

## Generación eléctrica en el Chad

Àngel Lladó Jaume  
Jordi Giral Guardia  
Pol Olivella Rosell  
Victor Depoorter Ruelle

El proyecto “Generación eléctrica en el Chad” se desarrolla para una población del Chad, país situado en el corazón de África. Según la ONU, es el quinto país más pobre del mundo con un 80% de la población por debajo del umbral de la pobreza. Goundi, la población chadiana destinataria del proyecto, está al sur del país, entre las poblaciones de Sarh i Moundoul, cerca de la frontera con Camerún y la República Centroafricana. La organización no-gubernamental que promueve el proyecto es Misión y Desarrollo para Goundi y fue fundada en el año 2003 con el objetivo de mejorar las condiciones de vida en la región. La ONG colabora muy intensamente con el hospital aportando financiación y material sanitario. Una de las partidas económicas más importantes es la compra de combustible para generar electricidad. Estos costes se han ido incrementando con la subida de los precios del barril de petróleo y los diferentes conflictos en los países vecinos. En este contexto y desde la ONG, se decidió emprender un proyecto tecnológico para reducir al máximo la compra de combustible y se formó un equipo de voluntarios dispuestos a encontrar una solución. Esta solución debía poder suministrar energía al hospital y así asegurar su autoabastecimiento energético en el futuro.



Figura 1: Logo ONG

Fuente: Misión y Desarrollo para Goundi

Por lo tanto, el proyecto tiene como principal eje vertebrador la planificación y construcción de una planta de generación multi-energética renovable, para finalmente conseguir el objetivo real del proyecto: involucrar a la población local de Goundi en su propia independencia y crecimiento socio-económico.

A día de hoy y aún en fase embrionaria, dicho proyecto está constituido por varias entidades locales como la Communé du Goundi o la Association des Handicapés Physiques de Goundi así como otras, no menos importantes y que aportan la parte técnica, como el centro de investigación CITCEA-UPC y la ONG Misión y Desarrollo para Goundi, ubicadas en Catalunya. El trabajo desarrollado se ha basado en voluntarios que coordinan sus respectivos trabajos con el proyecto., por lo que se plantea la incorporación de nuevas personas dispuestas a colaborar, ya sea aquí en Barcelona como en Goundi.

La financiación de este proyecto se lleva a cabo, por el momento, mediante donaciones y patrocinios privados y subvenciones públicas puesto que se pretende llegar a la autofinanciación e independencia energética en el transcurso del 2013-2014.

En una primera fase, el proyecto se centrará en demostrar la viabilidad del sistema escogido con una carga menos crítica que un hospital, dónde un corte del suministro eléctrico puede ocasionar daños irreparables. La carga disponible es un pozo de agua que abastece a la población durante los 9 meses de sequía, la cual se extrae con una bomba de agua eléctrica, que actualmente funciona con un generador diésel. Posteriormente, una vez demostrada la viabilidad, se procederá a aumentar el sistema de generación para poder abastecer al hospital y a otras posibles cargas.

## TECNOLOGIA UTILIZADA

Después de valorar las diferentes alternativas tecnológicas existentes, se descartan la eólica y la mini-hidráulica por insuficiencia de estos recursos en la zona destinada al proyecto, y la solar por el hecho de que no supone una implicación directa de la sociedad, siendo esta una premisa pilar del proyecto. Por lo tanto, después de valorar las posibilidades, las características medioambientales, productivas y económicas de la zona, la generación eléctrica se realizará mediante la gasificación de biomasa. No obstante, en ningún caso se descarta la posibilidad de futuras hibridaciones de estas u otras tecnologías en fases posteriores.

La biomasa forestal es un recurso abundante en Catalunya y gran parte del mundo, pero no es así en Goundi, donde cada árbol está protegido por ley y donde la naturaleza impone un tren climático de 9 meses de sequía extrema seguidos de 3 meses de lluvias torrenciales. En este entorno, la biomasa más apropiada es el subproducto agrícola obtenido en el cultivo de variedades locales de maíz. Se entiende como subproducto todo aquello que no sea comestible, como los zuros de las mazorcas (núcleos) y las cañas, que actualmente se queman en los campos después de cada cosecha. A diferencia de la biomasa forestal, la biomasa residual agrícola se regenera con cada época de lluvias, teniendo así asegurado el suministro año tras año.

La tecnología de la gasificación permite una revalorización energética de la biomasa de forma limpia, controlada y segura, que permite trabajar cómodamente con pequeñas potencias sin comprometer el precio ni la fiabilidad del proyecto. Actualmente, existe una amplia experiencia en instalaciones de gasificación en medios rurales para la generación eléctrica.

Una alternativa razonable podría ser la generación eléctrica mediante calderas de vapor, pero para potencias inferiores a 500 kW es poco común, si bien son muy utilizadas para la generación de calor industrial o para calefacción.

Con la gasificación se consigue una mayor eficiencia en el proceso, así como la posibilidad de obtener energía eléctrica a la vez que térmica. Esta última es

especialmente interesante ya que permite la aplicación de esta tecnología en proyectos de cogeneración o incluso trigeneración (generar calor, frío y electricidad del mismo proceso).

El producto de la gasificación es el gas de síntesis, que tiene un poder calorífico bajo, aunque no despreciable (4 - 6 MJ/m<sup>3</sup>), y no genera mayor residuo que materiales inertes como son cenizas y determinados gases no contaminantes, que se queman en una antorcha al final del proceso.

## SOLUCIÓN COMERCIAL: EL GASIFICADOR GEK DE 20 KW

La opción comercial que mejor se adapta a las necesidades de esta primera fase del proyecto la ofrece All Power Labs con su gasificador GEK de 20 kW. Este kit de gasificación presenta una solución muy completa y compacta, ocupando solamente el tamaño de un palé, a un precio ajustado. Sus principales partes son: un sistema de alimentación de biomasa, un gasificador, un ciclón, un sistema de filtrado y enfriado del gas, un motor de combustión interna y un generador acoplado al mismo. El equipo cuenta con un sistema de control que lleva a cabo el encendido y el apagado, así como la admisión de biomasa de la tolva al gasificador, con un alto grado de automatización.

El gasificador es de tiro invertido o downdraft. Este tipo de gasificadores permiten obtener un gas con baja concentración de alquitranes y partículas, lo que facilita su filtraje antes de ser introducido en un MCIA (Motor de combustión interna alternativo).

Aún así, una vez generado el gas de síntesis hay que someterlo a un proceso de limpieza para acabar de eliminar las partículas indeseadas que podrían perjudicar el funcionamiento del MCIA y reducir su vida útil. Este proceso de limpieza se compone de un ciclón para la eliminación de partículas, que tiene la ventaja de poder trabajar a la alta temperatura de salida de los gases. Tras haber pasado por el ciclón, el gas es dirigido a un intercambiador de calor, que permite aprovechar su calor para precalentar de la biomasa entrante. Por último, se pasan los gases por un filtro de aceite que acaba de eliminar prácticamente todas sus

impurezas. Para el buen funcionamiento del proceso es muy importante llevar a cabo un mantenimiento correcto de los elementos de filtraje, teniéndose que vaciar el depósito de cenizas del ciclón y cambiar el aceite del filtro periódicamente.

Al final del proceso, el gas se introduce en el motor modelo GM Vortec 3.0L 4cyl de gasolina adaptado al funcionamiento con gas. A su vez, el motor está acoplado a un generador eléctrico Meccalte con posibilidad de trabajar a 120V/208/240V AC, 60/50Hz, en monofásico o trifásico. Por un lado, el uso de un motor de combustión interna ofrece un coste de la energía inferior que con el uso de una turbina de gas. Por otro lado, la tecnología de los motores de combustión presenta una mayor madurez que la tecnología de las turbinas de gas para este rango de potencias.

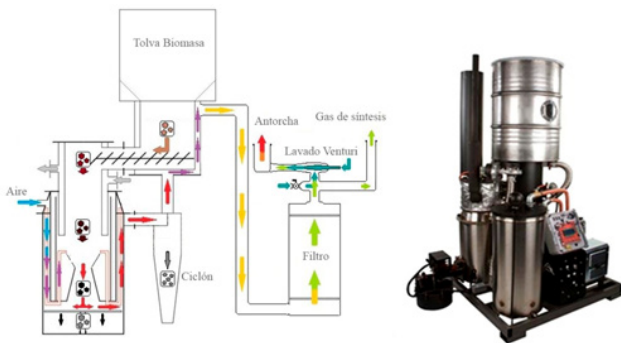


Figura 2: Esquema gasificador GEK de 20 kW de All Power Labs  
Fuente: All Power Labs

Para posibilitar la gestión de todo el proceso es necesaria una unidad de control. Este dispositivo se basa en una placa “open source” desarrollada inicialmente para el control de procesos térmicos industriales. Cuenta con gran cantidad de sensores de presión y temperatura, entradas analógicas, tacómetros (rpm), salidas PWM para el control de velocidad en motores y salidas capaces de suministrar hasta 5 A en C.C. El dispositivo es capaz de comunicarse vía USB, serial, SD y CANbus, así como almacenar datos y visualizarlos in situ en una pantalla LCD incorporada en la placa. Esta unidad de control, basada en un procesador Atmel ATmega 1280 compatible con software Arduino, permite modificar fácilmente el proceso con el fin de mejorar su eficiencia. Por otro lado, existe mucha información proveniente de otros usuarios de Arduino que han documentado su experiencia en internet. Por todo lo anterior, la unidad de control de GEK representa una herramienta muy completa y

robusta para aplicaciones industriales y de investigación que requieran controlar procesos complejos a través de sensores y actuadores. Además, su precio, mucho más bajo que el de otros dispositivos con características similares, hace que sea muy conveniente para sistemas de pequeña escala.

Dependiendo de las características del sistema el precio de la generación eléctrica puede oscilar bastante. Aun así, se estima que el coste de inversión siempre se mantendrá en el rango de 1 - 2 €/W instalado y el coste de producción de la energía en el de 0,1-0,15 €/kWh.

Para gasificar la biomasa debe pasar previamente por una etapa de acondicionamiento, en lo que a tamaño y humedad se refiere. Para garantizar el funcionamiento correcto del gasificador GEK, su empresa fabricante All Power Labs exige que la biomasa utilizada cumpla con los requisitos siguientes:

| Características         | GEK 20 kW  |
|-------------------------|--|
| Humedad                 | <15% - encendido<br><30% - operación normal                  |
| Dimensiones             | Astillas - 10mm – 50mm<br>Pellets<br>zuros maíz - En mitades |
| Proporción de volátiles | <25%   |

Fuente: All Power Labs

## CONSIDERACIONES FINALES

Este proyecto representa una oportunidad para ayudar al desarrollo socioeconómico de la población de Goundi, a partir de la colaboración de Misión y Desarrollo para Goundi y el CITCEA-UPC con entidades locales como la Commune du Goundi o la Association des Handicapés Physiques de Goundi.

La voluntad es fortalecer su desarrollo e independencia respecto a agentes exteriores como pueden ser los comerciantes de gasóleo o incluso la propia ONG, como parte del mundo occidental. Este objetivo se llevará a cabo mediante un ambicioso proyecto en el que se formará y capacitará a la población para acercarlos a la autosuficiencia energética.

Cerramos así un círculo de desarrollo en el que la población local trabaja en el cultivo de maíz para posteriormente obtener energía y grano.

## AUTORES



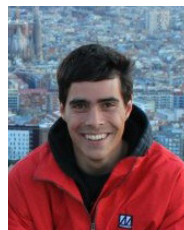
Àngel Lladó Jaume es estudiante del Grado de Ingeniería de la Energía y está desarrollando su proyecto de final de grado sobre la producción de energía eléctrica mediante la gasificación de biomasa. Desde mayo del 2012 es becario en el Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC). Sus intereses son la innovación tecnológica, las energías renovables y el desarrollo social y energético de países emergentes.



Jordi Giral Guardia es licenciado químico por la Universidad de Barcelona (UB). Cursando el máster interuniversitario de Ingeniería en Energía de la UPC-UB, especialidad en energías renovables, está desarrollando su proyecto de final de máster sobre la producción eléctrica mediante gasificación de biomasa. Desde setiembre participa en el proyecto y la ONG a través del Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC). Sus intereses son las energías renovables, el desarrollo sostenible y la igualdad social.



Pol Olivella Rosell es ingeniero de proyectos del Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC) del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DEE-UPC). Ingeniero industrial por la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB-UPC). Sus trabajos se centran en la integración de vehículos eléctricos en las redes eléctricas, el mercado de la energía eléctrica y las tecnologías de las Smart Grids. Desde noviembre de 2012 forma parte de la sección local del PES-IEEE. También colabora con la ONG. Sus intereses son las energías renovables, los vehículos eléctricos, las redes eléctricas inteligentes y la cooperación para el desarrollo.



Victor Depoorter Ruelle es estudiante del Grado de Ingeniería de la Energía y está vinculado a este proyecto del Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC). Anteriormente ya ha colaborado en otros proyectos de cooperación para abastecer de energía a los campos de refugiados de ACNUR UNHCR en Kenia. Su objetivo es seguir su carrera profesional en el sector de la energía, con especial atención en el desarrollo de nuevas tecnologías y de la eficiencia energética.