

Treball Final de Màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Eficiència energètica d'una planta pilot amb domòtica
opensource

Document: I. Resum

Alumne: Ruben Martinez Illan

Tutor: Dr. Joan Colomer Llinas

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): juny / 2023

1. Introducció

El grup de recerca d'Enginyeria de Control i Sistemes Intel·ligents (eXiT) de la Universitat de Girona, en la seva línia d'investigació d'Smart Cities i Smart Grids, està especialitzat en la modelització, monitorització i control de sistemes intel·ligents en àmbits urbans, com comunitats energètiques i sistemes de distribució, i col·laboren amb múltiples projectes en termes d'optimització dels recursos energètics i la maximització de l'eficiència.

L'eXiT disposa d'un laboratori que s'ha anat construint i instrumentalitzant al llarg de la darrera dècada. En aquest sentit, es disposa de diferents sistemes monitoritzats de generació i consum que permeten estudiar sistemes reals in-situ, amb bases de dades pròpies. No obstant, degut a aquest fet, els diferents sistemes es troben desagregats, de manera que a l'hora de realitzar projectes d'investigació, la complexitat d'extreure'n les dades i trobar interdependències entre els sistemes és molt elevada. A més, no és possible controlar actuadors en funció de variables d'altres sistemes.

L'objectiu principal d'aquest projecte és la implementació d'una plataforma d'agregació permeti integrar els diferents sistemes presents al laboratori. L'abast del projecte inclou, a més, el disseny de sistemes d'automatització i control per tal de convertir el laboratori en una planta pilot, i maximitzar l'eficiència energètica d'aquesta.

2. Laboratori de l'eXiT

El laboratori està compost de tres sistemes principals:

- Sistema elèctric:
 - o Plaques solars amb una potencial total de 3.9 kWp.
 - o Bateria amb una capacitat de 4 kWh i una potència màxima de 2.5 kW.
- Sistema tèrmic:
 - o Pou de geotèrmia de 100 metres de profunditat, connectat a una bomba de calor de fins a 15 kW de potència calorífica.
 - o Dipòsit d'inèrcia de 100 litres de capacitat.

- Climatització del laboratori per mitjà d'un fancoil de bescanvi de calor entre el dipòsit d'inèrcia i l'aire.
- Living lab:
 - Plataforma Libelium d'adquisició de dades de mòduls Smart Cities (anàlisi de qualitat de l'aire, llum, intensitat del so, etc.).
 - Plataforma Phidgets de monitorització de consums elèctrics del laboratori.
 - Plataforma Shelly de mesura de temperatura i control del fancoil.
 - Sistema elèctric d'obertura de finestres.

3. Estat de l'art

S'han avaluat les plataformes d'agregació de codi obert més populars del mercat, obtenint la

Taula 3.1 com a comparativa resum entre les diferents plataformes. Degut a la gran comunitat que hi ha al darrere donant suport al sistema, i les avantatges en clau de compatibilitats i el grau de desenvolupament del programari, amb una interfície atractiva i intuïtiva, s'ha optat per la opció de Home Assistant.

Taula 3.1: Comparativa entre les diferents plataformes avaluades

Plataforma	Compatibilitats	Comunitat d'usuaris	Llenguatge
Domoticz	Incompleta	30 mil	C++
FHEM	400+	23 mil	Perl
ioBroker	500+	30 mil	Javascript
Home Assistant	2400+	172 mil	Python / YAML
OpenHAB	2000+	43 mil	Java

4. Home Assistant

Home Assistant és una plataforma d'agregació amb compatibilitat amb un gran número de dispositius i protocols de comunicació. En aquest projecte, s'ha optat per instal·lar la plataforma en un dispositiu Raspberry Pi 4, i externalitzar la base de dades en un servidor local del laboratori.

En aquest programari s'han pogut integrar gran part dels dispositius i sistemes presents al laboratori, creant una nova xarxa de variables interconnectades: el sistema elèctric i el sistema tèrmic s'han pogut integrar completament, i del living lab s'han pogut integrar la plataforma Shelly i, implementant una placa de control amb connectivitat amb Home Assistant, el sistema d'obertura de les finestres. Han quedat fora de l'abast del projecte la plataforma Libelium i la plataforma Phidgets per incompatibilitats amb el programari.

S'ha dissenyat una interfície visual per a la monitorització i control del laboratori com a planta pilot (veure la Figura 4.1), així com també s'ha profunditzat en les funcionalitats que aporta el sistema: s'han creat automatitzacions per al control de la climatització del laboratori i per a l'obertura de les finestres, essent controlats per scripts i algorismes amb major o menor complexitat.

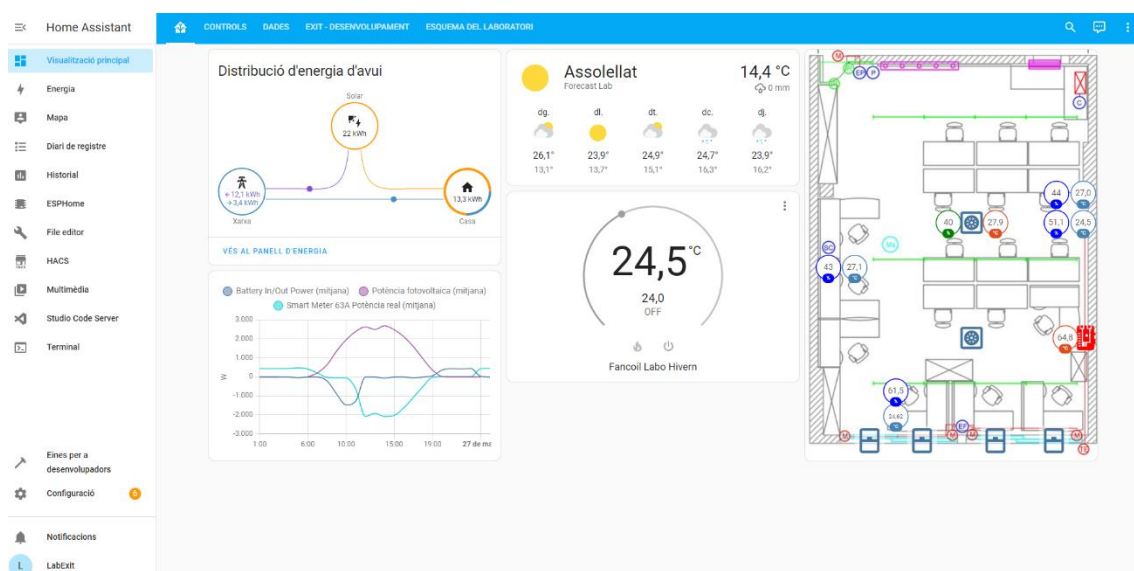


Figura 4.1: Interfície de Home Assistant

5. Automatitzacions i controls

S'han implementat dos sistemes principals d'automatització i control amb l'objectiu de millorar l'eficiència energètica del laboratori en relació a l'ús de l'energia tèrmica.

- Control de la climatització: s'ha implementat el control en època hivernal, ajustant la temperatura de consignes a valors de confort i aplicant regles horàries, amb activació del sistema només durant l'horari laboral. S'ha obtingut un estalvi energètic d'un 70% (veure la Figura 5.1), equivalent a uns 100 euros mensuals.

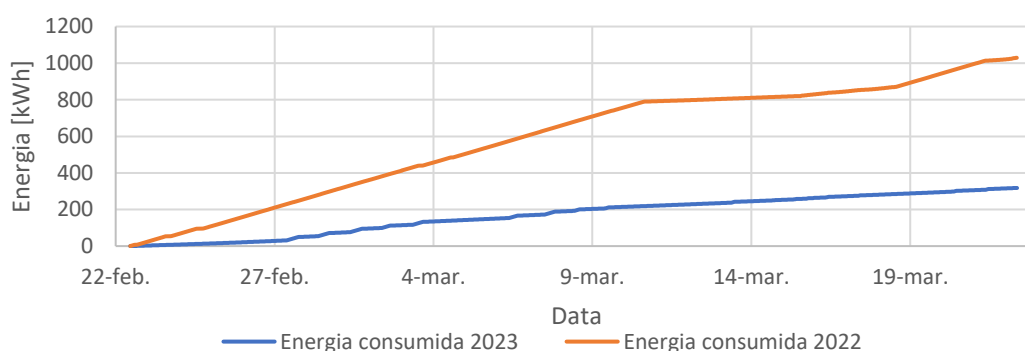


Figura 5.1: Comparació de l'energia consumida durant un mes l'any 2022 i l'any 2023

- Control de les finestres: s'ha implementat un control sobre l'obertura de les finestres en horari laboral, amb restriccions d'acord a criteris meteorològics i de confort de temperatura, imposant una ventilació natural en èpoques d'entretemps. S'ha obtingut un estalvi de 100 kWh durant una setmana (veure la Figura 5.2), equivalent a uns 60 euros mensuals.

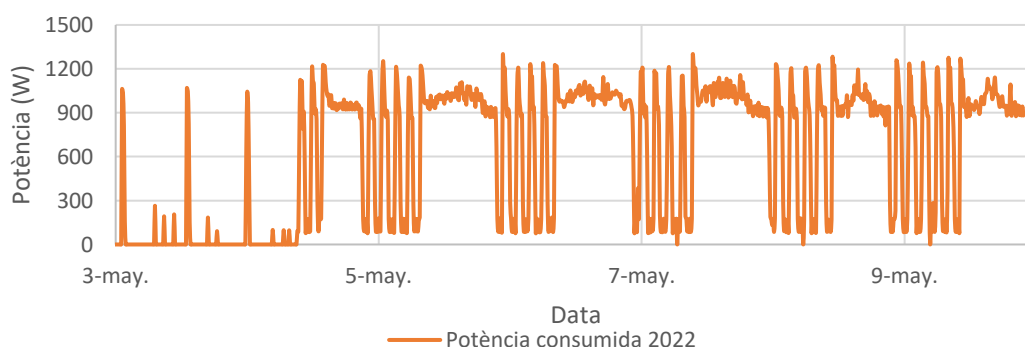


Figura 5.2: Potència consumida l'any 2022 respecte a un consum nul l'any 2023

6. Avaluació econòmica

La implementació del sistema de Home Assistant és relativament barata (veure la Taula 6.1), degut que és un programari de codi lliure d'instal·lació gratuïta: només cal una plataforma de hardware per instal·lar-lo. En aquest cas s'ha optat per una Raspberry Pi 4. A més, per a la implementació al laboratori s'ha requerit de l'adquisició d'una placa de relés per a la integració del sistema d'obertura de les finestres, i d'una antena per tal de poder incorporar Home Assistant en una xarxa Zigbee (projecte futur).

Taula 6.1: Costos dels nous dispositius implementats

Dispositiu	Unitats	Cost unitari	Cost total
Raspberry Pi 4	1	170.-€	170.-€
Placa relés	1	40.-€	40.-€
Sky Connect (coordinador Zigbee)	1	40.-€	40.-€
Total			250.-€

L'estalvi econòmic resultant dels assajos de les automatitzacions en relació al control de la climatització i de l'estat de les finestres permet projectar en 100 euros mensuals en períodes hivernals (millora de la utilització del sistema de climatització) i de 60 euros mensuals en períodes d'entretemps (ventilació natural gràcies a l'automatització de les finestres).

7. Conclusions

S'han assolit els objectius del projecte, tot i que no ha estat possible realitzar una implantació total del sistema. És per aquest motiu que s'han proposat com a accions de millora la integració dels sistemes de Libelium i Phidgets.

D'altra banda, amb la planta pilot actual, l'eXiT disposa d'una eina potent que li pot permetre realitzar projectes de modelització del laboratori, control i optimització de l'eficiència energètica integrant sistemes d'intel·ligència artificial, i apostar per projectes d'integració de la planta pilot en comunitats energètiques.

Ruben Martinez Illan
Màster en Enginyeria Industrial

Girona, 1 de juny de 2023