las celdas fotovoltaicas (PV) han existido desde su temprano uso en el programa aeroespacial de los Estados Unidos. Las celdas PV tienen la ventaja de que su corriente y tensión, no solo dependen de la radiación solar sino del diseño de la celda, por otra parte si se desea mayor energía producida, se pueden conectar distintas celdas para aumentar su capacidad [15]. El rango de energía de aplicación varía de acuerdo con la cantidad de celdas [17]. A pesar de lo anterior, tiene la desventaja de su alto costo de producción, sin embargo, las celdas solares justifican su inversión en áreas rurales alejadas de la red eléctrica [16] [19].

3. *Energía Eólica:* La energía eólica tiene distintas ventajas, entre las cuales se puede destacar el bajo costo de producción en lugares con velocidad del viento mayor o igual a cinco metros por segundo ( $\geq 5$  m/s) [20] [21]. Estudios indican que la energía que podría entregar el viento es cinco veces mayor al total consumido por el mundo [18], incluso es viable en distintos lugares de Colombia [22].

La energía eólica es aprovechada para ser convertida en energía eléctrica por medio de turbinas eólicas, se han generado parque eólicos en distintos lugares del mundo cubriendo un rango de aplicación de 200 W a 3 MW [17], aunque algunos autores opinan que en los parque eólicos pueden aumentar el rango de operación, en caso de ser requerido [16] [23].

- **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de secador de polen con control de temperatura que emplee energías renovables para los productores de los Páramos de Cundinamarca.

- **Objetivos específicos**

- ✓ Identificar la fuente renovable que mejor se ajusta a la operación del sistema en los páramos de Cundinamarca.
- ✓ Desarrollar un prototipo secador de polen a partir de la fuente renovable seleccionada o en su defecto a partir de un esquema combinado de generación de energía eléctrica.
- ✓ Implementar un protocolo de pruebas enfocadas en validar el correcto funcionamiento del prototipo secador de polen bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

- ✓ Realizar un estudio socio-económico que valore la inserción del prototipo dentro de las comunidades que habitan los páramos de Cundinamarca.

## • Metodología

El tipo de investigación que se realizará será una investigación de tipo experimental con enfoque cuantitativo. Se estima desarrollar la propuesta a partir del diseño e implementación de un prototipo para secado de polen a partir de una fuente renovable de energía o un sistema híbrido de generación, en donde no se descarta como soporte la red eléctrica domiciliaria.

Dicho objetivo se alcanzará a través del desarrollo de una serie de actividades y componentes propios por cada uno de los objetivos específicos. A continuación se presentan dichos componentes en función a una serie de fases en aras de desarrollar los objetivos en mención.

### 1. Selección de la fuente renovable más adecuada para operar en los páramos de Cundinamarca

Implementación de una metodología que permita identificar cual es la fuente más adecuada y que brinde los mayores beneficios, para alimentar el prototipo secador de polen.

De igual forma en esta fase se requiere realizar un estudio de los diferentes tipos de secadores de polen que existen en el mercado y que operan con energía eléctrica, con el fin de identificar sus principales características y ver la posibilidad de una posible adaptación o reconfiguración de los mismos.

### 2. Implementación del prototipo secador de polen

Teniendo en cuenta cual es la fuente renovable a utilizar producto de la metodología implementada seleccionada en la fase anterior, el siguiente paso es diseñar e implementar el secador de polen, teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos.

En esta etapa se requiere experimentar con diferentes técnicas de control que permitan obtener un buen seguimiento de consigna, en este caso la temperatura al interior del horno.

Adicionalmente se debe desarrollar una interface de usuario que permita al mismo hacer uso del dispositivo de manera fácil y segura. Lo anterior se hará mediante un mecanismo de comunicación entre el dispositivo y el usuario, que incluya un sistema de protección, evitando errores de conexión de los elementos o en la programación del control del secador de polen, garantizando así el buen funcionamiento del mismo y su total aprovechamiento por parte del usuario.

Por otra parte, se prevé que se generen una serie de alarmas que permitan evidenciar una operación no correcta del prototipo secador de polen.

### 3. Protocolo de pruebas

Ejecución del protocolo de pruebas que permita evaluar las características del prototipo secador de polen tales como la supervisión y el control adecuado de la temperatura al interior del secador, consumo energético y el correcto funcionamiento del sistema de generación a partir de la fuente renovable seleccionada. De ser posible, dicho prototipo será probado en sitio, previa selección de uno de los páramos, mencionados anteriormente.

### 4. Estudio socio-económico

Realizar un estudio socio-económico que permita ver las posibilidades de masificación del prototipo en los páramos de Cundinamarca, con el fin de que las familias que allí habitan puedan subsistir de la apicultura. De igual forma se indagará como a través de diferentes

entidades gubernamentales y no gubernamentales, se pueden obtener subsidios para que los pobladores de dichas zonas puedan adquirir un secador de polen con el respectivo asesoramiento técnico que esto amerita.

| <b>Actividad</b>                                                                                            | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 | Mes 13 | Mes 14 | Mes 15 | Mes 16 | Mes 17 | Mes 18 | Mes 19 | Mes 20 | Mes 21 | Mes 22 | Mes 23 | Mes 24 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Elaboración de la metodología para la selección de la fuente renovable                                      | X     | X     | X     | X     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Estudio de los diferentes secadores de polen existentes en el mercado                                       |       | X     | X     | X     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Diseño mecánico y electrónico del secador de polen                                                          |       |       |       |       | X     | X     | X     | X     |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Implementación del secador de polen                                                                         |       |       |       |       |       |       |       |       | X     | X      | X      | X      | X      | X      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Pruebas de operación del secador de polen                                                                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        | X      | X      |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Diseño e implementación del sistema de alimentación de energía a partir de la fuente renovable seleccionada |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | X      | X      | X      | X      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Desarrollo de la interface de usuario                                                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        | X      | X      | X      |        |        |        |        |        |        |        |
| Ejecución del protocolo de pruebas finales                                                                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      |        |        |        |        |        |
| Mejoramiento y calibración del prototipo                                                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      |        |        |        |        |
| Elaboración de artículos                                                                                    |       |       |       |       |       |       | X     | X     | X     | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      |        |        |        |        |
| Estudio socio-económico del prototipo secador de polen                                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      | X      | X      |        |        |        |
| Estudio y elaboración de la solicitud de derechos de propiedad intelectual                                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      |        |        |
| Validación técnica y pre comercial del cargador                                                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      |        |        |
| Elaboración de informe final                                                                                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | X      | X      | X      |

- **Resultados esperados de la investigación**

1. Selección de la fuente renovable más adecuada para operar en los páramos de Cundinamarca

Después de la realización de este estudio se espera recopilar información acerca de las fuentes renovables con mayor impacto en los páramos de Cundinamarca, esto con el fin de poder elaborar un cuadro comparativo que permita identificar la fuente que ofrece los mayores beneficios técnicos y económicos a la hora de alimentar el prototipo secador de polen.

Por otra parte, con el estudio de los diferentes secadores de polen existente en el mercado, se podrán identificar las características funcionales que deben tener estos equipos para su correcta operación. A partir de dicha información se podrá plantear la idea de adaptar un equipo existente o diseñar, como tal, la cámara que servirá como secador que cumpla con los requisitos que exige la industria para su correcto funcionamiento.

2. Implementación del prototipo secador de polen

Con la implementación del prototipo se obtendrá un producto competitivo, innovador y llamativo para las familias que habitan los páramos de Cundinamarca que cumpla con los más altos estándares de calidad y que permita ofrecer un producto final que cumpla con todas las normas que exige la industria de la apicultura. Dicho prototipo, no solo se quedará en el uso que se le pueda dar en los páramos sino que se espera se pueda extrapolar a otro ambientes y escenarios donde sea útil.

3. Implementación de la interface de usuario

Después de desarrollar la interface de usuario se habrá logrado una adecuada comunicación entre el usuario y el sistema secador de polen, de forma tal, que la complejidad de la programación del secador de polen no sea un obstáculo para su manejo, permitiéndole al usuario explotar cada una de las características y ventajas que ofrece este equipo. Adicionalmente, permitirá que el usuario sea alertado de cualquier anomalía que se presente, gracias al sistema de alarmas que posee.

4. Protocolo de pruebas

Mediante el protocolo de pruebas se validará el correcto funcionamiento del prototipo secador de polen, permitiendo en las diferentes fases de pruebas corregir detalles de funcionamiento y ajustar cada una de las características del prototipo que verifiquen el cumplimiento de los objetivos técnicos propuestos y así garantizar un máximo rendimiento del mismo. Adicionalmente, se verificará los sistemas de protección incorporados en el prototipo, lo que asegurará el cuidado del sistema y la integridad del usuario que manipula el equipo.

5. Análisis socio-económico

A través el análisis socio-económico se espera evidenciar el impacto que tendrá la posible implantación de la solución tecnológica propuesta en los páramos de Cundinamarca. De igual forma se podrá tener una base de datos de entidades interesadas inicialmente en subvencionar dicho prototipo a las familias que habitan dichas zonas. Por otra parte el estudio también permitirá evidenciar la potencialidad que tiene el prototipo para ser puesto en funcionamiento en zonas diferentes a la seleccionada en el presente documento.

6. Impacto social

El implementar este tipo de tecnología en los páramos de Cundinamarca, permitirá a las comunidades que allí habitan, tener una alternativa diferente a la minería que actualmente se presenta, y que afecta de forma negativa el ecosistema. Generará, en el mediano y largo plazo, una alternativa de subsistencia basada en la actividad apícola, no solo desde el punto de vista individual, sino a través de la conformación de cooperativas y asociaciones, que permitan que los productos allí generados tengan una alta calidad y puedan ser comercializados a nivel nacional y porque no, trascender fronteras.

- **Productos esperados de la investigación**

Al concluir el periodo de desarrollo del proyecto se espera contar con los siguientes productos que evidenciaran el trabajo realizado y el fortalecimiento de las destrezas científicas y tecnologías adquiridas durante el tiempo de ejecución de este trabajo.

#### **Formación de Recurso Humano**

| <b>Formación</b>                    | <b>Descripción</b>                                                      | <b>Personas</b> | <b>Beneficiarios</b>                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| FORMACIÓN DE ESTUDIANTE DE PREGRADO | Formación culminada de estudiantes de pregrado en el marco del proyecto | 4               | Universidad Distrital                                                  |
| FORMACIÓN ESTUDIANTE MAESTRÍA       | Formación culminada de estudiantes de maestría en el marco del proyecto | 1               | Universidad Distrital, con financiación para el desarrollo de la tesis |

#### **Generación de Nuevo Conocimiento**

| <b>Resultado</b>                        | <b>Descripción</b>                                                                                                        | <b>Cantidad</b> | <b>Beneficiario</b>                                          |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|
| ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN EN REVISTA A | Artículos derivados de la investigación sometidos a evaluación.                                                           | 2               | Comunidad científica nacional e internacional                |
| ARTICULO DE INVESTIGACIÓN EN REVISTA A1 | Artículo aceptado en temáticas propias de la investigación.                                                               | 1               | Comunidad científica nacional e internacional                |
| PROTOTIPO                               | Prototipo secador de polen a partir de fuentes renovables.                                                                | 1               | Universidad Distrital, Grupos de investigación participantes |
| INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN          | Informe final de la investigación en el que se presenta el desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos en el mismo | 1               | Universidad Distrital, Comunidad científica                  |

#### **Apropiación Social de Conocimiento**

| <b>Publicación</b>                            | <b>Descripción</b>                                                                                         | <b>Cantidad</b> | <b>Beneficiario</b>                         |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| RADIODIFUSIÓN EN LA EMISORA DE LA UNIVERSIDAD | Programa de radio orientado a la presentación de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación. | 1               | Universidad Distrital, Comunidad científica |



|                                    |                                                                                        |   |                                                           |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------|
| DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS |                                                                                        |   |                                                           |
| PONENCIAS                          | Participación en eventos especializados presentando los resultados de la investigación | 2 | Universidad Distrital, Comunidad científica internacional |

#### Fortalecimiento de la comunidad científica

| Resultado                                           | Descripción                                                                            | Cantidad | Beneficiario                              |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|
| REALIZACIÓN DE CURSOS DE CAPACITACIÓN Y/O SEMINARIO | Seminario de 20 horas aprox. Sobre la actividad apícola y sus perspectivas en Colombia | 1        | Comunidad académica interesada en el tema |

#### • Posibles evaluadores

Eduardo Alirio Mojica Nava Ph.D, profesor Universidad Nacional de Colombia; email: eamojican@unal.edu.co

Nicolás Muñoz Galeano Ph.D, profesor Universidad de Antioquia; email: nicolasm@udea.edu.co

Oscar Carranza Castillo PhD, profesor Instituto Politécnico Nacional de México; email: ocarranzac@ipn.mx

#### • Impacto ambiental

La implementación de proyectos amigables con el medio ambiente y de poca afectación con el entorno, como es el caso de la apicultura, generará una economía sostenible para las familias de influencia y disminuirá el impacto negativo que el hombre causa, en este caso, sobre los páramos de Cundinamarca.

Por otra parte, con el empleo de energías renovables en la implementación del secador de polen, se busca una disminución en el consumo energético por parte de los usuarios, lo cual no solamente se refleja en una reducción en los gastos mensuales de facturación, sino que también tienen un impacto ambiental positivo reflejado en la disminución de gases de invernadero que provienen de la quema de combustibles fósiles.

#### • Referencias

[1] Mikael Höök, Xu Tang “Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—epletion”. Energy Policy, Volume 52, January 2013, Pages 797-809.

[2] Napoleon Enteria, Hiroshi Yoshino, Rie Takaki, Akashi Mochida, Akira Satake, Seizo Baba, Hideki Ishihara, Ryuichiro Yoshie, “Case analysis of utilizing alternative energy source and technologies for the single family detached house” Solar Energy, Volume 105, July 2014, Pages 243-263.

[3] Departamento Nacional de Planeación “Ley 1450 del 16 de Junio de 2011 por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014” Solar Energy, Imprenta Nacional de Colombia, 2011.

- [4] Antonio Cobo Ochoa, “El polen: Recogida, manejo y aplicaciones” Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura Español, Volume 8, 1980.
- [5] Ivonne Cifuentes, Jorge Amezcuita, “Diseño de un secador de polen con sistema de control y supervisión de temperatura” Proyecto de fin de Carrera, Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización, Universidad de La Salle, 2006.
- [6] Blaise LeBlanc, Owen Davis, Stephen Boue, Anthony DeLucca, Thomas Deeby, “Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen”, Food Chemistry, Volume 115, January, 2009, Pages 1299–1305.
- [7] L.B. Almeida-Muradian, Lucila Pamplona, Silvia Coimbra, Monika Barth, “Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets”, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 18, February 2005, Pages 105–111.
- [8] Andrés Mesa, “Caracterización fisicoquímica y funcional del polen de abejas (apis mellifera) como estrategia para generar valor agregado y parámetros de calidad al producto apícola”, Proyecto de fin de maestría, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2015.
- [9] Solange Carpes, Gerson Mourão, Severino Alencar, Maria Masson, “Chemical composition and free radical scavenging activity of Apis mellifera bee pollen from Southern Brazil”, Brazilian Journal of Food Technology, Volume 12, July 2009, Pages 220-229.
- [10] Norma Almaraz-Abarca, Maria Campos, Antonio Avila-Reyes, Nestor Naranjo-Jimenez, Jesús Herrera-Corral, Laura González-Valdez, “Variability of antioxidant activity among honeybee- collected pollen of different botanical origin”, Interciencia, Volume 29, October 2004, Pages 574-578.
- [11] Maria Campos, Rosemary Webby, Kenneth Markham, Kevin Mitchell, Antonia da Cunha, “Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids”, Journal of agricultural and food chemistry, July 2003, Volume 51, Pages 742-745.
- [12] J. Serra-Bonvehí, M. Soliva Torrentó, E. Centelles Lorente, “Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, April 2001, Volume 49, Pages 1848-1853.
- [13] Jordi Besora Magem, “Informe técnico para la construcción de una trampa caza-polen y un secador solar de polen”, [http://esf-cat.org/wp-content/uploads/2016/03/Informe\\_trampa\\_y\\_secador\\_de\\_polen\\_final.pdf](http://esf-cat.org/wp-content/uploads/2016/03/Informe_trampa_y_secador_de_polen_final.pdf) [Consulta: 17 de Agosto de 2016]
- [14] Consejo Federal de Ciencia y Tecnología de Argentina, “Desarrollo de secadero de polen de mayor volumen de carga y con menores tiempos de secado”, <http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/Oportunidades%20identificadas/150%20-%20Desarrollo%20de%20secadero%20de%20polen%20de%20mayor%20volumen%20de%20carga.pdf> [Consulta: 17 de Agosto de 2016].
- [15] X. Liu and B. Su, “Microgrids—an integration of renewable energy technologies”, Electr. Distrib. CIED 2008, Pages 1–7, 2008.

- [16] J. Santamarta, “Las Energías Renovables son el Futuro”, World Watch, Pages 34–40, 2004.
- [17] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D’haeseleer, “Distributed generation: definition, benefits and issues”, Energy Policy, Volume. 33, no. 6, April 2005, Pages 787–798.
- [18] H. Rodríguez, “Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas”, Rev.Ing. Universidad de los Andes. Volume 28, Pages 83-89.
- [19] R. A. M. E.-H. S. Nahavandi, J. A. B. M. H. W. Reeve, F. C. M. L. T. Samad, and T. G. Croda O. Malik G. Zobrist, “Photovoltaic Energy—Solar Cells and Solar Power Systems”, Electric power generation. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [20] H. Pandzic and B. Pazanovic, “Entrenador modular de energía solar y eólica – DL Sun-Wind Manual”, DE LORENZO Engineering Training Solutions.
- [21] M. Ismail, “Simulation of a Hybrid Power System Consisting of Wind Turbine, PV, Storage Battery and Diesel Generator with Compensation Network: Design, Optimization and Economical Evaluation”, M.S. thesis, Dept. Energy Research, An-Najah National Univ., Nablus, Palestine, 2008.
- [22] C. Sánchez, F. Rodriguez, E. Collante, and O. Simbaqueva, “Atlas de radiación solar de Colombia”, Bogota, 1993, Pages. 175.
- [23] N. Hatzigargyriou, H. Asano, R. Iravani, and C. Marnay, “Microgrids”, IEEE power & energy magazine, August 2007, Pages 78–94.