

## 2.7 Avaluació demanda energètica en l'ús de l'edifici de diferents opcions de façana

### 2.7.1 Primers anàlisis

A partir de la reunió mantinguda en el mes de setembre de 2010 amb els redactors del projecte de Vilafranca, es prioritza l'anàlisi de les solucions de façana de cara a facilitar l'evolució del projecte executiu.

Les opcions simulades per a aquest avançament són:

Es calcula de demanda de climatització per a tot l'edifici, amb una estructura de formigó, paviment ceràmic i tancaments interiors de bloc de formigó.

#### Opció Base

Es la solució convencional que compliria amb les exigències del CTE. Els materials que s'han considerat a la simulació són els que defineix la normativa com a solució de referència i que es descriuen a continuació:

Descripció: Fàbrica con revestimiento continuo. No ventilada. Aislamiento por el interior					
Materiales (*)	e (mm)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $m^2K/W$ )	$\rho$ ( $kg/m^3$ )	$C_p$ (J/kgK)
Mortero de cemento	15	1.30	0.012	1900	1000
Ladrillo perforado	115	0.50	0.230	900	1000
Aislante			$R_{AT}(**)$		
Ladrillo hueco	40	0.40	0.100	920	1000
Enlucido de yeso	15	0.57	0.026	1100	1000

L'aïllament és el que li permet al tancament complir amb las exigències mínimes del CTE per a la zona climàtica corresponent.

Es tracta d'una solució "convencional", "pesada" i al tenir l'aïllament a la capa intermèdia, compta amb inèrcia tèrmica interior i exterior.

#### Opció 1

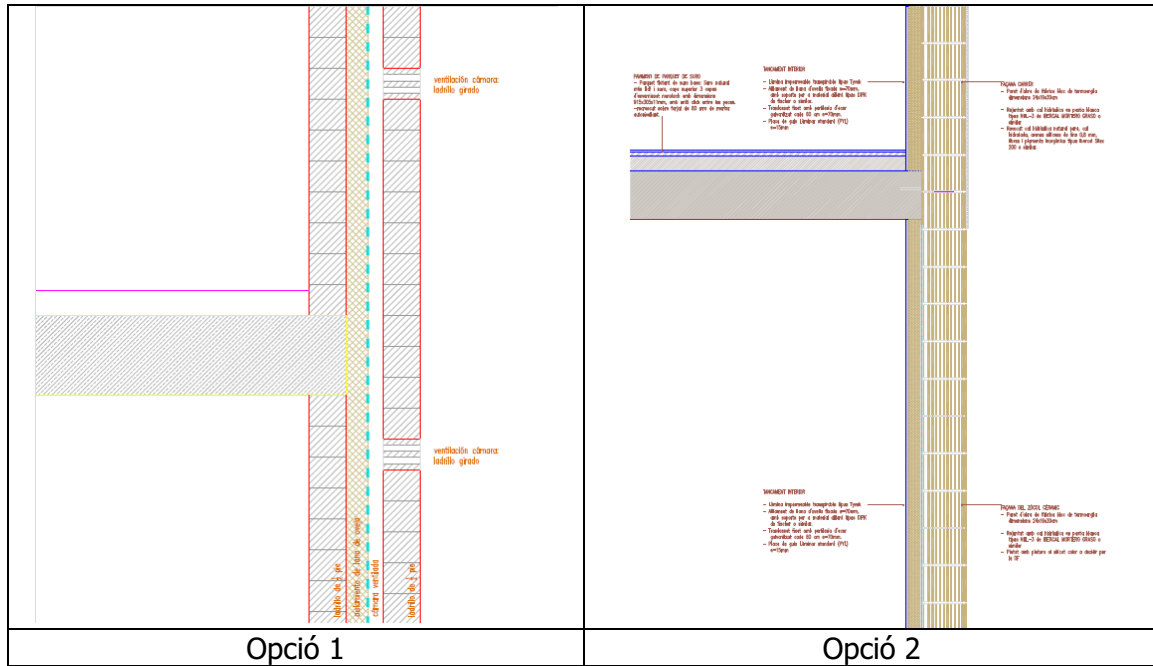
D'acord amb els detalls subministrats, es tracta d'una solució de façana amb un full interior ceràmic, aïllament, cambra d'aire ventilada i fulla exterior ceràmica.

#### Opció 2

Es tracta de l'última opció enviada després de la reunió celebrada en que es van comentar algunes tendències de resultats.

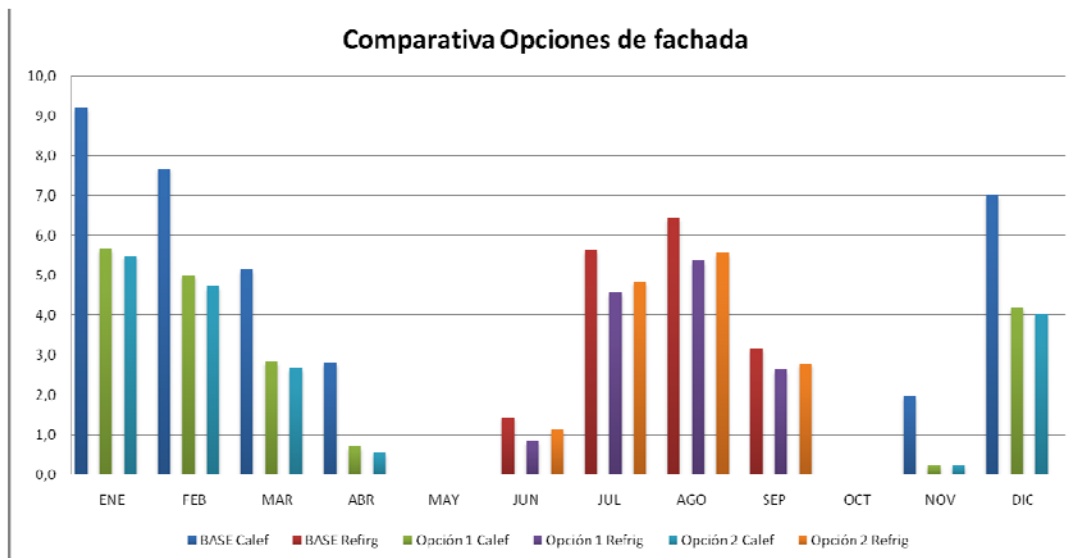
Es tracta d'una solució amb fulla exterior de termoargila (24cm) trasdossat per l'interior amb aïllament i pladur.

Aquestes opcions es corresponen amb els següents detalls enviats:



Resultats obtinguts:

Resultats de demanda anual en kWh/m2			
	BASE	Opció 1	Opció 2
<b>CALEFACCIÓ</b>	33,83	18,68	17,68
<b>REFRIGERACIÓ</b>	16,66	13,40	14,31
<b>Total</b>	<b>50,50</b>	<b>32,07</b>	<b>32,00</b>
<b>Millora respecte BASE</b>		<b>36%</b>	<b>37%</b>



Els resultats mostren que l'opció 2 té un millor comportament en el període d'Hivern amb una demanda més baixa que les opcions de referència, però a l'estiu, al no tenir fulla interior amb inèrcia tèrmica, empitjora el seu comportament.

En qualsevol cas aquest empitjorament en termes absoluts de demanda, es compensa amb la millora obtinguda a l'hivern i la demanda global és molt similar entre les opcions 1 i 2. Ambdues suposen un estalvi proper al 37% respecte a la solució estàndard de referència.

L'efecte de la ventilació de la cambra té major incidència en les façanes més exposades, orientació Oest, però queda reduït o "atenuat" per la presència de l'aïllament, sobretot quan que té un gruix de 7cm., el doble del mínim exigít per CTE (3 cm aprox.).

Comentari adicional:

Les opcions inicialment simulades preveuen que el sostre i els envans interiors de l'edifici tenen inèrcia tèrmica "VIVA" és a dir, en contacte amb l'aire del local. Segons s'aprecia en el detall de façana últim enviat, hi ha previsió d'un paviment de suro, que reduiria lleugerament la capacitat d'emmagatzematge tèrmic dels sostre. En l'opció 2, al no existir full ceràmic a l'interior del tancament, es converteix en el principal element d'acumulació tèrmica.

S'han simulat les mateixes opcions però amb la solució de paviment de suro i s'han obtingut els següents resultats

Resultats de demanda anual en kWh/m2 Versió paviment de suro			
	BASE	Opció 1	Opció 2
CALEFACCIÓ	33,83	16,42	15,55
REFRIGERACIÓ	16,66	14,06	15,52
<b>Total</b>	<b>50,50</b>	<b>30,47</b>	<b>31,07</b>
<b>Millora respecte BASE</b>		40%	38%

S'observa que si bé els valors de demanda global són lleugerament millors que en el cas de tenir el terra amb major capacitat tèrmica (ceràmica natural, formigó vist, etc.) , hi ha un augment de la demanda de refrigeració que en principi és una demanda que no es pensa cobrir amb sistema de climatització. Des d'aquest punt de vista, tot i que no modifica de forma important els resultats globals, es recomana avaluar la viabilitat d'incorporar un paviment amb major capacitat d'acumulació tèrmica que la solució de suro.

## 2.7.2 Anàlisis finals

A l'apartat anterior s'exposaven les següents:

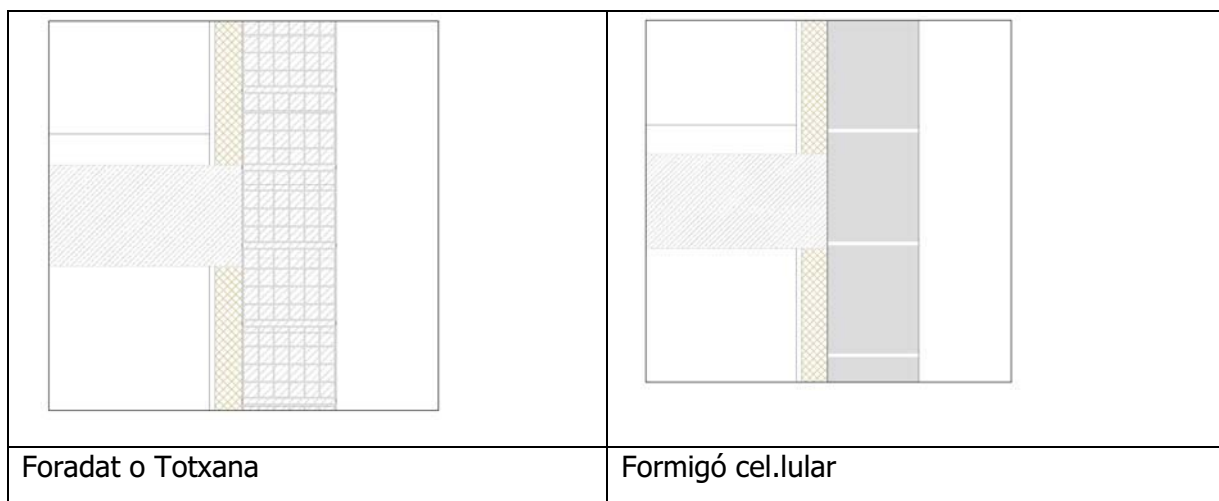
- Els estalvis importants de demanda (tenint en compte que les obertures i proteccions solars del projecte es disposen adequadament) es produeixen en l'augment dels valors d'aïllament de la façana per sobre dels normatius (és l'opció més eficient des del punt de vista ambiental i econòmic). En la majoria dels casos analitzats aquest es situa entre el 35 i el 40% d'estalvi, passant de una U de 0,82 a 0,36 W/m<sup>2</sup>°C.
- L'efecte de la ventilació de la cambra té major incidència en les façanes més exposades, orientació Oest, però queda molt reduït o "atenuat" per la presència de l'aïllament, sobretot quan que té un gruix superior al normatiu. En aquest cas de 7-8cm., més del doble del mínim exigít per CTE (3 cm aprox.). L'efecte de la cambra ventilada pren importància en aquesta orientació i si es gestiona adequadament (possibilitat d'emprar-la quan és necessari, obrir-tancar) i es situa per darrera de l'aïllament (des de l'interior).

- El pes de la inèrcia tèrmica en el full interior queda molt reduït o "atenuat" quan es disposa de gruixos d'aïllament per sobre dels valors normatius i d'inèrcia tèrmica en el forjat (5-7% de millora en la demanda de refrigeració i 1% en la demanda global). És important tenir en compte que aconseguir major inèrcia tèrmica afavoreix sobretot el període d'estiu, precisament el que l'edifici no donarà resposta des de la climatització. Per tant, com a premissa general, es segueix recomanant disposar d'inèrcia tèrmica al full interior, sempre que sigui viable des del punt de vista tècnic i econòmic.
- En el mateix sentit aniria l'anàlisi fet sobre el pes de la inèrcia tèrmica en el paviment.

A partir d'aquestes conclusions i d'acord amb suggeriments dels arquitectes redactors i de l'IBAVI s'analitzà un conjunt final de solucions que s'exposen a continuació. S'ha valorat, amb el programa LIDER, la repercussió de cadascuna d'elles en la demanda anual de calefacció i refrigeració de l'edifici.

Es calcula la demanda de climatització per a tot l'edifici, amb una estructura de formigó, paviment ceràmic i tancaments interiors de bloc de formigó.

	
Base	Massís
	
Termoargila	Perforat o "Gero"



Per tal de tenir una valoració real de les prestacions des del punt de vista tèrmic del full exterior s'ha optat per un mateix coeficient U i emprant el mateix material aïllant.

A continuació es mostren les composicions de façana simulades i els coeficients U obtinguts en cada cas.

### Opció Base

Es la solució convencional que compliria amb les exigències del CTE. Els materials que s'han considerat a la simulació són els que defineix la normativa com a solució de referència i que es descriuen a continuació:

Descripció: Fàbrica con revestimiento continuo. No ventilada. Aislamiento por el interior					
Materiales (*)	e (mm)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $m^2K/W$ )	$\rho$ ( $kg/m^3$ )	$C_p$ (J/kgK)
Mortero de cemento	15	1.30	0.012	1900	1000
Ladrillo perforado	115	0.50	0.230	900	1000
Aislante			$R_{AT}(**)$		
Ladrillo hueco	40	0.40	0.100	920	1000
Enlucido de yeso	15	0.57	0.026	1100	1000

L'aïllament és el que li permet al tancament complir amb las exigències mínimes del CTE per a la zona climàtica corresponent, és a dir,  $0,82 W/m^2\text{°C}$  amb 3 cm. de llana d'ovella.

Es tracta d'una solució "convencional", "pesada" i, al tenir l'aïllament a la capa intermèdia, compta amb certa inèrcia tèrmica interior i exterior.

Base				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Arrrebossat	0,015	1,300	1900	0,0115
Maó perforat	0,115	0,500	900	0,2300
Llana d'ovella	0,024	0,035	30	0,6857
Maó foradat	0,040	0,400	920	0,1000
Enguixat	0,015	0,570	1100	0,0263
				1,0536
		Rse		0,040
		Rsi		0,130
				<b>U</b> <b>0,82 W/m2°C</b>

Massís				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Maó massís	0,115	1,000	2170	0,1150
Cambra d'aire				0,0900
Llana d'ovella	0,080	0,035	30	2,2857
Maó massís	0,115	1,000	2170	0,1150
				2,6057
			Rse	0,040
			Rsi	0,130

**U**  
**0,36 W/m<sup>2</sup>°C**

Termoargila				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Termoargila 24	0,240	0,317	920	0,7571
Llana d'ovella	0,058	0,035	30	1,6571
Guix laminat	0,020	0,250	825	0,0800
				2,4942
			Rse	0,040
			Rsi	0,130

**U**  
**0,38 W/m<sup>2</sup>°C**

Maó perforat				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Maó perforat	0,236	0,510	850	0,4627
Llana d'ovella	0,072	0,035	30	2,0571
Guix laminat	0,020	0,250	825	0,0800
				2,5999
			Rse	0,040
			Rsi	0,130

**U**  
**0,36 W/m<sup>2</sup>°C**

Maó foradat				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Maó foradat	0,240	0,434	715	0,5530
Llana d'ovella	0,070	0,035	30	2,0000
Guix laminat	0,020	0,250	825	0,0800
				2,6330
			Rse	0,040
			Rsi	0,130

**U**  
**0,36 W/m<sup>2</sup>°C**

Formigó cel.lular				
material	gruix	cond. W/m·K	dens. Kg/m3	Res.
Bloque formigó cel.lular	0,250	0,100	350	2,5000
Llana d'ovella	0,000	0,035	30	0,0000
Guix laminat	0,020	0,250	825	0,0800
				2,5800
			Rse	0,040
			Rsi	0,130

**U**  
**0,36 W/m<sup>2</sup>°C**

A continuació es mostra una taula resum respecte a les característiques de cada solució respecte el control del pont tèrmic, la inèrcia tèrmica i la disposició de cambra ventilada<sup>4</sup>.

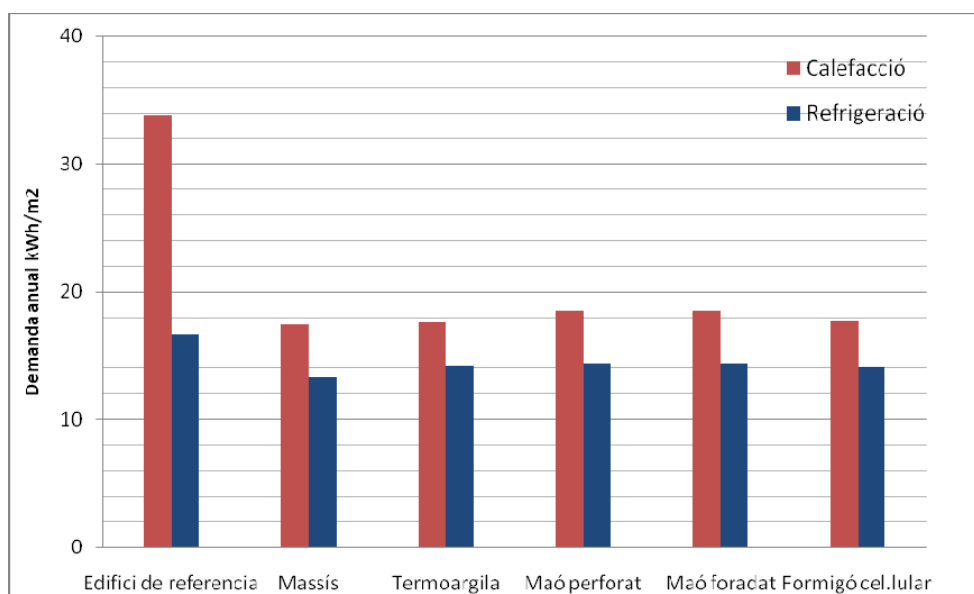
<sup>4</sup> S'ha considerat que existeix control del pont tèrmic quan hi ha un valor d'aïllament de llana de roca de 3 cm., valor mínim que demana el CTE de cara a reduir la demanda energètica de l'edifici. En el cas de la termoargila els valors es situen en aquests 3 cm. i en els de maó perforat i foradat per sota dels 2 cm. (1,6 i 1,9 cm. respectivament).

Característiques opcions simulades						
Característiques	Edifici de referència	Massís	Termoargila	Maó perforat	Maó foradat	Formigó cel.lular
	Referència	envà interior llana 8cm cambra 5cm Maó macís	envà pladur llana 6cm termoargila	envà pladur llana 6,5cm Gero	envà pladur llana 6,3cm Totxana	envà pladur Ytong
Control del pont tèrmic	No	Si	Si	No	No	Si
Inèrcia interior	Si	Si	No	No	No	No
Cambra d'aire	Si (sense ventilar)	Si (ventilada)	No	No	No	No

Els valors de conductivitat tèrmica emprats en el cas de la façana de termoargila, maó perforat i maó foradat han estat extrets del fabricant dels productes concrets facilitats per l'equip redactor (*Ladrillerías Mallorquinas*).

Els resultats obtinguts en termes de demanda energètica anual són:

IBAVI- Comparativa comportament tèrmic opcions façana						
	Edifici de referència	Massís	Termoargila	Maó perforat	Maó foradat	Formigó cel.lular
	Referència	envà interior llana 8cm cambra 5cm Maó macís	envà pladur llana 6cm termoargila	envà pladur llana 6,5cm Gero	envà pladur llana 6,3cm Totxana	tabique pladur Ytong
Calefacció	33,83	17,46	17,58	18,54	18,50	17,70
Refrigeració	16,66	13,37	14,18	14,42	14,43	14,09
<b>Total</b>	<b>50,49</b>	<b>30,83</b>	<b>31,76</b>	<b>32,96</b>	<b>32,93</b>	<b>31,79</b>
Millora respecte a CTE		39%	37%	35%	35%	37%



A partir d'aquí, es poden extreure les següents conclusions:

- Es confirmen les conclusions del primer document, exposades anteriorment.
- Els resultats mostren que la variació global de les diferents alternatives respecte de la demanda de referència es baixa. Les solucions i la seva resposta tèrmica s'agrupen en tres grups principals. La façana que presenta major inèrcia tèrmica i cambra ventilada ("massís") és la que té millors estalvis respecte la referència, tant globals (39%) com parcials, sobretot en el cas de la demanda de refrigeració (60%), precisament la que no es preveu cobrir. El següent grup el conformen les façanes que no disposen d'inèrcia interior ni de cambra ventilada, però controlen el pont tèrmic (solucions de termoargila i de formigó lleuger passants). I el tercer grup el formen per les façanes que tan sols

disposen com a recurs l'aïllament ("maó perforat" i "maó foradat). Entre aquests grups hi ha un decalatge aproximat del 2% respecte els valors globals de demanda.

- Cal tenir en compte que el mercat ofereix diferents tipus de peces ceràmiques amb diferents valors de conductivitat. Al mateix temps, en funció de com es col·loca i del tipus de morter que es fa servir, la conductivitat final del mur pot variar significativament. A més, segons el fabricant, alguns productes disposen d'assaigs al respecte i d'altres fan servir valors de referència del *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE. Per tant, en funció de la peça que finalment es faci servir en el projecte, els valors exposats anteriorment poden variar.