

Tesina Final de Màster

2010



*Bases per a la recerca en
reducció d'emissions de CO₂ en edificació
des de la perspectiva dels “edificis vius”.*

Estudiant de Màster: Galdric Ruiz Martorell

Director: Didac Ferrer Balas

Institut de Sostenibilitat de la UPC

Octubre de 2010

Fotografia de portada: *Cranc ermità dintre d'una closca de vidre.*

Modificada per l'autor a partir de la fotografia original de l'arquitecte *Juhani-pallasmaa*. <http://www.animalarchitecture.org/juhani-pallasmaa/>

ÍNDIX

0. RESUM.....	5
Resumen.....	6
Summary.....	6
1. INTRODUCCIÓ.....	8
1.1. Motivació personal.....	8
1.1.1. El repte de la Tesina Final de Màster.....	8
1.1.2. La relació amb la reducció d'emissions de CO ₂	8
1.2. L'edificació en el marc de la sostenibilitat.....	9
1.2.1. L'impacte ambiental de l'edificació.....	9
1.2.2. La crisi energètica i el canvi climàtic.....	9
1.2.3. La distribució de les emissions de CO ₂ en l'edificació.....	10
1.2.4. L'edificació i les polítiques contra el canvi climàtic.....	11
1.3. Plantejament de la tesina.....	11
2. JUSTIFICACIÓ.....	13
2.1. Estratègies de transició.....	13
2.2. El context actual i futur.....	13
2.2.1. Crisi econòmica mundial.....	13
2.2.2. Crisi econòmica a Espanya.....	14
2.2.3. Crisi del sector de l'edificació a Espanya.....	16
2.3. Necessitat d'una recerca innovadora.....	17
2.3.1. Solucions adaptades al context actual i futur.....	17
2.3.2. Solucions adaptades al context territorial.....	18
2.3.3. Solucions eficaces i no només eficients.....	18
2.3.4. Oportunitat del context espanyol.....	19
2.3.5. Conclusió de la justificació.....	19
2.4. Estat de l'Art.....	20
2.4.1. Introducció a l'Estat de l'Art.....	20
2.4.2. Estratègies d'intervenció en reducció de CO ₂ en els edificis.....	20

2.4.2.1.	El Pla de l'energia de Catalunya, 2006-2015.....	20
2.4.2.2.	La normativa a Europa i Espanya.....	21
2.4.2.3.	La normativa a Catalunya.....	22
2.4.2.4.	Industrialització del sector.....	22
2.4.2.5.	Gestió energètica d'edificis.....	23
2.4.2.6.	Externalització de la gestió energètica.....	23
2.4.2.7.	Informació energètica i canvi de comportament.....	23
2.4.2.8.	Simulació energètica, comportament i gestió d'edificis.....	25
2.4.2.9.	Preu de l'energia i el comportament dels usuaris.....	25
2.4.3.	Conclusió de l'Estat de l'Art.....	26
3.	HIPÒTESI I OBJECTIUS.....	27
3.1.	Introducció a la hipòtesi i als objectius.....	27
3.2.	Hipòtesi.....	27
3.2.1.	Proposta d'hipòtesi.....	27
3.2.2.	Una perspectiva orgànica vs la visió mecanicista.....	27
3.2.3.	Redefinició de l'objecte d'estudi.....	28
3.3.	Objectiu general.....	29
3.4.	Objectius específics.....	29
3.5.	Abast.....	30
3.5.1.	Introducció a l'Abast de la <i>tesina</i>	30
3.5.2.	Reducció d'emissions de CO ₂ en edificis públics existents.....	30
4.	MARC TEÒRIC.....	33
4.1.	Introducció al Marc Teòric.....	33
4.2.	La perspectiva orgànica de l'edifici.....	33
4.2.1.	La ciutat com a ecosistema.....	33
4.2.2.	Estratègies sobre el metabolisme urbà.....	33
4.2.3.	L'edifici com a ecosistema.....	34
4.2.4.	Referències a l'edifici com a organisme viu.....	34
4.2.5.	Les comunitats sostenibles.....	35
4.3.	El comportament metabòlic de l'edifici.....	36
4.3.1.	Edificació Existent i les emissions de CO ₂	36
4.3.2.	L'ús i gestió de l'edifici.....	36
4.3.3.	L'habitabilitat.....	36

5. METODOLOGIA.....	38
5.1. Introducció a la metodologia.....	38
5.1.1. Adecuació a la naturalesa de l'objecte d'estudi.....	38
5.1.2. Una aproximació <i>socio-tècnica</i>	38
5.2. Entrevistes.....	39
5.2.1. Introducció a la metodologia de l'entrevista.....	39
5.2.2. Entrevista a experts.....	39
5.2.3. Tipus d'entrevista.....	40
5.2.4. Etapes de l'entrevista.....	40
5.2.4.1. Preparació.....	40
5.2.4.2. Execució.....	42
5.2.4.3. Avaluació.....	43
5.3. Casos d'estudi.....	43
5.3.1. Introducció a la metodologia de l'estudi de casos.....	43
5.3.2. Cas d'estudi ETSAV.....	44
5.3.2.1. Justificació.....	44
5.3.2.2. Context del cas ETSAV.....	44
5.3.2.3. Seqüència d'accions.....	47
5.3.2.4. Dades analitzades	50
5.3.2.5. Instruments utilitzats.....	51
5.3.3. Cas d'estudi BRGF.....	52
5.3.3.1. Justificació.....	52
5.3.3.2. Context del cas BRGF.....	52
5.3.3.3. Seqüència d'accions.....	56
5.3.3.4. Dades analitzades	60
5.3.3.5. Instruments utilitzats.....	61
6. RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	63
6.1. Resultats casos d'estudi.....	63
6.1.1. Resultats cas d'estudi ETSAV.....	63
6.1.1.1. Resultats quantitius.....	63
6.1.1.2. Resultats qualitius.....	67
6.1.2. Resultats cas d'estudi BRGF.....	68
6.1.2.1. Condicionants del cas BRGF.....	68
6.1.2.2. Aplicació de la metodologia <i>diF</i>	69
6.1.2.3. Resultats quantitius.....	70
6.1.2.4. Resultats qualitius.....	75
6.2. Resultat entrevistes.....	77
6.2.1. Introducció.....	77
6.2.2. Resum dels resultats de les entrevistes.....	77

6.3. Discussió	80
6.3.1. Introducció a la discussió.....	80
6.3.2. Barreres de les estratègies d'intervenció.....	80
6.3.3. Una estratègia basada en la hipòtesi dels “edificis vius”	83
6.3.4. Requeriments d'una recerca basada en la hipòtesi.....	85
6.3.5. Condicionants i limitacions.....	86
7. CONCLUSIONS	88
8. BIBLIOGRAFIA	90
AGRAÏMENTS	94

TÍTOL

Bases per a la recerca en reducció d'emissions de CO₂ en edificació des de la perspectiva dels “edificis vius”

0. RESUM

El ritme de consum de recursos i de generació de residus que l'actual sistema tècnic industrial produeix en cicles oberts, esgota la pròpia capacitat per seguir extraient-ne i genera greus problemes ambientals en retornar els residus de forma inadequada al medi. Un model insostenible participat intensament pel sector de l'edificació.

La lluita contra el canvi climàtic ha començar a amenaçar tímidament aquest model amb la firma de compromisos internacionals per a la limitació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle. L'edificació, un sector clau per a la lluita contra el canvi climàtic, es trobarà per tant condicionat de forma radical per les futures restriccions tant associades a la limitació de les emissions, com pel més que previsible encariment del preu de l'energia.

Afegit a aquests condicionants, el sector s'enfronta actualment a una crisi econòmica que ha paralitzat sobtadament el ritme frenètic en l'execució de nova edificació, i de retruc, també d'aquelles estratègies contra el canvi climàtic centrades principalment en la introducció d'innovacions tecnològiques.

El focus d'atenció de la lluita contra el canvi climàtic ha basculat finalment cap al parc edificat, però les estratègies que requereix la particularitat de la intervenció sobre edificis existents, han de ser diferents. La qualitat de l'entorn i l'eficiència dels sistemes en edificis existents té un gran potencial de millora en reducció d'emissions de CO₂, per ja no és *flexible* com en la fase de projecte, s'ha tornat *rígida*. La rehabilitació en reducció d'emissions de CO₂ topa amb les tradicionals dificultats tècniques i socials (els habitants) associades als edificis existents.

En la present recerca la combinació de metodologies socials i tècniques ha permès abordar el problema amb una abast ampli des de la hipòtesi d'un canvi de percepció de l'edifici. Una perspectiva que permeti substituir la metàfora de l'edifici com a “màquina d'habitar” adoptada per *Le Corbusier* a principis del segle passat, per la de l'edifici com a “*sistema viu*”, com a “*edifici viu*”. Els resultats de les 15 entrevistes realitzades a experts mostren que les estratègies d'intervenció habituals no són prou eficaces, fins i tot quan el context econòmic és favorable. D'altra banda, els casos d'estudi presentats reforcen la hipòtesi amb la contrastació per mitjà dels resultats reals obtinguts, tant quantitius com qualitius, amb l'aplicació de metodologies innovadores des de la perspectiva proposada.

Intervenir per tant, sobre el comportament en el consum d'energia dels que habiten els edificis, entesos aquests com a sistemes format per un *interfície i una comunitat*, pot ser una estratègia útil per superar els condicionats inicials que restringeixen la capacitat d'intervenció. Un comportament de la comunitat que és *rígid* (es fixa) durant la fase de projecte, però que es torna *flexible* en l'edificació existent.

Si cal cercar noves estratègies amb capacitat per adaptar el sector de l'edificació a la restricció d'emissions de CO₂ i que puguin superar el context econòmic actual i futur, podria ser útil una recerca enfocada en la intervenció sobre el comportament de les comunitats que habiten els edificis: la component més adaptativa dels sistemes “*edificis-vius*”.

0. Resumen

El ritmo de consumo de recursos y de generación de residuos que el actual sistema técnico industrial produce en ciclos abiertos, agota la propia capacidad para seguir extrayendolos y genera graves problemas ambientales en devolver los residuos de forma inadecuada al medio. Un modelo insostenible participado intensamente por el sector de la edificación.

La lucha contra el cambio climático ha comenzado a amenazar tímidamente este modelo con la firma de compromisos internacionales para la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero. La edificación, un sector clave para la lucha contra el cambio climático, se encontrará por tanto condicionado de forma radical por las futuras restricciones tanto asociadas a la limitación de las emisiones, como por el previsible encarecimiento de la energía.

Añadido a estos condicionantes, el sector se enfrenta a una crisis económica que ha paralizado repentinamente el ritmo de ejecución de nueva edificación y también, de aquellas estrategias contra el cambio climático centradas en la introducción de innovación tecnológica.

El foco de atención de la lucha contra el cambio climático ha basculado finalmente hacia el parque edificado, pero las estrategias que requiere la particularidad de la intervención sobre los edificios existentes, deben ser diferentes. La calidad de la envolvente y la eficiencia de los sistemas tienen un gran potencial de mejora en reducción de emisiones, pero en los edificios existentes ya no es *flexible* como en la fase de proyecto, se ha vuelto *rígida*. La rehabilitación en reducción de emisiones de CO₂ choca con las tradicionales dificultades técnicas y sociales (los habitantes) asociadas a los edificios existentes.

En la presente investigación la combinación de metodologías sociales y técnicas ha permitido abordar el problema con un alcance amplio desde la hipótesis de un cambio de percepción del edificio. Una perspectiva que sustituya a la metáfora del edificio como "máquina de habitar" adoptada por *Le Corbusier* a principios del siglo pasado, por la del edificio como *sistema vivo*, "*edificio vivo*". Los resultados de las 15 entrevistas realizadas a expertos muestran que las estrategias de intervención habituales no son lo suficientemente eficaces, incluso cuando el contexto económico es favorable. Por otra parte, los casos de estudio presentados refuerzan la hipótesis con la contrastación por medio de resultados reales obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos, con la aplicación de metodologías innovadoras desde la perspectiva propuesta.

Intervenir sobre el comportamiento en el consumo de energía de los que habitan los edificios, entendidos éstos como sistemas formados por un *interfaz* y una *comunidad*, puede ser útil para superar los condicionantes iniciales que restringen la capacidad de intervención. Un comportamiento de la comunidad que es *rígido* durante la fase de proyecto, pero que se vuelve *flexible* en la edificación existente.

Si es necesario buscar nuevas estrategias con capacidad para adaptar el sector de la edificación a la restricción de emisiones de CO₂ y que puedan superar el contexto económico actual y futuro, podría ser útil una investigación enfocada en la intervención sobre el comportamiento de las comunidades que habitan los edificios: la componente más adaptativa de los sistemas "*edificios-vivos*".

0. Summary

The pace of resources consumption and wastage generation produced in open cycles by our technical industrial system exhausts its own ability to continue extracting them and creates serious environmental problems when these wastage products return to the environment in an unsuitable way. An unsustainable model in which the construction sector plays an important role.

Climate change fight has begun to slightly threaten this model with the adoption of international agreements seeking a limitation of greenhouse gases. Construction, a key sector for climate change fight, will find itself limited not only by future restrictions connected with emissions limitations, but also by an expected raising of energy prices.

In addition to these conditioning factors (environmental crisis and energy crisis) construction is also facing an economic crisis that has sharply paralyzed the frenetic pace in new building execution. Also, the crisis has affected indirectly those strategies against climate change that focus on the introduction of technologic innovation.

The focus in the climate change fight has shifted to those already existing facilities, but the strategies required when intervening on the existing buildings have still to change. The quality of the envelope in a building and the efficiency of systems in the existing buildings have got a great potential for improvement in order to get a further reduction of emissions, but this potential is not as flexible as in the planning phase, it becomes rigid. Restoration for a CO₂ emissions reduction clashes against those problems traditionally associated to already existing buildings, both technical and social (the people living inside them).

This research combining social and technical methodologies to tackle the problem has led to a wide range from the hypothesis of a change in perception of the building. A perspective substituting the metaphor of the building as “machine for inhabiting” adopted by *Le Corbusier* at the beginning of last century, for that of the building as a “living system”, or a “living building”. The results of 15 interviews with experts show that the usual intervention strategies are not efficient enough, even when the economic climate is favorable. Moreover, the case studies reinforce the hypothesis studied through comparison with actual results obtained, both quantitative and qualitative, based on the application of innovative methodologies from the proposed approach.

An intervention on the behaviour related to energy consumption made by the building users, considered as a system formed by an interface and a community, can become a useful strategy to overcome the initial conditioning factors that restrict the capacity of intervention. A community behaviour which is rigid (or fixed) during the planning phase, but becomes flexible in the actual existing building.

If we are to search for new strategies which can adapt construction to CO₂ emission restrictions and overcome other existing restrictions in our present (and future), a research focused on intervening on the behavior of the communities inhabiting the buildings (the most flexible component of the systems called ‘*living-buildings*’) could prove to be useful.

1. INTRODUCCIÓ:

1.1. Motivació personal

1.1.1. El repte de la Tesina Fi de Màster

La Tesina Fi de Màster obre la possibilitat a l'estudiant del Màster de Sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) d'abordar el repte d'intentar transposar al nivell de la concreció, el coneixement adquirit al llarg de les assignatures de Màster, per tal d'aportant les bases per a una recerca posterior en sostenibilitat. I si alguna cosa hem après els estudiants durant la nostra formació al Màster és que aquest tasca és, com a mínim, *complexa*.

Personalment però, tinc la profunda convicció que la principal dificultat en encarar aquest repte no és la seva complexitat tècnica, sinó més aviat *el temor*. *Temor* a equivocar-se, a pecar d'ingenuïtat, a ser massa atrevit, a no tenir prou expertesa en tots aquells àmbits que, amb més o menys profunditat, segur ens tocarà abordar. Precisament en una ciència, la ciència de la sostenibilitat, tot just reconeguda i necessàriament transdisciplinar.

Què pot aportar d'original un estudiant del Màster a la Recerca en Sostenibilitat?

Doncs precisament "ingenuïtat". Aquella que anima l'estudiant a anar un pas més enllà, a relacionar i trobar paral·lelismes entre disciplines aparentment inconnexes, tot i córrer el risc d'arrossegar llacunes de desconeixement; aquella que li ha permès participar amb entusiasme en infinites converses informals sorgides durant, però sobretot després, de les classes de sostenibilitat; de l'aprenentatge generat a partir del flux d'informació continu que ha circulat lliurement per la "xarxa" complexa i diversa formada pels estudiants i professors, de tot el món i de totes les disciplines del Màster.

Aquest és un coneixement *patrimoni* de l'estudiant que l'ha d'animar buscar, amb respecte i rigor però sobretot sense por, els arguments que li permetin "desarticular el discurs dominant"¹.

1.1.2. La relació amb la reducció d'emissions de CO₂

La relació de l'autor amb l'estalvi energètic en edificació va començar el 2004 amb el Projecte Final de Carrera d'Arquitectura tècnica (PFC) (Ruiz, 2004) sobre l'auditoria energètica de l'edifici Coderch de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB-UPC). Aquest PFC va permetre a l'autor accedir a desenvolupar la seva tasca professional des del Centre per a la Sostenibilitat de la UPC (CITIES) actual Institut de Sostenibilitat (IS.UPC), com a tècnic responsable d'edificació sostenible (de 2005 a 2009) i com a coordinador tècnic del Programa UPCO₂ de reducció d'emissions de CO₂ a la universitat (de 2006 a 2009). Aquesta tasca professional s'ha centrat prioritàriament, en la gestió i interpretació de la informació energètica i en la intervenció en reducció d'emissions de CO₂ del parc existent de la UPC.

En aquest context l'autor va iniciar l'any 2007 el Màster de Sostenibilitat. Aquesta coincidència temporal, compaginant el treball professional en reducció d'emissions i les assignatures del Màster de Sostenibilitat, ha fet que la influència entre totes dues tasques, acadèmica i

¹ Cuchí, A. Comentari de classe d'Arquitectura i Sostenibilitat.

professional, hagi estat freqüent i intensa. Bona part dels treballs presentats en les diferents assignatures del Màster s'han convertit en un exercici sistemàtic de cerca de connexions entre les diferents perspectives rebudes a classe sobre teoria de la Sostenibilitat (edificació sostenible, ecologia política, sistèmica i complexitat, organitzacions sostenibles,...) i el treball diari en avaluació de la monitorització energètica i en la intervenció sobre l'estalvi en edificació existent.

Aquesta Tesina Fi de Màster vol ser una síntesi de bona part del coneixement adquirit en una sortosa i prou llarga coincidència temporal entre un aprenentatge provinent de la formació universitària, i l'experiència en la intervenció sobre la realitat (en aquest cas, també universitària).

1.2. L'edificació en el marc de la sostenibilitat

1.2.1. L'impacte ambiental de l'edificació

El sector de l'edificació té una responsabilitat inqüestionable en la insostenibilitat del planeta. En conjunt, "la construcció consumeix el 50% dels recursos naturals i el 40% de l'energia; al seu torn, genera el 50% dels residus i un terç de les emissions de CO₂" (Solanes, 2009). El ritme de consum de recursos i de generació de residus que l'actual sistema tècnic industrial produeix en cicles oberts, esgota la capacitat d'extracció de recursos i genera greus problemes ambientals en retornar inadequadament residus al medi. Un model insostenible, participat intensament pel sector de l'edificació, amb un recorregut limitat en el temps i actualment en crisi socialment reconeguda.

1.2.2. La crisi energètica i el canvi climàtic

Aquesta crisi del model econòmic i industrial basat en els cicles oberts de materials (crisi de recursos i de residus) s'expressa de forma evident a través de dos indicadors ambientals: la crisi energètica i el canvi climàtic. De tota manera "(...) *ambdós fenòmens són en realitat un de sol: el model energètic exosomàtic de les nostres societats industrialitzades i tecnificades*" (Gómez, 2009). Són les dos cares de la mateixa moneda.

Es per això que sovint s'ha utilitzat per a la mesura de l'impacte ambiental de l'activitat d'un sector (el de l'edificació, per exemple) l'energia consumida en els seus processos. Perquè, com explica Cuchí "*és un factor que està implicat en qualsevol tipus d'activitat/ perquè energia vol dir treball, modificació de l'entorn, impacte/ la nostra societat en fa un ús intensiu/ l'ús de l'energia comercial porta associats un seguit d'impactes ambientals reconeguts*" (Cuchí, 1999). De fet, el 45 % de l'energia global consumida en els països desenvolupats s'utilitza per a la calefacció, la llum i la ventilació dels edificis, i també per a la construcció i el manteniment dels edificis².

D'altra banda, més del 85% del consum energètic mundial³ està associat a la crema de combustibles fòssils, amb la conseqüent emissió de CO₂ a l'atmosfera que contribueix a

² Dades de *Rough guide to sustainability*. Londres: RIBA Publications.

³ U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Review* 2009.

l'escalfament global. “Com que moltes formes d'energia ens arriben com a resultat de transformacions prèvies, com ara l'energia elèctrica provinent de centrals tèrmiques, i que cada procés demana una combinació pròpia de formes d'energia” (Cuchí, 1999), ha estat freqüent avaluar l'impacte ambiental dels edificis en forma d'emissions de CO₂ a l'atmosfera⁴.

És atenent a aquesta doble vessant de l'impacte ambiental de l'energia (com a recurs i com a residu) que en el present treball s'ha escollit les emissions de CO₂ com a unitat de mesura⁵ per a l'avaluació de les estratègies de sostenibilitat en el sector de l'edificació.

1.2.3. La distribució de les emissions de CO₂ en l'edificació

Pel què fa a com es reparteixen les emissions de CO₂ associades al sector de l'edificació “les principals emissions (...) són, d'una banda, les associades a la fabricació dels materials de construcció, amb valors pròxims als 500 kg CO₂/m₂ construït a Espanya; i, de l'altra, les associades al condicionament i els serveis dels quals disposen els edificis durant el seu ús (il·luminació, climatització, aigua calenta, coccio, aparells elèctrics, etc.). En aquest cas, els valors anuals oscil·len segons el tipus d'edifici entre els 30 kg CO₂/m₂ (en habitatges) i els 170 kg CO₂/m₂ (edificis d'ús terciari)” (Pagès, 2009b).

En el cas del consum d'energia d'un edifici del sector terciari, considerant tot el seu cicle de vida, “cal destacar **el pes que té la fase d'ús i explotació de l'edifici**, que (...) en termes d'energia se situa al voltant del **70% del consum total**” (López, 2009).

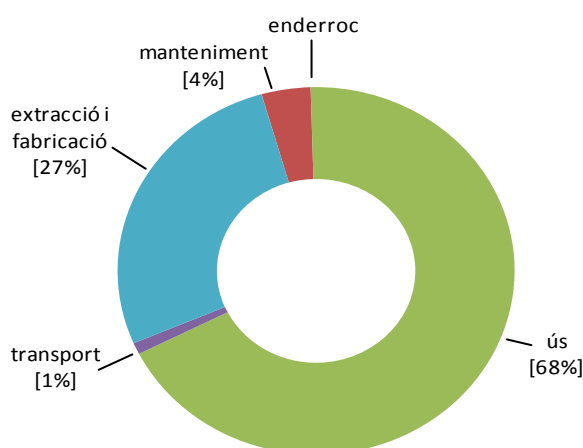


Fig. 1.1 Consum d'energia d'un edifici terciari tipus al llarg del seu cicle de vida. **Font: (López, 2009)**

1.2.4. L'edificació i les polítiques contra el canvi climàtic

La consciència sobre els riscos de l'escalfament global han arribat a la política internacional a través, entre altres, dels diferents informes i les conclusions del conegut Grup d'Experts

⁴ “Hi ha altres indicadors de sostenibilitat propis de l'economia ecològica, com són la biocapacitat, l'anàlisi del cicle de vida (ACV), la petjada ecològica, la motxilla ecològica, el deute ecològic i altres, (...).” Castro, C. *Ecología y desarrollo humano sostenible*. Universidad de Valladolid. Valladolid, 2004

⁵ Reconeixent de partida, que l'avaluació de l'impacte ambiental d'un procés mitjançant les emissions de CO₂ associades és reduccionista.

Intergovernamental sobre Canvi Climàtic (IPCC) impulsat per Nacions Unides⁶. Les advertències dels científics sobre l'increment continuat de la temperatura terrestre i les greus conseqüències que l'alteració del clima està provocant sobre la Terra i les formes de vida que l'habiten, han tingut el seu reflex en la legislació internacional en forma d'acord i de compromisos a nivell mundial per a la limitació de l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH). Acords presos a cimera mundials com la celebrada a Rio de Janeiro el 1992 i compromisos vinculant com el Protocol de Kyoto el 2007 (o com els del malaurat Protocol de Copenhaguen de 2009) han generat mecanismes de restricció de les emissions de GEH dels països firmants amb efectes sobre tots els sectors relacionats amb el consum energètic.

L'impacte d'aquestes polítiques d'internalització dels costos ambientals per la limitació en l'emissió de residus (en aquest cas de GEH) es previsible que tingui efectes molt més contundents sobre l'economia mundial del que ho hagi pogut fer fins ara, a mesura que es facin evidents els efectes del canvi climàtic i els costos econòmics de la no intervenció sobre les causes que el generen⁷. En aquest sentit, els grans sectors consumidors d'energia com l'edificació es veuran molt condicionats. Tal com posa de manifest Cuchí "Reducir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a un 20% de les emissions de l'any 2000 (fins a fer-la equivalent a la capacitat dels embornals naturals per absorbir-la), (...) és un repte d'una magnitud enorme. Però ineludible. (...) L'edificació constitueix un sector determinant en la lluita contra el canvi climàtic. (...) Un sector que resultarà fortament pressionat per les polítiques de lluita davant el canvi climàtic, (...) extremadament transformat per aquest procés, i que en conseqüència, ha de tenir una estratègia que li permeti adequar-s'hi amb el màxim d'eficiència en l'ús dels recursos invertits en fer-ho." (Cuchí, 2009a).

1.3. Plantejament de la tesina

La present tesina pretén realitzar un treball exploratori molt iniciàtic, que aporti una mínima orientació original al disseny de la recerca de futures estratègies de reducció d'emissions de CO₂ en edificació.

Per aconseguir aquest objectiu s'ha estructurat la tesina en diferents capítols: Justificació (i Estat de l'Art), Hipòtesi i Objectius, Marc teòric, Metodologia, Resultats (i discussió) i Conclusions. L'estructura és molt similar a la de la Tesi doctoral, amb la voluntat de ser útil a l'autor també com a etapa preparatòria a la recerca, tot i que òbviament, la profunditat i la complexitat dels seus apartats resulta molt menor i molt menys ambiciosa del que requeriria.

En el cas de la metodologia, s'ha volgut experimentar amb la pràctica del cas d'estudi com a *experiment real*, i les entrevistes, com una aproximació a les metodologies de recerca qualitativa per a la formació d'una mínima idea sobre les estratègies existents en el nostre entorn en reducció de CO₂. Encara que fos mínimament, s'ha volgut explorar també amb el disseny i l'aplicació sobre la realitat de noves metodologies d'intervenció sobre el consum energètic dels

⁶ A la web de la *Secretaria de la Convenció sobre el Canvi Climàtic de les Nacions Unides*, s'hi pot trobar els documents relacionats amb el tema. http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php

⁷ Informe Stern: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

edificis, des de l'enfocament adequat al plantejament de la hipòtesi. Una hipòtesi que pot semblar "provocadora" però que pretén per sobre de tot, obrir l'àmbit de recerca a noves maneres de percebre els edificis des d'una perspectiva ampla. Noves visions que ens puguin ajudar a comprendre com actuar de forma efectiva sobre la reducció d'emissions del sector de l'edificació.

2. JUSTIFICACIÓ:

2.1. Estratègies de transició

És necessari, com s'explicita en el capítol anterior, dissenyar noves estratègies particularitzades per al sector que li permetin adaptar-se a la forta restricció d'emissions de CO₂, i fer-ho, "amb el màxim d'eficiència" que requereix l'actual situació d'urgència.

El terme *estratègia*, definit per l'IEC⁸ com a "l'art de coordinar les accions i de maniobrar per tal d'aconseguir una finalitat", especialment quan està vinculat a processos d'adaptació, a canvi profunds i complexos com els propis de la sostenibilitat, requereix ser dissenyada com a "procés de transició". És a dir, no només **establir l'objectiu final de canvi**, sinó també **dissenyant la trajectòria d'enllaç**, la seqüència ordenada de passos des del punt de partida i fins a l'objectiu final, **tenint en compte el context present i el futur**.

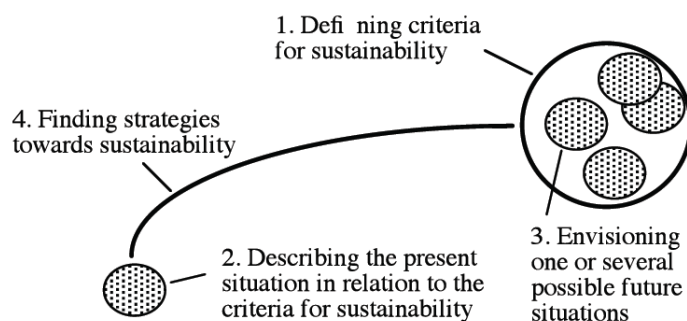


Fig. 2.1 *The steps in Strategic Planning for Sustainability* (Homlberg, 1998).

2.2. El context actual i futur

2.2.1. Crisi econòmica mundial

Des de mitjans del 2008, el context econòmic a l'Estat espanyol i a la resta del món ha canviat radicalment. Una economia globalitzada amb un model depenent del creixement econòmic exponencial, va iniciar la seva davallada el 2004 a partir de la contracció del crèdit i l'augment sobtat dels tipus d'interès als EEUU, i el conseqüent esclat el 2005 de la bombolla immobiliària nord-americana⁹. El 2006 l'impacte d'una crisi "aparentment" sectorial i restringida als EEUU, es va traslladar a la Borsa i posteriorment el 2007, als mercats financers internacionals, convertint-se en una crisi mundial qualificada per alguns com "la pitjor crisi des de la segona guerra mundial"¹⁰.

⁸ Definició extreta del *Diccionari de la llengua catalán*, DIEC2. IEC, Institut d'Estudis Catalans.

⁹ Extret de Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_econ%C3%B3mica_de_2008-2010

¹⁰ Notícia publicada el 15/05/2010 en la versió digital de diari "El País".
www.elpais.com/Esm/articulo/economia/Trichet/asegura/estamos/crisis/dramatica/I/Guerra/Mundial/elpepueco/20100515elpepueco_1/Tes

2.2.2. Crisi econòmica a Espanya

Els darrers anys l'economia espanyola havia mantingut un creixement continuat, atenent als variació dels valors del Producte Interior Brut (PIB), que li havien permès fins a mitjans 2007 mantenir-se en valors propers al 4% anual, per sobre de la resta de la resta de països de la UE¹¹. A partir d'aquest moment, el PIB va iniciar una caiguda continuada fins a principis de 2009, produint-se un període que economistes anomenen de *recessió econòmica*.

A partir de mitjans del 2009 el PIB de les economies europees va tornar créixer fins un 2%, encara que a Espanya ho va fer de forma més lenta i sense arribar a valors positius.

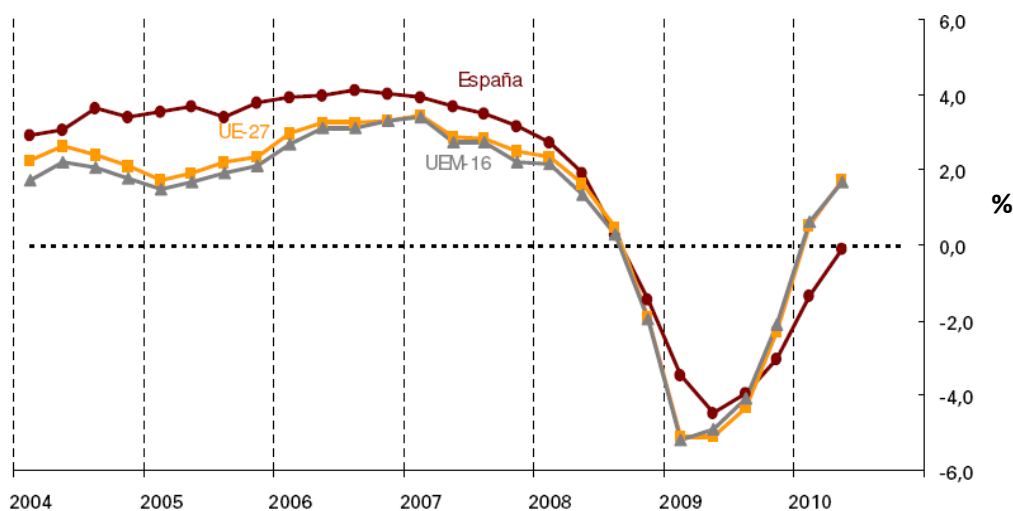


Fig. 2.2 Evolució de la taxa interanual del PIB a Espanya, la UE (mitjana dels 27 països) i dels països de la Eurozona (16 països). **Font:** INE

Les principals conseqüències negatives d'aquesta crisi econòmica a Espanya ha estat el fort creixement de l'atur (fins arribar al 20%¹² el 2010), l'augment del dèficit públic (11,4% del PIB el 2009)¹³ i la contracció del crèdit bancari¹⁴.

¹¹ INE, Institut Nacional d'Estadística. <http://www.ine.es/prensa/cntr0210.pdf>

¹² INE, Institut Nacional d'Estadística. <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4211/epa0210.pdf>

¹³ Notícia publicada el 03/02/2010 a la versió digital del diari *Avui*.
http://www.avui.cat/cat/notices/2010/02/el_govern_espanyol_calcula_que_el_deficit_public_d_aquest_any_siguí_del_9_8_del_pib_86614.php

¹⁴ Notícia publicada el 01/07/2010 en la versió digital de diari "El País"
http://www.elpais.com/articulo/economia/bancos/muestran/fuertes/BCE/le/piden/previsto/elpepieco/20100701elpepieco_10/Tes

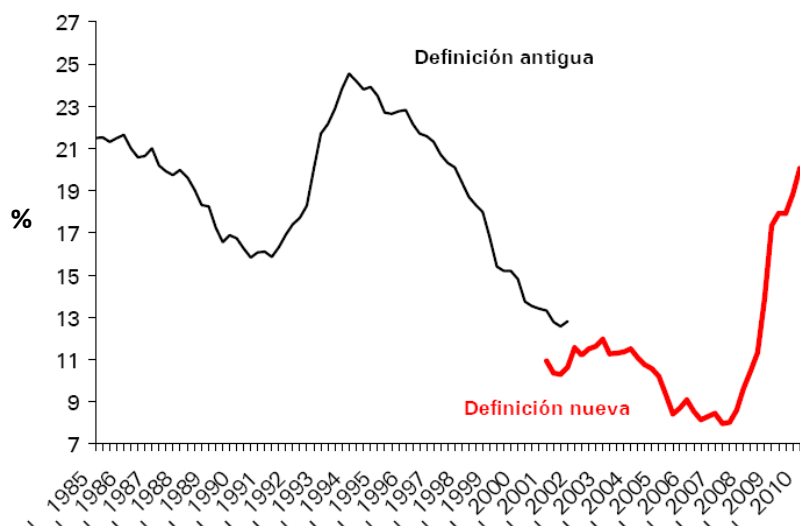


Fig.2.3 Evolució de la taxa d'atur en % a Espanya. Font INE

D'altra banda però, el decreixement de l'economia espanyola s'ha produït paral·lelament a la millora d'altres indicadors, com els associats amb l'impacte ambiental. No és però, un fenomen estrany o casual, com comenta Rueda (2010) "Un major consum de recursos es tradueix en un increment proporcional dels indicadors macroeconòmics, entre altres, del PIB. (...) Avui, el creixement econòmic i el desenvolupament volen dir, sobretot, créixer en consum, en consum de recursos"¹⁵

En el cas de l'energia primària per exemple, "va disminuir el 2009 un 8,2%. El major descens dels últims cinquanta anys" i les emissions de CO₂ van reduir en un 23,8% respecte el 2007. Una disminució del consum d'energia i de les emissions de CO₂ el 2008 i 2009 associada "principalment, a la crisi econòmica" (CCOO, 2010).

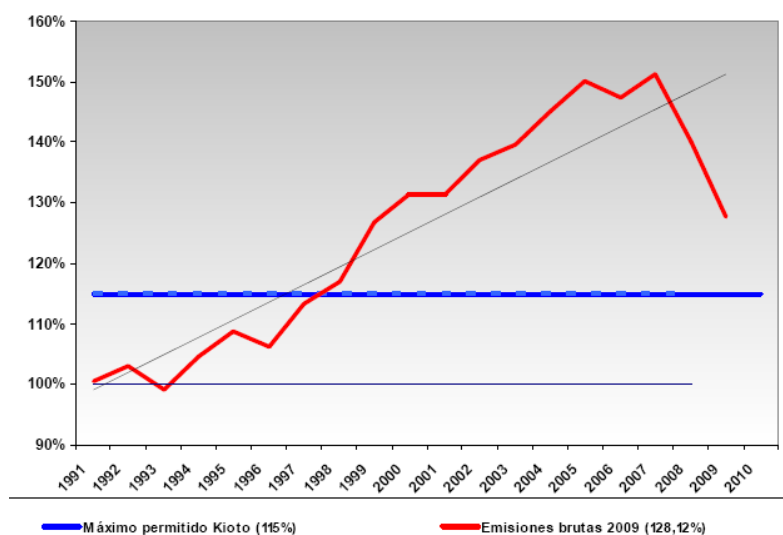


Fig.2.4 Evolució de les emissions de gasos defecte hivernacle (GEH) a Espanya en CO₂ equivalent

¹⁵ Rueda, S. *Un nuevo urbanismo para una ciudad más sostenible*. Barcelona: Agencia d'Ecologia Urbana. <http://www.bcnecologia.net/documentos/Ecobarrios.pdf>

(1990-2009). **Font: CCOO**

Amb aquestes dades, Espanya s'apropa "sorprenentment" al compliment dels acords signats en el Protocol de Kyoto. L'Estat espanyol es va comprometre a limitar l'augment d'emissions de CO₂ per al període 2008-2012 a un 37% respecte les emeses el 1990 (15% més un 22% amb mesures compensatòries). Actualment, en el període 2008-2009, l'augment mitjà és del 35,3% (CCOO, 2010).

2.2.3. Crisi del sector de l'edificació a Espanya

La crisi econòmica mundial es va iniciar precisament amb la caiguda del sector immobiliari als EEUU, estenent-se a la resta de l'economia internacional, però afectant principalment el sector de l'edificació. Un sector, en que Espanya havia basat el seu creixement econòmic i amb el qual havia aconseguit mantenir de forma sostinguda el PIB per sobre del 3%. Un PIB clarament dependent de l'edificació que, segons l' *Instituto Nacional de Estadística (INE)* va passar de representar l'11,7% el 1996, al 17,9% el 2007¹⁶. El 2009, en plena crisi econòmica, aquest percentatge va tornar a baixar fins al 10,3%, però encara representava quasi el doble de la mitjana europea (5,8%).

Altres indicadors exemplifiquen també la particular incidència de la crisi sobre el sector de l'edificació a Espanya, com la caiguda sobtada del nombre d'habitatges i d'edificis construïts (veure fig.2.5) que en només dos anys, ha suposat la tornada a valors similars als de deu anys enrere.

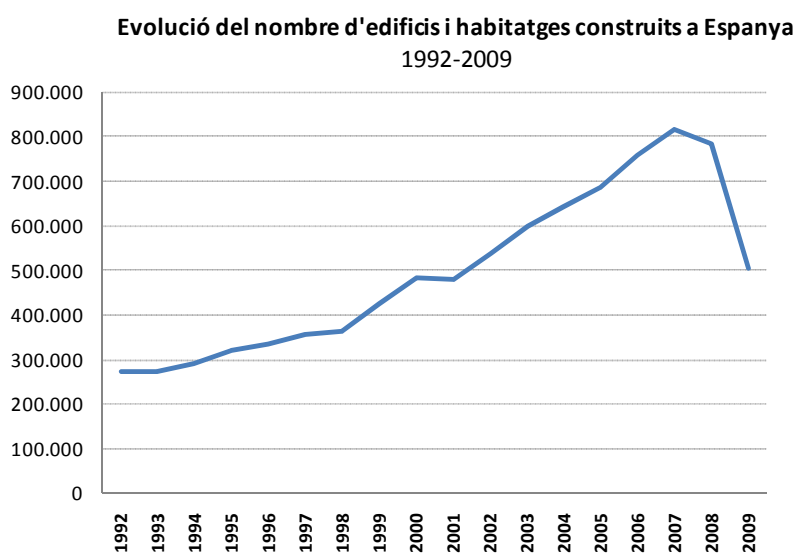


Fig.2.5 Evolució del total d'edificis i habitatges construïts a Espanya. **Font INE**

Un dels efectes de la contracció ràpida de l'activitat del sector és el conseqüent augment de l'atur, passant d'una taxa del 6,0% el 2006, al 26,2% el 2009. Un atur que ha afectat a tots els

¹⁶ Institut Nacional d'Estadística, INE. (26 de Agost de 2010). *web INE*. Recuperat el 28 de Agost de 2010, de <http://www.ine.es/prensa/cntr0210.pdf>

treballadors de l'edificació, fins i tot aquells professionals amb més qualificació (arquitectes i arquitectes tècnics)¹⁷ on l'atur era quasi inexistent els darrers anys.

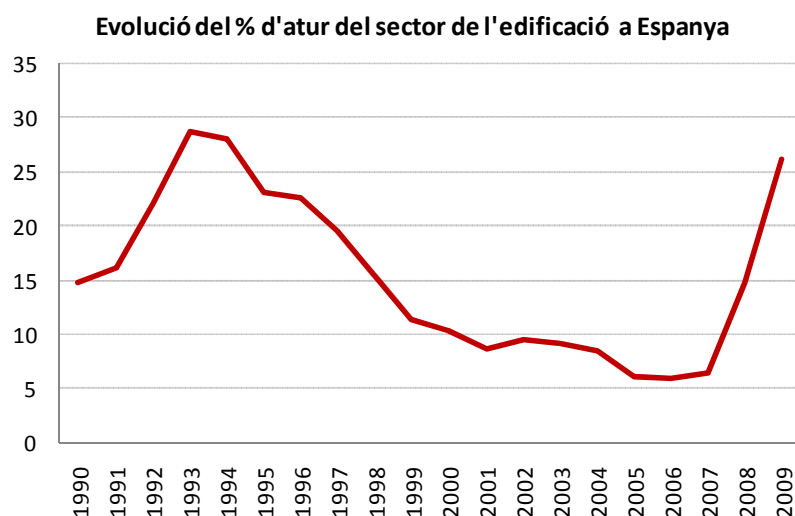


Fig.2.6 Evolució del percentatge d'atur del sector de l'edificació a Espanya (1990-2009) . Font INE

Pel què fa la possible “recuperació” del creixement econòmic que es podria interpretar de les últimes dades de tímid augment del PIB Espanya i a la resta d'Europa (fig.2.2), cal tenir en compte que, en qualsevol cas, “una vegada es recuperi l'activitat econòmica en l'àmbit mundial, es produirà un increment notable dels preus dels combustibles fòssils”¹⁸. Un augment de preu que dificultarà l'accés a l'energia (eminentment fòssil) i que limitarà de nou el creixement econòmic, basat, precisament, en la facilitat per accedir al seu consum intensiu.

En tot cas, no sembla que el recent augment del PIB espanyol pugui ser atribuïble al renaixement del sector de l'edificació, sector que tradicionalment havia impulsat l'economia a Espanya. Un sector doncs, especialment paralytitzat per la crisi, amb perspectives de recuperació incertes i probablement a llarg termini.

2.3. Necessitat d'una recerca innovadora

2.3.1. Solucions adaptades al context actual i futur

És en aquest context de crisi econòmica, però també ambiental i social, que s'emmarca el desenvolupament d'aquesta *tesina*. Un context de crisi que es caracteritza, com hem vist, per haver provocat canvis profunds i molt recents. Un context ple d'incertesa però alhora, determinant per al sector de l'edificació. En aquest sentit, qualsevol estudi o proposta

¹⁷ La Vanguardia. (8 de Agost de 2010).

www.lavanguardia.es/ciudadanos/noticias/20100808/53978918587/las-profesiones-en-destruccion-oracle-inem.html

¹⁸ Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015, revisió 2009.

http://www20.gencat.cat/docs/icaen/08_Institut/Documents/pecat0615_rev2009.pdf

d'intervenció en la reducció de les emissions de CO₂ del sector ha de tenir en compte, forçosament, la incidència del context econòmic actual i futur.

Com a exemple, el fet que la crisi financera hagi generat una manca de líquidesa del sistema bancari ha comportat, a la pràctica, la reducció dràstica de la capacitat de finançament de la inversió tant de les administracions, com de les empreses, com dels particulars¹⁹. Inversions que poden estar vinculades a estratègies de reducció del consum d'energia i d'emissions del sector, com les relacionades amb l'impuls de la nova edificació de baix consum, de la rehabilitació del parc existents, o de la implantació de les energies renovables en edificis.

D'altra banda, la crisi econòmica també ha generat la necessitat urgent (d'administracions, empreses i famílies) de reduir els seus costos econòmics. Costos com els relacionats amb el consum energètic, que probablement augmentaran els propers anys amb el més que probable increment del preu de l'energia. Paral·lelament, la constatació dels efectes del canvi climàtic i l'aplicació real de nous acords com els que s'estan plantejant en la limitació de les emissions de CO₂²⁰, poden fer créixer l'interès tant per l'estalvi energètic com per la reducció de les emissions de CO₂.

És en aquest context de crisi econòmica i ambiental, amb condicions especialment severes per a l'edificació a Espanya, que s'ha d'emmarcar qualsevol estudi sobre *estratègies de transició en reducció de les emissions de CO₂* del sector. El canvi radical en els condicionants econòmics obliga a una revisió de l'efectivitat real de les estratègies utilitzades fins ara (nascudes èpoques de bonança) i a la viabilitat de les estratègies futures que suportin un context restrictiu.

2.3.2. Solucions adaptades al context territorial

Altres factors, no econòmics, també s'han de tenir en compte en el disseny d'estratègies de reducció d'emissions. Com destaca en les seves conclusions finals l'informe de 2009 del Programa UNEP sobre edificació i canvi climàtic: "*Recognizing the different conditions, in terms of climate, culture, tradition, economic systems, availability of materials, and so on, which apply to the Building Sector in different countries, it is obvious that there can be no universal solution or recommendation that can be given for reducing greenhouse gas emissions from buildings*" (UNEP SBCI, 2009).

En aquest sentit, **l'estudi d'estratègies d'intervenció ha de tenir en compte aquells factors associats al territori que incideixen en el consum energètic final**, i que dificulten la importació directe de les conclusions extretes d'estudis i experiències llunyanes. Factors no només relacionats amb la climatologia o amb la tipologia arquitectònica de cada lloc, sinó també aspectes culturals i de comportament, propis de cada territori i de cada moment històric, que incideixen de forma determinant en els hàbits de consum en general, i per tant, també en el consum energètic dels edificis (Lazzarini, 2009).

¹⁹ ABC. (10 de Agost de 2010). www.abc.es. Recuperat el 30 de Agost de 2010, de www.abc.es/20100809/economia/credito-fluye-potencias-europa-20100809.html

²⁰ El Consell Europeu va aprovar el desembre de 2008 un compromís de reducció de les emissions de GEH en un 20% (respecte el 1990) per a l'any 2020. http://ec.europa.eu/climateaction/index_es.htm

2.3.3. Solucions eficaces i no només eficients

L'objectiu final de la sostenibilitat exigeix la reducció del consum real de recursos naturals i la disminució de residus per tancar els cicles materials. En la situació actual d'urgència pels riscos ambientals com el canvi climàtic o la crisi energètica, aquesta necessitat és encara més punyent i, en conseqüència, no cal d'aspirar només a reduir les emissions de CO₂ sobre la tendència o respecte a valors relatius (eco-eficiència)²¹ sinó en termes absoluts i sobre el consum real.

Tot i la utilitat que en certes condicions poden tenir les d'estratègies de millora de l'eficiència energètica en els edificis, en el treball present el focus es centra en la cerca de l'estalvi d'energia en termes absoluts (no relatius), sobre el consum real (no teòric), del consum global (no parcial). Es busca, en resum, aconseguir no només l'eficiència sinó també l'eficàcia en el consum de recursos en els edificis²².

2.3.4. Oportunitat del context espanyol:

L'especificitat de la crisi múltiple que afecta l'economia espanyola i el sector de l'edificació en particular (crisi immobiliària, crisi econòmica, crisi energètica, crisi ambiental) es pot considerar un escenari poc propici per a l'impuls d'estratègies de reducció de les emissions de CO₂. Però també es pot interpretar a l'inrevés: més que un inconvenient, aquest context pot ser una oportunitat per aprendre a treballar sobre la realitat en condicions restrictives.

L'estrangulament de capacitat de finançament de les inversions en estalvi energètic, la reducció dràstica de les ajudes públiques a les energies renovables i a l'eficiència energètica, les dificultats per a la implantació de la nova edificació de baix consum o de la rehabilitació de l'edificació existent, ens situen un escenari "conceptualment" molt interessant: un escenari extremadament exigent, tant en l'eficiència en els recursos invertits com en l'eficàcia en els resultats aconseguits, fet que no permetrà seguir desenvolupant amb comoditat estratègies precedents (nascudes en contextos de bonança) si aquestes no són eficaces i eficients, i que potser ens obligaran a cercar noves estratègies, alternatives i innovadores, lligades fins i tot, a canvis radicals de concepte.

2.3.5. Conclusió de la justificació:

Un context com l'actual sense ajudes externes, amb el mínim finançament, amb escassa capacitat d'inversió, però alhora, amb una creixent necessitat d'estalvi degut a l'augment del cost de l'energia i la previsible internalització de costos de les emissions de CO₂, és el context adequat per a testar, per a sotmetre a "proves d'estrès energètic" noves estratègies en transició cap a la sostenibilitat en l'edificació. **Un escenari en tot cas, molt allunyat del context de bonança precedent, i segurament, més semblant al que ens trobarem en el futur.**

²¹Martínez-Alier, J. (1995). *El ecologismo de los pobres*. Icaria Editorial.

²² "Malgrat l'increment del 30% de l'eficiència dels recursos, el consum mundial de recursos s'ha ampliat un 50% en els darrers 30 anys". Christopher Flavin, President del Worldwatch Institute. 2010 State of the World. www.worldwatch.org

2.4. Estat de l'Art

2.4.1. Introducció a l'Estat de l'Art

Atenent a les limitacions de partida d'un treball exploratori com el present i a la necessitat d'adaptar les estratègies en reducció de CO₂ al context temporal i territorial (apartat 2.3.1 i 2.3.2) la cerca d'informació sobre l'Estat de l'Art s'ha centrat sobretot en estudis i experiències properes al territori català i espanyol (tot i incloure també referències més llunyanes).

D'altra banda, la tant recent crisi econòmica i la particular incidència sobre l'evolució del sector de l'edificació a Espanya, dificulta la cerca d'estudis o intervencions en reducció del consum d'energia en edificis que tinguin en compte els condicionants del canvi de context i la particular incidència d'aquest canvi en el nostre territori.

2.4.2. Estratègies d'intervenció en reducció de CO₂ en els edificis

2.4.2.1. El Pla de l'energia de Catalunya, 2006-2015

En la recent revisió feta l'any 2009 del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015²³, document que si que contempla la incidència de la crisi econòmica actual, es descriuen les opcions estratègiques que es proposen com a base per a la nova política energètica catalana. D'aquestes opcions estratègiques, en destaquem les següents:

1. *De gestionar l'oferta a gestionar la demanda: l'estalvi i l'eficiència energètica com a element estratègic clau per a garantir un sistema energètic sostenible per a Catalunya.*
2. *Les energies renovables com a opció estratègica de futur per a Catalunya.*
4. *Consolidar el sector de l'energia com a oportunitat de creixement econòmic i de creació de feina qualificada.*
5. *Accelerar el foment de l'R+D+i de noves tecnologies en l'àmbit energètic.*
6. *La informació sobre l'energia com a eina imprescindible per a implicar la societat catalana en el procés de transició cap al nou model energètic.*
11. *Cap a una reducció del consum energètic en l'edificació.*
12. *L'actuació decidida de la Generalitat de Catalunya i les altres administracions públiques catalanes envers el nou model energètic com a element d'exemplaritat i de dinamització.*
14. *La nova política energètica catalana com a element clau en la contribució de Catalunya a mitigar el canvi climàtic.*

Les opcions estratègiques que planteja el Pla de l'energia de Catalunya (des d'ara PEC-2015) estan orientades a tot el model energètic català, però hem volgut destacar les vuit anteriors perquè creiem que tenen una relació (directe o indirecte) amb les estratègies a seguir en el sector de l'edificació.

²³ Departament d'Economia i Finances, Generalitat de Catalunya. (2009). *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015, revisió 2009*. Obtingut de [:http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia_mines/energia/pla_energia/index.html](http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia_mines/energia/pla_energia/index.html)

En tot cas, el PEC-2015 dedica l'opció estratègica 11 únicament al sector, destacant que “en l'àmbit de l'edificació s'ha d'assegurar tant l'aplicació de criteris de disseny que afavoreixin una **millor eficiència energètica dels nous edificis a construir** com el desenvolupament de mesures per **millorar el comportament energètic dels edificis existents**, tenint present també la **minimització del contingut energètic de la seva construcció**”.

2.4.2.2. La normativa a Europa i Espanya

El PEC-2015 s'ha elaborat en concordança amb els Plans, acords i Directrius Europees contra canvi climàtic. D'aquestes iniciatives, les que incideixen sobre la reducció de les emissions dels sectors difusos (com l'edificació) són responsabilitat de cada Estat i es concreten en normatives. Entre aquestes cal destacar *l'estratègia d'estalvi i eficiència energètica (E4) 2004-2012*, en que “s'avaluen els potencials de millora de l'eficiència energètica per sectors (...) i es proposen mesures de reducció dels consum mitjançant canvis tecnològics i de consum” (Pagès, 2009a).

Aquestes mesures es concreten en el Pla d'acció de l'E4 2005-2007(PAE4) i en posterior Pla d'acció de l'E4 2008-2012(PAE4+)²⁴. Aquest segon és una continuïtat del primer però és més exigent, en incorporar esforços addicionals per complir el Protocol de Kyoto, especialment en els sectors difusos. Les mesures amb influència sobre el sector de l'edificació “tenen cabuda en els desenvolupaments requerits per a la transposició de la Directiva 2002/91/CE²⁵ d'Eficiència Energètica en els Edificis”²⁶. Una directiva d'aplicació, principalment, **sobre el parc d'edificis nous**, i que a Espanya s'ha transposat mitjançant les mesures normatives com les següents:

- El *Código Técnico de la Edificación* (CTE)
- El *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios* (RITE)
- La *Certificación Energética de Edificios*.

De forma molt resumida, l'objectiu del **CTE** és “limitar la demanda energètica, millorar el rendiment de les instal·lacions i produir un mínim d'energia solar (ACS i fotovoltaica)” en nous edificis i grans rehabilitacions. El **RITE** “regula els requisits mínims d'eficiència energètica que han de complir tant els edificis nous com els existents pel què fa a les instal·lacions tèrmiques”. I la **Certificació Energètica** dels edificis “pretén instaurar un procediment que permeti, mitjançant uns indicadors sobre el grau de consum energètic d'un edifici, capacitar al consumidor per poder escollir (...) entre productes/edificis amb major o menor impacte ambiental”(Solanes, 2009). Aquesta certificació energètica és actualment obligatòria només per a edificis nous i grans rehabilitacions.

El PAE4+ d'altra banda, també aposta per mesures per a la intervenció **sobre el parc d'edificis existent**, que es concreten en les següents mesures:

¹⁵ Document del *Plan de Acción 2008-2012* de la E4.

<http://www.mityc.es/es-es/documentacion/documinteres/plan20082012.pdf>

²⁵ Directiva sobre eficiència energètica en edificis aprovada pel Parlament Europeu.

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_es.htm

1. **Rehabilitació de l'envoltant tèrmica dels edificis existents** (a partir de les exigències mínimes desenvolupades al CTE, amb incidència sobre el 3% del parc edificat).
2. **Millora de l'eficiència energètica de les instal·lacions tèrmiques existents** (a través del RITE, que incorpora la inspecció periòdica d'equips del 20% del parc d'instal·lacions tèrmiques existents).
3. **Millora de l'eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació interior existents** (a partir de les exigències mínimes desenvolupades al CTE, amb una incidència sobre el 30% de la superfície il·luminada del sector terciari).
4. **Promoure la construcció de nous edificis i la rehabilitació d'existents amb alta qualificació energètica** (es proposa que el 17% de la superfície construïda sigui d'alta qualificació energètica, classe A o B).
5. **Revisió de les exigències energètiques de la normativa edificatòria** (augmentant les exigències del CTE per a nous edificis o que es rehabilitin, a més de proposar, com estableix la *Directiva 2002/91/CE* un procediment bàsic de certificació energètica d'edificis existents).

2.4.2.3. La normativa a Catalunya

A l'àmbit pròpiament català, el 2006 es va publicar el *Decret d'ecoeficiència*²⁷, un instrument legal “per regular l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència al edificis de Catalunya, relacionats amb quatre conceptes bàsics: energia, aigua, sistemes constructius i residus. Cada apartat suggereix actuacions a portar a terme i es puntuen en funció de la seva importància i del grau de compliment del paràmetre respecte d'una actuació estàndard”. Es requereix arribar a un mínim de puntuació, suma de l'obtinguda en cada apartat, per poder complir amb el Decret.

2.4.2.4. Industrialització del sector

Varis professionals del sector del nostre país han optat des de fa temps per la industrialització com a estratègia per a la sostenibilitat de la nova edificació. Entre ells els arquitectes Pich-Aguilera (2009) o Solanes (2009). Aquest últim destaca “la virtut de la industrialització de l'edificació per la seva incidència múltiple en els tres aspectes de la sostenibilitat: en el social, augmentant la seguretat del treball; en l'ambiental, reduint el consum de materials i residus; i en l'econòmic, reduint temps d'execució i, per tant, costos”.

2.4.2.5. Gestió energètica d'edificis

²⁷ Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, DOGC. <http://www.gencat.cat/diari/4574/06033084.htm>

En el PEC-2015 s'esmenta, dintre de l'opció estratègica de reducció del consum energètic en l'edificació, que "s'ha d'avançar en el desenvolupament de sistemes de gestió integral dels edificis, que facilitin les tasques de gestió i de manteniment, tot racionalitzant-ne la seva despesa energètica, i que alhora promoguin un ús eficient de les instal·lacions limitant i controlant les actuacions manuals que tendeixen a un ús ineficient de les instal·lacions".

Mata (2009) posa com l'exemple un cas d'optimització de la gestió d'un edifici existent (concretament, la gestió de la calefacció a l'Escola Tècnica d'Arquitectura del Vallès, ETSAV-UPC)²⁸ per mostrar que és possible aconseguir estalvis reals i significatius (fins al 40% de reducció del consum de gas) sense modificar l'envoltant ni l'eficiència energètica de les instal·lacions. Les mesures realitzades afectaven únicament la utilització de l'edifici (l'ús dels seus espais i la programació de la seva ocupació) i la gestió del sistema de calefacció, mitjançant un protocol d'encesa i apagada del sistema.

2.4.2.6. Externalització de la Gestió energètica:

Partint novament del PEC-2015, aquest també considera que "(...) és clau impulsar polítiques públiques que incentivin el desenvolupament i regulin el funcionament de les Empreses de Serveis Energètics (ESE)²⁹. Els serveis integrats energètics de les ESE, que ofereixen desenvolupament, instal·lació i finançament de projectes de millora de l'eficiència energètica, han demostrat ser un instrument molt eficaç per reduir la despesa energètica i controlar i millorar la qualitat i el funcionament de les instal·lacions energètiques a llarg termini".

L'aposta per l'externalització de la gestió energètica de l'edifici, cedint-la temporalment a una empresa especialitzada (que "viu" de compartir els estalvis generats per l'augment de l'eficiència i la òptimització de la gestió energètica) és una aposta originària dels anys EEUU que des dels anys 70 s'ha anat estenent a molts altres països occidentals amb cert èxit, però no en el cas d'Espanya, on només ha aconseguit implantar-se comptades ocasions.

2.4.2.7. Informació energètica i canvi de comportament

En el PEC-2015 també proposa, en el sentit de la racionalització de la gestió energètica "(...) la utilització de les tecnologies de la informació i la comunicació (Telemesura, Telegestió, etc.), incloent-hi sistemes d'informació energètica que mostrin als consumidors els seus comportaments i consums energètics". De forma complementària, tot i que en un apartat genèric i no específic per a l'edificació, en el PEC-2015 es denuncià la manca de seguiment i valoració dels resultats que s'obtenen en l'aplicació de mesures d'estalvi energètic i proposa "De forma general, per a tot tipus d'empresa industrial o de serveis, (...) aconseguir un canvi de cultura introduint la tecnologia i l'hàbit de la monitorització i control, en particular el del consum d'energia, fent bona l'afirmació que la primera mesura d'estalvi és ser conscient del que es gasta".

La influència del comportament dels consumidors en consum d'energia i en la gestió de eficient dels edificis ha estat àmpliament reconeguda pels experts. Florensa (1986), professor de

²⁸ En l'apartat 5.3.2 del Capítol 5 l'experiència a l'ETSAV forma part d'un dels dos casos d'estudi.

²⁹ En anglès *ESCO*, acrònim de "Energy service company".
http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_service_company

l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB-UPC) expressava en la darrera frase del darrer capítol d'un llibre sobre auditories energètiques que "(...) en tot cas, sigui quina sigui la política adoptada, és bàsic informar l'usuari sobre els comportaments adequats, les conseqüències de les desviacions i sobre la importància de l'actuació dels usuaris en el procés de racionalització del consum."

En aquest mateixa línia, la utilització de la informació energètica aplicada a l'edificació és explorat per en B.Lazzarini en el seu Projecte de Tesi (Lazzarini, 2009b) en que proposa la introducció de les tecnologies TIC per a la monitorització de l'energia en habitatges, com a estratègia per incidir en el canvi de cultura i de comportament dels consumidors.

D'altra banda, també voldríem destacar, entre les moltes iniciatives existents que cerquen el canvi de comportament dels usuaris respecte al consum energètic, tres que pertanyen al programa IEE (*Intelligent Energy Europe*):

A. IDAE: "Cambiando los hábitos de consumo energético"³⁰.

Aquest document creat per l'*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* forma part del projecte BEHAVE, cofinançat per la Comissió Europea a través del programa IEE. En aquest projecte, que inclou 41 experiències realitzades a tot Europa, s'efectua una avaluació dels resultats aconseguits i es combinen amb models teòrics sobre canvi de comportament. Les conclusions obtingudes ofereixen una visió general de les millors pràctiques i genera noves directrius per a l'adopció de polítiques exitoses dirigida als consumidors.

B. *Energy Trophy*³¹

Es tracta d'una competició de caràcter europeu que pretén aconseguir estalvis mitjançant únicament el canvi de comportament dels treballadors d'edificis d'oficines. En la primera edició de 2004/2005, amb la participació de més de 38 empreses i institucions de 6 països, es van aconseguir estalvis efectius d'un 7% de mitjana, i una reducció de 1.885 tones de CO₂.

C. *Euronet 50/50*³²

Aquest és un projecte que té com a objectiu l'estalvi d'energia a les escoles de tot Europa i com a mínim 50 (9 de la província de Barcelona per iniciativa de la Diputació de Barcelona) ja han aplicat la metodologia del 50/50. Nascuda a Alemanya la metodologia és basa en que que el 50% d'estalvi d'energia obtingut a l'escola, tornar al centre com a transferències econòmica, mentre que l'altre 50% es per a qui paga el sumministrament (normalment els ajuntaments). Amb aquesta estratègia l'escola obté un incentiu per estalviar energia i els

³⁰ IDAE:

http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10457_BEHAVE_09_bbf93f25.pdf

³¹ Energy Trophy: http://ieea.erba.hu/ieea/page/Page.jsp?op=project_detail&prid=1545

³² Euronet 50/50: <http://www.euronet50-50.eu/>, <http://www.diba.es/mediambient/euronet.asp>

ajuntaments redueixen els seus costos energètics, alhora que es redueix l'impacte ambiental de l'edifici.

2.4.2.8. Simulació energètica, comportament i gestió d'edificis

En els tres apartats anteriors s'han exposat per separat diverses estratègies de racionalització del consum, com la gestió de l'edifici (de les instal·lacions i de l'ocupació d'espais), l'ús de la informació energètica i el canvi de cultura i comportament dels usuaris. Aquestes diferents estratègies conviuen i s'interrelacionen, en més o menys grau, en la realitat de la gestió energètica d'edificis (Telegestió, telemesura, gestió i comunicació de la informació, canvi de comportament, etc.).

En l'intent per controlar i poder gestionar de forma òptima el consum energètic real dels edificis, existeixen línies de recerca que no només tenen en compte aquells factors més o menys difícils de parametritzar (la transmissió tèrmica, l'eficiència dels sistemes, les infiltracions, el perfil d'ocupació, etc.) sinó també aquelles variables més complexes i que tenen a veure amb el comportament dels usuaris.

Per a poder realitzar aquesta tasca es requereix de la utilització d'eines de simulació energètica molt sofisticades, sovint basades en la tecnologia de la intel·ligència artificial, que en funció de la interrelació de tot tipus de variables (de tipus climàtic, de perfil d'ocupació, de condicions ambientals, etc.) realitzen la gestió automatitzada de les instal·lacions (o domotització) per tal de garantir les condicions d'habitabilitat requerides amb el mínim de consum energètic.

En aquest sentit, el doctorant UPC Pascual (2008) explora en el seu Projecte de Tesi les possibilitats de la simulació energètica per a l'optimització del disseny d'edificis de baixa consum energètic, incloent la influència del comportament dels seus futurs usuaris. "El fet de simular diferents escenaris (...), ha de permetre conèixer les interrelacions entre l'ús i la gestió dels edificis i el disseny d'aquests en relació amb el consum energètic dels edificis".

2.4.2.9. Preu de l'energia i el comportament dels usuaris

Una darrera estratègia és la d'augmentar el preu de l'energia amb la imposició de taxes que gravin el seu consum. En el nostre entorn existeix una estratègia similar de l'any 2000³³ però només aplicada al consum d'aigua tant domèstic com industrial (el conegut com a *cànon de l'aigua*) que estableix trams de consum en funció del tipus d'usuari, i que penalitza els consums desproporcionats.

En un recent informe del programa UNEP SBCI³⁴ es recullen algunes experiències realitzades als EEUU sobre imposició de taxes sobre el consum energètic o sobre la aplicació de deduccions a l'estalvi, conclouent que "*Taxes have a number of advantages: they directly affect*

³³ Web de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA)

http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1215654461208200963197

³⁴ *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers*. Sustainable Buildings and Climate initiative, 2009. www.unep.fr/scp

the whole life-cycle of buildings and can reinforce the impact of other instruments such as standards and subsidies, or make energy efficiency investments more profitably. Energy or CO₂ taxes are also a useful means to raise finances for other energy efficiency programs (...)”.

Que l'estratègia més eficaç per aconseguir la millora del comportament dels usuaris en el consum d'energia passa per augmentar el seu preu, és un convenciment força comú entre experts i no experts en estalvi energètic. En aquest sentit, en el mateix informe de la UNEP SBCI s'afirma que *“On the whole, however, price is a major influencing factor in how individuals use (and save) energy”*.

2.4.3. Conclusió de l'Estat de l'Art

Amb aquest subcapítol sobre l'Estat de l'Art, hem volgut aportar una mínima visió de les diferents estratègies que sobre estalvi d'energia i emissions de CO₂ en l'edificació ofereix el nostre entorn proper. Partint del marc del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015, hem volgut descriure les diferents tipologies d'estratègia existents, tant les focalitzades en la nova edificació com les dirigides al parc existent, tant les provinents de la normativa vigent, com les que són fruit de la recerca o d'experiències sobre la realitat.

Aquesta mínima visió ens ha de permetre poder triar quines d'aquestes estratègies i en quin ordre de prioritització s'han d'impulsar per ser útils per a la construcció d'un procés de transició real cap a la reducció de les emissions de CO₂ del sector de l'edificació. Això és, que suporti el context actual i futur de crisi ambiental, social i econòmica.

3. HIPÒTESI I OBJECTIUS

3.1. Introducció a la hipòtesi i als objectius

Després d'explorar les estratègies existents en reducció d'emissions de CO₂ en el capítol anterior, en el present capítol es determina l'objectiu general de la *tesina* i els diferents objectius específics. Tant per a la definició dels objectius específics com de l'objectiu general es pren com a punt de partida *una hipòtesi que permeti definir l'estratègia de transició en reducció d'emissions de CO₂ per al sector de l'edificació*.

La *proposta d'hipòtesi* neix de la necessitat d'aportar un *enfocament innovador* a la recerca en reducció d'emissions en l'edificació. Aquesta necessitat sorgeix de la pròpia experiència professional i acadèmica de l'autor i de l'exploració de l'estat de l'art sobre el tema. En tot cas, més que una innovació en forma d'estratègia original, la voluntat d'aquesta *tesina* és aportar una combinació equilibrada d'estratègies existents, i sobretot, un canvi radical en la percepció de l'objecte d'estudi: l'edifici.

3.2. Hipòtesi

3.2.1. Proposta d'hipòtesi:

Des d'una perspectiva orgànica, l'edifici és un sistema viu (“edifici viu”).

És des d'aquesta perspectiva que es proposa plantejar les estratègies de transició en reducció d'emissions, per assolir-ne la màxima efectivitat.

3.2.2. Una perspectiva orgànica vs la visió mecanicista

La hipòtesi plantejada proposa per tant, un canvi d'enfocament radical del concepte d'edifici, l'aproximació des d'una perspectiva orgànica al nostre objecte d'estudi, allunyada de la tradicional perspectiva tècnica centrada en la component inert de l'edifici. Una perspectiva en que *el consum energètic i les emissions de CO₂ es consideren part del seu procés metabòlic*³⁵ (com a “edifici-viu”) formant part de l'intercanvi de fluxos de matèria i energia produïts (recursos i residus) entre el sistema viu i l'ecosistema que l'envolta.

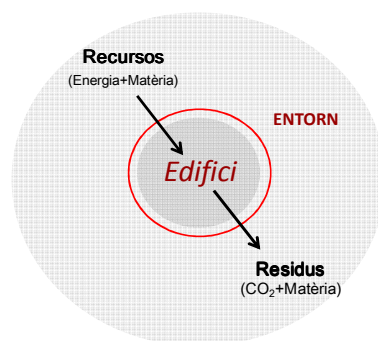


Fig. 3.1 Esquema representatiu de la perspectiva metabòlica d'un edifici. **Font:** elaboració pròpia

³⁵ “Metabolism is the set of chemical reactions that happen in living organisms to maintain life”.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Metabolism>

La utilització d'una metàfora, en aquest cas “l'edifici viu”, no és inhabitual quan es tracta d'explicar quelcom des d'un nou enfocament: “*Often, the vision remains unclear as long as we try to explain it, but suddenly comes into focus when we find the right metaphor*”(Capra, 2002).

Precisament un dels exponents més destacats del Moviment Modern en l'arquitectura, *Le Corbusier*, va utilitzar una metàfora per reivindicar una nova concepció de l'habitatge: “*Le Corbusier va anomenar la nova casa com a la machine à habiter/màquina d'habitar, en un rotund desig d'emfatitzar la necessitat de fer-la partícip de la revolució industrial. (...) L'Arquitectura havia de preparar-se per donar mort a l'artesania obrint pas a la racionalització, la industrialització i la prefabricació*” (Cassinello, 2008).

Aquesta percepció proposada per *Le Corbusier* a principis del s.XX, no només ha estat utilitzada per ell i no només com a metàfora amb una funció merament figurativa, sinó que es tracta d'una perspectiva força comuna, utilitzada de forma implícita i potser inconscient per molts especialistes en eficiència energètica d'edificis. López, per exemple, en la seva tesi doctoral pren com a punt de partida la fórmula per determinar el consum energètic d'una màquina, com a base per determinar el consum d'energia d'un edifici (López, 2006).

$$CE = D * \eta * Ge$$

- CE = Consum d'energia
- D = Demanda energètica (Edifici, clima, ús)
- η = Rendiment mitjà de les instal·lacions
- Ge = Factor de gestió
- * = Operadors a definir

3.2.3. Redefinició de l'objecte d'estudi

El elements que conformen un edifici (l'envoltant³⁶, els sistemes o instal·lacions, els usuaris), enteses des de la perspectiva de “l'edifici viu”, es proposa agrupar-les ara en dos grans components: *la interfície i la comunitat viva*. Components que, conjuntament i de forma indissociable, conformen el que entendrem per “edifici viu”.

- Interfície³⁷:

“Membrana artificial”, inerta, que no metabolitza, formada pels sistemes i per l'envoltant de l'edifici. Superfície protectora, permeable, que limitat la comunitat viva de l'ecosistema que l'envolta.

- Comunitat viva³⁸:

³⁶ “*Se entiende por envolvente térmica del edificio, (...), la que se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) (...)*”. Plan de Acción 2008-2012. Ministerio de Industria, turismo y comercio. <http://www.mityc.es/es-es/documentacion/documinteres/plan20082012.pdf>

³⁷ 1 l f. [LC] Superfície limitadora compartida per dos sistemes. *Diccionari de la Llengua Catalana*, d'Institut d'Estudis Catalans (IEC).

Conjunt de persones que habiten un edifici, origen del seu comportament metabòlic, que es serveixen de la seva interfície com a mitjà per intercanviar recursos i residus amb el medi.

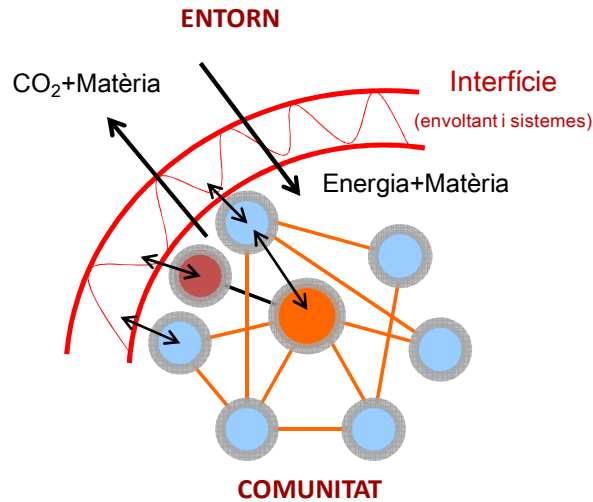


Fig. 3.2 Esquema de les components d'un edifici des d'una perspectiva orgànica.

Font: elaboració pròpia.

Finalment, dintre d'aquest exercici reinterpretatiu des d'una perspectiva orgànica, el terme *estratègia* utilitzat fins ara en el sentit de l'“Art de coordinar les accions i de maniobrar per tal d'aconseguir una finalitat”, pot derivar en una definició diferent del terme, proposada també des de l'IEC, més ajustada al nou enfocament: “Manera com un organisme respon a les característiques del medi en què viu”.³⁹

3.3. Objectiu general

Formular una proposta de bases per a la recerca en la transició cap una reducció de les emissions de CO₂ en els edificis, des de la seva perspectiva com a “edificis vius”.

Amb la proposta d'hipòtesi i dels objectius, generals i específics, com també amb els altres apartats d'aquesta treball (Estat de l'Art, el marc teòric, metodologia, casos d'estudi,...) es pretén fer una primera aproximació, una aportació exploratòria sobre la reducció d'emissions en el sector de l'edificació que pugui servir com a base per a la recerca posterior. Recerca que sense dubte, requerirà d'un treball molt més profund, extens i complex, allunyat de l'abast d'aquesta *tesina*.

³⁸ Terme utilitzat per Fritjof Capra per referir-se a una “comunitat sostenible” a *Ecology and Community*. (Capra, 1994)

³⁹ *Diccionari de la Llengua Catalana*, d'Institut d'Estudis Catalans (IEC).

3.4. Objectius específics

Es plantegen sis objectius específics: els tres primers tenen relació amb les estratègies existents i futures en reducció d'emissions en els edificis, i els tres darrers amb la hipòtesi de partida i amb estratègies de reducció derivades d'aquesta. La consecució dels objectius específics ha de permetre complir amb l'objectiu general proposat, que alhora, ha de ser el punt de partida per a una posterior recerca.

1. Explorar l'efectivitat d'estratègies en reducció del consum d'energia en edificis implantades en el context econòmic precedent.
2. Identificar barreres existents per a la reducció real del consum d'energia en edificis.
3. Identificar possibles estratègies per a la reducció del consum energètic en edificis en el context econòmic actual i futur.
4. Identificar marcs teòrics adequats per a la hipòtesi plantejada.
5. Analitzar la perspectiva d'experts en relació a la hipòtesi plantejada.
6. Analitzar l'efectivitat de la implantació d'una estratègia basada en la hipòtesi plantejada, a partir de casos d'estudi coneguts.

3.5. Abast

3.5.1. Introducció a l'Abast de la *tesina*

El sector de l'edificació és un sector difús en que les seves emissions de CO₂ associades estan repartides de forma atomitzada en cadascun dels edificis existents, fet que dificulta especialment la intervenció efectiva sobre la seva reducció. Segons dades del Ministeri d'Indústria "L'any 2005, el 85% de la superfície construïda estava formada per habitatges i el 15% restant per edificis destinats a altres usos principalment administratiu i comercial".⁴⁰ En aquest sentit Pagès destaca que la política de reducció d'emissions de CO₂ per al compliment del Protocol de Kyoto per als sectors difusos té "(...) una implementació costosa i resultats poc immediats (...)" (Pagès, 2009b).

3.5.2. Reducció d'emissions de CO₂ en edificis públics existents

Tenint en compte la dispersió existent de les emissions associades al parc edificat a Espanya, i amb la intenció de seguir utilitzant l'estratègia de la "transició" per intentar superar la dificultat d'intervenció, es proposa acotar l'àmbit d'estudi a *la reducció d'emissions de CO₂ en edificis públics existents*.

Es tracta en primer lloc, d'optimitzar els esforços i prioritzar l'estudi sobre la reducció de les emissions a edificis mitjans o grans (com majoria dels edificis públics) encara bona part del

⁴⁰ Document del *Plan de Acción 2008-2012* de la estratègia d'estalvi i eficiència energètica E4.
<http://www.mityc.es/es-es/documentacion/documinteres/plan20082012.pdf>

consum d'energia resti associat a l'habitatge (un 60% del consum final del sector⁴¹ a Espanya). La dificultat per treballar sobre múltiples "propietaris" i "gestors energètics" dificulta molt la implantació d'estratègies d'intervenció i la reducció significativa de les emissions.

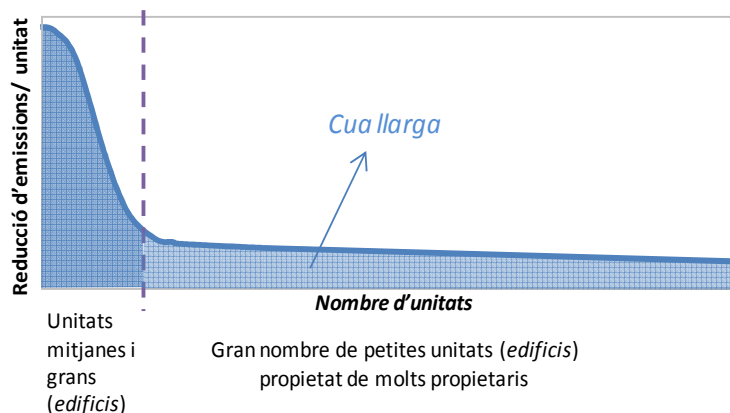


Fig. 3.3 Distribució en forma de *cua llarga* de l'estalvi d'emissions per edifici en el sector de l'edificació. **Font: UNEP SBCI (2009).**

En segon lloc, els edificis públics són molt concorreguts, amb una ocupació intensiva i amb renovació d'usuaris molt elevada. L'impacte de les accions en reducció d'emissions implantades en edificis públics és molt més gran, no només per l'estalvi aconseguit per unitat, sinó també des del punt de vista de la comunicació i la conscienciació dels usuaris.

En tercer lloc, els edificis públics desenvolupen un rol exemplificat (positiu o negatiu) en molt àmbits, particularment pel què fa al consum energètic (amb un cost assumit pel conjunt dels ciutadans) i com a impulsors de les polítiques de lluita contra el canvi climàtic en el sector. En aquest mateix sentit, s'expressa una directiva del Parlament europeu, que destaca el fet que "el sector públic ha de (...) servir com a exemple en l'àmbit de l'eficiència energètica en els edificis, i per això els plans nacionals [de reducció d'emissions de CO₂] han de fixar objectius més ambiciosos per als edificis ocupats per autoritats públiques"⁴².

Finalment, l'estudi d'estratègies d'intervenció es focalitza en la reducció d'emissions associades al consum del parc existent, és a dir, les associades a la seva energia d'ús. En el context actual de crisi econòmica i del sector de l'edificació, amb una aturada dràstica de l'execució de nova edificació (fig.2.5) no sembla raonable insistir en una estratègia centrada en una part del sector minoritari.

De tota manera, cal tenir en compte que la nova edificació mai ha estat el sector clau per a la reducció d'emissions de CO₂ en l'edificació. En el cas de l'habitatge i tal com explica Torres

⁴¹ Document del *Plan de Acción 2008-2012* de la estratègia d'estalvi i eficiència energètica E4. <http://www.mityc.es/es-es/documentacion/documinteres/plan20082012.pdf>

⁴² *Posición del Consejo en primera lectura con vistas a la adopción de una DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la eficiencia energética de los edificios (versión refundida)- Adoptada por el Consejo el 14 de abril de 2010.*

“Suposant que es mantingués aquest ritme de construcció [80.000 habitatges l’any el 2007 a Catalunya] i que tots els habitatges nous fossin un model des del punt de vista de la sostenibilitat, caldrien 40 anys perquè l’habitatge sostenible assolís un pes del 50 % del parc immobiliari. (...) La rehabilitació de l’existent ha de formar part de totes les travesses. **Altrament, ens mouríem en un terreny il·lusori: creure que fem molt per la sostenibilitat quan, en realitat, hi tenim una repercussió marginal**” (Torres, 2009)

4. MARC TEÒRIC

4.1. Introducció al Marc Teòric

El plantejament de la hipòtesi, amb la consideració de les emissions de CO₂ com a part del comportament metabòlic del “l’edifici viu”, requereix de l’exploració de marcs teòrics diversos, alguns allunyats i altres més propers a l’enfocament tècnico-científic tradicional de l’edificació.

El capítol s’estructura en dos apartats: en el primer s’exploren marcs teòrics que es puguin adaptar al canvi de naturalesa de l’objecte (considerat des d’una perspectiva orgànica com a “edifici viu”); i en un segon apartat, s’exploren aquelles relacionades pròpiament amb el seu comportament metabòlic (consum d’energia i emissions de CO₂).

La cerca de marcs teòrics diversos adequats a nous plantejaments, és freqüent en l’àmbit de la sostenibilitat. Tal com explica Solanes “Avui ens movem entre algunes certeses i moltes incerteses. Potser sigui a causa d’una hiperespecialització en les disciplines que estudien el nostre món. (...) Entrem en el temps d’experimentar i d’investigar, d’estudiar i de debatre (...) temps, doncs, per a la imaginació i la innovació (...). Cal integrar dualitats que són complementàries i no excloents i superar els bloqueigs culturals que moltes vegades condicionen la creativitat (Solanes, 2009).

4.2. La perspectiva orgànica de l’edifici

4.2.1. La ciutat com a ecosistema

La consideració de la ciutat com a *quasi-organisme* ha estat un paral·lelisme utilitzat sovint per a l’estudi de la sostenibilitat urbana. El concepte d’“Urban metabolism” per exemple, va servir a autors com Wolman per descriure el consum de recursos i la generació de residus de les ciutats com a analogia dels processos metabòlics propis dels organismes vius (Wolman, 1965).

També des de l’ecologia urbana, autors com Rueda argumenten que “(...) un sistema s’entén format per elements i interaccions que posen en relació uns elements amb altres. Quan un sistema compta amb organismes vius s’anomena *ecosistema*. En el cas que ens ocupa al sistema l’anomenarem “ciutat”, i donat que el principal component de la ciutat és l’home (un organisme viu), queda clar que els *sistemes urbans són un ecosistema* (Rueda, 1997a)

4.2.2. Estratègies sobre el metabolisme urbà

En relació al seu comportament metabòlic i partint d’un enfocament orgànic, Rueda descriu les ciutats com a “(...) sistemes oberts, (...) sistemes que depenen d’una alimentació material, energètica (subsistema dissipatiu) i d’*informació* externa per mantenir la seva estructura i supervivència. Com tots els sistemes oberts, la ciutat té la capacitat d’aprofitar, seleccionar i processar la *informació* de l’entorn evolucionant cap a estadis més *complexes* (subsistema *autoorganitzatiu*)” (Rueda, 1997a).

Des de les consideracions anteriors, comencen a prendre forma estratègies d’intervenció sobre el metabolisme urbà característiques dels ecosistemes. En aquest sentit Carulla, referint-se als sistemes urbans, afirma que “Se sap que els sistemes *complexos*, oberts, que minimitzen els

intercanvis amb l'entorn, que presenten un alt contingut d'*informació*, una alta diversitat d'elements que *es troben molt ben interconnectats en circuits i xarxes estables*, presenten una estabilitat dinàmica i *exporten poca entropia o desordre a l'entorn* per la qual cosa hi produeixen menys incertesa. Contràriament, els sistemes menys *organitzats* presenten àmplies fluctuacions en els seus estats interns a causa d'una *limitada capacitat d'anticipació i d'adaptació als canvis* generats per canvis del seu entorn" (Carulla, 2009).

Apareixen doncs, conceptes com els de: *complexitat, informació, xarxes, interconnexió, autoorganització*...relacionats amb el metabolisme urbà i la sostenibilitat de les ciutats.

4.2.3. L'edifici com a ecosistema

Atenent a la definició proposada a la hipòtesi, realitzada des d'una perspectiva orgànica (Cap.3, apartat 2), l'edifici presenta un fort paral·lelisme amb la interpretació de la ciutat com a ecosistema:

Els edificis consumeixen recursos, materials i energia, i generen residus per obtenir i mantenir les condicions d'habitabilitat requerides per la comunitat. Alhora, els edificis són part fonamental dels sistemes urbans, i per tant, també essencials en el seu comportament metabòlic. Aleshores, per què no considerar els edificis com a ecosistemes?

Com explica Rueda (1997b), "el camp de la Teoria de Sistemes abarca qualsevol realitat coneguda, des de l'entorn fins a l'univers, passant per la molècula, la cèl·lula, l'organisme, el bosc i la ciutat(...) La majoria de les fraccions d'un sistema que es poden estudiar com a ecosistemes són també parts d'altres ecosistemes majors i, al mateix temps, *contenen parts més petites que es poden estudiar com a ecosistemes*. (...) L'home, les seves màquines, les seves xarxes de comunicació i monetàries són part del ecosistema i formen part, també, dels seus diagrames energètics i d'informació".

Els edificis estan formats una interfície o "membrana artificial" a través de la qual la comunitat viva (que els habita) es relaciona amb el seu entorn mitjançant l'intercanvi de fluxos materials i d'energia, per aconseguir mantenir les condicions d'*habitabilitat* necessàries. La comunitat de l'edifici, a la vegada, està constituïda per un conjunt d'individus, sovint d'una mateixa organització, que conformen una xarxa social amb múltiples interconnexions per on flueix informació. A la vegada, la comunitat està connectada amb la seva interfície a través de "punts de comandament" o *connectors* que li permeten accedir a la gestió de la seva interfície, optimitzant les possibilitats adaptatives dels sistemes i de l'envoltant davant els canvis de l'entorn.

4.2.4. Referències a l'edifici com a organisme viu

L'analogia de l'edifici com a *organisme viu* ha estat utilitzada també per diversos autors per treballar sobre la sostenibilitat de l'edificació. Rueda, en un text que es titula precisament "Edificis que semblin arbres" (Rueda, 2010) argumenta que "Els edificis a la ciutat tenen un rol semblant als arbres en un bosc. S'analitzen els edificis i el seu entorn amb la finalitat d'establir un model intencional per aplicar a l'arquitectura que tingui en compte, no només els aspectes vinculats al bioclimatisme, sinó altres fonamentals per redefinir de manera coherent l'*ecologia* de l'edifici".

En tot cas, és habitual⁴³ que la concepció de l'edifici com a sistema-viu estigui més relacionada amb la interfície de l'edifici que no pas amb la comunitat que l'habita. Sovint la utilització d'aquesta analogia serveix per destacar la necessitat de dissenyar edificis amb un cert "comportament vital" que disposin d'una interfície "orgànica" amb capacitat d'interactuar i adaptar-se als canvis de l'entorn. Des dels components que conformen l'envoltant (construïts amb materials orgànics, reciclats, reutilitzats o amb materials que "canvien de comportament" en funció de canvis exteriors, ...) passant per estratègies de gestió passiva i activa de l'envoltant i de les instal·lacions, fins a sistemes de captació més o menys sofisticats d'energia i d'aigua del medi.

En el present treball, la consideració de l'edifici com a sistema viu (com a "edifici viu") fa referència als edificis "tal com són" i en cap cas, una expressió de com voldríem que fossin. Es tracta doncs, d'una proposta d'interpretació de la realitat, d'una aproximació als edificis i al fenomen del seu consum de recursos i generació de residus que en faciliti la seva comprensió.

En aquest sentit, en la proposta de percepció dels "edificis vius" la que es considera com a "component viva" és la comunitat de persones que l'habiten, origen del seu comportament metabòlic. La interfície, formada per materials i mecanismes "no pot estar viva", no metabolitza per ella mateixa, només té la funció facilitar una millor relació de la "part viva" de l'edifici i l'ecosistema que l'envolta.

4.2.5. Les comunitats sostenibles

Un cop definit l'edifici com a ecosistema i considerant la comunitat com a origen del seu comportament metabòlic, pot ser interessant en l'estudi d'estratègies d'intervenció en reducció d'emissions de CO₂ en l'edificació, desviar el focus d'atenció tradicionalment situat sobre la interfície, per centrar-lo sobre la comunitat. En aquest sentit Capra argumenta, sense referir-se específicament als edificis, que "en els nostres intents per construir i fomentar comunitats sostenibles podem aprendre lliçons molt valuoses dels ecosistemes, que són les comunitats sostenibles de plantes, animals i microorganismes" (Capra, 1994). Capra utilitza, novament l'analogia de l'ecosistema com a referent per a la sostenibilitat, però en aquest cas, referint-se a les comunitats enteses com a "organitzacions".

Aquest nou referent per al treball sobre el metabolisme dels edificis, es a dir, a partir de la sostenibilitat de les comunitats que els habiten, obre la porta a una aproximació innovadora, més propera a l'àmbit de coneixement de les ciències socials o de l'educació, que no pas a l'àmbit de l'enginyeria i l'arquitectura (tradicionalment centrat en la interfície).

"Les comunitats poden organitzar-se elles mateixes i poden aprendre. De fet, tota comunitat viva és una comunitat que aprèn" (Capra, 1994). A diferència dels materials i dels mecanismes de la interfície, les comunitats tenen capacitat per aprendre. El que des de l'àrea de coneixement de la teoria de l'organització⁴⁴ s'anomena "aprenentatge organitzacional": "*In strict sense, knowledge is created only by individuals. Organizational knowledge creation, therefore, should be understood as a process that 'organizationally' amplifies the knowledge created by*

⁴³ En els exemples que l'autor ha pogut estudiar durant la elaboració de la *tesina*.

⁴⁴ *Organizational theory*: http://en.wikipedia.org/wiki/Organizational_theory

individuals and crystallizes it as a part of the knowledge network of the organization” (Nonaka & Takeuchi, 1995).

És aquesta capacitat per aprendre, a l’abast només dels sistemes vius, la que permet a les comunitats que habiten els edificis, adaptar el seu comportament metabòlic a la disponibilitat de recursos i a la capacitat d’absorció de residus pel medi. Una disponibilitat, previsiblement restrictiva.

4.3. El comportament metabòlic de l’edifici

4.3.1. Edificació Existent i emissions de CO₂

Des de voluntat per millorar *el metabolisme* del sector edificació, reduint-ne les emissions de CO₂ associades, sembla raonable centrar els esforços en la reducció de les emissions associades al parc edificat. No només per raons de context econòmic (en que la nova edificació té un marginal⁴⁵) sinó perquè per molt eficient que se sigui en l’ús de l’energia, cada nou edifici suposa incorporar més CO₂ al sector degut a les emissions associades a la seva construcció (Pagès, 2009a). En aquest sentit, Pagès proposa tres estratègies de reducció de les emissions en l’edificació:

1. *Rehabilitació del parc edificat millorant contínuament la seva eficiència*
2. *Nova edificació amb tendència a les zero emissions, tant en la construcció com en l’ús.*
3. *Redefinir el concepte d’habitabilitat en relació amb les emissions necessàries per aconseguir-la.*

D’aquestes propostes, cal tenir en compte no només la seva efectivitat a nivell de reducció d’emissions, sinó la seva viabilitat a nivell econòmic, i per tant, el potencial d’efectivitat real sobre la reducció de CO₂. Antenent al context descrit en el capítol 2 , en aquest treball ens centrarem en aquelles estratègies menys “intensives” en la inversió de recursos, focalitzant l’atenció en aquelles que no suposen necessàriament la modificació de la interfície o la seva renovació total (i per tant, tampoc l’aportació de la inversió econòmica associada).

4.3.2. Ús i gestió de l’edifici

En mateix títol de la seva tesi doctoral: “*Sobre el uso y la gestión como factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*” López (2006) ja expressava la importància que atorgava a aquest factor en el consum d’energia en els edificis. En el capítol 5.3.2 es pot veure un cas real d’aplicació d’una estratègia d’intervenció en reducció de CO₂ basada en aquest marc teòric (Mata, 2009), una proposta que s’adapta molt bé al context de crisi econòmica i ambiental actual en no centrar el focus d’atenció en com millorar la interfície, sinó en com fer-la servir de la millor manera possible, amb la modificació mínima de les seves característiques.

4.3.3. L’habitabilitat

⁴⁵ Veure pàgina 32

Algunes línies de recerca recents (Arcas J. i Casals, M) suggereixen la proposta d'estratègia d'intervenció sobre les emissions de CO₂ des de la reinterpretació del concepte d'habitabilitat. En aquest sentit, Arcas (2010) reclama “la necessitat d'aquest **nou concepte d'habitabilitat integral** en la constatació que la majoria d'esforços sostenibilistes, basats en la implementació de solucions tecnològiques que redueixen l'impacte ambiental del nivell d'utilitats actual, obvien que el model de vida ve regulat pel marc de recursos disponibles, i que , per tant, una variació d'aquests (...), altera els propis mecanismes i estructures físiques i socials que suporten la satisfacció de necessitats, esdevenint impossible l'aplicació d'estratègies puntuals o parcials efectives”.

També Casals (2010) parla de l'habitabilitat com a concepte dinàmic, flexible, que al llarg de la història s'ha anat adaptant successivament a la disponibilitat real dels recursos necessaris per satisfer-la. En un més que previsible futur restrictiu en emissions de CO₂ es proposa una estratègia per al sector basada en la reinterpretació de les normatives d'habitabilitat, per ajustar-les als nous temps, facilitant la intervenció conseqüent sobre el parc existent amb una millora substancial de la seva eficàcia.

5. METODOLOGIA

5.1. Introducció a la metodologia

5.1.1. Adequació a la naturalesa de l'objecte d'estudi

A partir del plantejament de la hipòtesi per a la reducció de les emissions de CO₂ en l'edificació (justificada pel canvi de context, amb referència a marcs teòrics adequats, després de descriure l'estat de l'art) aquest capítol sobre *metodologia* vol ser un exercici que ajudi a contrastar la hipòtesi de partida, i que permeti reforçar (o ampliar) els arguments de la seva justificació. Per a la consecució d'aquest objectiu, en el present capítol s'utilitzen dues metodologies diferenciades: *l'entrevista a experts* i *l'estudi de casos*.

Les dues tipologies de metodologia escollides estan clarament condicionades per la pròpia proposta d'hipòtesi: el canvi cap a una percepció de l'edifici com a sistema viu; *el canvi de naturalesa de l'objecte d'estudi* (veure apartat 3.1). En aquest sentit, Albert (2007) argumenta que “el que caracteritza una ciència són dos factors: (...) l'objecte (...) i el mètode. (...) La ciència precisa d'un objecte al qual dirigir l'operació intel·lectual i un mètode (...) amb el que es pretén (...) conèixer l'objecte esmentat. L'objecte és la realitat i el mètode, el camí (...) per conèixer aquesta realitat”. En relació a la metodologia adequada a l'objecte d'estudi, Albert exposa que “quan el científic aborda problemes específics, el mètode general, sense perdre rigor científic, es fa flexible, es modifica i s'adapta a la naturalesa del fenomen objecte d'estudi. **La naturalesa de l'objecte és el que determinarà el mètode de recerca i amb ell, les seves estratègies**”.

5.1.2. Una aproximació socio-tècnica

En el nostre cas, la naturalesa de l'objecte “edifici viu”, formada per la component artificial, inerta (interfície) i la component social, viva (comunitat) condiciona clarament el tipus d'aproximació metodològica, que ja no podrà ser només estrictament tècnica. Es tracta, tal vegada, d'explorar la utilització de la combinació adequada entre l'ús de metodologies pròpies de les ciències humanes, amb d'altres procedents de l'àmbit tecno-científic: *una aproximació socio-tècnica*. Un d'aproximació híbrida (representada en la Fig. 5.1.) que suposa la utilització tant de *l'enfocament quantitatiu*⁴⁶ propi de la recerca de les ciències experimentals, com de *l'enfocament qualitatiu*⁴⁷ més proper a les ciències humanes, en el convenciment que “ambdós enfocaments no només no s'exclouen ni es substitueixen, sinó que utilitzats conjuntament enriqueixen la recerca” (Albert, 2007).

Finalment, cal advertir de la dificultat que comporta el fet d'escollir com a adequada, una metodologia que combina aproximacions freqüentment excloents, sobretot des de l'enfocament quantitatiu, i en bona part, allunyades de l'àmbit de coneixement de l'autor. Tal com destaca Albert “(...) les ciències de la naturalesa [o experimentals] han aconseguit un alt grau

⁴⁶ Fonamentat en el *positivisme*, basat en “la confiança per la observació objectiva, les dades quantificables i les veritats verificables (Albert, 2007).

⁴⁷ Fonamentat en la *fenomenologia*, basada en “la comprensió dels fenòmens. (...) [en] captar les relacions internes (...) indagant en la intencionalitat de les accions sense romandre únicament (...) en la descripció dels fenòmens (Albert, 2007).

d'objectivitat i alguns dels seus principis gaudeixen (...) d'universalitat. (...) La situació de les ciències humanes és diferent (...), el grau d'objectivitat és més baix degut a (...) **la complexitat dels fenòmens humans, a les dificultats (...) de l'experimentació amb subjectes humans i al fet que l'home sigui a la vegada objecte i subjecte de la recerca** (Albert, 2007).

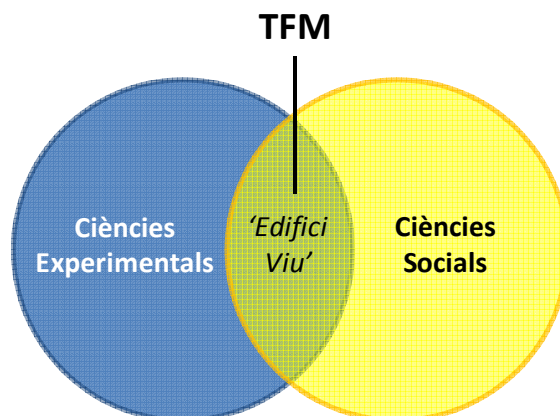


Fig.5.1 Àmbit metodològic del tesina. **Font:** elaboració pròpia

5.2. Entrevistes

5.2.1. Introducció a la metodologia de l'entrevista

potser “la tècnica d’ús més freqüent per obtenir informació de la gent, però només fins fa poc ha estat utilitzada amb finalitats científiques”.

Amb la voluntat d’obtenir o “produir” informació que ens permeti contrastar la hipòtesi plantejada i els arguments de la seva justificació, hem escollit la metodologia de *l’entrevista*. En l’àmbit de la *recerca qualitativa* existeixen dues formes bàsiques d’obtenció de dades: o “es recullen o es produeixen. Quan s’observa el comportament dels demés o el d’un mateix, es recull informació, mentre que quan s’interroga a una o varies persones mitjançant entrevistes o qüestionaris es produeixen noves dades que no existien amb anterioritat”. De fet, l’entrevista és *personal* com la més adequada, ajustant-se tant a la limitació dels recursos disponibles, com a la seva utilitat “com a dispositiu exploratori per ajudar a identificar variables i relacions per suggerir hipòtesis i per guiar altres fases de la recerca” (Albert, 2007).

5.2.2. Entrevista a experts

La obtenció d’informació a través les entrevistes personals té avantatges i inconvenients. Dels inconvenients cal destacar el fet que les dades “produïdes” són sempre fruit d’una visió subjectiva i esbiaixada de la realitat, aportada tant per l’entrevistat com l’entrevistador. D’altra banda com en el cas que ens ocupa, l’entrevista també pot ser una forma molt valuosa d’obtenir informació sobre el passat a partir de l’opinió d’experts en l’àmbit de recerca en qüestió, opinió que en bona part representen una síntesi de la seva experiència: “El desenvolupament de l’entrevista en profunditat es recolza en la idea que l’entrevistat és una persona que dona sentit a la realitat” (Albert, 2007). Alhora, aquest format permet interpel·lar l’entrevistat pel què fa a la

seva visió sobre projeccions de futur, realitzades en base a la seva experiència i al context previsible, informació que d'altra manera no seria possible obtenir.

5.2.3. Tipus d'entrevista

En la present *tesina* s'ha escollit el format *d'entrevista personal, semiestructurada*, amb qüestions del tipus *pregunta oberta* i alguna d'*alternança fixa*. S'ha escollit el format d'entrevista personal respecte altres tipus d'entrevista (via telefònica o a través de qüestionaris en format electrònic) tant per la facilitat de l'*autor-entrevistador*⁴⁸ per poder accedir a experts en edificació i energia pertanyents al territori, com per la qualitat i quantitat d'informació que és possible obtenir amb aquest tipus de format. Les desavantatges d'altra banda, estan relacionades amb la l'elevada inversió de temps requerida (tant de l'entrevistador com de l'entrevistat) i en conseqüència, en la limitació del tamany de la mostra.

Pel què fa a l'estructura, s'ha escollit el tipus d'entrevista *semiestructurada* perquè és el format que permet a l'entrevistador, partint d'un esquema de preguntes preestablert, flexibilitzar-ne l'ordre, intercanviar opinions, aclarir conceptes, i adaptant el format al desenvolupament de cada entrevista. D'aquesta manera és més factible extraure informació valuosa per a l'estudi, però d'altra banda, complica la avaluació posterior dels resultats.

En relació al tipus de preguntes utilitzades, la major part són del tipus *pregunta oberta*. Aquest tipus de pregunta ofereix un marc de referència per a les respostes, però amb una mínima restricció tant en les respostes com en la seva expressió. En un únic cas és planteja una pregunta d'*alternança fixa* (amb resposta del tipus *d'acord o en desacord*) amb la voluntat d'uniformitzar les respostes i facilitar-ne l'anàlisi posterior. La desavantatge en aquest cas, és el fet que, venint d'un seguit de *preguntes obertes*, les del tipus *alternativa fixa* poden generar incomoditat a l'entrevistat.

5.2.4. Etapes de l'entrevista

Les etapes que componen la metodologia de l'entrevista són, en ordre successiu:

1. Preparació o planificació
2. Execució
3. Avaluació

5.2.4.1. Preparació

En l'etapa de preparació s'elabora per part de l'entrevistat, l'esquema que seguirà l'entrevista, tant pel què fa als objectius de la mateixa com a la manera d'aconseguir-ho. Les objectius de l'entrevista en aquest cas, estan molt relacionats amb les preguntes realitzades i amb la seqüència seguida.

Objectiu general de l'entrevista:

Contrastar la hipòtesi i aportar arguments que justifiquin la necessitat del seu plantejament, per a la determinació d'una estratègia eficaç en la reducció d'emissions de CO₂ en l'edificació en el context actual i futur.

⁴⁸ Degut a la seva vinculació tant acadèmica com professional amb la UPC

Objectius específics de l'entrevista:

- a) Justificar l'expertesa entrevistat en estalvi energètic en edificis existents.
- b) Explorar l'eficàcia d'estratègies en reducció del consum energètic en el parc existent, en contextos precedents.
- c) Identificar barreres en la consecució de l'estalvi real d'energia en edificis existents, en contextos precedents.
- d) Identificar possibles estratègies de futur per a l'estalvi d'energia en edificis existents.
- e) Identificar i prioritzar les possibles variables que intervenen en el consum energètic d'un edifici.
- f) Explorar les possibles definicions de l'objecte d'estudi "edifici" des del punt de vista energètic.
- g) Contrastar la proposta d'hipòtesi sobre la perspectiva de l'edifici com a "sistema viu".
- h) Identificar possibles experts a qui fer l'entrevista.

En l'etapa de preparació també es realitza la tria del perfil de l'entrevistat que més s'adeqüi a l'objectiu de l'entrevista. En aquest cas, el perfil buscat és el d'una persona amb experiència i expertesa en reducció del consum d'energia en edificació, especialment de l'àmbit del parc existent proper al territori català.

El requeriment d'un perfil amb *experiència* relacionat amb la trajectòria professional de l'entrevistat, propera a la realitat dels edificis i als resultats d'estalvi reals, és considera important per a l'entrevista ja que pot ajudar a identificar les barreres per a la seva consecució. D'altra banda, un perfil més relacionat amb expertesa acadèmica pot ser interessant d'una banda, perquè pot aportar propostes de visió de futur sobre l'estalvi energètic de forma contextualitzada, i per una altra, perquè pot ser útil per contrastar una proposta de tipus conceptual com la de la hipòtesi. En tot cas, també és interessant disposar d'un perfil "mixta" (acadèmic i professional) de manera que la seva aportació compleixi amb els dos requeriments.

Pel què fa a la formació de l'expert, s'ha escollit majoritàriament un tipus d'entrevistat amb una formació relacionada amb l'arquitectura i l'enginyeria, pel seu reconeixement com a "experts en estalvi energètic en edificació". Tot i això, també s'ha volgut incloure altres perfils d'experts que, havent treballat en estalvi energètic, tinguin una formació propera als "sistemes vius" (biologia i ciències ambientals) amb l'objectiu d'ajudar a contrastar la hipòtesi.

Finalment, destacar el fet que en la tria d'experts també han participat els mateixos entrevistats, en el conegut com a mecanisme de "bola de neu" per a la tria d'entrevistats. En la darrera pregunta de l'entrevista es demana a cada entrevistat "a qui faries aquesta entrevista?" en el convenciment els mateixos experts són els que poden aportar un criteri interessant sobre qui creuen que té expertesa en el seu àmbit de coneixement. A nivell pràctic, també és valuós el fet que un entrevistat suggereixi un altre entrevistat, ja que facilita el tenir-hi accés, i permet generar confiança en algú que pot ser desconegut per l'entrevistador.

Les condicions de l'entrevista:

En l'ús de la metodologia de l'entrevista personal és important que de bon principi, l'entrevistador deixi clar les condicions bàsiques en que es proposa desenvolupar l'entrevista, de manera que l'entrevistat tingui la oportunitat d'oposar-s'hi o de proposar modificacions (que a la vegada, l'entrevistador haurà de valorar si accepta). Les condicions bàsiques són les següents:

- Durada: *1 hora, aproximadament (amb flexibilitat en funció de l'expert).*
- Lloc i moment: *Proposat per l'entrevistat i acordat amb l'entrevistador, dintre del període des del Juny a l'Agost de 2010.*
- Registre: *Gravadora de so digital i apunts a mà.*
- Confidencialitat: *L'entrevistat queda en l'animat i només s'utilitzarà la descripció del seu perfil per categoritzar el tipus d'entrevistat.*

5.2.4.2. Execució

L'estructura de l'entrevista parteix d'un esquema inicial que agrupa tres fases:

- FASE 1: Introducció a l'entrevista.
- FASE 2: Estratègies presents i futures sobre estalvi energètic en edificació existent.
- FASE 3: Perspectiva sobre l'objecte d'estudi "edifici" des del punt de vista energètic.

Fase 1	INTRODUCCIÓ	
1.1	Presentació de l'entrevistador	
1.2	Condicions de l'entrevista	
1.3	Objecte de l'entrevista	
1.4	Breu contextualització	
Fase 2	ESTRATÈGIES D'ESTALVI ENERGÈTIC EN EDIFICACIÓ	Preguntes entrevista
2.1	Determinar la relació de l'expert amb l'estalvi energètic i l'edificació	P-2.1, P-2.2
2.2	Explorar l'eficàcia d'estratègies d'estalvi realitzades en edificació existent	P-2.3, P-2.4, P-2.5, P-2.6, P-2.8, P-2.9, P-2.10
2.3	Identificar barreres a la consecució de l'estalvi energètic real	P-2.7, P-2.11
2.4	Identificar estratègies futures en la reducció del consum real	P-2.12
Fase 3	PERSPECTIVA SOBRE L'OBJECTE D'ESTUDI "EDIFICI" DES DEL PUNT DE VISTA ENERGÈTIC	Preguntes entrevista
3.1	Identificar les variables que incideixen en el consum energètic d'un edifici	P-3.1, P-3.2
3.2	Explorar possibles definicions de l'edifici des del punt de vista de l'energia	P-3.3, P-3.4
3.3	Explorar l'acceptació dels experts de la perspectiva de l'edifici "sistema viu"	P-3.5

Nota: a l'annex 1 es pot consultar el format d'entrevista utilitzat, amb el guió i les preguntes corresponents a cada fase de l'entrevista.

Taula.5.1 Seqüència de fases de l'entrevista. **Font:** elaboració pròpia

5.2.4.3. Avaluació

Aquesta és l'última etapa de l'entrevista, en que l'entrevistador inicia el procés d'interpretació de les dades recollides, la categorització de les respostes i la generació d'un informe de resultats. Aquests informe (veure apartat 6.2) servirà tant a com a base per al posterior anàlisi i interpretació dels resultats, com per a l'apartat de discussió dels mateixos.

5.3. Casos d'estudi

5.3.1. Introducció a la metodologia de l'estudi de casos

L'elecció d'aquest segon tipus de metodologia no respon tant a la necessitat de justificar la hipòtesi des d'un àmbit teòric i reflexiu (com en el cas de les entrevistes) sinó a la necessitat de contrastar els arguments de la hipòtesi utilitzant la intervenció directe sobre la realitat. Un exercici exploratori, inductiu, que no pretén ser en cap cas la “demostració” de la hipòtesi, sinó més aviat una “forma eficaç d'apropar-se a la realitat (...) adequada a l'estudi de fenòmens complexes, caracteritzats per la interacció entre les seves variables (...) adequada l'examen de realitats susceptibles de tractar-se com a *sistemes oberts que interactuen amb el seu entorn*” (Albert, 2007). Si en estudiar les emissions de CO₂ dels edificis partim de la hipòtesi de partida, de la perspectiva dels edificis com a sistemes vius (“edificis vius”) serà necessari fer-ho des de l'aproximació adequada a la seva naturalesa. Com diu Solé (2009) “enfrentada a la complexitat, (...) al comportament de sistemes formats per múltiples elements en interacció, (...) l'aproximació reduccionista falla per complet.”

L'estudi de casos s'ha plantejat doncs, com un exercici exploratori amb dos objectius principals:

- a) Orientar el disseny d'una estratègia efectiva en reducció d'emissions de CO₂ en edificació, des de la perspectiva dels “edificis vius”.
- b) Orientar el disseny de les condicions experimentals necessàries per a validar els resultats de l'aplicació d'estratègies de reducció.

Per a la consecució d'aquests objectius es proposa treballar sobre dos casos d'estudi:

Cas 1. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès (ETSAV-UPC)

Cas 2. Biblioteca Rector Gabriel Ferrater (BRGF-UPC)

En tots dos casos, l'ETSAV i la BRGF, es tracta d'edificis públics universitaris pertanyents a la UPC, que ens els darrers cinc anys han estat vinculats a algun projecte de recerca en estalvi energètic i de reducció d'emissions de CO₂. Projectes que en els dos casos han rebut el suport de l'IS.UPC⁴⁹ i en els que l'autor ha participat activament com part de la seva activitat professional.

Cal diferenciar de partida, el fet que el primer cas de l'ETSAV no va ser un projecte de recerca dissenyat *a priori* per formar part d'aquesta *tesina*, ni va nàixer amb la voluntat de justificar la seva hipòtesi o reforçar els seus arguments, sinó més aviat al contrari: va ser detonant del que avui és la proposta de la *tesina*. Per contra, el cas de la BRGF va nàixer com a projecte de

⁴⁹ Acrònim d'*Institut de Sostenibilitat de la UPC*

recerca d'estudiants amb una influència directe de la *tesina*, amb objectius i metodologies compartides i en que el propi autor va participar com a coordinador.

En aquest sentit tot dos casos estan molt relacionats: la particular interpretació feta *a posteriori*, des d'una perspectiva ja molt propera a la hipòtesi, tant dels resultats obtinguts a l'ETSAV com de la metodologia utilitzada, va ser la inspiradora del disseny de l'estratègia d'intervenció sobre la BRGF. **El cas de la BRGF es pot considerar com la maduració de l'experiència de l'ETSAV, des de la perspectiva dels “edificis vius”.**

5.3.2. Cas d'estudi ETSAV

5.3.2.1. Justificació

El cas d'estudi de l'ETSAV que nàixer l'any 2006 com a projecte de recerca del *Programa UPCO₂*. Un programa creat amb l'objectiu de contribuir a la reducció d'emissions de CO₂ dels edificis de la UPC⁵⁰. Aquest projecte tenia com antecedent principal la tesi doctoral de López (2006) titulada “*Sobre el uso y la gestión como factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*” on precisament es realitzava l'anàlisi de la despesa dels recursos energètics d'algunes edificacions de la UPC, incloent-hi l'ETSAV. Com a treball pròpiament de recerca dintre del *Programa UPCO₂*, Mata (2009) va ser qui va donar continuïtat a la tasca encetada per López com a part de la seva tesi doctoral (no publicada). L'experiència de l'ETSAV ha estat descrita de forma detallada en diferents articles publicats en llibres, revistes i congressos, els quals formen part juntament amb la pròpia tesi de López, de l'estat de l'art i del marc teòric de referència de la present *tesina*⁵¹. (Veure referències a Mata (2009), López (2006) i López (2009))

L'interès d'aquest cas és principalment, el tipus d'estratègia utilitzada en la intervenció en reducció de CO₂ de l'ETSAV: el treball sobre la millora de la gestió i l'ús de *la interfície*, sense modificar-ne les propietats físiques, sense transformar-ne l'envoltant ni augmentar el rendiment dels sistemes, i sense renunciar alhora, al manteniment del nivell d'ocupació o les de les activitats existents. Es tracta doncs, d'un tipus d'estratègia d'estalvi energètic i d'emissions de CO₂ centrada en l'edificació existent i que, a més d'actuar sobre “els factors principals que determinen el consum”, compliria els requeriments de viabilitat en un context com l'actual, de mínima capacitat d'inversió i de necessitat d'amortització ràpida.

5.3.2.2. Context del cas ETSAV

⁵⁰ Programa UPCO₂ <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/3466>

⁵¹ Veure apartats 2.4.2.5 i 4.3.2.



Imatge.5.1 Vista de la façana sud. Font: www.etsav.upc.edu

Breu descripció de la interfície:

L'edifici central de l'ETSAV va ser construïda entre el 1990 i el 1991, amb una superfície total de 9.267 m². Està orientada a nord-sud i conformada per dos cossos paral·lels:



Imatge.5.2 Vista Aèria de l'ETSAV. Font: *Google Earth*

- El cos més gran està format per la zona d'aules i despatxos, distribuïts en dues plantes de més de 4 m d'alçada cadascuna, una zona de soterrani on es situen les instal·lacions generals i una gran sala d'actes de doble alçada.
- La resta de l'edifici central està format per quatre plantes i és on se situen els despatxos i les aules de seminari. Està connectat amb la resta de l'edifici a través d'un cos central que conté els accessos.

L'abril de l'any 2006 es va inaugurar un tercer mòdul annex a l'edifici central, el Centre per a la Recerca i Transferència de Tecnologia (CRiTT). Aquest mòdul consta de 862,96 m² construïts dedicats a despatxos, amb el que la superfície total de l'ETSAV passa a tenir 10.130 m² construïts.

L'estructura de l'edifici principal està format per pòrtics de formigó armat. Els tancaments verticals exteriors són de maó buit de 14 cm d'espessor, amb aïllament i cambres d'aire d'espessor variable i envans interiors ceràmics sense revestiment. Les fusteries són d'alumini sense trencament de pont tèrmic, de vidre senzill de 6 mm en la majoria dels casos. La coberta d'aules té una sèrie de claraboies de policarbonat.

El sistema de calefacció és centralitzat amb generació de calor a partir de dues calderes de gas natural. La distribució de l'aigua calenta es realitza a través de circuits que alimenten panells radiant que, segons els tipus d'espais que atenen, es situen penjats al sostre o recolzats sobre els ampits de les finestres. La refrigeració a l'ETSAV és marginal i està restringida a pocs espais de l'edifici amb requeriments especials, que no arriben al 14% del total de la superfície.

L'edifici CRiTT està format per una estructura de pilars metàl·lics entre forjats de llosa armada de formigó. Els tancaments exteriors estan constituïts per una fusteria d'alumini amb trencament de pont tèrmic i doble vidre amb càmera, amb trams practicables en forma de gelosia regulable, de doble vidre sense càmera. Els tancaments interior estan formats per envans de cartró guix sobre estructura de perfils d'alumini.

Breu descripció de la comunitat:

La comunitat de l'ETSAV està formada per:

- 1 director
- 4-5 persones de l'equip directiu
- 110 persones del Personal Docent Investigador (PDI)
- 30 persones del Personal d'Administració i Serveis (PAS)
- 10 persones del servei de neteja (empresa externa)
- 3 persones del servei de seguretat (empresa externa)
- 1.100 alumnes l'any (estudiants d'arquitectura i de màster)

L'equip directiu està format per un director/a escollit democràticament per la comunitat, i té l'assistència d'un equip integrat, com a mínim, pel secretari, els subdirectors i la persona responsable de la gestió dels serveis administratius i econòmics de l'ETSAV. La Junta d'Escola està presidida pel director/a i constitueix l'òrgan de govern i de màxima representació de l'ETSAV. L'ETSAV disposa d'oficina pròpia d'obres i manteniment, amb 4 persones dedicades a les tasques de manteniment i garantia de la qualitat de l'entorn físic.

En el cas de l'ETSAV, la direcció del centre té una determinació especial per impulsar iniciatives relacionades amb l'arquitectura i la sostenibilitat, i alhora, disposa d'una influència important sobre la resta de la comunitat, amb una relació molt cuidada i fluida amb els estudiants (a través dels seus representants) professors i especialment amb el PAS. La comunitat ETSAV, concentrada en un sol edifici i aïllada físicament d'altres campus de la UPC, ha cultivat una xarxa de relacions socials entre els seus membre no sempre freqüent en la resta de la comunitat universitària.

Breu descripció del consum de recursos i generació d'emissions de CO₂

ETSAV (2005)	Consum de recursos i emissions de CO ₂ anuals, totals	Consum de recursos i emissions de CO ₂ anuals, per m ²	Mitjana UPC (2005)
GAS	1.194.892 kWh	117,95 kWh/m ²	44,23 kWh/m ²
ELECTRICITAT	540.499 kWh	53,35 kWh/m ²	76,70 kWh/m ²
AIGUA	5.141 m ³	0,50 m ³ /m ²	0,29 m ³ /m ²
EMISSIONS	525 Tn CO ₂	51,80 Kg CO ₂ /m ²	48,91 Kg CO ₂ /m ²

Taula.5.2 Dades consum de recursos i emissions de CO₂ anuals ETSAV (2005)

Font: www.upc.edu/sirena

Les dades del consum de recursos de l'ETSAV l'any 2005 (previ a l'inici del projecte de recerca) reflectien un elevat consum de recursos, especialment en consum de gas (un 167% més) i aigua (un 72% més) respecte als valors per superfície de referència de la UPC, encara que les emissions de CO₂ per m² es mantenen en valors similars a la mitjana (un 6% més). Però fins i tot en el cas del consum d'electricitat, tot i estar per sota de la mitjana UPC (un 30% menys) cal tenir en compte que a l'ETSAV el sistema de calefacció només consumeix gas i que les zones amb sistema de refrigeració són mínimes.

5.3.2.3. Seqüència d'accions

Per iniciativa del director de l'ETSAV Joan Puigdomènech, motivat per la lectura de la Tesi doctoral de López (2006) que evidenciava el gran potencial d'estalvi en l'optimització de la gestió i l'ús de la interfície de l'escola, es va proposar utilitzar l'ETSAV com un cas pilot del Programa UPCO₂. Aquest tenia la seu al propi edifici CRiTT i es va finançar des de l'ICAEN⁵² i amb el suport de l'IS.UPC (en aquell moment CITIES). El programa naixia amb l'objectiu de reduir les emissions de CO₂ de la UPC i l'ETSAV, representava la prova *pilot* sobre la qual desenvolupar tasques de recerca aplicada, que incloïen tant l'anàlisi, com la proposta d'actuacions d'estalvi, com l'avaluació de resultats obtinguts. La metodologia producte de la recerca havia de ser replicable a la resta del parc edificat de la UPC per reduir-ne les emissions de CO₂.

Equip d'experts:

El Programa UPCO₂ estava format per personal acadèmic i de recerca de l'ETSAV i per personal de gestió de l'IS.UPC, amb el suport del director de l'ETSAV. Un equip d'entre 6 i 7 persones amb la següent distribució de tasques:

Director Acadèmic: Albert Cuchí Burgos (doctor arquitecte i professor de l'ETSAV)
Coordinador Tècnic: Galdric Ruiz Martorell (arquitecte tècnic del CITIES)⁵³

⁵² Acrònim d'Institut Català de l'Energia

⁵³ Acrònim de Centre per a la Sostenibilitat de la UPC, actualment IS.UPC.

Doctoranda: Èrika Mata Las Heras (arquitecte per l'ETSAV)
Doctoranda: Anna Pagès Ramon (arquitecte per l'ETSAV)
Becaris ETSAV: Mariona Alcaraz Corbella i altres (estudiant de l'ETSAV)
Fabian López Plazas: Expert Extern (doctor arquitecte i membre de SO⁵⁴).

La posició de l'observador:

En aquest cas, l'autor va participar de forma molt activa en el projecte com a coordinador tècnic, formant part durant més de dos anys de la *comunitat* ETSAV. Es tracta d'un cas d'estudi en el que l'*autor-observador* no era extern sinó que pertanyia a la pròpia comunitat estudiada, i que alhora, participava activament de moltes de les accions realitzades. Cal destacar en tot cas, que en aquell moment l'autor no era conscient del seu paper com potencial *observador* i que ha estat *a posteriori*, que el cas de l'ETSAV ha pogut ser reinterpretat com a cas d'estudi per a aquesta *tesina* des d'una nova perspectiva⁵⁵.

Metodologia:

La metodologia consistia, mitjançant l'acurat anàlisi de l'ús de l'edifici, en la determinació dels valors de la demanda de l'edifici (D), l'eficiència de les instal·lacions (η) i el factor d'ús i gestió de l'immoble (Ge) (López, 2006).

El valor de la demanda es va calcular a través d'eines informàtiques que simulen el comportament de la pell de l'edifici sota les condicions d'ús i el clima en el que es troba. L'eficiència de les instal·lacions, a través també d'eines informàtiques específiques. El factor d'ús i gestió, a través d'enquestes sobre l'ús real -el que obliga a campanyes de presa de dades *in situ*- i l'avaluació de l'ús dels recursos a disposició dels gestors de l'edifici a través també d'eines informàtiques que permeten avaluar la seva optimització.

La presa de dades sobre l'ús -i sobre les condicions meteorològiques, situació climàtica interior, i els consums energètics reals- requeria estendre l'estudi de l'edifici al llarg d'un període significatiu respecte al seu ús. És per això que el projecte demandava un temps d'execució bianual: durant el primer any 2006 es va elaborar la diagnosi (di) que va derivar en un seguit d'accions d'estalvi i la seva concreció en forma de Pla d'acció (PA); a finals del 2006 i durant tot el 2007 es van aplicar les accions (AR) i es va fer el seguiment i l'avaluació dels resultats sobre el consum real.

⁵⁴ Acrònim de *Societat Orgànica*, assessoria ambiental. www.societatorganica.com

⁵⁵ La proposta d'interpretació feta per l'autor del cas ETSAV és subjectiva i per tant, perfectament discutible per altres autors participants en el procés.

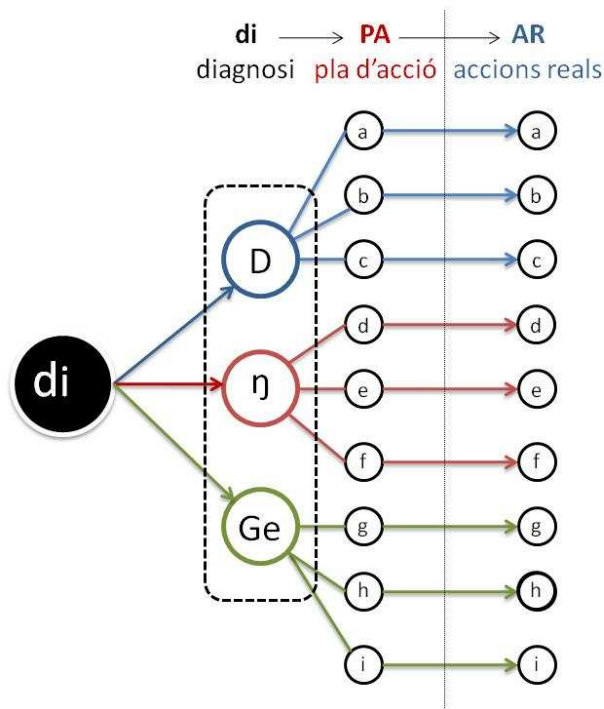


Fig.5.2 Diagrama interpretatiu sobre el procés de diagnosi i actuació seguit a l'ETSAV.

Font: elaboració pròpia

Tasques realitzades:

El projecte constà de les següents fases:

Fase 1. Presa de dades inicials, preparació d'instruments i disseny de la campanya de recollida de dades i d'experimentació.

La mesura prou acurada de les dades de demanda, condicions de confort i de consums, així com la preparació de les experimentacions sobre les millores aplicables deduïbles de l'estudi previ sobre l'ETSAV, demanava un temps de preparació de la campanya de recollida de dades, així com de selecció i afinament dels instruments de mesura.

Fase 2. Presa de dades a l'ETSAV durant l'any acadèmic 2006-07 i realització de l'experimentació per avaluar l'eficàcia de les solucions proposades.

La fase de recollida de dades i experimentació sobre l'edifici de l'ETSAV pretenia cobrir un cicle complet d'ús i clima per tal d'ajustar al màxim les opcions de millora i experimentació.

Fase 3. Anàlisi de les dades i redacció del Pla d'acció (PA).

En aquesta tercera fase es pretenia presentar les accions valorades que incidien en l'ús, la gestió, la demanda i l'eficiència de les instal·lacions de l'ETSAV de cara a millorar la seva eficiència energètica. Les accions sobre la gestió de la interfície adoptaren el format de *Protocol d'actuació*, document que es va fer entrega tant al director de l'ETSAV com al servei de manteniment de l'escola perquè el portessin a terme.

Fase 4. Aplicació i avaluació del Pla d'acció (PA)

L'equip d'UPCO₂ realitza les tasques d'assessorament en l'aplicació del PA per part del servei de manteniment, amb el seguiment i anàlisi de l'evolució del consum energètic i de les condicions ambientals interiors.

Aquestes quatre fases es van desenvolupar durant el 2006 centrades sobretot en la gestió de la calefacció (consum de Gas), i no només a través de la millora dels protocols d'encesa i apagada del sistema de calefacció, sinó també mitjançant l'optimització de la disponibilitat d'espais (sobretot sales d'estudi nocturnes) en condicions ambientals exigibles. Durant l'any 2007 es va mantenir el protocol de gestió de la calefacció, i alhora, es va iniciar amb de la mateixa metodologia l'optimització en la gestió dels usos relacionats amb el consum d'electricitat (enllumenat i equips). També cal dir que no només es va actuar sobre la gestió de l'enllumenat, sinó que aprofitant l'existència d'una campanya per a la millora de l'eficiència energètica a la UPC (Conveni ICAEN-UPC)⁵⁶ l'equip d'UPCO₂ també va realitzar l'assessorament per a la millora de l'eficiència del sistema d'enllumenat de l'ETSAV.

De tota manera, les quatre fases descrites sovint no es van produir de forma consecutiva, sinó que era possible que l'anàlisi i l'aplicació d'actuacions es realitzés al mateix temps que es feia l'avaluació de l'impacte sobre el consum. A la vegada, tampoc és estrictament cert el fet que el 2006 es treballés només sobre el consum de gas i el 2007 sobre l'electricitat, ja que per exemple, el fet de restringir la disponibilitat d'espais per a la reducció del consum de calefacció, generava simultàniament una reducció del consum del sistema d'enllumenat.

5.3.2.4. Dades analitzades

En el procés d'avaluació de l'impacte de les accions de millora en el consum de recursos i en reducció de les emissions de CO₂ de l'ETSAV, les dades analitzades es poden diferenciar en dos categories:

- Dades quantitatives:

- Consum anual de gas i electricitat [kWh]
- Consum anual de gas [kWh/m² .GD] ⁵⁷
- Consum anual d'electricitat [kWh/m²]

- Consum anual d'aigua [m³]
- Consum anual d'aigua [m³/m²]

- Temperatura i humitat interiors [°C, %]

- Dades qualitatives:

- Documents elaborats per *no experts* de la comunitat ETSAV.

⁵⁶ La UPC i l'ICAEN van firmar dos convenis de col·laboració per a la millora i l'eficiència energètica de la UPC durant els anys 2007 i 2008, amb un valor total aproximat de 2.000.000 d'euros.

⁵⁷ GD: graus dia de calefacció, mitjana de la diferència entre la temperatura base fixada i la temperatura exterior registrada al llarg del dia.

5.3.2.5. Instruments utilitzats

En el desenvolupament del projecte de recerca, l'equip d'UPCO₂ va utilitzar diferents instruments tant per a la fase de diagnosi com per a l'elaboració del Pla d'acció o l'avaluació i seguiment dels resultats. Els instruments utilitzats són els següents:

- Sistema d'informació sobre el consum d'energia i aigua de la UPC (SIRENA)

Es tracta d'un software que permet gestionar a través d'una pàgina web la informació disponible sobre el consum energètic i d'aigua de tota la UPC. En el cas de l'ETSAV, el SIRENA permet accedir a la monitorització del consum cada 15 minuts, tant d'aigua, com de gas com d'electricitat⁵⁸.

- Sistema mòbil de monitorització de les condicions ambientals a l'ETSAV

A través d'uns dispositius autònoms (*data-loggers*) situats en espais representatius de l'edifici, és possible registrar de forma contínua la temperatura i la humitat de l'aire dels espais. D'aquesta manera es pot identificar si les accions d'estalvi impulsades han modificat sensiblement les condicions ambientals interiors.

- Programa de determinació de la demanda energètica i de l'eficiència de les instal·lacions

Per a la determinació de la demanda de l'edifici i de l'eficiència teòrica de les instal·lacions s'han utilitzat diferents eines de simulació energètica (Energy Plus, Ecotech, Balanç, LIDER, etc.).

⁵⁸ Les dades sobre el consum d'energia, aigua i emissions de CO₂ de la UPC, es poden consultar a la web del SIRENA www.upc.edu/sirena

5.3.3. Cas d'estudi BRGF

5.3.3.1. Justificació

El cas d'estudi de la Biblioteca Rector Gabriel Ferrater (BRGF) va sorgir de les reflexions desenvolupades durant el *Workshop "Pensactúa glocalment"*⁵⁹ realitzat durant el mes de febrer de 2009, per un grup de més de vint estudiants provinents de diferents disciplines i escoles de la UPC que durant una setmana van estar treballant sobre la sostenibilitat del campus Nord. Arran d'aquell treball iniciàtic, va nàixer la voluntat d'una part d'aquell grup d'estudiants de continuar aprofundint sobre l'estudi del consum energètic de la BRGF, que va ser possible amb el suport de IS.UPC i gràcies a la concessió d'una beca per a la realització de *projectes de recerca per a grups d'estudiants a la UPC* convocat pel vicerectorat de recerca.

El projecte de recerca d'estudiants tenia com a referents de partida la mateixa tesi doctoral de López *sobre l'ús i la gestió dels edificis* però també la pròpia experiència de l'ETSAV, de la que ja es disposava de resultats quantitatius. En aquest context, l'autor va tenir la oportunitat d'incorporar-se a l'equip de recerca (com a membre de l'IS.UPC) amb la tasca de coordinar i assessorar els estudiants en el desenvolupament del projecte. Una tasca que li va permetre aportar la seva particular interpretació de l'experiència a l'ETSAV i una nova perspectiva dels edificis, una perspectiva ja molt propera a la hipòtesi d'aquesta *tesina*.

5.3.3.2. Context del cas BRGF



Imatge.5.3 Vista de la façana est, accés a la BRGF. **Font: M.Gairín**

L'edifici de la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF) fou inaugurat el desembre de 1996 i és la biblioteca més gran de la UPC amb més de 6.400m² construïts i l'edifici amb més usuaris de tota la universitat (prop de 700.000 l'any 2009).

⁵⁹ Per més informació sobre el workshop i la plataforma Diàlegs,
http://www.upc.edu/sostenible2015/dialebs/copy_of_material/videos/workshop-sobre-el-camups-nord-de-la-upc



Imatge.5.4 Vista Aérea de l'ETSAV. **Font:** Google Earth

La BRGF es troba englobada dins el conjunt d'edificis del Campus Nord de la UPC, situat a la part alta de l'Avinguda Diagonal de la ciutat de Barcelona. El seu servei està destinat bàsicament als tres centres del Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya: E.T.S. de Telecomunicacions de Barcelona, E.T.S. de Camins, Canals i Ports de Barcelona i la Facultat d'Informàtica de Barcelona. Les plantes subterrànies pertanyen a diversos organismes diferents del servei de biblioteques.

Breu descripció de la interfície:

L'edifici consta de 5 plantes distribuïdes en:

- Planta soterrani 2 (1.032 m²) on es troba l'arxiu tant de la biblioteca com de la UPC així com el magatzem de la biblioteca.
- Planta soterrani 1 (1.032 m²) on trobem diverses aules d'estudi així com aules de formació.
- Planta baixa (1.077 m²) on hi ha la recepció de la Biblioteca, sala de lectura i els departaments d'administració i direcció de la Biblioteca.
- 2 Plantes Tipus (Primera i Segona, 1.052 m² per planta) on trobem dues amplies sales d'estudi més les consultes de matèries comunes i Enginyeria civil (a la Planta Primera); i Electrònica, Informàtica i Telecomunicacions (a la Planta Segona).
- Planta Tercera (1.278 m²) on trobem una aula d'estudi més gran i amb material de consulta referent a revistes, projectes fi de carrera així com serveis de suport a la recerca.
- Planta Coberta (1.278 m²) dividida en durs parts, una coberta plana on es troba la maquinària d'aire condicionat i els motors dels ascensors; i una coberta inclinada amb obertures envidrades que donen llum natural a la sala d'estudi de la Planta Tercer.

La superfície total de l'edifici és de 6.644 m² i el seu volum és de 25.391m³ (17.907m₃ sobre-asant).

L'edifici està format bàsicament per una estructura horitzontal amb forjats de xapa col·laborant amb un cantell de 19 cm, sobre reforços de bigues metàl·liques tipus BOYD (excepte el sostre de la Planta Soterrani -2 que és un forjat reticular de 40cm, de cantell) que descarrega fins al terreny a través d'una estructura vertical formada per pilars de perfil metàl·lic.

- Murs de contenció:

Els murs del soterrani de contenció de terres de la Planta Soterrani -2 són de 45 cm d'ample, mentre que els murs de la Planta Soterrani 1 són de 30cm, d'amplada i un *trasdossat* fet de fàbrica de maó foradat revestit per un enguixat.

- Solera:

La solera de l'edifici (paviment de la Planta Soterrani 2 i paviments exteriors de l'edifici) estan formats per 15 cm de capa de grava, i 15 cm de formigó armat amb malla electrosoldada.

- Tancaments exteriors:

L'edifici consta de 4 façanes orientades cap als punts cardinals mixtes (Sud-Oest, Sud-Est, Nord-Est i Nord-Oest). Les façanes estan constituïdes bàsicament per tancaments de fàbrica de maó massís amb aïllament a base de poliestirè extrusionat i una barrera de vapor per la part exterior, càmara d'aire ventilada de 3cm, i un acabat de façana a partir de revestiment de pedra natural. Per la part interior de la façana ens trobem un envà de totxana revestit per un acabat de guix. Entre la fàbrica de maó massís i la totxana trobem càmeres d'aire de diferent amplada segons la façana. L'envidrament de les finestres està realitzat amb dues llunes separades per càmara d'aire i fusteria metàl·lica. La façana principal, orientada a sud-est, té una extensió de 1.243,47m², dels quals un 35.65% són buits, formats per doble vidre laminat i tintat amb càmera d'aire *tipus climalit* d'un centímetre de gruix.

- Sistemes de condicionament:

L'edifici de la BRGF es caracteritza perquè els tots els usos energètics (enllumenat, equips, climatització) estan associats al consum d'electricitat.

El sistema de climatització està formada per dues plantes refrigeradores que donen servei a les plantes sobre-rasant, tres màquines més petites que donen servei a la Planta Soterrani 1, i una màquina que dona servei a la Planta Soterrani 2, encara que aquesta última només té la funció d'extracció d'aire per mantenir una temperatura baixa, ja que els arxius demanen una temperatura més baixa que les altres sales de la Biblioteca. Cadascun dels grups de maquinària d'aire condicionat tenen el seu grup de bombes de impulsió per arribar fins a les condensadores situades a la planta corresponent. Cada planta té una sala destinada a les condensadores que distribueixen a la planta corresponent a través d'un sistema de tubs d'impulsió i retorn que circula pels fals sostres de l'edifici.

El sistema d'enllumenat de l'edifici està el componen tres tipus de lluminàries: lluminàries amb làmpades de tubs fluorescents, amb fluorescents compactes i amb làmpades al·lògenes. Els primers els trobem amb dos tipus de disposicions, la primera majoritàriament en panells de múltiples tubs en les plantes sota rasant; i la segona, en tubs individuals en lavabos, armaris de comptadors i de neteja, i altres estàncies.

Breu descripció de la comunitat:

La comunitat de la BRGF és diversa i particularment quantiosa, integrada per diferents col·lectius pertanyents a la UPC i també a empreses externes. Es poden agrupar en:

- 1 cap de Biblioteca
- 3 responsables d'unitat
- 43 persones del Servei de Biblioteques (format per bibliotecaris, becaris, tècnics de biblioteca, administratius i documentalistes)
- 8 persones del servei de neteja (empresa externa)
- 1 persones del personal de seguretat (empresa externa)
- 4 persones del Servei de manteniment de Campus Nord
- 700.000 usuaris l'any (estudiants majoritàriament del Campus Nord)

Respecte a la comunitat ETSAV, cal destacar la gran quantitat d'estudiants que fan servir l'edifici, usuaris que a més a més, tenen un grau de renovació molt més elevat que qualsevol altre edifici de la universitat. També cal destacar el fet que els servei de manteniment no és propi de la biblioteca, sinó que treballa des d'un edifici extern (mòdul A6) servei compartit amb la resta d'edificis del campus. D'aquesta manera i a diferència de l'ETSAV, no tota la comunitat que té incidència directe sobre el consum energètic de la BRGF, es troba "confinada" en l'edifici de la biblioteca. També cal destacar el fet que en aquest cas la direcció de la biblioteca no és un càrrec elegit democràticament per la resta de la comunitat, com és lògic, al pertànyer a un servei de la UPC.

Finalment, una diferència determinant respecte a la comunitat ETSAV, és el fet que l'expertesa del personal del servei de biblioteques (el grup més influent de la comunitat BRGF, encara que no el més nombrós) no té relació directe amb l'arquitectura o l'enginyeria, ni en temes d'estalvi energètic en edificació.

Breu descripció del consum de recursos i generació d'emissions de CO₂

BRGF (2009)	Consum de recursos i emissions de CO ₂ anuals, totals	Consum de recursos i emissions de CO ₂ anuals, per m ²	Mitjana UPC (2009)
ELECTRICITAT	939.045 kWh	141,32 kWh/m ²	119,11 kWh/m ²
EMISSIONS	488 Tn CO ₂	73,49 Kg CO ₂ /m ²	70,07 Kg CO ₂ /m ²

Taula.5.3 Dades consum de recursos i emissions de CO₂ anuals BRGF (2009)

Font: www.upc.edu/sirena

La BRGF és un gran consumidor d'electricitat essent el quart edifici més consumidor del Campus Nord, amb valors propers al milió de kWh l'any. Pel què fa als valors de consum relatius per superfície, la BRGF supera en un 20% la mitjana UPC, i respecte les emissions de

CO₂ la supera en un 5%. Cal tenir en compte el fet que la BRGF consumeix electricitat per a tots els seus usos energètics, i per tant, el consum d'electricitat és força més alt que altres edificis que consumeixen gas natural per alimentar el seu sistema de calefacció.

5.3.3.3. Seqüència d'accions

Arran de la concessió de la beca per a portar a terme el projecte de recerca d'estudiants, a principis del mes de març del 2009 es va fer la primera reunió amb els estudiants participants (7) i el coordinador del projecte (autor de la present *tesina*) per encetar el projecte. Des del punt de vista organitzatiu i per temes de disponibilitat i compatibilitat amb els estudis, el projecte es va perllongar durant més d'un any, dividit en dos grans etapes i en dos grups d'estudiants:

- Etapa 1: de març a juliol de 2009; 4 estudiants
- Etapa 2: de setembre de 2009 a juliol de 2010; 5 estudiants (2 de l'etapa 1)

Equip d'experts:

Estudiants: Fèlix Cordero Rangel (EUETIB)
 Marta Gairin Alastuey (ETSAV)
 Juan Gonzalo Soares (ETSAV)
 Maria Núñez Arroiz (Màster de Sostenibilitat)
 Clara Ortiz Blasco (ETSAV)
 Ana Redondo Díez (ETSAV)
 Ana Rico Flor (ETSAV)

Coordinador: Galdric Ruiz Martorell (Arquitecte tècnic i estudiant del Màster de Sostenibilitat)

Responsable: Joan Puigdomènech (Doctor en Física i director de l'ETSAV)

Cal destacar la gran presència d'estudiants de l'ETSAV en l'equip, inclòs el director de l'ETSAV com a responsable últim del projecte. Més enllà que es tractés d'un projecte sobre un edifici, aquest fet no és casual: els estudiants de l'ETSAV participants havien "viscut" el procés de canvi de gestió energètica de la seva escola i havien fet seva bona part de la filosofia utilitzada.

D'altra banda també és significatiu el fet que, a diferència de l'ETSAV, l'equip d'experts és "molt menys expert", en el sentit que es tracte d'estudiants de grau o màster i no de doctorat, i en que la presència d'un doctor és únicament representativa. Finalment, cal destacar el fet que també a diferència de l'ETSAV, l'equip d'experts no pertany a la comunitat de la BRGF, és extern a la comunitat.

La posició de l'observador:

Com en el primer cas d'estudi l'autor va participar de forma molt activa en el projecte com a coordinador. Però a diferència del cas ETSAV, en el projecte de la BRGF l'autor va poder influir d'una forma molt més determinant en la metodologia utilitzada i en el tipus d'aproximació a l'edifici per reduir-ne el consum d'energia.

Metodologia:

En comú amb el primer cas d'estudi, a la BRGF també es va prendre com a referència teòrica la tesi doctoral de López (2006) en que el focus de la intervenció en reducció d'emissions de CO₂ es situava sobre la gestió i l'ús de la interfície. Però a diferència de l'ETSAV, es va partir la perspectiva de l'edifici com a sistema format per una interfície i una comunitat que l'habita.

Conscients de la dificultat de poder intervenir realment sobre la millora de la interfície (bàsicament per la impossibilitat per aconseguir els recursos econòmics necessaris) i per tant, de poder aconseguir resultats reals d'estalvi fruit del projecte, l'enfocament va "bascular" cap a la millora i el canvi de gestió de la interfície tenint en compte la comunitat, conscients que aquesta sempre es veu afectada, directe o indirectament, per qualsevol canvi de gestió.

- La *diagnosi fractal*:

Partint d'aquest enfocament, calia dotar al projecte de la metodologia adequada. Una metodologia de la que no disposaven en iniciar el projecte de recerca i que havia de sorgir en el procés: una aproximació al consum d'energia de l'edifici feta des de la comunitat, *amb la comunitat*⁶⁰. Des d'una interpretació participativa del procés de diagnosi utilitzat a l'ETSAV ara com a procés de diàleg i negociació entre la comunitat i l'equip de recerca, va nàixer el que vam anomenar: *diagnosi fractal (diF)*⁶¹.

Aquesta metodologia de *diagnosi fractal* (diF), oposada a la que anomenarem *diagnosi lineal* (veure fig.5.3) l'autor de l'avaluació del comportament energètic de l'edifici no és exclusivament "l'expert extern": el disseny del pla d'acció (PA) per a l'estalvi d'energia s'elabora de forma compartida entre els "experts interns" (la comunitat que habita la BRGF) i els "experts externs" (estudiants de recerca) en un procés de diàleg i negociació evolutiu.

En la diagnosi *lineal* el criteri utilitzat per a la identificació d'accions d'estalvi en edificis és exclusivament tècnic, en funció de l'aixecament de dades de l'edifici, de l'estat actual de les instal·lacions, del comportament tèrmic de l'envoltant, fins i tot, de la simulació consum energètic de l'edifici. La proposta de diagnosi i el Pla d'acció (PA) que se'n deriva és en certa manera "rígida", en el sentit que, un cop elaborat, els experts *simplement* l'entreguen a la comunitat perquè posi en marxa les accions d'estalvi identificades. Accions que potencialment han de generar una reducció del consum energètic.

⁶⁰ En el sentit de la ciència postnomal: "ciència amb la gent" (Funtowicz & Ravetz, 1993)

⁶¹ L'adjectiu *fractal* respon a la forma ramificada que adquireix el procés, oposada al desenvolupament *lineal* del procés desenvolupat a l'ETSAV (*diagnosi lineal, di*)

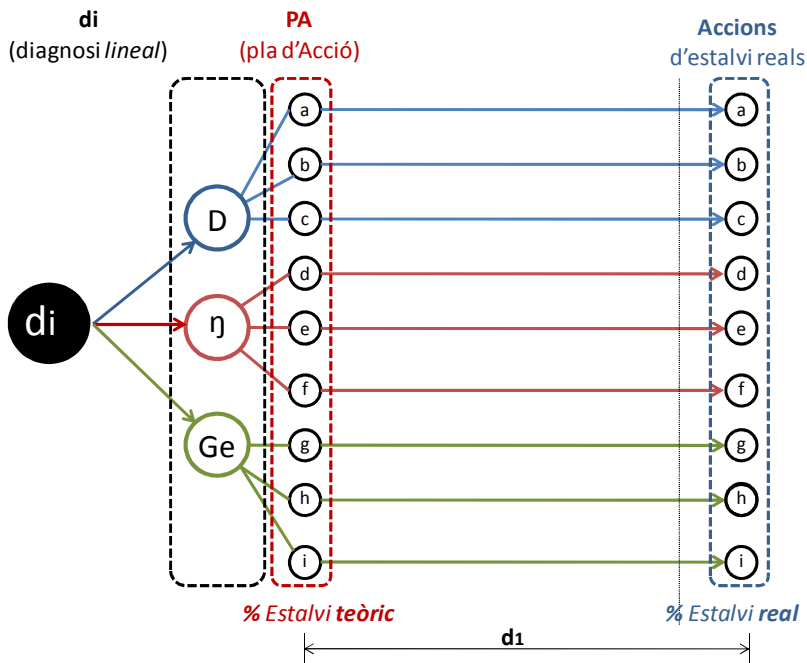


Fig.5.3. Esquema interpretatiu del procés de diagnosi energètica *lineal*. **Font: elaboració pròpia**

El cas és que, en aquest tipus de procés de diagnòstic no hi ha espai per al diàleg entre experts i comunitat (o aquest és marginal) de manera que no és possible que els experts puguin tenir en compte condicionants no tècnics però potencialment determinants per a la consecució real de l'estalvi. Condicionants relacionats amb l'organització interna, la disponibilitat econòmica real, la dificultat d'execució tècnica, la pròpia comprensió de les accions per part de la comunitat, etc. D'aquesta manera, es produeix un *diferencial* (d_1) molt gran entre l'estalvi teòric estimat al PA i l'estalvi real derivat de l'execució de les accions (AR); un diferencial que com més gran més incertesa aporta a la reducció efectiva del consum. **Com més gran és (d) menor serà la robustesa del PA, menor la probabilitat de que l'estalvi estimat s'acosti al real.**

En el cas de la *diagnosi fractal* (diF) el procés de diagnòstic és molt més complexa ja que en diferents fases successives es "negocien" (en format de reunió) les opcions identificades pels experts, entre la comunitat i els mateixos experts. Això permet, partint d'una identificació inicial més superficial, anar aprofundint de forma cooperativa amb la comunitat successives propostes cada cop més detallades d'intervenció en l'estalvi. Aquesta cooperació permet a la comunitat incorporar de forma progressiva els condicionants no tècnics a la diagnòstic, permet *moldejar* successivament la proposta d'accions dels experts, ajustant-la a les possibilitats reals d'intervenció. Un procés que fins i tot, promou la emergència d'accions des de la pròpia comunitat, accions normalment vinculades a la gestió i a canvis d'organització interna, particularment valuoses ja que, sorgides de la comunitat, són especialment *robustes* davant la incertesa (veure a fig.5.4, accions en línia discontinua)

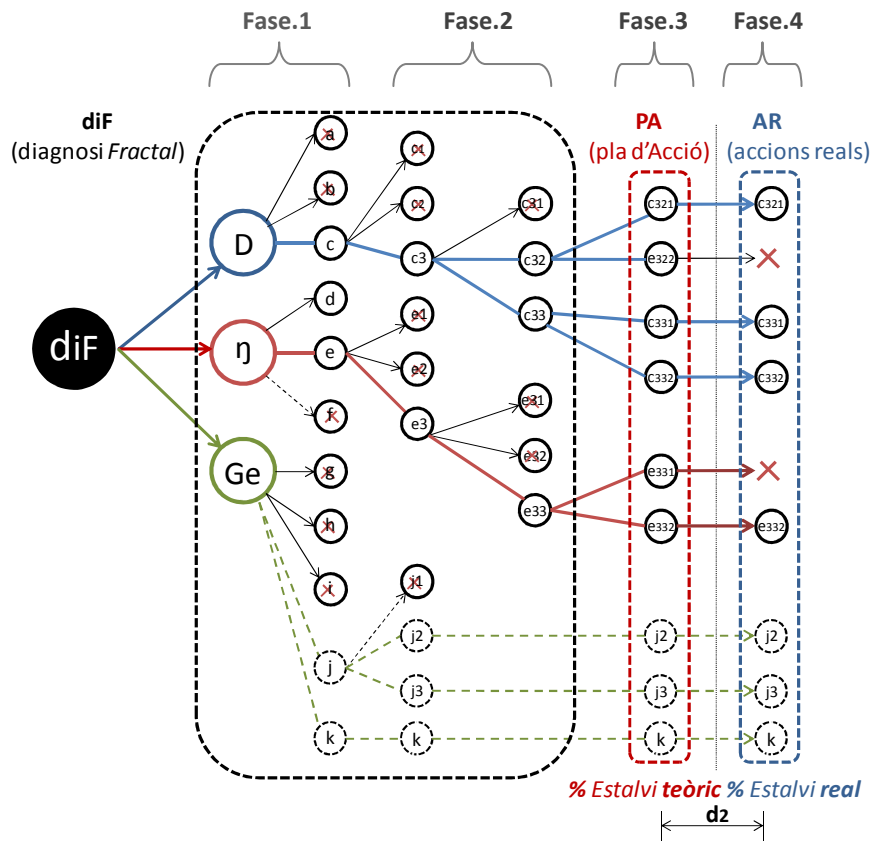


Fig.5.4. Esquema interpretatiu del procés de diagnosi energètica *fractal*. **Font: elaboració pròpia.**

En el cas de la diagnosi *fractal*, el diferencial (d_2) serà molt menor que el (d_1), el que proporciona *robustesa* al PA i més probabilitat que l'estalvi estimat acabi assemblant-se a l'estalvi sobre la realitat.

$$d_1 \gg d_2$$

$$P_{di} \ll P_{diF}$$

(P_{di} = Probabilitat que l'estalvi previst en el PA de la diagnosi di s'aproximi a l'estalvi real)
 (P_{diF} = Probabilitat que l'estalvi previst en el PA de la diagnosi diF s'aproximi a l'estalvi real)

Tasques realitzades:

El projecte constà de les següents fases (veure fig.5.4):

Fase 1. Presa de dades inicials, preparació d'instruments i primera negociació de la pre-diagnosi.

En aquesta fase inicial l'equip d'experts extern realitza l'aixecament de dades de la interfície, de la composició de la comunitat i dels punts de connectivitat entre

comunitat i interfície. A partir d'aquest primer anàlisi es proposa una reunió de diàleg i negociació amb els components claus de la comunitat (ja identificats) per validar la continuïtat de les línies d'actuació proposades a la pre-diagnosi.
(Període de març a juliol de 2009)

Fase 2. Modificació de la diagnosi inicial, aprofundiment en l'estudi i segona negociació.

Una vegada consensuat amb la comunitat les línies generals d'intervenció, s'aprofundeix en l'anàlisi de les possibilitats d'actuació i es generen diverses reunions de negociació diferenciades en funció del tipus d'accions proposades (amb servei de manteniment, temes de gestió d'instal·lacions; amb servei de biblioteca temes de gestió d'espais; amb servei d'obres, temes de canvis d'usos, etc.). Aquest és el moment més propici per a la generació de propostes *des de* la comunitat, que ja ha madurat el seu coneixement de l'edifici i és capaç de proposar accions amb viabilitat.
(Període de setembre a maig de 2009)

Fase 3. Redacció del Pla d'acció (PA) i presentació per al seu acord final:

En aquesta darrera fase, s'acaben de consolidar tant les propostes que han suportat el procés de *diagnosi fractal* des del principi, com aquelles que s'han anat incorporant o modificant. Es presenten les opcions i els arguments per defensar-les en una reunió final amb els components claus de la comunitat i els experts, de la que s'ha de poder sortir amb un compromís de totes les parts de portar a terme les accions amb les responsabilitats que corresponguin a cada grup de la comunitat.
(Període de Juny a Juliol de 2009)

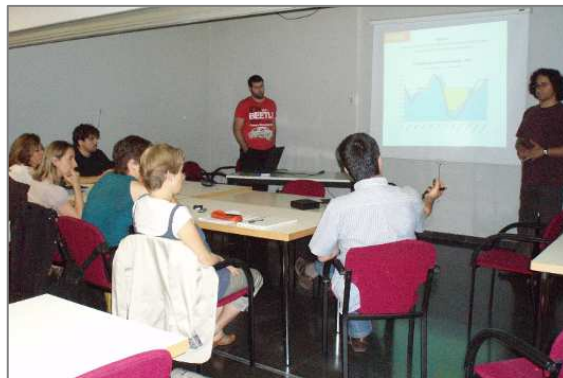


Fig.5.5. Fotografia de la darrera reunió per a l'aprovació del PA de la BRGF, Juny 2010.

Font: M.Núñez

Fase 4. Aplicació i avaluació compartida del Pla d'acció (PA)

L'equip d'experts extern i els responsables de la comunitat implicats, coordinen conjuntament l'aplicació sobre la realitat de les accions d'estalvi del PA consensuades. L'equip d'experts extern realitza el seguiment i l'avaluació dels resultats de l'impacte de les accions en el consum real, i en fa difusió a la comunitat en un format intel·ligible al receptor (i per tant, amb possibilitat de generar diàleg).

5.3.3.4. Dades analitzades

En el procés d'avaluació de l'impacte de les accions de millora en el consum de recursos i en reducció de les emissions de CO₂ de la BRGF, les dades analitzades es poden diferenciar en dos categories:

- Dades quantitatives:
 - Consum mensual d'electricitat [kWh]
 - Consum mensual d'electricitat [kWh/usuari]
 - Consum mensual d'electricitat [kWh/hora d'obertura]
 - Temperatura i humitat interiors [°C, %]

- Dades qualitatives:
 - Documents elaborats per membres de la comunitat BRGF.
 - Correus electrònics de membres de la comunitat BRGF

5.3.3.5. Instruments utilitzats

En el desenvolupament del projecte de recerca, el grup d'estudiants va utilitzar diferents instruments tant per a la fase de diagnosi com per a l'elaboració del Pla d'acció o l'avaluació i seguiment dels resultats. Els instruments utilitzats són els següents:

- Sistema d'informació sobre el consum d'energia i aigua de la UPC (SIRENA)

Es tracte d'un software que permet gestionar a través d'una pàgina web la informació disponible sobre el consum energètic i d'aigua de tota la UPC. En el cas de la BRGF, el SIRENA permet accedir a la monitorització del consum cada 15 minuts de l'electricitat.

- Sistema de monitorització via web de les condicions ambientals a la BRGF

A través d'uns dispositius autònoms situats en espais representatius de l'edifici, és possible registrar de forma contínua la temperatura i la humitat de l'aire dels espais, i enviar la informació via *wi-fi* a una base de dades gestionada per un software de visualització. D'aquesta manera es pot identificar si les accions d'estalvi impulsades han modificat sensiblement les condicions ambientals interiors des de qualsevol pantalla d'ordinador.

- Software de simulació 3D d'edificis (*Sketch-up*):

Software lliure i de fàcil utilització, d'ús freqüent per a la representació ràpida de la trajectòria solar en arquitectura, la incidència de la radiació solar sobre un edifici, la formació d'ombres i la visualització en 3D. Eina molt útil en processos de *diagnosi fractal* per fer més comprensible la interpretació energètica de l'edifici a la seva comunitat.

- Software de simulació de sistemes d'enllumenat (*Dialux*)

Software lliure de simulació dels sistemes d'il·luminació artificial i de la incidència de la llum natural i artificial en l'interior d'un edifici. Permet simular el nivell d'il·luminació actual interior i fer propostes de modificació, quantificant també el consum energètic associat. Eina molt útil en processos de *diagnosi fractal* per fer més comprensible la interpretació energètica de l'edifici a la seva comunitat.

6. RESULTATS I DISCUSSIÓ

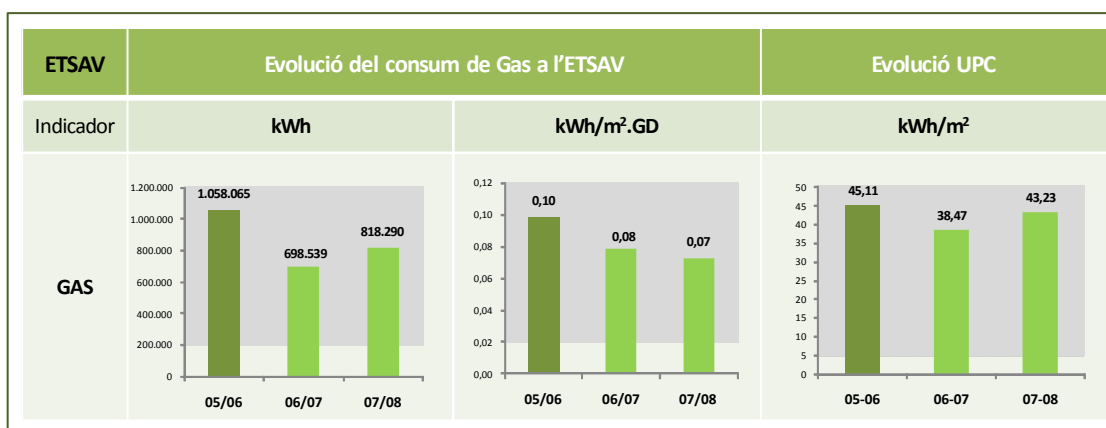
6.1. Resultats casos d'estudi

6.1.1. Resultats cas d'estudi ETSAV

En aquest apartat d'anàlisi dels resultats dels dos casos d'estudi cal destacar que el cas de l'ETSAV, com ja es fa esment en el capítol anterior (apartat 5.2.1) no es va realitzar amb la intenció de contribuir a aquesta *tesina*, però sí que una particular interpretació dels seus resultats ha servit *a posteriori* per orientar de forma determinant tant la *tesina* com el disseny del cas de la BRGF. En aquest sentit, tant les dades aportades com l'avaluació dels resultats sobre el consum d'electricitat i de gas de l'ETSAV ni són suficients ni tenen la profunditat que segurament requeririen, conscients que per a la *tesina* resulta més útil centrar l'atenció sobre el consum d'aigua.

6.1.1.1. Resultats quantitius

Consum de Gas:



Taula.6.1 Evolució dels indicadors del consum de gas per a calefacció a l'ETSAV. **Font:** UPCO₂

Període d'avaluació **Temporada HIVERN:** 2005-06 (base), 2006-07 i 2007-08.

Mesures adoptades en Gestió Durant les dues temporades següents a la "temporada d'hivern base 05-06", es va aplicar el *protocol de gestió* dissenyat per l'equip d'UPCO₂ i executat pel servei de manteniment de l'ETSAV

Condicions ambientals interiors

Segons les dades recollides a l'*Informe del Seguiment del Protocol de calefacció 2007-2008*⁶² elaborat per UPCO₂ es van registrar entre un 0,1 i un 13% d'hores insatisfetes (fora de les condicions ambientals mínimes). La majora part de períodes no satisfactoris és va localitzar a l'edifici CRITT (5,5%) i a l'Aula tòrica T3 (13,2%).

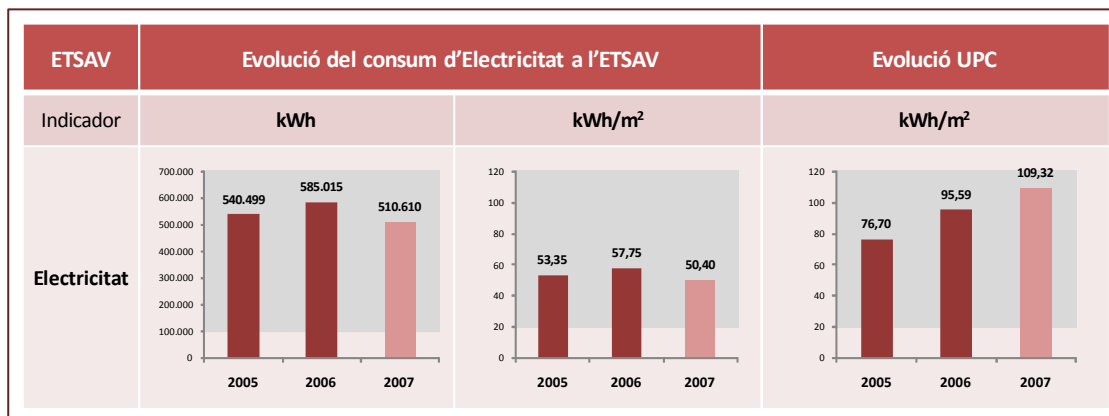
Com es pot observar a la taula 6.1 el consum total de Gas de l'ETSAV durant la primera temporada de calefacció en que es va aplicar el *protocol de gestió* (hivern 2006-07) aquest va disminuir un 34,0%. L'hivern següent (2007-08) el consum total va tornar a pujar, tot i quedar per sota de l'any base (05-06) en un 22,7%.

D'altra banda, si tenim en compte la influència de la variació de la demanda en funció de la temperatura exterior i l'augment de la superfície a calefactar amb la incorporació de l'edifici CRITT el 2006, l'indicador de kWh/m².GD ens mostra que durant la primera temporada de calefacció el consum relatiu va baixar un 20,2% i que durant la segona temporada, tot i augmentar el consum total, el valor relatiu va seguir disminuint (un 26,3% respecte l'any base).

En el context de la UPC i durant el mateix període, el consum per m² va disminuir durant primer hivern (un 14,7%) però va augmentar durant el segon (un 4,2%)⁶³ al contrari que a l'ETSAV.

Finalment, en l'avaluació dels resultats sobre el consum cal destacar el fet ja esmentat en el quadre anterior, que no en tots els espais ni durant totes les hores d'obertura es van complir les condicions ambientals mínimes requerides pel Servei de *Prevenió de Riscos Laborals de la UPC*⁶⁴ (temperatura entre els 17° i els 24°C a l'hivern) comptabilitzades a l'*Informe del Seguiment del Protocol de calefacció 2007-2008* com a % d'hores insatisfetes.

Consum d'Electricitat:



⁶² L'*Informe del Seguiment del Protocol de calefacció 2007-2008* és un document intern no publicat que UPCO₂ va realitzar el juliol de 2008 per al director de l'ETSAV, un cop finalitzat el període de seguiment i avaluació de les accions sobre el consum de gas i electricitat portades a terme durant els anys 2006 i 2007.

⁶³ No es disposa de les dades per kWh/m².GD de la UPC per la dificultat d'obtenir els GD de tots els campus durant el període estudiat.

⁶⁴ Les *condicions ambientals mínimes* requerides a la UPC es poden consultar al document: *Criteris mínims ergonòmics en el disseny mediambiental dels llocs de treball de la UPC*.
<http://www.upc.edu/prevenio>

Taula.6.2 Evolució dels indicadors del consum d'electricitat per a llum i força a l'ETSAV. **Font:** UPCO₂

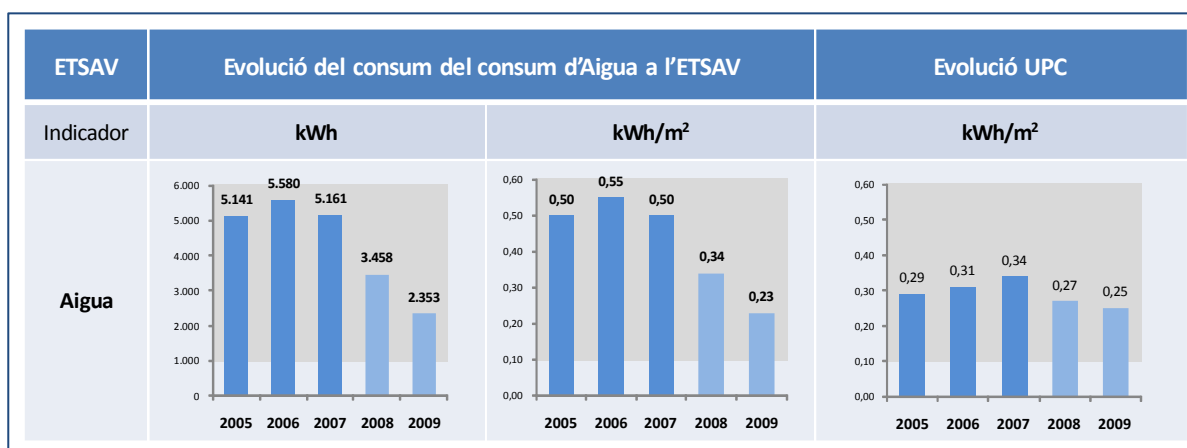
Període d'avaluació	Anys 2005, 2006 (base) i 2007.
Mesures adoptades en Gestió	Durant l'any posterior a l'any base (2006) es va aplicar el <i>Protocol d'encesa de l'enllumenat de l'ETSAV</i> elaborat per UPCO ₂ . A finals de 2007 es va substituir i millorar parcialment el sistema d'il·luminació de les aules pràctiques. No es disposa de l'avaluació específica de la incidència del canvi de lluminàries en el consum d'electricitat del 2007.
Condicions ambientals interiors	No es va documentar l'avaluació quantitativa de les condicions ambientals interiors en relació a la il·luminació artificial

Com es pot observar a la taula 6.2 durant l'any 2007 en que es va aplicar el *protocol de gestió de la il·luminació artificial* el consum total d'electricitat va disminuir un 12,7% respecte a l'any base 2006. En no haver augmentat la superfície durant el 2007 respecte el 2006, l'indicador de kWh/m² mostra la mateixa tendència que el consum total (un 12,7%).

En el context de la UPC i durant el mateix període, el consum d'electricitat per m² va augmentar un 14,4% seguint la tendència marcada els darrers anys, presumiblement per l'augment dels sistemes de refrigeració i particularment, per la posada en marxa del Súper-computador *MareNostrum* al Campus Nord.

Finalment, destacar que a partir de setembre de 2007 va entrar en funcionament el nou sistema d'enllumenat d'una part de les aules pràctiques de l'ETSAV. La incidència de la major eficiència de les lluminàries instal·lades és evident, però no el seu impacte sobre el consum elèctric total ja que es va donar simultàniament amb la millora de la gestió de l'encesa.

- **Consum d'Aigua:**



Taula.6.3 Evolució dels indicadors del consum d'aigua a l'ETSAV. **Font:** UPCO₂

Període d'avaluació	Anys 2005, 2006, 2007 (base), 2008 i 2009
Mesures adoptades Gestió	Durant els dos anys següents a l'any base (2007) no es va aplicar cap protocol d'actuació elaborat pe UPCO ₂ . Les accions d'estalvi d'aigua, en el context de sequera de l'any 2008 a Catalunya ⁶⁵ , van ser dissenyades i implantades per la pròpia comunitat, en particular, per iniciativa del servei de manteniment i de la direcció de l'ETSAV.
Condicions ambientals interiors	No es va documentar l'avaluació quantitativa de les condicions ambientals interiors en relació al consum d'aigua.

El cas del consum d'aigua és particular. L'estudi de l'aigua a l'ETSAV no va formar part del projecte de recerca del *Programa UPCO₂* perquè les poques emissions associades al seu consum⁶⁶ no el feien prioritari respecte altres accions reducció de CO₂ de la UPC. La tasca original d'UPCO₂ d'assessorament en la gestió directa de la calefacció i l'enllumenat van finalitzar l'hivern de 2007-08, i només van continuar aquelles relacionades amb el seguiment i supervisió de l'evolució dels resultats a través de la redacció d'informes periòdics.

El context social d'emergència creat per la *crisi de l'aigua* de l'any 2008⁴ va generar una conscienciació a nivell nacional sobre la necessitat de l'estalvi d'aigua sense precedents a l'àmbit català. En aquest context, amb restriccions de l'ús d'aigua de reg i amb múltiples campanyes de sensibilització impulsades des dels governs locals i autonòmics i transmeses amb intensitat pels mitjans de comunicació, el director de l'ETSAV va proposar treballar sobre la reducció del consum d'aigua de l'escola, tal com ja s'havia aconseguit fer amb el gas i l'electricitat. UPCO₂ només va accedir a participar en el seguiment de la monitorització del consum per la seva familiaritat amb el sistema d'informació SIRENA, però no va elaborar cap *Protocol de gestió* en l'optimització de l'ús de l'aigua a l'ETSAV.

Com es pot observar a la taula 6.3 el consum total d'aigua de l'ETSAV va disminuir el 2008 un 33% respecte l'any base (2007) la mateixa disminució que l'indicador en m³/m², que passava a apropar-se als valors per m² de la resta de la UPC (0,34 m³/m²). En el mateix període, la UPC (ETSAV inclosa) va disminuir també el seu consum per m² en un 20,6%.

L'any 2009 un cop superada la *crisi de l'aigua*, el consum de la UPC va seguir disminuint però de forma més moderada, arribant a una reducció del consum per m² del 26,5% respecte l'any base (2007).

⁶⁵ L'any 2008 Catalunya va patir un episodi de sequera que va comportar la restricció temporal d'alguns usos de l'aigua (per a reg) i un canvi cap a una reducció de la demanda d'aigua que es va mantenir els anys següents. Veure: <http://www.elperiodico.cat/ca/noticias/barcelona/20100728/barcelona-segueix-reduint-consum-daigua-tot-les-intenses-pluges/408138.shtml>

⁶⁶ En el llibret de Jordi Bigues "X un bon clima" coeditat pels CADS, afirma que són 220 grams en la versió en PDF coeditada amb la Fundació Terra i que són 175gr en la versió en paper coeditada amb Octubre. En aquesta darrera versió especifica que 25 gr corresponen a la captació, 25 a la distribució i 125 a l'evacuació i a la depuració).

Durant el 2009 l'ETSAV també va seguir disminuint el seu consum d'aigua fins arribar a un descens del 54% respecte el 2007, aconseguint que l'indicador de consum per superfície (m^3/m^2) fos fins i tot inferior al de la mitjana de la UPC.

L'ETSAV havia passat entre el 2006 i el 2009 de superar en un 35% el consum/ m^2 de la UPC a consumir-ne un 8% menys, tot i que la pròpia UPC també havia reduït el seu consum un 20% en el mateix període.

6.1.1.2. Resultats qualitatius

Des del punt de vista subjectiu de l'autor (com a *observador participant*) la disminució de més de la meitat del consum d'aigua a l'ETSAV no es podia explicar només per l'efecte de la *crisi de l'aigua* o perquè l'escola partís d'un nivell de consum sense dubte desproporcionat respecte la resta de la UPC.

La sensació era que la feina feta durant els anys anteriors en optimització de la gestió del consum de gas i d'electricitat havia influït d'alguna manera en la comunitat ETSAV, l'havia "capacitat" per traslladar a l'estalvi d'aigua quelcom que havia après en estalvi energètic per a la reducció d'emissions de CO_2 . Però què és el que havia après la comunitat d'UPCO₂?

L'estalvi d'aigua a l'ETSAV no s'havia produït gràcies a l'aplicació rigorosa i precisa d'unes instruccions d'ús i gestió de l'aigua, de *protocols* elaborats amb sofisticades eines de simulació o fruit de l'aplicació de coneixements profunds sobre la matèria. Simplement no hi havia instruccions.

En aquest sentit, cal destacar que l'adopció per part de la comunitat i en particular del servei de manteniment de l'ETSAV, de les instruccions elaborades pels "experts" d'UPCO₂ no va ser mai senzilla. Per desconeixement o per desconfiança, l'aplicació dels protocols de gestió va generar continus episodis de conflicte entre l'equip d'experts i el servei de manteniment (però també amb altres membres de la comunitat). Conflictes que van posar sovint en perill la pròpia continuïtat del projecte (i per tant, l'estalvi final d'emissions de CO_2).

Si no hi havia instruccions, què tenien en comú l'estalvi d'aigua amb l'aconseguit en energia i gas?: la monitorització, l'accés a la informació detallada del consum de recursos. Un accés ja no restringit només als experts, sinó també a altres membres claus de la comunitat: el director de l'escola per exemple, però també a altres membres "tan poc experts" com el conserge *Mariano*⁶⁷, un dels usuaris més actius de la monitorització de l'ETSAV.

La monitorització era necessària però no suficient⁶⁸. I en aquest sentit la figura del director de l'escola (amb el suport de l'autor) va ser clau, no com expert en física aplicada a l'arquitectura, sinó com a director d'una comunitat. Va saber incloure la gestió de l'energia i de l'aigua, la cerca de l'estalvi en el dia a dia del PAS i dels estudiants de la comunitat ETSAV (i en menor mesura del PDI) fins a extrems que ratllaven l'obsessió. Va saber generar enllaços amb els actors claus (servei de manteniment, personal de neteja, de consergeria i de seguretat, etc.) amb ell mateix i amb l'equip d'experts, però també entre els membres de la comunitat entre ells: va

⁶⁷ Petita llicència de l'autor, a moda de dedicatòria al Mariano Guardia, *jubilat* de l'ETSAV.

⁶⁸ Existeixen dispositius de monitorització en el 80% d'edificis de la UPC i no coneixem encara cap conserge que el faci servir, i sovint, ningú més que el servei de manteniment.

saber crear una xarxa “vibrant” per on fluïa la informació i es generava coneixement (veure apartat 4.2.5) .

Aquesta percepció subjectiva de l'autor és difícil de contrastar amb altres dades quantitatives o qualitatives, sobretot com en aquest cas, quan la seva recollida s'ha fet *a posteriori*. Aquest és una de les lliçons del cas ETSAV que posteriorment es va aplicar a la BRGF: cal saber identificar les dades qualitatives dels casos d'estudi que ens ajudin a identificar l'aprenentatge de la comunitat.

En el cas de l'ETSAV, només hem pogut recollir un sol document escrit, d'altra banda especialment significatiu: un llibret titulat precisament “*Seguimos aprendido*” redactat el per un membre del servei de neteja de l'ETSAV d'una empresa externa, que el juny de 2009 el va fer arribar al director de l'escola. Segurament la persona de la comunitat ETSAV *a priori* “amb menys expertesa” en arquitectura i estalvi energètic, va escriure un petit document per a les seves companyes de feina on explicava amb detall i en llenguatge planer, com fer les tasques de neteja de l'escola per contribuir al seu estalvi d'energia i aigua. (Veure Annex 2)

6.1.2. Resultats cas d'estudi BRGF

6.1.2.1. Condicionants del cas BRGF

Abans d'iniciar l'anàlisi dels resultats obtinguts en el cas d'estudi de la BRGF cal tenir en compte algunes consideracions respecte al cas d'estudi anterior.

Per una banda, en el procés de diagnosi del cas de la BRGF des de bon principi es va poder centrar el focus d'atenció sobre la comunitat i no tant la interfície (part física de l'edifici), després de l'experiència adquirida a l'ETSAV. Però d'altra banda, a l'inici del projecte no es disposava de cap metodologia adequada per a una diagnosi des d'aquesta perspectiva. La metodologia de la *diagnosi fractal* va sorgir en el procés de discussió interna de l'equip d'estudiants després dels primers intents d'aproximació a la BRGF des de la comunitat.

D'altra banda, en el cas de la BRGF el projecte d'estalvi energètic no va sorgir per l'impuls i la motivació del director de la comunitat, sinó com una proposta externa d'un grup d'estudiants vinculats únicament a la comunitat de la biblioteca com usuaris eventuais. Un director amb gran expertesa en l'àmbit de la biblioteconomia però sense cap coneixement específic en edificació i energia, que inicialment es va mostrar més aviat preocupat pels eventuais efectes negatius sobre el confort dels usuaris de les possibles propostes d'estalvi energètic.

Pel què fa a l'equip d'experts, aquests eren estudiants de grau que no coneixien la comunitat ni la interfície *a priori*. Tampoc tenien la possibilitat d'accedir a l'edifici amb freqüència ni la facilitat per comunicar-se i interpel·lar als treballadors o usuaris de la biblioteca. Finalment, també cal destacar que el projecte d'estudiants era un estudi d'iniciació a la recerca sense assignació de pressupost per a intervenir sobre la modificació de la interfície.

Tots aquest condicionants però, podien ser vistos com adequats per contrastar l'aplicació d'estratègies que viables en contextos restringits (capacitat d'inversió mínima, expertesa limitada i necessitat d'obtenció de resultats en estalvi reals). Aquestes condicions permetien a l'equip d'estudiants treballar en condicions més similars a la realitat que potser en el cas de l'ETSAV.

6.1.2.2. Aplicació de la metodologia *diF*

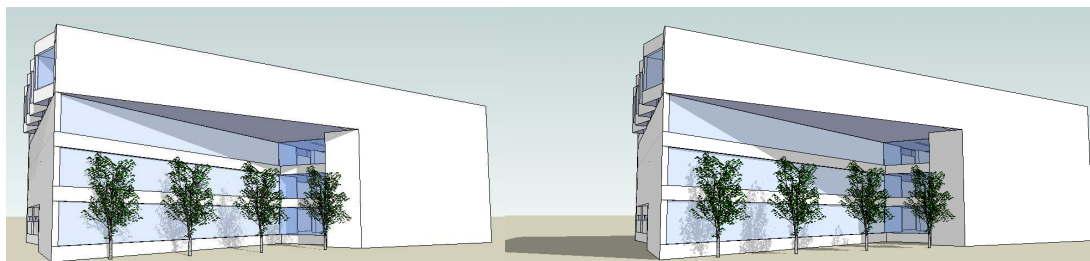
Va ser a partir de l'aplicació de la *diagnosi fractal* (diF) (fig. 5.4) i sobretot fruit del consens aconseguit en les reunions entre comunitat i equip d'estudiants al final cada fase, que van anar sorgint les diferents propostes d'actuació. Les accions que presentaven més “robustesa” tècnica però també “comunitària” superaven l'intens procés de diàleg i negociació per arribar a formar part del Pla d'Acció (PA). Cal destacar el fet que les accions amb *més robustesa*, i per tant, menys incertesa en la consecució real d'estalvi, eren precisament aquelles sorgides *des de* la comunitat. Propostes que no van *emergir* a l'inici del procés, sinó al final de cada fase.

De fet, el 50% de les accions del PA no les van proposar els experts externs, i tenien en comú que no requerien inversió econòmica. D'aquestes en destacarem dues (2a i 3a propostes) que són les que s'han pogut aplicar en el període de maig a agost de 2010 i les úniques que s'han pogut avaluar a través del consum real d'electricitat⁶⁹.

1a proposta: *Arbres per la protecció de l'excés de radiació solar de la façana Est.*

Aquesta proposta va sorgir des de l'adjunta a gerència de Campus Nord durant la Fase 1 de la *diF*, després dels arguments exposats per l'equip d'estudiants sobre la problemàtica de l'excés de radiació incident sobre la façana vidriada Est i els problemes de disconfort que generava. Juntament amb l'arquitecta del Servei de Patrimoni de la UPC van proposar que s'aprofités el projecte existent de renovació de l'entorn de la BRGF per incloure la proposta dels arbres.

(Proposta executada a finals de setembre de 2010).



Imatge.6.1 Simulació amb *Scetch-up* de la formació d'ombres a l'hivern i l'estiu amb la incorporació d'arbres davant la façana Est. **Font: Gairin, M. i Ortiz, C.**

2era proposta: *Estudi i intervenció sobre la reducció del consum de fons (nits)*

Aquesta va sorgir durant la Fase 2 a partir de la reunió amb sectors de la comunitat, en aquest cas, durant la reunió entre el servei de manteniment i el grup d'estudiants. Per iniciativa pròpia, ni tant sols a partir d'una proposta feta des dels estudiants, el servei de manteniment va aportar aquesta acció executada durant els dies següents a la reunió.

(Proposta executada a finals de maig de 2010).

3era proposta: *Ajust de la disponibilitat d'espais al nivell d'ocupació: “gestió d'espais”*

Aquesta proposta va sorgir durant la fase final (Fase 3) de la *diF*, després que el cap de la biblioteca escoltés l'exposició dels arguments i les propostes dels estudiants per reduir el

⁶⁹ Les accions i els resultats avaluats corresponen al període de maig a agost de 2010 degut a que la tesina es va entregar l'1 d'octubre de 2010.

consum energètic en períodes de baixa ocupació (principalment durant els mesos de Juliol i Agost). Davant la proposta dels estudiants d'utilitzar exclusivament la llum natural en bona part de la biblioteca per estalviar en il·luminació artificial, i el director va proposar mantenir únicament obertes i en condicions d'habitabilitat necessàries la Planta 2, aprofitant que la Planta baixa es trobaria en obres. Això comportava una reducció a menys d'1/3 de la superfície a condicionar.

(Proposat executada durant els mesos de Juliol, Agost i bona part de Setembre de 2010)

6.1.2.3. Resultats quantitius

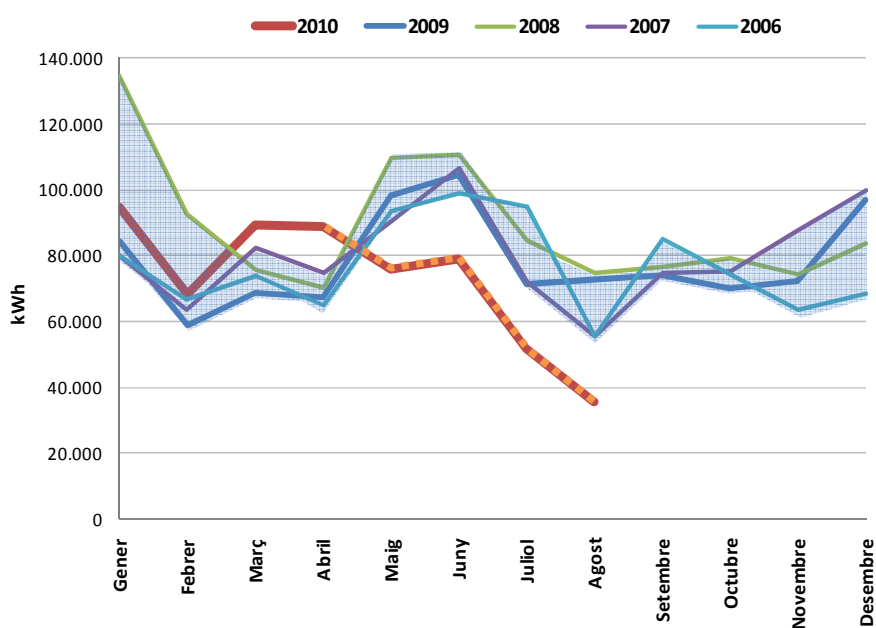


Fig.6.1 Comparativa entre l'evolució mensual del consum d'electricitat el 2010 i "l'envoltant" corresponent al consum mensual dels darrers 4 anys. **Font: elaboració pròpia**

En la figura 6.1 es pot observar que, independentment d'altres factors (climatologia, ocupació, horaris d'obertura, etc.) el consum total d'electricitat en el període de maig a agost de 2010 va experimentar un canvi radical de tendència, situant-se molt per sota de l'envoltant dels darrers anys (un 30,5% menys que la mitjana de consum de 2006 a 2009 en el mateix període).

Una possible interpretació d'aquest descens podria ser el fet que les condicions climatològiques durant el període de maig a agost haguessin estat menys exigents. En aquest sentit, cal aclarir que l'autor no ha pogut aportar les dades sobre la variació dels graus-dia (GD) en relació al consum energètic, per manca de temps en treballar sobre resultats molt recents. Deixant per a més endavant l'estudi necessari dels GD, és cert que en aquest cas pot ser orientatiu el considerar que l'envoltant dels darrers 4 anys també incorpora una certa afectació de la variabilitat climàtica en el seu consum.

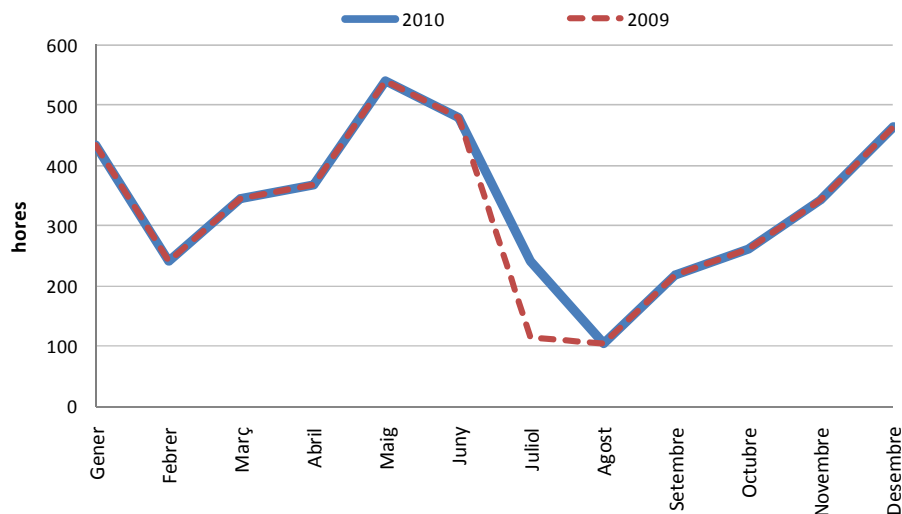


Fig.6.2 Comparativa entre l'evolució mensual de les hores d'obertura el 2010 respecte el 2009.

Font: BRGF

Una altra possible interpretació del descens del consum durant el 2010 podria ser el fet que, tractant-se d'un edifici d'ús intensiu i amb períodes d'obertura molt amplis i variables, el 2010 hagués sofert una disminució en l'*oferta* d'obertura. Com es pot veure a la figura 6.2 el 2010 va mantenir el mateix nivell d'obertura, fins i tot va augmentar un 3,2% respecte l'any anterior al doblar el nombre d'hores durant el mes de Juliol.

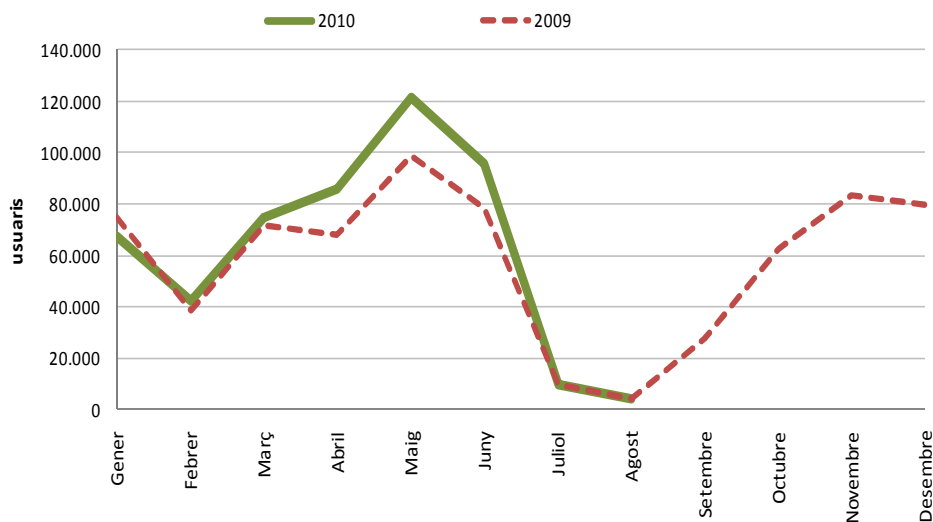
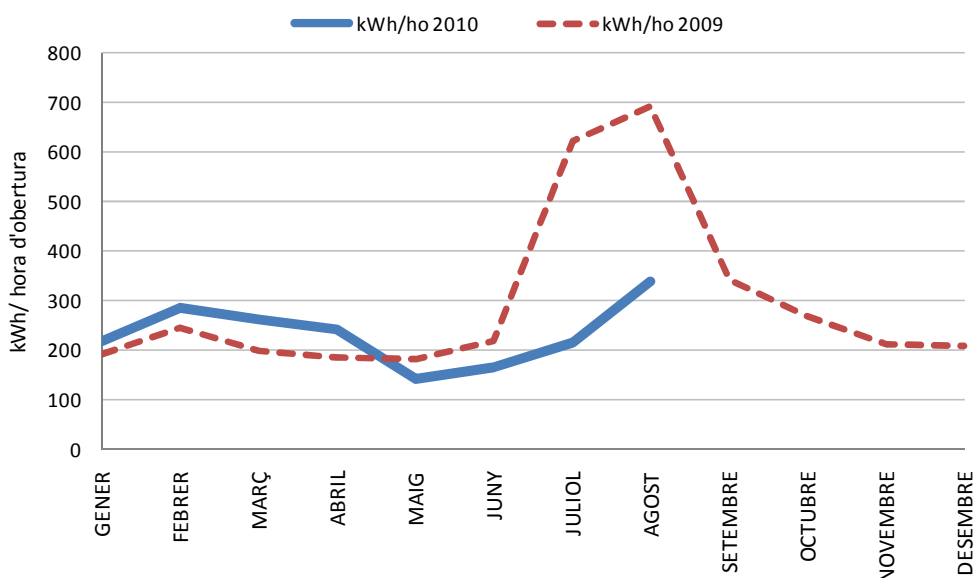


Fig.6.3 Comparativa entre l'evolució mensual del nombre d'usuaris el 2010 respecte el 2009. **Font:**

BRGF

Finalment, un darrer factor que també podia haver influït en el descens del consum és la variació del nombre d'usuaris de la biblioteca. En aquest cas, com es pot veure a la figura 6.3 el nombre d'usuaris en el període de maig a agost de 2010 no només no va disminuir, sinó que va augmentar un 20,9%.



6.4 Comparativa entre l'evolució de l'indicador de kWh/hora d'obertura el 2010, respecte el 2009.

Font: BRGF

Si avaluem l'eficiència en l'ús de l'energia a la BRGF en relació al nivell d'activitat de la BRGF (relació entre consum i hores d'obertura (kWh/ho)) es pot comprovar que l'indicador ha disminuït considerablement durant el període de maig a agost de 2010 respecte el 2009. (veure figura 6.4) Durant aquest període s'ha reduït un 49,9% la quantitat d'energia (kWh) necessària per cobrir cada unitat d'activitat (hora d'obertura). (Veure fig.6.4)

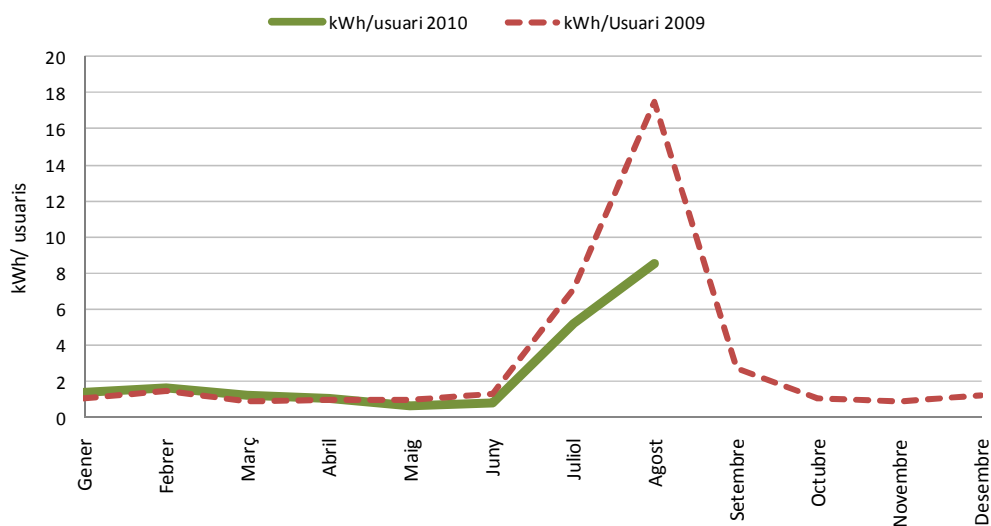


Fig.6.5 Comparativa entre l'evolució de l'indicador de kWh/usuaris el 2010 respecte el 2009.

Font: BRGF

Si avaluem l'eficiència en l'ús de l'energia a la BRGF en relació a la seva ocupació (relació entre consum i nombre d'usuaris (kWh/usuaris)) es pot comprovar que l'indicador també ha disminuït considerablement durant el període de Juny a Agost de 2010 respecte el 2009. Durant aquest període s'ha reduït un 43'5% la quantitat d'energia (kWh) necessària per cobrir cada unitat d'ocupació (usuari) de la BRGF. (veure fig.6.5)

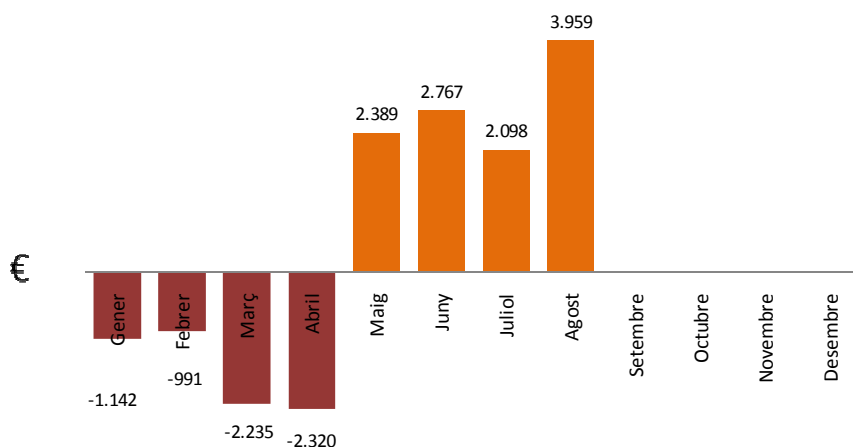


Fig.6.6 Diferencial entre el cost estimat de la factura mensual en euros el 2010 respecte el 2009.
Font: BRGF

A nivell aproximatiu (veure figura 6.6) s'ha fet un senzill càlcul del diferencial entre la factura mensual en euros el 2010 respecte al 2009⁷⁰. L'estalvi total en euros per al període de maig a agost de 2010 estaria al voltant dels 11.000 € respecte el 2009.

L'estalvi en emissions de CO₂⁷¹ associades a la reducció del consum d'electricitat en aquest mateix període és de 52,6 tones de CO₂. Si comparem aquesta dada amb l'estalvi anual d'emissions a l'ETSAV el 2009 (respecte les emissions de 2005) que va ser de 105,7 Tn CO₂⁷² ens adonem que a la BRGF en quatre mesos s'ha estalviat la meitat que el que estalvia l'ETSAV anualment.

Però ens manca disposar d'un indicador sobre les condicions ambientals interiors. En aquest cas hem fet servir el mateix que a *l'Informe del Seguiment del Protocol de calefacció de l'ETSAV: el % d'hores insatisfetes*. És el percentatge d'hores en que, respecte al 100% d'hores totals d'obertura, no s'han pogut mantenir les condicions ambientals necessàries (de temperatura i humitat) recomanades.

⁷⁰ S'ha considerat 1kWh = 0,11 euros

⁷¹ S'ha considerat 1kWh elèctric = 0,502 kg de CO₂. Dada del Programa UPCO₂

⁷² Dada extreta del SIRENA: www.upc.edu/sirena

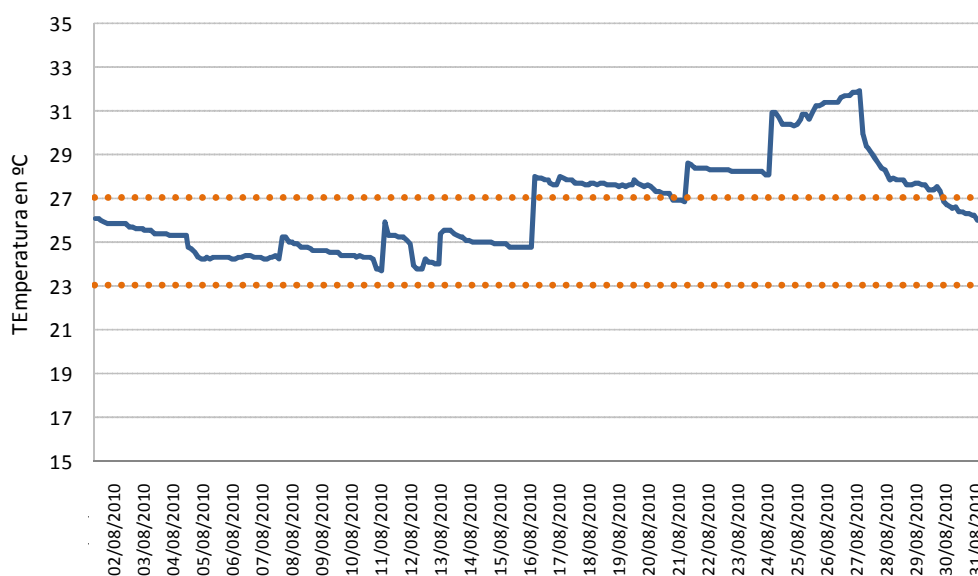


Fig.6.7 Gràfica de l'evolució de la temperatura interior durant el mes d'Agost de 2010 a la Planta 2 de la BRGF, durant les hores i els dies d'obertura.

Font: Elaboració pròpia a partir de la web de condicions ambientals de la BRGF⁷³

A partir de l'anàlisi de les condicions ambientals durant les hores d'obertura de la Planta 2, com a espai representatiu de la BRGF (veure fig.6.7 mes d'agost), s'ha elaborat el quadre de les hores insatisfetes durant el període de maig a agost de 2010 (veure taula 6.4).

BRGF (P02)	% d'hores insatisfetes (Temperatura per sobre de 27°C)	% d'hores insatisfetes (30% < Humitat relativa > 70%)
Maig	0,3%	0,0%
Juny	0,1%	0,0%
Juliol	30,0%	0,0%
Agost	45,2%	0,0%

Taula.6.4 Taula resum del % d'hores insatisfetes durant el període d'obertura de maig a agost de 2010.

Font: Elaboració pròpia a partir de la web de condicions ambientals de la BRGF⁷⁴

⁷³ Les condicions ambientals de la BRGF (Temperatura i Humitat) es poden consultar amb contrasenya a: <http://meteoroleg.upc.es/dexserver/login.htm?jsessionid=75B47AD20BC130E59F84B1EDBC2A4993>

Aquest indicador sobre les condicions ambientals adverteix que, així com la humitat interior en cap moment genera condicions ambientals insuficients, en el cas de la temperatura durant els mesos de juliol i especialment d'agost supera en un percentatge elevat el límit dels 27°C (entre el 30% i el 45% del temps). Aquesta dada és preocupant perquè indica que l'estalvi energètic aconseguit durant el juliol i l'agost no s'ha donat simultàniament amb el manteniment de la temperatura ambiental necessària.

En tot cas, l'avaluació de les condicions ambientals requereix un estudi més profund perquè no es tenen dades quantitatives sobre les condicions ambientals en els mateixos mesos durant anys anteriors (no hi ha registre) i per tant, no se sap si aquestes eren les mateixes, han empitjorat o fins i tot han millorat. Tenint en compte les característiques de l'edifici, amb una gran façana vidriada orientada a Est amb problemes d'excés de radiació (veure imatge 6.1) i amb molta càrrega interna és possible que les condicions ambientals no es complissin prèviament a les accions implantades. En aquest sentit, els resultats d'enquestes internes realitzades a la BRGF la situen com una de les biblioteques que registre més queixes sobre confort ambiental de totes les de la UPC.

Recordar finalment, que el canvi radical de tendència tant a nivell de consum total d'energia com a nivell d'indicadors d'eficiència en relació a l'ocupació o a l'activitat, ha coincidit amb precisió amb el període d'aplicació de les dues úniques accions que s'han pogut portar a terme proposades al Pla d'Acció (PA). La relació entre les accions i l'estalvi generat sembla raonable.

6.1.2.4. Resultats qualitius

Després de l'experiència de l'ETSAV en el cas de la BRGF es va tenir en compte la identificació d'aquelles dades qualitatives que ajudessin a argumentar si el procés de *diagnosi fractal* havia generat canvis a nivell d'organització, canvis en la comunitat: si més enllà dels estalvis quantitius s'havia produït un procés *d'aprenentatge comunitari*.

En aquest sentit, en l'Annex 3 es poden trobar alguns exemples de correus electrònics originals o de documents escrits per membres de la comunitat de la BRGF, que poden ajudar a identificar canvis de el comportament de la comunitat. Tot seguit es mostren dos extractes significatius:

Dijous, 23. Setembre 2010 10:21AM

Hola Galdric,

respecte al projecte d'estalvi energètic que heu començat, et comunico que la BRGF va fixar-se l'objectiu per al 2010 de col·laborar amb vosaltres i amb qui correspongui per fer possible el màxim d'estalvi. Concretament, el nostre objectiu 2010 és: "Col·laborar amb el projecte d'estalvi energètic a la BRGF".

Donada d'importància que atorguem a aquest objectiu, el que hem fet a posteriori ha estat assignar-ne el seguiment i desenvolupament a una persona de la nostra plantilla que té estudis acabats en enginyeria.

⁷⁴ Les condicions ambientals de la BRGF (Temperatura i Humitat) es poden consultar amb contrasenya a: <http://meteorolog.upc.es/dexserver/login.htm?jsessionid=75B47AD20BC130E59F84B1EDBC2A4993>

Et recordo que està previst que a la propera reunió de caps de biblioteca vinguis a explicar com ha funcionat el projecte amb d'intenció d'extindre alguna d'aquestes accions en altres biblioteques si això fós possible.

Fins aviat, Miquel Codina Cap de la BIBLIOTECA RECTOR GABRIEL FERRATÉ

El director de la Biblioteca expressa amb aquest mail el fet que el servei de biblioteques de la BRGF ha incorporat com a objectiu de la seva organització l'estalvi energètic i que fins i tot ha assignat a una persona de la seva organització la tasca de seguir impulsant el projecte després de la finalització de la diagnosi.

Precisament la persona assignada ha començat a proposar noves accions d'estalvi (*casualment* és enginyera a més de bibliotecària) de manera que es pot interpretar que el procés de diagnosi continua actiu dintre de la comunitat, més enllà de l'impuls inicial de l'equip d'experts.

Data: 29/08/2010 08:40PM

Hola Galdric,

les dades de l'estavi de les refredadores quedarà reflectit en el informe del 3er trimestre ja ho tinc contabilitzat desde que vam fer l'acció a la produccio de calor i es prou significatiu, tinc un altre cas semblant al mòdul C5, pero bè ho anirem veien durant aquest any.

Tambè he de dirte que aquest estiu he implivat molt als operaris explican el que estic fent i crec que això ens portarà un estavi brutal ja que son una eina clau en aquest sentit. Per últim dirte com sempre t'ho dic que tu ets uns del impulsors amb la teva empena el que ens ha portat a aconseguir engrescar-nos per fer aquestes accions.

Salutacions. Alberto Lapuente

(Enginyer del servei de manteniment de Campus nord-UPC)

En aquest mail un dels tècnics del servei de manteniment parla de la importància d'haver "implicat molt als operaris explicant el que estic fent" per aconseguir "un estalvi brutal ja que són una eina clau". És el reconeixement per part d'un enginyer de la importància de la gent en l'estalvi energètic en edificis no és freqüent i particularment valuós per a la perspectiva proposada en aquesta *tesina*.

6.2. Resultats entrevistes

6.2.1. Introducció

L'anàlisi dels resultats de les entrevistes s'ha realitzat a partir de la categorització de les respostes *a posteriori*, agrupant en poques categories totes les respostes amb significats equivalents. De tota manera, no totes les preguntes de l'entrevista han generat l'anàlisi dels resultats ja que bona part de les preguntes servien per conduir l'entrevistat cap a les preguntes claus.

La decisió d'escollir la tipologia de *pregunta oberta* (veure apartat 5.2.3) ha estat extraordinàriament útil per a orientar altres fases de la tesina i per confirmar o corregir intuïcions de l'autor, però d'altra banda, també ha dificultat molt l'anàlisi dels resultats en produir-se contínuament respostes molt diverses i plenes de matisos.

6.2.2. Resum dels resultats de les entrevistes

En l'Annex 1 (apartat b) es poden consultar en detall les gràfiques amb totes les preguntes i respostes de les entrevistes; resultats que tot seguit es comentaran de forma resumida.

Fase 2. Estratègies presents i futures sobre estalvi energètic en edificació existent

P-2.6, P-2.7 i P-2.10, P-2.11:

En aquesta apartat de l'entrevista destaca el fet que en relació a la pregunta 2.6, tots els entrevistats reconeixen que en els projectes d'estalvi en edificació en que havien participat no s'havia executat realment més de la meitat de les accions identificades, i que el 60% dels entrevistats reconeguéssim que ni tant sols s'arribava a executar una quarta part. En el mateix sentit i en relació a la pregunta 2.10, el 87% reconeix que no creu que les accions realment executades (menys de la meitat com vèiem) arribessin a complir un 15% de les expectatives d'estalvi teòric.

Pel què fa a les raons que els entrevistats expliquen de la manca de correspondència entre estalvi teòric i real, a la P-2.7 responen en un 73% que les raons són econòmiques, tant per manca de capacitat d'inversió com pels llargs períodes d'amortització associats a les inversions d'estalvi. Alhora, un cop implantades les accions, els experts (en un 93%) afegeixen que l'efectivitat de les mesures disminueix encara més per la manca de seguiment de les accions, falta d'interès o mal ús per part dels usuaris o gestors de l'edifici.

Així doncs, de l'experiència dels entrevistats es pot interpretar que: **“les estratègies utilitzades en estalvi energètic els darrers anys, en un context econòmic de bonança i de facilitat per a l'obtenció de finançament, no van complir les expectatives d'estalvi estimades, tan per**

qüestions econòmiques com per mala gestió i manca d'interès real dels gestors dels edificis”.

P-2.8 i P-2.9

En relació al coneixement del grau d'efectivitat sobre la reducció real del consum d'energia, el 93% dels entrevistats reconeix que no disposa d'aquesta informació (sense entrar en si s'aconsegueix o no estalvi). Les raons esgrimides són principalment, que no és obligació de qui fa la diagnosi i l'obtenció de resultats i que fer el seguiment detallat de l'estalvi sempre suposa un sobre cost que no vol assumir ni l'expert ni el client.

En definitiva, es pot deduir que: **“en la gran majoria de casos no existeix un procés d'avaluació integral de les intervencions sobre estalvi energètic en edificis, en no incloure el seguiment del consum real, i per tant, no és possible contrastar la hipòtesi teòrica amb la realitat”.**

P-2.12

Davant el repte del canvi de context econòmic present i futur, amb evidents restriccions a la inversió en estalvi energètic, els experts aporten la seva visió sobre les estratègies a seguir. Prop del 50% dels experts entrevistats opten per solucions molt allunyades de l'abast dels tècnics (augment del preu de l'energia, canvis legislatius, canvis culturals). Altres un 13%, aposten per l'externalització de la gestió energètica a empreses externes a la comunitat (ESE), opinió defensada justament per aquells experts relacionats amb els àmbits de la política energètica (EP.1 i BP.2). Finalment, un 27% també es podria considerar que **aposten per l'externalització de la gestió** (respecte la comunitat) però a través dels sistemes, en proposar la implantació intensiva de la Telegestió als edificis que permeti l'optimització del seu ús.

Fase 3. Perspectiva sobre l'objecte d'estudi “edifici”des del punt de vista energètic

P-3.1 i P-3.4

Aquestes dues preguntes estan molt relacionades, tot i que de forma indirecte. En la primera, la resposta sobre quina és la variable més determinant en el consum energètic d'un edifici, el 87% dels entrevistats assenyalen *la gestió o el comportament dels usuaris*, totes dues relacionades amb la comunitat de l'edifici. I sorprenentment, els únics entrevistats que opinen que és l'envoltant o els sistemes el factor determinant, són precisament aquells que tenen un a formació no relacionada ni amb l'arquitectura ni amb l'enginyeria (BP1 i BP2).

Semblaria doncs, que els experts en l'envoltant i els sistemes de l'edifici (arquitectes i enginyers) opinen que el factor més important no és precisament el que ells treballen.

En aquest mateix sentit, és *sorprenent* que en la P-3.4 sobre amb quina definició d'edifici (des del punt de vista de l'energia) estaven més d'acord, cap dels entrevistats va preferir la definició com a “sistema socio-tècnic”: l'única opció que incorporava algun aspecte relacionat amb la

comunitat, d'altra banda, el factor reconegut prèviament com a més determinant en el consum energètic en la P-3.1.

P-3.3 i P-3.5

Finalment, aquestes dues qüestions estaven molt relacionades amb la hipòtesi de la *tesina*: la perspectiva dels edificis com a “edificis vius” o sistemes vius. En aquest sentit és destacable el fet que només 1 dels 15 entrevistats va descriure l'edifici com a “organisme viu” en la seva primera proposta de definició d'edifici. Va ser un arquitecte professor universitari. D'altra banda, només 3 dels entrevistats va “acceptar” la proposta de l'entrevistador de percebre l'edifici com a “sistema viu”. Van ser un arquitecte, un físic i un ambientòleg. Cap enginyer.

D'aquestes dues preguntes i les respostes dels experts entrevistats, es podria deduir que la perspectiva de l'edifici com a *sistema viu* no és habitual, i que quan és proposa, només és acceptada per aquells que no són enginyers, la tipologia d'expert socialment més reconeguda en estalvi energètic en edificis.

6.3. Discussió

6.3.1. Introducció a la discussió

El contingut dels objectius d'aquesta *tesina* (veure capítol 3) expressen la voluntat de l'autor per iniciar noves línies de recerca que pugui fer front al repte del canvi climàtic en el sector de l'edificació.

Per poder determinar el disseny de la recerca adequada en estratègies d'intervenció per a la reducció d'emissions en edificis, s'ha realitzat una breu exploració sobre les estratègies existents, tant a través de la descripció de l'Estat de l'Art (veure apartat 2.4) com mitjançant l'entrevista a experts en edificació i energia (veure apartat 5.2). Aquesta exploració sobre el *passat* ha permès alhora, identificar aquelles barreres que hagin pogut impedir la consecució real de l'estalvi d'emissions en edificis, i que permetin determinar els requeriments a complir per les estratègies futures. Aquestes hauran de ser necessàriament diferents, no només per poder millorar els resultats anteriors, sinó per seguir sent viables en un context que ha canviat molt i molt ràpidament.

En l'apartat que segueix es proposa la discussió sobre l'efectivitat de les estratègies existents en reducció de CO₂ i es planteja a la vegada, la necessitat d'un canvi radical de perspectiva en la recerca sobre intervenció en reducció de les emissions del sector de l'edificació, recolzada sobre nous marcs teòrics de referència que pugui donar una resposta efectiva al repte del canvi climàtic.

6.3.2. Barreres de les estratègies d'intervenció

- Nova edificació:

Una estratègia d'intervenció basada en l'impuls de nous edificis poc emissius o fins i tot "zero emissions" tant en l'ús com en la seva construcció, no sembla viable pel context de paràlisi del sector i de crisi global de l'economia. Una situació que encamina aquesta estratègia, basada de partida en la intervenció sobre una part molt petita de les emissions del sector, que pot aspirar a tenir en el millor dels casos un impacte marginal (veure pàg.32). Aquest fet implica de retruc que aquelles estratègies lligades a la nova edificació, l'únic àmbit en que es desenvolupen amb prou d'eficàcia (energia fotovoltaica, mini-eòlica, bioclimatisme, etc.) no puguin tenir un paper determinant en el futur.

- Normativa:

Des del punt de vista de la intervenció sobre el parc edificat, la capacitat real per influir en les emissions del sector de les noves normatives basades en la millora de la interfície o la implantació d'energies renovables, tampoc té un camí fàcil. Les dificultats per "fer entrar en normativa" edificis ja existents, fins i tot en temes de seguretat, topa amb la realitat: la manca de

capacitat econòmica dels propietaris per a realitzar inversions amb períodes d'amortització elevats (veure apartat 6.2.2)

D'altra banda, com argumenta Subirats (2009) "L'enfocament que ha predominat en les polítiques mediambientals a l'Estat espanyol (...) ha estat regulatiu i correctiu o reactiu.(...) La perspectiva regulativa implica quasi sempre una visió jeràrquica, vertical, d'imposició de dalt a baix. D'altra banda, en la construcció d'aquesta mena de polítiques s'ha tendit a "blindar-ne" el procés d'elaboració, **adduint que les peculiaritats de la política imposaven perspectives molt tècniques**". La percepció de les comunitats que habiten els edificis respecte la imposició de normatives per a la reducció del consum energètic no sempre és bona, el que sovint provoca rebuig i conflictes, que acaben incidint en l'eficàcia real de l'estalvi.

- Industrialització:

Una estratègia basada en la industrialització del sector amb l'argument que requereix "menys consum de materials i de residus" (Solanes 2009) xoca novament amb el context actual de paràlisi del sector, en que no és possible mantenir una demanda constant de productes que li permeti amortitzar els seus elevats costos. Una quantitat i continuïtat de les comandes que és difícil que es pugui donar en la rehabilitació del parc edificat, un sector que requereix un treball lent, precís i complex, més de tipus "artesanal" que no pas "industrial".

- Rehabilitació en millora de l'eficiència energètica:

La millora de l'eficiència de la interfície dels edificis tampoc no és una tasca senzilla en el context actual. Algunes característiques pròpies de l'àmbit de la rehabilitació demanen un canvi de perspectiva respecte a la intervenció sobre la nova edificació, entre altres degut a que:

- Sovint cal treballar sobre la interfície *amb habitants dintre* (edificis "vius").
- Existeixen limitacions tècniques a la intervenció, que en alguns casos poden ser insuperables.
- Els costos sovint són incerts i elevats (necessitat de mà d'obra especialitzada, incertesa en el compliment dels terminis, intervenció particularitzada, etc.).

- Gestió de la interfície:

Una estratègia molt més adequada a les característiques de l'edificació existent, pel fet que parteix d'una mínima intervenció sobre la interfície de l'edifici en apostar principalment per tant per modificar-la sinó per gestionar-la de forma òptima. Aquesta estratègia adopta diferents formes prou diferenciades:

- La Telegestió:

Estratègia molt defensada des de l'àmbit de l'enginyeria, en el convenciment que la gestió de les instal·lacions dels edificis té un gran potencial d'optimització amb la introducció de tecnologies de gestió i control automatitzat. Aquestes noves tecnologies, que sovint són complexes i

requereixen de sofisticats sistemes de simulació (fins i tot amb *intel·ligència artificial*) també tenen associats elevats costos d'inversió i manteniment. D'altra banda, és possible que apareguin conflictes amb la comunitat per la "sensació psicològica de control" que fa que sovint "els edificis intel·ligents siguin desconnectats pels seus usuaris"⁷⁵.

En aquest sentit Rueda (2009) comenta que "hauríem de ser més humils quan ens referim als nostres edificis, sobretot quan els qualifiquem d'*intel·ligents*, *bioclimàtics* i altres coses per l'estil. **Qualificar d'intel·ligent una estructura que ni tan sols està viva és, si més no, pretensions; sobretot quan un analitza on és la seva intel·ligència i descobreix que les funcions que desenvolupa solen ser artificials amb una o altra retroacció que en la majoria d'ocasions fan rígid i, si no, emmalalteixen l'edifici**".

- El disseny de *protocols de gestió* de la interfície:

La implantació de protocols de gestió per a la millora en l'ús de la interfície dels edificis és una opció que per exemple, va tenir un èxit considerable en el cas d'estudi de l'ETSAV (veure apartat 6.1.1). En tot cas també cal advertir d'altra banda, del fet que qualsevol protocol elaborat per experts que afecti a canvis de gestió i d'ús de la interfície comportarà inevitablement canvis de comportament de la comunitat. Canvis que cal consensuar (veure apartat 6.1.2) per evitar la imposició directa d'unes *instruccions d'ús* que, encara que des del punt de vista tècnic siguin les òptimes, puguin generar conflictes amb la comunitat que restin eficaçia i fins i tot anul·lin, l'aplicació a la realitat de les accions identificades.

Com argumenta Capra (2002): "(...) *A machine must be controlled by its operators, so that it will function according to their instructions. Accordingly, the whole thrust of classical management theory is to achieve efficient operations through top-down control. Living beings, on the other hand, act autonomously. They can never be controlled like machines*".

- Intervenció sobre el comportament dels usuaris:

El factor més determinant en el consum energètic dels edificis identificat en les entrevistes als experts (veure apartat 6.2.2) és el comportament dels usuaris o comunitat i la gestió eficient de la interfície, dos factors molt relacionats entre ells. Però com intervenir sobre el comportament de la gent?

Algunes estratègies sobre comportament de la comunitat s'han pogut veure en l'apartat 2.4.2.8, estratègies sovint de l'àmbit de la sensibilització i impulsades més des del sector educatiu i social que no des de enginyeria o l'arquitectura. Sovint aquest tipus d'iniciatives els manca metodologia i mecanismes d'avaluació de l'eficàcia real sobre la reducció del consum energètic.

Altres estratègies com la simulació i modelització del comportament de la gent en relació al consum energètic en edificis, tenen dificultats per adaptar-se a la complexitat i particularitat del comportament de cada comunitat de cada edifici, diferent en funció del territori, de la cultura, del context econòmic.

⁷⁵ Nota autor: comentari realitzat per JM. Granollers de l'ICAEN en l'entrevista per a aquesta tesina.

- Política d'augment de preus:

El baix preu de l'energia, encara que tendeixi a augmentar, és una de les causes atribuïdes per a 4 dels 15 experts entrevistats a la falta de motivació de les comunitat per invertir en estalvi energètic (veure apartat 6.2.2). Aquests apostaven per una estratègia basada en l'augment del preu de l'energia per a la reducció de les emissions del sector de l'edificació. En aquest sentit, i és enllà de ser una opció allunyada de l'abast dels tècnics, hi ha arguments en contra com els de Crossley (2000) en el sentit que *“The effectiveness of energy taxes has also been contested, particularly as they do not specifically address barriers to energy efficiency and potentially have serious social and political impacts”*.

- Habitabilitat.

Una alternativa molt interessant en intervenció sobre la reducció d'emissions en l'edificació és l'apuntada en l'apartat 4.3.3, basada en l'adaptació de l'actual normativa d'habitabilitat als requeriments d'un context de restricció de les emissions de CO₂, en el convenciment que cal *“Re-interpretar l'habitabilitat com un concepte evolutiu”* (Casals, 2010). Un model d'habitabilitat que no és, ni ha estat mai, constant al llarg de la història, ja que en cada moment s'ha establert un model d'habitabilitat ajustat als recursos disponibles i a l'organització social, ambdós variables en el temps.

Sobre aquesta premissa, *la plasticitat* de l'habitabilitat proposada per Casals, i com a aportació d'aquesta *tesina* (a desenvolupar en la recerca posterior) es proposa apostar per estudiar *“la gestió de la “demanda d'habitabilitat” com a estratègia de reducció d'emissions de CO₂ en edificació. Les normes d'habitabilitat fixen uns mínims requeriments “socialment acceptats” per a l'edificació, requeriments que tenen associat un consum de recursos i una generació de residus. Pot ser interessant estudiar si la inevitable interpretació que cada comunitat de cada edifici fa de l'habitabilitat normativa (el que anomenarem habitabilitat real) està per sobre dels mínims requerits, i per tant, si existeix un potencial d'estalvi de consum de recursos i d'emissions de CO₂ en “gestió de l'habitabilitat real o “d'habitabilitat realment demandada” per ajustar-la a la mínima socialment necessària.*

6.3.3. Una estratègia basada en la hipòtesi dels “edificis vius”

- El cas de l'ETSAV:

Quin interès pot tenir l'estalvi d'aigua a l'ETSAV per a una estratègia en reducció d'emissions de CO₂ en edificació? Des del punt de vista de la quantitat d'emissions associades al consum d'aigua, ben poca, però sí com a part determinant del procés esdevingut a l'ETSAV. Perquè en el fons, el més interessant del procés d'estalvi d'aigua a l'ETSAV no va ser tant els m³ estalviats, sinó el fet que va permetre realitzar una nova interpretació del què havia passat abans amb el gas i l'electricitat. *L'estalvi d'aigua ens parlava més d'energia i CO₂ que no pas d'aigua.*

En les condicions en que es va donar, sense quasi inversió econòmica, sense instruccions externes i únicament amb la interpretació de la informació de la monitorització, només es pot explicar el descens de més del 55% del consum d'aigua el 2009⁷⁶ **com a resultat d'un procés d'aprenentatge de la comunitat**, un procés generat prèviament durant l'estalvi d'energia i CO₂. La comunitat havia après a consumir menys gas i electricitat (recursos) i a emetre menys CO₂ (residus). En conseqüència, no va tenir problemes quan es va proposar amb les mateixes eines, reduir dràsticament el seu consum d'aigua (recurs). **Tot formava part del mateix procés: l'ETSAV havia après a optimitzar el seu comportament metabòlic com a sistema viu.**

Tal com explica Capra (1994) “*A community has its own intelligence, its own learning capability. In fact, every living community is always a learning community. Development and learning are always part of the very essence of life because of this network pattern*”.

- El cas de la BRGF:

A la BRGF es va produir un procés similar. Es va partir conscientment de condicionants equivalents: restricció màxima de la inversió, intervenció mínima sobre la interfície i cerca de l'optimització de la gestió. Però en aquest cas l'equip d'experts era “menys expert”, no pertanyia a la comunitat BRGF i el projecte no havia sorgit *des de* la comunitat.

Tot i els condicionants de partida, els resultats van ser clars: en el període de 4 mesos s'havien estalviat 52,6 tones de CO₂, prop d'11.000 euros i s'havia reduït en un 30,5% del consum d'energia respecte la mitjana del mateix període els darrers quatre anys (veure 6.1.2). Però el més valuós no eren els euros o les emissions estalviades sense haver de modificar la interfície, sense inversió, i només amb monitorització i l'assessorament d'un grup d'estudiants. La dada clau no era quantitativa, era qualitativa: **les 2 úniques accions implantades durant el període en que es van obtenir els resultats van ser proposades des de la comunitat** durant la seva participació en el procés de *diagnosi fractal*.

La primera acció sobre l'optimització del sistema de climatització es va realitzar a partir de finals de maig a proposta del servei de manteniment. La segona, d'optimització de la gestió d'espais, a partir del mes de juliol i durant el mes d'agost a proposta del cap de la BRGF. Com s'explica l'estalvi aconseguit? un estalvi d'altra banda molt infreqüent segons l'opinió de la majoria d'experts entrevistats? (veure apartat 6.2.2).

L'estalvi quantitatiu, la quantitat de tones de CO₂ estalviades a l'edifici de la BRGF es pot interpretar com a resultat d'un canvi de comportament de la seva comunitat, reflex d'un millor coneixement sobre el consum de recursos: la millora del seu *procés metabòlic* com a *sistema viu*. Un canvi provocat i originat durant el procés d'aprenentatge de la metodologia de la *diagnosi fractal*, amb el suport de la informació energètica proporcionada pel sistema de monitorització.

⁷⁶ Dades extretes del SIRENA: www.upc.edu/sirena

Finalment, destacar que la comunitat de la BRGF segueix actualment generant propostes d'estalvi, més enllà de la intervenció del grup d'estudiants. El procés per tant, també té el potencial (mínim) de seguir actiu dintre de la comunitat una vegada finalitzada la diagnosi inicial. Un potencial que d'altra banda, també és pot produir a la inversa: que la comunitat "desaprengui". Cal seguir aprofundint en l'estudi de com "normalitzar" i consolidar al llarg del temps un coneixement après en un moment donat per una comunitat, un coneixement que en tot cas, sempre susceptible de ser modificat.

6.3.4. Requeriments d'una recerca basada en la hipòtesi

L'objectiu general de la tesina es proposar *les bases per a una recerca en reducció d'emissions en edificis des de la seva perspectiva com a "edifici viu"*. Les bases proposades són les següents:

- *Una perspectiva orgànica de l'objecte d'estudi:*

Una visió integral, amb tota la seva complexitat. L'edifici com a ecosistema, subsistema que forma part de l'ecosistema urbà, format per comunitats vives i una interfície protectora, que li permet relacionar-se amb l'entorn del que n'extreu recursos i on aboca residus.

- *Una aproximació adaptada a la naturalesa de l'objecte d'estudi:*

Aproximació de recerca *híbrida*, feta des de l'àmbit de l'arquitectura i l'enginyeria per la component *interfície*, però també des de les ciències socials o l'educació per abordar *la comunitat*. Una aproximació que permetre comprendre de forma integral l'edifici i el seu comportament metabòlic, compost entre altres per l'emissió de residus en forma d'emissions de CO₂. Una mirada des de l'*enfocament quantitatiu* però també *qualitatiu*, que superi la dificultat que per als tècnics tenen els sistemes *vius-socials*, que reconeixen com a determinants per al consum en els edificis (veure 6.2.2) però sobre els que no hi intervenen. Dificultat possiblement associada a que la tradicional aproximació del tècnic que no conté les eines per estudiar objectes (persones, comunitats) de la seva mateixa naturalesa, això és, a escala 1:1 (a *escala humana*).

Com argumenta Albert (2007) "[En les ciències humanes] el grau d'objectivitat és més baix degut a (...) **la complexitat dels fenòmens humans, a les dificultats (...) de l'experimentació amb subjectes humans i al fet que l'home sigui a la vegada objecte i subjecte de la recerca.**

- *Una metodologia de diagnosi participativa:*

La metodologia per intervenir sobre estratègies en reducció d'emissions de CO₂ ha de contemplar no només l'estudi de la interfície, sinó també el treball amb les comunitats que habiten el edificis per a la identificació conjunta de les accions d'estalvi més eficients en relació als recursos invertits. En aquest sentit, Subirats (2009) comenta que "no és, doncs, estrany que quan es tracta d'abordar temes d'arquitectura sostenible, les exigències plantejades per la

implicació ciutadana en les polítiques més conscients ens obliguin a buscar maneres obertes i participatives que no són precisament habituals en l'estil que fins ara predomina”.

- *L'ús de les tecnologies d'informació per a la gestió energètica:*

La monitorització del consum total d'un edifici és una inversió mínima comprada amb qualsevol altra intervenció sobre la interfície, però té un potencial doble: és útil tant per a l'avaluació i validació precisa i contínua de l'impacte de les accions implantades, com per a la generació de coneixement sobre comportament energètic en les comunitats (veure apartat 4.2.2 del marc teòric).

D'altra banda, l'exigència de l'avaluació de l'estalvi real sobre el consum global (respecte a un càlcul d'estalvi teòric o a la mesura del consum parcial dels sistemes) és determinant com a mecanisme de validació de les estratègies de reducció, però no tant perquè no siguin vàlids els càlculs teòrics, sinó perquè el consum total/real és la resultant inequívoca de totes les interaccions per complexes que siguin, entre comunitat, interfície i entorn. És difícil simular la complexitat a priori, però el resultat del consum final té un valor inqüestionable: n'és el reflex més perfecte.

6.3.5. Condicionants i limitacions

Partint de la hipòtesi proposada i amb la metodologia aplicada, aquesta *tesina* (basada en dos casos d'estudi i en l'opinió recollida en les entrevistes a experts) ha volgut aportar arguments raonables per tal d'orientar noves línies de recerca per a la determinació d'estratègies de reducció d'emissions en l'edificació, viables en el context actual i futur. En tot cas, amb dos casos d'estudi i l'entrevista a 15 experts, aquest estudi només pot aspirar a ser un exercici “raonablement inspirador”, encara amb importants mancances i necessitat de maduració.

Sense dubte, cal aprofundir en l'estudi no només sobre com poder implantar a molts altres casos d'estudi (en tipologies d'edifici diferents i comunitats diferents) la intervenció sobre el canvi de comportament de les comunitats, sinó si també si aquest té alguna possibilitat de consolidar-se i de formar part “per sempre” de la manera de fer de la comunitat. Les comunitats són dinàmiques, canvien contínuament de components, canvien les prioritats de les organitzacions, canvien les inquietuds dels seus habitants. La interfície és molt més estàtica i per tant, potser pot valer la pena apostar per una opció “més sòlida” encara que sigui més cara?

Què passarà quan marxi el director de l'ETSAV? I el de la BRGF? Què passarà si es produeix la recuperació econòmica i es torna a un context de bonança? Cal seguir cercant com donar *robustesa* al coneixement un cop adquirit per part d'una comunitat: potser a través del seguiment puntual a posteriori, potser convertint aquest coneixement “tàcit” en “explícit”, fixar-lo en el temps, etc.

D'altra banda, és pot aplicar la metodologia proposada a altres tipologies d'edificació? Què passaria en voler estendre la metodologia al gran parc d'habitatges, una comunitat totalment

atomitzada? I en un hospital amb una comunitat “fràgil”? I en l’edifici que custodia el súper-computador *MareNostrum*? (d’altra banda, un “edifici viu” o potser un “edifici màquina” com reclamava *Le Corbusier*?).

7. CONCLUSIONS

El context actual de crisi ambiental i econòmica obliga a replantejar les estratègies d'intervenció sobre la reducció d'emissions del sector de l'edificació. Unes estratègies que s'han d'adequar a les condicions particulars del parc edificat, amb grans dificultats per modificar l'envoltant i els sistemes dels edificis, i amb l'inconvenient d'haver de superar la restricció actual per al finançament dels elevats costos de la seva inversió. Un condicionant econòmic, d'altra banda, que ja era un entrebanc important per a la implantació efectiva de les estratègies d'intervenció en el context precedent de bonança.

Amb aquest objectiu, pot ser útil encetar una recerca que adopti com a punt de partida el canvi de percepció de l'edifici com a base per al disseny de noves estratègies de reducció d'emissions del sector. Una perspectiva que substitueixi la metàfora de l'edifici com a "màquina d'habitar" adoptada per *Le Corbusier* a principis del segle passat, per la de l'edifici com a *sistema viu* ("edifici viu"), format per una *interfície* (envoltant i sistemes) i per una *comunitat viva* que l'habita. Una perspectiva orgànica, integral, on dintre dels edificis hi ha la gent, en el convenciment que no comprendrem en profunditat el consum d'energia i la generació d'emissions en els edificis sinó és com a part del seu *comportament metabòlic* com a sistemes vius (consum de recursos i generació de residus).

Aquesta nova percepció obre la oportunitat ha d'incloure la comunitat que habita els edificis (formada per éssers vius) en les estratègies d'intervenció. Una *comunitat* que a través d'una *interfície* consumeix recursos i genera residus per mantenir el nivell d'habitabilitat socialment necessària, però que ho pot fer de formes molt diferents. En aquest sentit, una estratègia de transició que prioritzi la intervenció sobre el comportament comunitari, i no tant sobre la modificació de la interfície, pot ser viable en el context actual.

Els resultats de 15 entrevistes realitzades a experts mostren que les estratègies d'intervenció habituals no són prou eficients, fins i tot quan el context econòmic és favorable. D'altra banda, els casos d'estudi proposats reforcen la hipòtesi amb la contrastació per mitjà dels resultats reals obtinguts, tant quantitatius com qualitius, en base a l'aplicació de metodologies innovadores des de la perspectiva proposada (*diagnosi fractal*).

En l'edificació existent la component de l'edifici que presenta més *flexibilitat*, més capacitat per adaptar-se a un context restrictiu (en recursos i de generació de residus) no serà la interfície, per molt que la vulguem millorar: qui té més capacitat adaptativa és la comunitat que l'habita, gràcies al fet de poder interpretar la informació de l'entorn, de generar coneixement i d'aprendre a canviar el seu comportament.

Una recerca que parteix del canvi de percepció de la naturalesa de l'objecte d'estudi, requereix també d'un canvi en el tipus d'aproximació, tant des de l'àmbit de coneixement com des de la metodologia adoptada. Una aproximació necessàriament híbrida que permeti treballar tant sobre la component *interfície* (des de l'arquitectura i l'enginyeria) com sobre (*amb*) les *comunitats* (ciències socials), i sobre la interrelació entre ambdues components i l'entorn.

Per al processos de canvi de comportament és determinant la qualitat de la informació rebuda per la comunitat respecte a la seva relació precisa amb l'entorn. La gestió i comunicació de la d'informació del comportament metabòlic, per mitjà de la tecnologia de la monitorització, pot ser una eina doblement útil: tant per avaluar amb precisió els resultats d'estalvi aconseguits com per influir en la motivació i en l'aprenentatge de les comunitats.

Des d'aquesta perspectiva dels edificis com a "edificis vius", en la formació d'experts en edificació i sostenibilitat pot ser interessant explorar la necessitat d'adquirir noves habilitats i coneixements més propis d'altres àmbits de coneixement (ciències socials) per poder intervenir sobre la totalitat de l'objecte d'estudi: tant sobre la interfície com sobre la comunitat viva. Una nova mena d'especialistes, potser experts en intervenció sobre el *metabolisme arquitectònic* o en *Arquitectura política*.

La perspectiva dels edificis com a "edificis vius" suggereix la necessitat d'aprofundir en àmbits de coneixement amb llarga tradició sobre "gestió del canvi" d'organitzacions, sobre *aprenentatge organitzacional*; el que seria equivalent a treballar sobre canvis de comportament de comunitats però en relació al consum de recursos dels edificis que aquestes habiten.

Una altra línia de recerca on també est pot aprofundir, és sobre la potencialitat d'estalvi d'una estratègia en "gestió de la demanda de l'habitabilitat" de les comunitats. Partint de recerques ja existents en aquest àmbit, les possibilitats de complementarietat identificades respecte a la proposta dels "edificis vius" poden ser molt fructíferes.

Finalment, ressaltar el fet evident que *sense gent* no hi ha consum energètic en edificis ni emissions de CO₂, ni procés metabòlic (i potser tampoc no hi ha *edificis?*). La gent, les comunitats dels *edificis* formen un sistema indissociable amb la interfície que les protegeix, i per tant, cal considerar l'edifici de forma integral, com un tot. Sovint mirem els edificis com a interfície inerta, només el continent, però ens cal mirar també el contingut, la part viva.

Com recorda el professor de ciències polítiques de l'UAB, J.Subirats:

"Qualsevol estratègia de canvi cap a la sostenibilitat en temes d'arquitectura (com en qualsevol altre) serà mol més difícil de dur a terme si es basa només en recursos -sobretot si són de caràcter estrictament tècnic o regulatiu- i no busca les complicitats socials. Sense la gent no avançarem" (Subirats, 2009).

8. BIBLIOGRAFIA

- Albert, M. J. (2007). *La Investigación Educativa. Claves teóricas*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Arcas, J. (gener de 2010). *On vivim? La diversitat d'habitabilitats actuals des de la gestió de recursos*. Barcelona: projecte de tesi presentada a la UPC.
- Capra, F. (1994). *Ecology and Community*, (pág. 10). Berkeley.
- Capra, F. (2002). *The Hidden Connections*.
- Carulla, C. (2009). Metabolisme urbà i territori. En T. Solanes, *34 Kg de CO2* (pág. 128, 129). Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Casals, M. (2010). *L'habitabilitat en evolució. Sobre l'equilibri històric entre disponibilitat de recursos i condicions de privacitat*. Barcelona: projecte de tesi presentada a la UPC.
- Casals, M. & Arcas, J. (2010). Habitabilidad, un concepto en crisis. Sobre su redefinición orientada hacia la rehabilitación. *Ponencia en el congreso SB10 mad, "Sustainable building conference"* .
- Cassinello, P. (2008). Eduardo Torroja y la industrialización de la "machine à habiter" 1949-1961. *Informes de la Construcción* , Vol 60, No 512.
- Castro, C. (2004). *Ecología y desarrollo humano sostenible*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Valladolid.
- CCOO. (Abril de 2010). *Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2009)*. Recuperado el 20 de Juliol de 2010, de <http://www.ccoo.es/comunes/temp/recursos/1/427109.pdf>
- Cuchí, A. (2009a). Habitabilitat. En T. Solanes, *34 Kg de CO2* (pág. 184 186).
- Cuchí, A. (1999). *Informe Mies*. Barcelona: Edicions UPC.
- Cuchí, A., Sagrera, A., & López, F. (2009b). *La qualitat ambiental als edificis. Manuals d'ecogestió*, 29. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Florensa, R. S. (1986). Auditoria energètica 2: Instal·lacions i edificis. En D. [. Cucurull. Diputació de Barcelona, Servei de Medi Ambient.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1993). *La ciencia posnormal*.
- Gómez, D. (2009). El factor mediambiental. En T. Solanes, *CO2, 34 Kgde* (págs. 58-59). Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Homlberg, J. (1998). Backcasting: A Natural Step in Operationalising Sustainable Development. *Greener Management International* , 30-51.

Lazzarini, B. (2009b). *Innovación tecnológica y participación social en el proceso de transición energética. La sostenibilidad como cambio sistémico*. Terrassa: Projecte de tesi presentada a la UPC.

Lazzarini, B., & Cendra, J. (2009a). Innovación tecnológica y cultura del consumo: la necesidad de una aproximación sistémica. *II Congrés UPC sostenible 2015* .

López, F. (2006). *Sobre el uso y la gestión como factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Tesi doctoral UPC.

López, F. (2009). Sobre l'ús i la gestió dels edificis al voltant de la sostenibilitat. En T. Solanes, *trenta-quatre kg de CO2* (pág. 178 179). Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Martínez-Alier, J. (1995). *El ecologismo de los pobres*. Icaria Editorial.

Mata, E. (2009). Optimization of management of building stock. *Energy and Buildings* , 41, Pages 1334-1346.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company*. Nova York: Oxford University Press.

Pagès, A. (2009a). Com reduir els gasos amb efecte hivernacle en el sector de l'edificació? En T. Solanes, *34 kg CO2* (pág. 126 127). Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Pagès, A. (2009b). El Protocol de Kyoto i l'Estat Espanyol. En T. Solanes, *34 kg CO2* (pág. 143 145). Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Pascual, J. (2008). *Desenvolupament de metodologies sistèmiques de disseny i ús d'edificis per a la implantació massiva de construccions de baix consum energètic*. Terrassa: Projecte de tesi doctoral presentada a la UPC.

Pich, F. (2010). Una realitat industrial com a base per a l'arquitectura contemporàna. En M. Gausa, *Cap a un Habitat(ge) sostenible* (pág. II.B.2). Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Rueda, S. (2010). Edificis que semblin arbres. En M. Gausa, *Cap a un habitatge sostenible* (pág. II.A.2.).

Rueda, S. (30 de Juny de 1997a). *La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa*. Recuperat el 23 de Juliol de 2010, de Ciudades para un Futuro más Sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>

Rueda, S. (30 de Juny de 1997b). *Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología*. Recuperat el 10 de Juny de 2010, de <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html>

Rueda, S. (2010). *Un nuevo urbanismo para una ciudad más sostenible*. Barcelona: Agencia d'Ecologia Urbana.

- Ruiz, G. (2004). *Pla d'eficiència en el consum de recursos de l'edifici Coderch-ETSAB*. <http://cataleg.upc.edu/record=b1253117&searchscope=0>.
- Solanes, T. (2009). *34 Kg de CO2*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Solé, R. (2009). *Redes complejas. Del genoma a internet*. Tusquets editores.
- Subirats, J. (2009). Sense les persones no canviarem. En T. Solanes, *34 Kg CO2* (pág. 60 61). Departament de Medi Ambient de la Generalitat.
- Torres. (2009). Polítiques de mitigació al canvi climàtic: de la teoria a la pràctica. En T. Solanes, *34 Kg de CO2* (pág. 150-152). Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- UNEP SBCI. (2009). *Building and Climate Change, Summary for Decision-Makers*. Paris: United Nations Environment Program.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American* , 179 190.

PUBLICACIONS RELACIONADES

- PFC: Ruiz, G. *Pla d'eficiència en el consum de recursos de l'edifici Coderch-ETSAB 2004*. <http://cataleg.upc.edu/record=b1253117&searchscope=0>
- Llibre: Bosch, M.; Rodríguez, I.; López, F.; Ruiz, G. *Avaluació energètica d'edificis: l'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. 2006. Edicions UPC.
- Articles relacionats (5):
http://en.scientificcommons.org/galdric_ruiz
http://en.scientificcommons.org/galdric_ruiz_martorell

AGRAÏMENTS

Al meu tutor Didac Ferrer, per la seva dedicació, la seva intel·ligència i la infinita paciència. Al professor Albert Cuchí per la seva proximitat i per la seva brutal honestedat. A l'Anna Pagès per ajudar-me a convertir les converses a l'ETSAV en recerca. Al Pietro Laureano per la seva *Piràmide rovesciata*. Al Fabian López per ensenyar-me tot sobre gestió i energia en edificis. A l'Èrika Mata per ensenyar-me la constància. Al Joan Puigdomènech per la seva amistat i el seu immens coratge. A la Milena per fer compatible la combinació entre exigència i amistat. Als companys del CITIES per ensenyar-me tot allò que no era tècnic de la sostenibilitat. Als becaris d'UPCO₂ (Mariona, Marina, Jorge, Débora i Leonel) per la passió per la sostenibilitat. A la Marina Casals i el Kim Arcas, amb qui espero compartir la recerca que vingui. A la Montse Bosch i l'Imma Rodríguez qui em van ensenyar al principi i al final.

Al Jordi Martí, per crear una empresa per a la sostenibilitat.

Als professors del màster: Dani Calatayud i al Coque Claret per la seva passió adolescent. Al David Llistar per ensenyar-me la dimensió política de l'arquitectura. A l'Andri Stahel per "acceptar *cau* com a economia ecològica". Al Martí Rosas per escoltar els alumnes i per fer simple la complexitat. Al Juan Martínez per la seva amistat i honestedat. Al Jaume Cendra el seu humanisme infreqüent. Al Jordi Segalàs per la col·laboració.

Als companys del Màster: a tots i especialment a l'Àngel, la Maria, la Cris i la Cata, habitants de Ca n'Alegria.

Als grup d'estudiants de la BRGF: Fèlix, Ana, Ana, Marta, Clara i en particular, a la Maria i el Juan.

Al Miquel Codina i l'Araceli Hilaria per donar tot el sentit a la *tesina*. A l'Alberto Lapuente, Carlos Quiñones i Juan de Dios per ensenyar-me tant des de la humilitat. A la Carla Bragós i la Paz Calleja per la seva sensibilitat ambiental. A l'Antonio Guardia, el Josep Manel, el Josep Lluís, la Trini i el Mariano per formar part d'una comunitat viva entranyable. Al Josep Sanmiquel pel seu rigor i per la seva proximitat.

A tots els entrevistats: Joan Sabaté, Blanca Martínez, Ivan Capdevila, Daniel Garcia, Núria Garrido, Jaume Salom, Jordi Pascual, Alex Ivancic, JM^a Granollers, Òscar Sánchez, Meritxell Cuyàs, German Llarena i Maura Aragay.

Als meus amics Enric, Ferran i l'Eulàlia.

Als meus germans i als meus pares.

A la Irune i Laura (un petó).

