

Proyecto T O B E E M

Directrices energéticas integrales de edificios de oficinas en Madrid

Viabilidad del diseño de edificios de coste y consumo energético mínimos: horizonte 2020.

Jordi Pascual. AIGÜASOL
Carlos Expósito. ALIA



INTRODUCCIÓN

Objetivos y marco de referencia

Determinar los **límites razonables** de prestaciones energéticas **exigibles a edificios de oficinas (Madrid) en el futuro próximo**;

- Tecnologías y diseños constructivos y arquitectónicos
- Costes del ciclo de vida en perspectiva de cost optimal
- Normativa vigente y tendencias a 2020

Determinar **parámetros y escenarios que permitan optimizar el ratio costes vs. el binomio operación-confort** en distintos escenarios.

Servir de **base para posibles ampliaciones específicas del Código Técnico para Edificios de Oficinas**

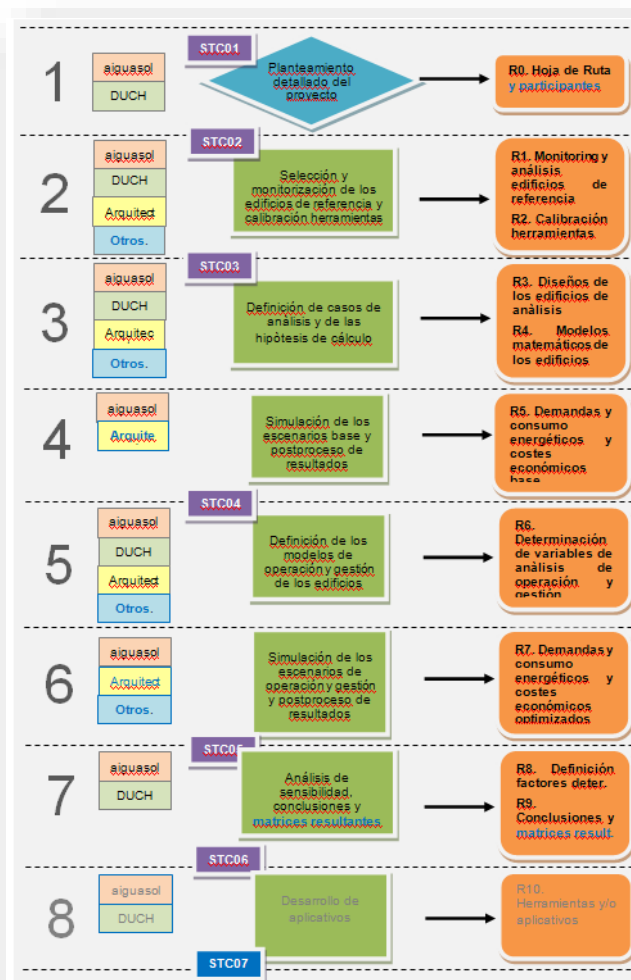
Equipo desarrollo



Financiación



Metodología general



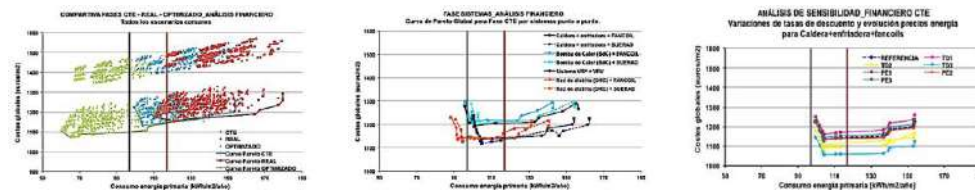
CONDICIONES REALES Y DATOS CALIBRACIÓN



DEFINICIÓN Y ANÁLISIS ESCENARIOS CTE



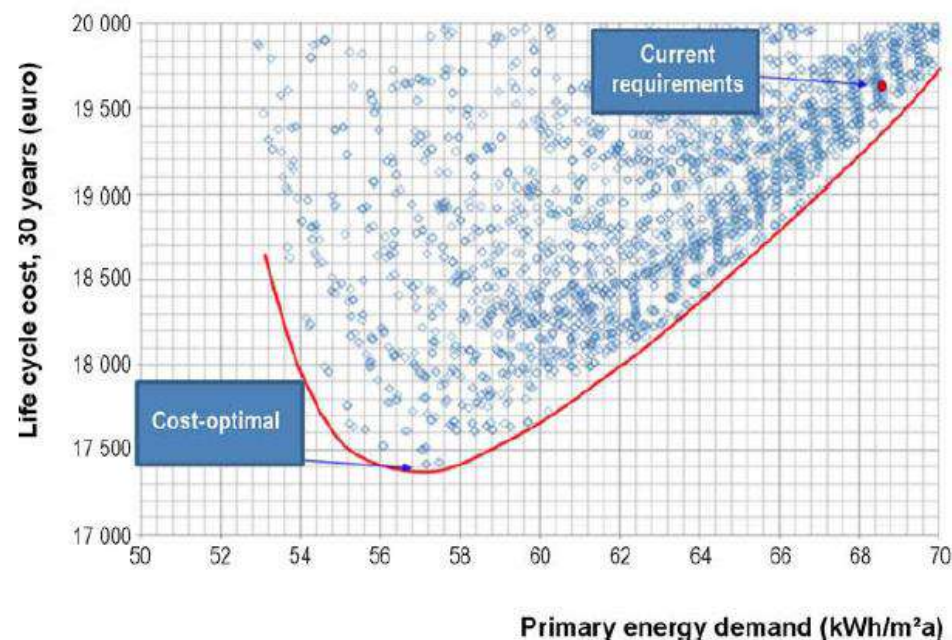
DEFINICIÓN Y ANÁLISIS ESCENARIOS REAL Y OPTIMIZADO, SISTEMAS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD



CONCLUSIONES FINALES: DIRECTRICES Y OBJETIVOS DE FUTURO

Contexto procesal – Cost optimal (EPBD 2010)

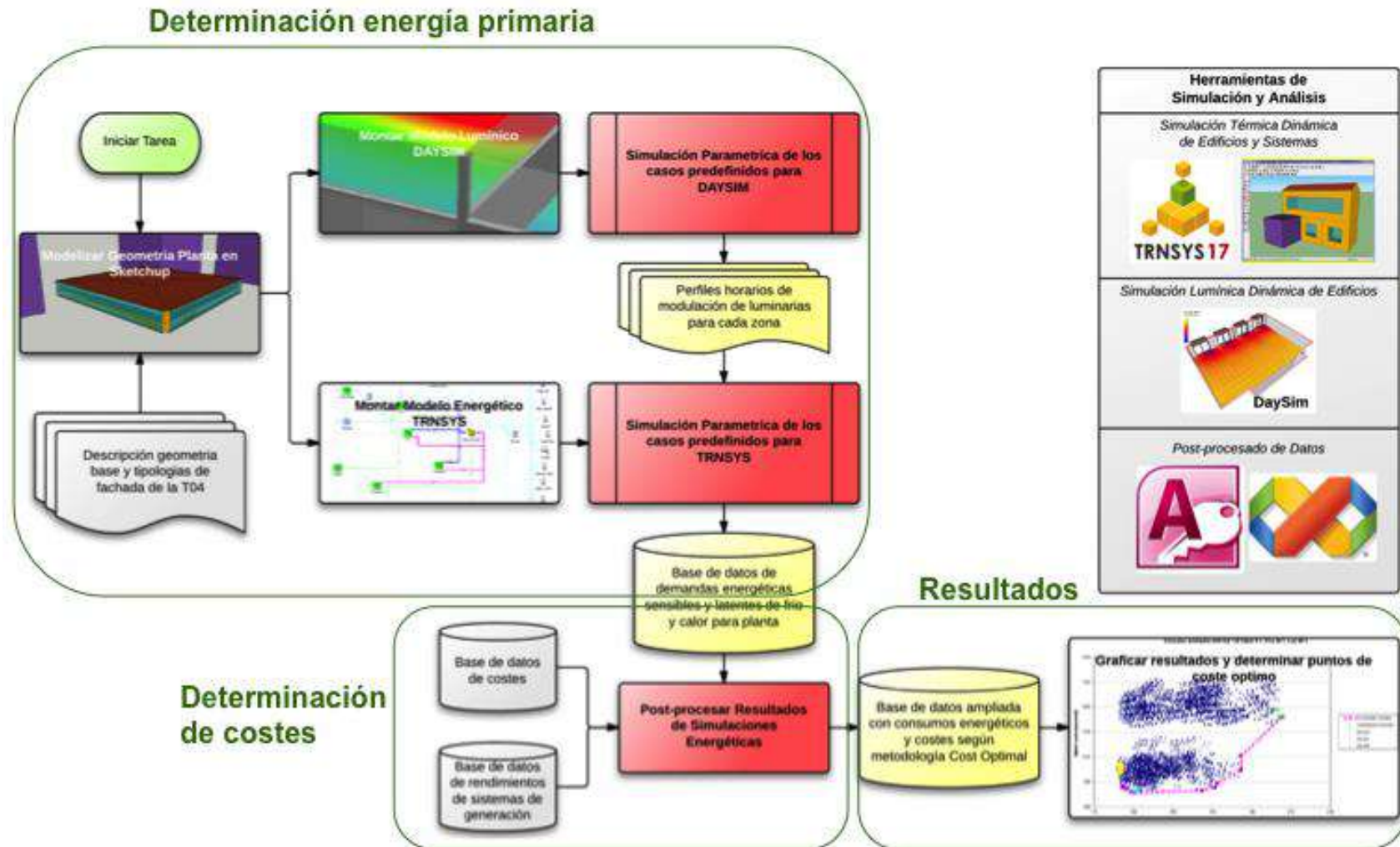
L 31/18	Official Journal of the European Union	21.1.2012
II	(Non-legislative act)	
REGULATIONS		
COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012		
supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements		
(Text with EEA relevance)		
THE EUROPEAN COMMISSION,	(1) Directive 2010/31/EU promotes the reduction of energy use in the built environment, but also emphasizes that the building sector is a leading source of carbon dioxide emissions.	
Having regard to the Treaty on the Functioning of the European Union,		
Having regard to Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings ⁽¹⁾ , and in particular Article 5(1) thereof,	(4) Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products ⁽²⁾ provides for the establishment of minimum energy performance requirements for such products. When setting national requirements for technical building systems, Member States must take into account the implementing measure established under this Directive. The performance of construction products to be used for the calculations under this Regulation should be determined in accordance with the provisions of Regulation (EU) No 1015/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/105/EEC ⁽³⁾ .	
Whereas:		
(1) Directive 2010/31/EU requires the Commission to establish by means of a delegated act a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.		
(2) It is the responsibility of Member States to set minimum energy performance requirements for buildings and building elements. The requirements must be set with a view to achieving cost-optimal levels. It is up to the Member States to decide whether the national benchmark used as the final outcome of the cost-optimal calculations is the one calculated for a macro-economic perspective (looking at the costs and benefits of energy efficiency investments for the society as a whole) or a strictly financial viewpoint (looking only at the investment itself). National minimum energy performance requirements should not be more than 15% lower than the outcome of the cost-optimal results of the calculation taken as the national benchmark. The cost-optimal level shall lie within the range of performance levels where the cost-benefit analysis over the lifecycle is positive.	(5) The objective of cost-effective or cost-optimal energy efficiency levels may, in certain circumstances, justify the setting by Member States of cost-effective or cost-optimal requirements for building elements that would in practice raise obstacles for some building design or technical options as well as minimise the use of energy-related products with better energy performance.	
(3) OJ L 157, 18.4.2010, p. 11.	(4) The steps that comprise the comparative methodology framework have been set out in Annex III to Directive 2010/31/EU and include the establishment of reference buildings, the definition of energy efficiency measures to	
	(1) OJ L 284, 11.10.2009, p. 10.	
	(2) OJ L 28, 4.3.2011, p. 8.	



Metodología de análisis de escenarios (constructivos, arquitectónicos y de sistemas por usos, y en base a costes futuros)

Metodología planteada para el análisis genérico de escenarios, y no concreto de un caso.

Esquema Metodológico



Más de 20.000 escenarios de edificios de oficinas de Madrid analizados



ANÁLISIS CTE: DEFINICIÓN ESCENARIOS

Criterios de selección de edificios tipo

Selección de seis edificios de oficina representativos del parque terciario existente en Madrid, que se monitorizaron durante 10 meses.

- Anteriores y posteriores al CTE 2006, (de 1990 a 2010)
- Situados en Madrid y su entorno metropolitano
- En uso y ocupados.
- Posible obtener información básica inicial para analizar su idoneidad (Publicaciones, páginas web, edificios conocidos, otros).
- Disponibilidad de datos e información necesaria de los edificios: planos, memorias, facturación, datos adicionales, otros.
- Abanico variado y representativo de tipologías en planta, altura, superficie construida, porcentaje de huecos, soluciones de envolventes y sistemas ...
- Calidad arquitectónica, representatividad empresarial, condiciones de uso y distintos niveles de coste

Selección de edificios tipo

MUESTRA INICIAL DE 29 EDIFICIOS documentados



Selección de edificios tipo

Edificios preseleccionados



Selección de fachadas tipo

Los tipos básicos que se consideran en el desarrollo del trabajo serán los siguientes:

F1.Ligera/Ventil.

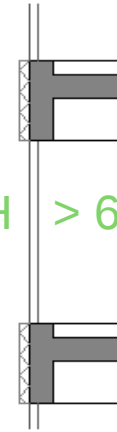
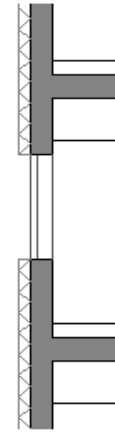
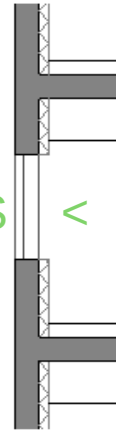
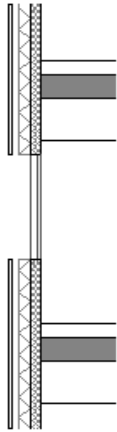
F2. Pesada/Ventil

F3.Pesada/Aisl.Int.

F4.Pesada/SATE

F5.P/SAT/Huecos>60%

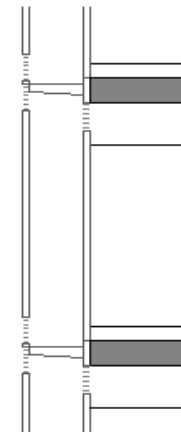
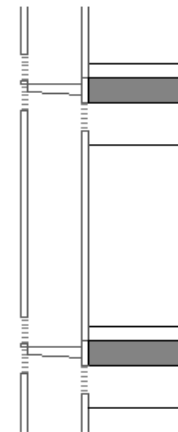
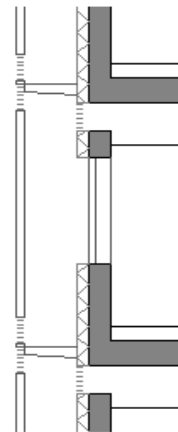
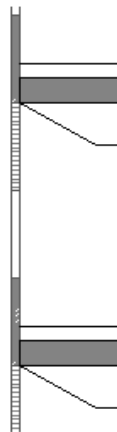
PARC.OPACAS



SUP. HUECOS < 60 %

SH > 60 %

TRANSPARENTES



F6. Muro Cortina

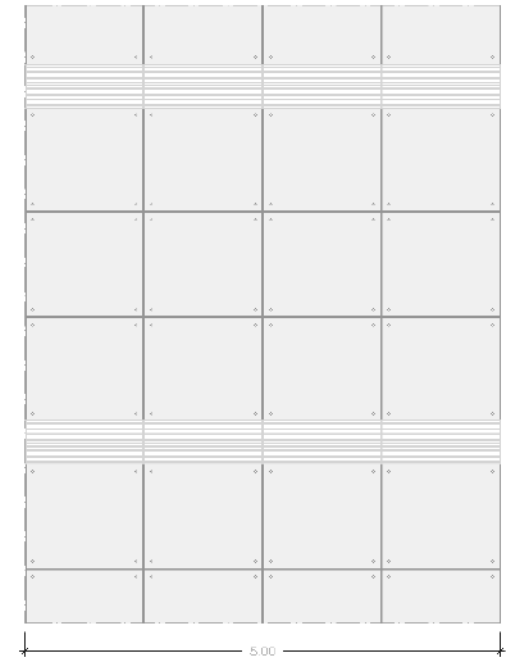
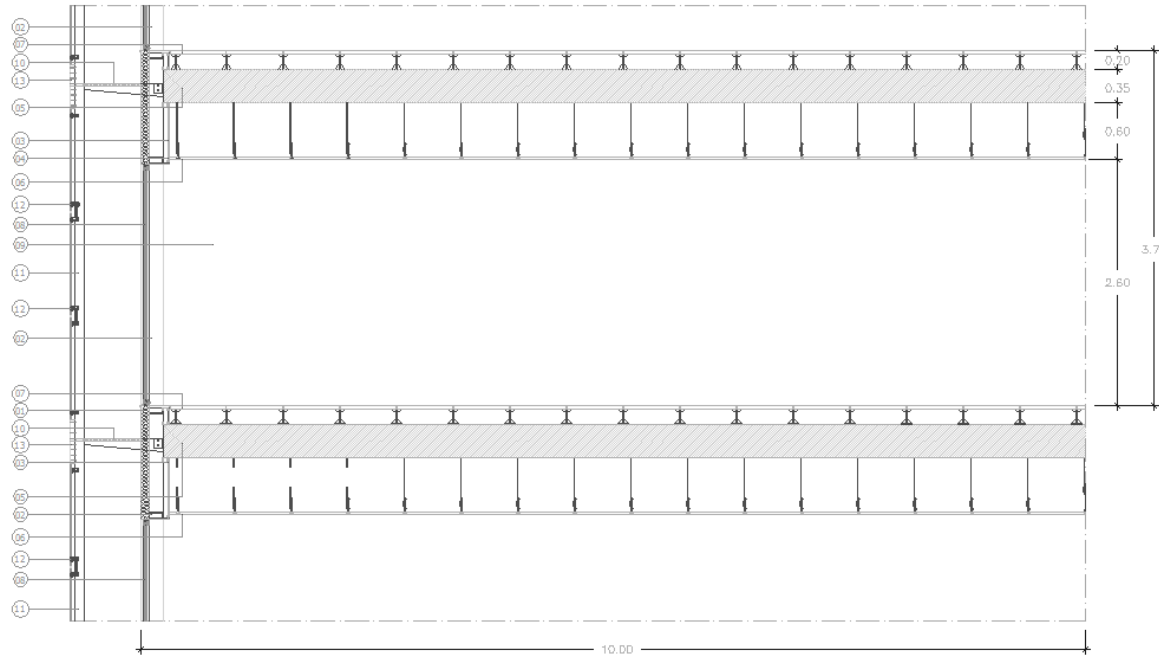
F7. M. Cort./Variac.

F8.Doble piel/SATE

F9.D.P/Huecos>60%

F10.D.P/H>60%/Vidrio tratado

Selección de fachadas tipo

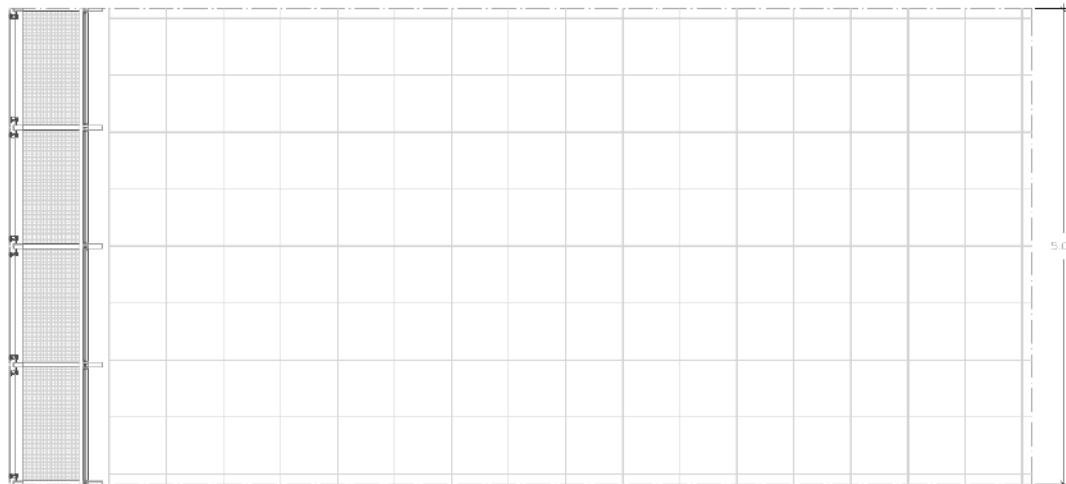


MURO DE DOBLE PIEL
 PIEL INTERIOR OPACA CON MÁS DE 60% DE HUECOS (68%)
 VIDRIO EXTERIOR:
 A- NORMAL (4.2)
 B- REFLECTANTE (4.3)
 CAMARA OPERABLE

- 01- Panel sandwich de aleación ligera de chapa de acero (e: 0,8mm), núcleo de poliuretano (conductividad 0,028 W/mK, espesor 7,8cm) y chapa de acero (e: 0,8mm); acabado liso y dardo.
- 02- Subestructura de aluminio (montantes y travesaños anclados en los cantos de forjado).
- 03- Barrera de vapor de polietileno de baja densidad.
- 04- Trasdosado interior autoportante con cámara de 5cm y placa cartón-yeso de 1.5 cm; pintura lisa y darda ($\alpha=0,4$).
- 05- Forjado ligero con chapa colaborante y capa de compresión de h.a., P: 300kg/m².
- 06- Falso techo tipo Armstrong blanco hueso $\alpha=0,2$.
- 07- Suelo técnico tipo DM 3cm; $\alpha=0,5$.
- 08- Carpintería RPT aluminio anodizado 6cm.
- 09- Particiones interiores verticales con mámpara de tablero laminado y lana de roca; acabado liso y color dardo; $\alpha=0,4$.
- 10- Ménsulas exteriores con pasarela de mantenimiento en acero galvanizado.
- 11- Muro cortina de la hoja exterior en aluminio anodizado.
- 12- Acristalamiento exterior de seguridad con andaje tipo "araña" y junta cerrada.
- 13- Rejillas automatizadas metálicas en hoja exterior.

FA.10

Doble Piel
 Huecos>60%
 Vidrio tratado
 Cam.operable



Definición de escenarios de simulación y costes de soluciones

✓ Variaciones de costes por altura y tipología de edificio

1. Tipología de fachadas: (Según tipos de hoja interior, aislamiento térmico y hoja exterior).
2. Tipología de carpinterías (Interior y exterior)
3. Tipología de vidrios (Acristalamiento interior y exterior)
4. Tipología de Elementos de sombra
5. Inercia (Forjados, solados, falsos techos)
6. Sistemas de Generación: Caldera + enfriadora, Bomba de calor, Sistema VRF, Red de distrito.
7. Sistemas de Difusión: Fancoil, Suelo radiante, VRV.
8. Fase de optimización (control y gestión)

- (EN TORNO A 17.500 SIMULACIONES)

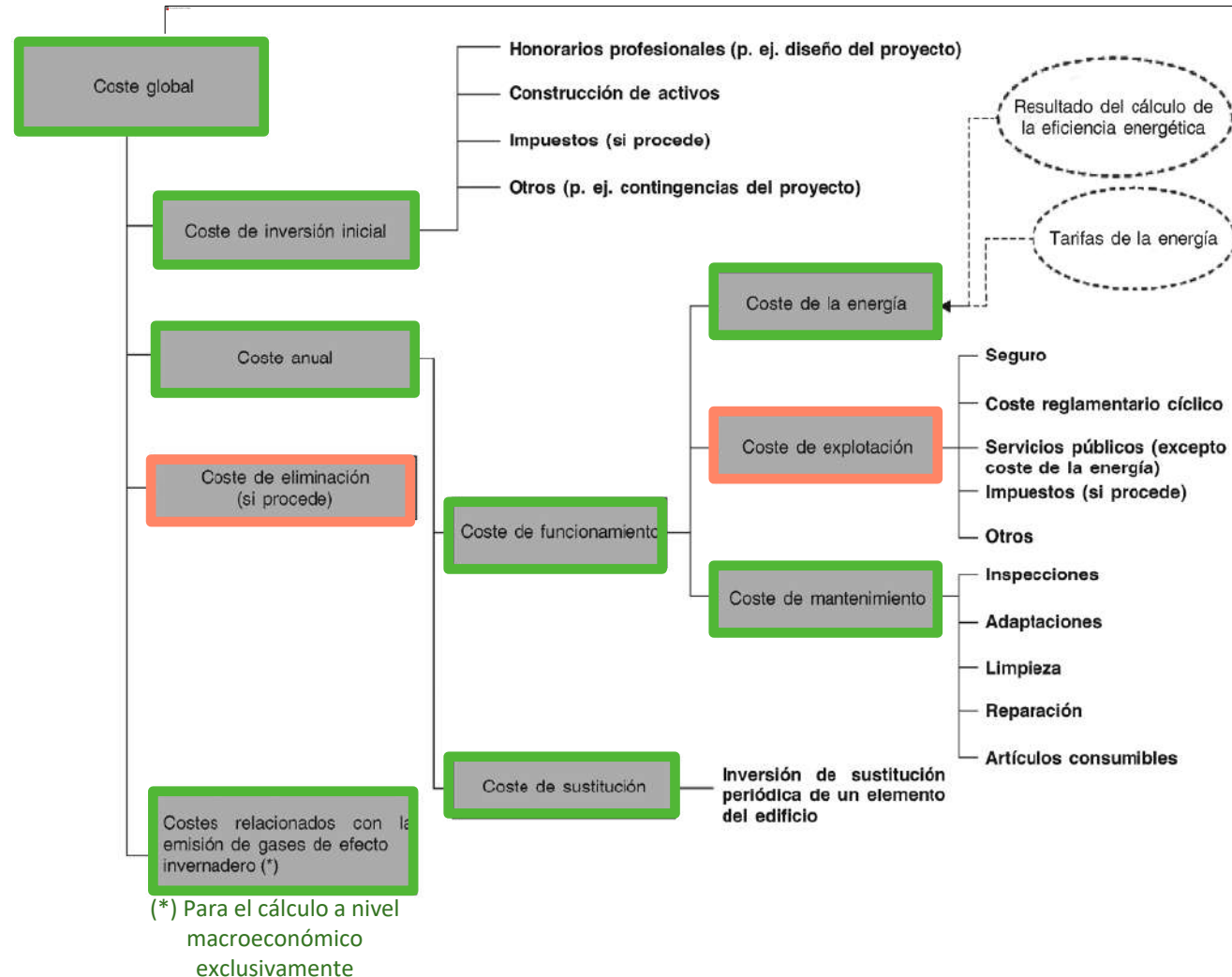
Determinación costes globales

Hipótesis y fuentes I

OBJETIVOS

base de datos de precios para determinar, a partir de ella, los costes asociados a cada uno de los escenarios ya definidos, y que permitan desarrollar el análisis de coste óptimo.

Según criterios del Reglamento Delegado (UE) 244/2012 y de la Directiva 2010 / 31 / UE, sobre eficiencia energética de los edificios, que establece el marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad.



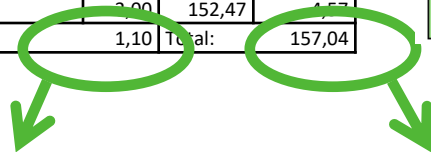
Determinación costes globales – Fase CTE

Hipótesis y fuentes III

PROCESO DE GENERACIÓN DE COSTES

Precios descompuestos

Ext 01	m²	Hoja exterior de piedra natural, en fachada ventilada, anclaje oculto.	157,04		
Hoja exterior de fachada ventilada de 4 cm de espesor, de placas de arenisca Bateig Beige, acabado abujardado, 60x40x4 cm, con anclajes puntuales, regulables en las tres direcciones, de acero inoxidable AISI 304, fijados al paramento soporte con tacos especiales.					
Desc.	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt18ban010hb	m²	Placa de arenisca nacional, Bateig Beige, 60x40x4 cm, acabado abujardado, según UNE-EN 1469.	1,15	58,74	67,55
mt19paj120a4 500	Ud	Repercusión, por m² de hoja exterior de fachada ventilada de placas de piedra natural, del sistema de anclaje formado por anclajes puntuales regulables en las tres direcciones, de acero inoxidable AISI 304, fijados al soporte de hormigón o fábrica de ladrillo macizo o perforado (fck>=150 kp/cm²) con tacos especiales.	1,00	45,00	45,00
mo006	h	Oficial 1ª montador.	1,05	17,26	18,11
mo048	h	Ayudante montador.	1,11	15,62	17,37
	%	Medios auxiliares	3,00	148,03	4,44
	%	Costes indirectos	2,00	152,47	1,57
Coste de mantenimiento anual:			1,10	Total:	157,04



Coste de mantenimiento anual

Coste de construcción

PASO 1: Precios descompuestos

PASO 2: Precios Unitarios de cada solución:

Dos alturas de edificios: B+5 y B+11
Dos tipologías: Planta cuadrada y bloque lineal)

PASO 3: Coste de Planta tipo (PEM) de 900m².

Repercusión de costes fijos y zonas comunes de planta

PASO 4: Repercusión de otros costes fijos (Edificio Completo)

Cimentación, Saneamiento, Planta Baja y Cubierta
(Para 2 tipologías y 2 alturas)

PASO 5: Presupuesto de obra

$PEC = PEM \times 1,19$

PASO 6: Coste de Inversión

Presupuesto General = $PEC \times 1,10$

Determinación costes globales – Fase CTE

Hipótesis y fuentes VII

COSTES DE MANTENIMIENTO

Desglosados en los precios descompuestos.

COSTES DE REPOSICIÓN

No se consideran elementos constructivos con vida útil inferior a 20 años del periodo de cálculo.

Diferente vida útil de elementos en cálculo del valor residual.

VALOR RESIDUAL

Se consideran periodos de vida útil: Carpintería convencional., vidrios, generación y difusión

20 años. Resto de elementos: 50 años

COSTES DE ENERGÍA

Datos propuesta del Ministerio

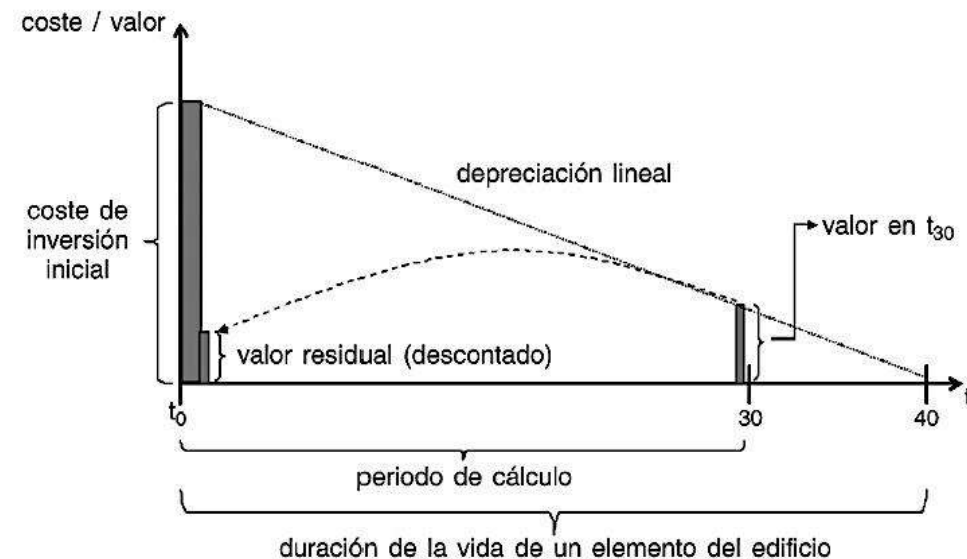
TASA DE DESCUENTO

3% según Ministerio. (Variaciones hasta 7%)

FACTORES DE PASO Y COSTES EMISIONES

Según propuesta del Ministerio

PEC de 875 a 1390 €/m²

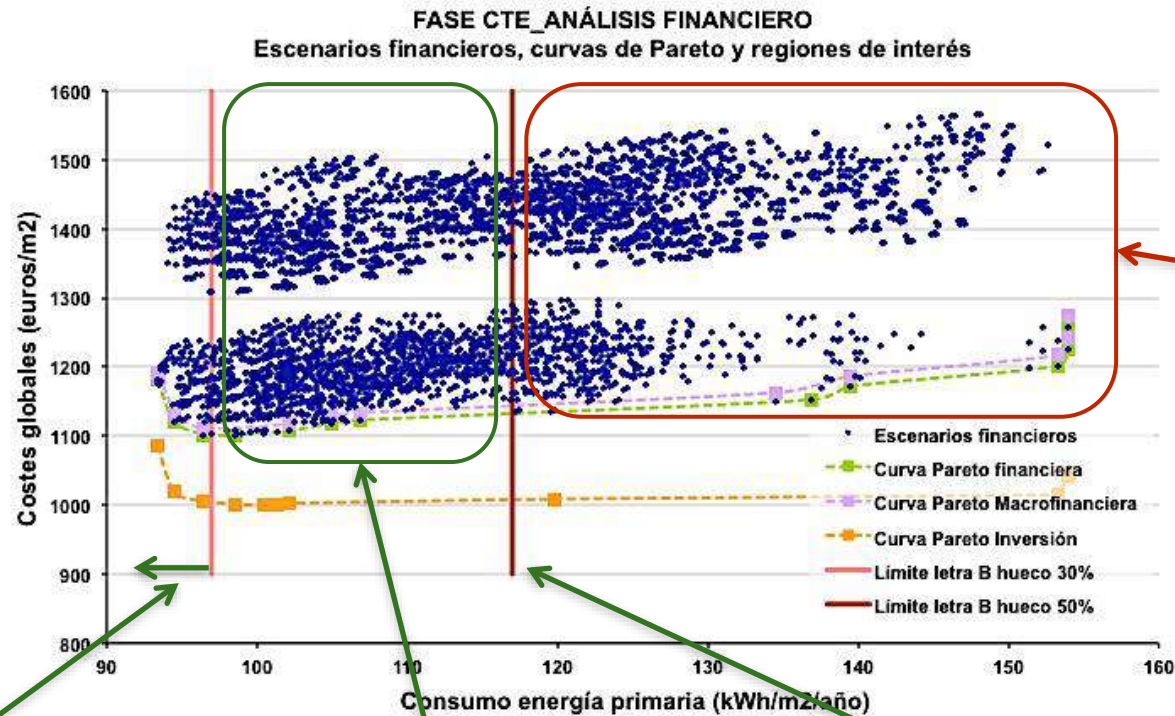




RESULTADOS EN EL CONTEXTO CTE

Resultados generales Fase CTE

Cada punto un edificio en todo su ciclo de vida (análisis financiero, macroeconómico y en inversión)



Fuera de norma CTE 2013

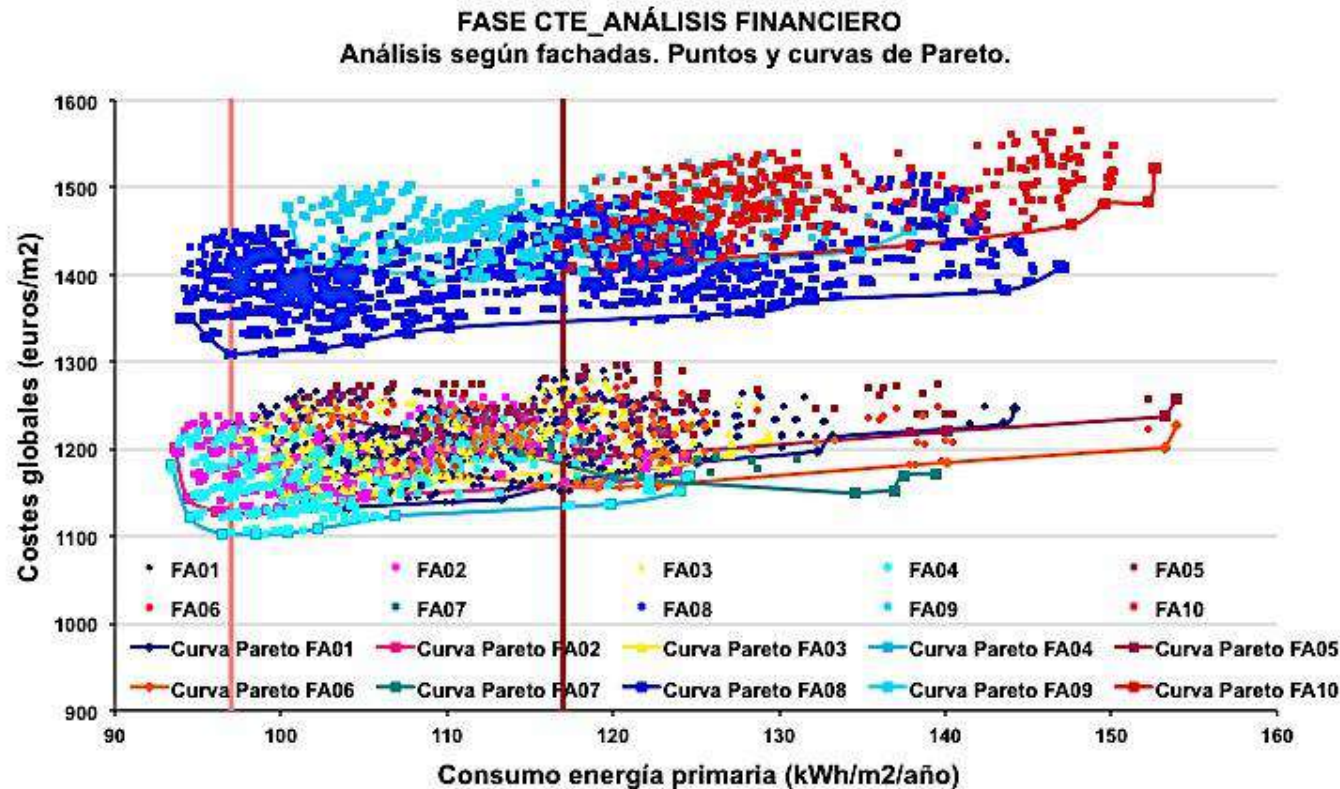
Edificios cumplimiento CTE 2013 y probable letra A

Zona de cumplimiento letra B del CTE 2013 para edificios hasta 30% de hueco

Límite seguro de cumplimiento letra B del CTE 2013 para edificios con hueco > 50%

Resultados por Fachadas Fase CTE I

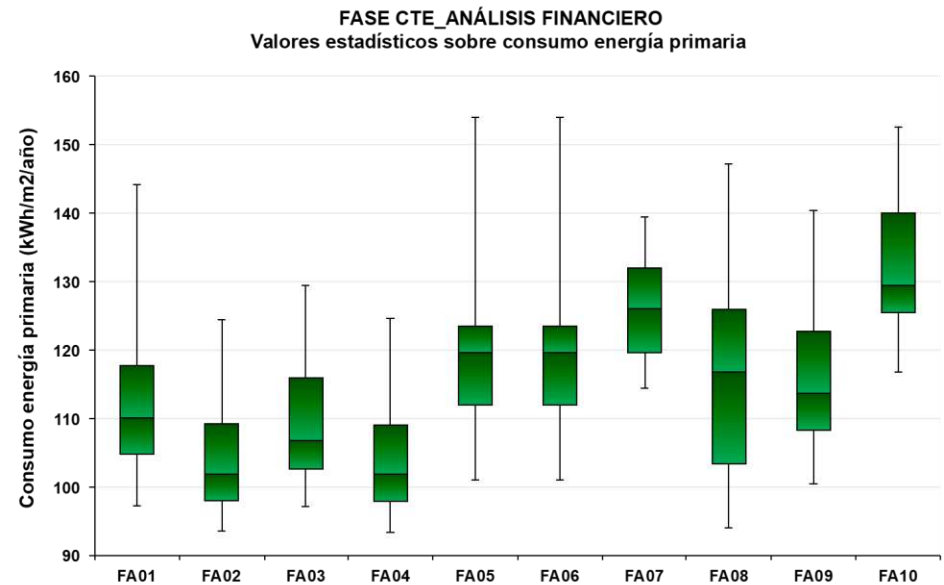
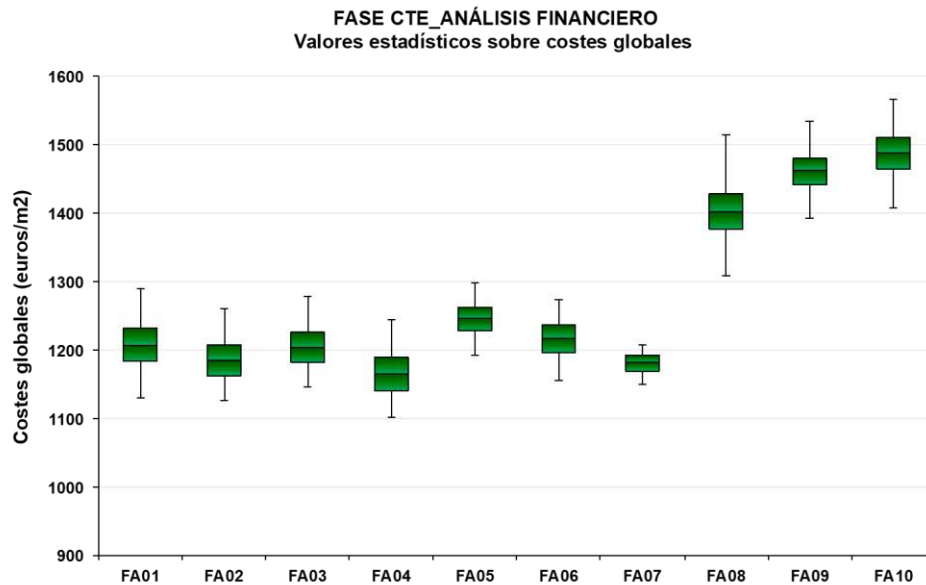
Cada color representa todos los escenarios de edificios para una determinada tipología de fachada



- Se observa una disgregación evidente entre las fachadas de doble piel (FA08, FA09 y FA10) y el resto.
- Ello se da sobretudo a nivel de costes globales, aunque a nivel de energía primaria también hay un corrimiento a valores elevados para estas tipologías de fachada.

Resultados por Fachadas Fase CTE II

Análisis de valores estadísticos (máximo, mínimo, percentiles del 25, 50 y 75%) de costes y consumos

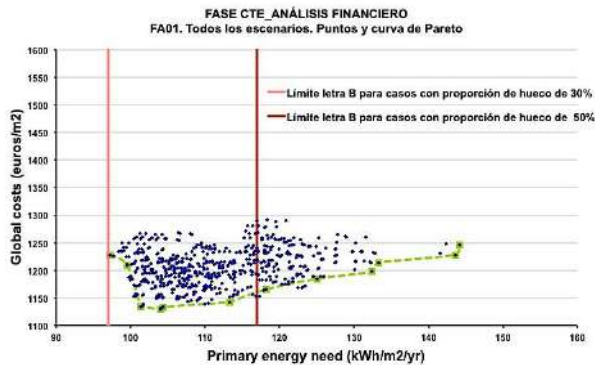


- Las fachadas más “convencionales” se caracterizan por una mayor “compactación” de resultados de costes globales en la franja baja (1.100 – 1.300€/m2).
- Los muros cortina se encuentran en una franja similar de costes, pero con valores (y amplitudes) más elevados de energía primaria.
- Las dobles pieles se encuentran en la zona más elevada de costes globales, con valores entre 1.300 – 1.600€/m2, y con amplitudes elevadas en primaria

Resultados por Fachadas Fase CTE III

Ejemplos representativos de tres tipologías de Fachadas

Fachada 01 - Opaca

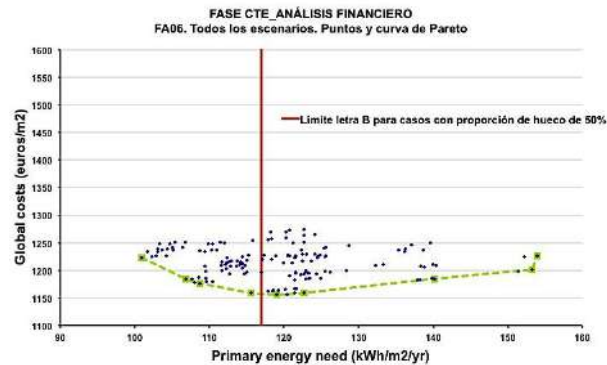


Compactación escenarios:
menos complejidad

Costes reducidos

Consumos más centrados en la
zona de cumplimiento

Fachada 06 – Muro cortina

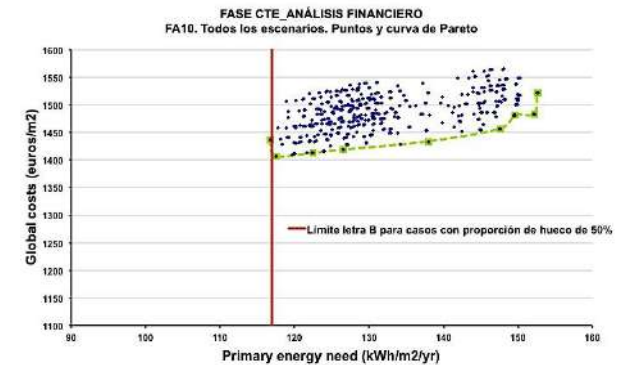


Escenarios distribuidos: más
complejidad

Costes reducidos

Consumos centrados en el
límite normativo

Fachada 10 – Doble hoja



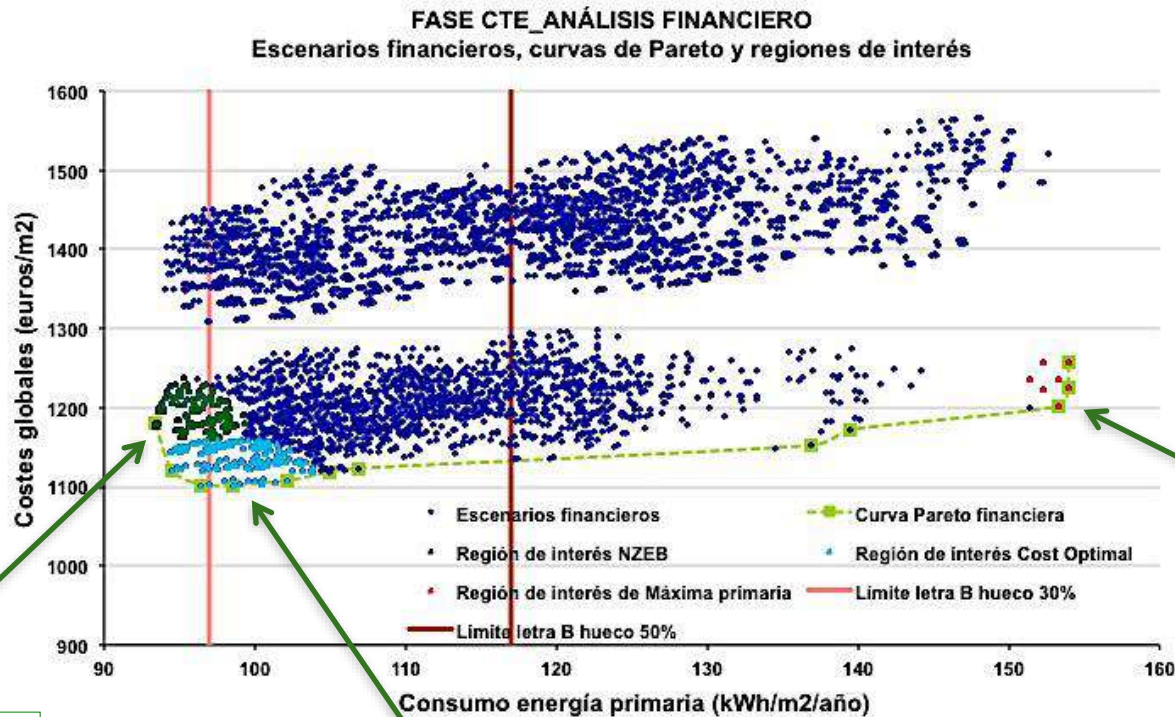
Compactación escenarios:
menos complejidad

Costes muy elevados

Consumos totalmente fuera de
la región de cumplimiento CTE

Resultados regiones interés Fase CTE I

Análisis de soluciones constructivas y arquitectónicas en base a las regiones de interés

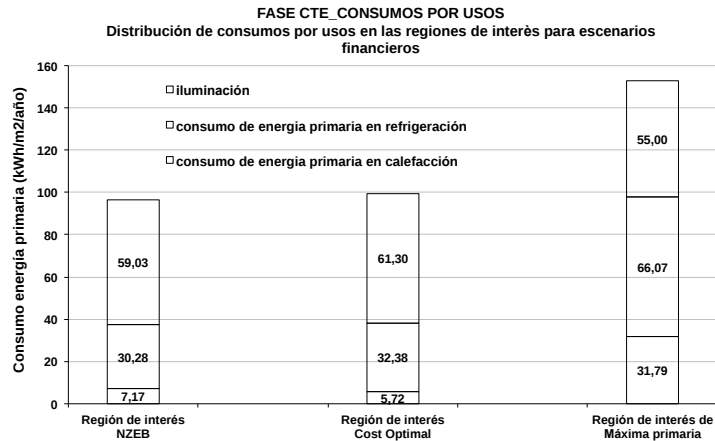


Región de mínima
energía primaria
(NZEB)

Región mejor relación costes
globales vs consumos energía
primaria (Cost optimal)

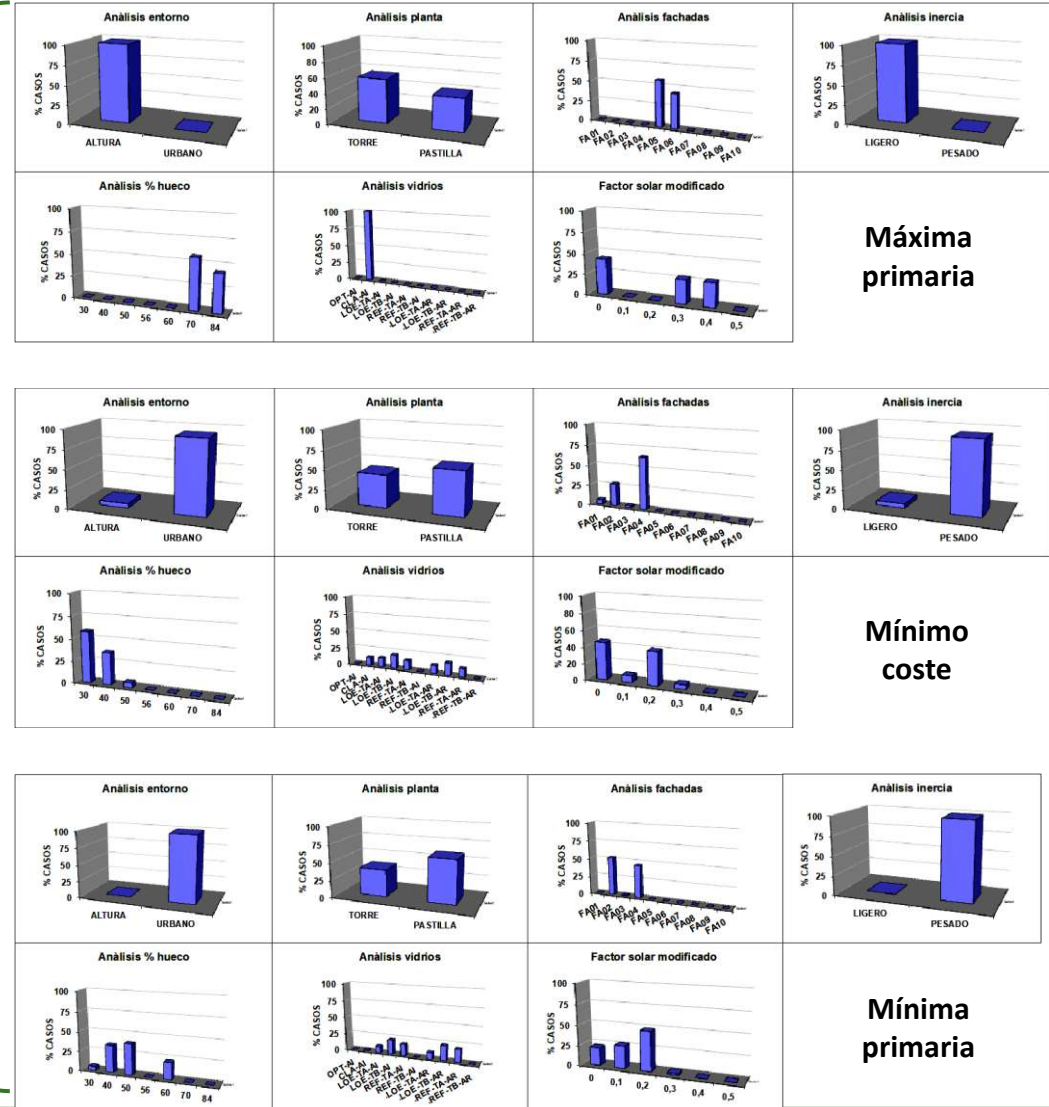
Región de mayor
consumo de energía
primaria

Resultados regiones interés Fase CTE II



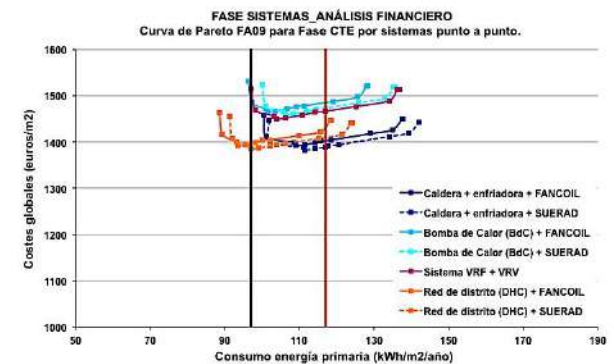
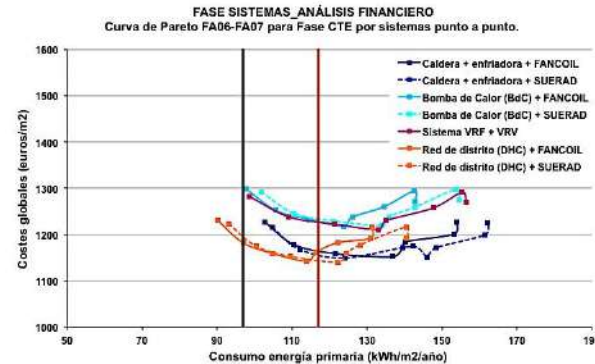
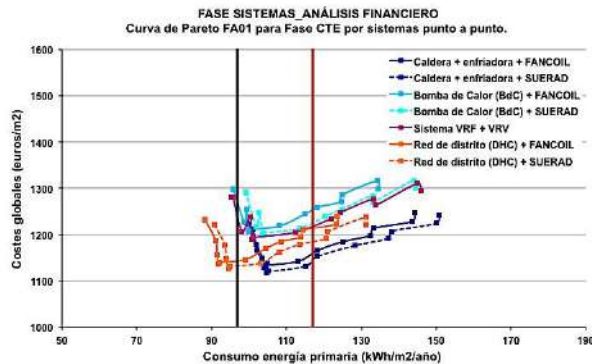
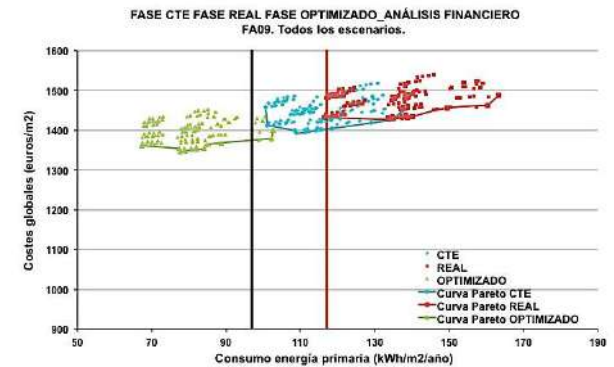
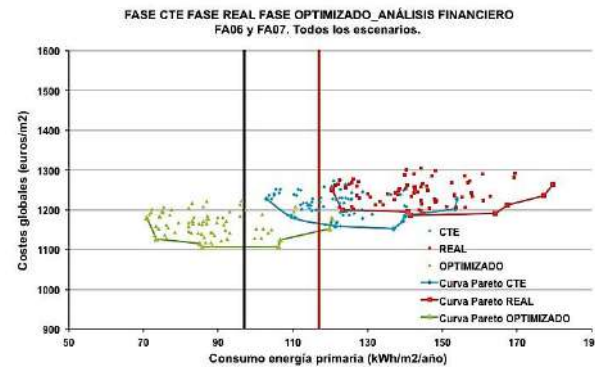
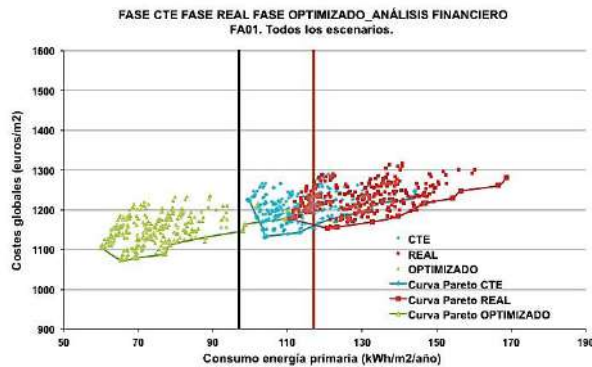
Importancia en el diseño de iluminación (no solo activa) y refrigeración. Calefacción en grandes consumidores

- **Máxima primaria:** Edificios en altura, con fachadas tipo muro cortina ligeras, elevadas proporciones de hueco, y vidrios dobles claros con cámara de aire y sin tratamiento.
- **Mínimo coste:** Edificios urbanos con fachadas convencionales pesadas, con reducido porcentaje de huecos y factores solares modificados reducidos.
- **Mínimo consumo:** Edificios urbanos, principalmente tipo pastilla, con fachadas convencionales pesadas, con reducido porcentaje de huecos y factores solares modificados reducidos



Orientación otros resultados

El análisis en condiciones reales de operación (según observación), condiciones optimizadas (domótica e infiltración), en variaciones de sistemas, o según variaciones de precios de energía o tasa de descuento muestra **LAS MISMAS TENDENCIAS EN RELACIÓN A TIPOLOGÍAS EDIFICATORIAS Y CONSTRUCTIVAS** aunque, evidentemente, para otros valores.





CONCLUSIONES Y FUTURO

Contexto de conclusiones

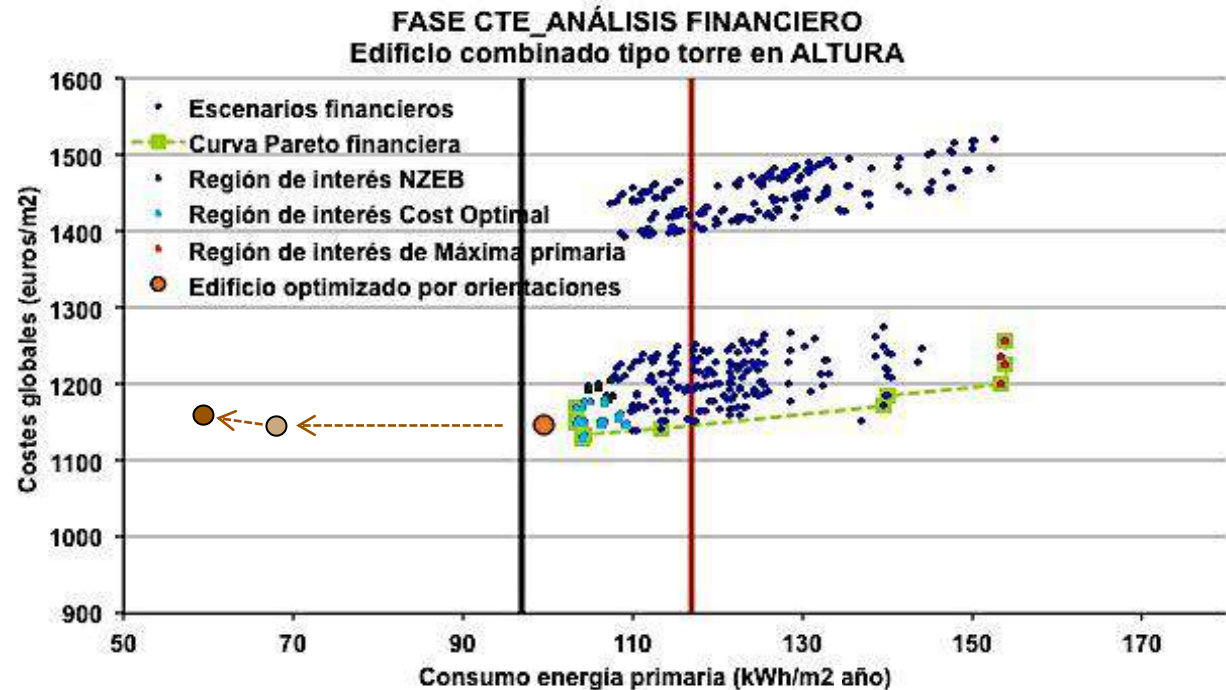
Contexto:

- Edificios de oficinas de Madrid bajo CTE 2013
- Escenarios acotados representativos de casuísticas genéricas (no casos singulares)
- Escenarios bajo condiciones de sistemas según mercado (en rendimientos) con precios acotados (en referencias)

El estudio ofrece, en sus diversos documentos parciales, **múltiples conclusiones específicas que merecen**, en un análisis más de detalle de los resultados, **ser analizadas y aplicadas directamente o en otros estudios sectoriales.**

Conclusiones generales básicas

¿Cómo puede contribuir la edificación a reducir la distancia entre los edificios NZEB y los de coste óptimo o incluso mejorar sus resultados energéticos y económicos?



- Es factible construir edificios de oficinas de consumos energéticos reducidos a costes globales significativamente inferiores a los usuales en mercado de los últimos años. Objetivo razonable: **edificios con consumos en torno a 60kWh/m2 año, en construcciones con costes entre 1.100 y 1.200€/m2.**
- **Construir edificios de oficinas energéticamente eficientes a costes óptimos resulta más económico**, considerando tanto costes globales del ciclo de vida, como costes de inversión.

Conclusiones según tipologías edificatorias

- Los principales elementos a considerar en los edificios eficientes, en costes y energía, son **el diseño arquitectónico y constructivo, y la operación en su vida útil, siendo la consideración del sistema energético el factor de menor peso.**
- Los edificios de fachadas transparentes (altas proporciones de hueco, muros cortinas y dobles pieles) resultan más caros y se asocian a mayor consumo que edificaciones de soluciones convencionales (opacas, inerciales y protegidas). Especialmente relevante en las dobles pieles.
- Los edificios transparentes tienen asociado, de promedio, un sobre coste de más de 300 €/m² y mayor consumo en energía primaria en más de 25 kWh/m²año. **Tanto en inversión, como en operación y mantenimiento, los edificios transparentes no son ni económica ni energéticamente rentables.** Estas conclusiones son invariantes por orientaciones debido a su normalización por normativa.
- Las actualizaciones, presentes y en un futuro próximo, de la normativa de la edificación obligan a considerar como **factor decisivo el vector energético y modificarán el sector de forma relevante.**

Desarrollos futuros pendientes

En base a la metodología desarrollada:

- Un análisis en profundidad (**optimizaciones de detalle**) y amplitud (**zonas climáticas**), revertiría en una visión integral de los planteamientos descritos y permitiría avanzar en la dirección de **aproximar económicamente los NZEB a la región de coste óptimo**.
- Tanto por realidad del sector, como por la del mercado, y en base a las directrices observadas, el **análisis para edificios existentes en un marco de rehabilitación energética**, revertiría en un **conocimiento requerido para hacer frente a la actividad del sector con garantías**.
- La **profundización en el análisis de condiciones reales vs escenarios de diseño**, se prevé fundamental para pasar del paradigma a la realidad requerida.

Proyecto T O B E E M

Directrices energéticas integrales de edificios de oficinas en Madrid

Viabilidad del diseño de edificios de coste y consumo energético mínimos: horizonte 2020.

Jordi Pascual. AIGÜASOL

Carlos Expósito. ALIA