

3.4 Façana: emissions de CO₂, durabilitat, reciclabilitat.

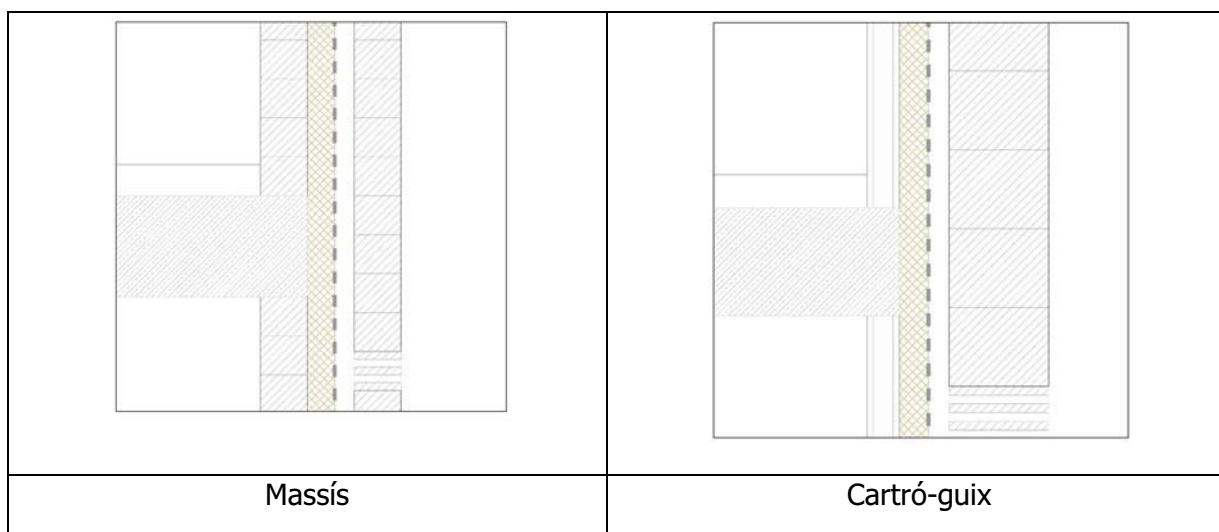
- **Acabats: Monocapa, morter de calç o valorar entre les marques comercials que coneixem i diposem valorar el transport i la composició d'alguns d'ells:(local, tipus puma(artificial IBERCAL-espanya) o unicmall (natural CIMPOR - portugal-).**
- **Morter constructiu: portland, ciment de calç.**
- **Materials adhesius: portland, ciment cola, resines epoxídiques, massilla de poliuretà.**
- **Inèrcia de la façana: Bloc de formigó alemany, bloc de formigó italià, totxo, totxana, termoarcilla, marès (tipus de marés: eolianitas (baixa densitat), calcarenitas (alta densitat),).**

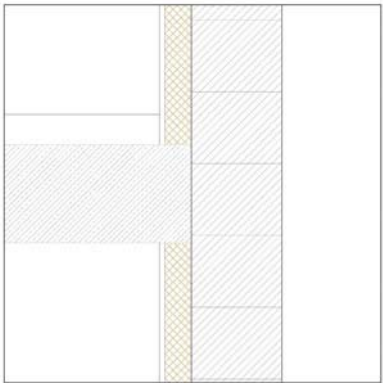
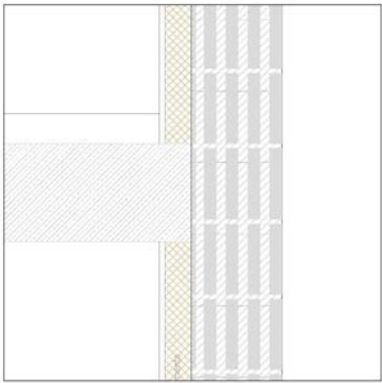
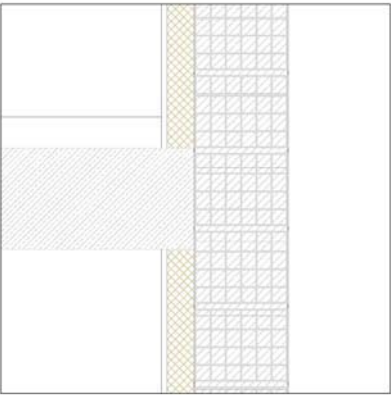
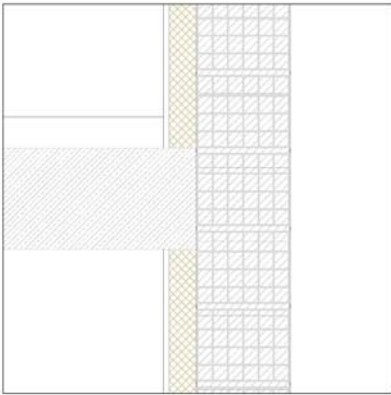
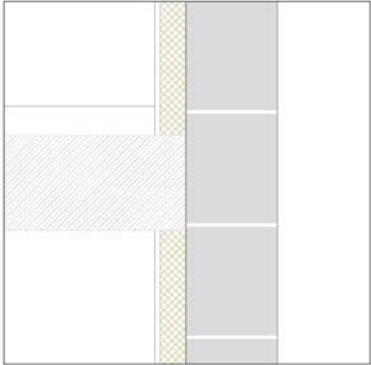
3.4.1 Murs

Paral·lelament a l'estudi de la repercussió de cada solució de façana en la demanda energètica de climatització de l'edifici, s'ha analitzat el seu comportament respecte al consum d'energia i les emissions de CO₂ degudes al procés d'extracció i fabricació dels materials i al transport fins a l'obra. Igualment s'ha tingut en compte la durabilitat dels materials.

En aquest cas es comparen, del conjunt de solucions analitzades en els diferents informes sobre la demanda energètica d'ús de l'edifici, les representatives des del punt de vista dels materials. Respecte a les variables analitzades en els estudis de demanda, se'n deixa una fóra (la solució base, doncs des del punt de vista tèrmic no funciona) i se n'afegeixen dues: una façana ventilada ceràmica però sense inèrcia tèrmica a l'interior i amb maó foradat de 24 a l'exterior i una altra d'igual composició, però amb un gruix del maó foradat de 19 i amb la particularitat que està fabricat amb biomassa.

A continuació es mostren uns gràfics de les façanes analitzades:



	
<p>Termoargila</p>	<p>Perforat o "Gero"</p>
	
<p>Foradat o Totxana (24 cm)</p>	<p>Foradat o Totxana (19 cm i amb biomassa)</p>
	
<p>Formigó cel.lular</p>	

A continuació es mostren les característiques constructives respecte els materials i el gruix emprat:

massís		
material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
maó massís	0,115	0,991
cambrà d'aire	0,050	
lamina impermeable transpirable	0,0015	

aïllament llana d'ovella	0,080	0,035
maó massís	0,115	0,991
enguixat	0,015	

cartró-guix

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
maó perforat	0,236	0,510
cambrà d'aire	0,050	
lamina impermeable transpirable	0,0015	
aïllament llana d'ovella	0,070	0,035
envà cartró-guix (plaques 15 mm)	0,015	

termoargila

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
termoargila 24	0,240	0,317
aïllament llana d'ovella	0,060	0,035
trasdossat cartró-guix	0,015	0,250

maó perforat

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
maó perforat	0,236	0,510
aïllament llana d'ovella	0,070	0,035
trasdossat cartró-guix	0,015	0,250

maó foradat 24

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
maó foradat	0,240	0,434
aïllament llana d'ovella	0,070	0,035
trasdossat cartró-guix	0,015	0,250

formigó cel.lular

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
bloc formigó cel.lular - Ytong	0,250	0,100

maó foradat 19

material	gruix	cond. W/m·K
arrebossat	0,015	
maó foradat	0,190	0,294
aïllament llana d'ovella	0,070	0,035
trasdossat cartró-guix	0,015	0,250

A continuació s'exposen les principals consideracions metodològiques que s'han tingut en compte per realitzar l'estudi:

- Les dades de pes, consum d'energia i emissions de CO₂ s'han pres principalment del banc de l'ITeC i s'han contrastat amb altres bases de dades ambientals

internacionals (ICE i EMPA) i amb els fabricants que disposen d'estudis al respecte (per exemple el cas de la llana d'ovella –RMT- i del formigó cel·lular – Ytong-).

- Pel que fa a les dades econòmiques s'han emprat preus de fabricants, subministrats per la promoció (de *Ladrillerías Mallorca i Tejar Moderno*).
- S'han considerat els valors de transport des de la fàbrica fins a Palma de Mallorca per aquells materials que no es fabriquen a l'illa. En concret són: la làmina impermeable transpirable (provinent d'alemanya), el bloc de formigó cel·lular (provinent de França) i el cartró-guix (provinent de Catalunya).
- Les solucions constructives no són exactament les de l'anàlisi de demanda energètica ja que els gruixos d'aïllament corresponen a la realitat comercial del producte emprat, tot i que s'intenta igualar al màxim possible els valor de la U.
- La unitat funcional és el metre quadrat de tancament massís de façana. Es "normalitzen" alguns materials de cara a no distorsionar els resultats globals. Per exemple, s'utilitza el mateix tipus d'aïllament (no el gruix), de morter i d'arrebossat. Això sempre que ha estat possible des del punt de vista tècnic (per exemple en el cas del bloc de formigó cel·lular s'utilitza morter cola). El pes d'elements constructius com els aïllaments, els morters i els revestiments s'analitza en d'altres estudis particulars.
- El gruix de la subestructura d'acer galvanitzat del cartró-guix s'adequa al gruix de l'aïllament.
- En els càlculs no ha estat comptabilitzada la repercussió de l'estructura galvanitzada de reforç de les parets ja que no es disposava de suficient informació tècnica. En una primera aproximació (per façanes de bloc de formigó i termoargila), els increments en emissions de consum d'energia i d'emissions es situen entre l'1 i el 2% (en parets no estructurals).
- Caldria revisar des del punt de vista tècnic la necessitat de disposar d'una làmina impermeable transpirable en les solucions amb mur homogeni passant (termoargila, maó perforat, maó foradat i formigó cel·lular). Passaria el mateix amb el cas del revestiment exterior del bloc de formigó cel·lular. Caldria revisar si es pot emprar el mateix tipus d'arrebossat que en el cas de la ceràmica.
- Els valors de dimensions i pes emprats en el cas dels maons de 24 i de 19 de ceràmica foradada i perforada han estat extrets de la informació dels fabricants *Ladrillerías Mallorca i Tejar Moderno*, subministrada pels arquitectes i la promoció (els pesos són força interiors que els del banc de l'ITeC). Pel que fa als valors de les conductivitats dels murs de 24 cm han estat extrets del *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE, doncs l'empresa no disposa d'assaigs propis. Del mur de 19 cm s'han emprat valors d'una simulació feta amb elements finits (inclou el morter), amb valors de conductivitat baixos (0,294 W/mK). En el cas de la termoargila, s'han emprat dades (dimensions i conductivitat) del DAU realitzat per l'ITeC a l'empresa *Tabicesa* i de *Ladrillerías Mallorca*.
- Les característiques dels materials i el fet d'emprar dades concretes o d'un banc de referència pot incidir molt en els resultats finals. Per exemple, en el cas de la termoargila, per a un mateix gruix, el pes de la peça pot variar significativament segons el fabricant o model. En la peça analitzada de 24 cm. s'han trobat pesos

que van dels 11,5 kg fins els 14,5 kg. Tal com s'ha comentat a l'apartat anterior, passa quelcom semblant amb les conductivitats.

Els resultats aconseguits es mostren a continuació en format taula i gràfic:

massís				
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
maó massís	100,00	233,11	505,85	41,71
cambrà d'aire	0,00	0,00	0,00	0,00
lamina impermeable transpirable	13,49	0,22	13,41	1,52
transport làmina			0,88	0,08
aïllament llana d'ovella	9,14	1,20	22,70	1,86
maó massís	100,00	233,11	505,85	41,71
enguixat	24,08	42,82	35,96	6,71
	276,95	554,43	1.128,92	102,61

cartró-guix				
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
maó perforat	55,16	216,64	562,13	45,88
cambrà d'aire	0,00	0,00	0,00	0,00
lamina impermeable transpirable	13,49	0,22	13,41	1,52
transport làmina			0,88	0,08
aïllament llana d'ovella	8,00	1,05	19,86	1,63
envà cartró-guix (plaques 15 mm)	30,70	27,84	293,65	21,29
transport cartró-guix			2,24	0,20
transport acer			0,93	0,08
	137,59	289,72	937,37	79,69

termoargila				
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
termoargila 24	50,41	214,98	557,14	40,78
aïllament llana d'ovella	6,86	0,90	17,03	1,39
trasdossat cartró-guix	26,02	15,42	210,19	15,80
transport cartró-guix			1,12	0,10
transport acer			0,89	0,08
	113,53	275,27	830,65	67,17

maó perforat 24				
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
maó perforat	55,16	216,64	562,13	45,88
aïllament llana d'ovella	8,00	1,05	19,86	1,63
trasdossat cartró-guix	26,02	15,42	210,19	15,80
transport cartró-guix			1,12	0,10
transport acer			0,89	0,08
	119,42	277,08	838,47	72,50

maó foradat 24				
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02

maó foradat	45,18	171,39	430,45	36,44
aïllament llana d'ovella	8,00	1,05	19,86	1,63
trasdossat cartró-guix	26,02	15,42	210,19	15,80
transport cartró-guix			1,12	0,10
transport acer			0,89	0,08
	109,44	231,83	706,79	63,06

formigó cel.lular

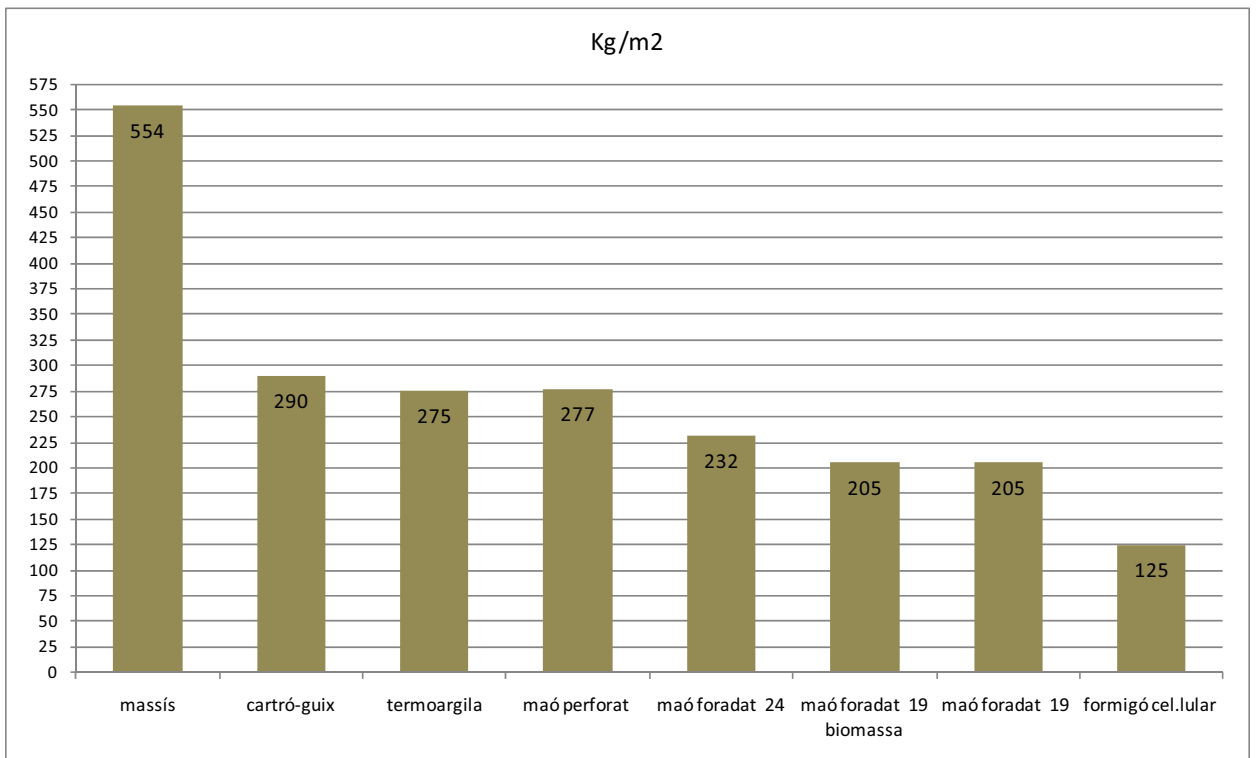
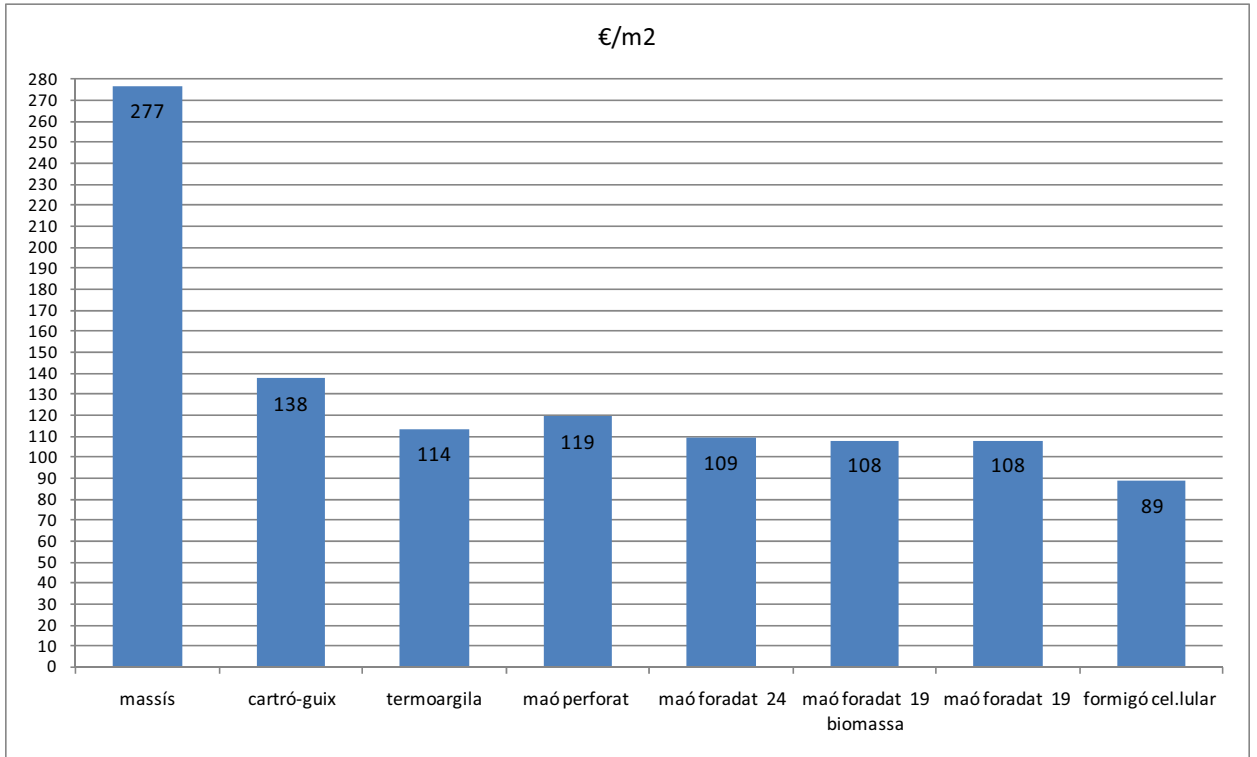
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
bloc formigó cel.lular - Ytong	50,40	81,00	424,94	43,58
transport			28,78	2,57
	88,64	124,97	498,00	55,16

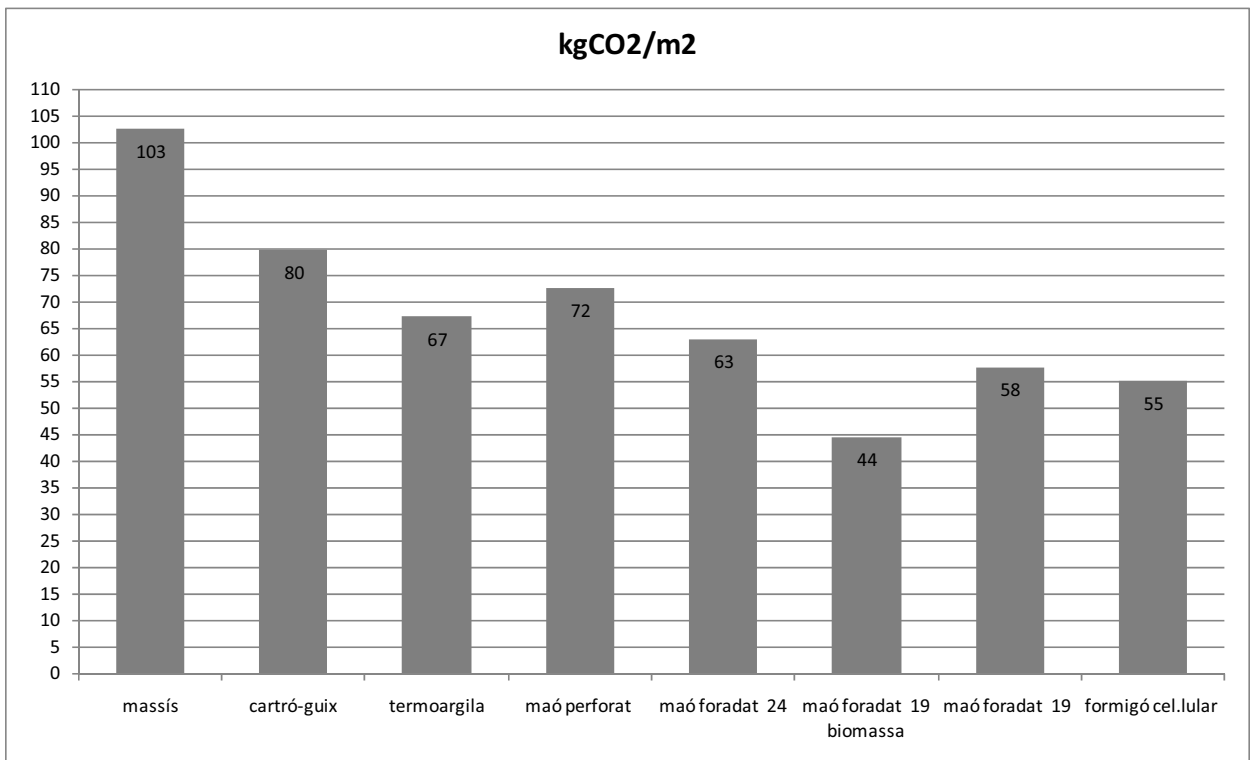
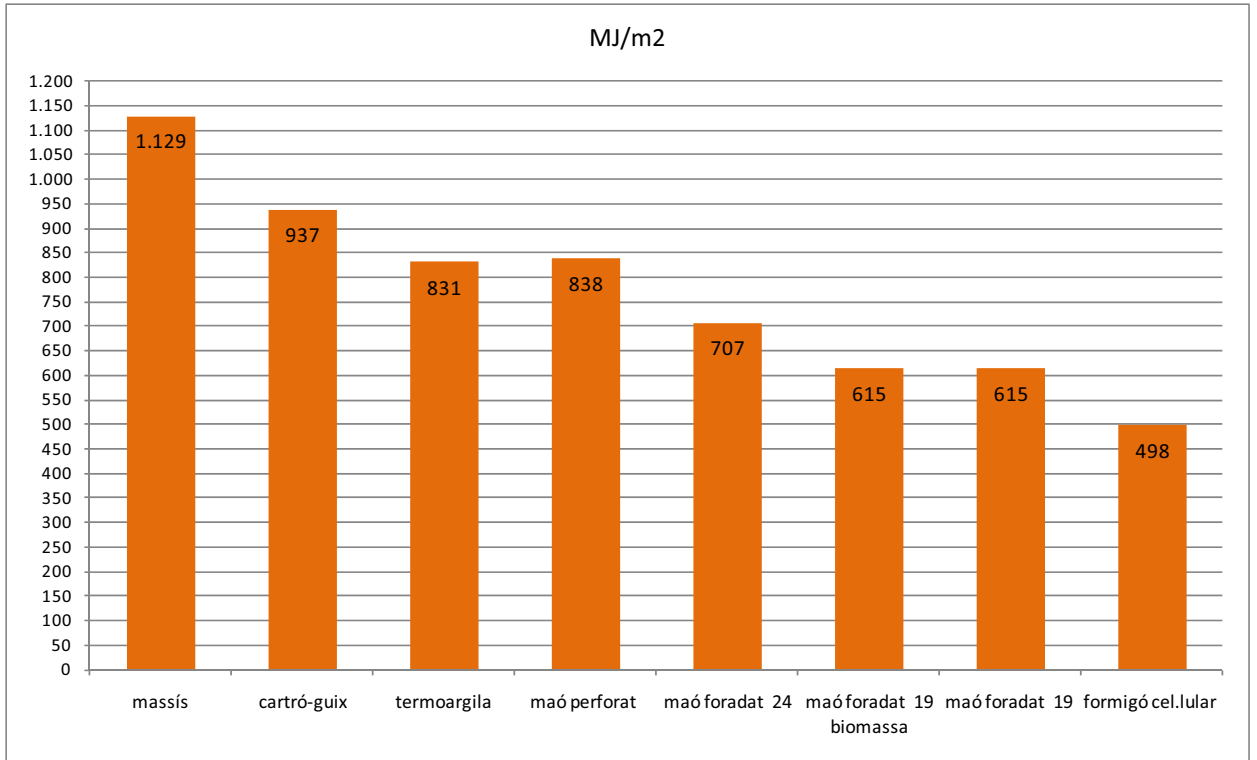
maó foradat 19 biomassa

material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
maó foradat	43,75	144,90	338,15	17,82
aïllament llana d'ovella	8,00	1,05	19,86	1,63
trasdossat cartró-guix	26,02	15,42	210,19	15,80
transport cartró-guix			1,18	0,11
transport acer			0,89	0,08
	108,01	205,34	614,55	44,45

maó foradat 19

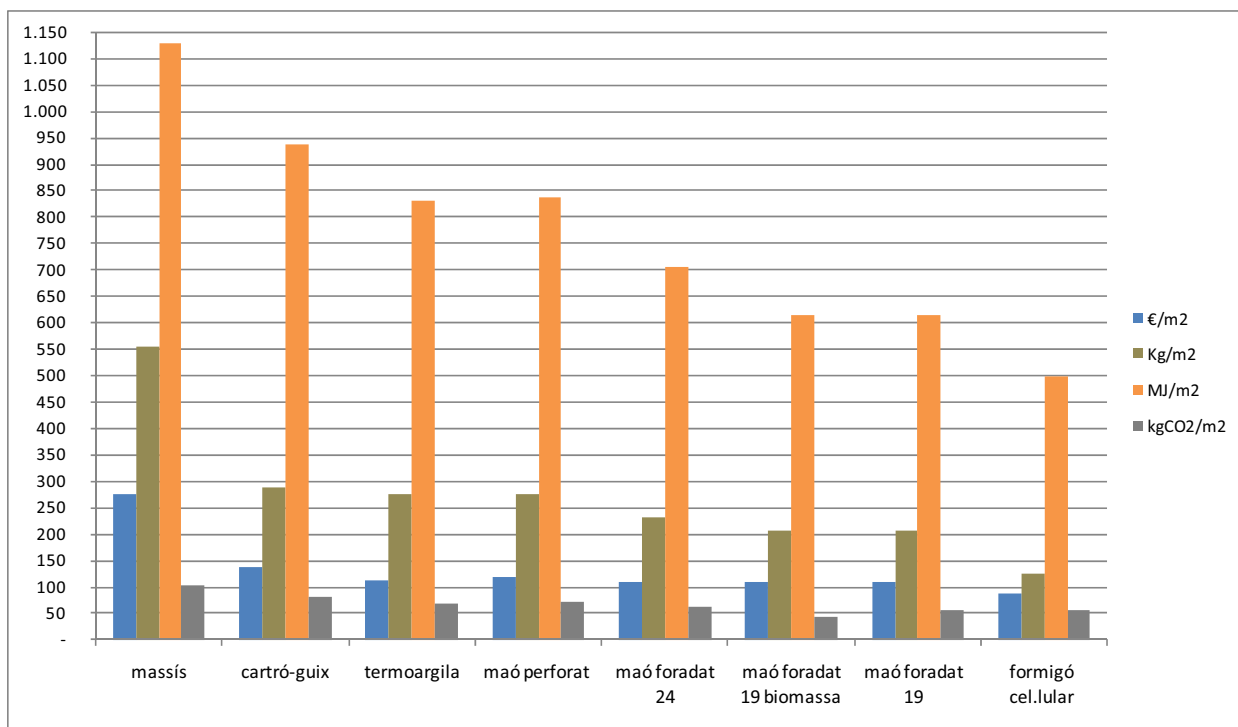
material	€	Kg	MJ	kgCO2
arrebossat	30,24	43,97	44,27	9,02
maó foradat	43,75	144,90	338,15	31,05
aïllament llana d'ovella	8,00	1,05	19,86	1,63
trasdossat cartró-guix	26,02	15,42	210,19	15,80
transport cartró-guix			1,18	0,11
transport acer			0,89	0,08
	108,01	205,34	614,55	57,68





Façana	€/m ²	Δ	Kg/m ²	Δ	MJ/m ²	Δ	kgCO ₂ /m ²	Δ
--------	------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	-----------------------------------	---

massís	276,95	212%	554,43	344%	1.128,92	127%	102,61	131%
cartró-guix	137,59	55%	289,72	132%	937,37	88%	79,69	79%
termoargila	113,53	28%	275,27	120%	830,65	67%	67,17	51%
maó perforat	119,42	35%	277,08	122%	838,47	68%	72,50	63%
maó foradat 24	109,44	23%	231,83	86%	706,79	42%	63,06	42%
maó foradat 19 bio.	108,01	22%	205,34	64%	614,55	23%	44,45	0%
maó foradat 19	108,01	22%	205,34	64%	614,55	23%	57,68	30%
formigó cel.lular	88,64	0%	124,97	0%	498,00	0%	55,16	24%



Abans de passar a exposar les conclusions d'aquest apartat cal tenir en compte les següents consideracions:

- El primer esforç a realitzar per reduir l'impacte ambiental és optimitzar la quantitat de massa emprada en una mateixa solució. És a dir, si una façana de ceràmica des del punt de vista tècnic pot ser de 19 cm de gruix en comptes de 24 cm, aconseguirem una reducció molt important de l'impacte ambiental, amb estalvis en pes i en impacte al voltant del 15% (en funció de la grandària final de la peça i, per tant, de la repercussió del morter).
- Les bases de dades de referència sobre impacte ambiental de materials ofereixen dades mitjanes de diferent procedència i qualitat que han de servir per a marcar tendències, quan les diferències entre materials són importants (per sobre de valors del 30%). Cal tenir en compte que en determinats casos la realitat que ens podem trobar en els processos de fabricació de materials concrets pot variar considerablement respecte els valors mitjans emprats. Sembla clar que el procés de fabricació d'un material a diferents països, fins i tot d'una mateixa companyia, no té perquè ser el mateix (tipus de matèries primeres, tipus de maquinària, tipus de combustible, mixt elèctric, etc.). Fins i tot, dins d'un mateix país, els resultats també poden variar força. Fins i tot, en una mateixa fàbrica en funció

del material que es fabrica. Per exemple, en una bòbila de maó massís vist, depenent del tipus d'argila emprada, les emissions de CO₂ poden variar en més d'un 50%. Sempre que sigui possible es treballarà amb valors concrets dels fabricants, a poder ser a partir de declaracions ambientals de producte o ecoetiquetes tipus III. Actualment molt poques empreses disposen d'aquests estudis. Per tant, s'ha de tenir molta cura en establir llistats o receptaris genèrics si no hi ha grans diferències entre els materials o solucions constructives analitzades.

- Els valors que s'exposen són per unitat funcional. Per poder valorar la seva repercussió final seria necessari conèixer la seva incidència en el total de l'edifici. És a dir, un cop conegut l'estat d'amidaments i l'impacte ambiental de les diferents partides que conformen l'edifici. En edificis convencionals les emissions de CO₂ es situen al voltant dels 600 kg/m² i els de baix impacte al voltant dels 300 kg/m². En aquest edifici, tenint en compte que té poca alçada i és força extensiu, la repercussió de la "pell" serà significativa.

A partir de l'anàlisi d'aquestes consideracions i dels resultats anteriors es poden concloure els següents punts:

- Des del punt de vista del preu cal tenir en compte que finalment s'han emprat dades subministrades pels fabricants (a través de la promoció) pel que fa als elements de fàbrica i de l'ITeC pel que fa als revestiments interiors i exteriors. Per tant, queda clara la tendència que, per a una gama semblant de façanes, com més lleugeres i senzilles són, menys repercussió econòmica presenten⁷. En el cas d'emprar làmina impermeable transpirable a les façanes que actualment no en disposen els preus s'igualarien encara més.
- Des del punt de vista del pes i, per tant, d'una primera aproximació a l'extracció de recursos, la sol·lució lleugera de formigó cel·lular presenta diferències importants respecte la resta gràcies a la seva baixa densitat (350 kg/m³) i al fet que no disposa de trasdossat. A partir d'aquí, per a solucions de tancament semblants, com és lògic, com menys gruix i/o densitat, menor pes.
- Des del punt de vista del consum d'energia les diferències entre la solució de bloc de formigó cel·lular (sense trasdossat) i la resta també són importants (entre el 23 i el 100%). Quan ho mirem des del punt de vista del CO₂, els resultats canvien, sobretot pel fet d'emprar ciment i calç en la fabricació del bloc de formigó cel·lular (generen CO₂ en la seva combustió). A més, si tenim en compte la possible disponibilitat de peces fabricades amb biomassa, aquesta passa a ser l'opció de menor impacte. Fins i tot, la peça de 19 cm. fabricada de forma habitual obté millors resultats que el bloc de formigó lleuger. Aquí també en el cas d'emprar làmina impermeable transpirable a les façanes que actualment no en disposen els resultats s'igualarien més.
- En el cas de les emissions de CO₂ és de gran importància la repercussió de la quantitat de morter emprat ja que és més impactant que la ceràmica⁸. Tot tenint en compte els corresponents requeriments tèrmics, es recomana per a un mateix

⁷ Cal tenir en compte que el mur de bloc de formigó cel·lular no disposa de trasdossat de cartró-guix.

⁸ En funció del tipus de morter, les diferències poden variar.

gruix, emprar les peces de major grandària possible ja que disminuïrem el número de juntes.

- La repercussió del transport, encara que aquest sigui força intensiu respecte a distància i densitat del material (per exemple en el cas de la làmina impermeable transpirable amb densitat de 40 kg/m³), és baixa quan es tracta de materials que se n'utilitzen poc (no arriba a l'1% del total del conjunt). En canvi, si es tracta d'un material de molt pes a la façana, com en el cas del formigó cel·lular, la repercussió ja comença a tenir més importància (al voltant del 6%). La repercussió sobre el total de l'impacte de l'edifici encara seria menor.
- Els avantatges que presenten les solucions que ja incorporen aïllament en el propi material (bàsicament el bloc de formigó cel·lular) queden atenuats a l'emprar en totes les tipologies un aïllament de baix impacte (la llana d'ovella). En el cas d'utilitzar aïllaments de major impacte (per exemple poliestirè expandit o extruït o, fins i tot llana de roca o fibra de vidre), els avantatges serien superiors.
- En el cas de poder accedir a maons fabricats amb combustibles renovables, la part corresponent a la fabricació del maó es reduiria de terme mig un 60% en emissions de CO₂.

Per tant, les recomanacions generals que es podrien extreure tenint en compte aspectes relacionats amb l'anàlisi de la demanda i aquest estudi són:

- 1) Abans que res, tornar a insistir que els resultats finals estan molt condicionats pels aspectes metodològics i per les estratègies ambientals exposades i que, per tant, en qualsevol valoració i/o modificació cal tenir-ho en compte.
- 2) A la vista dels resultats i tenint en compte que l'impacte corresponent a la climatització dura tota la fase d'ús de l'edifici⁹, es recomana emprar solucions que hagin obtingut resultats baixos en ambdós casos. Per tant, es podria pensar en utilitzar solucions de baix contingut d'energia i que solucionin el trencament del pont tèrmic (el bloc de formigó cel·lular, sobretot si no és necessària la utilització de trasdossat interior) o de molt menor impacte en el cas dels materials com és el mur de 19 cm. amb biomassa. Queda clara la posició del bloc de formigó cel·lular en el cas de no emprar trasdossat interior. En el cas d'utilitzar trasdossat interior, aquesta solució segueix presentant millors resultats des del punt de vista de la demanda energètica, mentre que en l'etapa de fabricació les diferències amb les façanes lleugeres s'igualen¹⁰. Des del punt de vista constructiu la façana de formigó cel·lular també presenta avantatges ja que es tracta d'un mur homogeni, tot i que cal revisar amb cura aspectes tècnics com la deformabilitat (estructural, als canvis de temperatura i a la radiació solar), la resistència a l'aigua, les condensacions, etc.

⁹ Tot i que l'impacte final d'aquesta fase dependrà de les estratègies de reducció de demanda i del tipus d'instal·lacions finalment assolides.

¹⁰ Des del punt de vista dels materials, si finalment s'utilitza trasdossat en el mur de formigó cel·lular les resultats s'igualarien als de la termoargila (71 kgCO₂/m²).