

# Disseny de sistemes d'electrificació rural amb energies renovables per països en desenvolupament

Laia Ferrer, Bruno Domenech, Rafael Pastor,  
Alberto García, Alejandro López  
Divisió d'Enginyeria d'Organització i Logística de l'IOC



**2a. Jornada de Recerca a l'ETSEIB, 29/06/2018**

# Índex

1. Introducció
2. Objectius
3. Resolució del problema
4. Experiències
  1. Perú
  2. Bolívia
  3. Cap Verd
  4. Nicaragua
  5. Equador
5. Resultats i perspectives de futur

# Introducció

- Actualment, 1100 milions de persones no tenen accés a l'electricitat
  - Especialment en àrees rural
  - En països en desenvolupament
- Els sistemes autònoms amb energies renovables són una solució adequada
  - Utilitzen recursos locals
  - Menor cost que la xarxa nacional
- Els sistemes híbrids (eòlics i solars) son una de les opcions tècniques possibles



# Introducció

## ■ Tecnologies pel desenvolupament humà:

NO: “exportar” la nostra tecnologia més avançada o sofisticada

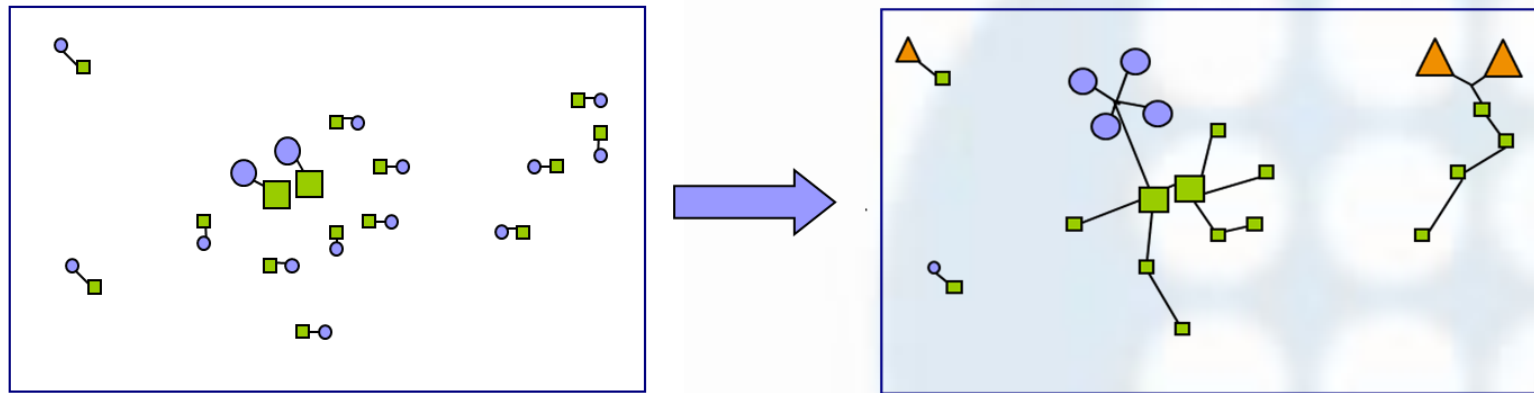
SI: desenvolupar de tecnologies i dissenys de projectes que solucionin els problemes reals i concrets de comunitats amb contextos econòmics, socials i ambientals molt diferents als nostres.





# Introducció

- Degut a la dispersió entre punts, sovint s'utilitzen sistemes individuals
- Com alternativa, es proposa combinar microxarxes i sist. individuals
  - No condiciona el consum d'un punt al recurs disponible
  - Pot estalviar costos per economies d'escala
  - Pot adaptar-se millor a increments de consum



○ ● Tipus de microaerogeneradors    ▲ ▲ Tipus de panells fotovoltaics    ■ ■ Tipus de punts de consum

- El disseny de solucions és un problema combinatori complex
  - Cal estudiar totes les possibles combinacions d'eòlica i solar
  - Cal estudiar totes les possibles connexions entre punts

# Objectius

- Desenvolupar models d'optimització per dissenyar projectes, que:
  - **Decideixin** la mida i localització dels generadors (eòlics i solars), i la distribució elèctrica (individual o microxarxa)
  - **Considerin** la ubicació i demanda de cada punt de consum
  - **Incorporin** restriccions de caràcter social:
    - Estudiar els usos energètics coberts
    - Facilitar gestió dels sistemes
    - Millorar la seguretat del subministrament elèctric
- Desenvolupar eines multicriteri per seleccionar la millor solució, que:
  - **Incloguin** criteris econòmics, tècnics, socials i ambientals
  - **Facilitin** la interacció amb els beneficiaris i promotors del projectes
- Adaptar les eines desenvolupades a diferents contextos i països

# Resolució del problema: plantejament

## Entrades

**Punts de consum**  
localització, demanda i  
distància

**Components de la  
instal·lació**  
cost i característiques  
tècniques de generadors,  
bateries, inversors,  
reguladors i medidors

**Recurs energètic**  
Mapa de recurs eòlic i solar  
a microescala

## Models de resolució

**Funció objectiu**  
minimitzar costos

**Restriccions tècniques**  
balanç d'energia i potencia  
autonomia de les bateries  
caiguda de tensió

**Restriccions socials**  
Màxim nombre de  
microxarxes, cobertura de  
les microxarxes,  
percentatge entre les fonts  
de generació, nombre  
d'equips per punt de  
generació

## Sortides

**Resultat**  
cost minimitzat

**Valor de variables**  
nº , tipus i localització de  
generadors, bateries,  
inversors, medidors ,  
reguladors i conductors

# Resolució del problema: eines

- **Pel disseny de projectes**
  - Models matemàtics d'optimització lineals
  - Algorismes heurístics i metaheurístiques
  - Això permet obtenir un ventall de solucions possibles segons les dades de partida i els condicionants/restriccions considerats
- **Per la selecció de la solució més adequada**
  - Tècniques de resolució multicriteri
  - Definició i ponderació dels criteris
  - Definició de l'avaluació de les solucions
  - Considerant l'opinió dels usuaris i promotors



# Experiència a Perú

## ■ Contraparts



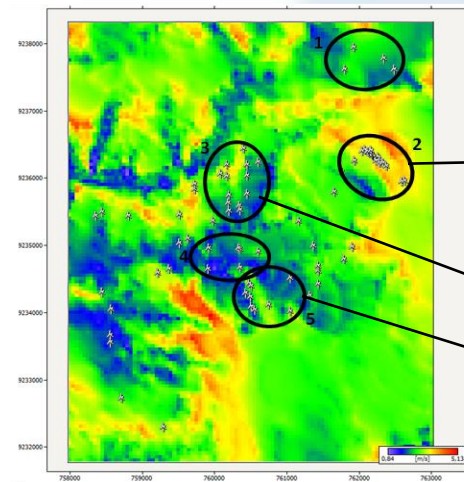
1.- El Alumbre  
- Eòlic Individual  
- Desigualtats en la generació i consum

2.- Campo Alegre  
- Híbrid Individual  
- Sistemes sobredimensionats

### Desenvolupament d'eines de millora del disseny:

- Avaluació del recurs eòlic
- Optimització del disseny considerant microxarxes
- Variacions socials
  - facilitar la gestió
  - millorar la seguretat
- Seleccions multicriteri

### 3.- Alto Perú



Mapa de vent de Alto Perú

Part Carretera  
Microxarxes eòliques  
Molt bon potencial  
Proximitat entre cases

Zona Norte/ Sur  
Solar individual  
Conflictes entre veïns  
Baix recurs eòlic

# Experiència a Bolívia

## ■ Contraparts



Ingeniería  
Sense Fronteres



## ■ Turco i Challapata

- Eòlic/solar individual

## ■ Per futurs projectes, l'ús de microxarxes permetria:

- Millorar la seguretat en front avaries sense incrementar el cost
- Evitar desigualtats socials sense riscos de robatoris i falta de manteniment

	Individual (actual)	Microxarxa (1 tipus d'aerog)		Microxarxa (4 tipus d'aerog)	
		Cost (\$)	Diferència	Cost (\$)	Diferència
Turco	19423	17862	-8,0%	16862	-13,2%
Challapata	14447	13886	-3,9%	13886	-3,9%

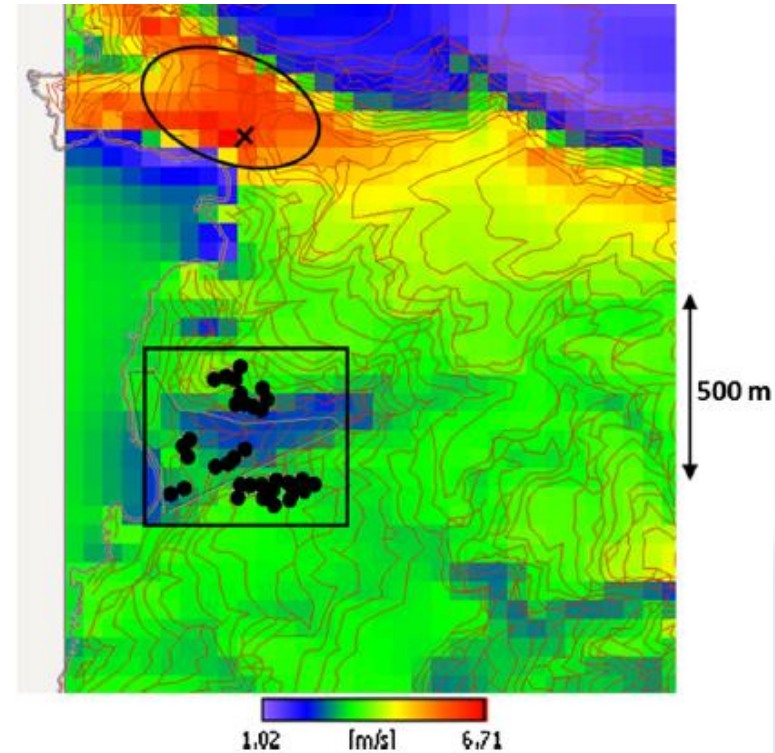
# Experiència a Cap Verd

## ■ Contraparts



ECOWAS CENTRE FOR  
RENEWABLE ENERGY AND  
ENERGY EFFICIENCY

- Avaluació de vent, proposta de disseny de projectes i de substitució de generadors dièsel per aerogeneradors



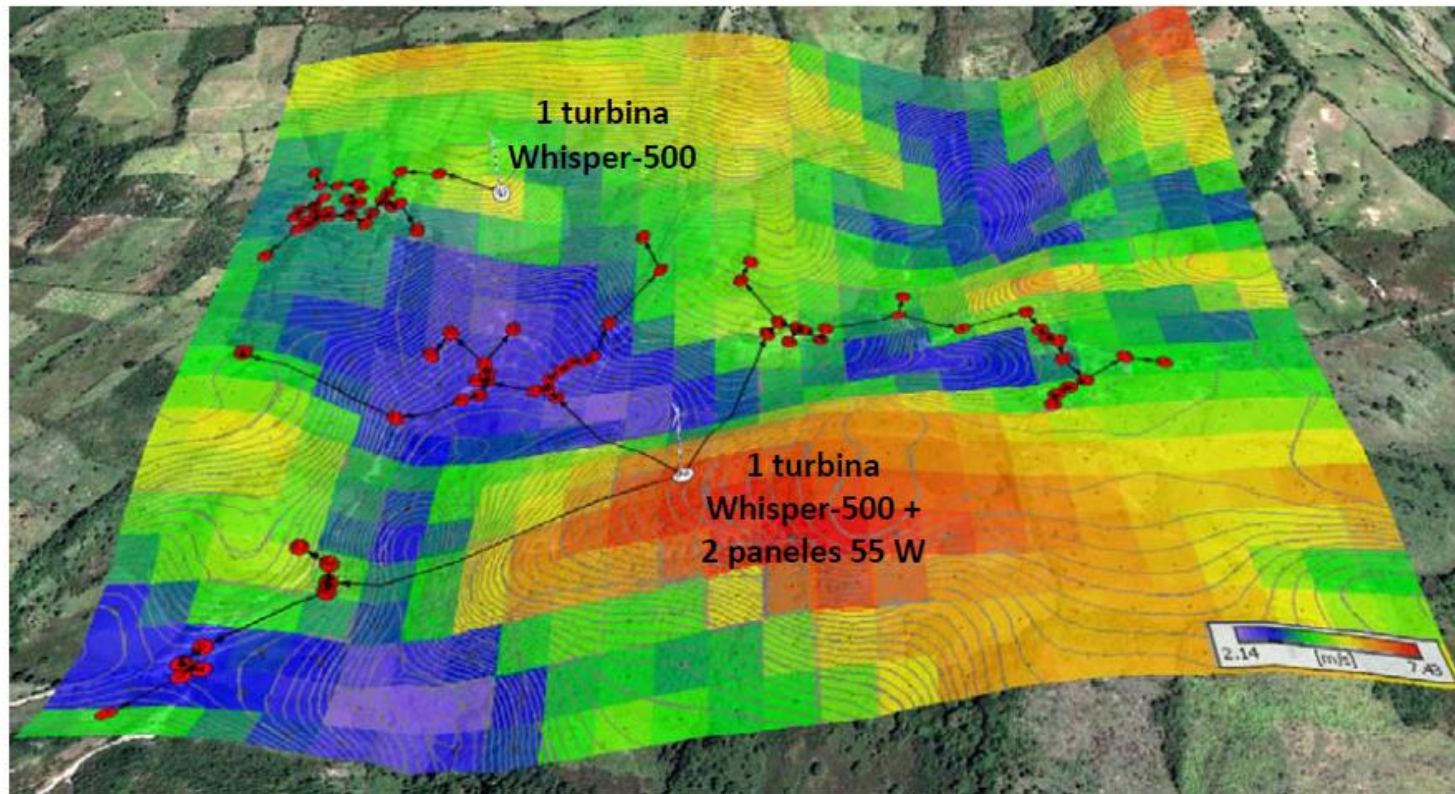


# Experiència a Nicaragua

- Contraparts



- Proposta d'electrificació basada en panells solars individuals, microxares solars i microxarxes eòliques

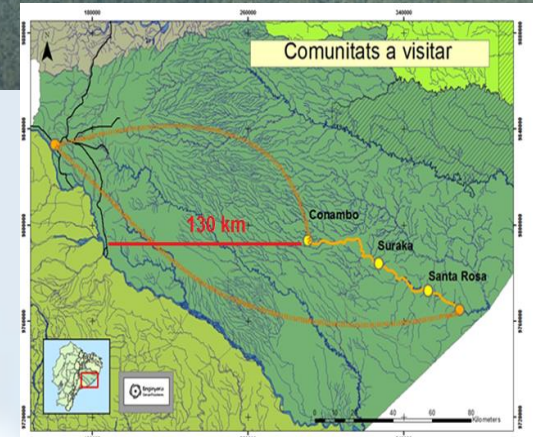
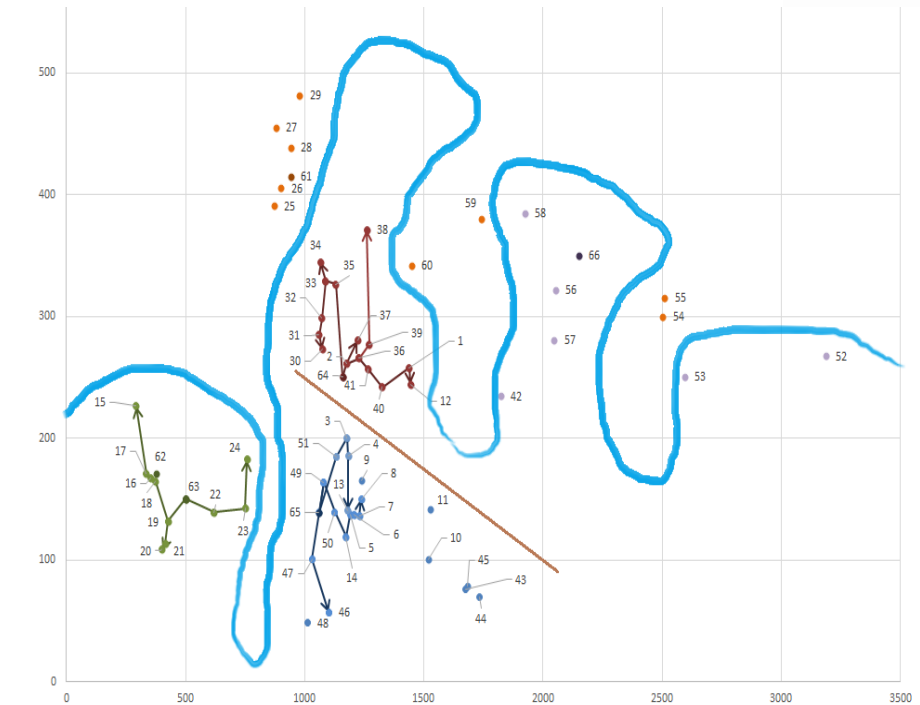


# Experiència a Equador

## ■ Contraparts



- Electrificació amb panells solars, per minimitzar la tala d'arbres
- Participació en el procés d'electrificació de la selva amazònica





# Resultats i perspectives de futur

## ■ Resultats

- 6 PFC/TFG i 4 TFM
- 4 Tesis Doctorals llegides i 3 més en curs (a llegir 2018-9)
- 27 articles en revistes JCR
- 1 llibre i 4 capítols de llibre
- 2 projectes del pla nacional (proposta de continuació al 2018)
- 9 projectes del CCD-UPC
- Col·laboracions a 10 països (Bolívia, Cap Verd, Cuba, Equador, Espanya, Mèxic, Nepal, Nicaragua, Perú i Veneçuela)

# Resultats i perspectives de futur

- **Perspectives de futur**
  - Incorporació de la incertesa
    - Dades de partida: demanda, costos, recursos energètics
    - Criteris dels decisors/es i prioritats
  - Planificació considerant la futura integració a la xarxa nacional
    - Disseny preveient la possible connexió
    - Model de gestió pel sistema aïllat i connectat
- **Convenis i projectes a convocatòries europees:**
  - Amb AWS: mapes de vent pel disseny de projectes. Proposta de conveni amb l'Ajuntament de Beuda (pendent de decisió)
  - Amb TTA: proposta H2020-MSCA-ITN-2018 Marie Curie ITN (deputy coord. Laia Ferrer). No acceptada, a millorar 2019
  - Amb ESF: ajuda concedit (6000€) de AGAUR-INTCO per preparar propostes: topic H2020-LC-SC3-SE-62.019 (Feb 2019)

# Moltes gràcies per l'atenció

Disseny de sistemes d'electrificació rural amb energies renovables per països en desenvolupament

Laia Ferrer, Bruno Domenech, Rafael Pastor,  
Alberto García, Alejandro López  
Divisió d'Enginyeria d'Organització i Logística de l'IOC



**2a. Jornada de Recerca a l'ETSEIB, 29/06/2018**