



Promoció de sistemes micro-eòlics i desenvolupament de capacitats en energia renovable en països en desenvolupament.

Ref. O-007

Informe FINAL

Per

**Enrique Velo
Laia Ferrer**

Amb la Col·laboració de

**Gregori Miquel Capó
Daniel Clos
Maribel Madueño
Matteo Ranaboldo**

Projecte finançat per

Centre de Cooperació pel Desenvolupament
de la Universitat Politècnica de Catalunya

XVI Convocatòria d'ajuts a accions de cooperació - 2008

Coordinat per

Enrique Velo García
Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà (GRECDH)
Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, març 2009

ÍNDEX

1. Dades del projecte	4
2. Antecedents y context.....	5
3. Objectius	6
3.1 Objectiu general:.....	6
3.2 Objectius específics.....	6
4. Activitats	6
4.1 Millora de disseny de l'aerogenerador I IT-PE-100	7
4.2 Estudi i millora de les metodologies de intervenció.....	10
4.3 Avaluació dels projectes implementats i de les capacitacions.....	14
5. Resultats	17
6. Situació actual del projecte	19
7. Activitats de sensibilització.....	20
8. Projectes Fi de Carrera i Treballs Fi de Màster	21
9. Valoració personal	22
10. Memòria Econòmica.....	23
11. Relació d'annexes	25

1. Dades del projecte

Títol

Promoció de sistemes micro-eòlics i desenvolupament de capacitats en energia renovable en països en desenvolupament.

Responsable

Nom: Enrique Velo García
Càrrec: Professor Titular d'Universitat
Centre: ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Departament: Màquines i Motors Tèrmics
GR: GRECDH- Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà

Participants de la UPC

Nom i cognoms	Centre	Departament	PDI	Estudiant	PAS
Enrique Velo García	ETSEIB	Màquines i Motors Tèrmics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluís Batet Miracle	ETSEIB	Física i Enginyeria Nuclear	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daniel Clos Costa	ETSEIB	Enginyeria Mecànica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laia Ferrer Martí	ETSEIB	Enginyeria Mecànica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Joan Puig Ortiz	ETSEIB	Enginyeria Mecànica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maribel Madueño	Màster	Enginyeria en Energia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matteo Ranaboldo	Màster	Enginyeria en Energia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gregori Miguel Capó Plaza	ETSEIB	Enginyeria Industrial	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Els quatre primers participants són PDI de la UPC, membres del GRECDH (Grup de Recerca en Cooperació pel desenvolupament Humà).

Socis locals

Nom de l'organització: Practical Acticon (Soluciones Prácticas - ITDG en América Latina)

Direcció Postal: Avda. Jorge Chávez 275, Miraflores
Miraflores, Lima 18 (Perú)

Telefon: +511 4475127

Fax: +511 4466621

Lloc de realització

Perú. Principalment a Cajamarca.

En la formulació del projecte es va preveure també treballar a Nepal, però finalment el projecte s'ha realitzat només a Perú, per condicionants del projecte i disponibilitat/dificultats de la contrapart per donar recolzament al projecte. Tal i com es va justificar en carta adreçada a en Xavier Ortega, d'11 de desembre de 2008, tan les despeses de viatge com les activitats relacionades amb la supervisió del projecte pilot del Nepal, es passen al projecte "Programa d'Investigació Aplicada per a l'Impuls del Desenvolupament Energètic Rural en Països en Desenvolupament (PRIADER)", finançat parcialment per l'ACCD, convocatòria U2008.

Dates

Maig 2008 - Març 2009

Pressupost

- **Import sol·licitat al CCD:** 15.750 euros
- **Import concedit pel CCD:** 13.300 euros

L'Agència Catalana de Cooperació al Desenvolupament (ACCD) finança una part important de les activitats del projecte, a través del projecte: "Programa d'Investigació Aplicada per a l'Impuls del Desenvolupament Energètic Rural en Països en Desenvolupament (PRIADER)", al qual s'ha concedit una subvenció de 72000 euros.

2. Antecedents y context

El projecte s'executarà principalment a Perú, on es portaran a terme els estudis de camp. Els estudis d'investigació es portaran a terme principalment a Espanya i a Perú. Les accions del programa centrades a Perú es portaran a terme en el departament de Cajamarca, zona que es caracteritza per contar amb zones de muntanya amb població rural dispersa, de baixos ingressos i amb accés deficient als serveis bàsics, entre ells l'electricitat.

Perú. Departament de Cajamarca

Pel que fa al context soci-econòmic de Cajamarca, destacarem que durant els últims vint anys la dinàmica poblacional de Cajamarca està caracteritzada per considerables nivells de migració de la població econòmicament activa. Les ciutats costaneres i de selva representen els punts de recepció de la migració serrana. A aquest fet se suma la migració temporal de pagesos que busquen complementar l'economia familiar. La major incidència de migració està entre la població juvenil masculina. L'activitat agrícola és essencialment de autoconsum. Això es deu a diverses causes entre les quals podem esmentar l'atomització de la terra, l'alta densitat poblacional relativa (en molts llocs, més de sis persones per hectàrea del sòl agrícola) i la crònica escassetat d'aigua per a regadiu. L'activitat ramadera té una importància significativa per a Cajamarca, que s'organitza essencialment per al mercat local, regional i nacional. La superfície productiva adscrita a l'activitat pecuària és considerable. Aquesta activitat genera bona part dels ingressos i és la base de la producció d'un alt percentatge de les unitats domèstiques. L'activitat industrial és marginal, amb excepció de la indústria làctia. Aquestes condicions són d'alguna manera extrapolables a altres zones de la serralada andina.

Les activitats econòmiques que més contribueixen al PIB regional són; agricultura, caça i silvicultura amb el 35,8%; altres serveis amb 18,1%; construcció amb el 14,8%; productes i serveis governamentals amb 12,7%; indústria manufacturera amb el 9,9%; explotació minera i pedreres amb el 4,0%; comerç restaurants i hotels amb el 4,5% i lloguer d'habitatge amb el 0,3%. El desenvolupament econòmic té com eix la dinàmica que es genera en les ciutats intermèdies com Cajamarca i Jaén i les seves àrees d'influència, des de les quals es projecten els principals fluxos econòmics intra i inter regionals de la zona sud, centre i nord de la regió.

Pel que fa nivell d'educació, el grau de deserció escolar en el departament de Cajamarca, especialment en la zona rural és encara molt alt, els índexs de repetició i abandó escolar són molt alts; prop del 50% dels nens entre 13 i 17 anys no assisteixen en l'escola. Aquest fet es deu en part que la majoria d'escolars solen treballar en el camp ajudant a la seva família, la qual desestima la importància de l'educació escolar. En el que concerneix a la taxa d'analfabetisme en el departament de Cajamarca, ha anat disminuint considerablement; d'acord al cens de 1981 es tenia 35%, l'any 1993 va ser del 27,2%, en canvi l'any 1999 es redueix a 14,1%. Cal esmentar que en dones majors de 14 anys la taxa és de 39% i pel que concerneix nens de 6 a 12 anys que no assisteixen en l'escola segons districte, és de 14,1% la qual cosa demostra que aquesta població es manté amb elevats índexs.

En el que concerneix a la salut, s'observa que hi ha una deficient cobertura dels serveis de salut; la població va ser afectada massivament pel còlera, hi ha malalties endèmiques com la uta i la pesta bubònica. Així mateix, els serveis de salut, en l'àrea rural, estan dotats de personal auxiliar amb un baix nivell de formació professional.

La dotació de serveis i instal·lacions d'infraestructura social es caracteritza per una xarxa vial insuficient, que dificulta l'accés als mercats i la integració soci política del territori, així com una reduïda oferta de serveis, que doni resposta a les necessitats de les dones. La situació actual del Perú, és d'un alt percentatge de la població rural sense accés a l'energia elèctrica. En un context de gran dispersió demogràfica on el 56% de les famílies tampoc disposen de sistemes d'aigua, el 60% no tenen sistemes de sanejament. Les zones rurals difícilment tindran subministrament per part de l'Estat o l'empresa privada.

El departament de Cajamarca, igual que la resta de departaments del Perú, sofreix d'una falta de vies de comunicació adequades que facilitarien el seu accés als principals mercats del país. Fins al moment, la via més desenvolupada és la terrestre, mentre que l'aèria no ha assolit un desenvolupament important per falta d'infraestructura apropiada. Per aquesta situació, qualsevol estratègia de desenvolupament de la regió ha d'anar acompanyada d'una infraestructura de transport que generi l'ambient propici per a l'impuls de les diferents activitats econòmiques.

3. Objectius

3.1 Objectiu general:

Contribuir a superar les barreres que actualment frenen el desenvolupament energètic en àrees rurals de països en desenvolupament.

3.2 Objectius específics

OE1: Desenvolupar tecnologies robustes, fiables i assequibles, així com models de gestió i metodologies d'intervenció més eficients en l'àmbit de la provisió de serveis energètics (electricitat) a escala comunitària en àrees rurals que són utilitzats pels actors de desenvolupament rural.

OE2: Contribuir al desenvolupament de capacitats locals en l'àmbit de l'energia sostenible.

4. Activitats

Les activitats previstes i realitzades en el projecte, les presentem a continuació agrupades en els següents 3 apartats:

Millora de disseny de l'aerogenerador I IT-PE-100

- A01: Treballs d'investigació i desenvolupament que portin a fer propostes de millora del disseny del aerogenerador IT-PE-100 i construcció de prototips.
- A02: Estudi de les tecnologies de fabricació adequades per a la construcció del nou disseny de aerogenerador de 100W en la zona andina.
- A03: Construcció i ús d'instal·lacions experimentals per caracteritzar el funcionament de aerogeneradors de baixa potència (Universidad Nacional de Ingeniería a Lima).

Estudi i millora de les metodologies de intervenció.

- A04: Estudi i millora de les metodologies d'intervenció i eines de presa de decisions en projectes de electrificació rural.
- A05: Seguiment, avaluació i estudi d'impactes de 2 comunitats rurals electrificades amb aerogeneradors.

Avaluació dels projectes implementats i de les capacitacions

- A06: Disseny i elaboració de materials pedagògics per a les activitats del CEDECAP.

4.1 Millora de disseny de l'aerogenerador I IT-PE-100

A01: Treballs d'investigació i desenvolupament que portin a fer propostes de millora del disseny del aerogenerador IT-PE-100 i construcció de prototips.

- Abril 2008: En la reunió del programa ENISER (7-10 abril de 2008) Laia Ferrer presenta el projecte d'investigació per a les millores tècniques del IT-PE-100. En una reunió amb ITDG (Oliver, Chiroque, Celso) es concreten els estudis i les pròximes activitats a realitzar.
- El 10 de febrer de 2008 es realitza una jornada de treball entre ITDG i GRECDH, aprofitant el viatge del professor Daniel Clos. Durant el matí es presenten els avanços realitzats fins al moment i a la tarda es debat sobre el treball futur.

El professor Daniel Clos presenta els model de simulació d'aerogeneradors.

Veure annex "ACT Reunió Eòlica Daniel Clos.pdf".

- El 13 de febrer de 2008 es realitza una reunió de treball (ITDG-GRECDH), en que s'acorden les línies de treball futures.

Veure annex "ACT Reunió Eòlica.pdf".

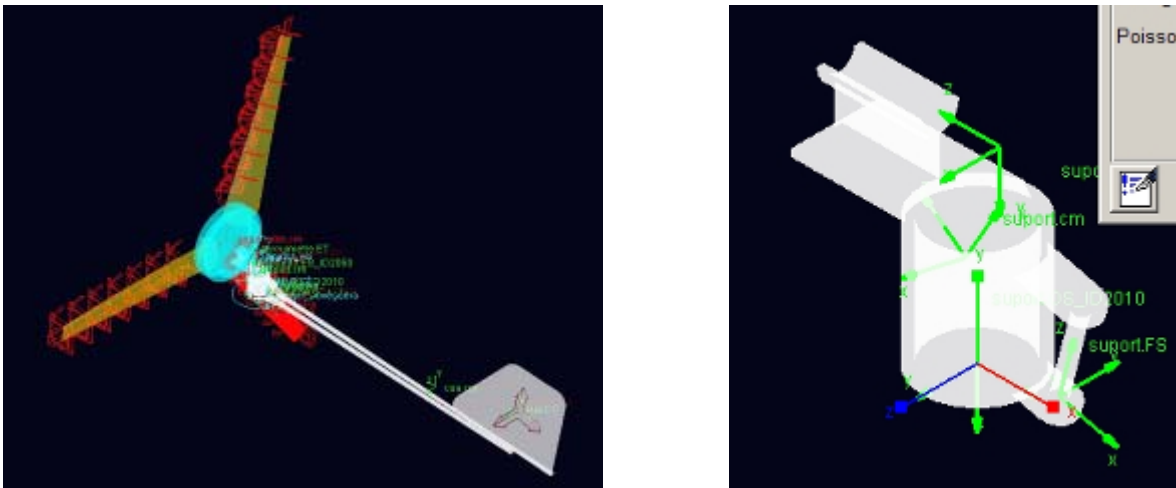


Figura 1. Imatges dels models de simulació mecànica construïts per analitzar les diferents opcions de disseny mecànic dels aerogeneradors.

A02: Estudi de les tecnologies de fabricació adequades per a la construcció del nou disseny de aerogenerador de 100W en la zona andina.

- Agost 2008: En la reunió general d'eòlica entre SP-ITDG i GRECDH (Laia Ferrer) s'evidencia la necessitat d'actualitzar l'estudi d'aerogeneradors i tecnologies disponibles. (velocitat del vent, preu, disponibilitat de recanvis,...). Es proposa fer un estudi de mercat de tecnologies de fabricació i tecnologies disponibles a Perú.
- El dia 9 de febrer de 2009 el professor Daniel Clos visita el taller on es fabriquen els aerogeneradors actualment, per valorar la maquinària i tecnologia disponible.
- El dia 9 de febrer de 2009, durant una reunió amb ITDG i GRECDH (Daniel Clos, Laia Ferrer) es ratifica la necessitat i s'acorda fer un estudi sobre les tecnologies de fabricació disponibles a Perú i els seus costos.

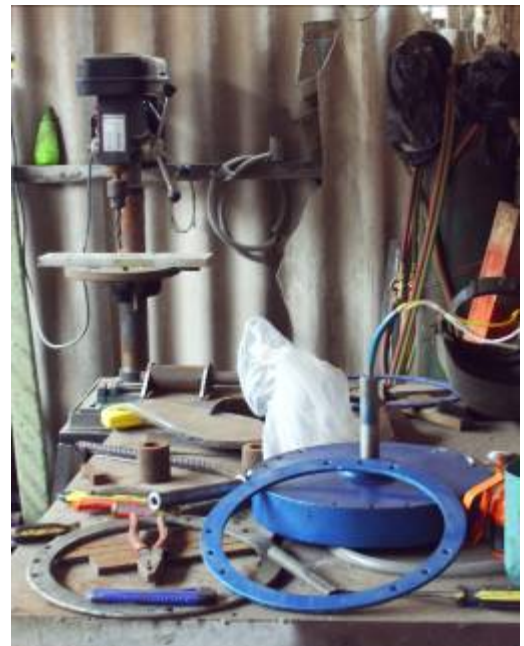


Figura 2. Maquinària disponible en el taller on es fabriquen els aerogeneradors, TEPERSAC.

A03: Construcció i ús d'instal·lacions experimentals per caracteritzar el funcionament de aerogeneradors de baixa potència (Universidad Nacional de Ingeniería a Lima).

- Febrer 08: SP-ITDG (Javier, Oliver) demanen a la professora Laia Ferrer que recolzi en la instal·lació del Túnel de vent en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Es donarà suport tècnicament en la definició dels instruments de mesura.
- Març 08: El túnel finalment no serà suficientment gran per a provar un IT-PE-100, es provarà un IT-PE-50. El model de IT-PE-50 s'està provant en Huacho.
- Abril 08: S'ha instal·lat el túnel en el Laboratori de Màquines Hidràuliques de la Facultat d'Enginyeria Mecànica de la UNI, el túnel ja està en funcionament. S'han instal·lat ja els instruments de mesura en el túnel de vent i s'estan realitzat proves experimentals amb un model del IT-PE-50 que inclou ja variacions de disseny en el suport per a millorar la seguretat de l'equip.
- El dia 23 de juliol es va inaugurar oficialment el túnel de vent de la UNI: "Primer túnel de vent del Perú i banc de proves de aerogeneradores". La professora Laia Ferrer participa en la inauguració presentant al GRECDH-UPC, com entitat col·laboradora.

Veure annex "ACT Reunió Eòlica.pdf"

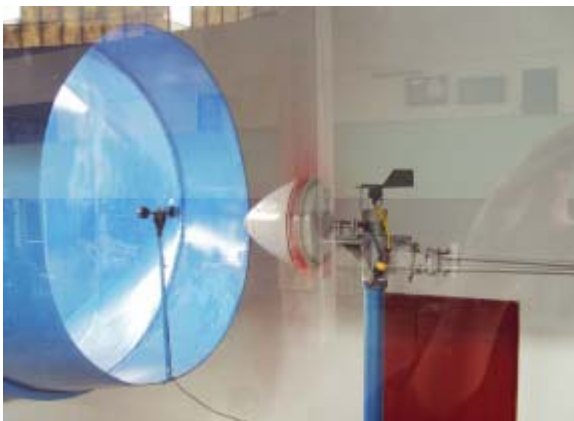


Figura 3. Túnel de vent instal·lat a la UNI, instruments de mesura i inauguració oficial.

- El dia 9 de Febrer de 2009 el professor Daniel Clos visita el túnel de vent. Estudia els equips de mesura disponibles. Comenta amb altres professors i amb els responsables de ITDG com es podrien complementar els equips per obtenir les dades necessàries per validar els models de simulació que ell està desenvolupant.
- El dia 14 de Febrer de 2009 el professor Daniel Clos es reuneix amb José Chiroque, tècnic d'eòlica de ITDG. Discuteixen i plantegen diferents opcions per a realitzar el disseny i la instal·lació complementària de mesura del túnel de vent.

4.2 Estudi i millora de les metodologies de intervenció.

A04: Estudi i millora de les metodologies d'intervenció i eines de presa de decisions en projectes de electrificació rural.

Avaluació del recurs eòlic per a projectes d'electrificació rural

- Febrer 2008: Comença a treballar Matteo Ranaboldo, com tesi del Màster d'Enginyeria en Energia. La previsió és que durant el 2008 treballi en BCN realitzant un estat de l'art i una anàlisi dels mètodes de càlcul. Al gener/febrer de 2009 es desplaçaria a Perú durant 3 mesos a desenvolupar un cas d'aplicació.
- Febrer 2008: La professora Laia Ferrer arriba a Perú i visita el SENAMHI (Lima). El SEMANHI proporciona la llista d'estacions meteorològiques de la regió de Cajamarca, amb les localitzacions específiques i les característiques de la informació registrada en cadascuna d'elles. Tenen unes 110 estacions en tota la regió de Cajamarca, de les quals unes 60 amiden velocitat i adreça del vent 3 vegades al dia (9h, 13h i 19h). Les dades d'un any amb mitjanes mensuals o d'un mes amb mitjanes diàries val uns 5 euros, per estació.
- Març 2008: Meteosim TrueWind realitzarà el mapa de vent de Perú, a 50m d'altura i amb una resolució de 1 km. El termini de finalització màxim són 6 mesos (a partir de maig), però es preveu que el mapa estarà llest abans. Els resultats seran públics. En mapa es realitzarà a partir de dades satel·litals exclusivament. Els resultats podran ser validats amb dades d'estacions meteorològiques del SENAMHI, si aquestes dades tenen la freqüència i la fiabilitat suficients. Santi Parés, director comercial de Meteosim Truewind, es mostra molt interessat a col·laborar amb el GRECDH i amb SP-ITDG i que els resultats del seu treball pugui ser útil per als nostres projectes. Proposa incloure'ns en les sessions de capacitació en ús del mapa de vent de Perú, inicialment previstes per als tècnics del ministeri, i adaptar les sessions a l'ús de mapa per al nostre tipus de projectes, a part de l'aplicació a grans parcs eòlics.
- Juliol 2008: Durant l'estada del Dr. Hector Mattio del CREE a Perú, es va tenir ocasió de comentar el treball realitzat per al mapa de l'Alumbre: dades disponibles, programari utilitzat, resultats provisionals. Es confirma que Windsim no és un programari adequat per al projecte; es reforça la idea de comparar els mapes de vent obtinguts WAsP, WindFarmer i possibles aportacions del CREU a partir de les dades amidades en anemòmetres. També es proposa comparar resultats sense anemòmetres, amb les dades obtingudes a partir del mapa de vent de Perú que està desenvolupat Meteosim Truewind i que s'espera estigui finalitzat i es presenti ja oficialment el pròxim mes d'octubre.
- A l'octubre del 2008, Meteosim Truewind presenta els resultats del mapa de vent realitzat per a Perú. En general, el país disposa de poc potencial eòlic. Durant la visita de Santi Parés i José Vidal (Meteosim Truewind) a Perú a l'octubre de 2008, es planteja desenvolupar un projecte conjunt entre Meteosim, SP-ITDG i UPC per a realitzar mapes de vent a partir de dades satel·litals però adaptats a les necessitats de projectes de electrificació rural (altura del mapa, estimació de probabilitat de dies sense vent, etc.). La idea seria que Meteosim Truewind realitzés mapes para Cajamarca, adaptant els seus models de càlcul i validant els resultats amb les dades amb els anemòmetres instal·lats en les comunitats que s'estan desenvolupant els projectes de electrificació amb microaerogeneradors. Santi i José es mostren molt interessats en el projecte i presentaran la proposta a la resta de l'equip de Barcelona per a confirmar la col·laboració.
- Febrer 2009: Matteo Ranaboldo arriba a Perú per a treballar en l'avaluació del recurs eòlic en el marc del seu projecte Final de Master. Durant el primer mes de treball el Matteo dona suport a la instal·lació de dos anemòmetres a El Alumbre (comunitats ja electrificada) i a Alto Perú (pròxima comunitat que es té previst electrificar amb energia eòlica). Aquests anemòmetres serviran per validar els mapes de vent que es realitzin amb els softwares disponibles.
- Març 2009: Matteo Ranaboldo comença a fer estimacions de recurs eòlic a les comunitats el Alumbre i a Alto Perú. Compra els resultats obtinguts amb els diferents softwares disponibles, i

amb diferent detall de dades d'entrada. L'objectiu del seu treball és proposar una metodologia d'avaluació de recurs adequada per les característiques dels projectes d'electrificació rural



Figura 4. Anemòmetres instal·lats a El Alumbre.

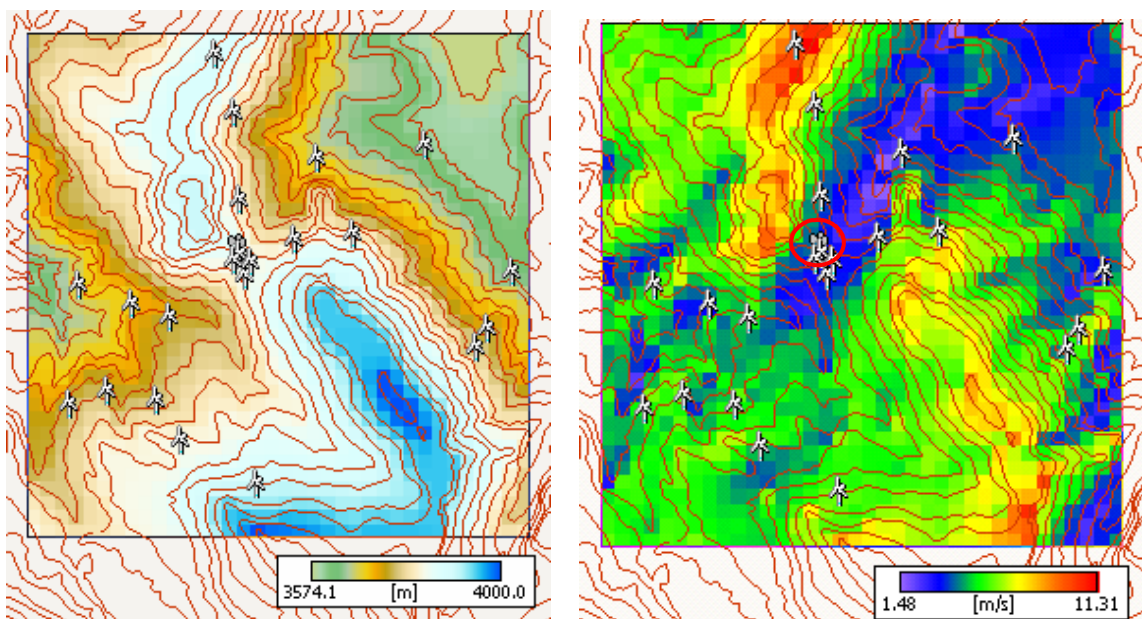


Figura 5. Mapes topogràfic de El Alumbre i mapa de vent, amb la localització de les vivendes electrificades.

Utilització de Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) en els plans d'electrificació rural

- Febrer 2008: El CEDECAP ha impulsat en actitud de electrificació de la província de San Pablo i està apostant pel desenvolupament d'altres plans en altres províncies en els quals vol incorporar la utilització de GIS. Ha encarregat (Ever Castillo) el desenvolupament d'un GIS on s'aniran incloent les dades que es van aixecat per al desenvolupament dels plans.

- Març 2008: Maribel Madueño comença la seva col·laboració com treball final del Màster d'Enginyeria en Energia. Es formarà a Barcelona durant el període abril-juny. Al juny-agost ha estat a Perú desenvolupant un cas pràctic (San Pablo). Per a setembre-febrer està previst que completi l'estat de l'art i la proposta la metodologia.
- Març 2008: La professora Laia Ferrer contacta amb el Centre d'Investigació en Geografia Aplicada (CIGA) de la Pontifícia Universitat Catòlica de Perú (PUCP) està en procés de desenvolupar el Atlas de Cajamarca, amb informació molt completa i actualitzada, en part recollida a partir d'enquestes (<http://atlascajamarca.info>). Problemes de pressupost i de canvis en els responsables polítics no estan permetent continuar el treball. De moment l'única informació disponible és aquella accessible a través de l'espai web (els mapes GIS originals no estan disponibles).
- Juny 2008 La professora Laia Ferrer contacta amb el govern Regional de Cajamarca al costat del GTZ està desenvolupat un GIS de la regió, que està disponible. En la primera etapa, que ha conclòs, ha recopilat i uniformitzat informació de diverses fonts. La majoria de la informació està a escala 1:250 000, però hi ha mapes a 1:10 000, depèn de la temàtica i de la disponibilitat en fonts públiques. La intenció del Govern regional és anar millorant i incorporant informació al GIS. No sé preveu incorporar informació del SENAMHI (perquè no la proporciona) i aprofitar la informació del Atlas de Cajamarca desenvolupat pel CIGA (perquè encara no està disponible públicament).
- Juny 2008 Maribel viatja a Perú. Durant primer mes analitza el GIS desenvolupat pel govern regional i la metodologia d'anàlisi i de recopilació d'informació de SP-ITDG. Identifica les etapes del procés de desenvolupament d'un pla de electrificació on l'ús de GIS pot aportar i millorar el treball. Comença a proposar millores en relació a la recopilació, gestió i anàlisi de la informació. La Maribel recopila la informació disponible en format GIS de diferents BdD. Analitza i compara les fonts d'informació per a seleccionar i anar construint una base dades per a treballar amb la informació més actualitzada i més detallada.
- Juliol 2008: Maribel analitza la metodologia i el format de recopilació d'informació mitjançant enquestes que s'està utilitzant fins al moment. Realitza proposada sobre com modificar els formats perquè després la informació es pugui introduir més fàcilment en un GIS i revisa les enquestes que ESF realitza en la província de Celendín.
- El 12 d'agost de 2008 es realitza una reunió sobre GIS (GRECDH, SP-ITDG, ESF, GE) que Maribel presenta els seus avanços i presenta els punts que ha identificat fins al moment que GIS pot donar suport al desenvolupament de plans de electrificació rural. S'identifiquen com prioritats d'estudi: 1) que el GIS permeti tenir informació disponible i actualitzada sobre les característiques de les zones de treball i 2) que el GIS recolzi en l'avaluació de recursos energètics i en la definició tècnica dels projectes. L'aport del GIS als usos productius de l'energia es considera interessant encara que la falta d'informació detallada de les característiques de la producció i la distribució, i els seus aspectes més subjectius, dificulten aquest punt d'estudi.
- El 22 de setembre de 2008 es realitza una reunió sobre GIS (GRECDH, SP-ITDG, ESF, GE) que Maribel presenta els seus avanços i proposa centrar el seu treball a estudiar l'aportació que GIS pot fer en l'avaluació de potencial energètic i en la definició tècnica dels projectes.

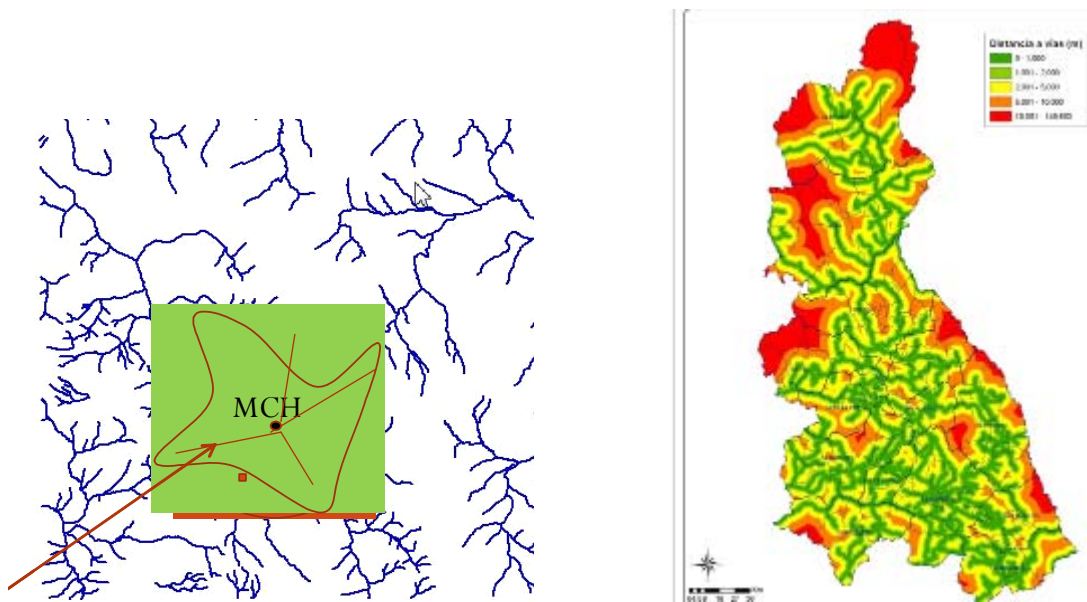


Figura 6. Exemple de l'ús de GIS, per avaluar el potencia d'una micro central hidràulica i la distància a vies de comunicació a la regió de Cajamarca.

Models de disseny de projectes d'electrificació amb energia eòlica

- Febrer 2008: El CEDECAP ha impulsat el pla de electrificació de la província de San Pablo i està apostant pel desenvolupament d'altres plans en altres províncies. El GRECDH decideix col·laborar en aquests plans i prendre'ls com casos pràctics per a avaluar els models que es desenvolupin.
- Març 2008: Es proposa desenvolupar un model a escala comunitària per a definir la configuració del disseny adequat del sistema amb energia eòlica (100W / 500W / 1000W, individuals / microrred / bateries). Es tindran en compte les característiques tècniques, els condicionaments econòmics, el recurs eòlic i els indicadors socials).
- Abril 2008 Es contacta amb Rodrigo Sempertegui, sotsdirector acadèmic d'Enginyeria Elèctrica de la Universitat de Cuenca, Equador. Rodrigo va realitzar la seva tesi doctoral (pendent de lectura) en la UPC sobre optimització del disseny de xarxes de distribució de baixa potència en entorns urbans, i té experiència en execució de projectes de electrificació rural amb interconnectat. Rodrigo es mostra molt interessat a col·laborar en el desenvolupament de models de microrxarxes en comunitats aïllades. Amb la Laia i l'antegen les característiques dels models a desenvolupar per a microrxarxes en projectes de hidro, eòlica, solar o híbrids.
- Maig 2008: Es contacta amb Raúl Olalde de la Universitat de la Viles (Cuba) que és un dels directors del model SURE, per a la disseny de projectes de electrificació. El model s'ha desenvolupat en col·laboració amb el Imperial College London (UK), la Universitat Nacional de Colòmbia i SP-ITDG. El model considera característiques tècniques, econòmiques, socials i mediambientals. En una reunió amb Raúl i SP-ITDG, es comenta que el SURE no respon a les necessitats dels plans de electrificació de Cajamarca (és massa complex i les característiques considerades no responen a la realitat). Es proposa desenvolupar un nou model adaptat a la realitat de la serra andina.
- Juny 2008: Laia Ferrer, col·laborant amb SP-ITDG i amb Rodrigo de la UC, desenvolupa un primer model per a la definició d'un projecte a escala comunitat. El model defineix d'un sistema híbrid solar/eòlica amb possibles microrredes; considera la demanda d'energia, el mapa de vent de la comunitat i els costos dels equips (aerogeneradores/plaques) i del cablejat. L'objectiu és minimitzar costos per a cobrir una demanda donada, o maximitzar l'energia generada donat una inversió màxima.

- Setembre 2008: En l'oficina de Cajamarca de SP-ITDG s'està impulsant un procés de debat i treball per a la revisió i millora de la metodologia dels plans de electrificació. En concret, Laia està participant proposant com estructurar el procés de planificació en mòduls de treball relacionats i proposant com, en cada modulo, haurien de detallar-se els processos de càlcul/anàlisi que es desenvolupen, quins criteris de decisió s'haurien de considerar i la tipologia i les fonts d'informació que es necessitarien.
- Novembre 2008: GRECDH-UPC, ITDG, ESF i GE realitzen una jornada de treball per debatre sobre els models de planificació, l'utilització d'eines GIS i els models de disseny de projectes micro-eòlics.

Veure annex: "ACT Reunió Planificació.pdf".

- Febrer 2009: L'estudiant Gregori Miquel Capó arriba a Perú i s'incorpora al treball de desenvolupament dels model de disseny. Visita el El Alumbre i Alto Perú, que son les comunitats que utilitzarà d'exemple en els seus projectes. Recorre totes les vivendes de les comunitats registrant la localització GPS de tots els punts, per a considerar-lo en la resolució dels models.
- Març 09: L'estudiant Gregori Miquel treballa en el desenvolupament dels models.

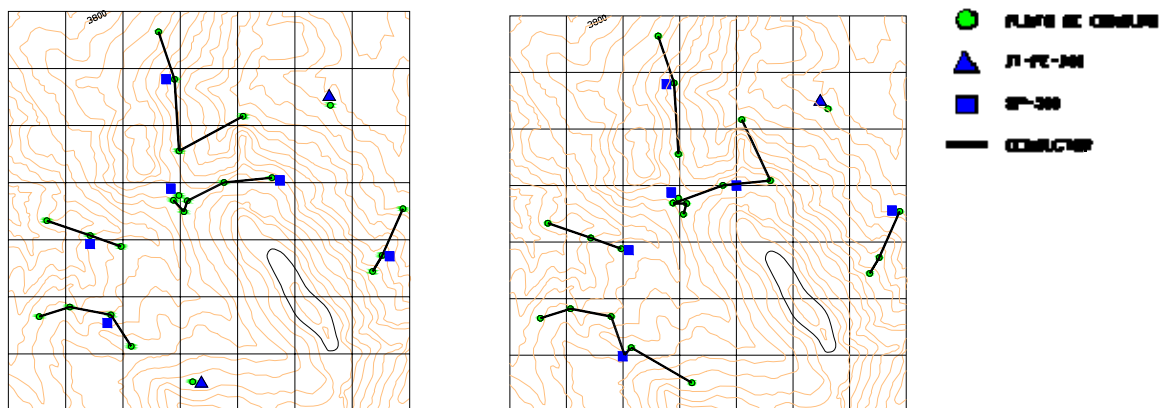


Figura 7. Propostes d'electrificació mitjançant microxarxes a El Alumbre.

4.3 Avaluació dels projectes implementats i de les capacitacions

A05: Seguiment, avaluació i estudi d'impactes de 2 comunitats rurals electrificades amb aerogeneradors (El Alumbre, Alto Perú).

- Febrer 2008 : En el projecte de l'Alumbre ja han estat instal·lats tots els sistemes (primera fase) i s'ha realitzat la inauguració. S'han instal·lat un total de 22 aerogeneradors: 21 IT-PE-100 a 21 domicilis particulars i un IT-500 a l'escola.
- Març 2008 : Es realitza la inauguració oficial del projecte de el Alumbre, en la que hi participa el vice-ministre d'energia de Perú, Pedro Gamio.

Veure annex: "ACT Nota de Prensa 1 - Inauguración El Alumbre"

Veure annex: "ACT Nota de Prensa 2 - Inauguración El Alumbre"



Figura 8. Imatges de la fase de instal·lació dels aerogeneradors a la comunitat de El Alumbre.

- Abril 2008: S'han realitzat les capacitacions previstes en l'Alumbre i s'ha seleccionat l'operador/administrat. Al final dues persones compartiran el càrrec. El model de gestió s'ha posat en funcionament el mes d'abril 2008
- Maig 2008: La professora Laia Ferrer ha realitzat una avaluació del model de gestió de L'Alumbre, centrada sobretot en el procés desenvolupat fins a la posada en funcionament del model.
- Octubre 2008: El professor Enric Velo visita el Alumbre per a avaluar el funcionament dels equips i del model de gestió implementat
- Desembre 2008: La professora Laia Ferrer participa en l'avaluació del projecte de el Alumbre, realitzada amb els usuaris i amb els operadors.



Figura 9. Avaluació del projecte de El Alumbre amb els usuaris.

- Gener 2009: S'instal·la la segona fase de el projecte de el Alumbre. S'instal·len 13 aerogeneradors IT-PE-100 a domicilis particulars i un IT-500 al centre de salut.
- Gener 2009: La professora Laia Ferrer participa en l'avaluació del projecte de el Alumbre, realitzada amb els usuaris i amb els operadors.

A06: Disseny i elaboració de materials pedagògics per a les activitats del CEDECAP.

- Abril 2008: S'han realitzat les capacitacions previstes en l'Alumbre (realitzades per l'equip del CEDECAP).
- Maig 2008: La professora Laia Ferrer va assistir a les capacitacions realitzades en l'Alumbre i a la capacitació realitzada als candidats a operador/administrador i va realitzar l'informe d'avaluació de les capacitacions.
- Octubre 2008: Durant la seva visita a Perú el professor Enric Velo es reuneix amb Rafael Escobar (director del CEDECAP) per discutir i avaluar els materials generats fins al moment. Acorden que Enric Velo donarà suport editant i supervisant els materials de curs internacional que es realitza sobre mini-hidraulica.



Figura 10. Capacitacions realitzades als usuaris dels projectes d'electrificació amb eòlica.

5. Resultats

A continuació es presenten els principals resultats, en relació als 3 resultats de la formulació.

RE 1: S'ha millorat la tecnologia dels aerogeneradors de baixa potència (a Perú), les metodologies d'avaluació de recurs eòlic i les eines de planificació i presa de decisions de projectes de electrificació rural.

Els estudis i els avanços s'han presentat a diversos congressos i seminaris:

1er SEMINARIO INTERNACIONAL DE ENERGÍA EÓLICA,

Lima, Perú, 24 de julio de 2008.

Ponencia: "Avances metodológicos para la ubicación de microaerogeneradores a escala comunal"

Autors: Laia Ferrer

Veure la presentació en l'annex: "RES Sem Eolica Laia Ferrer.pdf"

II Congreso de Energías Renovables y Biocombustibles (COBER)

Lima, Perú, 23 al 25 de octubre 2008

Ponencia: "Experiencias, oportunidades y tendencias en el uso de bioenergía para el desarrollo rural"

Autors: Velo E

Veure la presentació en l'annex: "RES COBER presentació Enric Velo.pdf"

XV Simposio Peruano de Energía Solar (XV SPES)

Cajamarca, Perú, 10 al 14 de noviembre de 2008

Ponencia: "Un modelo para la ubicación de microaerogeneradores a escala comunal"

Autors: Ferrer, L.; Pastor, R.; Sempertegui, R.; Velo E

Veure la presentació en l'annex: "RES SPES presentació Ferrer et al.pdf"

Veure la ponència en l'annex: "RES SPES ponència Ferrer et al.pdf"

DOSBE: Seminario Internacional sobre herramientas para la promoción, implementación y gestión de sistemas eléctricos rurales aislados con energías renovables

Cajamarca, Perú, 14 de noviembre de 2008

Ponencia: Herramientas para diseño de sistemas eólicos colectivos de baja potencia a nivel comunal"

Autors: Ferrer, L.

Veure la presentació en l'annex: "RES DOSBE presentació Laia Ferrer.pdf"



Figura 11. Presentació del resultat de la recerca en relació a millora de les metodologies d'intervenció en seminaris i congressos a Perú

RE 2: S'ha millorat el disseny pedagògic de les activitats de capacitació del CEDECAP i s'ha elaborat materials útils com instruments per a la gestió del coneixement que facilitin i garanteixin el procés d'aprenentatge dels participants, dintre d'un enfocament de desenvolupament de capacitats.

Es disposa d'un informe de les capacitacions realitzades des del CEDECAP als usuaris i als operadors de projectes micro-eòlics d'electrificació rural. Aquest informe serveix i ja s'està utilitzant com a guia per a millorar les futures capacitacions.

Veure annex "RES Informe Capacitacions Alumbre. pdf"

RE 3: S'ha fet el seguiment, l'avaluació i la sistematització dels avenços en els projectes pilot implementats a Perú referent a sistemes de gestió i capacitació d'usuaris i tècnics i a l'impacte econòmic i social

Es disposa d'un informe de la implantació del model de gestió implementat en la comunitat de El Alumbre. Aquest informe serveix com a guia per a millorar el disseny dels futurs models de gestió i la seva implantació.

Veure annex "RES Informe Modelo Gestión Alumbre.pdf"

6. Situació actual del projecte

L'acció està emmarcada en programes de llarga durada en els quals col·labora activament el Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà (GRECDH)

- "Development and Dissemination of off Micro Wind Energy Generation Systems in Developing Countries (Micro-WEGS)", conjuntament amb Practical Action i altres socis.
- "Programa Andí d'Electrificació Rural i Accés a les Energies Renovables" d'Enginyeria Sense Fronteres.

Així mateix, es coordina i complementa amb el projecte del GRECDH "Programa d'investigació aplicada per a l'impuls del desenvolupament energètic rural en Països en Desenvolupament" presentat en la convocatòria de 2008 de la Agència Catalana de Cooperació al Desenvolupament.

Les perspectives de continuïtat de l'acció són les del GRECDH en l'execució i col·laboració en els esmentats programes.

En concret, la recerca en relació a la millora dels aerogeneradors, projecte conjunt iniciat el 2006, està ja bastant avançat i consolidat. Fins al moment s'han generat eines de càlcul, disseny i monitorització, amb el quals a curt termini podran generar-se ja propostes de redisseny. El túnel de vent instal·lat a Lima servirà en els pròxims mesos (2009) per validar i analitzar els models teòrics i les propostes de redisseny.

En quant a l'estudi i millora de les metodologies de intervenció, el projecte de recerca s'inicia més recentment, el 2007, però durant el 2008 s'ha avançat considerablement. A curt termini es disposarà de propostes i metodologies per avaluar el recurs eòlic i per utilitzar el SIG en els plans d'electrificació rural. Es preveu validar aquestes propostes en els projectes a implementar durant el 2009. Els models de suport al disseny de projectes de microeòlics s'estan actualment dissenyant, i també es preveu testejar-los amb el pròxim projecte de eòlica que es preveu començar a implementar al juliol 2009 (comunitat de Alto Perú)

Durant el tot 2008 (febrer 2008-gener 2009) la professora Laia Ferrer ha estat treballant a Perú, gracies a un permís de mobilitat concedit per la UPC. El fet d'estar treballant pròxima a la contrapart i als projectes, ha permès impulsar el projecte de recerca, per la proximitat als projectes i a la contrapart. Durant el 2009 la professora continuarà la seva estança a Perú gracies a una llicència per potenciació de la recerca, concedida per la UPC.

7. Activitats de sensibilització

Les principals activitats de sensibilització dutes a terme han estat una xerrada al Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya i les presentacions i xerrades realitzades en el marc d'assignatures del lliure elecció de la UPC.

Presentació en el Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya

El dia 20 de gener la professora Laia Ferrer va ser una xerrada al col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, en la que va presentar la recerca en micro-eòlica desenvolupada des del GRECDH. A continuació es resumeix la temàtica específica que es va presentar.

Investigació en sistemes microeòlics aplicada a l'electrificació rural en països en desenvolupament:

Els sistemes d'electrificació basats en fonts d'energia renovables han demostrat ser adequats per a proveir d'energia elèctrica de forma autònoma a comunitats aïllades. En concret, l'electrificació mitjançant sistemes microeòlics, és una de les opcions tècniques que s'ha utilitzat recentment en projectes implementats en la serra nord de Perú. En aquest context, el Grup de Recerca en Cooperació pel Desenvolupament Humà (GRECDH) de la UPC està impulsant el desenvolupament de tecnologies robustes, fiables i assequibles, així com metodologies d'intervenció més eficients, per a la provisió d'electricitat a escala comunitària en àrees rurals de països en desenvolupament.

Veure la presentació en l'annex "SEN_EIC Presentacio Laia Ferrer.pdf".

Assignatura ALE

El professor Enric Velo és el coordinador de l'assignatura de lliure elecció "Serveis bàsics i desenvolupament local en contextos de cooperació (SEBADELCOCO)". En el marc d'aquesta assignatura, s'han fet diverses xerrades i pràctiques en que s'han presentat les activitats realitzades a Perú en els avanços en la recerca.

Mòdul 2: IDENTIFICACIÓN: NECESIDADES, RECURSOS E IMPACTOS

Tema: Identificación de las necesidades energéticas de las familias y comunidades.

Tema: Identificación y medición de los recursos energéticos disponibles. Toma y tratamiento de datos

Ponent: **Maribel Madueño**

Mòdul 4: ESTUDIO DE CASOS

Tema: Investigación aplicada. Metodologías para el diseño de proyectos de electrificación con micro-aerogeneradores

Ponent: **Laia Ferrer**

Veure annex "SEN_ALE_ Laia Ferrer.pdf".

LABORATORIO

Tema: Taller práctico de generación eléctrica con sistemas micro-eólicos

Ponent: **Daniel Clos**

8. Projectes Fi de Carrera i Treballs Fi de Màster

En el marc d'aquest projecte es realitzarà un projecte final de carrera i 2 treballs fi de màster:

Estudiant: Gregori Miquel Capó

Estudis: Enginyeria Industrial, ETSEIB

Títol: "Model per al disseny de projectes d'electrificació rural basats en l'utilització d'energia eòlica i solar".

Objetius

"El objetivo principal del trabajo es diseñar un modelo matemático empleado para el diseño de proyectos de electrificación rural a escala comunitaria. El modelo permitirá diseñar proyectos de electrificación rural basados en energía eólica y energía solar. Esta herramienta podrá ser utilizada por ONGs o instituciones gubernamentales promotores de la electrificación de las comunidades. Esta herramienta facilitaría la planificación y diseño de los proyectos realizado por estas organizaciones. Este modelo sería aplicable a cualquier zona rural de la sierra andina i fácilmente adaptable a otras realidades de zonas de otros países. "

Directors: Laia Ferrer

La descripció del projecte i l'informe d'activitats es detalla en l'annex "Informe Greg Miquel Capo.pdf".

Estudiant: Matteo Ranaboldo

Estudis: Master oficial interuniversitario de Ingeniería en Energía

Títol: Evaluación del recurso eólico a escala micro. Aplicación a proyectos de electrificación rural.

Objetius

"- Contribuir, mediante la evaluación de herramientas de predicción de viento a escala meso y micro a la mejora de la calidad de las intervenciones en proyectos de electrificación rural en países en desarrollo.

- Contribuir, mediante la elaboración de un estudio de caso y de un manual de buenas prácticas, a la generación y difusión del conocimiento en evaluación del recurso eólico.

Directors: Enric Velo, Laia Ferrer

La descripció del projecte i l'informe d'activitats es detalla en l'annex: "PFCM Informe Matteo Ranaboldo.pdf".

Estudiant: Maribel Madueño

Estudis: Master oficial interuniversitario de Ingeniería en Energía

Títol: "Electrificación rural en países en desarrollo. Uso de los sistemas de información geográfica (GIS) como herramienta de planificación y gestión".

Objetius

"- Contribuir, mediante el análisis crítico de la situación actual, la sistematización de las buenas prácticas y la realización de propuestas, a la generación y difusión de conocimiento en cuanto al uso de GIS en proyectos de electrificación rural.

- Contribuir, mediante la elaboración de un estudio de caso y de un manual de buenas prácticas, a la mejora de la calidad de las intervenciones del sector público y privado, así como a los requerimientos y enfoques de las subvenciones otorgadas por organismos públicos para proyectos de cooperación en el ámbito de la electrificación rural."

Directors: Enric Velo, Laia Ferrer

La descripció del projecte i l'informe d'activitats es detalla en l'annex: "PFCM Informe Maribel Madueño.pdf".

9. Valoració personal

La línia de recerca del GRECDH en energia, en el qual s'emmarca aquest projecte, s'inicià el 2006. Des de el començament, es va començar a contactar i començar a treballar amb la contrapart ITDG, en les seves seus a Regne Unit, Nepal i principalment a Perú.

El començament no va ser senzill, en general per les dificultats que sempre comporta iniciar un projecte de recerca, i específicament per les d'un projecte de recerca en temes relacionats amb la cooperació. En particular, durant tot aquest temps, ha estat difícil buscar finançament (tant a Perú com a Espanya) i formar un equip de treball multidisciplinari amb la formació i d'interès adequat.

Aquest any 2008, i durant els viatges a Perú, hem pogut veure els fruits i la consolidació de la feina realitzada durant els anys anteriors: s'han electrificat les primeres comunitats amb sistemes micro-eòlics, s'han avaluat els sistemes i es disposa d'eines per millorar els dissenys dels aerogeneradors. Al mateix temps, s'està impulsant i ha crescut l'interès en desenvolupar també eines que permetin millorar l'intervenció i el disseny dels projectes en general, més enllà de aerogenerador en si.

Per tot això, la valoració personal d'aquest projecte ha estat molt positiva, tant pels projectes ja executats i pels resultats ja aconseguits com per les perspectives futures. Durant el pròxim any es preveu implementar altres projectes d'electrificació en els que ja serà possible incorporar les millores del disseny de les màquines i les millores en el definició del projecte.

10. Memòria Econòmica

partida	ACTIVIDAD	cantidad	unidades	coste unitario	CCD-2008 EOLICA & CEDECAP	CONCEDIDO	EJECUTADO
Costos directes							
A01	A01: Trabajos de investigación y desarrollo conducentes a las propuestas de mejora del diseño del aerogenerador IT-PE-100 y construcción de prototipos.				1 500.00 €	1 500.00 €	819.02 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	819.02 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	- €
A02	A02: Estudio de las tecnologías de fabricación adecuadas para la construcción del nuevo diseño de aerogenerador de 100W en la zona andina (Perú)				- €	- €	- €
A03	A03: Construcción y uso de instalaciones experimentales para caracterizar el funcionamiento de aerogeneradores de baja potencia (Campus del Baix Llobregat de la UPC y Lima).				- €	- €	- €
A04	A04: Estudio y mejora de las metodologías de intervención y herramientas de toma de decisiones en proyectos de electrificación rural.				6 750.00 €	6 750.00 €	9 114.18 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	1 657.67 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	223.50 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	1 096.63 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	124.00 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	1 381.90 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	118.08 €
5	Viaje Perú-Argentina	1	pac	680	680.00 €	680.00 €	512.40 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	- €
4	Asistencia workshop eólica	1	persona	500	500.00 €	500.00 €	- €
1	Mapas de la zona e información geográfica	1		1000	1 000.00 €	1 000.00 €	4 000.00 €
A05	A05: Seguimiento, evaluación y estudio de impactos de 2 comunidades rurales electrificadas con aerogeneradores (Perú)				1 500.00 €	1 500.00 €	1 194.64 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	1 006.88 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	187.76 €
A06	A06: Diseño y elaboración de materiales pedagógicos para las actividades del CEDECAP				1 500.00 €	1 500.00 €	1 451.55 €
5	Viaje BCN-PERÚ (billete + movilidad interna)	1	pac	1430	1 430.00 €	1 430.00 €	1 451.55 €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	- €
A07	A07: Monitorización del proyecto de promoción de sistemas eólicos en Nepal				3 600.00 €	1 800.00 €	- €
5	Viage Nepal	1	pac	1730	1 730.00 €		- €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €		- €
5	Viage Nepal	1	pac	1730	1 730.00 €	1 730.00 €	- €
5b	Seguro	1	pac	70	70.00 €	70.00 €	- €
8	IMPREVISTOS	1		900	900.00 €	250.00 €	- €
Subtotal costos directes					15 750.00 €	13 300.00 €	12 579.38 €
Costos indirectes							
1. Formulació					- €	- €	- €
2. Seguiment					- €	- €	- €
Subtotal costos indirectes					- €	- €	- €
%							
Total					15 750.00 €	13 300.00 €	12 579.38 €
						Romanent	720.62 €

XVI Convocatòria d'ajuts a accions de cooperació - 2008
 GRECDH – UPC. Promoció de sistemes micro-eòlics i desenvolupament de capacitats en energia
 renovable en països en desenvolupament.

1	Material fungible, equips i subministraments	1 000.00 €	1 000.00 €	4 000.00 €
2a	Personal local (salari) (Catalunya)	- €	- €	- €
2b	Personal local (salari) (Sud)	- €	- €	- €
3	Personal expatriat (salari)	- €	- €	- €
4	Contractacions i serveis	500.00 €	500.00 €	- €
5	Viatges	12 720.00 €	10 990.00 €	7 926.04 €
5b	5. Assegurances	630.00 €	560.00 €	653.34 €
6	Estades i dietes	- €	- €	- €
7	Altres despeses	- €	- €	- €
8	Imprevistos	900.00 €	250.00 €	- €
	Subtotal costos directes	15 750.00 €	13 300.00 €	12 579.38 €
	Costos indirectes			
	1. Formulació	- €	- €	- €
	2. Seguiment	- €	- €	- €
	Subtotal costos indirectes	- €	- €	- €
	%			
	Total	15 750.00 €	13 300.00 €	12 579.38 €

Pendent de justificar al tancament de l'informe final: 720.62 €

S'enviarà un annex econòmic amb el tancament abans del 27 de març de 2009.

11. Relació d'annexes

Annexes de les Activitats

ACT Reunió Eòlica Daniel Clos

ACT Reunio Eòlica

ACT Inaguración Túnel de viento

ACT Reunió Planificació

ACT Nota de Prensa 1 - Inauguración El Alumbre

ACT Nota de Prensa 1 - Inauguración El Alumbre

Annexes dels Resultats

RES Sem Eolica Laia Ferrer

RES COBER Enrique Velo

RES SPES ponencia Ferrer et al

RES SPES presentacio Ferrer et al

RES DOSBE Laia Ferrer

RES Informe Modelo Gestión Alumbre

RES Informe Capacitacions Alumbre

Annexes de les activitats de sensibilitació

SEN EIC Presentació Laia Ferrer

SEN ALE Presentació Laia Ferrer

Annexes dels Projectes Final de Carrera i de Màster

PFCM Informe Greg Miquel Capo

PFCM Informe Matteo Ranaboldo

PFCM Informe Maribel_Madueño

Els annexes són disponibles al CD adjunt.