



Charlando con las mujeres de Bambdzeng.

Kumbo: el sueño continúa

En anteriores artículos, os relataba cómo, tras un trabajo de tres años de ardua planificación en España y cuatro viajes a la granja escuela que la ONG local SHUMAS gestiona en la región de Kumbo (Camerún), voluntarios de Energía sin Fronteras y de la Fundación de Ingenieros del ICAI para el desarrollo, habíamos logrado poner en marcha una turbina microhidráulica de 7 kW y proporcionarles luz.

También os contaba con emoción que nuestro trabajo no se iba a quedar ahí. Nuestro objetivo, nuestro sueño, casi desde el principio de este proyecto es doble:

1) Que nuestro trabajo sea multiplicativo, es decir, que nos permita extender las instalaciones de energías renovables por toda la región de Kumbo, tomando como centro de operaciones la granja escuela.

2) Que la granja escuela, actualmente dedicada a la enseñanza de técnicas agropecuarias, amplíe su actividad hacia la educación y formación de técnicos en este tipo de energías.

Era evidente que nuestros siguientes pasos dentro del objetivo I deberían dirigirse en primer lugar hacia el pueblo más próximo a la granja, Bambdzeng, del que tanto apoyo habíamos recibido en la instalación microhidráulica. En seguida pensamos en alimentar sus primeras casas, la escuela islámica y la mezquita, a escasos cientos de metros del salto de agua, con una línea desde la turbina.

Hay que decir que en este pueblecito de unos 400 habitantes, además de musulmanes, hay católicos, con su propia iglesia, y baptistas, con su escuela que comparten con los católicos. Por lo que hemos visto en estos años y como ellos mismos cantan ("Bambdzeng is one"), todos conviven en perfecta armonía. Nuestra luz no podía de ninguna manera romper este equilibrio, por lo que nos pusimos a planear la instalación de paneles fotovoltaicos en los edificios católicos y baptistas, aproximadamente por la misma potencia por habitante que la que iban a recibir los musulmanes desde la hidráulica.



Francisco G. Tovar Rodríguez

Ingeniero Industrial del ICAI (promoción de 1995) y licenciado en Ciencias Físicas por la UNED (2002), especialidad Física Electrónica. Entre los años 1996 y 2009 desarrolló su actividad profesional, desempeñando diferentes puestos de responsabilidad en Zardoya Otis S.A., Explosivos Alaveses S.A. y LUXOR, fabricación de andamios eléctricos, S.A. Entre los años 2010 y 2013 trabajó en el Área de Renovables del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Desde abril de 2013, es Consejero Técnico de la Subdirección General de Programación y Evaluación de Fondos Comunitarios del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas.

Hablando con ellos a través de nuestra contraparte local SHUMAS, nos propusieron que alimentáramos también la residencia del Ardo, un jefe tribal de la zona que no vivía lejos de allí, y un centro de salud que atendía a todo el pueblo.

Por otro lado, en paralelo y dentro del objetivo 2, era necesario dotar a nuestra escuela de renovables de instalaciones piloto representativas de cada tecnología. La idea era que, al igual que los alumnos extienden los conocimientos adquiridos sobre cultivos y cuidados del ganado a sus pueblos de origen, también, cuando vean las diferentes instalaciones renovables, y se les explique cómo funcionan y cómo se instalan, vuelvan a sus pueblos sabiendo que también se podría hacer allí. En consecuencia, como la granja escuela ya disponía de micro-hidráulica y biogás, hacían falta eólica y fotovoltaica.

En lo que se refiere a la eólica, ya sabéis por mi último artículo que en nuestro anterior viaje habíamos dejado montada, en la loma más alta de la granja, una pequeña estación meteorológica. Esta estación se estropeó tras una tormenta, no sin antes proporcionarnos una buena cantidad de datos de viento, cada 15 minutos durante más de tres meses. Los valores arrojados por esta estación fueron, como esperábamos, muy bajos, en torno a los 5 m/s. En principio estos datos desaconsejarían cualquier instalación eólica de producción de electricidad. Pero nuestro fin en este caso no era producir la electricidad, sino producir algo aún más valioso, conocimiento. Así que decidimos comprar para nuestra escuela de renovables un microaerogenerador pequeño, de solo 800 W, fabricado por la empresa española Bornay. Aprovecho en este punto para dar las gracias a nuestro patrocinador suizo AXPO, empresa en la que trabaja mi compañero de estas fatigas, el también ingeniero del ICAI Gonzalo Vázquez, que aportó buena parte de la financiación necesaria.

Adicionalmente, la presencia de la fotovoltaica en nuestra granja escuela ya estaba prevista en dos edificios bastante separados del resto y que habían



Montaje de paneles fotovoltaicos en Bambdzeng.



Refrigerador de 24Vdc en Bambdzeng.

quedado sin alimentación desde la hidráulica: el centro de salud humano y la clínica veterinaria. Aquí tenemos que agradecer a la asociación fotovoltaica UNEF, que nos donó los paneles que instalamos tanto en la granja como en Bambdzeng. Es importante señalar que el proyecto ha incluido el envío de dos neveras de muy bajo consumo, especiales para fotovoltaica: una para el centro de salud de Bambdzeng y la otra para el de la granja. Con estas neveras, ambos centros podrán almacenar medicamentos y vacunas que requieren del frío para su conservación.

Por último, siguiendo con nuestro sueño, nos preguntábamos también, ¿qué es una escuela técnica moderna sin un ordenador? Y nos pusimos a buscar ordenadores. En este caso fue el Ministerio de Industria quien nos ofreció diez, obsoletos, pero en buen estado. Incluso los empleados de su departamento de informática tuvieron la amabilidad de instalarles el sistema operativo Linux en su versión Ubuntu (vocablo africano que significa "para todos", ¿hay una palabra más apropiada para nuestro proyecto?). Así que ocho ordena-

dores, con un router para constituir una red y dos impresoras fueron para la granja y los dos restantes para Bambdzen: uno para la escuela cristiana y otro para la islámica. Como siempre, siendo muy escrupulosos en el reparto.

Una vez que os he contado las líneas generales de esta fase del proyecto, paso a describiros algunos detalles técnicos, que para eso somos ingenieros. Las instalaciones principales que hemos montado en nuestro reciente viaje entre el 2 y el 11 de mayo han sido las que se detallan a continuación.

El aerogenerador

El aerogenerador elegido fue el Bee800 de Bornay (Figura 1), un modelo de 5 palas de pequeño diámetro y, por tanto, alta velocidad de giro, con las características técnicas que se recogen en la Tabla 1.

Este aerogenerador debe montarse a 10 metros de altura, para lo cual el proveedor nos suministró 3 tramos de torre tipo TELEVES de 3 metros cada uno, además de cable de acero y tensores para anclarla al firme mediante 6 vientos. Por descontado, la base de la torre y los anclajes de los vientos se cimentaron con dados de hormigón de aproximadamente 0,6 y 0,3 m, como se ve en la Figura 2.

Una vez fijada la torre y ensamblado el aerogenerador en el suelo, hay que izarlo con la ayuda de una polea. Es importante asegurar que el cable trifásico de salida de potencia del aerogenerador esté cortocircuitado (en sus tres fases) para actuar como freno eléctrico y así evitar que las aspas puedan girar durante su izado o montaje.

Huelga decir que una de las características innegociables de este proyecto es que se trabaja siempre con estándares europeos de seguridad y de calidad. Por ello, aunque nosotros no nos subimos a la torre, la persona que lo hizo, Omer, un técnico excelente que estamos formando desde el principio del proyecto, fue equipado de arnés, mosquetones, casco, botas de seguridad y guantes.

Figura 1. Componentes Bee-800

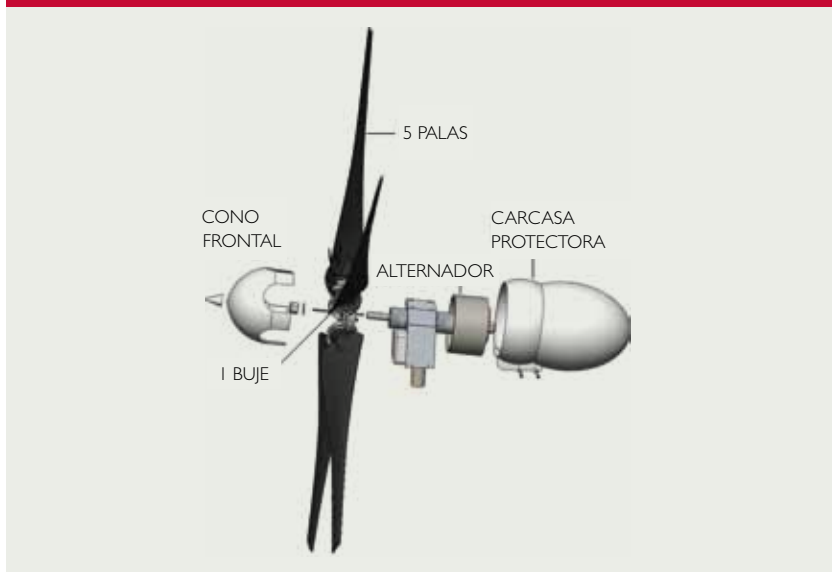
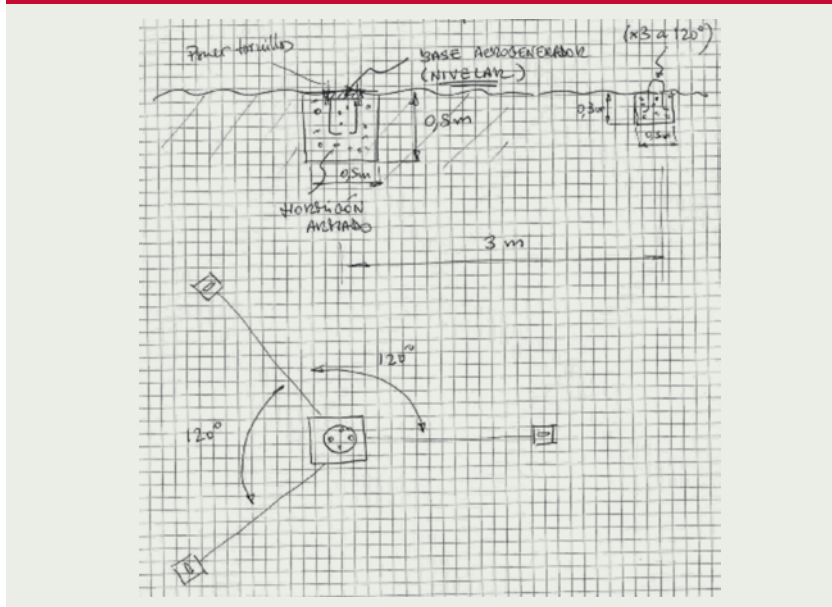


Tabla 1. Características técnicas del aerogenerador Bee800

Número de hélices	5
Diámetro	1,75 m
Alternador	Trifásico con imanes de neodimio
Potencia nominal	800 W
Voltaje	12 V
rpm	500
Velocidad de viento (para arranque)	3,5 m/s
Velocidad de viento (para potencia nominal)	12 m/s
Velocidad de viento (máxima)	60 m/s
Peso	29 kg

Figura 2. Esquema de cimentación base torre y anclaje vientos



Previamente ensayamos abajo varias veces la secuencia de operaciones que iba a tener que realizar arriba, y cuando estuvimos seguros y las condiciones meteorológicas eran las óptimas, nuestro valiente Omer tiró para arriba, y en una media hora el aerogenerador estaba montado, para regocijo de todos.

El conexionado eléctrico del aerogenerador a su correspondiente regulador, baterías e inversor, aprovechó la posibilidad de configurar este último en modo cargador. Teniendo disponibilidad de una red, la que venía de la hidráulica, aseguramos con esta configuración que las baterías nunca se van a descargar y que el sistema siempre va a disponer de electricidad, ya provenga ésta del propio aerogenerador; la menor parte del tiempo, o de la turbina hidráulica, casi siempre. La Figura 3 muestra el esquema adoptado.

La línea desde la hidroeléctrica a Bambdzeng

Como he explicado antes, otro de los trabajos que hemos acometido en este viaje es el tendido de una línea eléctrica que une nuestra turbina hidráulica con los edificios más cercanos de Bambdzeng: la escuela y mezquitas islámicas.

Dado que la potencia hidroeléctrica disponible es como máximo de 7 kW, reduciéndose en un mes de estación seca a apenas 1 kW, y vistas las necesidades de estos edificios, se decidió limitar la potencia a suministrar por esta línea a 460 W.

Como la distancia a acometer era únicamente de 200 m, no fue necesario transformador y se diseñó la línea para transportar directamente a 230 Vac, lo cual, considerando unas pérdidas máximas admisibles del 3% (nuevamente parámetros europeos) nos llevó a que una línea subterránea de 2 x 6 mm² en cobre con doble aislamiento era más que suficiente.

La limitación de potencia se llevó a cabo con sendos interruptores de potencia de 2A, uno colocado al final de la línea, en el centro islámico, y otro

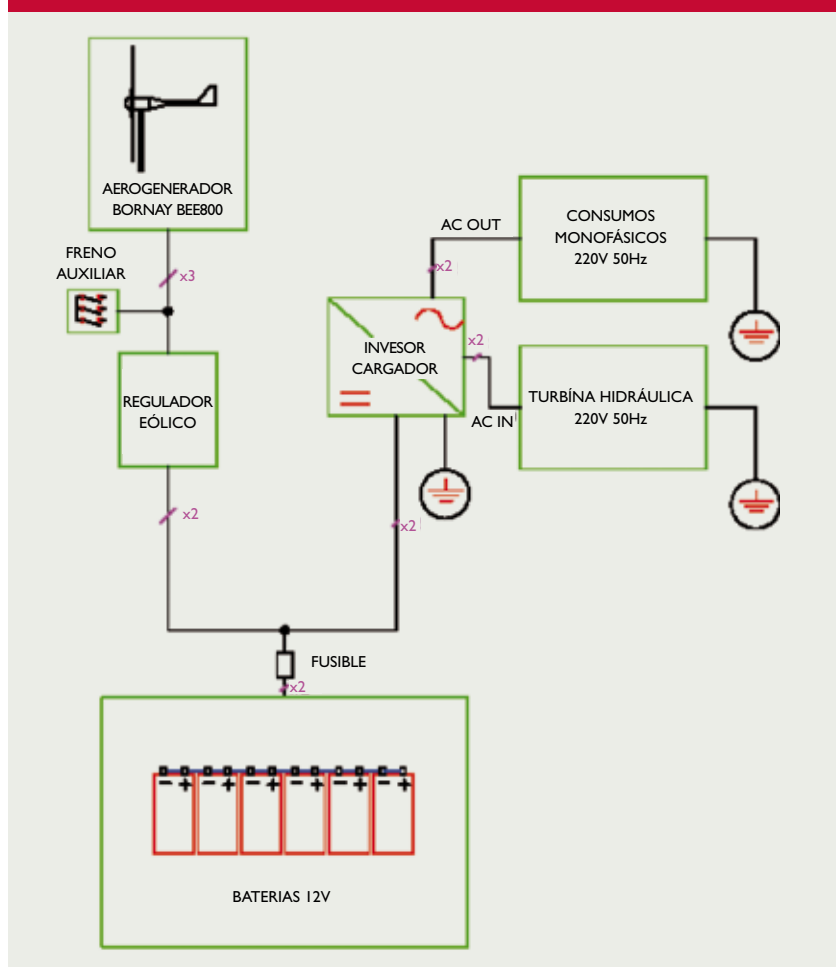


Levante del aerogenerador.



Montaje del aerogenerador.

Figura 3. Conexionado eléctrico del aerogenerador



al principio, dentro de la caseta de la turbina. La finalidad de este último es evitar el efecto de que se pudiera puentear el de Bambdzeng para obtener más potencia de la turbina. ¡No queremos que nuestra granja escuela se quede sin luz!

Por supuesto, como mandan los cánones del buen diseño de cualquier línea subterránea en Europa, el cable se introdujo en un tubo de PVC, se construyeron tres cajas de registro y se señalizaron los 200 metros de zanja con la correspondiente cinta amarilla y negra.

Las instalaciones fotovoltaicas

Gracias a los nueve paneles que nos regaló UNEF, pudimos planear la instalación fotovoltaica de seis edificios: dos en la granja (las dos clínicas), tres en Bambdzeng (el centro de salud, la escuela baptista y la iglesia católica) y uno en la residencia del Ardo.

Todas las instalaciones se equiparon con sus reguladores y con las baterías necesarias para dotarlas de una autonomía de tres días. Las de Bambdzeng y el Ardo, además, contaron con inversores pues se consideró que las líneas en el pueblo debían ser a 230 Vac, 50 Hz. Las de la granja, por el contrario, se diseñaron en corriente continua a 12 V, y para ellas se suministraron las lámparas y los equipos adecuados para ello. Las baterías elegidas fueron de tipo gel para reducir el mantenimiento.

La relación de equipos fotovoltaicos que quedaron instalados se muestra en la Tabla 2.

Tiene una importancia vital en las instalaciones fotovoltaicas respetar los límites de consumo para que las baterías no sufran descargas profundas y pierdan tiempo de vida. Por ello, estudiamos muy bien los consumos diarios máximos (en Wh) para cada edificio y les indicamos el número de aparatos que podían conectar y durante cuántas horas. Es más, en el contrato de entrega que firmamos SHUMAS, los responsables de cada edificio de Bambdzeng y nosotros



Zanja línea turbina-Bambdzeng.



Montaje de dos paneles de 180 W en la escuela cristiana de Bambdzeng.

Tabla 2. Equipos fotovoltaicos instalados en Bambdzeng

Edificio	Paneles	Baterías	Regulador	Inversores
Centro de salud	2 x 180 W	4 x 6 V, 330 Ah	24 V	1 x 300 W
Escuela y guardería baptistas	2 x 180 W 1 x 185 W	12 x 2 V, 570 Ah	24 V	2 x 300 W
Iglesia católica	1 x 180 W	2 x 6 V, 330 Ah	12 V	1 x 200 VA
Residencia del Ardo	1 x 180 W	2 x 6 V, 330 Ah	12 V	1 x 200 VA
Clínica humana en la granja	1 x 185 W	2 x 12 V, 330 Ah	24 V	-
Clínica veterinaria en la granja	1 x 185 W	2 x 12 V, 330 Ah	24 V	-

Tabla 3. Consumos máximos del centro de salud de Bambdzeng

Centro de salud	N.º	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Consumo [Wh/día]
Dependencia 1	3	11	4	132
Dependencia 2	3	11	2	66
Dependencia 3	2	11	1	22
Cargador de móviles	1	25	3	75
Nevera 24V dc	1	60	9	540
Pérdidas del inversor	-	-	-	152
Consumo total máximo				987



Baterías (12 x 2V), regulador y dos inversores en la escuela cristiana de Bambdzeng



Firma del contrato de entrega entre SHUMAS, Bambdzeng y nosotros.

incluimos estos valores máximos de consumo.

Incluimos aquí como ejemplo la Tabla 3, que refleja los consumos máximos del centro de salud que incluimos en su contrato de entrega.

Y todo esto... es solo el principio...

Este proyecto está concebido como un compromiso a largo plazo. Estas buenas gentes nos han nombrado Shei Woo Kikai (señores de la luz) por algo. Ya tienen todos los equipos necesarios para montar su escuela de renovables. Bueno, todo no, todo menos los profesores. Y aquí es donde seguimos soñando... ¿Y si convertimos a alumnos de los últimos cursos del ICAI en voluntarios para ser profesores de electricidad básica y cálculo de instalaciones renovables simples que darían cursos en verano en Kumbo?... ¿Y si ello les sirve a estos voluntarios para que, a su vez, el personal que hemos entrenado de la granja les enseñe cuestiones prácticas sobre cómo operar, mantener y montar las instalaciones? ¿Y si el proyecto se beneficia de ello teniendo un *feedback* continuo del estado de las instalaciones existentes y de las posibilidades de expansión hacia otros pueblos?

El sueño sigue convirtiéndose en realidad, y el grupo de voluntarios del ICAI ya está en marcha. Inicialmente eran 5 y ya vamos por 13. Están preparando unos cursillos básicos en los ámbitos citados, incluido el manejo a nivel usuario de los ordenadores que ya están en Kumbo. Dos de estos voluntarios, acompañados por alguno de nosotros, van a ir una quincena del mes de julio a la granja. Aparte del curso, tendrán el encargo de medir un río de otro pueblo susceptible de instalación hidroeléctrica. Iremos rotándolos cada verano para que tengan la oportunidad de ir todos.

Con la ayuda de Dios hemos hecho mucho. Y tenemos mucho más por hacer, pero ya nos atrevemos con todo porque ahora **¡tenemos cantera! ■**