



Directrices energéticas integrales en edificios de oficinas transparentes (TOBEE). Ref.: CIT-440000-2008-4

Informe técnico global

FECHA: 31/03/10

VERSIÓN: V01

RESPONSABLE: JORDI PASCUAL

CÓDIGO: T11-DI.06

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO	4
2.1	OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO COMPLETO	4
2.1.1	OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO	4
2.1.2	OBJETIVOS DE ÁMBITO CIENTÍFICO/TECNOLÓGICO	4
2.1.3	OBJETIVOS DE ÁMBITO INDUSTRIAL Y AMBIENTAL	5
2.1.4	OBJETIVOS DE ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO	6
2.1.5	OBJETIVOS DE ÁMBITO ACADÉMICO	6
2.2	OBJETIVO Y FINALIDAD DE LAS TAREAS DESARROLLADAS	7
2.2.1	TAREA 1: AUDITORIAS EDIFICIOS DE OFICINAS EXISTENTES	7
2.2.2	TAREA 2: DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS	8
2.2.3	TAREA 3: DISEÑO DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS	8
2.2.4	TAREA 4: CÁLCULO ENERGÉTICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS	9
2.2.1	TAREA 5: CÁLCULO ECONÓMICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS	12
2.2.1	TAREA 6: ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE GESTIÓN Y USO DE LOS EDIFICIOS	14
2.2.2	TAREA 11: GESTIÓN DEL PROYECTO	16
3	CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO. RESULTADOS OBTENIDOS.	17
3.1	CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO GLOBAL	17
3.1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y LÍNEAS I+D A SEGUIR	17
3.1.2	METODOLOGÍA A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO	18
3.2	CONTENIDO Y ALCANCE DE LAS TAREAS DESARROLLADAS. RESULTADOS DEL PROYECTO	20
3.2.1	TAREA 1: AUDITORIAS EDIFICIOS DE OFICINAS EXISTENTES	20
3.2.2	TAREA 2: DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS	32
3.2.3	TAREA 3: DISEÑO DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS	43
3.2.4	TAREA 4: CÁLCULO ENERGÉTICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS	50
3.2.5	TAREA 5: CÁLCULO ECONÓMICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS	79
3.2.6	TAREA 6: ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE GESTIÓN Y USO DE LOS EDIFICIOS	87
3.2.1	TAREA 11: GESTIÓN DEL PROYECTO	111
4	PLAN DE TRABAJO.	112
4.1	HITOS PREVISTOS Y REALIZADOS	112

1 INTRODUCCIÓN

TOBEE es un proyecto de duración total de 24 meses, de los que se han aprobado para subvención pública 18 (6 pertenecientes al 2008 y 12 al 2009). Conforme a ello, los objetivos y finalidades de la parte justificable del 2008, son los que competen a las tareas pertenecientes a este periodo, según el plan de trabajo presentado en su día y aprobado por el organismo competente.

Dicho plan de trabajo se divide en tres fases según:

- ✓ FASE 1: Análisis de casuísticas y planteamiento de los distintos escenarios de estudio.
- ✓ FASE 2: Cálculo pluridisciplinar paramétrico de los distintos escenarios
- ✓ FASE 3: Desarrollo de herramientas informáticas y metodologías de síntesis de los resultados del proyecto.

Estas tres fases contienen las distintas tareas a realizar para llevar a cabo el proyecto y alcanzar satisfactoriamente los objetivos descritos.

Aunque el proyecto se presentó en su día con un plan de trabajo asociado de 24 meses, las características del programa condicionaron la aprobación, en formato de subvención, de las tareas comprendidas en los primeros 18 meses (correspondientes al período comprendido entre junio del 2008 y diciembre del 2009). Dicha consideración, y de acuerdo con el documento de entrada de solicitud con número de disco 967711394 y en concordancia con la aprobación de la ayuda para el período 2008-2009, implica la siguiente distribución temporal de las tareas presentadas inicialmente;

TAREA	FECHA INICIO	FECHA FINAL	CONDICIÓN
T1. Auditorias edificios de oficinas existentes	01/06/2008	01/11/2008	Aprobado para 2008
T2. Definición de los escenarios de análisis	01/08/2008	01/11/2008	Aprobado para 2008
T3. Diseño de los escenarios de análisis	01/11/2008	01/01/2009	Aprobado para 2008
T4. Cálculo energético de los distintos escenarios	01/01/2009	01/06/2009	Aprobado para 2009
T5. Cálculo económico de los distintos escenarios	01/07/2009	01/08/2009	Aprobado para 2009
T6. Análisis de los modelos de gestión y uso de los edificios	01/09/2009	01/12/2009	Aprobado para 2009
T7. Programación de la herramienta informática resultante	01/12/2009	01/03/2010	Pendiente presentar para 2010
T8. Redacción de la guía de diseño de edificios eficientes	01/01/2010	01/04/2010	Pendiente presentar para 2010
T9. Redacción de la guía de uso y gestión de edificios eficiente	01/01/2010	01/04/2010	Pendiente presentar para 2010
T10. Difusión de resultados	01/01/2010	01/06/2010	Pendiente presentar para 2010
T11. Gestión del proyecto	01/06/2008	01/06/2010	Parcialmente aprobado para 2008-2009

Es decir, sobre las diferentes Tareas presentadas en su día, el Ministerio aprobó en modo de subvención las 6 primeras y la T11. Estas son las que se han desarrollado.

2 OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO Y FINALIDAD DEL PROYECTO COMPLETO

El objetivo de la investigación es el de desarrollar y estandarizar una serie de herramientas que sirvan de directrices energéticas, en las etapas iniciales de diseño, de edificios de oficinas transparentes con el fin de minimizar el consumo energético asociado a la construcción y vida útil de estos. Se busca sintetizar y traspasar el conocimiento especializado de expertos en comportamiento energético de edificios a, en primera instancia, promotores-gestores y, finalmente, profesionales del diseño de edificios de oficinas transparentes.

2.1.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

Los objetivos generales del proyecto pasan por:

- ✓ Evaluar y modelizar los pesos de los distintos factores que afectan al ciclo de vida energético de los edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Desarrollar las herramientas y conocimientos parametrizados que, fruto de una visión y análisis sistemáticos de los distintos elementos a considerar en este tipo de edificios (iluminación, soluciones constructivas, materiales, sistemas, uso y gestión, etc.), sienten las bases apriorísticas de la sostenibilidad de los edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Definir directrices y una metodología que permitan sintetizar, en un lenguaje comprensible a los actores implicados y centrándose en las fases iniciales de diseño, los conocimientos energéticos a considerar y que sean un guión a seguir por parte de los actores implicados en el diseño y uso de este tipo de construcciones.
- ✓ Dimensionar y demostrar la importancia de la correcta gestión y uso de edificios de oficinas transparentes e implementar la participación de los distintos actores en las fases iniciales de diseño de este tipo de construcciones.
- ✓ Dimensionar y parametrizar la relación entre los costes energéticos y económicos en función del diseño, gestión y uso de los edificios de oficinas transparentes.

2.1.2 OBJETIVOS DE ÁMBITO CIENTÍFICO/TECNOLÓGICO

Desde el punto de vista científico/tecnológico, este proyecto va a desarrollar nuevas herramientas que guíen a los promotores-gestores y equipos de diseño en las primeras fases de definición y uso de los edificios de oficinas transparentes. Los objetivos científico/tecnológicos se resumen a continuación:

- ✓ Desarrollo y calibración de modelos apriorísticos (basados en el software TRNSYS, en datos de monitorización y en modelos estadísticos) que permitan conocer y disociar el efecto de los distintos elementos de diseño y uso sobre el consumo energético global de edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Desarrollo de un método de análisis parametrizado que permita determinar las diferencias entre los modelos teóricos y los comportamientos reales, tanto en la gestión como en el uso en los edificios de oficinas transparentes.

- ✓ Desarrollo de una base de datos de estimaciones de consumos energéticos de distintas tipologías constructivas y zonas climáticas de la península. Esta base de datos incluirá tanto aspectos arquitectónicos como parámetros de gestión, y de uso de los edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Desarrollo de una herramienta de diseño con una interfície simplificada e intuitiva, que permita a actores no especializados (promotores-gestores, arquitecturas e ingenierías), tener una orientación aproximada de la implicación energética y económica de las distintas soluciones constructivas, arquitectónicas, de gestión, y de uso en la definición de edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Desarrollo de una metodología estandarizada y una guía de diseño, que permita efectuar estudios de viabilidad de forma rápida y así dar soporte a los parámetros de decisión en las fases iniciales de diseño.

2.1.3 OBJETIVOS DE ÁMBITO INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

2.1.3.1 OBJETIVOS DE ÁMBITO INDUSTRIAL

Aunque la vertiente del proyecto no resulta puramente industrial, se reconocen como objetivos en este ámbito

- ✓ Optimizar las estrategias y elementos de gestión energética de edificios de oficinas a través de los resultados obtenidos, en general, y de la predicción y el peso de la relación de los usuarios con el comportamiento energético, en concreto.
- ✓ Aumentar el conocimiento y facilitar la predicción de la relación de los usuarios con el comportamiento energético de los edificios durante su vida útil.
- ✓ Establecer las metodologías que permitan la evaluación del efecto de nuevas tecnologías y materiales en el consumo energético de los edificios de oficinas de una forma sencilla y práctica.

2.1.3.2 OBJETIVOS DE ÁMBITO AMBIENTAL

El incremento de emisiones efecto invernadero va a aumentar un 58% con respecto a 1990 según la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4) aprobada por el Gobierno en el 2003, mientras que el compromiso español en Kyoto es no aumentar por encima del 15%. La contribución oficialmente reconocida del sector edificación a la demanda energética nacional se cifraba en un 16 % en el año 2000. Dichos valores son especialmente relevantes en edificios de oficinas en los que el consumo energético tiene un peso relativo muy elevado (debido tanto al tipo de construcciones como al uso de estas) [EIA, 1995].

A pesar de la entrada en vigor de las recientes actualizaciones de las normativas del sector de la edificación y, en concreto, de aquellas relacionadas con el vector energético, este es tratado de forma residual y a posteriori del diseño de los edificios. En este sentido los objetivos ambientales del proyecto pasan por, implementando una metodología y herramientas que faciliten el prediseño de edificios de oficinas transparentes, reducir de forma significativa las emisiones asociadas a este tipo de construcciones. En concreto el proyecto comparará los distintos escenarios planteados en el análisis paramétrico con casos de edificios que, cumpliendo la normativa actual, se puedan considerar convencionales.

2.1.4 OBJETIVOS DE ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO

Todo desarrollo tecnológico será estéril o, cuando menos, desaprovechado si no va acompañado de otras medidas de ámbito social y económico que completen el proceso. En este proyecto se van a abordar tres factores sociales y económicos que han demostrado ser determinantes en la sostenibilidad del ciclo de vida de los edificios; a saber:

- ✓ La participación de los usuarios finales, en la definición del tipo de edificio a construir. Este proceso es crucial importancia en este tipo de edificios porque, en la mayoría de ellos, los promotores también son los que explotan el edificio, lo que significa que son los primeros interesados en que la construcción sea plenamente funcional y, por tanto, sostenible.
- ✓ La explicación de las premisas de cómo usar el edificio correctamente. Igual de importante que el resto de parámetros introducidos, el uso adecuado del edificio se presenta como elemento fundamental en la eficiencia energética de este. El uso inadecuado de cualquier edificio, por eficiente que esta haya sido diseñado, conduce inevitablemente al despilfarro energético.
- ✓ La viabilidad económica de los proyectos derivados de la aplicación de los resultados del análisis. El objetivo de los análisis propuestos, pasa por la viabilidad de los edificios resultantes de la aplicación de las conclusiones extraídas. Para ello es necesario que los costes sean semejantes a los de mercado.

Las metodologías y herramientas a desarrollar en este proyecto tendrán en cuenta estos factores socio económico y los incluirán en cada una de las fases del diseño y gestión de los edificios.

2.1.5 OBJETIVOS DE ÁMBITO ACADÉMICO

Desde el punto de vista científico-académico, este proyecto tiene como objetivos:

- ✓ Desarrollar nuevos conceptos sobre diseño, control, seguimiento y gestión de los edificios de oficinas transparentes desde su vertiente energética.
- ✓ Mejorar el conocimiento en nuestro país del comportamiento energético y de los pesos de los distintos factores de diseño, gestión y uso de este tipo de edificios.
- ✓ Desarrollar modelos y herramientas de análisis de prediseño que permitan evaluar el comportamiento energético y económico anual de los edificios de oficinas transparentes.
- ✓ Realizar una validación experimental exhaustiva de las herramientas de predicción, a través de la auditoría y la monitorización de edificios ya construidos y de la aplicación de resultados en nuevas promociones.

2.2 OBJETIVO Y FINALIDAD DE LAS TAREAS DESARROLLADAS

Tal como se introdujo en el primer capítulo del presente documento, el alcance del trabajo desarrollado concuerda con las tareas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 presentadas y con la parte proporcional de gestión del proyecto. Dichas tareas corresponden a la Fase 1 (Análisis de casuísticas y planteamiento de los distintos escenarios de estudio) completa y la Fase 2 (Cálculo pluridisciplinar paramétrico de los distintos escenarios). Considerando esto a continuación se muestran los objetivos y finalidades de dichas tareas, tal y como fueron planteadas en la petición de ayuda y que es como se han desarrollado finalmente sin cambios significativos.

2.2.1 TAREA 1: AUDITORIAS EDIFICIOS DE OFICINAS EXISTENTES

Tal como se definió en su día, el objetivo de la Tarea 1 pasaba por *“detectar las singularidades de los comportamientos energéticos de edificios transparentes de oficinas y obtener una serie de datos de las monitorizaciones que permitan la posterior calibración de las herramientas de simulación.”*

Es decir, la tarea uno planteaba la selección, monitorización del comportamiento energético y obtención de conclusiones de un conjunto de, al menos, 6 edificios de oficinas transparentes. En este sentido la finalidad de la tarea pasaba por determinar dos elementos imprescindibles en la consecución de los objetivos globales del proyecto:

1. Detectar, de forma fehaciente mediante la contrastación de la cuantificación de datos de funcionamiento energético, las problemáticas relacionadas con el consumo energético inherentes a los edificios de oficinas transparentes según la concepción de los mismos.
2. Obtener datos reales de comportamiento energético de edificios que permitan calibrar las herramientas de simulación. Este calibrado ha de permitir la correcta cuantificación teórica, desarrollada en la tarea 4, de las casuísticas descritas en la matriz de escenarios definidos en la tarea 2.

En este sentido, los objetivos de la tarea debían consolidarse en base a objetivos más concretos establecidos en las subtareas propuestas;

Subtareas	Objetivo
Tarea 1.1. Selección de edificios a auditar	Selección de 6 edificios, con el objetivo específico de representar seis tipologías diferenciadas de edificios de oficinas transparentes.
Tarea 1.2. Planteamiento de las monitorizaciones	Planteamiento del alcance de las monitorizaciones, con el objetivo concreto de que los resultados de estas sirvan para determinar las problemáticas inherentes a los edificios de esta tipología constructiva y uso y que permitan la calibración de las herramientas de simulación dinámica.
Tarea 1.3. Instalación de equipos, monitorización y recolección de datos	Desarrollo del proceso de monitorización, con el objetivo de obtener datos representativos del comportamiento energético del edificio y de las zonas representativas de estos
Tarea 1.4. Análisis de datos	Primer análisis de los datos, con el objetivo de determinar las virtudes y carencias relacionadas con el comportamiento energético de los edificios monitorizados.

Dichos objetivos se han alcanzado satisfactoriamente tal como quedará establecido en el capítulo tres de Resultados Obtenidos

2.2.2 TAREA 2: DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS

El objetivo específico de la Tarea 2 se definió en la propuesta aprobada según *“la definición de las distintas casuísticas representativas a analizar en el curso del proyecto considerando, en todo momento, finalidad del proyecto, en relación al desarrollo de herramientas para las fases iniciales de diseño”*.

De esta manera el desarrollo de la tarea buscaba obtener una matriz de escenarios posibles de edificios de oficinas transparentes que reflejaran, con la máxima amplitud posible, un abanico de posibilidades teóricas, el análisis de las cuales debería ser la base de las conclusiones finales del proyecto.

Igual que en el caso anterior, la tarea se desglosaba en subtareas, para cada una de las cuales existía un objetivo específico;

Subtareas	Objetivo
Tarea 2.1. Definición de las soluciones arquitectónicas y constructivas	El objetivo pasa por obtener distintas soluciones arquitectónicas y constructivas a analizar en el seno del proyecto, considerando que estas deben representar un abanico heterogéneo de este tipo de edificios.
Tarea 2.2. Definición de los escenarios sistemas	El objetivo pasa por obtener distintas soluciones de escenarios de sistemas de generación, transformación y difusión energética a aplicar en cada una de las tipologías de edificios a analizar. Dichos sistemas deberán encajar en la realidad del mercado.
Tarea 2.3. Definición parámetros externos, uso y gestión	El objetivo específico de la subtask es definir el resto de parámetros a considerar en las simulaciones como los ficheros climáticos, los perfiles de ocupación y gestión o los valores de confort a asegurar.
Tarea 2.4. Planteamiento de los escenarios finales	El objetivo de la subtask y objetivo final de la tarea 2 es definir el abanico de escenarios a analizar en el proyecto. Dicho abanico deberá ser representativo de la problemática a resolver dentro del proyecto y, a su vez, ser concreto y acotado a la realidad de los recursos destinados.

Los distintos objetivos descritos para esta tarea se han alcanzado satisfactoriamente, haciendo hincapié en el desarrollo de la subtask 2.3 que ha permitido una definición de la tarea 2.4 acorde con las expectativas. En el capítulo 3 de la presente memoria se justifican estos logros.

2.2.3 TAREA 3: DISEÑO DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS

El objetivo específico de la presente tarea se planteó inicialmente como *“la obtención de los parámetros necesarios para poder simular los distintos escenarios definidos en la fase precedente. Para ello se deberá considerar el tipo de resultados a obtener y el grado de fiabilidad de estos a la hora de desarrollar los esquemas y modelos a utilizar en las simulaciones”*.

Es decir, el objetivo pasaba por obtener los valores de los parámetros que definieran de forma inequívoca los distintos escenarios de la matriz a simular en la Tarea 4. Igualmente se buscaba obtener los modelos que representaran estos escenarios y que permitieran su posterior simulación de comportamiento energético.

Para alcanzar dichos objetivos, la tarea se dividía en varias subtareas con sus objetivos asociados;

Subtareas	Objetivo
Tarea 3.1. Definición de las hipótesis de simulación	Cuyo objetivo es establecer las hipótesis de simulación que conjuguen la realidad del comportamiento energético de los edificios a analizar con los objetivos finales del proyecto, considerando los factores predefinidos en la tarea anterior.
Tarea 3.2. Diseño de los modelos arquitectónicos y constructivos	Que tiene por objetivo diseñar los modelos arquitectónicos y constructivos que formen parte de los distintos escenarios a analizar. Dichos modelos deberán considerar tanto esquemas como diseños lo suficientemente detallados como para ser introducidos en las herramientas de simulación.
Tarea 3.3. Diseño de los modelos de las simulaciones	El objetivo es generar los modelos informáticos asociados a las distintas herramientas de simulación energética de los escenarios propuestos. Dichos modelos deberán ser coherentes entre si y con los objetivos y el alcance del proyecto.
Tarea 3.4. Calibración con datos monitorización	El objetivo, mediante la calibración y el probable reajuste de modelos e hipótesis de simulación, es determinar el grado de fiabilidad de resultados deseado.

En donde se han desarrollado una serie de modelos que permiten continuar trabajando en el proyecto, tal como se mostrará en el capítulo siguiente.

2.2.4 TAREA 4: CÁLCULO ENERGÉTICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS

Tal como se definió en su día, el objetivo de la Tarea 4 era *“la obtención de los resultados energéticos parametrizados derivados de la simulación de los distintos casos. Dichos resultados harán referencia tanto al uso de los edificios – demandas y consumos energéticos asociados – como al consumo energético relacionado con la construcción. Con los resultados obtenidos se podrá generar una base de datos que permita el análisis y las conclusiones posteriores.”*

Es decir, la tarea 4 está centrada en el cálculo de todos los escenarios ya definidos en la Fase I, Tarea III. Los resultados a obtener deben de ser las demandas, consumos y costes tanto de clima como de iluminación para cada uno de los distintos escenarios.

En este sentido, los objetivos de la tarea debían consolidarse en base a objetivos más concretos establecidos en las subtareas propuestas;

Subtareas	Objetivo
Tarea 4.1. Cálculo de los escenarios de tipologías de fachadas	En base a los diseños precedentes y a los conocimientos de AIGUASOL y CIMNE en las problemáticas relacionadas con el comportamiento de fachadas ventiladas, se llevaran a cabo cálculos que permitan obtener tanto datos de funcionamiento como premisas a considerar en las simulaciones de la siguiente subtarea. Dichas simulaciones se llevaran a cabo con subrutinas ya programadas de la herramienta de simulación dinámica TRNSYS y, si fuere necesario, análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD)
Tarea 4.2. Cálculo de los escenarios de demandas térmicas y eléctricas	Esta subtarea representa uno de los ejes centrales del proyecto TOBEE; En ella se realizarán las simulaciones parametrizadas relativas a las demandas térmicas y eléctricas – principalmente demandas de climatización y de iluminación - de los distintos escenarios planteados. Las simulaciones se llevarán a cabo con TRNSYS y el software de iluminación RADIANCE. Este doble enfoque de la problemática ha de permitir dilucidar las demandas globales asociadas al uso de los edificios planteados

Subtareas	Objetivo
Tarea 4.3. Cálculo de los escenarios de consumo	Los valores de demandas obtenidos en la subtarea anterior servirán de base para el cálculo de consumos en función de los sistemas energéticos planteados. No se pretende acoplar simulaciones de sistemas con demandas si no que los cálculos de consumos se desarrollaran con herramientas simplificadas a partir de los valores provenientes de las simulaciones TRNSYS y RADIANCE anteriores
Tarea 4.4. Iteraciones en función de resultados	Con los resultados obtenidos en las subtareas 4.2 y 4.3, se analizarán los valores de las distintas casuísticas y se propondrán los cambios necesarios, cuando los hubiere, para iterar en las simulaciones anteriores. Fruto de esta iteración se obtendrán los valores finales que deberán componer parte de la matriz final de resultados.
Tarea 4.5. Cálculo del ciclo de vida de materiales	En función de las configuraciones arquitectónicas y constructivas seleccionadas para el análisis se llevará a cabo el análisis del ciclo de vida de materiales utilizados. Este análisis se desarrollará de forma esquemática para obtener los órdenes de magnitud de la energía asociada a este factor. Para ello se decidirán una serie de ubicaciones geográficas posibles – máximo de 5 – que sean representativas del estado español

A continuación se describen de forma más detallada cada una de estas subtareas

2.2.4.1 SUBTAREA 4.1: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE TIPOLOGÍAS DE FACHADAS

Tal como se describe en la tabla, el objetivo de la SubTarea 4.1 se definió según *“En base a los diseños precedentes y a los conocimientos de AIGUASOL y CIMNE en las problemáticas relacionadas con el comportamiento de fachadas ventiladas, se llevarán a cabo cálculos que permitan obtener tanto datos de funcionamiento como premisas a considerar en las simulaciones de la siguiente subtarea. Dichas simulaciones se llevarán a cabo con subrutinas ya programadas de la herramienta de simulación dinámica TRNSYS y, si fuere necesario, análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD).”*

La subtarea 4.1 planteaba la simulación térmica y lumínica de los distintos escenarios definidos en el proyecto por todos los participantes del proyecto. En este sentido la finalidad de la tarea pasaba por determinar los elementos imprescindibles en la definición de los escenarios para la consecución de los objetivos globales del proyecto:

- Parámetros: fachadas; ventanas; sombras y orientaciones
- Hipótesis de estudio: zona de análisis; materiales; ocupación; condiciones de ocupación; elementos de sombra; infiltraciones; ventilaciones; y paso de tiempo de las simulaciones.
- Variables de análisis: variables relativas a la demanda de climatización y lumínica; variables relativas al confort térmico y lumínico; variables relativas al consumo de climatización e iluminación.

Dichos objetivos se han alcanzado satisfactoriamente tal como quedará establecido en el capítulo tres de Resultados Obtenidos

2.2.4.2 SUBTAREA 4.2: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE DEMANDAS TÉRMICAS Y ELÉCTRICAS

El objetivo específico de la SubTarea 4.2 se definió en la propuesta aprobada según *“Esta subtarea representa uno de los ejes centrales del proyecto TOBEE; en ella se realizarán las simulaciones parametrizadas relativas a las demandas térmicas y eléctricas – principalmente demandas de climatización y de iluminación - de los distintos escenarios planteados. Las simulaciones se llevarán a cabo con TRNSYS y el software de iluminación RADIANCE. Este doble enfoque de la problemática ha de permitir dilucidar las demandas globales asociadas al uso de los edificios planteados.”*

Una vez definidos todos los elementos necesarios para definir completamente las simulaciones (subtarea 4.1), éstas se llevarán a cabo para obtener la matriz de escenarios posibles calculados de edificios de oficinas transparentes que reflejaran, con la máxima amplitud posible, un abanico de posibilidades teóricas, el análisis de las cuales deberá ser la base de las conclusiones finales del proyecto.

Los distintos objetivos descritos para esta subtarea se han alcanzado satisfactoriamente, haciendo especial hincapié en la simulación de todos los primeros escenarios propuestos. En el apartado de software de iluminación, finalmente no se ha empleado el programa RADIANCE, sino que se ha empleado el código DAYSIM, que emplea el mismo motor de cálculo que RADIANCE, pero dispone de una interfase gráfica más simple y amigable que éste y se adapta perfectamente a los requisitos del proyecto. En el capítulo 3 de la presente memoria se presentan estos logros.

2.2.4.3 SUBTAREA 4.3: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE CONSUMOS

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“Los valores de demandas obtenidos en la subtarea anterior servirán de base para el cálculo de consumos en función de los sistemas energéticos planteados. No se pretende acoplar simulaciones de sistemas con demandas si no que los cálculos de consumos se desarrollaran con herramientas simplificadas a partir de los valores provenientes de las simulaciones TRNSYS y RADIANCE anteriores.”*

El objetivo pasaba por obtener los consumos a partir de los valores calculados de demandas. En este sentido no se pretenden simular los diferentes sistemas de climatización, sino aplicar un único sistema de referencia (a partir del análisis de los edificios existentes realizado en la tarea 1) de climatización e iluminación mediante unos parámetros constantes que se aplicarán sobre los datos de demandas.

Se debe considerar el análisis de los datos resultantes como una valoración estimada del orden de magnitud de los consumos económicos asociados al uso de los edificios. Evidentemente el uso de otros sistemas de referencia, o el análisis detallado de la respuesta instantánea de estos ofrecerá valores absolutos distintos e incluso, tendencias variables, aunque el orden de magnitud semejante. Dichos valores resultantes se deberán leer en comparación con los costes de inversión de cada una de las tipologías de edificios para poder sacar el máximo provecho al análisis.

En el capítulo siguiente del proyecto se mostrarán los resultados obtenidos en la subtarea.

2.2.4.1 SUBTAREA 4.4: ITERACIONES EN FUNCIÓN DE RESULTADOS

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“Con los resultados obtenidos en las subtareas 4.2 y 4.3, se analizaran los valores de las distintas casuísticas y se propondrán los cambios necesarios, cuando los hubiere, para iterar en las simulaciones anteriores. Fruto de esta iteración se obtendrán los valores finales que deberán componer parte de la matriz final de resultados.”*

Es decir, el objetivo pasaba por iterar entre todos los socios del proyecto para acabar de definir, si fuese necesario, las simulaciones mediante los parámetros que definen los distintos escenarios de la matriz a simular en la Tarea 4.

En el capítulo siguiente del proyecto se mostrarán los resultados obtenidos en la subtarea.

2.2.4.2 SUBTAREA 4.5: CÁLCULO DEL CICLO DE VIDA DE MATERIALES

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“En función de las configuraciones arquitectónicas y constructivas seleccionadas para el análisis se llevará a cabo el análisis del ciclo de vida de materiales utilizados. Este análisis se desarrollará de forma esquemática para obtener los órdenes de magnitud de la energía asociada a este factor. Para ello se decidirán una serie de ubicaciones geográficas posibles – máximo de 5 – que sean representativas del estado español.”*

El objetivo de esta SubTarea era establecer un orden de magnitud y valorar la posibilidad de incorporar los valores resultantes al resto de resultados obtenidos de las simulaciones, en base al peso de los primeros y su significado.

En el capítulo siguiente se mencionará las conclusiones de esta SubTarea.

2.2.1 TAREA 5: CÁLCULO ECONÓMICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS

El objetivo específico de la Tarea 5 se definió en la propuesta aprobada como *“la obtención de los costes de ciclos de vida (LCC) de los distintos escenarios planteados. Dichos costes incluyen no tan solo la estimación de las partidas económicas relacionadas con la construcción si no también aquellas relacionadas con la vida útil de los edificios. Para ello se utilizará un escenario de pool energético así como de la evolución de los precios de la energía en el mercado, que posibiliten la obtención de horquillas de valores fiables”*.

Igual que en el caso anterior, la tarea se desglosaba en subtareas, para cada una de las cuales existía un objetivo específico;

Subtareas	Objetivo
Tarea 5.1. Cálculo de los costes constructivos	En función de las distintas soluciones arquitectónicas y constructivas consideradas, se realizará una estimación de los costes asociados a la construcción de los distintos escenarios. Lo que se pretende es conseguir horquillas de valores fiables y que pudieran englobar a más de un escenario a la vez puesto que algunos de ellos podrán tener variaciones que no afecten de forma significativa a los costes de construcción
Tarea 5.2. Cálculo de los costes de vida útil de los edificios	Considerando por un lado los cálculos realizados en la tarea anterior de consumos energéticos asociados al uso de los edificios, por otro un escenario de pool energético y finalmente un escenario de evolución de costes de la energía, se calcularán los ciclos de vida económicos (LCC) de los distintos escenarios planteados. La evolución de los costes de la energía se hará en base a las predicciones de la Agencia Internacional de la Energía (EIA) y del informe del Consejo Europeo de las Energías Renovables (EREC) en relación de los escenarios energéticos hasta el 2050. Al igual que en la subtarea anterior se hará un trabajo previo de síntesis que permita la valoración estimada de todos los escenarios sin tener que realizar el cálculo para cada uno de ellos.
Tarea 5.3. Cálculo global de costes y ciclo de vida económico	De las horquillas de valores resultantes de los trabajos de síntesis y los cálculos realizados, se generará la matriz final de costes económicos relativos a los distintos escenarios planteados en el seno del proyecto

Los distintos objetivos descritos para esta tarea se han alcanzado satisfactoriamente. En el capítulo 3 de la presente memoria se justifican estos logros.

A continuación se describen de forma más detallada cada una de estas subtareas

2.2.1.1 SUBTAREA 5.1: CÁLCULO DE LOS COSTES CONSTRUCTIVOS

Tal como se describe en la tabla, el objetivo de la SubTarea 5.1 pasaba por *“En función de las distintas soluciones arquitectónicas y constructivas consideradas, se realizará una estimación de los costes asociados a la construcción de los distintos escenarios. Lo que se pretende es conseguir horquillas de valores fiables y que pudieran englobar a más de un escenario a la vez puesto que algunos de ellos podrán tener variaciones que no afecten de forma significativa a los costes de construcción.”*

El cálculo de costes de inversión parte del cálculo de un presupuesto base del coste de construcción de toda la casuística planteada: el cruce de posibilidades entre las 7 tipologías de fachada, 6 acristalamientos, 5 soluciones de sombreado dependientes del diseño y las distintas orientaciones.

Se establece la necesidad de realizar un profundo y exhaustivo análisis de precios por lo que se recurre a la generación de un presupuesto detallado de cada una de las partidas a tener en cuenta para la construcción de cada una de las soluciones.

Dichos objetivos se han alcanzado satisfactoriamente tal como quedará establecido en el capítulo tres de Resultados Obtenidos

2.2.1.2 SUBTAREA 5.2: CÁLCULO DE LOS COSTES DE LA VIDA ÚTIL DE LOS EDIFICIOS.

El objetivo específico de la SubTarea 5.2 se definió en la propuesta aprobada según *“Considerando por un lado los cálculos realizados en la tarea anterior de consumos energéticos asociados al uso de los edificios, por otro un escenario de pool energético y finalmente un escenario de evolución de costes de la energía, se calcularán los ciclos de vida económicos (LCC) de los distintos escenarios planteados. La evolución de los costes de la energía se hará en base a las predicciones de la Agencia Internacional de la Energía (EIA) y del informe del Consejo Europeo de las Energías Renovables (EREC) en relación de los escenarios energéticos hasta el 2050. Al igual que en la subtarea anterior se hará un trabajo previo de síntesis que permita la valoración estimada de todos los escenarios sin tener que realizar el cálculo para cada uno de ellos.”*

En definitiva, en esta tarea se planteaba el establecimiento de un ratio económico que permitiera evaluar la eficiencia económica de cada uno de los escenarios propuestos a lo largo de su vida útil. Se trataba no sólo de escoger este ratio económico sino de adaptar alguno de los existentes a las casuísticas del proyecto en base a políticas de ahorro y no de producción energética.

En el capítulo 3 de la presente memoria se presentan estos logros.

2.2.1.3 SUBTAREA 5.3: CÁLCULO GLOBAL DE COSTES Y CICLO DE VIDA ECONÓMICO.

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“De las horquillas de valores resultantes de los trabajos de síntesis y los cálculos realizados, se generará la matriz final de costes económicos relativos a los distintos escenarios planteados en el seno del proyecto”*

Una vez elaboradas las metodologías tanto del cálculo del coste constructivo como del coste del ciclo de vida, deberemos aplicarla a la obtención de los resultados para cada uno de los escenarios existentes.

En el capítulo siguiente del proyecto se mostrarán los resultados obtenidos en la subtarea.

2.2.1 TAREA 6: ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE GESTIÓN Y USO DE LOS EDIFICIOS

El objetivo específico de la presente tarea se planteó inicialmente como *“determinar la importancia de la gestión y uso-ocupación de los edificios, relacionada con los costos energéticos y económicos de la vida útil de estos. De esta manera, los dos objetivos secundarios de los que se nutrirá la tarea son la estimación de las diferencias entre los modelos teóricos y la realidad de la gestión y uso de los edificios, y la generación de modelos estocásticos de uso de los edificios a utilizar en las simulaciones de estos. Las casuísticas a analizar, aunque englobadas en la filosofía y los objetivos del proyecto, irán más allá de las hipótesis iniciales adoptadas en los distintos escenarios planteados anteriormente”*.

Para alcanzar dichos objetivos, la tarea se dividía en varias subtareas con sus objetivos asociados;

Subtareas	Objetivo
Tarea 6.1. Análisis de modelos teóricos de uso y gestión de edificios	Partiendo de los modelos simplificados de uso y gestión de los edificios utilizados en los cálculos precedentes del proyecto, se analizarán modelos más detallados y se propondrán modelos estocásticos coherentes con esta tipología de edificios. Se compararán entre ellos los distintos modelos llegando, para ello, a programar subrutinas de TRNSYS
Tarea 6.2. Simulación de comportamientos de escenarios clave en función de uso y gestión de los edificios	Se elegirán una serie de escenarios, representativos y el máximo de opuestos entre ellos, para poder comparar, vía simulaciones TRNSYS y RADIANCE, el alcance y las diferencias entre estos
Tarea 6.3. Calibración de simulaciones en función de los resultados auditorías	Considerando los resultados de las auditorías, y las metodologías y resultados de las subtareas anteriores de este paquete, se calibrarán los modelos analizados y desarrollados de forma que se obtengan unos resultados de un orden de magnitud similar al de los edificios reales auditados en la Tarea 1
Tarea 6.4. Análisis de resultados	En base a toda la información desarrollada en esta tarea, se analizarán los datos resultantes con el fin de obtener una serie de conclusiones que sirvan para la posterior redacción de la guía metodológica de la Tarea 9

En donde se han desarrollado una serie de modelos que permitirán continuar trabajando en un futuro proyecto, tal como se mostrará en el capítulo siguiente.

A continuación se describen de forma más detallada cada una de estas subtareas

2.2.1.1 SUBTAREA 6.1: ANÁLISIS DE MODELOS TEÓRICOS DE USO Y GESTIÓN DE EDIFICIOS

Tal como se definió en su día, el objetivo de la SubTarea 6.1 se definió según *“Partiendo de los modelos simplificados de uso y gestión de los edificios utilizados en los cálculos precedentes del proyecto, se analizarán modelos más detallados y se propondrán modelos estocásticos coherentes con esta tipología de edificios. Se compararán entre ellos los distintos modelos llegando, para ello, a programar subrutinas de TRNSYS.”*

Es decir, se partiría del modelo inicial simplificado y se realizaría un análisis de modelos de uso y gestión de los edificios más complejos, donde los usuarios tienen mayor capacidad de influencia tanto en los sistemas de clima, como de iluminación, ventilación y uso de los equipamientos.

En el capítulo siguiente del proyecto se mostrarán los resultados obtenidos en la subtarea.

2.2.1.2 SUBTAREA 6.2: SIMULACIÓN DE COMPORTAMIENTOS DE ESCENARIOS CLAVE EN FUNCIÓN DE USO Y GESTIÓN DE LOS EDIFICIOS

El objetivo específico de la SubTarea 6.2 se definió en la propuesta aprobada como: *“Se elegirán una serie de escenarios, representativos y el máximo de opuestos entre ellos, para poder comparar, vía simulaciones TRNSYS y RADIANCE, el alcance y las diferencias entre estos.”*

En esta subtarea se plantea, a partir de los diferentes escenarios clave de uso y gestión de los edificios, definir como se van a simplificar el número de casos a simular para obtener unos nuevos casos de optimización. En este sentido, la finalidad de la tarea pasaba por determinar los elementos imprescindibles en la definición de los escenarios para la consecución de los objetivos globales del proyecto, sin que sea necesario volver a realizar todas las simulaciones de nuevo con los nuevos escenarios, si no solo aquellos que aporten información relevante.

Dichos objetivos se han alcanzado satisfactoriamente tal como quedará establecido en el capítulo tres de Resultados Obtenidos

2.2.1.3 SUBTAREA 6.3: CALIBRACIÓN DE SIMULACIONES EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS AUDITORIAS

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“Considerando los resultados de las auditorias, y las metodologías y resultados de las subtareas anteriores de este paquete, se calibrarán los modelos analizados y desarrollados de forma que se obtengan unos resultados de un orden de magnitud similar al de los edificios reales auditados en la Tarea 1.”*

El objetivo de dicho análisis pasaba por validar los resultados de las simulaciones teóricas aprovechando los datos de las monetizaciones llevadas a cabo en la Tarea 1 del proyecto. En el caso en que las validaciones resultaran positivas, el proceso podría continuar a la siguiente subtarea. En caso contrario, el análisis comparativo debía permitir variar las hipótesis de simulación con el fin de obtener un máximo acercamiento entre los resultados teóricos y los reales. Todo ello se debía llevar a cabo considerando solo aquellos modelos teóricos que coincidieran con los reales, y el objetivo de establecer órdenes de magnitud más que valores detallados.

Dichos objetivos se han alcanzado satisfactoriamente tal como quedará establecido en el capítulo tres de Resultados Obtenidos

2.2.1.4 SUBTAREA 6.4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo específico de la presente SubTarea se planteó inicialmente como *“en base a toda la información desarrollada en esta tarea, se analizarán los datos resultantes con el fin de obtener una serie de conclusiones que sirvan para la posterior redacción de la guía metodológica de la Tarea 9.”*

Una vez determinados los diferentes escenarios de gestión y uso, necesarios para definir completamente las simulaciones (subtarea 6.1), y después de establecer en base a los resultados obtenidos para las diferentes tipologías (tarea 4), los escenarios clave a re-simular con las nuevas condiciones (subtarea 6.2), éstas se llevarán a cabo

para obtener una nueva matriz de escenarios optimizados de edificios de oficinas transparentes que reflejaran, con la máxima amplitud posible, un abanico de posibilidades teóricas, el análisis de las cuales deberá ser la base de las conclusiones finales del proyecto.

Los distintos objetivos descritos para esta subtarea se han alcanzado satisfactoriamente, haciendo especial hincapié en la simulación de todos los nuevos escenarios propuestos. En el capítulo 3 de la presente memoria se presentan estos logros.

2.2.2 TAREA 11: GESTIÓN DEL PROYECTO

Los objetivos de la tarea pasan por *“la coordinación técnica y administrativa del proyecto, la gestión documental de todos los informes y entregables del proyecto, así como la organización de todas las reuniones que se realicen. Gestión de los grupos de trabajo y logística operativa entre los miembros del proyecto. Definición de la metodología de intercambio de información entre grupos de trabajo. Seguimiento continuo de los plazos del proyecto y definición y gestión de recursos del proyecto”*.

Esta tarea, desarrollada exclusivamente por AIGUASOL, se define a partir de una única subtarea con los consiguientes objetivos específicos;

Subtareas	Objetivo
Tarea 11.1. Gestión del proyecto	El objetivo de la subtarea es coordinar, técnica y administrativamente el proyecto, la gestión documental de este, así como la organización de las reuniones de trabajo con el fin de alcanzar los objetivos globales propuestos. Para ello, el objetivo comprende el seguimiento continuo de los plazos del proyecto, así como también de los recursos asignados por cada miembro y la coordinación de posibles retrasos y problemas derivados del trabajo de los socios del proyecto.

Considerando que la gestión global del proyecto, tanto económica, como administrativa y técnicamente, recaía sobre AIGUASOL, se consideró igualmente una coordinación de segundo nivel de cada uno de los socios en aquellas tareas en las que son especialistas. Esta coordinación de segundo grado debía considerar la definición de objetivos específicos, la comunicación entre socios participantes de la tarea, control de trabajo, alimentación y mantenimiento de la plataforma y redacción de los documentos parciales pertinentes de carácter interno.

3 CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO. RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1 CONTENIDO Y ALCANCE DEL PROYECTO GLOBAL

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y LÍNEAS I+D A SEGUIR

El proyecto TOBEE se pretende desarrollar en base a la especialización de sus participantes en las distintas áreas temáticas propuestas. En este sentido, el proyecto se plantea en tres grandes fases;

- ✓ FASE 1: Análisis de casuísticas y planteamiento de los distintos escenarios de estudio.
- ✓ FASE 2: Cálculo pluridisciplinar paramétrico de los distintos escenarios
- ✓ FASE 3: Desarrollo de herramientas informáticas y metodologías de síntesis de los resultados del proyecto.

Aunque la finalidad del proyecto recae más en la pluridisciplinaridad de los análisis y en la síntesis y explicación amena de los resultados, existen una serie de puntos del trabajo que demandan la investigación y el desarrollo para alcanzar los objetivos propuestos. En concreto, se prevén:

- ✓ Definición de los escenarios. En base a los análisis realizados en diversas tipologías de edificios existentes y uso de estos, así como a la bibliografía y experiencia de los distintos especialistas participantes, será necesario definir una serie de escenarios. Estos escenarios deberán ser representativos de la problemática existente sin, a su vez, convertirse en una tarea titánica. Para ello será menester preevaluar el peso o influencia de los distintos parámetros a considerar en el comportamiento global de los edificios para descartar aquellas casuísticas que carezcan de interés.
- ✓ Materiales. El análisis de ciclo de vida de materiales suele tener, cuando menos, un papel minoritario en los análisis energéticos de edificios en nuestras latitudes. La falta de datos existentes en cuanto a la energía embebida en materiales i un menor interés en este concepto en comparación a otros parámetros, hace que este tipo de análisis se den en contadas ocasiones y para edificios muy concretos. En el proyecto se desarrollarán unas directrices con el objetivo de obtener grandes números para diversas tipologías de materiales y en relación a sus usos en al menos tres zonas del estado. Considerando el estado del arte del ciclo de vida de materiales, esto supondrá uno de los ejes del análisis pluridisciplinar.
- ✓ Análisis comparativo de fachadas ventiladas. Aunque existen numerosos análisis de tipologías concretas de fachadas, el funcionamiento de estas con respecto a las consignas de regulación a seguir, al acoplamiento de los sistemas energéticos y a la integración de elementos de generación energética renovable, carece de unas reglas generales claras que permitan una esquematización sencilla. En base a análisis existentes y a simplificaciones propuestas, se desarrollarán reglas sencillas a seguir en el diseño de este tipo de soluciones.

- ✓ Síntesis de relación entre demandas térmicas vs. demandas de iluminación. Aunque son comunes los análisis de las demandas térmicas (inclusive en la última actualización de la normativa a nivel de estado), los análisis de iluminación continúan reservándose a casuísticas muy concretas. Más aún, el acoplamiento entre las demandas térmicas y las lumínicas en edificios de cualquier índole, continúa siendo una rara avis en nuestras latitudes. El proyecto prevé acoplar ambos análisis en los edificios de oficinas transparentes en los que, los consumos asociados a estos aspectos acaparan la mayor parte de su factura energética. En este sentido, la investigación no pasa tanto por el análisis de cada uno de estos parámetros si no por la interrelación entre ambos.
- ✓ Análisis de modelos de gestión y uso de los edificios. A pesar de que existan múltiples ejemplos de edificios de emisiones reducidas, la mayoría de estos casos se presentan en las fases de diseño o construcción. Sin embargo, la mayoría de auditorías existentes a edificios de oficinas ofrecen unos datos de consumo cuando menos alarmantes. Ello se debe, en parte, a una mala gestión y uso de estos edificios. Sin embargo no existen análisis detallados del impacto de estos factores en el aumento final de consumo energético, ni tampoco modelos que permitan predecir estas situaciones. Durante el proyecto se prevé estudiar y proponer modelos estocásticos de ocupación y uso de los edificios y comprobar dichos modelos con los datos de funcionamiento real provenientes de las monitorizaciones de edificios en funcionamiento.
- ✓ Desarrollo de una herramienta informática de prediseño de edificios. En la actualidad existen múltiples herramientas de diseño de edificios eficientes centradas en las fases de básico a ejecutivo (TRNSYS, DOE, TASS, etc.). Sin embargo no se encuentran en el mercado herramientas de prediseño que guíen en las fases iniciales en las que se deciden las grandes directrices de los edificios. Menos aún herramientas enfocadas a las problemáticas concretas de los edificios de oficinas transparentes. En el desarrollo del proyecto se programará una interfaz gráfica capaz de mostrar los resultados del estudio paramétrico realizado en el seno de TOBEE. Esta herramienta deberá, por tanto, poder ordenar i seleccionar todos los resultados del estudio paramétrico realizado con TRNSYS i RADIANCE, para que sus usuarios puedan, variando ciertos parámetros, encontrar los resultados requeridos.
- ✓ Desarrollo de una metodología de diseño y uso de los edificios. En base a los resultados obtenidos en el proyecto, se redactarán sendas metodologías relacionadas con el prediseño y el uso de edificios de oficinas transparentes energéticamente eficientes. La innovación en este sentido pasa por ser metodologías pluridisciplinarias, enfocadas a un tipología concreta de edificios y considerando los distintos actores que participan en el diseño y uso de los edificios.

3.1.2 METODOLOGÍA A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Uno de los escollos que debe solventar el proyecto TOBEE es la falta de comunicación entre los distintos actores que participan en el diseño de los edificios de oficinas. Reflejo de la filosofía pluridisciplinar del proyecto, se prevé un desarrollo de las tareas conjunto entre los distintos socios con una coordinación constante que asegure la consecución de los objetivos previstos. En concreto:

- ✓ En una primera tarea se focalizará el esfuerzo de los socios participantes en el reconocimiento de la tarea planteada, mediante el análisis y las discusiones del

comportamiento de los edificios auditados y la concienciación de las problemáticas derivadas del diseño y gestión de este tipo de edificios.

- ✓ A continuación, y fruto de esta visión poliédrica de la problemática planteada y en base a las especialidades de cada uno de los participantes, se realizarán una serie de reuniones de trabajo en las que se determinarán los distintos escenarios de análisis y las tareas concretas a resolver por cada uno, y todos a la vez, de los socios participantes.
- ✓ Una vez definidos los escenarios de forma conjunta, los distintos especialistas ahondarán en cada uno de los puntos de análisis, manteniendo comunicación constante con los otros socios mediante el coordinador. Se pretende, de esta forma, ir alimentando la tabla de resultados parametrizados de forma paulatina y no de una sola vez, con el fin de ir modificando el rumbo de las simulaciones cuando fuere necesario. Esta forma de trabajo, aunque más laboriosa, permite la retroalimentación de resultados.
- ✓ Esta forma de trabajo participativo, también se aplicará en la estructuración de la herramienta informática, aunque no en su programación. Igualmente las guías metodológicas se redactarán de forma conjunta en base a capítulos de las distintas especialidades y otros genéricos.
- ✓ En la medida que el proyecto cuenta con una fuerte vertiente didáctica, se prevé realizar la máxima difusión de los resultados. Para ello se pretende alcanzar los distintos sectores implicados mediante charlas y conferencias en distintos auditorios de los colegios profesionales así como de congresos especializados.

3.2 CONTENIDO Y ALCANCE DE LAS TAREAS DESARROLLADAS. RESULTADOS DEL PROYECTO

Del desarrollo del trabajo propuesto, se realiza en base a los contenidos de las distintas tareas programadas y el alcance de estas en pro de conseguir los resultados finales.

A continuación se pasa a detallar el planteamiento de dichos contenidos y el alcance para las tareas desarrolladas, así como los resultados obtenidos hasta fin del período presentado. En la sección de resultados de cada caso, se hace mención a los documentos generados relacionados con dichos resultados específicos de cada tarea. Considerando la duración del proyecto y la cantidad de información que se iba a desarrollar se propuso, desde un inicio, un método de indexación de documentos que permitiera recuperar cualquier fichero de una forma rápida. De esta manera, todos los documentos generados, así como algunas carpetas que contienen multitud de ficheros (por ejemplo de fotografías de los edificios), se enumeran según:

TAREAX-TIPO DE DOCUMENTO.NÚMERO DE DOCUMENTO - TÍTULO

Así por ejemplo, el documento "*T3-DI.01 - Modelización de los edificios auditados.doc*" hace referencia a un documento de la Tarea 3 (T3), que es un Documento Interno (DI) y que es el primero que cumple estos dos requisitos (01). Dichos documentos conforman lo que en la propuesta original se llamó entregables, aunque por el volumen de la documentación y el buen desarrollo del proyecto, tienen nombres distintos a los que se dieron en su día. Algunos de los documentos generados pertenecen a más de una subtarea simultáneamente fruto de la continuidad que existe entre estas.

Todos los documentos generados hasta el momento pueden encontrarse en una plataforma web generada para trabajar e intercambiar información de forma eficiente entre las empresas participantes del proyecto. En el subcapítulo que se dan cuenta de los contenidos, alcances y resultados de la Tarea 11 de gestión, se describe con más detalle la existencia de la plataforma TOBEE.

3.2.1 TAREA 1: AUDITORIAS EDIFICIOS DE OFICINAS EXISTENTES

El contenido y alcance de los trabajos que conforman la Tarea 1 del proyecto se planificaron según un esquema que incluía la participación de CIMNE, El Consorci de la Zona Franca (en adelante CZF) y AIGUASOL. Cabe destacar, sin embargo, que aunque enmarcado en los trabajos de la Tarea 2, ALIA también ha colaborado en el desarrollo de las auditorías, concretamente en la visita inicial de los edificios y el planteamiento de dichos análisis.

La Tarea 1 tenía como entregables definidos, los siguientes documentos:

- ✓ Clasificación de las tipologías de edificios y planteamientos de las monitorizaciones.
- ✓ Cuantificación de las condiciones de confort y de los parámetros energéticos de comportamiento de los edificios auditados.
- ✓ Definición de las problemáticas existentes y de las causas de estas.

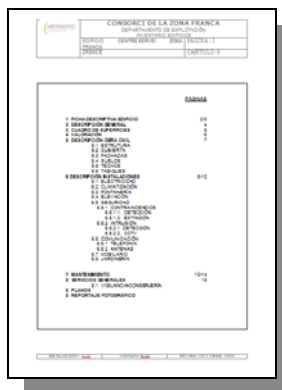
Que como se verá a lo largo de los siguientes subpuntos, se han desarrollado satisfactoriamente.

3.2.1.1 SUBTAREA 1.1. SELECCIÓN DE EDIFICIOS A AUDITAR

3.2.1.1.1 Contenidos y alcance Selección de edificios a auditar (T.1.1.)

En base a las premisas originales del proyecto (edificios de elevado porcentaje de piel transparente y de uso de oficinas), El CZF planteó una serie de edificios que se enmarcarían en el contexto del proyecto. Por su parte, y atendiendo también a consideraciones relacionadas con los objetivos finales del proyecto así como a los conocimientos específicos de cada uno, los equipos de ALIA, CIMNE y AIGUASOL analizaron la documentación ofrecida por el CZF relativa a cada uno de los edificios propuestos.

En concreto, la documentación inicial de los edificios propuestos era en base a documentos-ficha internos de El Consorci de la Zona Franca en los que se detallaban los principales indicadores de cada uno de los edificios (superficies, usos, descripción obra civil, descripción instalaciones, mantenimientos, relación de planos y otros).



EDIFICI	SUPERFÍCIE
1. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
2. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
3. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
4. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
5. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
6. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
7. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
8. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
9. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
10. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
11. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
12. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
13. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
14. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
15. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
16. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
17. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
18. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
19. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
20. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
21. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
22. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
23. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
24. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
25. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
26. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
27. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
28. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
29. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
30. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
31. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
32. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
33. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
34. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
35. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
36. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
37. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
38. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
39. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
40. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
41. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
42. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
43. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
44. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
45. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
46. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
47. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
48. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
49. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
50. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
51. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
52. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
53. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
54. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
55. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
56. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
57. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
58. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
59. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
60. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
61. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
62. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
63. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
64. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
65. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
66. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
67. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
68. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
69. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
70. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
71. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
72. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
73. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
74. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
75. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
76. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
77. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
78. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
79. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
80. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
81. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
82. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
83. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
84. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
85. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
86. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
87. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
88. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
89. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
90. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
91. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
92. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
93. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
94. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
95. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
96. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
97. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
98. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
99. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000
100. PAVILLO D'EXPOSICIÓ	10,000

Ilustración 1. Imagen de una ficha de edificio

Igualmente el CZF ofreció fichas informativas sobre encuestas de confort de los usuarios para cada uno de los edificios propuestos. En concreto cada una de las fichas contenía información de las encuestas mensuales para cada uno de los edificios de, entre otros, la temperatura ambiente, la luminosidad, la contaminación interior y la eficacia del servicio de mantenimiento.

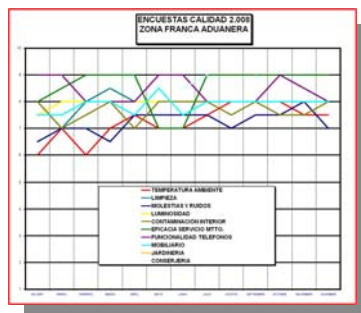


Ilustración 2. Captura de la graficación de los resultados de encuesta de confort para uno de los edificios analizados

El análisis de toda esta documentación desde la vertiente arquitectónica, la constructiva, la de los sistemas energéticos, y la de las opiniones de confort ofrecidas por los usuarios, permitió seleccionar los 6 edificios a auditar.

3.2.1.1.2 Resultados Selección de edificios a auditar (T.1.1.)

Los resultados, por tanto, de esta tarea se resumen en la selección de los 6 edificios a analizar y monitorizar. En concreto, los edificios seleccionados son:

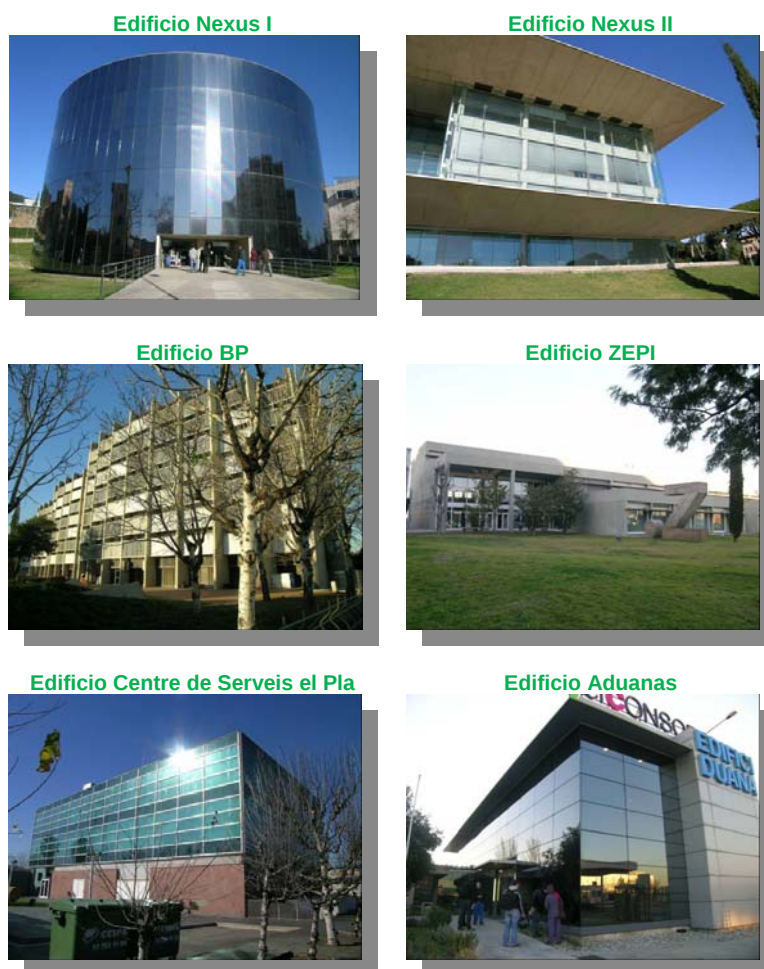


Ilustración 3. Imágenes de los 6 edificios seleccionados.

Dichos edificios se encuentran todos en la provincia de Barcelona y, en concreto, en las siguientes ubicaciones

Edificio	Dirección	Situación
Edificio Nexus I	C/ Gran Capità, s.n. 08034, Barcelona	Urbana (Campus Nord UPC)
Edificio Nexus II	C/ Gran Capità con Jordi Girona. 08034, Barcelona	Urbana (Campus Nord UPC)
Edificio BP	C/ 60 – Zona Franca, nº 19. 08040, Barcelona	Polígono Industrial (Zona Franca)
Edificio ZEPI	C/ 60 – Zona Franca, nº 25-27. 08040, Barcelona.	Polígono Industrial (Zona Franca)
Edificio El Pla	C/ El Pla, 166 (Polígono Ind. El pla). 08980, San Feliu De Llobregat	Polígono Industrial
Edificio Aduanas	C/ 5, Sector C – P.I. Zona Franca, nº 9 – 23. 08040, Barcelona	Polígono Industrial (Zona Franca)

Todos los edificios seleccionados pertenecen, evidentemente, a la categoría de edificios de oficinas transparentes aunque dentro de este ámbito se han seleccionado edificios que por sus cualidades arquitectónicas, constructivas, de sistemas

energéticos, o condiciones de entorno, sean significativamente distintos los unos de los otros. De esta forma se pretende, por un lado, cubrir 6 escenarios diferenciados de la parrilla final y, por otro lado, poder calibrar bien las condiciones de simulación de las herramientas utilizadas en la Tarea 4.

Dichos resultados, o lo que es lo mismo, los edificios y sus características físicas y de funcionamiento genéricas, se encuentran documentados en:

Nombre documento	Descripción
T1-DI.04 - Fotos edificios	Carpeta de fotos de los edificios seleccionados.
T1-DI.05 - Fichas descriptivas CZF edificios.	Carpeta que contiene fichas descriptivas de los edificios.
T1-DI.05 - resumen edificios_V01.xls.	Ficha resumen de las características arquitectónicas, constructivas, de sistemas energéticos, usos y otros de los 6 edificios seleccionados
T1-DI.06 - relación documentación edificios_V03.doc	Documento lista de la documentación disponible y la documentación necesaria de los edificios seleccionados para el desarrollo del proyecto
T1-DI.07 - encuestas CZF_V01.xls.	Excel de encuestas internas del CZF de confort de los edificios seleccionados.
T1-DI.08 - Planos edificios.	Planos disponibles de los edificios seleccionados. Cabe remarcar que, pese a los esfuerzos del CZF, la mayoría de los edificios contaba con pocos planos completos en formato electrónico lo que ha obligado al equipo de ALIA, en la Tarea 2, a rehacer los planos de los edificios.
T1-DI.09 - Ejecutivos edificios	Carpeta que contiene información de los edificios a nivel de ejecutivo. Dicha información ha sido preseleccionada buscando en el servicio de archivos del CZF y escogiendo, y en la mayoría de casos digitalizando, los documentos adecuados.

3.2.1.2 SUBTAREA 1.2. PLANTEAMIENTO DE LAS MONITORIZACIONES

3.2.1.2.1 Contenidos y alcance Planteamiento de las monitorizaciones (T.1.2.)

En base a la selección de los edificios realizada en la subtask anterior, y considerando los objetivos finales del proyecto – herramientas de prediseño –, se planteó el alcance de las monitorizaciones y auditorías.

En este sentido el proceso de planteamiento de las monitorizaciones se abordó considerando, primeramente, la imposibilidad y el sinsentido de monitorizar los edificios enteros con todas las zonas térmicas de cada uno de ellos. Por dicho motivo se comenzó seleccionando, de cada edificio, las distintas zonas a monitorizar considerando:

1. que fueran representativas del edificio
2. que tuvieran distintas orientaciones
3. que una de las zonas, en la medida de lo posible, estuviera desocupada para poder valorar plenamente las condiciones pasivas del edificio

A continuación se seleccionaron los distintos parámetros a monitorizar considerando el objetivo final del proyecto, en cuanto al alcance de las herramientas finales (herramientas de prediseño), y las posibilidades de ajuste entre los resultados reales y las herramientas de simulación. Igualmente se valoró las limitaciones al acceso a los distintos elementos sensibles a ser auditados. De esta forma, las monitorizaciones se enfocaron desde la vertiente del confort (térmico y lumínico) dado que los valores

globales de consumo energético ya existían previamente en la documentación ofrecida por el Consorcio de la Zona Franca.

También se valoró, y aprobó, la posibilidad de llevar a cabo encuestas entre los usuarios de las zonas a auditar. La finalidad de dichas encuestas era la de completar los datos cuantitativos de la monitorización de las zonas con opiniones cualitativas expresadas por los ocupantes de los edificios. En este sentido se definieron una serie de preguntas a realizar al máximo número de ocupantes de las zonas.

Finalmente se definió un cuestionario sobre otros elementos del edificio de interés para la definición del comportamiento de estos y la determinación de problemáticas inherentes. Dicho cuestionario debía ser rellenado vía inspección ocular y mediante la participación del personal de mantenimiento del edificio.

El desarrollo de estos contenidos se hizo de forma transversal y participativa entre los distintos técnicos de las empresas y entes participantes en el proyecto. De esta forma cada uno de los participantes aportó sus puntos de vista según su especialidad profesional y, mediante la visita de los edificios seleccionados y reuniones internas de proyecto, se llegó a la definición final.

3.2.1.2.2 Resultados Planteamiento de las monitorizaciones (T.1.2.)

De esta forma se seleccionaron las siguientes zonas de los edificios;

Edificio	Zona	Descripción
Edificio Nexus I	Oficina 101	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación NE
	Oficina 107	Zona desocupada de 1ª planta con orientación SW
	Oficina 110	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación SE
Edificio Nexus II	Zona diáfana	Zona diáfana ocupada de oficinas de 1ª planta con orientación W
	Despacho entrada BSC	Zona desocupada de 1ª planta con orientación SE
	Despacho extremo BSC	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación SW
	Despacho PB	Despacho ocupado de oficinas de planta baja con orientación NW
Edificio BP	Despacho N	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación N
	Oficina desocupada	Zona desocupada de 1ª planta con orientación W
Edificio ZEPI	Zona diáfana	Zona diáfana ocupada de oficinas de 2ª planta con orientación N
	Despacho S	Despacho ocupado de oficinas de 2ª planta con orientación S
	Oficina desocupada	Zona desocupada de 1ª planta con orientación S
Edificio El Pla	Despacho SE	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación SE
	Despacho NW	Despacho ocupado de oficinas de planta baja con orientación NW
Edificio Aduanas	Zona diáfana PB	Zona diáfana ocupada de oficinas de 1ª planta con orientación E
	Zona diáfana P1	Zona diáfana ocupada de oficinas de 1ª planta con orientación E
	Despacho P1	Despacho ocupado de oficinas de 1ª planta con orientación NW
	Hueco escalera	Hueco de escaleras con orientación E

En cada uno de los edificios, aunque no siempre para cada una de las zonas, se definieron los siguientes elementos a monitorizar:

- ✓ Temperatura ambiente interior
- ✓ Temperatura de superficie transparente de fachada interior
- ✓ Temperatura de superficie transparente de fachada exterior
- ✓ Luminosidad interior en varios puntos
- ✓ Humedad relativa interior

Igualmente se decidió la instalación de centrales meteorológicas (Temperatura, Humedad relativa, Radiación solar) para los edificios utilizando, a veces, una misma central para dos edificios dada su proximidad geográfica.

En cuanto a las encuestas, se definieron distintas preguntas relativas a las sensaciones de confort térmico y lumínico de los usuarios, así como de su comportamiento en relación a:

- ✓ Actuaciones individuales frente a discomfort térmico (uso de equipos individuales, apertura de ventanas, etc.).
- ✓ Regulación de las protecciones solares, cuando las hubiere.
- ✓ Regulación de la apertura de puertas.
- ✓ Perfiles de funcionamiento de equipos personales.

EDIFICIO: NEXUS
FECHA VISITA: 24/09/2008
NOMBRE AUDITOR: Jordi Gual

algaesol aliad ecnsorci

TOBEE T1-D1.03
ENCUESTA VISITAS EDIFICIOS A MONITORIZAR

ENCUESTA COMFORT Y COMPORTAMIENTO									
Nombre y sala	¿Pasa frío o calor?	¿En verano o invierno, usa equipos complementarios (calefactores, ventiladores, etc.)?	Es entretiempo, ¿para calor cuando todavía está encendida la calefacción? ¿o no cuando hay refrigeración?	¿Qué hace en el caso de que la respuesta sea afirmativa?	¿Apagan los equipos de aire a climatizar cuando se van?	¿Usan permanentemente las protecciones solares?	¿Cómo regula las taras, cortinas o protecciones solares?		
1. MUJERES - P0 NW	Calor siempre	Normalmente no	En algún momento frío, pero en general calor	Calefacción y puertas abiertas	No se apaga nada en toda la noche	Normalmente, abren las puertas	En invierno por la tarde		
2. HOMBRE - P0 NW	Calor y alguna vez frío por comentarios	Si un calefactor	No	Calefactor y puertas abiertas	No se apaga nada en toda la noche	Normalmente, abren las puertas	En invierno por la tarde		
3. HOMBRE - P1 DAFANA 100	Calor en invierno	No	Siempre en manga corta tanto en invierno como en verano	Calefacción	No a la hora de comer, pero sí al irse	Puertas cerradas	Solo en verano		
4. HOMBRE - P1 DAFANA V	Calor en invierno	No	En entretiempo calor	Calefacción	Siempre encendido (inicio y fin de semana)	Puertas cerradas	A las tardes las abren tanto en invierno como en verano la de fuera y la de dentro		
5. HOMBRE - P1 DAFANA V	Comentarios de que hace mucho calor, la climatización la abre y tiene calor, pero ella está bien.	No	No sé conscient	---	Siempre encendido (inicio y fin de semana)	Puertas cerradas	A las tardes las abren tanto en invierno como en verano la de fuera y la de dentro		
6. HOMBRE - P1 DAFANA NW	Frío debido a la calefacción del clima	No	En entretiempo se nota	---	Siempre encendido (inicio y fin de semana)	Puertas cerradas cuando no está y si está en el medio	Siempre cerradas (iniciando y extendiendo en el medio de la tarde)		

Ilustración 4. Captura de pantalla de una encuesta de usuario.

Igualmente, y en relación a los cuestionarios, se definió un guión en relación a:

- ✓ Sistemas – generación
- ✓ Sistemas – regulación
- ✓ Iluminación
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Usuarios
- ✓ Servicio de limpieza
- ✓ Comentarios

TOBEE T1-D1.03
CUESTIONARIO VISITAS EDIFICIOS A MONITORIZAR

CUESTIONARIO SISTEMAS, REGULACIÓN, MANTENIMIENTO, SERVICIO Y USUARIOS

JEFE DE MANTENIMIENTO

SISTEMAS

Tipo de sistema: 4 UNIDADES VIV EN PARALELO Y DESPUÉS OTRA MÁQUINA QUE DEPENDE A LAS DISTINTAS UNIDADES (DAS-A)

Características del sistema: Centralización o no: SI

Tipo de distribución (24 horas): 4 TURNOS. NO SE PROHÍBE NUNCA GESTIONAR FRÍO Y CALOR A LA VEZ, O FRÍO O CALOR

¿Controla la temperatura en función de la presencia de los ocupantes de alguna forma automática o manual?: TERMINALES EN LAS CONDUCCIONES (DE SALIDA DE MÁQUINAS, UNIDAD EN LOS CONDUCTOS DE SALIDA (NO SE SABE CUANTAS), EN GENERAL CONECTADO A LA DISTRIBUCIÓN Y ESPACIAL CON LA DE CLIMA

REGULACIÓN

Existencia de sistema de gestión: LAS MÁQUINAS ESTÁN PROGRAMADAS PARA SISTEMA DE GESTIÓN, PERO ESTE NO EXISTE

Funcionamiento del sistema de regulación: SE MANEJA CON UN SOLO PUNTO FRÍO O CALOR LO COMIENZA A UN ENCARGADO QUE DA LA ORDEN AL DE MANTENIMIENTO

¿Quién es el encargado de la regulación?: SE MANEJA CON UN SOLO PUNTO FRÍO O CALOR LO COMIENZA A UN ENCARGADO QUE DA LA ORDEN AL DE MANTENIMIENTO

Existencia de regulación automática: EN FUNCIÓN DE INDICADORES

¿Existen equipos automáticos de control?: SI, LOS DE LOS TURNOS POR EJEMPLOS SE APAGAN DEL DUTO

ILUMINACIÓN

Distribución tipo de luminarias: PLANCHAS CON BALASTRO ELÉCTRICOS DE 10W DE 100 EN 100, 3 PASANTES DE 100 POR PASANTE DE 100, 100

Existencia de controlación de la luz mediante sensores (presencia de personas, niveles de luz, etc.): NO, NO HAY NINGUNA CLASE DE SENSOR, Y EN ESPACIOS COMUNES VA POR (NO SE SABE TIPO DE SENSOR) EN PRESENCIA DE ALGUNOS

MANTENIMIENTO

¿Mantenimiento por parte del CDT, empresa externa (pública) o interno?: MANTENIMIENTO EXTERNO (CONTRATADO LOS DE CLIMA INDEPENDIENTES DE LA EMPRESA DAFANA)

¿Modos de mantenimiento preventivo?: CADA SEIS MESES VIENEN LOS DE CLIMA

¿Tiempo de respuesta en caso de averías?: DEPENDE SI SON LOS DE CLIMA O LOS DE DAFANA (UNA SEMANA), AL NO TENER PROGRAMA DE GESTIÓN ES DIFÍCIL

USUARIOS

Número de usuarios en el edificio: 41 UNIDAD 6, P0 NW 40

Ilustración 5. Captura de pantalla de un cuestionario.

Entendiendo que alguno de los datos podría ser reiterativo con la información disponible de los edificios o incluso superfluo en las simulaciones, pero de gran interés a la hora de interpretar los resultados de estas.

Dichos resultados se encuentran documentados según:

Nombre documento	Descripción
T1-DI 01 - visitas edificios_V03.doc	Documento resumen de las inspecciones oculares realizadas durante la visita de los edificios a monitorizar por parte de todos los integrantes del proyecto.
T1-DI.06 - Planteamiento y definición de las monitorizaciones.doc	Planteamiento de los distintos parámetros, zonas y metodologías a emplear relacionados con la monitorización de los edificios seleccionados.
T1-DI.03 - Plantilla encuesta usuarios y cuestionario.xls	Plantilla de encuestas a los usuarios de las zonas a monitorizar y encuesta de otros elementos que conforman el comportamiento energético de los edificios.

3.2.1.3 SUBTAREA 1.3. INSTALACIÓN DE EQUIPOS, MONITORIZACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

3.2.1.3.1 *Contenidos y alcance Instalación de equipos, monitorización y recolección de datos (T.1.3.)*

Una vez seleccionados los edificios, las zonas de estos a auditar y los parámetros a obtener durante el proceso de análisis, se procedió a instalar los sensores y ejecutar las monitorizaciones.

Dado el alcance del proyecto, se planeó la monitorización de los edificios durante una semana entera (incluyendo los días de fin de semana). En este sentido, se consideró que el periodo mínimo de tiempo para obtener resultados representativos era una semana; De esta manera se podía observar el comportamiento de los edificios, tanto durante periodos de ocupación como en días de no funcionamiento. Igualmente los integrantes del proyecto TOBEE se plantean la posibilidad de repetir las monitorizaciones en un periodo similar, pero durante una estación distinta a finales de otoño, para poder validar plenamente el ajuste llevado a cabo de las herramientas de simulación o, si fuere necesario, aplicar los factores correctores pertinentes.

Se emparejaron los edificios en función de su cercanía considerando, por un lado, los recursos humanos y de equipamientos disponibles y, por otro, la instalación de una única central meteorológica útil para los dos edificios en una misma semana. Como se explica en el documento de descripción de los edificios seleccionados (T1-DI.05), en la mayoría de ellos el CZF tiene alquiladas las distintas zonas que los conforman. Por este motivo se hubieron de gestionar (por parte del CZF) los consiguientes permisos por parte de las empresas instaladas. La negociación, en uno de los casos, fue la que retrasó la monitorización de uno de los dos primeros edificios, por lo que se optó por retrasarla hasta la última semana planeada. De esta manera, se llevaron a cabo las monitorizaciones según:

Semanas	Edificios
Semana 1 de finales de otoño	Edificio Nexus I
Semana 2 de finales de otoño	Edificios BP y ZEPI
Semana 3 de finales de otoño	Edificios El Pla y Aduanas
Semana 4 de finales de otoño	Edificio Nexus II

En cada uno de los casos, se instalaron las centrales meteorológicas (una para cada dos edificios, como se ha explicado), los sensores de Temperatura y Humedad

Relativa interiores a las zonas, los de Iluminación y los de Temperatura de Superficie en los cerramientos transparentes que conforman las fachadas de los edificios.

Colocación de sensor externo de superficie en Nexus I



Colocación de sensores de superficie de muro cortina Nexus II



Instalación de sensores de temperatura en fachada BP



Sensores de superficie y ambientes en edificio ZEPI



Sensores de superficie en Centre de Serveis el Pla



Sensores de superficie y central meteorológica en Edificio Aduanas



Ilustración 6. Imágenes de las instalaciones de sensores

Después de una semana de recolección de datos (cada 10 minutos), en cada caso se vaciaban los valores de los *dataloggers* integrados de los sensores a portátiles, se reprogramaban y se reinstalaban en los siguientes edificios. De esta forma se podía hacer una comprobación rápida de los datos obtenidos para, si fuere el caso y en el caso de datos no repetidos, poder dejar algún sensor otra semana más; Solo en algún caso se observaron algunos datos erróneos aunque, al ser estos duplicados de otros sensores, no se recolocaron los equipos pertinentes otra semana consecutiva.

Finalmente remarcar que en cada edificio se realizaron las encuestas y los cuestionarios pertinentes, tanto en el día de colocación como en el de retirada de sensores. En alguno de los casos se dejaron las encuestas, a los usuarios de los edificios, durante toda la semana para que las pudieran rellenar tranquilamente.

3.2.1.3.2 Resultados Instalación de equipos, monitorización y recolección de datos (T.1.3.)

Fruto de estas monitorizaciones se obtuvieron para los edificios:

- ✓ Posiciones de colocación de los sensores en cada zona y para cada edificio.
- ✓ Datos de Temperaturas y Humedades Relativas interiores, de iluminación y de Temperaturas de superficie de la piel de los edificios interiores y exteriores.
- ✓ Datos de Temperatura, Humedad Relativa y Radiación exteriores.
- ✓ Datos de Confort Térmico y Lumínico así como de los Patrones de Comportamiento de los usuarios.
- ✓ Otros datos de funcionamiento del edificio como los tipos de sistemas de generación, distribución y difusión energética o el funcionamiento de los servicios de mantenimiento.

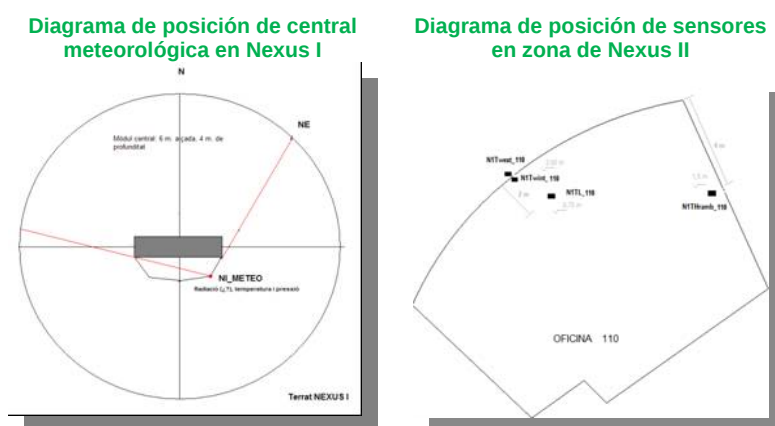


Ilustración 7. Esquemas de colocación de sensores

Todos los datos obtenidos se han ordenado según,

Nombre documento	Descripción
T1-DI.10 - colocación sensores finales de otoño_V02.doc	Documento en el que se especifican, vía diagramas, la posición de los sensores instalados en cada una de las zonas y edificios.
T1-DI.11 - resumen cuestionarios y encuestas finales de otoño_V03.xls	Fichero resumen de los resultados de los cuestionarios y las encuestas para los 6 edificios
T1-DI.13 – Datos Monitorización NOMBRE EDIFICIO	Carpeta conteniendo ficheros en formato csv con los datos de cada uno de los sensores de las monitorizaciones.
T1-DI.14 – Fotos Monitorización NOMBRE EDIFICIO	Carpeta conteniendo ficheros de fotos de los distintos procesos de monitorización para cada uno de los edificios.

3.2.1.4 SUBTAREA 1.4. ANÁLISIS DE DATOS

3.2.1.4.1 *Contenidos y alcance Análisis de datos (T.1.4.)*

Como se comentó en el punto anterior, los datos obtenidos de las diversas monitorizaciones son datos de cada uno de los sensores cada 10 minutos durante una semana entera. En este sentido, en esta subtarea, se dedicó a trabajar los datos con el fin de detectar posibles problemáticas existentes en las zonas (y los edificios de estas), así como posibles relaciones causa-efecto.

Con este sentido se crearon plantillas de trabajo en formato xls en las que, introduciendo los resultados csv de las monitorizaciones se obtuviera, de forma automática, las siguientes gráficas de análisis:

1. Series temporales. Representación gráfica de los valores obtenidos durante una semana de
 - o Estación meteorológica
 - Radiación solar
 - Temperatura exterior
 - Humedad Relativa exterior
 - Presión atmosférica
 - o Zonas
 - Temperaturas superficiales externas e internas de fachada
 - Intensidad
2. Días tipo. Representación gráfica de los valores de un día laboral tipo (jueves) y uno festivo tipo (domingo). Los parámetros representados son los mismos que en el caso de las series temporales.

En base a los datos obtenidos, se definieron una serie de gráficos cruzados comparativos (en representación semanal y de días tipo de ocupación y fin de semana), y de nuevos parámetros deducidos según:

3. Valores comparativos
 - o Intensidad lumínica vs. radiación solar
 - o Intensidad lumínica vs. temperatura interior
 - o Temperaturas exteriores ambiente vs. Vidrio
 - o Temperaturas vidrio exterior vs. Interior
 - o Temperaturas interiores vidrio vs. Zona
 - o Temperaturas ambiente exterior vs. Zona
4. Parámetros deducidos
 - o Perfil de ocupación
 - o Temperatura de consigna
 - o Perfil de ventilación

Relacionado con todos estos datos, se previó una graficación de valores medios e índices de confort según,

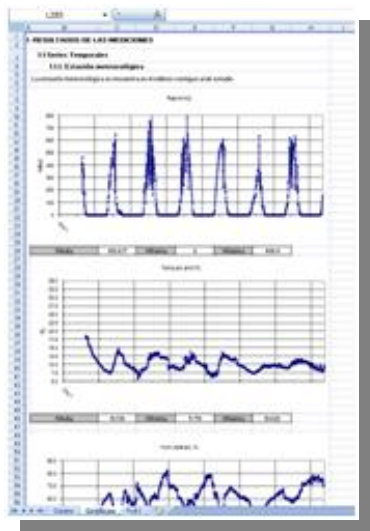
5. Valores medios
 - o Temperaturas medias diarias de zona
6. Índices de confort
 - o luminosidad Lux/Lux normativos
 - o PPD – Porcentaje de gente insatisfecha
 - o PMV – Voto medio previsto

Con todos estos datos se pudieron obtener unas primeras conclusiones del comportamiento energético de las zonas y de los edificios monitorizados.

3.2.1.4.2 Resultados Análisis de datos (T.1.4.)

De esta forma, para cada una de las zonas, se obtuvieron un fichero en formato xls con los datos mencionados y uno en formato pdf que también incluyen las primeras conclusiones extraídas de la interpretación de los primeros datos de monitorización;

Graficación xls de resultados en zona de edificio BP



Vista de informes pdf para una zona del edificio Aduanas

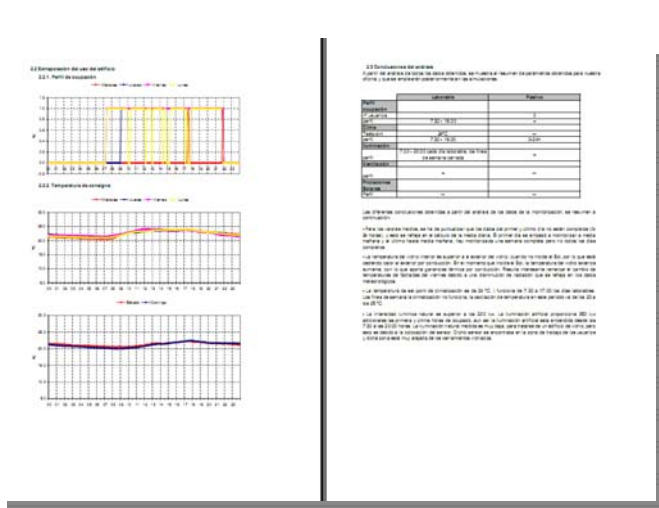


Ilustración 8. Capturas de pantalla de los ficheros resultantes xls i pdf

Igualmente, y con el fin de dar cabida a una mejor interpretación de los resultados a nivel de edificio, se generaron unos documentos resumen para cada uno de los seis escenarios monitorizados a nivel de edificio. En la lectura del resumen ofrecido a continuación de las conclusiones obtenidas, debe considerarse que los análisis se llevaron a cabo en base a los datos monitorizados, esto es, en base a parámetros de confort. Ello significa que, aunque un edificio dado (p.ej. Nexus II) ofrezca unos parámetros de confort más o menos aceptables, ello no signifique que el consumo energético relacionado para alcanzar estos valores sea eficiente. De esta forma, y considerando solo la vertiente de confort, se tiene

- ✓ Nexus I
 - o Los índices de iluminación parecen ser los correctos (valor comparativo con normativa de aproximadamente 1) con un aporte de aproximadamente el 40% de luz natural, aunque en alguna de las zonas los índices quedan por debajo de los valores deseados.
 - o En horas de ocupación, los valores del PPD estarían cercanos al 5%, aunque para días festivos, estos valores subirían hasta el 30% lo que nos indicaría la eficiencia de los sistemas energéticos.
 - o El PMV para días de ocupación estaría entorno a 0 con lo que no se apreciaría un disconfort significativo. Los valores para días de no ocupación, indican un problema de enfriamiento de las zonas.
- ✓ Nexus II
 - o En las zonas de no ocupación, se puede observar como la incidencia de la radiación solar comporta unos factores de iluminación muy por encima de los ideales. En el caso de las zonas ocupadas, este factor se

repite en las horas de incidencia solar indicando una falta de buen sombreado. En dichas zonas, y cuando se llega a un buen sombreado, el ratio de iluminación queda muy por debajo de los valores óptimos indicando falta de iluminación artificial.

- o Igualmente el PPD varía entre el 5% y valores claramente superiores debido al poco aislamiento térmico del edificio.
- o En este sentido, el PMV nos indican que los usuarios tendrían un discomfort leve por acceso de frío en general, menos en las horas de incidencia de la radiación solar en las que el discomfort sería por sobrecalentamiento.

✓ Edificio BP

- o El índice de Lux/Lux normativo está, durante las horas de ocupación en un alrededor 0.8, y su valor durante el fin de semana es muy bajo (0.2), por lo que podemos concluir que la incidencia del sol es muy baja y que la iluminación es un poco inferior a la normativa. En la zona desocupada, en cambio, sería necesario el uso de elementos de protección solar en determinadas horas del día para proteger de la alta incidencia de radiación.
- o Los valores de PPD durante el periodo de ocupación son inferiores a 30, cosa que nos indicaría que los usuarios que están en discomfort térmico no superaran nunca el 30%. Cabe destacar que los valores de 30 se dan al inicio de la jornada, debido a la baja velocidad de calentamiento del sistema de clima.
- o Los valores de PMV en el periodo de ocupación (cerca de 0) nos indican que la sensación térmica de los usuarios es neutra (ni frío ni calor). Al inicio de la jornada los usuarios pueden tener una leve sensación de frío, por lo que ya hemos comentado en el punto anterior. Igualmente para la zona desocupada, y en caso que esta estuviera en uso, los usuarios sufrirían exceso de calor en las horas centrales del día, pese a ser finales de otoño.

✓ Edificio ZEPI

- o El índice de Lux/Lux normativo, durante las horas de ocupación y en los despachos S, indica una correcta iluminación de los espacios cuando no incide el Sol, pero una sobreiluminación cuando este incide directamente. Cuando únicamente tenemos iluminación natural, el valor de iluminación es un 30% menor al normativo. En el caso de los despachos N, la iluminación es la correcta.
- o Los índices PPD con valores fluctuantes entre el 10 y el 40% indican una situación de discomfort debido, probablemente, a una temperatura de consigna baja de las zonas.
- o Esta conclusión viene refrendada por un valor del índice PMV cercano a -1. Estos valores se dan, en algunas zonas, solo a primera hora de la mañana alcanzando, hacia el mediodía, un valor 0.

✓ Edificio El Pla

- o Los índices de iluminación son correctos durante las horas de ocupación en la zona de fachada norte. En la zona opuesta, estos índices son extremadamente elevados en las horas de incidencia solar directa e inferiores a lo deseable en el resto del tiempo, indicando una mala iluminación de estas zonas.
- o El índice PPD da valores correctos de confort (inferiores al 20% de media) en la zona norte, mientras que en la opuesta se alcanzan valores de discomfort rondando el 100% en algunas horas del día.

- o En este sentido el índice PMV indica un valor 0 de situación de confort para la zona norte, y unos valores cercano a 3 (sobrecalentamiento extremo) en las zonas opuestas.
- ✓ Edificio Aduanas
 - o La iluminación parece ser correcta aunque con unos valores ligeramente inferiores a la ideal, para algunas zonas, o claramente superiores en otras debido a la incidencia de radiación solar directa.
 - o El porcentaje de gente insatisfecha varía entre un 30% medio y picos de hasta un 70% debido al sobrecalentamiento de fachada
 - o El voto medio previsto alcanza valores de 1.8 indicando que, en las horas de mediodía, los usuarios sufren calor, en especial los más cercanos a las ventanas.

Todos los datos resultantes del trabajo de análisis, se encuentran documentados según,

Nombre documento	Descripción
T1-DI.12_Plantilla análisis datos.xls	Plantilla Excel de tratamiento de datos de monitorización por zona analizada.
T1-DI.12 - Excels	Carpeta con conjunto de ficheros Excel (uno por zona) con el tratamiento de los distintos espacios monitorizados.
T1-DI.12 - PDFs	Carpeta con conjunto de ficheros pdf (uno por zona) con el tratamiento de los distintos espacios monitorizados y las conclusiones de dicho análisis.
T1-DI.15 - Conclusiones por edificio	Carpeta con conjunto de ficheros word (uno por edificio) con las conclusiones a nivel de edificios.

3.2.2 TAREA 2: DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS

El contenido y alcance de los trabajos que conforman la Tarea 2 del proyecto se planificaron según un esquema que incluía la participación de ALIA, CIMNE, El Consorci de la Zona Franca y AIGUASOL.

La Tarea 2 tenía como entregables definidos, los siguientes documentos:

- ✓ Conjunto de escenarios arquitectónicos y constructivos
- ✓ Conjunto de escenarios de sistemas energéticos
- ✓ Conjunto de escenarios de otros parámetros
- ✓ Conjunto de escenarios finales a analizar en el seno del proyecto TOBEE.

Que como se verá a lo largo de los siguientes subpuntos, se han desarrollado satisfactoriamente.

Sin embargo, cabe destacar que en el momento de desarrollar esta tarea, se entendió la definición de escenarios como un todo. Esto es, aunque se disgregaron los escenarios en función de distintos parámetros, la matriz resultante se formuló en base a un único documento que, entendimos, daba mayor sentido al desarrollo realizado.

3.2.2.1 SUBTAREA 2.1. DEFINICIÓN DE LAS SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS

3.2.2.1.1 Contenidos y alcance Definición de las soluciones arquitectónicas y constructivas (T.2.1.)

Los edificios monitorizados representan un abanico suficientemente amplio pero, como es lógico no completo, de soluciones constructivas de fachadas acristaladas típicas de edificios transparentes.

Los resultados de la monitorización permiten tener un conocimiento real del comportamiento de ciertas soluciones constructivas de fachadas acristaladas, pero para tener un conocimiento general, deben realizarse simulaciones de un conjunto amplio que complete los tipos de las fachadas monitorizadas y que abarque, con una discretización razonable (de modo que resulte abarcable) todas las soluciones posibles.

En este sentido, las soluciones arquitectónicas y constructivas relativas a la tipología de fachadas, constituyen un primer parámetro esencial a considerar. Por ello el equipo de ALIA, y con asesoramiento del resto de equipos tanto desde el punto de vista técnico del consultor (CIMNE y AIGUASOL) como de la visión del promotor (CZF), desarrolló una serie de escenarios a considerar;

Dichos escenarios se establecieron en función de la tipología de fachadas y no de otros elementos del edificio, pues se consideró que este es el objetivo principal del proyecto, el análisis de los edificios transparentes.

Remarcar que, una de las opciones planteadas fué un edificio de oficinas opaco, que sirviera de referencia a los resultados obtenidos.

3.2.2.1.2 Resultados Definición de las soluciones arquitectónicas y constructivas (T.2.1.)

Para la clasificación de las diferentes tipologías de soluciones de fachadas acristaladas por su configuración formal se establecieron 6 tipologías básicas:

- ✓ Tipo 1-. Ventana
- ✓ Tipo 2-. Fachada continua
- ✓ Tipo 3-. Cámara no ventilada
- ✓ Tipo 4-. Cámara ventilada
- ✓ Tipo 5-. Cámara ventilada con aprovechamiento de aire para climatización.
- ✓ Tipo 6-. Fachada ciega (huecos entre el 40 y el 50%)

Para cada una de las cuales se desarrolló los ficheros CAD correspondientes de detalle arquitectónico y constructivo.

Cabe mencionar que los edificios monitorizados responden a un tipo u otro de éstos (casi todos al tipo 2, y alguno al tipo 1 y al 4), por lo que este esquema de fachadas supone una extrapolación. Se trata también de una extrapolación bastante completa, puesto que dentro de se encuentra prácticamente cualquier configuración constructiva de fachada de edificio transparente de oficinas.

A continuación se muestran algunos de los esquemas de las distintas tipologías arquitectónicas y su correspondencia con los edificios monitorizados.

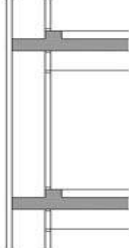
TIPO 1 VENTANA	TIPO 2 FACHADA CONTINUA	TIPO 3 CAMARA NO VENTILADA
		
EDIFICIO ADUANA (DESPACHO) EDIFICIO CENTRO DE SERVICIOS (DESPACHO)	EDIFICIO ADUANA EDIFICIO EL PLA EDIFICIO BP EDIFICIO CENTRO DE SERVICIOS EDIFICIO NEXUS I	

Ilustración 9. Esquemas de algunas de las soluciones arquitectónicas y de sus correspondencias con los edificios monitorizados.

Igualmente, en el momento de elegir las soluciones constructivas se consideró que en la actualidad el gran desarrollo de los acristalamientos nos permite poder elegir nuestro cerramiento dentro de una amplia gama, con características y resultados muy diferentes. La evaluación de todos ellos resultaría imposible, por lo que se llevó a cabo una simplificación. A los efectos de este proyecto, se estableció la siguiente clasificación:

- ✓ Opción 1. Vidrios dobles transparentes con carpintería mala
- ✓ Opción 2. Vidrios dobles de baja emisividad con marco de aluminio con rotura de puente térmico.
- ✓ Opción 3. Vidrios dobles reflectantes ligeros con marco de aluminio con rotura de puente térmico.
- ✓ Opción 4. Vidrios dobles reflectantes especulares con marco de aluminio con rotura de puente térmico.
- ✓ Opción 5. Vidrios dobles con gas noble entre ellos y con marco de aluminio con rotura de puente térmico.
- ✓ Opción 6. Vidrios dobles mixto con parte de reflectantes ligeros y parte de TIM (materiales de aislamiento transparente) y con marco de aluminio con rotura de puente térmico.

En donde en el caso en que las fachadas sean con cámara de aire, se presupone que el cerramiento transparente externo siempre es un vidrio simple estructural.

La combinatoria de los seis tipos de fachadas con los seis tipos de acristalamiento da una base de treinta y seis casos básicos.

Todos los datos resultantes de la definición de los escenarios arquitectónicos y constructivos, se encuentran documentados según,

Nombre documento	Descripción
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de los distintos escenarios de soluciones arquitectónicas y constructivos que conforman la parrilla global. DOCUMENTO COMPARTIDO CON LAS OTRAS SUBTAREAS DE T2.

3.2.2.2 SUBTAREA 2.2. DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS SISTEMAS

3.2.2.2.1 *Contenidos y alcance Definición de los escenarios sistemas (T.2.2.)*

Análogamente al proceso anterior se debatió sobre los distintos escenarios de sistemas de generación, transformación y difusión energética a aplicar en cada una de las tipologías de edificios a analizar. Dichos sistemas debían encajar en la realidad del mercado y, a su vez, se consideraron distintas soluciones con la integración de energías renovables.

Esta tarea, sin embargo, se llevó a cabo considerando el peso de este factor en la consecución de los objetivos del proyecto; Es decir, en el análisis del funcionamiento energético de edificios de oficinas transparentes, los sistemas de generación, distribución y difusión energética juegan un papel minoritario cuando lo que se pretende es caracterizar y poner de manifiesto la influencia de las tipologías constructivas y arquitectónicas y del uso del edificio por parte de los inquilinos. Partiendo de esta premisa, la importancia y relevancia del proyecto pasa más por la obtención del orden de magnitud de las demandas que por los sistemas que den respuesta a estas demandas.

Todo ello no significa que no se trabaje con distintas posibilidades de sistemas, más cuando los resultados finales de proyecto irán relacionados, en parte, con indicadores de consumos, pero el análisis cuantitativo de estos elementos se considerará vía factores correctores proporcionales al rendimiento estacional de los distintos sistemas planteados. En este sentido, los sistemas no entrarán a formar parte de la matriz de simulaciones, aunque sí de la matriz de escenarios mediante la aplicación de dichos factores correctores a los resultados de demandas. Igualmente se decidió considerar, en las tareas T4 y T5, un análisis cualitativo de los sistemas más habituales en esta tipología de edificios.

Una vez determinado el alcance del grado de análisis de los sistemas, se definieron los distintos equipos que se valorarán en el seno del proyecto, tanto en base a los conocimientos de los socios como de la recolección de datos tanto de los edificios monitorizados como de otros pertenecientes al CZF.

Igualmente se llevaron a cabo hipótesis de funcionamiento de los sistemas de iluminación considerando, para este caso, las mismas premisas iniciales que en los sistemas de clima.

3.2.2.2.2 *Resultados Definición de los escenarios sistemas (T.2.2.)*

De esta forma, para el caso de los sistemas de clima, se consideró la aplicación sobre demandas obtenidas de simulación, de un factor corrector o rendimiento global según:

$$\eta = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \eta_e \cdot \eta_r$$

En donde,

η_g es el rendimiento de generación

η_t es el rendimiento de distribución

η_e es el rendimiento de emisión

η_r es el rendimiento de regulación

La aplicación de estos rendimientos en los resultados de los distintos escenarios de la matriz, vendrá dada por los valores de los distintos rendimientos parciales. Estos valores vendrán definidos, de esta manera, en función de la tipología de sistemas referenciados. En este sentido se plantearon:

SISTEMAS DE GENERACIÓN	Caldera Centralizada (ACS+Calefacción) y enfriadora (refrigeración)
	Bomba de Calor centralizada
	Otros (en función de consideraciones finales T4 y T5)
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	2 Tubos
	4 Tubos
SISTEMAS DE EMISIÓN	Fan coils
	Difusión por suelo
	Difusión por techo
SISTEMAS DE REGULACIÓN	Por termostato ambiente
	Por centralita
	Por concentración de CO ₂

La combinatoria de estos elementos da un escenario posible de 54 sistemas globales para cada edificio de la parrilla de escenarios. Esto, pese a no ser un problema técnico en cuanto a la implantación final (aplicado como factor corrector de las demandas y a posteriori de las simulaciones), sí que podría ser un elemento descompensado (desde el punto de vista de la importancia relativa de estos elementos en relación a los objetivos del proyecto) en el momento de interpretar los distintos resultados. En este sentido, aunque se plantee la posibilidad de incorporar estos 54 factores correctores en la herramienta desarrollada al final del proyecto, solo se consideraran, a efectos de análisis cualitativo, los siguientes escenarios cruzados representativos de la realidad observada y de un escenario idealizado;

# Escenario	S. Generación	S. Distribución	S. Emisión	S. Regulación
S1	Caldera Centralizada (ACS+Calefacción) y enfriadora (refrigeración)	2 Tubos	Fan coils	Por termostato ambiente
S2	Caldera Centralizada (ACS+Calefacción) y enfriadora (refrigeración)	2 Tubos	Fan coils	Por centralita
S3	Caldera Centralizada (ACS+Calefacción) y enfriadora (refrigeración)	4 Tubos	Fan coils	Por termostato ambiente
S4	Caldera Centralizada (ACS+Calefacción) y enfriadora (refrigeración)	4 Tubos	Fan coils	Por centralita
S5	Bomba de Calor centralizada	4 Tubos	Fan coils	Por centralita
S6	Bomba de Calor centralizada	4 Tubos	Difusión por suelo	Por centralita
S7	Bomba de Calor centralizada	4 Tubos	Difusión por techo	Por centralita
S8	Bomba de Calor centralizada	4 Tubos	Difusión por techo	Por concentración de CO ₂
S9	Otro	4 Tubos	Difusión por techo	Por centralita

En donde se considerará este análisis cuantitativo-cualitativo de forma independiente de los escenarios. En el momento de concretar esta tarea, existía la duda de si contemplar estas casuísticas distintas para todos los escenarios o solo para los más representativos. Ello es debido no a una complicación técnica o de tiempo de máquina sino considerando el elevado número de datos resultantes que se obtendrían y el significado de analizarlos todos o no.

Igualmente, y con el fin de obtener unos consumos de energía primaria como indicadores, se procederá a trabajar, al mismo nivel, con hipótesis de combustibles utilizados, considerando:

- ✓ gas natural
- ✓ glp
- ✓ electricidad
- ✓ gasoil
- ✓ solar

Análogamente al caso de los sistemas descritos, y considerando un factor determinante en el discurso de la construcción de edificios transparentes, se definieron una serie de premisas a considerar en la definición de los consumos derivados de la iluminación de los espacios en los escenarios de la parrilla.

En este sentido se decidió, también, trabajar con unos factores correctores que, en base a una demanda objetivo igual a la diferencia entre los ratios ideales y los aportados de forma natural (obtenidos vía simulación), determinara el consumo derivado de la iluminación en base a las soluciones de luminarias. Como el objetivo del proyecto no pasa por profundizar en el tema de la tipología de luminarias, sino más bien en la influencia de la tipología edificatoria en el consumo de iluminación, bastaría con una solución de luminaria. Sin embargo, se creyó interesante establecer dos soluciones posibles para diferenciar los consumos relativos derivados de un mal y un buen sistema. De esta forma, se planeó aplicar un rendimiento η_l (ratio entre los lúmenes ofrecidos y el consumo necesario para ello) en función de dos tipos diferenciados de luminarias;

# Escenario	S. Generación
L1	Uso de fluorescentes compactos
L2	Uso de fluorescentes electrónicos

El desarrollo de estos elementos o parámetros de los escenarios de la parrilla, está documentado según,

Nombre documento	Descripción
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de los distintos escenarios de soluciones de sistemas energéticos y de iluminación a considerar. DOCUMENTO COMPARTIDO CON LAS OTRAS SUBTAREAS DE T2.

3.2.2.3 SUBTAREA 2.3. DEFINICIÓN PARÁMETROS EXTERNOS, USO Y GESTIÓN

3.2.2.3.1 *Contenidos y alcance Definición parámetros externos, uso y gestión (T.2.3.)*

Más allá de los parámetros decididos en las subtareas precedentes, ha sido necesario definir el resto de parámetros a considerar en las simulaciones como los ficheros climáticos, los perfiles de ocupación y gestión o los valores de confort a asegurar.

Desde este punto de vista, se han priorizado los vectores con una clara influencia en el comportamiento energético del edificio y siempre bajo la perspectiva del cumplimiento de los objetivos finales del proyecto. En este sentido se trabajaron los siguientes parámetros:

- ✓ *Orientación*. La orientación, debido a sus diferentes condiciones de soleamiento según hora del día y estación del año, es muy relevante en el comportamiento energético de los edificios tanto por el aumento de cargas internas directas (calentamiento a través de cerramientos transparentes) como indirectas (aumento de cargas internas por mayor o menor uso de luminarias artificiales). Igualmente este factor también puede condicionar el confort lumínico y no solo el térmico. Por todo ello se consideró este como uno de los factores prioritarios a introducir en las simulaciones.
- ✓ *Clima*. Las condiciones climáticas a las que se ven sometidos los edificios determinan de gran manera su comportamiento térmico. Estos efectos, cuando se trata de edificios con grandes proporciones de fachada transparente, se maximizan condicionando los tipos de cerramientos y dimensionado de los sistemas energéticos a considerar. Sin embargo ello puede ser que no condicione el tipo de sistemas o las soluciones arquitectónicas (que no constructivas). En cualquier caso, los objetivos del proyecto pasan por establecer el comportamiento de este tipo de edificios en un clima mediterráneo, y esto es lo que se consideró al valorar este parámetro.
- ✓ *Estacionalidad*. La estación del año también es una variable fundamental ya que, por ejemplo, lo que puede ser favorable a confort en un momento dado, puede resultar contradictorio en otro momento. Sin embargo, y en cuanto a parámetro extra de análisis, no aparece ya que la simulaciones se realizarán, en todos los escenarios, para todo el año.
- ✓ *Uso de los edificios*. En esta primera fase del proyecto se definió un solo uso del edificio, entendiendo como uso no el tipo de actividades que se desarrollan en el interior de los edificios (todos de oficinas y servicios relacionados), si no como la interacción de los usuarios con estos; Es decir, los perfiles de uso relacionados con el clima (p.ej., la modificación de las temperaturas de consigna), la iluminación (p.ej. uso de iluminación indebido), la ventilación natural (p.ej. apertura de ventanas) y el uso de equipamientos (p.ej. encendido de maquinarias en horas de no ocupación). El planteamiento y análisis más detallados de estas tareas se realizará, según lo previsto en el proyecto original, en la Tarea 6.
- ✓ *Elementos de sombra*. Los elementos de sombra pueden condicionar de sobremanera los consumos y confort térmicos y lumínicos relacionados con un edificio, más cuando este tenga una proporción de fachada transparente elevada. Dichos elementos se consideraron desde 3 perspectivas distintas:
 - o Elementos de sombra debidos al entorno
 - o Elementos de sombra fijos propios del edificio
 - o Elementos de sombra móviles propios del edificio

Las resoluciones de todos estos elementos son las que se consideraron como parámetros determinantes en las simulaciones.

3.2.2.3.2 Resultados Definición parámetros externos, uso y gestión (T.2.3.)

Considerando todo lo anterior, se llegó a las siguientes conclusiones;

- ✓ Orientación. Se consideró el análisis de los escenarios para las mismas orientaciones definidas en el *Código Técnico de la Edificación* (CTE);

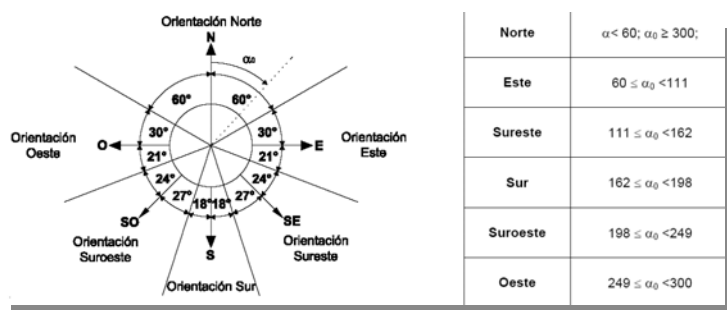


Ilustración 10. Esquema del CTE – HE de las orientaciones consideradas

- ✓ Clima. Considerando que el análisis propuesto del proyecto TOBEE debe realizarse para un clima Mediterráneo, y siendo coherentes con las auditorías llevadas a cabo, se decidió simular los distintos escenarios para el clima de la ciudad de Barcelona mediante el uso de un año tipo generado con los datos de pertenecientes a los últimos 30 años de la estación meteorológica de la Universidad de Barcelona.
- ✓ Estacionalidad. Las simulaciones consideraran la estacionalidad puesto que se llevaran a cabo para un período de un año entero. Ello permitirá realizar análisis, y extraer conclusiones, a nivel anual, mensual, estacional y diario.
- ✓ Uso de los edificios. Se acordó utilizar, para las simulaciones de la Tarea 4, un solo uso de los edificios según las hipótesis establecidas en la Tarea 3.
- ✓ Elementos de sombra. En este sentido se decidieron los siguientes escenarios, a cruzar entre ellos en las simulaciones;
 - o Elementos de sombra de entorno. 2 escenarios correspondientes a las sombras proyectadas por los edificios en un entorno tipo ciudad y en otro tipo polígono. En este sentido, las simulaciones se realizarán siempre con un entorno tipo polígono, y solo en el caso de no tener otros elementos de sombra, se repetirán para el entorno ciudad.
 - o Elementos de sombra fijos. 2 escenarios que contemplen la existencia o no existencia de estos elementos. El dimensionado será de 1/3 de la altura del cerramiento transparente.
 - o Elementos de sombra móviles. 2 escenarios que contemplen la existencia o no existencia de estos elementos. El tipo de elementos serán lamas horizontales interiores móviles.

El desarrollo de estos parámetros de los escenarios de la parrilla, está documentado en,

Nombre documento	Descripción
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de los distintos escenarios de soluciones de usos, gestión y otros a considerar. DOCUMENTO COMPARTIDO CON LAS OTRAS SUBTAREAS DE T2.

3.2.2.4 SUBTAREA 2.4. PLANTEAMIENTO DE LOS ESCENARIOS FINALES

3.2.2.4.1 *Contenidos y alcance Planteamiento de los escenarios finales (T.2.4.)*

Considerando los distintos procesos y decisiones adoptadas en las subtareas precedentes, se procedió a definir el marco de las simulaciones y, por ello, la matriz de escenarios finales a analizar. Dicha matriz, y de ello se ha hecho mención en los apartados precedentes, debía conformar un número de situaciones representativas relacionadas con los edificios de oficinas transparentes y, a su vez, ser suficientemente acotado como para abordar el análisis en el seno del proyecto planteado.

Igualmente, y considerando la cantidad de escenarios planteados, se procedió a definir formatos de salida de resultados y, sobretudo, su representación de forma que los distintos valores obtenidos se pudiesen visualizar rápidamente como un todo. Ello, más allá del análisis de los escenarios unitarios, debería permitir la comparación rápida de casuísticas.

3.2.2.4.2 *Resultados Planteamiento de los escenarios finales (T.2.4.)*

Considerando todos los resultados parciales de la tarea, se obtuvo la matriz final de escenarios de análisis. En este sentido, se diferencian aquellos elementos que formaran parte de las simulaciones respecto a otros que serán aplicables a posteriori en el tratamiento de los datos.

De esta manera, los parámetros que jugaran parte de la simulación serán:

Parámetros de simulación	Número de soluciones
Tipología de Fachadas	6
Tipología de soluciones transparentes	6
Orientación	6
Elementos de sombra	5
Clima	1
Estacionalidad (nivel simulación)	1

Considerando que todos estos factores se deben cruzar entre ellos, el producto es una matriz de 1080 casos a simular. Valorando los resultados que se obtengan con estas simulaciones se erigirán, los casos más representativos (y divergentes entre ellos) sobre los que aplicar los siguientes parámetros.

Parámetros a posteriori	Número de soluciones
Sistemas de clima	9
Tipos de combustibles	5
Soluciones de iluminación	2

Dado que el número de casuísticas fruto de aplicar estos parámetros se eleva a 90 para cada escenario de la matriz de simulaciones, este último análisis solo se llevará a cabo para no más de tres casos. En el resto de escenarios, se elegirá una sola combinación de sistema de clima, sistema de iluminación y combustibles que permita tratar el consumo energético como variable resultante del proyecto.

Por otro lado, el elevado número de escenarios analizados hizo valorar la posibilidad de tratar los resultados de una forma gráfica e intuitiva que permitiera la comparación entre escenarios de manera rápida. Se consideró que, valorando los objetivos del proyecto, era necesario extraer de cada uno de los escenarios simulados, los siguientes parámetros:

- Parámetros relacionados con el confort:
 - o Valor de histograma de temperatura radiativa de la superficie del hueco a una distancia dada.
 - o Valor de histograma de Voto Medio Previsto para valores a partir de -1 y a partir de +1.
 - o Valor de histograma de rendimiento lumínico en dos puntos distanciados de la superficie del hueco de fachada.
- Parámetros relacionados con las demandas (o consumos) energéticos:
 - o Valor anual integrado de la demanda (o consumo) de calefacción
 - o Valor anual integrado de la demanda (o consumo) de refrigeración
 - o Valor anual integrado de la demanda (o consumo) de iluminación.

En este sentido, una manera sencilla de trabajar con los consumos energéticos finales asociados es el uso de una cualificación en base a letras, tal como aparece en el proceso de certificación energética del estado español, pero con valores absolutos. De esta forma se podrían comparar de forma rápida los distintos escenarios. Esta forma de evaluar los resultados finales se definirá de forma más detallada en las tareas finales del proyecto.

Sin embargo, se creyó conveniente pasar por un estadio intermedio que permitiera desgranar o profundizar en el análisis de resultados. En este sentido, se definieron códigos de colores que permitan representar de una forma gráfica y en un solo esquema los resultados de las simulaciones. Como ejemplo de ello,

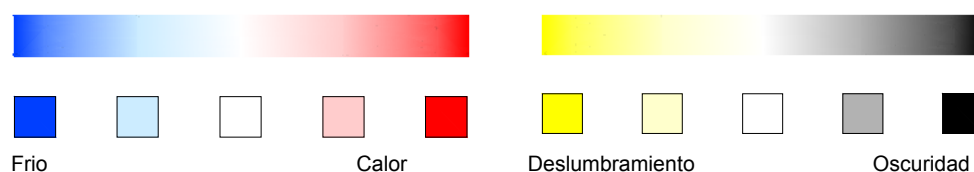


Ilustración 11. Códigos de colores para confort térmico y lumínico

Considerando las 1080 casuísticas establecidas y los 6 parámetros resultantes para cada una de ellas, era necesario combinar el código de colores con un método de representación global. En este sentido se plantearon dos soluciones para representar el total de las casuísticas.

Por un lado, la generación de una única tabla para los parámetros de confort y otra para los de demandas (o consumos) en la que las filas representarían las soluciones de fachadas, tipos de elemento transparente o elementos de sombra, y las columnas, las orientaciones y la posible estacionalidad;

FACHADAS			O						SO					
			INV		ENTR		VER		INV		ENTR			
			d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n
TIPO 1	claro	transparente												
		translucido												
	absorbente	grado 1												
		grado 2												
	reflectante	grado 1												
		grado 2												
TIPO 2	claro	transparente												
		translucido												
	absorbente	grado 1												
		grado 2												
	reflectante	grado 1												
		grado 2												

Ilustración 12Tabla global de representación de resultados de confort

Estas dos tablas permitirían analizar rápidamente los resultados y compararlos entre sí de una forma gráfica (aunque se plantea que en cada casilla exista el valor relativo de forma que sea accesible al situarse encima de la celda).

Igualmente, y de cara a la representación final de los resultados y considerando los usuarios finales de las herramientas, se analizaron otros tipos de representaciones mediante el uso de los mismos códigos de colores, que se concretaran, si fuere necesario, al final del proyecto;

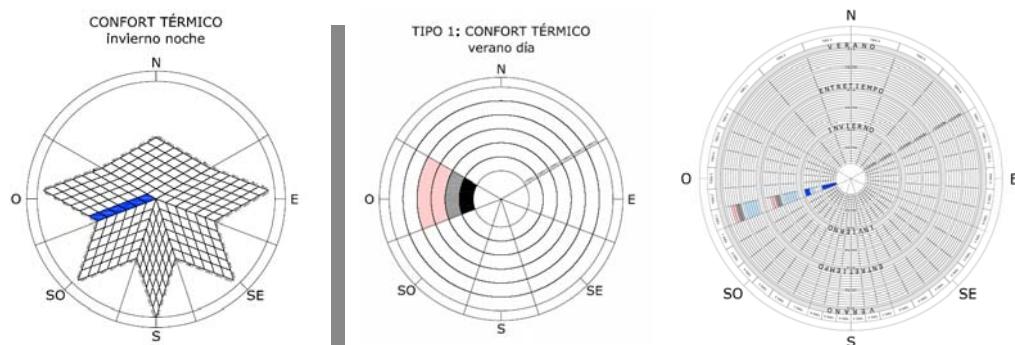


Ilustración 13. Distintas representaciones de resultados planteadas

Todos estos resultados se encuentran documentados según,

Nombre documento	Descripción
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de los distintos escenarios de la parrilla DOCUMENTO COMPARTIDO CON LAS OTRAS SUBTAREAS DE T2.
T2-DI.02 - Representación gráfica de resultados tipo.dwg	Distintos formatos presentados de la representación gráfica de los resultados
T2-DI.03 - Tabla de resultados tipo.xls	Tabla tipo de los resultados de confort ordenados por colores y escenarios

3.2.3 TAREA 3: DISEÑO DE LOS ESCENARIOS DE ANÁLISIS

El objetivo principal de la tarea es la obtención de los parámetros necesarios para poder simular los distintos escenarios definidos en la fase precedente. En este sentido se deberá considerar el tipo de resultados a obtener y el grado de fiabilidad de estos a la hora de desarrollar los esquemas y modelos a utilizar en las simulaciones.

Parte de este trabajo ya se desarrollo en la Tarea 2, puesto que ambas son difíciles de separar. También como entonces, han participado todos los socios en el desarrollo del trabajo.

En su día se planificó que la tarea tendría asignados los siguientes entregables:

- ✓ Relación de las hipótesis de simulación de los distintos escenarios
- ✓ Relación de los modelos arquitectónicos y constructivos de los distintos escenarios
- ✓ Relación de los modelos informáticos calibrados de los distintos escenarios.

En relación a estos documentos, aclarar que el primero de ellos es conjunto con el T2-DI.01 de la Tarea 2, por considerar que ambos estaban estrechamente relacionados y facilitar el entendimiento del proyecto.

3.2.3.1 SUBTAREA 3.1. DEFINICIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE SIMULACIÓN

3.2.3.1.1 *Contenidos y alcance Definición de las hipótesis de simulación (T.3.1.)*

Más allá de los diferentes escenarios definidos en la fase precedente, en esta subtarea se debían establecer las hipótesis de simulación que conjugasen la realidad del comportamiento energético de los edificios a analizar con los objetivos finales del proyecto. Para ello se contaba con los conocimientos de los distintos participantes y las conclusiones de la Tarea 1.

3.2.3.1.2 *Resultados Definición de las hipótesis de simulación (T.3.1.)*

Considerando los objetivos y limitaciones del proyecto, las simulaciones se llevaran a cabo para una zona tipo de un edificio tipo. En este sentido, la zona tendrá unas dimensiones suficientes como para observar las variaciones de confort lumínico, y más concretamente la incidencia de la radiación solar. La zona se considerará ubicada entre otras colindantes con las mismas condiciones de confort; esto es, como una zona con paredes adiabáticas exceptuando el cerramiento que conforma la fachada. Ello ha de permitir el análisis de los parámetros considerados sin que los datos queden influenciados por elementos superfluos al análisis como el aislamiento (tipo y grueso) entre zonas habitables y no habitables. Ello significa que el tipo de cerramientos interiores considerados será siempre el mismo y cumplirá con los valores límite impuestos por la actual normativa de la edificación. Por este mismo motivo la zona se considerará ubicada en una planta intermedia del edificio tipo.

Por otro lado, se definieron el resto de hipótesis de simulación según,

- ✓ Horarios de ocupación uniformes de 8:00h de la mañana a 18:00h de la tarde.
- ✓ Temperaturas de consigna ideales, de 25°C en verano y 20°C en invierno, para todas las zonas y durante los horarios de ocupación de los edificios.
- ✓ Iluminación artificial normativa y utilizada solo durante las horas de ocupación (complementando la iluminación natural).

- ✓ Uso de elementos de sombra móviles, cuando los hubiere, en base a un valor límite de la radiación incidente.
- ✓ No acceso a la ventilación natural.
- ✓ Uso de equipos (ordenadores, etc.) solo durante períodos de ocupación.

Estas conclusiones se pueden encontrar en el mismo documento de definición de escenarios de la Tarea 2, por considerar que los trabajos de ambas eran muy cercanos y la comprensión mejoraba al unir las conclusiones;

Nombre documento	Descripción
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de las hipótesis de simulación DOCUMENTO COMPARTIDO CON LA TAREA T2.

3.2.3.2 SUBTAREA 3.2. DISEÑO DE LOS MODELOS ARQUITECTÓNICOS Y CONSTRUCTIVOS

3.2.3.2.1 *Contenidos y alcance Diseño de los modelos arquitectónicos y constructivos (T.3.2.)*

En base a las casuísticas encontradas en la Tarea 1 y las decisiones adoptadas en la Tarea 2 i la subtarea 3.1, se diseñaron los modelos arquitectónicos y constructivos que forman parte de los distintos escenarios a analizar.

Inicialmente se procedió a la caracterización, a nivel de ejecutivo, de las casuísticas de los edificios monitorizados. Esta caracterización se realizó, en la mayoría de los casos, casi desde cero pues en la mayoría de los edificios, la información disponible no contemplaba los planos de ejecutivo o estos estaban desfasados respecto a la construcción actual.

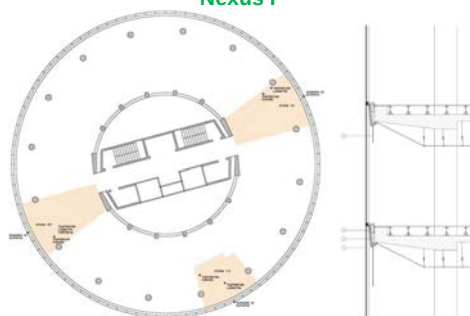
Posteriormente, y considerando los distintos parámetros, se definieron los modelos arquitectónicos y constructivos diseñando, a nivel de ejecutivo, las seis soluciones de fachadas propuestas. Igualmente se trabajó en la selección de los cerramientos transparentes (mediante la definición de las propiedades físicas de estos como la transmitancia térmica o la transmisividad solar) que debían ajustarse a la definición hecha en la Tarea 2. Finalmente se cerró la subtarea con la definición de los cerramientos opacos (tipología, propiedades físicas y superficies) y los elementos de sombra que cumplieran con las definiciones propuestas. Mediante estas definiciones se abarcó todos los escenarios propuestos puesto que, los 180 definidos (sin contar las orientaciones) resultan de permutar estos elementos mencionados.

3.2.3.2.2 *Resultados Diseño de los modelos arquitectónicos y constructivos (T.3.2.)*

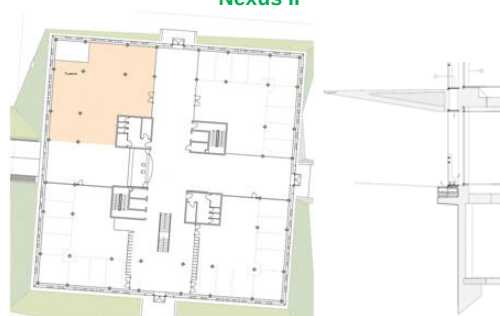
Como resultado principal de la tarea, se obtuvieron todos los diseños, tanto de los edificios auditados como de los de los escenarios planteados en la parrilla, a un nivel de detalle suficiente para definir los modelos informáticos a simular.

En el caso de los escenarios auditados, las soluciones constructivas se encuentran en los documentos de la Tarea 1 relativos a los ejecutivos de los edificios. En cuanto a los planos, estos se diseñaron de nuevo a nivel de ejecutivo para poder llevar a cabo las comprobaciones de la subtarea última de la T3;

Plano Planta y detalle fachada del edificio Nexus I



Plano Planta y detalle fachada del edificio Nexus II



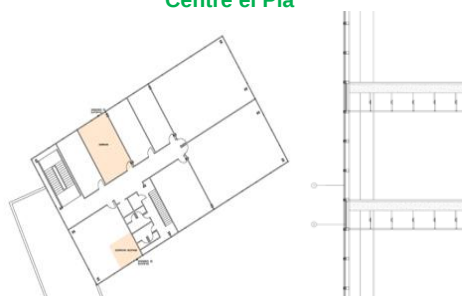
Plano Planta y detalle fachada del edificio BP



Plano Planta y detalle fachada del edificio ZEPI



Plano Planta y detalle fachada del edificio Centre el Pla



Plano Planta y detalle fachada del edificio Aduanas



Ilustración 14. Detalles de plantas i fachadas de los ficheros de los edificios monitorizados

En relación a los edificios planteados como escenarios de la parrilla, se empezó describiendo cual era el volumen tipo que se iba a utilizar en las simulaciones; En este sentido, y tanto siguiendo la estructura de la mayoría de casos de los edificios auditados como pensando en los condicionantes necesarios para observar los distintos efectos que se pretendían analizar, se diseñó una superficie con planta rectangular y altura lineal;

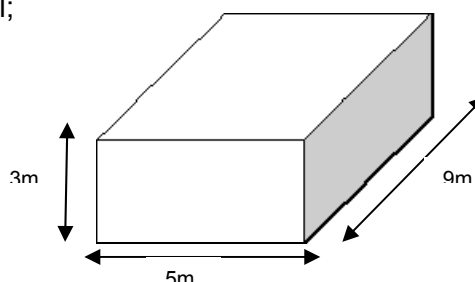


Ilustración 15. Esquema del volumen considerado como zona de análisis

En donde la cara exterior es una superficie transparente de esquina a esquina.

Posteriormente se diseñaron las seis tipologías de fachadas juntamente con las 6 soluciones de cerramientos transparentes. En este sentido, se consideraron las limitaciones normativas del CTE pero más a modo de guión que como una restricción. Esto se debe, por un lado, a la imposibilidad de asegurar el cumplimiento normativo en el momento de cruzar todas las tipologías de fachadas con las soluciones transparentes y, por otro, para poder representar no solo casuísticas de futuro si no también edificios existentes proyectados con normativas de la edificación anteriores. De esta forma se diseñaron los detalles de las seis fachadas;

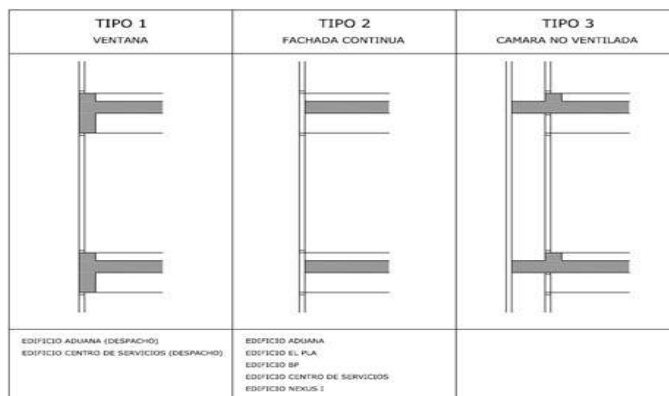


Ilustración 16. Esquemas de algunas de las soluciones arquitectónicas y de sus correspondencias con los edificios monitorizados.

Por otro lado, se definieron las seis tipologías de cerramientos transparentes según:

Tipología	Descripción	U [W/(m²K)]	g	T _v (%)
Claro Transparente	Vidrio doble 4-6-4 con cámara de aire	3.4	0.76	69%
Baja emisividad elevado	Vidrio doble 4-12-4 con cámara de aire	1.4	0.53	74%
Reflectante ligero	Vidrio doble 6-12-6 con cámara de aire	1.4	0.46	46%
Reflectante fuerte (especular)	Vidrio doble 6-12-6 con cámara de aire	1.9	0.11	7%
Cámara de gas noble	Vidrio doble 6-12-6 con cámara de Kriptón	1.04	0.47	65%
Doble mixto	Combinación de reflectante ligero y TIM	ad ¹	ad	ad

En donde, en todos los casos se presupone un marco de aluminio con rotura de puente térmico, exceptuando el primero en que se considera un marco de aluminio sin rotura de puente térmico.

Igualmente se concretaron los tipos de cerramientos que conforman las *superficies interiores* de la zona de análisis. Dado que estas superficies están en contacto con zonas climatizadas en ambas caras, las restricciones relacionadas con la transmisividad térmica de estas son mínimas y muy semejantes independientemente de la zona climática. De esta forma se ha elegido un cerramiento para las divisorias

¹ A determinar en la tarea T4

con una U de 2.55W/(m²K) y estructura maciza, y en el caso de los forjados, un cerramiento con una U de 2.5 W/(m²K) y estructura maciza; Se planteó la posibilidad de variar este parámetro en algunos de los casos de la parrilla final después de obtener y analizar los resultados de la tarea T4.

Los resultados completos de esta subtarea, se han documentado según:

Nombre documento	Descripción
T3-DI.01 - Modelización de los edificios auditados.doc	Relación de los distintos elementos que componen el detalle constructivo de las soluciones de los edificios auditados
T3-DI.02 - Ficheros de los modelos de los edificios auditados	Carpeta con los ficheros de plantas y secciones de los edificios auditados
T3-DI.03 - Ficheros de detalle de fachadas	Carpeta con los ficheros de los detalles constructivos y arquitectónicos de las fachadas de los edificios auditados
T3-DI.04 - Ficheros de detalle constructivo del resto de escenarios	Carpeta con ficheros de los diseños constructivos y arquitectónicos de detalle de las tipologías que conforman los escenarios de análisis

3.2.3.3 SUBTAREA 3.3. DISEÑO DE LOS MODELOS DE LAS SIMULACIONES

3.2.3.3.1 *Contenidos y alcance Diseño de los modelos de las simulaciones (T.3.3.)*

Considerando todo lo anterior se procedió a introducir los casos base en las herramientas de simulación. En relación a este punto, los participantes especialistas en simulación dinámica (CIMNE y AIGUASOL) y contando con el beneplácito del resto de socios, escogieron las herramientas TRNSYS y ECOTECT para analizar la parrilla de casuísticas. El hecho de utilizar dos herramientas responde a la necesidad de simular el comportamiento lumínico a la vez que el térmico para cada escenario. Aunque cualquiera de las dos herramientas puede realizar los dos tipos de análisis, TRNSYS no cuenta en la versión actual con un modelo gráfico y ello conlleva algunas limitaciones en cuanto a las simulaciones de iluminación (que no las térmicas). Por su lado, ECOTECT ofrece análisis de iluminación suficientemente detallados para alcanzar los objetivos del proyecto aunque sus análisis térmicos resultan más limitados. Considerando, por un lado, que ambas herramientas pueden trabajar con los mismos ficheros de clima y pueden representar las mismas soluciones arquitectónicas y constructivas, y por otro, que las simulaciones a este nivel no tienen porque ser acopladas, se dio el visto bueno a la utilización de dichas herramientas.

En el caso de las simulaciones del comportamiento térmico, TRNSYS necesita un solo fichero de entorno que permite contemplar el clima, las orientaciones y las sombras, y otro fichero que es el que contiene la zona a simular con sus variantes respecto a las fachadas, cerramientos transparentes y los otros datos de perfil. Una vez diseñados estos ficheros, debe programarse una herramienta de variación automática de parámetros llamada GENOPT que permite lanzar todas las simulaciones de una sola vez y guardar los resultados en ficheros distintos.

Para el caso de las simulaciones con ECOTECT, el proceso no se puede automatizar de forma tan simple y debe modificarse cada caso de forma semimanual. Sin embargo, para la simulación lumínica, no todos los parámetros son necesarios; En concreto, NO es necesario simular todos los tipos de fachadas. Simplificando a 4 tipos de fachadas, quedan 720 simulaciones. Partiendo de estos 720 casos y considerando

que el factor orientación y tipo de vidrio son valores modificables en última instancia, quedan que el número de ficheros base de ECOTECT para TOBEE son 20.

3.2.3.3.2 Resultados Diseño de los modelos de las simulaciones (T.3.3.)

Considerando todo lo anterior se procedió a diseñar y programar estos ficheros TRNSYS, GENOPT y ECOTECT. En este sentido, se programaron dos niveles de ficheros;

1. Ficheros de calibración de herramientas. En este sentido, y dadas las diferencias formales y estructurales de los edificios monitorizados, se programaron 6 ficheros TRNSYS y 6 ficheros ECOTECT. Estos ficheros son los necesarios para poder finalizar la tarea y calibrar las herramientas de simulación en cuanto a confirmar las hipótesis de partida y obtener factores correctores entre datos reales y de simulación.
2. Ficheros de simulación de escenarios. Entendiendo como tales un fichero entorno TRNSYS, un fichero edificio TRNSYS y los seis ficheros base de ECOTECT. Además se formuló el fichero GENOPT que permite automatizar las simulaciones TRNSYS. Todos estos ficheros son los que se necesitan para las simulaciones de la Tarea 4.

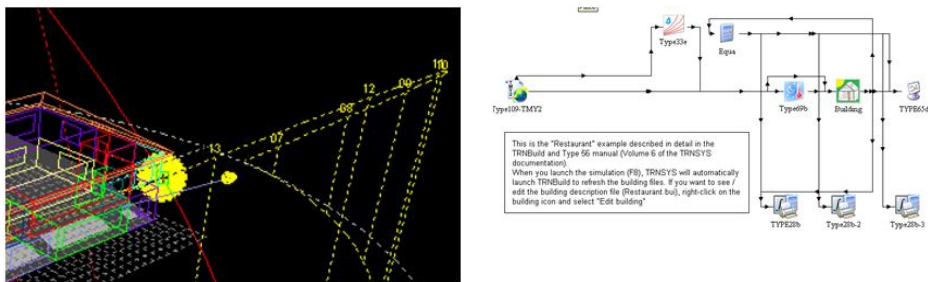


Ilustración 17. Capturas de pantalla de ficheros ECOTECT y TRNSYS

Considerando la elevada cantidad de resultados a obtener, se definió una nomenclatura que permitiera trabajar de una forma ordenada y rápida. En este sentido, y ordenando cada uno de las variables con una numeración del 1 al 6, se estableció:

$R_{\text{tipo}}F\#V\#S\#O_{\text{tipo}}.\text{extensión}$

En donde,

- R_{tipo}** hace referencia al tipo de resultado, TRNSYS (Rt) o ECOTECT (Re)
- $F\#$** hace referencia al tipo de fachada, F1, F2, etc.
- $V\#$** hace referencia al tipo de solución transparente V1, V2, etc.
- $S\#$** hace referencia a la combinación de elementos de sombra, S1, S2, etc.
- O_{tipo}** hace referencia a la orientación analizada, On, Osw, etc.

Los distintos ficheros generados, se encuentran documentados según,

Nombre documento	Descripción
T3-DI.05 - Ficheros TRNSYS de simulación	Carpeta con los ficheros TRNSYS de las simulaciones de los edificios auditados y de las bases de los escenarios TOBEE.
T3-DI.06 - Ficheros ECOTEC de simulación	Carpeta con los ficheros ECOTEC de las simulaciones de los edificios auditados y de las bases de los escenarios TOBEE.

3.2.3.4 SUBTAREA 3.4. . CALIBRACIÓN CON DATOS MONITORIZACIÓN

3.2.3.4.1 *Contenidos y alcance Calibración con datos monitorización (T.3.4.)*

En esta subtarea el objetivo pasaba por determinar la calibración de las herramientas de simulación, entendiendo esto como la corroboración de hipótesis de simulación y el factor corrector entre los datos reales de monitorización y los de simulación.

En este sentido remarcar que la parte correspondiente a la corroboración de las hipótesis se entendió como la de menor peso, puesto que la mayoría de estas (horarios de uso, cargas internas, etc.) eran claramente diferentes en los seis escenarios auditados y, por fuerza y coherencia del proyecto, seguro que divergentes respecto a las de los escenarios de simulación. En este sentido y desde este punto de vista, los resultados se usaron más como tendencia que como imposición y valorando en todo momento que los perfiles extraídos de los datos de monitorización ya ofrecían información al respecto.

En relación al otro aspecto relacionado con este punto, si que se consideró prioritario establecer los factores correctores entre los casos reales y teóricos, puesto que ello debía permitir, a partir de los resultados teóricos de la Tarea 4, calcular unos ratios de consumos más cercanos a la realidad y, por tanto, valorar de forma más real el nivel de emisiones y los costes económicos derivados de cada uno de los escenarios del abanico propuesto.

Considerando estos elementos se programaron las simulaciones de los 6 edificios auditados.

3.2.3.4.2 *Resultados Calibración con datos monitorización (T.3.4.)*

Una vez realizadas las simulaciones de los casos teóricos representativos de los 6 escenarios monitorizados, se obtuvieron las siguientes conclusiones;

- ✓ Hipótesis de simulación. En este sentido, los resultados no ofrecieron divergencias razonables entre las hipótesis teóricas y los escenarios derivados de los resultados de las monitorizaciones. En todo caso, este hecho corroboró los parámetros decididos con anterioridad.
- ✓ Factores correctores. Este proceso pasó por comparar los resultados de las simulaciones con los valores de consumo asociados al funcionamiento real de los edificios. Estos valores de consumo reales se consideraron teniendo en cuenta que el período de monitorización era finito y bajo unas condiciones climáticas claras y que no se monitorizaron los sistemas. De todo ello se obtuvo que la relación promedio de divergencia entre los resultados de las simulaciones y los de las auditorías era inferior al 10%.

De esta forma se pudieron concluir los factores correctores a utilizar en el tratamiento final de resultados para tener una estimación final de consumos y costes económicos. Todo ello se encuentra en los siguientes documentos,

Nombre documento	Descripción
T3-DI.07 - Ficheros resultantes de las simulaciones de calibración	Carpeta con los ficheros de resultados de las simulaciones de los edificios auditados
T3-DI.08 - Conclusiones de la calibración de herramientas.doc	Documento de comparación de resultados reales vs. Resultados teóricos y conclusiones

3.2.4 TAREA 4: CÁLCULO ENERGÉTICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS

El desarrollo del trabajo propuesto, se ha realizado en base a los contenidos de las distintas subtarefas programadas y el alcance de estas en pro de conseguir los resultados finales.

A continuación se pasa a detallar el planteamiento de dichos contenidos y el alcance para las subtarefas correspondientes realizadas durante el 2009, así como los resultados obtenidos hasta fin del período presentado.

Se considera necesario, sin embargo, justificar en el presente apartado el uso de las herramientas informáticas de simulación utilizadas. Tal como se propuso en su día, las simulaciones dinámicas de las características térmicas, se han llevado a cabo con la herramienta TRNSYS. Sin embargo, en el caso de las simulaciones lumínicas, aunque en su día se planteó el uso de la herramienta ECOTECT, finalmente se han llevado a cabo las simulaciones con DaySim (con motor de cálculo RADIANCE).

Dicho cambio de herramienta se debe a que, durante el año 2009, varios equipos de investigación en simulaciones de iluminación, llevaron a cabo estudios de análisis comparativo de resultados entre ECOTECT y otras herramientas o, entre el original y escenarios reales. Las conclusiones de dichos trabajos, determinaron la incapacidad de ECOTECT para evaluar de forma fiable la mayoría de casuísticas planteadas en escenarios sencillos. En este sentido, la incapacidad de la herramienta hace más referencia al análisis de parámetros de iluminación natural, y por ello sus consecuencias sobre la artificial, que a las capacidades de dibujo o de análisis de sombras externas al edificio.

En concreto el prestigioso equipo de Harvard, liderado por C. L. Reinhard, llevo a cabo un trabajo comparativo entre el uso y análisis de resultados de distintos escenarios de zonas, utilizando ECOTECT y DaySim². Las conclusiones de dichos análisis y el enfoque del proyecto TOBEE, hicieron decantar el uso final de DaySim en detrimento de ECOTECT.

La herramienta DaySim (Dynamic Daylight Simulation), es una herramienta de análisis de iluminación natural que permite el cálculo de la disponibilidad de esta en el interior de edificios, así como la incidencia sobre el consumo energético del uso de controles automáticos (sensores de ocupación y/o de iluminación) en comparación a los interruptores convencionales. DaySim, se basa en el motor de cálculo RADIANCE (desarrollado en el Lawrence Berkeley National Laboratory) y ha sido programado como una interficie gráfica amigable en base a los trabajos del National Research Council Canada y del Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.

² daylight factor simulations – how close do simulation beginners 'really' get?. Eleventh International IBPSA Conference , Glasgow, Scotland ,July 27-30, 2009. BS09_0196_203

De esta manera se considera que, el cambio de herramienta en las simulaciones lumínicas, ha comportado una mayor robustez y profundidad de los análisis establecidos y del trabajo presentado, beneficiando al global del proyecto.

3.2.4.1 SUBTAREA 4.1: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE TIPOLOGÍAS DE FACHADAS

El contenido y alcance de los trabajos que conforman la subtarea 1 del proyecto se planificaron según un esquema que incluía la participación básica de CIMNE y AIGUASOL. Cabe destacar, sin embargo, que ALIA y el Consorci de la Zona Franca (en adelante CZF) también han colaborado en el desarrollo de esta tarea tan crucial, concretamente en la definición de las iteraciones de dichos análisis.

En este sentido la finalidad de la tarea pasaba por determinar los elementos imprescindibles en la definición de los escenarios para la simulación de los distintos casos establecidos en la Tarea 3. Es decir, una vez definidos los casos a analizar y los modelos de diseño y de las herramientas de simulación (Tarea 3), se debía proceder a concretar las hipótesis técnicas a utilizar, y las variables finales a analizar;

1. Hipótesis de simulación: condiciones de ocupación, representación de los elementos de sombra, infiltraciones, ventilaciones, condiciones de climatización y paso de tiempo de las simulaciones.
2. Variables de análisis: variables relativas a la demanda de climatización y lumínica; variables relativas al confort térmico y lumínico; variables relativas al consumo de climatización e iluminación.

3.2.4.1.1 Hipótesis de simulación

Más allá de los detalles técnicos que definen los distintos modelos teóricos de simulación, existen ciertas hipótesis que se han considerado que delimitan los análisis y, por tanto, condicionan la lectura de los resultados.

Dichas hipótesis se deben establecer en cualquier modelo teórico y, en un caso como el del proyecto TOBEE con miles de simulaciones, deben ser claras para entender qué escenarios se están analizando y como comparar y analizar los resultados. Además, el hecho de hacer un doble análisis desacoplado, térmico y lumínico, obliga a considerar las mismas condiciones si después se pretende una lectura conjunta de los resultados. En concreto, y presentando primeramente algunas condiciones ya establecidas en la Tarea 3 para favorecer la lectura del presente documento,

- ✓ **Zona de análisis.** Considerando los objetivos del trabajo y el grado de análisis que se quiere establecer, se opta por un modelo de simulación unizona. Ello no significa que se defina todo el edificio como una sola zona, sino que se escoge una zona intermedia (planta 3) como zona de comportamiento tipo del edificio. La zona seleccionada tiene un tamaño equivalente en todos los casos, modificando ligeramente la superficie interior en el caso de fachadas dobles, en las que se han simulado los casos considerando una segunda zona representativa del espacio entre las dos pieles o, incluso, una tercera zona considerando el espacio del falso techo. Esto ha de dar una visión del comportamiento global del edificio, pero no de la planta baja y la planta superior debido a que estas están más expuestas a las condiciones exteriores. Las pequeñas variaciones en la superficie de la zona según los casos, se han considerado al valorar los resultados relativos (por m²).

- ✓ **Materiales.** Más allá de las soluciones que definen los huecos, elemento de análisis del estudio, el resto de cerramientos de la zona tipo viene definido por forjados con falsos techos y suelos técnicos (con ligeras variaciones en función de la tipología de fachada), muros adyacentes (paredes con ladrillo macizo de 3cm) a zonas de idéntico comportamiento. Se debe considerar que el análisis se ha realizado con forjados con poca inercia. Otras soluciones con más inercia podrían condicionar levemente el comportamiento térmico de los edificios, sobre todo en casos en que se aproveche la ventilación con aire del exterior. En todos los casos, las soluciones propuestas cumplirían la normativa vigente.
- ✓ **Ocupación.** Entendiendo como tal aquellos elementos que condicionan las cargas internas de los edificios, tanto por el calor que emiten como por los horarios en que lo emiten. En este sentido:
 - **Ganancias por personas.** Definidas según el modelo de alta intensidad de edificios terciarios del Código Técnico de la Edificación; esto es, 12 horas de ocupación diaria, considerando una parada al mediodía, de lunes a viernes e incluyendo los sábados por la mañana. Evidentemente este parámetro tiene una influencia elevada en los resultados, pudiendo ser estos substancialmente distintos (más en valor que en tendencias) con el uso de otros perfiles.
 - **Ganancias por equipamientos.** Entendiendo como estas las ganancias internas debidas al calor emitido por ordenadores, etc. Definidas según el modelo de alta intensidad de edificios terciarios del Código Técnico de la Edificación; esto es, 12 horas de ocupación diaria de lunes a viernes e incluyendo los sábados por la mañana. Una intensidad inferior de los equipamientos revertiría en una variación de los valores absolutos resultantes, aunque, según pruebas realizadas, no de las tendencias ni de la distribución entre tipologías de consumos.
 - **Ganancias por iluminación.** Entendiendo como tales las ganancias internas provocadas por el calor de los sistemas de luminarias. Definidas según el modelo de alta intensidad de edificios terciarios del Código Técnico de la Edificación; esto es, 12 horas de ocupación diaria de lunes a viernes e incluyendo los sábados por la mañana. Sobre un valor de 20W/m^2 , se considera que aproximadamente un 85% de esta potencia eléctrica se convierte en potencia térmica. Esta hipótesis razonable en edificios de estas características, condiciona ostensiblemente tanto los valores como las tendencias resultantes. Una variación en los perfiles de encendido (mostrada en escenarios de la Tarea 6) o una disminución de potencia de las luminarias (por ejemplo con el uso de LEDS) comporta claramente una variación de consumos e incluso una variación de la repartición de estos entre usos.
- ✓ **Condiciones de operación.** Entendiendo como estas las condiciones en que se establece el funcionamiento de los sistemas artificiales que deben cubrir las demandas de confort. En este sentido se comprenden los escenarios:
 - **Funcionamiento de los sistemas de clima.** Entendiendo que estos existen y tienen una potencia ilimitada capaz de cubrir las demandas de clima en los horarios de ocupación de los edificios. Dichas demandas vienen definidas por unas condiciones de temperatura de 20 y 25°C (invierno y verano), y de humedad relativa (60%). Evidentemente la modificación de estas condiciones comportaría una variación de los valores resultantes aunque, probablemente, no de las tendencias

establecidas. Tampoco se han considerado condiciones de Setback (funcionamiento nocturno a temperatura de consigna distinta) que reducirían las demandas de clima, aunque no harían variar las tendencias ni la repartición entre tipos de consumos. Según el modelo de alta intensidad de edificios terciarios del Código Técnico de la Edificación, el funcionamiento de los aparatos de clima es de 12 horas diarias, considerando una parada al mediodía, de lunes a sábado.

- **Funcionamiento sin sistemas de clima.** El análisis de los parámetros de confort de los distintos casos del *escenario 0*, se ha llevado a cabo considerando la no existencia de los sistemas de clima (o la no operación de estos). Ello conlleva que el análisis de los parámetros de confort debe hacerse bajo la perspectiva de las soluciones constructivas y no de los sistemas de clima. Ello permite realizar el análisis de las problemáticas inherentes a cada modelo, independientemente de los sistemas de clima instalados y si de estos están bien dimensionados para cubrir las demandas específicas.
- **Funcionamiento de los sistemas de iluminación.** Entendiendo que estos funcionan siempre que existe ocupación a una potencia de 20W/m² equivalentes a una iluminación de 500lux. El valor de 20 W/m² se obtiene de la CTE-HE-3, a partir de un valor de eficiencia de la iluminación VEEI = 4 que se corresponde a un valor medio entre el valor aplicable a salas Técnicas y Administrativo general. No se considera el encendido y apagado en función de sensores de presencia ni de iluminación natural, hecho que provocaría una disminución considerable de los valores resultantes e incluso una modificación de las tendencias de tipos de consumos (ver resultados de la Tarea 6).
- **Funcionamiento sin sistemas de iluminación.** Para el análisis de los parámetros de confort se considera la NO existencia de luminarias. En este sentido, los análisis de confort se realizan considerando la falta de iluminación sobre el plano de trabajo (típicamente una mesa de 80cm de altura y a 2m de fachada) o los deslumbramientos que sobre este puedan producirse. Nuevamente, de forma análoga al análisis térmico, el hecho de analizar los casos de iluminación sin considerar luminarias artificiales permite la reflexión del impacto de las distintas soluciones pasivas en relación a las condiciones de iluminación de los espacios. En este sentido, la potencia o tipología de luminarias instaladas no se consideran en este análisis por lo que se valora, realmente, es el edificio en si mismo. Se ha seguido la CTE-HE-3 para definir el número de puntos donde se han calculado los parámetros de confort. A partir del Índice del Local (K) el número mínimo de puntos distribuidos es de 4, hemos considerado 8 puntos uniformemente distribuidos sobre el plano de trabajo (h = 0.8m):

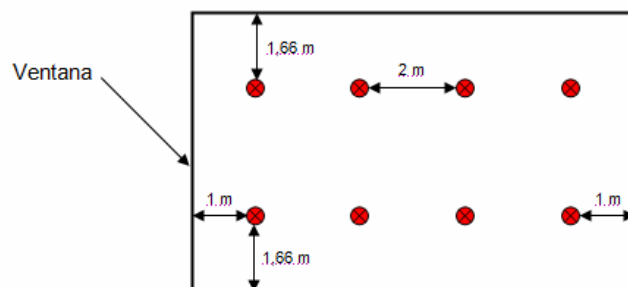
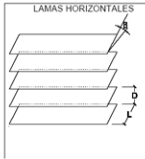


Ilustración 18. Esquema de los puntos de análisis de confort lumínico

- ✓ **Elementos de sombra.** Entendiendo como elementos de sombra todas aquellas obstrucciones físicas que reduzcan el impacto de la radiación solar sobre las fachadas de los edificios y, con ello, sobre el comportamiento térmico y lumínico de la zona de análisis. En concreto:
 - **Casos en entorno polígono.** Representan los casos en que no existe ningún edificio colindante al de análisis y por lo que la incidencia de la radiación solar en las distintas fachadas es la misma que tendría un edificio aislado. Aunque este caso se produce a menudo en la realidad, debe recordarse que el análisis se realiza en una planta tercera. De esta manera el análisis de los resultados en este caso debe contemplar que se trata de la tendencia en este tipo de situaciones, y no del detalle en que, probablemente, las demandas de clima se verían ligeramente reducidas y las de calefacción aumentadas (por considerar el leve sombreamiento de las plantas más bajas). Igualmente también variarían ligeramente los consumos de iluminación. En todo caso, dichos efectos serían mínimos y afectarían más a los valores absolutos que no a las tendencias.
 - **Casos en entorno ciudad.** En este sentido se han considerado las sombras proyectadas por un entorno de edificios que siguiera un mallado típico del Eixample barcelonés. Evidentemente existen múltiples escenarios plausibles de tramado urbanístico y cada uno de ellos afectaría, con distinto grado de intensidad, el nivel de demandas de clima e iluminación. En este sentido, los resultados de estos casos deberán leerse como representativos de tendencias, siendo los valores absolutos válidos en orden de magnitud pero variables en detalle según el entramado final considerado.
 - **Elementos de sombra fijos.** Representan los elementos de sombra fijos que, típicamente, puedan existir en los edificios. En este sentido no se ha considerado la optimización de estos elementos ni la variación de tipologías según orientación (no existen elementos de sombra verticales), sino el caso de un voladizo que tenga una longitud equivalente a un tercio de la altura de la superficie acristalada. Nuevamente debe hacerse hincapié que el objetivo del análisis es la evaluación de tendencias y de órdenes de magnitud de distintas tipologías edificatorias y constructivas. Evidentemente un diseño optimizado de los elementos de sombra fijos podría hacer variar los valores de consumos energéticos o de confort, pero las tendencias y órdenes de magnitud persistirán en relación al caso analizado.
 - **Elementos de sombra móviles.** Representan aquellos sistemas que pueden realizar temporalmente una determinada obstrucción a la radiación solar incidente en las fachadas. En los distintos casos de análisis se ha considerado que dichos elementos se sitúan en el exterior de la fachada y que, cuando permanecen activos, cubren un 50% del hueco. En los distintos casos del *escenario 0*, dichos sistemas se activan considerando el bienestar lumínico, esto es, cuando la radiación incidente a la cara exterior de fachada es superior a los 50W y/o cuando la radiación solar directa incide plenamente en la superficie de trabajo (plano horizontal situado a 2m de fachada y a una altura de 80cm sobre el suelo). En el caso de sombras móviles para el cálculo de iluminación natural, se ha empleado la definición que la CTE (CTE-DB-HE) hace al respecto, aplicamos lamas de longitud 0.2 m y distancias entre lamas de 0.2 m.

Tabla E.13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas



ORIENTACIÓN		ÁNGULO DE INCLINACIÓN (β)		
		0	30	60
SUR	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

Orientación	Ángulo β CTE	Ángulo β aprox.
Norte	—	15°
Este	17.5°	15°
Sur-Este	12°	15°
Sur	0°	0°
Sur-Oeste	12°	15°
Oeste	17.5°	15°

Ilustración 19. Tabla de definición de f_s del CTE y adaptación al proyecto TOBEE

Dadas las tipologías de edificios del análisis, estos elementos resultan claramente sensibles en el momento de saber interpretar los resultados:

- I. *Los elementos de sombra se han considerado exteriores y no interiores. Para el tipo de análisis que se lleva a cabo ello no conlleva una influencia apreciable en los valores resultantes, ni por supuesto en las tendencias observadas.*
 - II. *El hecho de que su grado de opacidad sea del 50% del hueco, si que puede significar una variación considerable de los resultados absolutos y la modificación de alguna de las tendencias observadas, en comparación a un caso en el que la proporción fuera distinta. Ello sería debido no sólo a una variación de la radiación solar incidente sino al efecto de barrera térmica que se consigue caso de que dichos elementos se extiendan al 100% del hueco (aunque este caso raramente se produce en edificios de oficinas). También el tipo de opacidad (en relación a la consistencia de los materiales empleados) tendrá una influencia directa en los resultados. De esta manera, los resultados de los casos pertinentes del escenario 0 deberán leerse considerando la validez de las tendencias y la corrección de los órdenes de magnitud, pero entendiendo que dichos valores podrán variar según la optimización de estos parámetros*
 - III. *Finalmente debe quedar claro que para los distintos casos del escenario 0, la activación de estos elementos de sombra se realiza según parámetros lumínicos, y no térmicos. Ello significa que no se prioriza la reducción de los consumos térmicos sino el confort lumínico. Este hecho marca significativamente los valores resultantes e incluso las tendencias de tipologías de consumos. Los escenarios de la Tarea 6 inciden directamente en esta dirección.*
- ✓ **Infiltraciones.** Entendiendo como tales las renovaciones del aire interior a las zonas, en base a las condiciones exteriores. En este sentido, el número de renovaciones por infiltración no es un valor constante si no que depende de la diferencia de temperaturas interior-exterior del edificio y de la velocidad del viento. Igualmente se ha considerado que la zona de análisis es adyacente a otras zonas con un comportamiento térmico idéntico por lo que, las posibles infiltraciones que existieran entre estas no tienen un efecto en la evaluación de demandas térmicas. Las variaciones de dichos valores pueden condicionar significativamente los resultados aunque se entiende que el modelo utilizado tiene mayor fiabilidad que el habitualmente utilizado de imponer un valor constante.
- ✓ **Ventilaciones.** Entendiendo como tales las renovaciones del aire interior a los espacios entre las dos pieles, en los casos pertinentes. No se ha considerado,

en este sentido, las ventilaciones nocturnas como medida de optimización del comportamiento térmico. El número de renovaciones varía en función de los distintos casos,

- **Fachadas dobles sin ventilar.** En ellas se ha supuesto la ventilación según los parámetros descritos de comparación entre temperaturas y velocidad del viento, pero sin ningún tipo de intervención humana que condicione dichas renovaciones. El modelo comprende este efecto y trata el efecto convectivo de forma simplificada considerando el aumento de renovaciones cuando la temperatura interior de las pieles es mayor que la exterior. Por ello, el análisis debería ofrecer resultados y tendencias correctas sin entrar en el detalle.
 - **Fachadas dobles ventiladas.** En las que se ha considerado un booleano 1, 0, para favorecer que en determinadas situaciones se facilite o se impida las renovaciones de aire. Estas se suponen con un máximo de 0.015m/sg y un mínimo de 0.001m/sg. Valores superiores a estos no tienen ningún tipo de efecto sobre el modelo debido a los pasos de tiempo considerados en las simulaciones. Es decir, los resultados se podrían cuestionar en relación al modelo de apertura y cierre pero no de los valores utilizados. Ello implica que, utilizando otras hipótesis se podrían dar resultados ligeramente diferentes, pero se considera que los órdenes de magnitud y las tendencias se mantendrían constantes.
 - **Fachadas dobles ventiladas y con recirculación en forjado.** En las que se supone que el volumen y régimen de recirculaciones, idénticos al caso anterior, se reaprovechan doblemente haciendo circular dicho aire por el falso techo. Evidentemente existen otros modelos (no analizados) de aprovechamiento de este aire como, por ejemplo, utilizarlo como entrada a las máquinas de clima. Igualmente la simulación se ha hecho considerando este fenómeno en base a simular el espacio del falso techo como una zona térmica más adyacente al volumen de la zona de análisis. Por todo ello, debe considerarse primeramente que este es solo un modelo de reaprovechamiento del aire y que, probablemente existen otros que ofrecerán resultados tendencialmente similares pero distintos en valores absolutos. Igualmente se considera que el modelo matemático utilizado presenta una fiabilidad razonable, aunque esta no se ha cuantificado en detalle, en el marco de los objetivos tendenciales y de análisis de órdenes de magnitud y no de detalle.
- ✓ **Paso de tiempo de las simulaciones.** En relación al intervalo de tiempo que se utiliza para calcular cada vez todas las ecuaciones que definen al modelo. Típicamente éste intervalo para las simulaciones térmicas es de 1 hora, exceptuando los casos de fachadas dobles en los que el paso de tiempo es de 15 minutos. En estos casos se ha reducido el paso de tiempo para poder considerar de forma más fiable los efectos de la ventilación y recirculación del aire. Dado que este elemento resulta muy sensible, sobre todo cuando se ha pretendido utilizar modelos simplificados (sin CFD) del funcionamiento de las fachadas, se hizo un análisis con distintos pasos de tiempo para comprobar cual de ellos era el óptimo. En este sentido, los resultados finales no se consideran condicionados por este parámetro. Para el caso de simulación de iluminación natural, el paso de tiempo es de 10 minutos, para poder capturar de forma fiable los efectos del movimiento del sol, especialmente importante en los casos con sombras móviles. Este valor es el recomendado, como mínimo,

para este tipo de simulaciones lumínicas. En ambos casos, se procedió a la integración posterior de resultados con el fin de poder acoplar los análisis térmicos a los lumínicos y analizarlos conjuntamente.

- ✓ **Clima.** Aunque desde un principio se planteó el proyecto TOBEE para un clima Mediterráneo, vale la pena remarcar este hecho. Para ello se ha utilizado un año tipo con datos de Barcelona, independientemente del escenario polígono o ciudad (que en realidad también influirían sensiblemente los resultados térmicos). Evidentemente, tanto los resultados como las tendencias serán significativamente distintos en caso de otros climas. Por ello debe considerarse que todas las conclusiones que ofrece el análisis son específicas para un clima tipo mediterráneo como el de Barcelona.

3.2.4.1.2 Variables

Considerando los objetivos del proyecto y la multitud de casos que conforman los distintos escenarios de análisis, se valoraron cuales de las posibles variables resultantes contenían una información que clarificara, de forma sencilla y rápida, el comportamiento de los edificios y las variaciones entre los distintos casos. Se convino que dichas variables deberían pertenecer a los ámbitos de consumos energéticos y de confort de los usuarios. De esta manera:

- ✓ **Variables relativas a las demandas térmicas.** Dichas variables se analizan en relación a la superficie analizada y hacen referencia a las demandas de calefacción, demandas sensibles de refrigeración y demandas latentes de refrigeración [kWh/m²]. Dado que el número de registros de cada una de estas variables para cada uno de los 1,260 casos del escenario 0 es de, al menos, 8,760 valores, los valores se han integrado al global del año [kWh/m²/año]. En este sentido, los valores finales analizados representan comportamientos globales del edificio en cada caso. Si se quisiera llevar a cabo un análisis más profundo de uno de los casos del escenario 0, deberían analizarse los valores horarios o integrarse las variables de forma mensual o estacional. Ello permitiría, en el caso en cuestión, programar estrategias diarias o estacionales de funcionamiento del edificio analizado.
- ✓ **Variables relativas a las demandas lumínicas.** Dichas variables se analizan en relación a la superficie analizada y hacen referencia a las demandas lumínicas [kWh/m²]. Dado que el número de registros de cada una de estas variables para cada uno de los 1080 casos del escenario 0 es de, al menos, 52,560 valores, los valores se han integrado al global del año [kWh/m²/año]. En este sentido, los valores finales analizados representan comportamientos globales del edificio en cada caso. Si se quisiera llevar a cabo un análisis más profundo de uno de los casos del escenario 0, deberían analizarse los valores horarios o integrarse las variables de forma mensual o estacional. Ello permitiría, en el caso en cuestión, programar estrategias diarias o estacionales de funcionamiento del edificio analizado. Sin embargo, en los casos del escenario 0, se ha fijado la demanda a 20W/m² de manera que, para dicho escenario no revierte interés el análisis de este parámetro de forma aislada sino en comparación de las otras variables resultantes.
- ✓ **Variables relativas al consumo energético.** En base a los datos de demandas térmicas y lumínicas, y entendiendo que el análisis de estas ofrecen una valoración del comportamiento energético del edificio, se cree conveniente analizar el rendimiento económico de cada uno de los casos del *escenario 0*.

Para ello, se ha considerado un sistema energético de referencia (bomba de calor eléctrica) con unos rendimientos de generación, distribución y difusión asociados. Dichos sistemas no se han simulado sino que se han considerado a posteriori como parámetros constantes sobre los que multiplicar los valores de demandas de las simulaciones, eso es, en base a rendimientos estacionales del sistema tanto en su generación, como distribución y difusión.

Sin embargo, ello resulta una tarea complicada, ya que los fabricantes no proporcionan información de este tipo (rendimiento estacional), dando únicamente el rendimiento nominal. Este problema no está resuelto en la actualidad, y existen actualmente varios proyectos de investigación que intentan abordar el problema realizando mediciones reales de dichos equipos sobre edificios en marcha. Por eso, hemos empleado los datos que desde *Florida Solar Energy Center* presentan en el ASHRAE con el título “*Climate Impacts on Heating Seasonal Performance Factor (HSPF) and Seasonal Energy Efficiency*”. En dicho documento encontramos los ratios estacionales medidos para multitud de bombas de calor en Estados Unidos. El Heating Seasonal Performance Factor (HSPF) y el Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) índices rendimiento estacional de generación de calor y frío, respectivamente.

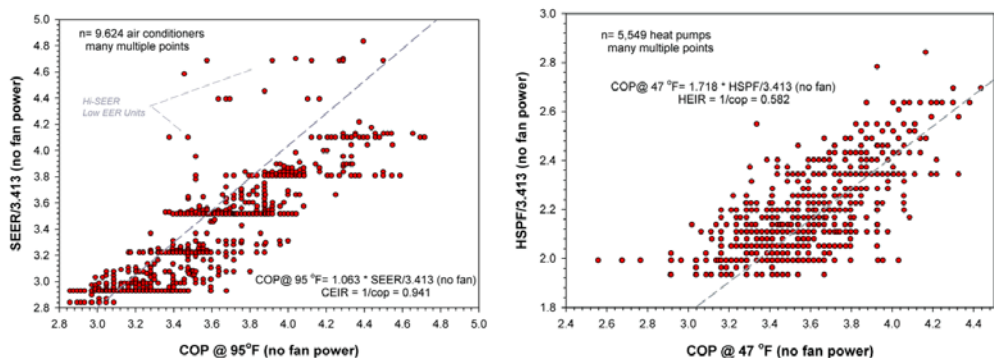


Ilustración 20. Índices de rendimiento estacional en generación de frío (SEER) y de calor (HSPF) del ASHRAE

La tabla resultante de todo, aplicando la aproximación de los rendimientos estacionales propuestos y asumiendo unos rendimientos normales en la distribución (tubos) y en la regulación (unidades terminales) de 0.95, sobre una máquina de clima con un rendimiento nominal determinado (COP 2.6 y EER 3) esto se presenta a continuación:

Concepto	Rendimiento nominal máquina	Rendimiento estacional máquina	Rendimiento distribución sistema	Rendimiento regulación distribución sistema	Rendimiento global considerado
Calor	3.0	1.76	0.95	0.95	1.58
Frío	2.6	2.31	0.95	0.95	2.08
Latente	2.6	2.31	0.95	0.95	2.08

De forma análoga se ha considerado el rendimiento de las luminarias, cuya definición se simplifica puesto que el propio modelo y definición inicial ya

incluyen los sistemas (luminarias) y sus valoraciones (consumos vs. demandas).

- ✓ **Variables relativas al consumo económico global.** Paralelamente, y en base a un precio de mercado del kWh_{eléctrico} y sin considerar el precio de la contratación de potencia, se ha valorado los costes económicos asociados al uso de los edificios de los distintos casos. En estos sentidos se debe considerar el análisis de los datos resultantes como una valoración estimada del orden de magnitud de los consumos económicos asociados al uso de los edificios. Evidentemente el uso de otros sistemas de referencia, o el análisis detallado de la respuesta instantánea de estos ofrecerá valores absolutos distintos e incluso, tendencias opuestas, aunque el orden de magnitud semejante. Dichos valores resultantes se deberán leer en comparación con los costes de inversión de cada una de las tipologías de edificios para poder obtener conclusiones del coste global de cada uno de los casos analizados. Igualmente es necesario introducir en esta lectura paralela, los valores correspondientes a los costes de mantenimiento para cada una de las soluciones adoptadas. Considerando el interés de analizar cada una de estas variables por separado y, a su vez, de forma combinada se buscó una variable de segundo orden (tratada fuera de simulación), que fuera capaz de combinar las anteriores de forma coherente. Después de valorar la posibilidad de utilizar las variables LCCA, TIR, VAN, y LEC, se optó por utilizar una variación del LCCA (CVU_{anualizado}) que pudiera representar de forma unívoca y clara la combinación de las distintas variables económicas de primer orden. En el capítulo de descripción de la Tarea 5 se ofrece un análisis más detallado del CVU_{anualizado}.
- ✓ **Variables relativas al confort térmico de los usuarios.** En paralelo al análisis de las variables de demandas y consumos, tanto energéticos como económicos, se valora el confort térmico de los usuarios como una forma más efectiva de comprender el efecto del edificio sobre las personas. En este sentido se han utilizado las variables del PMV y PPD para considerar tanto la gente insatisfecha en cada momento como su grado de insatisfacción. Considerando que, nuevamente, esto podría representar al menos 8,760 registros para cada uno de los 1,260 casos del *escenario 0*, se valoró la forma de integrar estos resultados para ofrecer un único valor anual. Para ello se han realizado histogramas que consideran el número de horas anuales en que los valores del PMV están por debajo de -1 (disconfort por sensación de frío) en un caso, o por encima de +1 (disconfort por sensación de calor) en el otro. Dado que estas variables se analizan simulando el edificio en condiciones de temperatura y humedad libres, y considerando que este tipo de edificios siempre contarán con sistemas de clima, esta variable resulta en una información muy análoga a las variables de demandas y consumos energéticos.
- ✓ **Variables relativas al confort lumínico de los usuarios.** De forma análoga al caso térmico, se ha considerado el análisis del confort lumínico de los usuarios. En la bibliografía existente no se ofrece una variable clara que sea la más comúnmente aceptada en relación a la valoración del confort lumínico de los usuarios. DAYSIM permite calcular los siguientes valores básicos de iluminación:
 - **El factor de iluminación natural.** No lo usaremos ya que no tiene en cuenta muchos factores, es únicamente un primer valor para comparar

diferentes opciones, que queda inútil cuando calculamos otros parámetros como el DA.

- **La autonomía de iluminación natural: DA, con dos variantes DA y DA_{con}.** La diferencia es que el DA calcula la suma de horas anuales de uso donde la iluminación natural es superior a la requerida y el DA_{con} incluye además para las horas donde esta iluminación es insuficiente un porcentaje (p.e si tenemos 200 lux en lugar de los 500 requeridos para esa hora suma 200/500, lo que nos proporciona las horas de iluminación natural si tuviésemos un sistema de alumbrado artificial eficiente con sensor de lux).
- **DA_{max}:** porcentaje de horas en que superamos en 10 veces (5000 lux en nuestro caso) la iluminación marcada. Sería una forma de calcular horas de discomfort por exceso de luz.
- **DSP (daylight saturation percentage):** porcentaje de horas en que la iluminación natural está entre 400 y 4000 lux. Es un valor de confort lumínico.

Pese a que el programa empleado define un parámetro (el DSP) para cuantificar el confort lumínico, se ha creído conveniente definir un parámetro propio a partir de otros valores que nos ofrece el programa de simulación. Ello nos ha permitido variar el rango de operación de confort que, en el DSP, se mantiene constante. Se ha considerado como parámetro de confort la siguiente expresión:

$$Conf_{lum} = DA_{con} - DA_{max}$$

Contrariamente al caso térmico, en la perspectiva lumínica esta variable de confort si que ofrece información del funcionamiento del edificio que no aparece en la variable de consumo puesto que este era constante para todos los casos del *escenario 0*. En este sentido se debe prestar atención a los significados de esta variable considerando, en cada caso, cuales son los parámetros que definen el edificio.

3.2.4.2 SUBTAREA 4.2: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE DEMANDAS TÉRMICAS Y ELÉCTRICAS

Una vez definidas las hipótesis de simulación y las variables de análisis, fue posible llevar a cabo la simulación de los distintos casos que conforman la Tarea 4 (denominado casos del *escenario 0*). En este sentido, la metodología de simulaciones desarrollada en base a las herramientas TRNSYS y DaySim para los distintos casos, comportó:

- ✓ En las simulaciones térmicas (TRNSYS) fue posible programar baterías de cálculos mediante el uso de la herramienta Genopt. Dicha herramienta permite programar un fichero bat que *lanza* en paralelo distintas simulaciones, con el ahorro de recursos que ello supone.
- ✓ En las simulaciones lumínicas (DaySim) no es posible, por las características de herramienta cerrada, la programación de baterías de simulaciones. Sin embargo, y para este tipo de análisis, no se debieron llevar a cabo las simulaciones de todos los casos propuestos en el *escenario 0* puesto que la variación de algunos de los valores de ciertos parámetros iniciales (tipos de fachadas), no implicaban cambio alguno en el comportamiento lumínico; fue posible asociar los resultados de algunos casos con otros.

De esta forma se llevaron a cabo las simulaciones de todos los casos establecidos en el *escenario 0*.

Sin embargo en el desarrollo de estas simulaciones, se debió considerar la representación de los resultados mediante un sistema distinto al utilizado para representar el global de los resultados. La herramienta de representación final de resultados, se desarrolló considerando el objetivo final de visualizar todos los casos analizados de forma simultánea. Sin embargo, durante el desarrollo de las simulaciones de la Tarea 4, era necesario tener una herramienta que permitiera ver no todos los casos a la vez, si no los valores de cada uno de ellos para cada una de las variables. Solo de esta forma era posible determinar errores en las simulaciones, evaluar comportamientos de los distintos casos, y obtener conclusiones paramétricas. Dicho de otra forma, considerando solo la representación de las variables anuales (7 de demandas y consumos energéticos y económicos, y 3 de confort) para cada uno de los 1,260 casos del *escenario 0*, da un total de 12,600 valores a analizar. Evidentemente dicho volumen de información condiciona la lectura de los resultados y obliga a un pretratamiento de estos de manera que sean interpretables.

Considerando todo lo dicho, se han desarrollado hojas Excel que, agrupando resultados en función de orientaciones y de variables, permiten comparar los distintos valores por orientaciones. De esta forma se han desarrollado unas herramientas Excel con la representación univariable de variables de demanda comparada y de confort comparado. Conformadas por distintas gráficas en cada una de las cuales se representa 1 sola variable para todos los casos de análisis, según 1 sola orientación. Estas gráficas permiten entender y comparar los resultados de las variables, una a una por separado, para los distintos tipos de fachadas, huecos y sombras, dada una orientación.

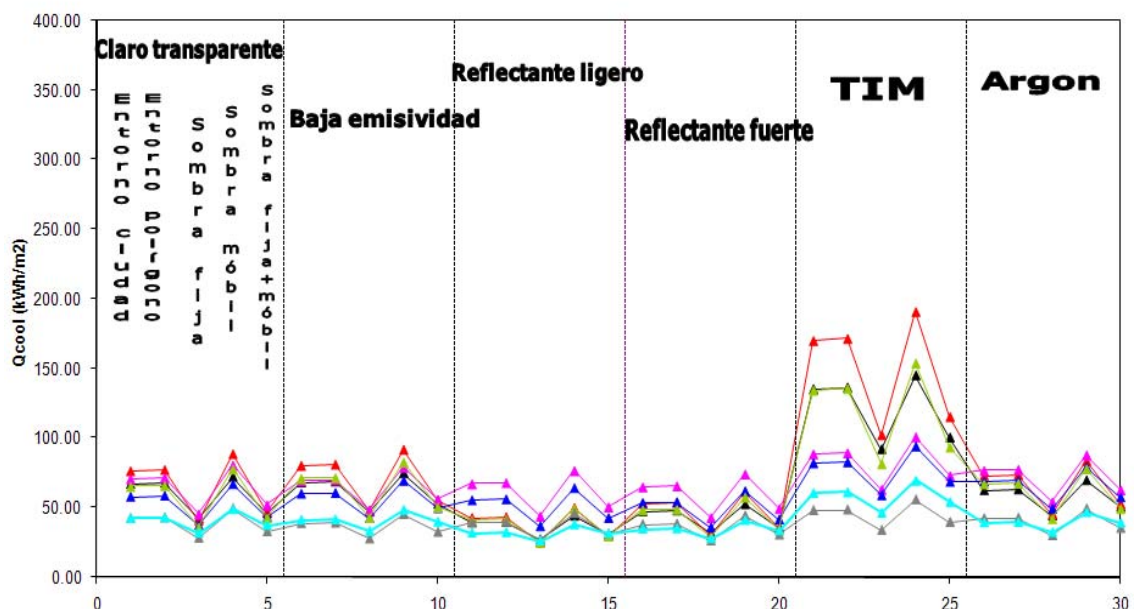


Ilustración 21. Ejemplo de gráfica de análisis univariable

Bajo esta premisa se analizan los resultados que permitirán, posteriormente, extraer las conclusiones pertinentes. En la plataforma del proyecto se encuentran las hojas Excel con todos los datos. En esta presentación no es posible mostrar todas las representaciones detalladas de las distintas variables debido al gran volumen de

gráficos existentes. Sin embargo se utilizan capturas de estas para potenciar el entendimiento de las conclusiones presentadas.

Considerando la gran cantidad de valores de las distintas variables representadas y analizadas, y los objetivos del proyecto y de las presentes conclusiones, estas se fundamentan en los valores numéricos pero en base a una evaluación cualitativa. Esto es, en base a la representación de los valores de las distintas variables para todos los casos de análisis, se ofrecen conclusiones cualitativas que no se cuantifican en pos de una mejor comprensión. Aunque ello pueda parecer un contrasentido, se puede entender perfectamente considerando que, si para cada una de las conclusiones se trabajara con una valoración cuantitativa que la sostuviera, ello representaría tener tantos valores que se perdería el significado genérico de la conclusión en si misma. Por ejemplo, al considerar cual es el orden de magnitud del valor de las demandas de frío, aunque las cantidades estén representadas en las Excel pertinentes, la conclusión global es cualitativa porque cuantificarla supondría simplificar los 1,260 resultados de esta variable mediante medias aritméticas y/o geométricas, valores mínimos y/o máximos, etc. que, más allá de la complejidad de su justificación, probablemente implicarían la pérdida de la perspectiva global que se pretende. Por ello, en las siguientes conclusiones no se dan porcentajes de variación, ni valores máximos ni mínimos, ni medias, sino un análisis cualitativo.

Los resultados obtenidos en esta subtarea, así como los comentarios de dichos resultados, se presentan conjuntamente para todos casos. Estos casos incluyen los casos definidos en las tareas precedentes, así como los casos añadidos en la subtarea 4.4 de iteración, para evitar repeticiones innecesarias de resultados. La descripción detallada de los casos resultantes de la iteración se presenta en el apartado de resultados de la dicha subtarea. Para los diferentes resultados, están todos disponibles en la plataforma de comunicación. Sin embargo, para cada uno de los subapartados se presentan un ejemplo representativo de gráfica junto con las conclusiones obtenidas.

3.2.4.2.1 Demandas de frío.

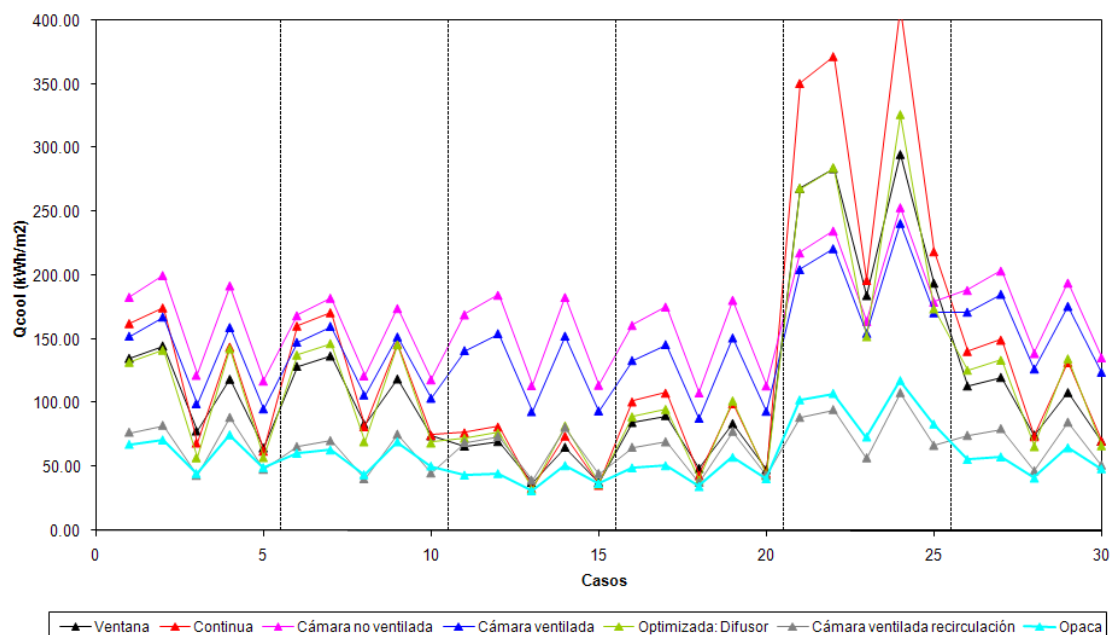


Ilustración 22. Ejemplo de la representación de las demandas de frío para la orientación S

En el caso de las demandas de frío sensible, las conclusiones obtenidas del análisis de los datos resultantes se ofrecen a continuación.

- ✓ **MAGNITUD.** Las demandas de frío sensible resultan en un orden de magnitud considerable (en general, aproximadamente el triple de las demandas resultantes del edificio tipo de oficinas opaco del Plan energético de Barcelona). De los casos analizados, los valores de esta variable para los edificios transparentes son substancialmente mayores que para el edificio denominado opaco.
- ✓ **ORIENTACIÓN.** Estos valores varían ostensiblemente en función de la orientación siendo los casos con menos demandas los correspondientes a las fachadas orientadas a Norte y, las que tienen mayores demandas, los orientados a Sur. Evidentemente esto es así considerando un caso dado y, en este, comparando entre orientaciones. Dicho de otra forma, si consideramos un mismo tipo de fachada con la misma solución transparente y los mismos elementos de sombra, el comportamiento de demandas de frío a Sur suele ser el peor (más demandas), mientras que a Norte es el mejor (menos demandas). De las intermedias, las orientaciones SE y SO son las segundas con más demandas (siendo sensiblemente superiores a SE), mientras que las E y O son se asemejan más al comportamiento de la orientación N. Se debe considerar, en este sentido, la división entre orientaciones que establece el CTE y que se ha utilizado en el análisis, así como la zona climática analizada.
- ✓ **FACHADAS.** Según las tipologías de fachadas, los valores de esta variable son significativamente distintos; En general, las fachadas que tienen un comportamiento peor son la fachada continua y la fachada con cámara de aire no ventilada. Al contrario, las fachadas con un índice de demandas de frío inferior, son la fachada opaca y la fachada doble con ventilación y recirculación. Las variaciones entre ellas son mayores o menores en función de las tipologías de soluciones transparentes y la existencia o no de elementos de sombra. Igualmente, las diferencias son significativamente mayores en los casos de orientaciones con más demandas de frío (S, SE y SO) y menores aquellos con menos demandas de frío (N, NO y NE). Dicho de otra manera, para las orientaciones en las que el problema de sobrecalentamiento de la zona es menor (N y, en menor medida, NO y NE), aunque la tendencia es la misma que en las otras, existen otros elementos (vidrios, elementos de sombra) que pueden condicionar la conclusión. En cambio en las orientaciones peores (S, SE y SO), claramente las fachadas con un comportamiento peor tienen unas demandas significativamente mayores. Finalmente cabe destacar que las fachadas que comparativamente se encuentran con valores intermedios, continúan teniendo demandas significativamente más elevadas que las del caso opaco, y suelen ser peores las de doble piel que el resto (con excepción de la mencionada de recirculación).
- ✓ **VIDRIOS.** Las tipologías de vidrios, aunque sean responsables de ciertas variaciones de los niveles de demandas de frío, resultan, en general, en variaciones porcentualmente inferiores a las de otros parámetros. Es decir, condiciona más el nivel de demandas la tipología de fachada, la orientación o los elementos de sombra que no la tipología de vidrios. Existe una única excepción que son los casos en que se ha simulado vidrios con TIM. En estos casos, las demandas se disparan ostensiblemente debido a la propia definición de estos materiales: el TIM es una solución que pretende optimizar el comportamiento lumínico a la vez que actúa de aislante térmico. Bajo estas

premisas, el TIM es un material que puede ser muy útil en determinadas tipologías de edificios (como los de oficinas aquí analizados) pero en climas más fríos. En climas en los que los sobrecalentamientos son la principal problemática, un aumento de aislante en la piel del edificio resulta en un aumento de las demandas de frío debido a que, al calor establecido en el interior de las zonas, le es más difícil disiparse hacia el exterior. Por tanto esta solución transparente, para este clima mediterráneo, no evita la entrada perniciosa de la radiación solar, ni a su vez facilita la salida del calor del interior del edificio. En el resto de casos, y aún subrayando la uniformidad de resultados, se pueden agrupar considerando que los vidrios reflejantes ligeros y fuertes tienen tendencias similares entre ellos, y los bajos emisivos igualmente con los de cámara de Argón.

- ✓ **ELEMENTOS DE SOMBRA.** Los distintos casos según variaciones de los elementos de sombra, presentan variaciones significativas siguiendo siempre las mismas tendencias independientemente de la tipología de fachadas, vidrios u orientaciones. Es decir, aunque estas tendencias sean más pronunciadas para unas orientaciones (S, SE y SO) que para otras (N, NE, y NO), para unas tipologías de fachadas (las de demandas intermedias: ventana, continua, cámara ventilada y optimizada) más que para otras (cámara no ventilada, ventilada con recirculación y opaca), o para unos vidrios (TIM, bajo emisivos y con Argón) más que para otros (simple, reflectante ligero y reflectante fuerte), siempre son las mismas. En este sentido, el peor escenario suele ser para el entorno polígono (sin sombras) mientras que el escenario con unas demandas más bajas suele producirse cuando existen voladizos o la combinación de estos con los elementos de sombra móviles. Destacar que, en estos escenarios, los elementos de sombra móviles obedecen a un funcionamiento en base a la optimización lumínica de los espacios, y no la térmica. Esto resulta en que, a menudo los valores de demandas de frío de los casos con estos elementos suelen ser significativamente elevados en comparación al uso de sombras fijas. Este efecto se analiza con más detalle en la Tarea 6 del proyecto.

3.2.4.2.2 Demandas de calor.

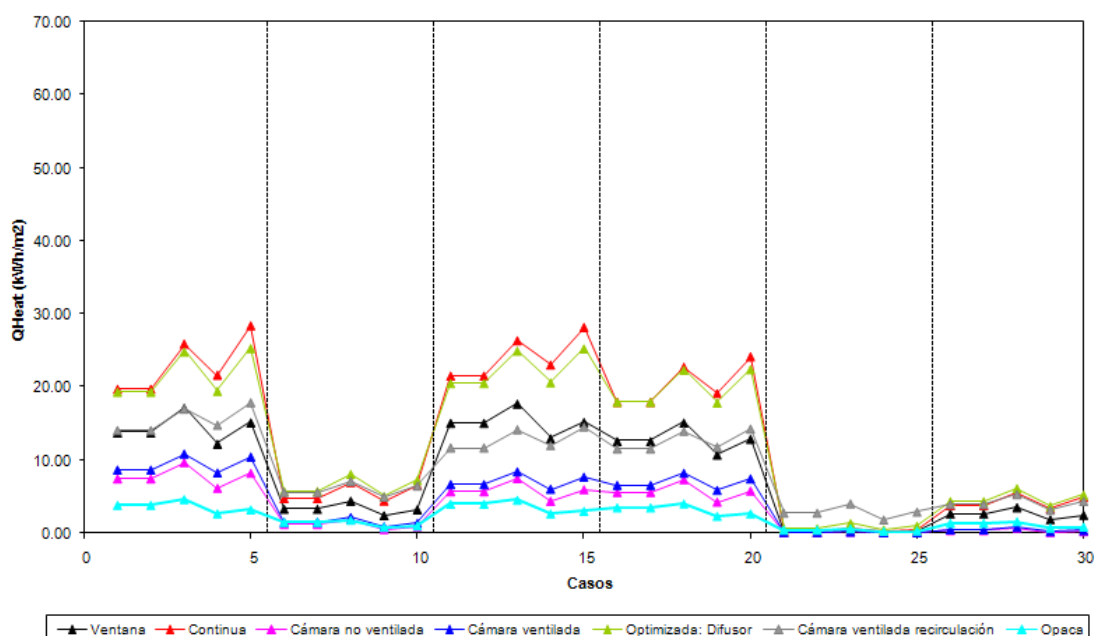


Ilustración 23. Ejemplo de la representación de las demandas de calor para orientación N

Para el caso de las demandas de calor, las conclusiones obtenidas del análisis de los datos resultantes se ofrecen a continuación.

- ✓ **MAGNITUD.** Las demandas de calor resultan en un orden de magnitud muy bajo (en general, aproximadamente la mitad de las demandas resultantes del edificio tipo de oficinas opaco del Plan Energético de Barcelona), llegando a algunos casos, para determinadas tipologías de edificios orientados a S, a ser nulas.
- ✓ **ORIENTACIÓN.** Para las demandas de calor, los efectos de la orientación son exactamente los opuestos que los que se dan para las demandas de frío. Esto es, dichas demandas son apreciables para orientaciones N, NE y NO, mientras que a S, SE y SO los valores están siempre cercanos al cero.
- ✓ **FACHADAS.** Contrariamente a lo que ocurre en el caso de las demandas de frío, las fachadas de doble piel no son las que tienen un peor comportamiento, sino que en este caso las mayores demandas de calefacción son para aquellas soluciones con mayor proporción de vidrio y que no tengan doble piel: es decir, las fachadas denominadas continua y optimizada con difusor. Esto es debido a que estas fachadas son las que conducen mejor el calor entre el interior y el exterior, por tener más superficie acristalada y no disponer del cojín térmico que supone la doble piel. En sentido opuesto, las fachadas con menos demandas de calor asociadas, son las opacas o las que tienen doble piel, con la excepción, en este último caso de las que recirculan el aire. Ello es debido a que la regulación de estas se considera focalizada a reducir las demandas de frío (resultando en un aumento de las de calor).
- ✓ **VIDRIOS.** En el caso de las demandas de calor, la variación de comportamientos entre tipologías de vidrios es más pronunciada que para las demandas de frío. En este caso, los escenarios con vidrios más aislantes (bajos emisivos, vidrios TIM, y con cámara de Argón) tienen unas demandas significativamente más bajas que los vidrios menos aislantes (simples y reflejantes ligeros y fuertes). Estos efectos, aunque se producen en todas las orientaciones, son significativamente menos pronunciados a S (con unas demandas globales más bajas) que a N (donde se producen las mayores demandas de calefacción).
- ✓ **ELEMENTOS DE SOMBRA.** En cuanto al efecto de los elementos de sombra, se observan las tendencias opuestas al caso de las demandas de frío: es decir, los escenarios en que no existen elementos de sombra, las demandas de calor son las más bajas, mientras que cuando estos elementos están presentes, las demandas de calor aumentan. Esta obviedad, debido al efecto favorable de la incidencia de la radiación solar en los momentos más fríos del año, no se produce de forma tan clara en el caso de elementos de sombra móviles puesto que la operación de estos, como ya se dijo, obedece a una optimización de las condiciones lumínicas del edificio y no de las térmicas.

3.2.4.2.3 Demandas de frío latente.

Aunque las demandas de latente son, conceptualmente, tanto en periodos de calefacción como de refrigeración, se ha utilizado la nomenclatura de demandas de frío latente puesto que estas se producen claramente cuando existen demandas de refrigeración. De esta forma,

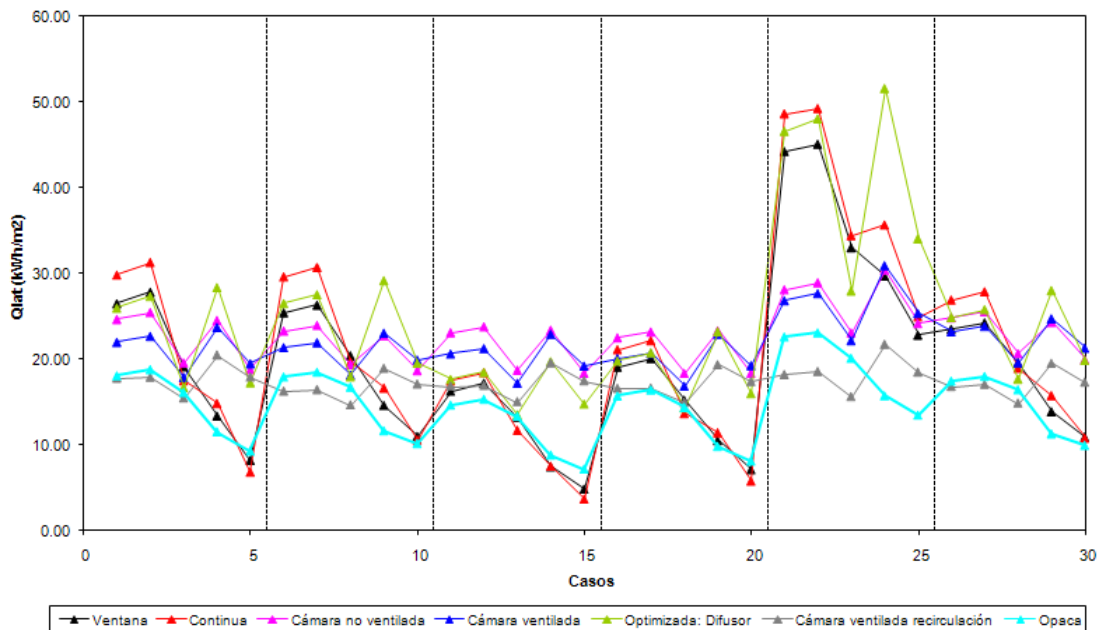


Ilustración 24. Ejemplo de la representación de las demandas de latente en orientación S

- ✓ **MAGNITUD.** Las demandas de frío latente resultan en un orden de magnitud bajo y más o menos uniforme en los distintos casos. Aunque dichas demandas están directamente relacionadas con el aporte de humedad de los ocupantes, evidentemente también quedan condicionadas, según el psicométrico, por las temperaturas y humedades. Sin embargo, la existencia de sistemas de clima, condiciona que las variaciones entre casos sean de un orden de magnitud bajo.
- ✓ **ORIENTACIÓN.** En función de las orientaciones se observa que para fachadas a S, SE y SO, los valores y las variaciones entre casos son sensiblemente mayores que para las fachadas N, NE y NO. Ello se debe a que en las primeras se producen situaciones de sobrecalentamiento y temperaturas operativas de las zonas mayores.
- ✓ **FACHADAS.** En relación a las tipologías de fachadas, no es fácil obtener una conclusión clara aunque queda claro que, en los casos de orientaciones con una mayor demanda, las fachadas opacas y con cámara de aire recirculada son las que mantienen un comportamiento mejor. En el caso de orientaciones más frías, las soluciones óptimas corresponden a las fachadas opacas y las de ventana y continua. En general es posible deducir que aquellos casos en los que la temperatura operativa de la zona es menor, las demandas de frío sensible son menores. Resulta inviable establecer cuáles son las peores soluciones pues estas se alternan en función de los otros parámetros en juego (tipología de vidrios o de elementos de sombra).
- ✓ **VIDRIOS.** Las variaciones entre tipologías de vidrios solo son apreciables, con la excepción de la solución con TIM que siempre es la que conlleva mayores registros, en las orientaciones con mayores demandas (S, SE, y SO). En esos casos se establece que los vidrios que rechazan mejor la radiación solar (reflejantes ligeros y fuertes), son los que permiten tener unas demandas más bajas. Ello es debido a que reducen la temperatura operativa en el interior de la zona.

- ✓ **ELEMENTOS DE SOMBRA.** Nuevamente, en el caso de los elementos de sombra las tendencias son más perceptibles para las orientaciones con mayores demandas (S, SE, y SO). Es entonces cuando se reproducen las mismas tendencias que en el caso de las demandas de frío sensible, con valores más elevados cuando no existen elementos de sombra, y valores más bajos cuando estos están presentes, con la excepción del caso de los elementos móviles, por las razones anteriormente explicadas.

3.2.4.2.4 Demandas de iluminación.

La propia naturaleza del análisis de iluminación, conlleva a que el análisis de esta se realice en base a los consumos de iluminación y no en base a las demandas de esta.

3.2.4.2.5 Confort de frío y calor.

Para el caso de las variables de confort térmico, las conclusiones obtenidas del análisis de los datos resultantes se ofrecen a continuación.

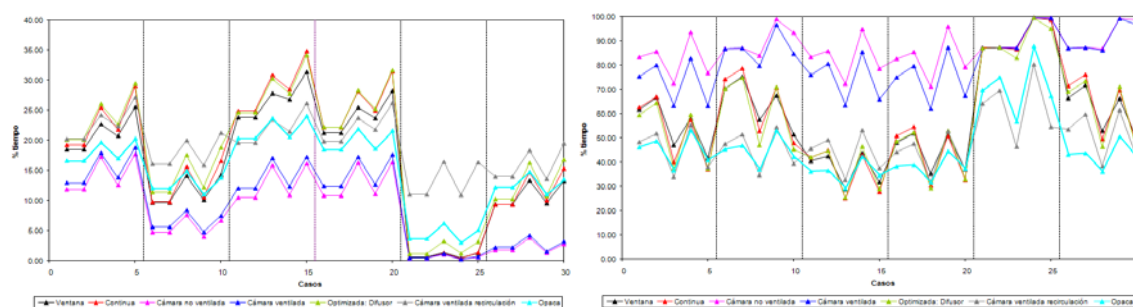


Ilustración 25. Ejemplo de la representación del índice de disconfort de frío para orientaciones N y S

Considerando las hipótesis del *escenario 0*, la lectura de los valores de confort de frío y calor no tiene una relevancia significativa cuando el análisis se realiza a la escala valorada. Para esta escala, los valores que ofrecen estas variables conllevan las mismas conclusiones, o las refuerzan, que las establecidas con la lectura de las demandas o consumos de calor y frío sensible y latente.

3.2.4.2.6 Confort lumínico.

Considerando solo la influencia de la iluminación natural, y considerando que en la Tarea 4 los casos analizados no tienen en cuenta la interacción del usuario con los elementos de sombra ni de encendido apagado de la iluminación (Tarea 6), se pueden extraer conclusiones sobre el confort lumínico de los distintos casos.

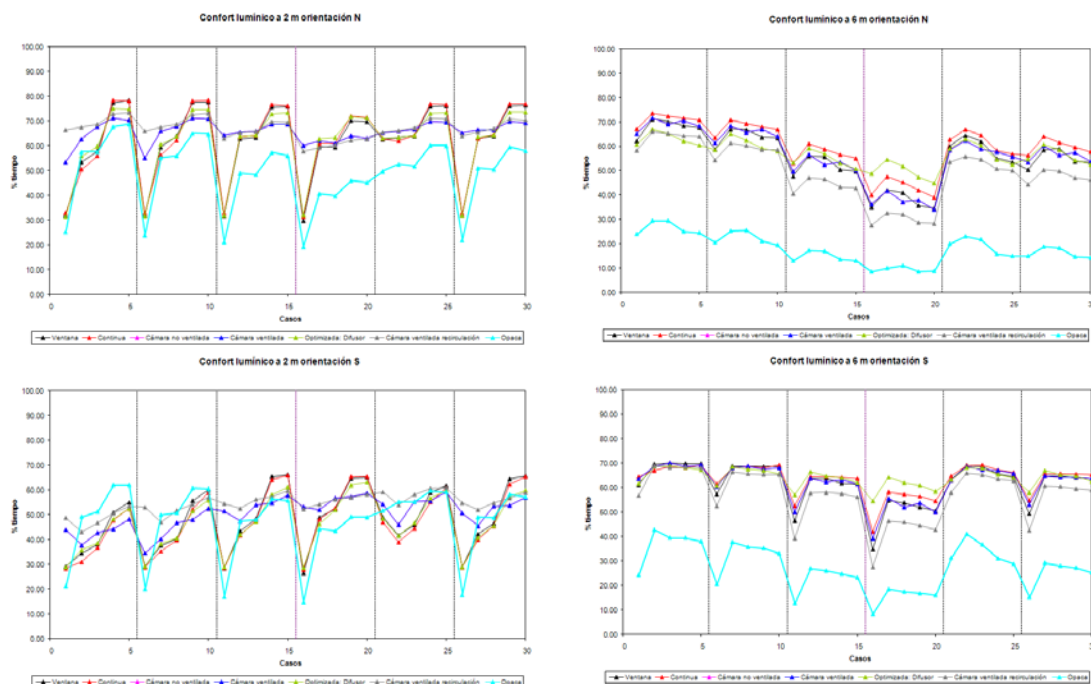


Ilustración 26. Ejemplo de la representación del índice de confort lumínico para orientaciones N y S a 2 y 6m de fachada.

- ✓ **MAGNITUD.** Aunque supuestamente este tipo de edificios transparentes conlleva una mejora en la iluminación, el análisis de esta variable muestra como en ningún caso el confort supera el 80% de las horas de ocupación. Ello es debido a que el confort se produce no solo cuando existe suficiente iluminación natural, sino cuando esta no provoca deslumbramientos. Igualmente considerar que los valores, y el efecto de los distintos parámetros, se uniformizan con la distancia siendo el comportamiento, a 6m de distancia de fachada, más semejante entre casos que los que se dan a 2m de distancia.
- ✓ **ORIENTACIÓN.** Aunque las orientaciones condicionan el confort lumínico, las variaciones son mayores debidas a otros factores. En todo caso, resulta sorprendente comprobar como los valores de confort a N son mejores que a S. Ello es debido a que en la orientación N no existen deslumbramientos mientras si que hay una buena iluminación natural.
- ✓ **FACHADAS.** En general solo se puede concluir que las distintas fachadas tienen un comportamiento similar con la excepción de la fachada opaca en la que, claramente, el desconfort lumínico es mayor. Este efecto, sin embargo, es evidente a 6m de fachada pero no tanto a 2m de fachada donde los resultados son más uniformes.
- ✓ **VIDRIOS.** Igual que en el caso anterior, las tipologías de vidrios tienen más influencia en el confort lumínico a mayor profundidad de la zona (6m) que al lado de fachada (2m). En este sentido, y a mayor distancia, los vidrios reflejantes, aunque evitan los deslumbramientos, impiden una mayor penetración de la luz natural provocando un aumento del desconfort.
- ✓ **ELEMENTOS DE SOMBRA.** Igualmente los elementos de sombra influyen positivamente en el confort lumínico ya que, el funcionamiento de estos para

este *escenario 0* se ha optimizado con este fin. Sin embargo, nuevamente este efecto es más apreciable a una distancia corta de ventana que en profundidad.

3.2.4.3 SUBTAREA 4.3: CÁLCULO DE LOS ESCENARIOS DE CONSUMOS

El objetivo principal de la tarea es la obtención de los diferentes consumos asociados a las demandas de climatización e iluminación. En este sentido, y considerando el planteamiento del proyecto y la valoración de los consumos en base a los rendimientos estacionales (en el caso de los consumos térmicos), o a la propia definición de las luminarias (en el caso de los consumos lumínicos), los resultados obtenidos son proporcionales a los de las demandas anteriormente descritas. Esto es, si se considera que la obtención de los consumos se ha derivado de aplicar unos rendimientos estacionales y unos ratios de iluminación al resultado de las demandas, los valores obtenidos son claramente proporcionales, variando los órdenes de magnitud pero no las tendencias ni las conclusiones. De esta forma, y considerando además la metodología especificada de análisis cualitativo en base a los datos cuantitativos, es posible compartir las conclusiones obtenidas para las demandas con las propias de los consumos, tanto lumínicos como térmicos.

Sin embargo en el caso de los consumos, y debido a la propia naturaleza de estos y a las condiciones impuestas en el estudio, es posible llevar a cabo un análisis multivariable en base a la suma de los consumos energéticos destinados a distintos usos. De esta forma, y análogamente al caso del cálculo y análisis de los escenarios de demandas, se ha desarrollado una serie de representaciones gráficas que permitieran la valoración, validación y análisis de los resultados parciales. Dicha representación multivariable permite la valoración conjunta de los consumo de calefacción, de refrigeración sensible, de refrigeración latente y de iluminación. Es decir, estas gráficas permiten representar a la vez el valor de distintas variables para 1 fachada y 1 orientación en cada caso.

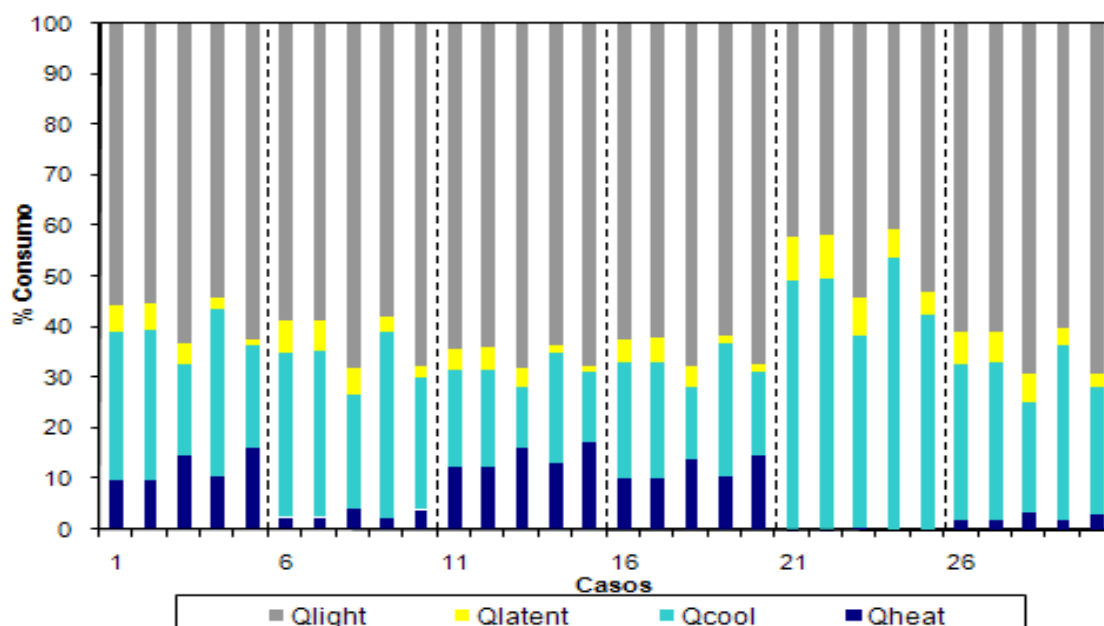


Ilustración 27. Ejemplo de gráfica de análisis multivariable

También, y análogamente al caso de la SubTarea precedente, las conclusiones se fundamentan en los valores numéricos pero en base a una evaluación cualitativa que haga viable el entendimiento de la globalidad de los resultados obtenidos.

3.2.4.3.1 Consumo climatización.

Tal como se ha especificado, las conclusiones ofrecidas para el análisis de demandas son igualmente válidas para el caso de las variables de consumos. Sin embargo, en el caso que nos atañe, es posible ampliar las conclusiones según,

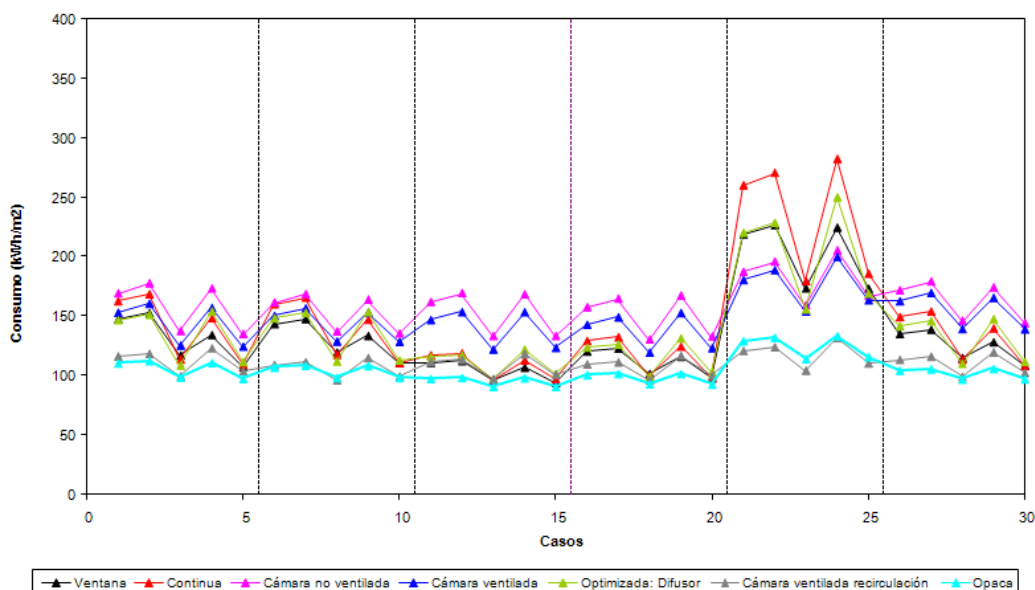


Ilustración 28. Ejemplo de la suma de los consumos térmicos para la orientación S

- ✓ **MAGNITUD.** Los valores de los consumos asociados al uso de estas tipologías de edificios son significativamente elevadas aunque más controladas en determinados casos cruzados.
- ✓ **ORIENTACIÓN.** Las variaciones de los consumos según las orientaciones son considerables significando que, el diseño de este tipo de edificios transparente queda muy condicionado a este parámetro debido a la elevada proporción de huecos. Evidentemente, en el caso del edificio opaco, este efecto se minimiza considerablemente.
- ✓ **FACHADAS.** En las peores orientaciones, las fachadas opacas o las ventiladas con recirculación de aire (aunque estas últimas requieran de unos sistemas de regulación muy optimizados), son las que tienen asociado un consumo energético global menor. En estas orientaciones, también se observa que las fachadas de doble piel en que no se haya optimizado la recirculación del aire, son las que tienen un consumo más elevado.
- ✓ **VIDRIOS.** En las condiciones del *escenario 0*, en las que no se ha optimizado el uso de elementos de sombra ni de la iluminación, se observa como la tipología de vidrio seleccionado no tiene una influencia muy significativa, siendo los otros parámetros, los que marcan las tendencias. Esto es cierto con la excepción de los vidrios TIM que son los que, con diferencia, comportan un

consumo energético mayor. Igualmente, y en las condiciones establecidas, los vidrios que pueden contener mejor la incidencia de la radiación solar (reflejantes ligeros y fuertes) son los que tienen asociados unos consumos globales sensiblemente inferiores. Sin embargo repetir, que en este *escenario 0*, el parámetro relativo al tipo de vidrio es el que tiene una menor influencia en el consumo global asociado al uso de los edificios.

- ✓ **ELEMENTOS DE SOMBRA.** Considerando la evidencia de que los elementos de sombra tienen más influencia en el consumo final del edificio para aquellas orientaciones más expuestas a la radiación solar directa, de los resultados se observa que los beneficios que conlleva su uso (reducción de consumos de frío) superan los efectos negativos que pueda comportar su presencia (aumentos de los consumos de calefacción). Por ello, los escenarios con mayor protección solar son los que tienen asociado un consumo global menor. Cabe considerar que esto es cierto para los edificios según los condicionantes de este *escenario 0* en que no se optimiza el funcionamiento de las sombras móviles según parámetros de confort térmico, ni se considera el uso de sensores de iluminación de luz natural.

3.2.4.3.2 Consumo lumínico.

En el caso de iluminación el cálculo de consumo se resume en aplicar el número de horas de uso (3463 horas resultantes del perfil de utilización definido) a la potencia de iluminación considerada (20 kW/m^2) con un rendimiento de 1.

El análisis de los consumos de iluminación por si solos, y no comparativamente con otros consumos, no tiene ninguna relevancia en los distintos casos que conforman este *escenario 0*. Ello es debido a la hipótesis de partida según la cual se establece que la iluminación artificial es constante durante los periodos de ocupación del edificio, e independiente de las condiciones exteriores del edificio (es decir, de la incidencia de la luz natural en el seno de este). Por ello, el valor representado es siempre el mismo independientemente de los distintos casos analizados.

3.2.4.3.3 Consumos globales.

La propia naturaleza de las variables analizadas (consumos de energía primaria), junto con la definición del sistema de clima (bomba de calor eléctrica), hacen posible el análisis conjunto de todos los consumos de operación para cada uno de los casos analizados. En este sentido,

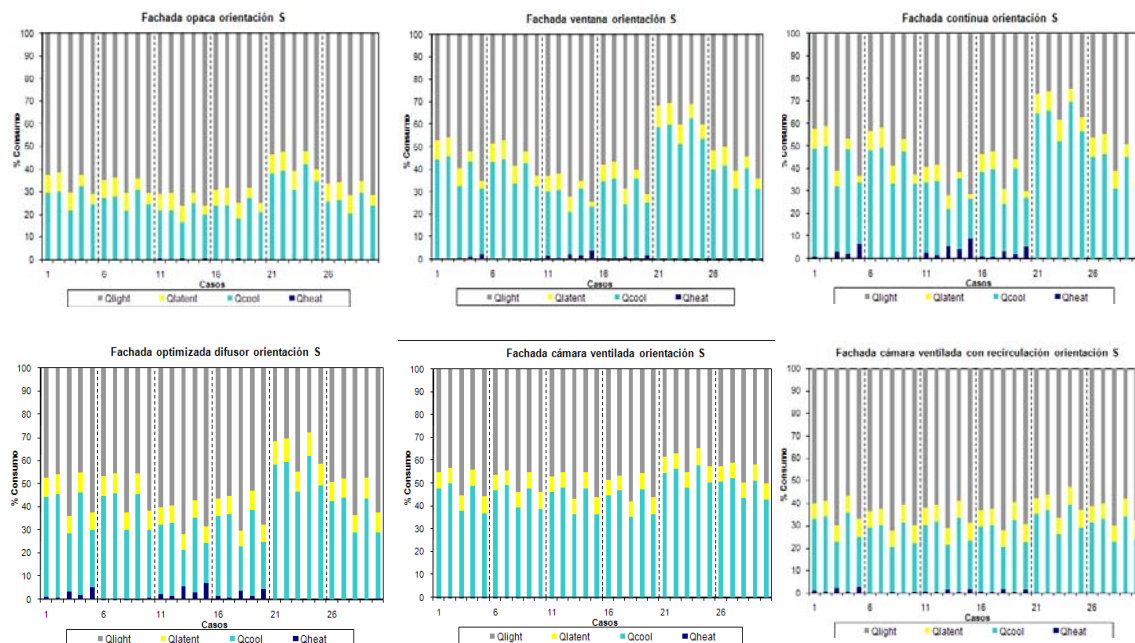


Ilustración 29. Ejemplo de distribución de los distintos tipos de consumos para las fachadas analizadas y la orientación S.

- ✓ Para los distintos casos analizados, el consumo energético global derivado del uso de los edificios, viene dominado por los consumos de iluminación conjuntamente con los de climatización (frío sensible más latente).
- ✓ En todos los casos, exceptuando las fachadas de doble piel en la orientación N, los consumos de calefacción son nulos o claramente residuales en comparación con los otros tipos de consumos.
- ✓ Los parámetros relacionados con los elementos de sombra y los tipos de vidrios, hacen variar los valores de distribución de consumos, aunque no las tendencias mencionadas. Esto es aún más patente en las orientaciones en las que incide menos radiación solar directa.
- ✓ Aunque proporcionalmente los consumos más elevados se deben a las demandas de iluminación, por tal como se han planteado las hipótesis del *escenario 0*, el consumo con mayores variaciones entre los distintos casos, es el de refrigeración sensible. Esto, más allá de un reflejo de los parámetros propuestos para análisis, se entiende porque es el consumo que tiene más influencia para con la piel del edificio.

3.2.4.4 SUBTAREA 4.4: ITERACIONES EN FUNCIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de la subtask es la iterar entre todos los socios del proyecto para acabar de definir, si fuese necesario, las simulaciones mediante los parámetros que definen los distintos escenarios de la matriz a simular en la Tarea 4.

El principal resultado de esta subtask ha sido la introducción de una nueva tipología de fachada: *opaca*. Esta tipología consiste en una fachada con una única abertura que representa un 20% de la superficie total. El objeto de dicha nueva tipología de fachada es permitir la comparación de las tipologías de fachada de vidrio con una fachada usual, para poder comparar las ganancias/pérdidas que supuestamente podemos esperar en un edificio de oficinas transparente.

Los resultados de los casos definidos en esta subtarea, así como los comentarios de dichos resultados, se han presentado ya en los dos apartados anteriores conjuntamente con el resto de casos.

3.2.4.5 SUBTAREA 4.5: CÁLCULO DEL CICLO DE VIDA DE MATERIALES

El objetivo principal de la tarea era la obtención del análisis de ciclo de vida asociada a las diferentes configuraciones arquitectónicas definidas. En este sentido se debía obtener un orden de magnitud de dichos valores, sin entrar en mayor detalle.

El desarrollo de esta SubTarea se llevó a cabo considerando que debía aportar una información complementaria al análisis integral y global definido en el estudio. Esto es, el análisis del ciclo de vida solo debía realizarse de forma estimativa y pensando que aportara una visión extra al corazón del análisis que era el comportamiento energético de los edificios analizados durante su uso.

Considerando estas premisas, se hizo una búsqueda bibliográfica relacionada con el ciclo de vida de materiales diseñados para los distintos casos analizados. Como conclusiones de este análisis, se han obtenido:

- ✓ El hecho de que las distintas soluciones de fachadas planteadas correspondan siempre a una misma tipología de edificio (transparente), hace que las posibles valoraciones que se pudieran establecer en base a órdenes de magnitud, ofrezcan pocas diferencias entre los casos. De esta manera, la principal diferencia entre los distintos casos de análisis radicaba en el uso de las distintas soluciones de vidrios. Sin embargo, al hacer la búsqueda bibliográfica de estos materiales, se encontraron tan solo valoraciones consideradas demasiado genéricas y con variaciones poco significativas entre ellas. Es decir, como conclusión de la búsqueda bibliográfica, se localizaron valores poco documentados y de un orden de magnitud cuasi idéntico para los distintos casos, de manera que resultaba poco significativa la incorporación de esta variable.
- ✓ Además, el hecho de que para considerar el ciclo de vida de los materiales deba considerarse de forma específica la ubicación geográfica de los edificios, coartaba la generalización final de los resultados. Esto es, todos los análisis planteados en el seno del proyecto quedan condicionados al uso de unos datos meteorológicos específicos de la ciudad de Barcelona, pero eso no condiciona las conclusiones establecidas, consideradas válidas para climas mediterráneos, ni las metodologías desarrolladas. No así, en el caso del análisis de los materiales de ciclo de vida cuyos valores dependen significativamente del emplazamiento geográfico. De esta forma no se ha encontrado el método para establecer unos órdenes de magnitud fiables del ciclo de vida de los materiales, sin entrar en detalle en los valores, hecho que sería contradictorio con el resto del análisis planteado en el estudio.
- ✓ Igualmente se ha valorado que el impacto que tiene el ciclo de vida de los materiales en el consumo global de los edificios durante toda su vida útil, es poco significativo para este tipo y uso de edificios. En concreto, y según el estudio del análisis comparativo de 5 tipos de edificios existentes³ para un

³ Análisis del impacto ambiental de 5 edificios existentes, COAC, Proyecto Life. <http://www.coac.net/mediambient/Life/life.htm>

clima Mediterráneo y considerando una vida útil de los edificios de 40 años, el peso del ciclo de vida de los materiales en el consumo global de los edificios se encuentra entre el 5 y el 10% (en función de las soluciones opacas adoptadas) para edificios transparentes.

Todo ello, y considerando el objetivo global del estudio, así como las metodologías desarrolladas y los condicionantes del mismo, nos han llevado a obtener, como conclusión de la presente SubTarea, la no inclusión de la variable relativa al ciclo de vida de los materiales en los análisis de los edificios, ni a nivel particular, ni global. En el presente contexto, entendemos que dicha decisión aporta más solidez al estudio al mejorar los resultados de este en comparación a los que se obtendrían caso de considerar unos valores estimados.

3.2.4.6 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES GLOBALES DE LA TAREA 4

Aunque los análisis más relevantes de la Tarea 4 se obtienen de una lectura de los resultados parciales, en cuanto a las variables o los casos analizados, es interesante obtener unas últimas conclusiones genéricas a nivel de la comparación global de todos los casos analizados de una sola vez.

En este sentido, uno de los objetivos establecidos desde el inicio del proyecto era que fuera posible observar el monto total de los resultados finales de una forma sencilla y rápida que permitiera una primera valoración de estos. En el presente informe, y de acuerdo a una línea argumental lógica con la explicación del proyecto, y coherente con la metodología desarrollada, se han ofrecido en primera instancia los resultados de segundo orden que son más detallados y aportan una mayor información. Sin embargo, como decíamos, resulta interesante valorar los resultados de primer orden que, aunque puedan aportar menor información, ayudan a reforzar las conclusiones anteriores y forman parte de la filosofía global del proyecto de tener una visión sistémica de todo el problema analizado de forma sencilla y rápida.

En este sentido en su día, durante el desarrollo de las Tareas justificadas en el período de trabajo correspondiente al año 2008, ya se plantearon dos opciones claras de visualización global de los resultados. El desarrollo de las Tareas correspondientes al ejercicio 2009, ha ayudado a decantar los esfuerzos hacia aquella solución que nos permitía mayor versatilidad, rapidez en su implementación y capacidad de replicación, y que a su vez cumplía con la premisa de visualización y estimación global de resultados que se pretendía.

De esta manera se han definido una serie de hojas Excel, que hemos concluido en denominar *sábanas* de resultados finales, y que para el caso de la Tarea 4, engloban todos los resultados en tres imágenes. Cada una de estas imágenes queda definida según un número de casillas proporcional al número de casos analizados en el escenario 0. Cada una de estas casillas, contiene el valor anual de la variable representada para el caso, y bajo un formato de un código de colores establecido según el orden de magnitud del valor representado en comparación al global. Las tres sábanas definidas en la Tarea 4, hacen referencia a: las demandas energéticas de los edificios, los consumos energéticos de estos, y los indicadores de confort.

Dichas herramientas se han diseñado para poder ser visualizadas en un formato DIN A3. Pese a ello, y considerando el formato diferente del presente informe, se ofrecen las imágenes de cada una de ellas, con el fin de facilitar la comprensión de su definición, y de ayudar a la argumentación de las conclusiones globales de la Tarea 4.

De esta forma, se muestra primeramente la sábana de demandas energéticas representativa de todos los casos analizados en el escenario 0 correspondiente a la presente Tarea 4.

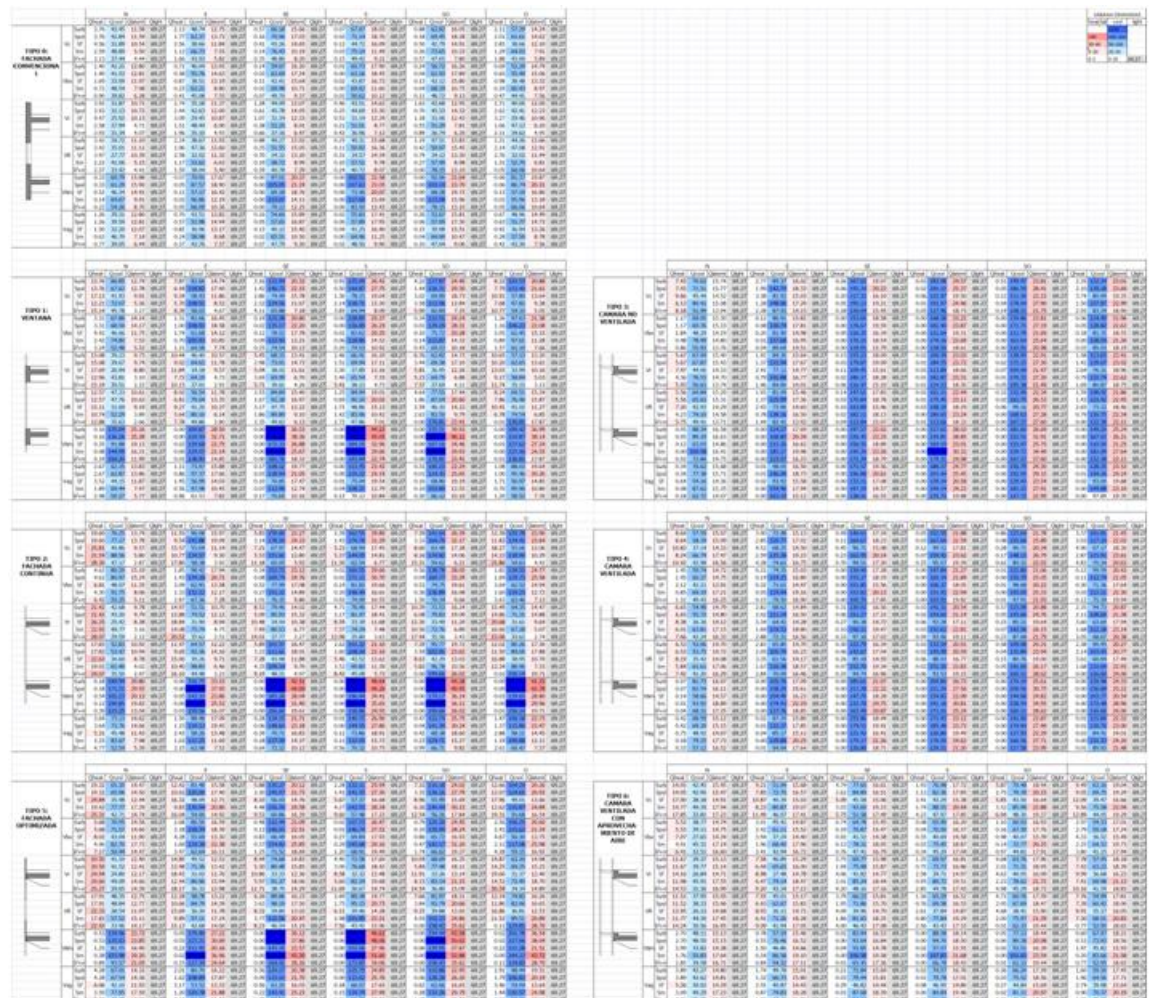


Ilustración 30. Sábana de las demandas energéticas de los casos del escenario 0.

En donde, en la parte superior derecha de la imagen se aprecia el dimensionado del código de colores establecido. Cada uno de los recuadros globales de datos, representa una solución de fachada. La agrupación de filas hace referencia a la solución de tipo de vidrio y, en ellas, cada fila representa un caso distinto de sombreado. En relación a las columnas, los datos se encuentran agrupados por orientaciones, y para cada una de ellas el valor de las distintas variables de demandas (demandas de calefacción, de refrigeración, de latente y de iluminación, respectivamente). Viendo una imagen de dicha sábana con un zoom mayor, para facilitar la comprensión de la descripción:

		N				E				SE				
		Qheat	Qcool	Qlatent	Qlight	Qheat	Qcool	Qlatent	Qlight	Qheat	Qcool	Qlatent	Qlight	
TIPO 1: VENTANA	Vc	Surb	13.76	66.85	12.74	69.27	7.87	82.66	14.74	69.27	3.16	131.94	20.32	69.27
		Spol	13.76	67.62	12.78	69.27	6.44	118.82	17.40	69.27	1.42	146.72	22.15	69.27
		Sf	17.13	41.93	9.91	69.27	9.34	58.43	11.86	69.27	2.86	74.49	15.78	69.27
		Sm	12.21	72.07	5.36	69.27	5.70	108.51	8.52	69.27	2.32	124.56	11.67	69.27
		Sf+m	15.14	45.78	3.17	69.27	8.39	58.03	4.67	69.27	4.11	65.88	7.18	69.27
	Vbe	Surb	3.31	67.86	14.14	69.27	1.31	81.66	16.45	69.27	0.19	122.38	20.80	69.27
		Spol	3.31	68.50	14.17	69.27	1.00	108.93	18.58	69.27	0.02	135.17	22.20	69.27
		Sf	4.42	46.66	11.75	69.27	1.74	61.68	14.12	69.27	0.12	78.52	17.78	69.27
		Sm	2.42	74.80	7.53	69.27	0.70	105.93	10.85	69.27	0.09	122.43	13.21	69.27
		Sf+m	3.24	52.48	5.52	69.27	1.21	64.58	7.74	69.27	0.25	74.54	10.13	69.27
	Vr	Surb	15.08	39.23	9.73	69.27	10.44	46.40	10.57	69.27	5.45	68.15	13.41	69.27
		Spol	15.08	39.67	9.74	69.27	9.02	64.62	11.78	69.27	2.98	73.01	14.73	69.27
		Sf	17.69	26.94	8.80	69.27	11.84	34.18	9.57	69.27	5.04	38.02	11.61	69.27
		Sm	12.96	43.81	3.10	69.27	7.72	64.19	4.73	69.27	3.69	69.99	6.70	69.27
		Sf+m	15.19	30.51	2.22	69.27	10.13	37.01	2.91	69.27	5.71	39.61	4.26	69.27
	VR	Surb	12.57	47.23	10.61	69.27	8.02	56.54	11.78	69.27	3.55	84.84	15.40	69.27
		Spol	12.57	47.76	10.63	69.27	6.81	79.04	13.35	69.27	1.67	92.28	16.97	69.27
		Sf	15.11	31.69	9.19	69.27	9.27	41.20	10.37	69.27	3.17	47.75	13.22	69.27
		Sm	10.74	52.29	3.89	69.27	5.64	80.10	6.14	69.27	1.86	89.89	9.10	69.27
		Sf+m	12.88	35.63	2.66	69.27	7.78	44.86	3.80	69.27	3.35	49.62	6.13	69.27
	Vtim	Surb	0.16	135.04	25.16	69.27	0.00	169.87	28.50	69.27	0.00	250.79	36.53	69.27
		Spol	0.16	136.26	25.28	69.27	0.00	219.50	32.71	69.27	0.00	275.86	38.36	69.27
		Sf	0.35	91.88	19.13	69.27	0.02	129.68	22.75	69.27	0.00	172.33	26.88	69.27
		Sm	0.08	144.99	16.21	69.27	0.00	229.07	21.14	69.27	0.00	285.70	25.67	69.27
		Sf+m	0.19	100.20	11.99	69.27	0.01	138.90	14.85	69.27	0.00	181.76	18.32	69.27
	Vag	Surb	2.67	62.35	13.83	69.27	1.11	73.97	15.88	69.27	0.17	108.12	19.77	69.27
		Spol	2.67	62.87	13.86	69.27	0.86	97.37	17.66	69.27	0.03	118.94	21.05	69.27
		Sf	3.52	44.15	11.87	69.27	1.45	56.99	14.03	69.27	0.10	70.85	17.47	69.27

Ilustración 31. Detalle de la sábana de las demandas energéticas.

De esta manera, del análisis de los resultados e imágenes de esta *sábana* de demandas, se pueden extraer las siguientes conclusiones globales,

- ✓ En todos los casos, y bajo iguales condiciones de orientación, soluciones de vidrios y sombreamiento, las fachadas opacas son las que tienen asociadas unos valores de demandas inferiores, correspondientes a colores más suaves (recuadro de la parte superior izquierda).
- ✓ También existe una coloración más suave en el recuadro de la parte inferior derecha, correspondiente a la fachada ventilada con recirculación de aire por forjado. Ello indica que esta solución es la que, comparativamente tiene un comportamiento energético de operación más semejante al de la fachada opaca y, por tanto, resulta en la solución transparente más óptima o menos perjudicial, según se mire.
- ✓ Comparativamente, los valores de demandas de frío son substancialmente más elevados (colores más intensos) que los de calefacción y latente (colores más suaves). La comparativa con los de iluminación no tiene sentido, por tratarse de conceptos distintos, aunque se consideró interesante su inclusión en la *sábana* por motivos de visión global. Además, la coloración de esta variable en la *sábana* se mantiene uniforme, debido a que todos los casos del escenario 0 se han calculado en base a un consumo de iluminación constante e igual.
- ✓ En todos los casos, las soluciones con vidrios TIM resultan en unas demandas de refrigeración sensible y de latente substancialmente más elevadas que no compensa la reducción de las demandas de calefacción.
- ✓ Exceptuando las fachadas opaca y con cámara de aire ventilada y recirculación por forjado, a las orientaciones S, SE y SW les corresponden las demandas de frío y latente más elevadas (colores más intensos) que no quedarían compensadas con la reducción de las correspondientes demandas de calor (por ser estas coloreadas muy suavemente en toda la *sábana*).

En el caso de la *sábana* de consumo energético, tenemos,

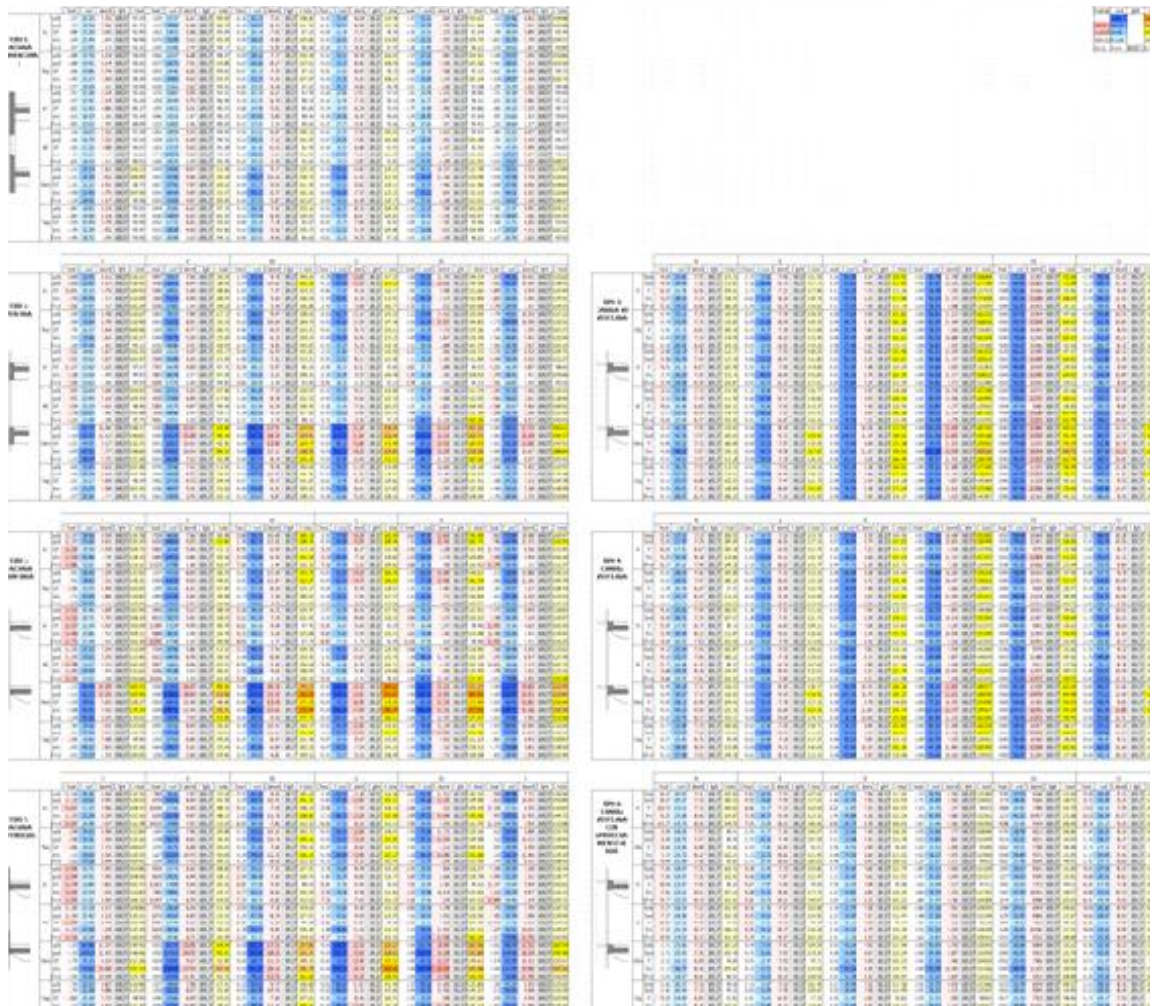


Ilustración 32. Sábana de los consumos energéticos de los casos del escenario 0.

En donde la mayoría de conclusiones que se pueden obtener, resultan paralelas a las ofrecidas para el caso de las demandas. Ello es debido a que la relación entre las variables de un tipo y otro entre ambas *sábanas* es un factor proporcional. Sin embargo es posible obtener dos conclusiones adicionales:

- ✓ Puesto que en el caso de los consumos sí que es posible comparar los valores térmicos y los lumínicos, y comparando la intensidad de los colores, vemos que en la mayoría de las soluciones los valores más elevados corresponden a los consumos de refrigeración y a los de iluminación.
- ✓ En la *sábana* de consumos se representa una variable adicional que es la correspondiente a la suma de todos los consumos de operación de los edificios. La distribución de la intensidad de dicha variable, con un formato de colores amarillentos, confirma las conclusiones globales ofrecidas anteriormente.

Finalmente existe una última *sábana* representativa de todas las variables de confort para todos los casos analizados en el *escenario 0*;

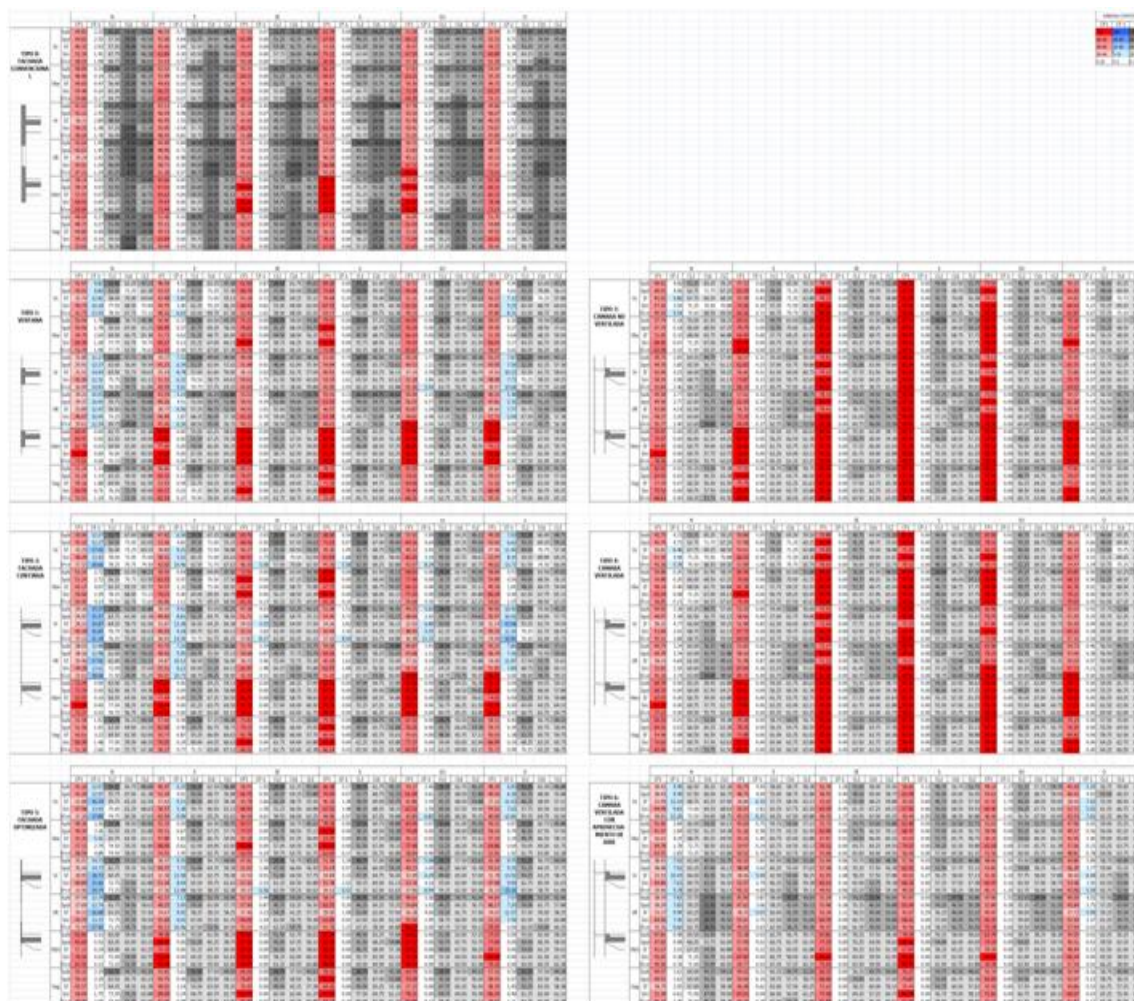


Ilustración 33. Sábana de los consumos energéticos de los casos del escenario 0.

En donde las variables representadas en las cinco columnas por orientación, corresponden, por orden de izquierda a derecha, a los índices de discomfort por sensación de calor, de frío, de mala iluminación a 2 y 6m y mala iluminación global.

Más allá de que las posibles conclusiones globales de esta sábana refuercen las obtenidas en las precedentes, si que resulta indicativo el hecho que en la mayoría de casos las tonalidades sean intensas, significando ello el discomfort, tanto térmico como lumínico, general que estos tipos de edificios provocan en sus usuarios.

3.2.5 TAREA 5: CÁLCULO ECONÓMICO DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS

El cálculo económico de los distintos escenarios trata de analizar y comparar la viabilidad y eficiencia económica de las distintas soluciones. En este sentido, el análisis que se aborda en esta Tarea tiene una doble finalidad,

- ✓ Por un lado el análisis pretende cuantificar económicamente las conclusiones obtenidas en la Tarea 4. Dicha cuantificación resulta relevante en el marco del proyecto porque, aunque los valores obtenidos serán proporcionales a los mostrados en la Tarea 4, y por tanto también la comparación relativa entre los distintos casos, dichos valores se presentan en unas unidades (€/m^2) perfectamente entendibles, no solo para la mayoría de público no especializado, sino inclusive para la mayoría de los actores que participan en el diseño de un edificio.
- ✓ Por otro lado, el hecho que el análisis incorpore los costes de inversión de las distintas soluciones de edificios planteados añade una nueva visión a los resultados. Efectivamente, aunque se estima que los costes de operación (la facturación energética) de los edificios puedan ser significativamente mayores que los de inversión, la relación entre ambos valores puede ser muy variable en función de cada caso analizado. De esta manera, es necesario llevar a cabo este análisis para llegar a determinar si las tendencias establecidas en la Tarea 4 se mantienen en el momento de añadir los costes de inversión o, por el contrario, en algunos casos se pueda compensar el mayor coste de operación con un menor coste de inversión.

Igualmente es necesario remarcar que, pese a que en el planteamiento inicial del proyecto solo se mencionó la valoración, por separado y conjunta, de los costes asociados a la inversión de los edificios y a su operación, se ha considerado interesante añadir en el análisis los costes de mantenimiento de los distintos casos. Aunque ello ha supuesto un esfuerzo adicional por parte de los participantes del proyecto, se consideró que la inclusión de esta variable permitía obtener una visión más aguda del análisis económico propuesto, y mejorar la metodología de cálculo planteada.

Por otro lado, también es necesario recordar que el marco del análisis global del proyecto TOBEE es el comportamiento de distintas soluciones de edificios transparentes de oficinas y su interacción con los usuarios. Ello significa que los costes derivados de los equipamientos de los edificios no aportan información relevante puesto que, para poder llevarse a cabo el análisis planteado, estos deberían ser idénticos en todos los casos. La única excepción a esta norma es el sobrecoste debido al mayor tamaño de máquina de clima que puedan tener unos casos frente a otros. Sin embargo, y dado que el análisis se realiza para una única zona de los edificios, sin considerar ni el número de zonas ni de plantas que estos deberían tener, intentar calcular este sobrecoste requeriría de hipótesis que conllevarían que los resultados finales fueran demasiado específicos de las hipótesis planteadas. Igualmente cabe mencionar que dichos costes de sobreinversión por tamaño de máquina, suelen ser substancialmente inferiores en comparación a los costes del resto de la inversión del edificio o, en mayor medida, de la operación de estos.

3.2.5.1 SUBTAREA 5.1: CÁLCULO DE LOS COSTES CONSTRUCTIVOS

Para la realización de esta subtarea se ha recurrido a la generación de un presupuesto detallado de cada una de las partidas a tener en cuenta para la construcción de cada una de las soluciones. El presupuesto detallado incluye todas aquellas partidas que forman parte de la fachada: estructura del cerramiento, carpinterías, acristalamientos, los aislamientos, acabados interiores y exteriores, pasarelas de mantenimiento en caso de fachadas con cámara de aire, elementos de sombreado y demás elementos necesarios para la completa ejecución de cada solución.

3.2.5.1.1 Fuentes

Las fuentes utilizadas para la elaboración de dicho estudio fueron las siguientes bases de datos:

- ✓ Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A. Este programa genera precios descompuestos diferentes para cada provincia y para distintas situaciones del mercado. Los datos han sido obtenidos considerando la provincia de Barcelona i una hipótesis de crecimiento sostenido (normal).
- ✓ Base de precios PREOC 2008, Precios de Edificación y Obra Civil en España, Atayo S.A.

3.2.5.1.2 Representación de resultados del presupuesto base

El objetivo primordial es la elaboración de un presupuesto detallado de cada una de las soluciones. Se trata de un presupuesto dependiente de los parámetros de tipología de fachada, tipología de acristalamiento y de elemento de sombra, el resto de parámetros que conforman los casos de la simulación (orientación) no tienen peso alguno en los costes de inversión. De esta manera, se recurre a la elaboración de una tabla Excel de cada tipología de fachada, por ser ésta la variable principal utilizada durante las simulaciones.

Los presupuestos organizan por partidas relativas a cada elemento constructivo y con la siguiente información:

- ✓ Nombre de la partida
- ✓ Descripción de la partida
- ✓ Unidad de medida
- ✓ Relación de elementos pertenecientes a la partida.
 - Unidad
 - Descripción
 - Rendimiento (unidades necesarias para la elaboración de una unidad de la partida)
 - Precio unitario (precio de cada unidad)
 - Precio total
- ✓ Precio total de unidad de partida
- ✓ Medición
- ✓ Precio total del módulo (4,2x5m)

Dentro de la partida relativa al muro cortina interior, en el apartado de acristalamiento, se introducen una serie de columnas que hacen referencia a los tipos de acristalamiento analizados, transformándose dicha partida en una tabla de doble entrada de la que se obtienen los precios de cada combinación.

TIPO 1: VENTANA		TIPO DE VIDRIO						
		CLARO	BAJA EMBIBIDAD	REFLECT. DÉBIL	REFLECT. FUERTE	TM	ARGÓN	
3 Sistema "TECHNAL" de muro cortina de aluminio.								
Muro cortina de aluminio realizado mediante el sistema perilla tradicional con rotura de puente térmico, de "TECHNAL", con estructura portante calculada para una sobrecarga máxima debida a la acción del viento de 60 kg/m ² , compuesta por una retícula con una separación entre montantes de 100 cm y una distancia entre alzas del forjado o puntos de anclaje de 360 cm; cerramiento compuesto de un 20% de superficie opaca (antepecho, canto de vidrio) y 80% de superficie transparente.								
Ud	Descomposición	Band	Un	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad	Unidad
m	Montante de aluminio, "TECHNAL", de 120x52 mm (12x 181,89 cm), acabado anodizado plata mate, con el sello EVA-4-URAS, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado, incluso junta central de estanqueidad.	1,000	30,47 €	30,47 €				
m	Travieso de aluminio, "TECHNAL", de 60x52 mm (3x 19,89 cm), acabado anodizado plata mate, con el sello EVA-4-URAS, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado, incluso junta central de estanqueidad.	0,833	22,42 €	18,67 €				
m	Pieza de anclaje puntual del vidrio, de poliamida, para sistema Haceru perilla tradicional "TECHNAL".	1,833	1,51 €	2,77 €				
m	Tapa embellecedora de aluminio horizontal y vertical, para su uso con el sistema Haceru perilla tradicional "TECHNAL", acabado anodizado plata mate, con el sello EVA-4-URAS, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de anodizado.	2,667	9,07 €	24,20 €				
m2	Reparación, por m ² , de accesorios de muro cortina para el sistema Haceru perilla tradicional "TECHNAL" (elementos de anclaje y traviesas y juntas a placa).	1,000	19,80 €	19,80 €				
m	Acabado exterior, pintura.	1,001	14,30 €	14,30 €	17,96 €	36,82 €	125,30 €	171,30 €
m	Firma de cheque de aluminio, de 9 mm de espesor total, acabado medio color titanio, formada por tiras de aluminio de 0,7 mm y alma aislante de poliestireno extruido (densidad 35 kg/m ³).	0,204	26,06 €	5,24 €	33,16 €	61,74 €	30,76 €	30,91 €
m2	Cartucho de silicona sintética de color blanco-605-5 "SOKA", de 310 ml (rendimiento aproximado en juntas de estanqueidad de 2 m por cartucho).	0,327	3,20 €	1,05 €	10,50 €	18,90 €	10,50 €	18,90 €
m	Material de corte para la colocación de vidrios.	1,000	1,35 €	1,35 €				
m	Oficial 1 ^a carpintero.	0,507	26,80 €	13,59 €				
m	Oficial 1 ^a instalador de muro cortina.	0,492	23,52 €	16,28 €				
m	Oficial 1 ^a instalador de muro cortina.	1,888	27,28 €	51,42 €				
m	Oficial 1 ^a instalador de muro cortina.	0,519	23,44 €	19,33 €				
m	Madres de vidrios.	2,000	244,88 €	4,90 €	281,38 €	8,62 €	327,38 €	16,03 €
m	Costes indirectos.	1,000	270,16 €	9,17 €	279,33 €	8,62 €	327,38 €	16,03 €
Total partida			276,34 €	245,88 €	307,78 €		343,83 €	316,39 €
Modific			18,00 €	11,00 €	18,00 €		18,00 €	18,00 €
Total partida modulo (4,2m x 5m)			2,926,62 €	2,538,90 €	3,403,12 €		3,836,30 €	3,436,38 €

Ilustración 34. Esquema partida para el muro cortina

Los sombreamiento se incluyen como partidas corrientes debido a que conceptualmente son elementos que se añaden o no a la solución de fachada. De esta manera, en los resultados finales de cada fachada, basta con incluir o no el precio de los sombreamiento, para obtener el resultado buscado.

De esta forma, se generó un resumen parcial de la casuística de cada fachada con los datos relativos al importe del módulo de fachada (4,2mx5m) P.E.M., el precio €/m² fachada P.E.M., el precio €/m² superficie útil en planta P.E.M., el importe del módulo de fachada (4,2mx5m) P.C. (estableciendo que la suma de los costes indirectos y del beneficio industrial suponen un 20%), el precio €/m² fachada, y el precio €/m² superficie útil en planta. A partir de dichas valoraciones se establece una valoración general, con los siguientes datos de cada solución:

- ✓ Importe del módulo de fachada (4,2mx5m) P.C.
- ✓ Precio €/m² fachada
- ✓ Precio €/m² superficie útil en planta

Esta última variable se estableció considerando que los consumos económicos derivados del uso de los edificios (consumos de operación), se iban a establecer en base a la unidad de superficie útil, como resultado de la metodología de cálculo de las demandas y consumos energéticos. De esta manera, y con el fin de poder operar, posteriormente, los consumos económicos de operación con los de inversión, se estableció esta variable de Precio €/m² superficie útil en planta

Considerando la coherencia de los resultados obtenidos, y la diferencia de presupuesto existente entre la solución de fachada ventilada, y fachada no ventilada, se variaron algunas de las hipótesis del presupuesto de fachada ventilada, con un sistema de muro cortina tradicional similar al resto a fin de que el análisis comparativo fuera más veraz. De esta manera se obtuvo una valoración global para cada uno de los casos que conforman el escenario 0 de análisis. Más allá de las conclusiones concretas que puedan establecerse en el apartado correspondiente del presente informe (SubTarea 5.3), cabe destacar de la lectura de los resultados que los costes de inversión resultan claramente inferiores en los distintos casos de fachadas ciegas convencionales (del orden de entre 100 y 145€/m² de superficie útil en planta) que en el resto de casos correspondientes a las fachadas acristaladas (entre 173 y 976€/m² de superficie útil en planta). La representación de estas valoraciones puede observarse en la siguiente imagen,

		TIPO DE VIDRIO					
		CLARO	BAJA TRANSMISIVIDAD	REFLECT. LIGERO	REFLECT. FUERTE	TBM	ARGÓN
TIPO 0: FACHADA CONVENCIONAL	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	3 867,95 €	3 863,83 €	4 178,62 €	4 074,49 €	3 928,87 €	3 941,05 €
	Precio € / m² fachada	181,33 €	183,99 €	198,98 €	194,02 €	187,09 €	187,67 €
	Precio € / m² útil planta	99,17 €	100,62 €	108,82 €	106,11 €	102,31 €	102,63 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	4 266,01 €	4 221,88 €	4 626,68 €	4 532,54 €	4 286,92 €	4 399,10 €
	Precio € / m² fachada	203,14 €	205,80 €	220,79 €	215,84 €	206,90 €	209,48 €
	Precio € / m² útil planta	111,09 €	112,55 €	120,75 €	118,04 €	114,24 €	114,56 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	4 753,12 €	4 809,06 €	5 123,80 €	5 019,66 €	4 874,04 €	4 886,22 €
	Precio € / m² fachada	226,34 €	229,00 €	243,99 €	239,03 €	232,10 €	232,68 €
	Precio € / m² útil planta	123,78 €	125,23 €	133,43 €	130,72 €	126,93 €	127,25 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	5 213,18 €	5 267,06 €	5 581,85 €	5 477,72 €	5 232,10 €	5 344,28 €
	Precio € / m² fachada	248,15 €	250,81 €	265,80 €	260,84 €	253,91 €	254,49 €
	Precio € / m² útil planta	135,71 €	137,16 €	145,36 €	142,65 €	138,86 €	139,17 €
TIPO 1: VENTANA	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	7 444,80 €	7 814,74 €	9 378,58 €	8 861,69 €	8 138,09 €	8 198,36 €
	Precio € / m² fachada	354,51 €	372,13 €	446,60 €	421,99 €	387,53 €	390,40 €
	Precio € / m² útil planta	190,89 €	200,38 €	240,48 €	227,22 €	208,67 €	210,21 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	10 822,17 €	11 192,11 €	12 755,95 €	12 239,06 €	11 515,46 €	11 575,73 €
	Precio € / m² fachada	515,34 €	532,96 €	607,43 €	582,81 €	548,36 €	551,23 €
	Precio € / m² útil planta	277,49 €	286,98 €	327,08 €	313,82 €	295,27 €	296,81 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	12 305,68 €	12 675,62 €	14 239,46 €	13 722,57 €	12 998,97 €	13 059,24 €
	Precio € / m² fachada	585,98 €	603,60 €	678,07 €	653,46 €	619,00 €	621,87 €
	Precio € / m² útil planta	315,53 €	325,02 €	365,11 €	351,86 €	333,31 €	334,85 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	15 683,06 €	16 052,99 €	17 616,83 €	17 099,95 €	16 376,35 €	16 436,61 €
	Precio € / m² fachada	746,81 €	764,43 €	838,90 €	814,28 €	779,83 €	782,70 €
	Precio € / m² útil planta	402,13 €	411,62 €	451,71 €	438,46 €	419,91 €	421,45 €
TIPO 2: FACHADA CONTINUA	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	6 762,75 €	7 248,14 €	9 299,05 €	8 620,42 €	7 671,95 €	7 751,26 €
	Precio € / m² fachada	322,04 €	345,15 €	442,81 €	410,50 €	365,33 €	369,11 €
	Precio € / m² útil planta	173,40 €	185,85 €	238,44 €	221,04 €	196,72 €	198,75 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	10 140,16 €	10 625,56 €	12 676,47 €	11 997,84 €	11 049,36 €	11 128,68 €
	Precio € / m² fachada	482,66 €	505,98 €	603,64 €	571,33 €	526,16 €	529,94 €
	Precio € / m² útil planta	260,00 €	272,45 €	325,04 €	307,64 €	283,32 €	285,35 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	12 434,81 €	12 919,40 €	14 970,31 €	14 291,68 €	13 343,20 €	13 422,52 €
	Precio € / m² fachada	592,10 €	615,21 €	712,87 €	680,56 €	625,39 €	639,17 €
	Precio € / m² útil planta	318,82 €	331,27 €	383,85 €	366,45 €	342,13 €	344,17 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	15 811,62 €	16 296,81 €	18 347,72 €	17 669,10 €	16 720,62 €	16 799,93 €
	Precio € / m² fachada	752,92 €	776,04 €	873,70 €	841,39 €	796,22 €	800,00 €
	Precio € / m² útil planta	405,42 €	417,87 €	470,45 €	453,05 €	428,73 €	430,77 €
TIPO 3: CÁMARA NO VENTILADA	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	12 980,91 €	13 374,07 €	15 034,90 €	14 485,61 €	13 717,08 €	13 781,45 €
	Precio € / m² fachada	618,14 €	636,86 €	715,95 €	689,79 €	653,19 €	656,26 €
	Precio € / m² útil planta	343,61 €	354,62 €	421,15 €	405,76 €	384,23 €	386,03 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	16 358,28 €	16 751,44 €	18 412,27 €	17 862,98 €	17 094,45 €	17 158,82 €
	Precio € / m² fachada	778,97 €	797,69 €	876,77 €	850,62 €	814,02 €	817,09 €
	Precio € / m² útil planta	458,22 €	469,23 €	515,75 €	500,36 €	478,84 €	480,64 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	18 651,94 €	19 045,18 €	20 705,92 €	20 156,64 €	19 388,11 €	19 452,48 €
	Precio € / m² fachada	888,19 €	906,91 €	986,00 €	959,84 €	923,24 €	926,31 €
	Precio € / m² útil planta	522,46 €	533,48 €	580,00 €	564,61 €	543,08 €	544,89 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	22 029,31 €	22 422,47 €	24 083,30 €	23 534,01 €	22 765,48 €	22 829,85 €
	Precio € / m² fachada	1 049,01 €	1 067,74 €	1 146,82 €	1 120,67 €	1 084,07 €	1 087,14 €
	Precio € / m² útil planta	617,07 €	628,08 €	674,60 €	659,22 €	637,69 €	639,49 €
TIPO 4: CÁMARA VENTILADA SOLUCIÓN TRADICIONAL	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	13 944,81 €	14 429,29 €	16 480,31 €	15 803,48 €	14 853,15 €	14 932,53 €
	Precio € / m² fachada	664,00 €	687,11 €	784,78 €	752,46 €	707,29 €	711,07 €
	Precio € / m² útil planta	390,59 €	404,18 €	461,63 €	442,62 €	416,05 €	418,28 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	17 321,38 €	17 806,66 €	19 857,69 €	19 179,05 €	18 230,52 €	18 309,90 €
	Precio € / m² fachada	814,81 €	847,94 €	945,40 €	913,29 €	868,12 €	871,90 €
	Precio € / m² útil planta	485,19 €	498,79 €	556,24 €	537,23 €	510,66 €	512,88 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	19 615,03 €	20 100,31 €	22 151,34 €	21 472,71 €	20 524,18 €	20 603,56 €
	Precio € / m² fachada	934,05 €	957,16 €	1 054,83 €	1 022,51 €	977,34 €	981,12 €
	Precio € / m² útil planta	549,44 €	563,03 €	620,49 €	601,48 €	574,91 €	577,13 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	22 992,43 €	23 477,69 €	25 528,71 €	24 850,08 €	23 901,55 €	23 980,93 €
	Precio € / m² fachada	1 094,88 €	1 117,99 €	1 215,65 €	1 183,34 €	1 138,17 €	1 141,95 €
	Precio € / m² útil planta	644,05 €	657,64 €	715,09 €	696,08 €	669,51 €	671,73 €
TIPO 4: CÁMARA VENTILADA SOLUCIÓN SISTEMA VEA	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	23 274,03 €	23 759,31 €	25 810,33 €	25 131,70 €	24 183,17 €	24 262,55 €
	Precio € / m² fachada	1 108,29 €	1 131,40 €	1 229,06 €	1 196,75 €	1 151,58 €	1 155,36 €
	Precio € / m² útil planta	651,93 €	665,53 €	722,98 €	703,97 €	677,40 €	679,62 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	26 651,40 €	27 136,68 €	29 187,71 €	28 509,07 €	27 560,54 €	27 639,92 €
	Precio € / m² fachada	1 269,11 €	1 292,22 €	1 389,89 €	1 357,57 €	1 312,41 €	1 316,19 €
	Precio € / m² útil planta	746,54 €	760,13 €	817,58 €	798,57 €	772,00 €	774,23 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	28 945,06 €	29 430,33 €	31 481,36 €	30 802,73 €	29 854,20 €	29 933,58 €
	Precio € / m² fachada	1 378,34 €	1 401,44 €	1 499,11 €	1 466,80 €	1 421,63 €	1 425,41 €
	Precio € / m² útil planta	810,79 €	824,38 €	881,83 €	862,82 €	836,25 €	838,48 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	32 322,43 €	32 807,71 €	34 858,73 €	34 180,10 €	33 231,57 €	33 310,95 €
	Precio € / m² fachada	1 539,16 €	1 562,27 €	1 659,94 €	1 627,62 €	1 582,46 €	1 586,24 €
	Precio € / m² útil planta	905,39 €	918,98 €	976,44 €	957,43 €	930,86 €	933,08 €
TIPO 5: OPTIMIZACIÓN LUMINOSA	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	7 919,96 €	8 405,24 €	10 456,77 €	9 778,14 €	8 829,11 €	8 908,74 €
	Precio € / m² fachada	377,14 €	400,25 €	497,94 €	465,43 €	420,43 €	424,23 €
	Precio € / m² útil planta	203,08 €	215,52 €	248,12 €	230,72 €	216,39 €	218,43 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	11 297,38 €	11 782,66 €	13 834,19 €	13 155,55 €	12 206,52 €	12 286,15 €
	Precio € / m² fachada	537,97 €	561,08 €	658,77 €	626,45 €	581,26 €	585,05 €
	Precio € / m² útil planta	289,68 €	302,12 €	354,72 €	337,32 €	312,99 €	315,03 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	11 790,80 €	12 276,08 €	14 327,61 €	13 648,98 €	12 699,94 €	12 779,58 €
	Precio € / m² fachada	557,18 €	580,29 €	677,98 €	645,67 €	600,47 €	604,27 €
	Precio € / m² útil planta	300,02 €	312,46 €	365,07 €	347,67 €	323,33 €	325,37 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	15 078,21 €	15 563,49 €	17 615,03 €	16 936,39 €	15 987,36 €	16 066,99 €
	Precio € / m² fachada	718,01 €	741,12 €	838,81 €	806,49 €	761,30 €	765,09 €
	Precio € / m² útil planta	422,36 €	435,95 €	493,42 €	474,41 €	447,83 €	450,06 €
TIPO 6: CÁMARA VENTILADA CON APOYO/REFRIGERANTE DE AIRE	Importe módulo (4,2m x 5m) P.C.	16 259,83 €	16 717,72 €	18 655,35 €	18 016,51 €	17 117,90 €	17 192,99 €
	Precio € / m² fachada	774,24 €	796,08 €	888,35 €	857,83 €	815,14 €	818,71 €
	Precio € / m² útil planta	455,44 €	468,28 €	522,56 €	504,61 €	479,49 €	481,60 €
	Importe con sobrecimiento fijo módulo (4,2m x 5m) P.C.	19 636,45 €	20 095,13 €	22 032,76 €	21 393,93 €	20 495,31 €	20 570,41 €
	Precio € / m² fachada	935,07 €	956,91 €	1 049,18 €	1 018,66 €	975,97 €	979,54 €
	Precio € / m² útil planta	550,04 €	562,89 €	617,16 €	599,21 €	574,10 €	576,20 €
	Importe con sobrecimiento orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	21 120,11 €	21 578,80 €	23 516,42 €	22 875,59 €	21 978,97 €	22 054,07 €
	Precio € / m² fachada	1 005,72 €	1 027,56 €	1 119,83 €	1 089,31 €	1 046,62 €	1 050,19 €
	Precio € / m² útil planta	591,60 €	604,45 €	658,72 €	640,77 €	615,66 €	617,76 €
	Importe con sobrecimiento fijo y orientable módulo (4,2m x 5m) P.C.	24 497,52 €	24 956,21 €	26 893,84 €	26 253,00 €	25 356,39 €	25 431,48 €
	Precio € / m² fachada	1 166,55 €	1 188,39 €	1 280,66 €	1 250,14 €	1 207,45 €	1 211,02 €
	Precio € / m² útil planta	686,21 €	699,05 €	753,33 €	735,38 €	710,26 €	712,37 €

Ilustración 35. Esquema de costes de inversión para los distintos casos.

3.2.5.1.3 Validación de resultados

Para llegar a un resultado ajustado a la realidad se contrastaron los resultados obtenidos a través de las bases de precios anteriormente citadas con la experiencia del Consorci de la Zona Franca en construcciones recientes.

Se tomó como referencia el edificio de oficinas Eureka UAB, en Cerdanyola del Vallés. El edificio Eureka fué el elegido por contar con un muro cortina similar a los proyectados en las diferentes soluciones de fachadas y por ser de reciente construcción. De esta manera

1	Muro cortina Edificio Eureka	
m ²	Mur cortina d'alumini tipus MC+ amb acabat anoditzat plata mate de Technal o equivalent, amb montants i travessers de 52x140mm amb trencament de pont tèrmic integrat al sistema mitjançant interposició de junta contínua de EPDM entre perfils estructurals i tapetes. Tapetes d'alumini horitzontal tipus J384 de Technal o equivalent i tapetes verticals tipus 6613 de Technal o equivalent. Finestres d'apertura italià amb els quatre cantells segellats amb silicones estructurals i estanqueïtat marc-fula amb juntes EPDM. S'inclouen remats, segellats, elements de fixació, mitjants auxiliars i tot el necessari per tenir la partida totalment acabada segons plànols de	
€	Total partida fachada completa	306.576,39 €
m ²	Medición	1265,54
€	Total partida	242,25 €
€	Total partida presupuesto muro cortina tipo 2: Fachada continua	203,59 €
	Factor corrector (partida eureka/partida original)	1,19

Ilustración 36. Partidas económicas para el edificio Eureka UAB y comparativa con los valores teóricos.

El análisis comparado de las valoraciones teóricas con las reales del edificio Eureka comporta una variación del P.E.M. de aproximadamente un 20% superiores del caso del edificio real en comparación con los de los modelos.

Considerando las múltiples partidas existentes en la elaboración de los P.E.M. teóricos (y por supuesto en el real), y por ello la cantidad de factores que podían ser responsables de la desviación entre el real y el teórico, se optó por aplicar un factor corrector a todos los apartados de cada una de las partidas, a fin de que el resultado final fuera fiel a la realidad, pero que también lo pudieran ser cada uno de sus apartados.

3.2.5.2 SUBTAREA 5.2: CÁLCULO DE LOS COSTES DE LA VIDA ÚTIL DE LOS EDIFICIOS.

En este sentido, se entendió como el cálculo de los costes de vida útil de los edificios a los costes económicos derivados del pago de la factura energética de los consumos térmicos y lumínicos para cada uno de los escenarios.

Dicho cálculo se establece de forma directa a partir de los datos obtenidos en la Tarea 4, multiplicando el valor de las variables de consumo térmico y lumínico por un precio de la energía. La variabilidad temporal del precio de la energía hace que la selección de este parámetro multiplicador se de alguna manera arbitrario. La única opción viable es utilizar el precio de la energía eléctrica vigente en el momento de hacer el presente análisis y, en el indicador económico global detallado en la siguiente subtarea, considerar la evolución de dicho precio. Como valor de partida se ha utilizado 0.1156€/kWh_e.

3.2.5.3 SUBTAREA 5.3: CÁLCULO GLOBAL DE COSTES Y CICLO DE VIDA ECONÓMICO.

El objetivo final de la SubTarea 5.3 (y de la propia Tarea 5) era establecer el ciclo de vida económica de los distintos casos analizados en la Tarea 4, y definir dicha metodología de cálculo de manera que posteriormente se pudiera aplicar a los resultados de la Tarea 6.

En este sentido se entiende como ciclo de vida económico de los edificios, como la variable de segundo orden que considere los distintos costes que intervienen durante la vida útil de un edificio. Dichos costes deben incluir: la inversión inicial de construcción del edificio (incluyendo los costes de máquinas y otros), los costes de mantenimiento (tanto del edificio como de sus equipamientos), los costes de operación (o factura energética) y otros costes.

Aunque inicialmente se planteó el uso del indicador LCCA (Life Cycle Cost Analysis), durante el desarrollo de la SubTarea también se valoraron otros indicadores económicos típicos como el LEC (Levelised Energy Cost), el VAN y el TIR. Del análisis detallado de cada uno de ellos, se valoró que los más indicados resultaban el LCCA y el LEC. Cada uno de ellos, sin embargo, presentaba limitaciones al considerar la realidad del proyecto propuesto; por un lado el LCCA considera diversos factores que no se valoran en el estudio por la propia naturaleza de este. Por otro lado, el LEC que suele utilizarse en el sector de la energía pero que comporta que el sistema valorado, produzca energía (por ejemplo, un sistema solar) y no la consuma toda, como es el caso de los edificios.

Por todo ello, finalmente se optó por definir un LCCA personalizado a la casuística del proyecto: el Coste de la Vida Útil del edificio anualizado ($CVU_{anualizado}$). Dicho indicador considera la mayoría de variables que utiliza el LCCA pero despreciando los costes de la deconstrucción y reciclaje de materiales, y considerando el resto de variables según la naturaleza del proyecto. Esto es, los costes de inversión solo hacen referencia al edificio, y no a los equipamientos que este tenga, y los costes de mantenimiento no consideran las máquinas, sino solo el edificio. Estas hipótesis se establecieron, como se comentó al principio del capítulo, para ser consecuentes con la naturaleza del proyecto en relación a la tipología de edificios y no de sus sistemas o equipamientos. Finalmente el indicador obtenido (CVU) se normalizo a un valor anual.

La representación matemática de dicho índice se establece según

$$CVU_{anualizado} = [C_{inv} + C_M \times [1/(d-i) \times (1 - ((1+i)/(1+d))^N)] + C_O \times [(1/(d-ipe) \times (1 - ((1+ipe)/(1+d))^N))]] / N$$

En donde

- ✓ C_{INV} son los costes de inversión,
- ✓ C_M son los costes de mantenimiento,
- ✓ C_O son los costes de operación,
- ✓ d es la tasa de actividad, establecida en el 6%
- ✓ i es el IPC estimado, valorado en el 3%
- ✓ ipe es el índice de evolución del precio de la energía, valorado con el 4.5%, y
- ✓ N son los años de vida útil del edificio, entendido como los años en que este es operativo sin la necesidad de llevar a cabo una reforma integral, valorado en 30 años.

En este sentido cabe destacar que, aunque en la propuesta original del proyecto no se valoró la posibilidad de incorporar al análisis los costes de mantenimiento de los edificios, en el desarrollo de esta Tarea, se consideró interesante su incorporación al análisis. Aunque dichos costes sean inferiores a los de inversión y, por supuesto, a los de operación del edificio, al ser estos variables para los distintos casos se razonó que su incorporación resultaría interesante. Además, y desde un punto de vista de los usuarios finales de los resultados del análisis, la incorporación de dichos costes da una mayor solidez al proyecto. El cálculo de los costes de mantenimiento se desarrolló en base a las descripciones de las soluciones constructivas de los distintos escenarios, y al correspondiente apartado de la herramienta de cálculo de costes del ITeC⁴.

Una vez establecida la metodología de cálculo para cada uno de los factores influyentes en el coste total, se han evaluado para cada uno de los casos analizados en el *escenario 0*. Dada la naturaleza del análisis y las variables que en él intervienen, este análisis se desarrolló directamente en las herramientas Excel desarrolladas a tal efecto y relativas a las que se establecieron para la visualización global de la Tarea 4. Esto es, para la Tarea 5, se desarrolló una nueva *sábana* que pretende mostrar de una manera muy visual la información cualitativa de los resultados. Nuevamente, y en vez de un abrumar con una acumulación de datos, la idea es mediante una gradación de colores, mostrar un comportamiento general de los escenarios.

Para el caso de los costes asociados a cada uno de los casos del *escenario 0*, las variables representadas son:

- ✓ Coste climatización (calefacción + refrigeración)
- ✓ Coste iluminación
- ✓ Coste total
- ✓ Coste de inversión
- ✓ CVU_{anualizado}

En dicha representación no se ha incluido de forma visual los costes de mantenimiento de los edificios, aunque estos quedan considerados internamente en el indicador CVU_{anualizado}. Igualmente, para cada una de las variables se ha utilizado una coloración distinta para facilitar la comprensión visual de los resultados. En concreto:

- ✓ Coste climatización – escala de colores azules claros
- ✓ Coste iluminación – escala de colores grises
- ✓ Coste total – escala de colores amarillos-naranjas
- ✓ Coste de inversión – escala de colores violetas
- ✓ CVU_{anualizado} – escala de colores azules oscuros

Como se comentó al inicio del presente capítulo, la valoración económica de los distintos casos se lleva a cabo tanto con el fin de trabajar con unas variables más comprensibles para el público o algunos de los actores implicados, como para introducir otros parámetros en juego. Desde el primer punto de vista, la interpretación de algunas de las variables (las tres primeras) solo refuerza las conclusiones que ya se expresaron en la Tarea 4. Sin embargo, y desde el segundo punto de vista, existen conclusiones específicas que se establecen al analizar los valores, o tonalidades, de la variable CVU_{anualizado}. A continuación se muestra la *sábana* de resultados económicos;

⁴ Llibre de preus de referència del ITeC. © ITeC 2010

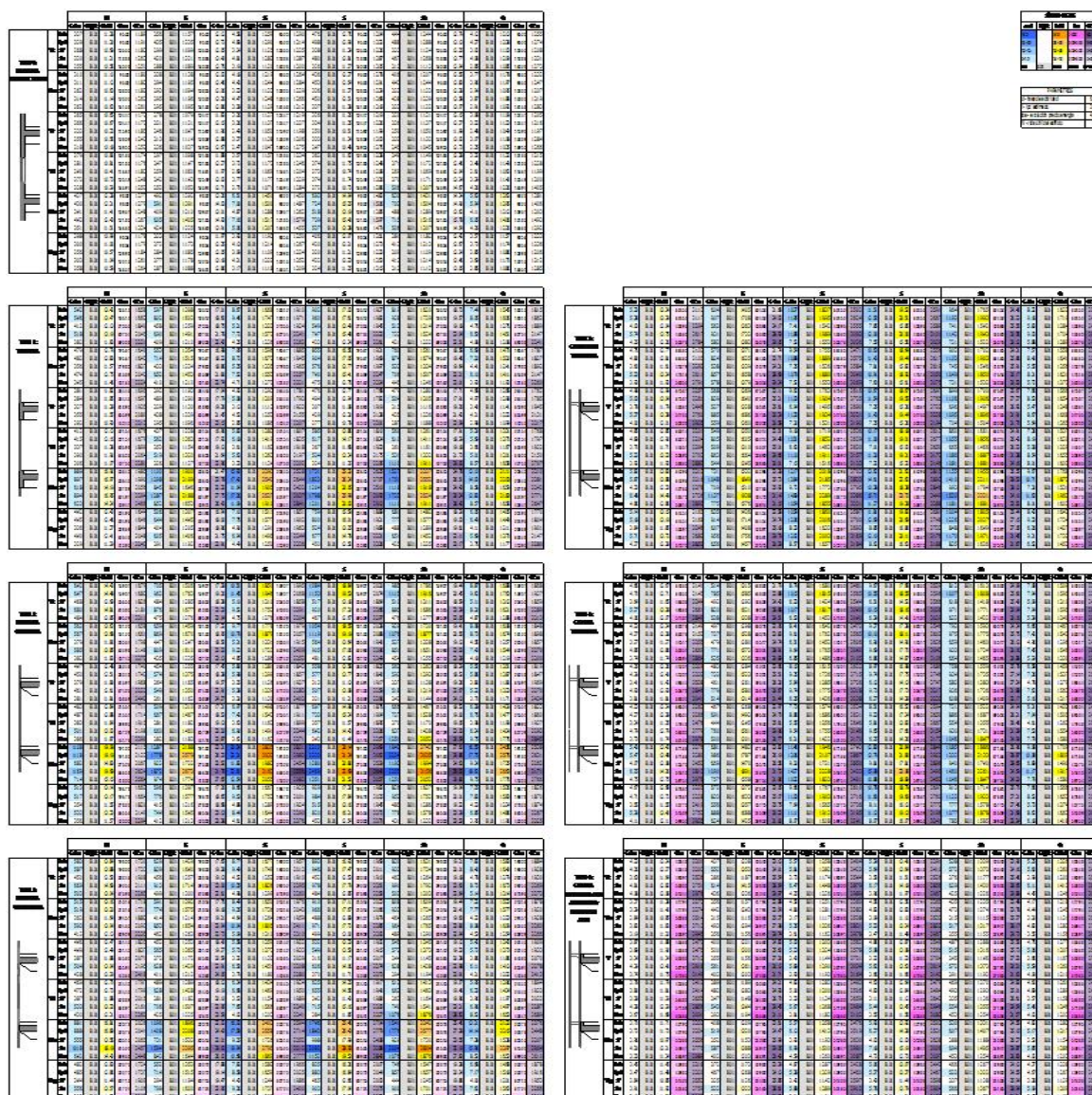


Ilustración 37. Sábana de economía de los casos del escenario 0.

En donde, a pesar de confirmar algunas tendencias entre fachadas (la fachada de referencia opaca continúa comportando un ahorro considerable respecto a las otras), aparece una nueva conclusión que es que, los elevados costes de inversión y mantenimiento relativas a las fachadas de doble piel, hacen que en la mayoría de los casos, estas resulten claramente penalizadas. Si bien los análisis energéticos ya dibujaban esta tendencia, entonces existía la excepción de la fachada ventilada con recirculación del aire por forjado. En la presente valoración, si bien esta tipología de fachada es la mejor entre las de doble piel, sus valores de $CVU_{anualizado}$ son peores, en general, que en el resto de casos de piel simple.

Es decir, desde el punto de vista económico y para los casos analizados y las hipótesis establecidas, siempre será mejor construir edificios *opacos* que *transparentes* y, en el caso de que la elección sea la segunda, el uso de doble piel penalizará más la economía del organismo gestor (entendiendo que este último, pagará la inversión del edificio sea o no el promotor). De un análisis más detallado de los valores resultantes es posible obtener más conclusiones de segundo orden.

3.2.6 TAREA 6: ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE GESTIÓN Y USO DE LOS EDIFICIOS

El desarrollo del trabajo propuesto, se realiza en base a los contenidos de las distintas subtarear programadas y el alcance de estas en pro de conseguir los resultados finales.

El objetivo final de esta Tarea, y en parte del proyecto global, era la determinación del peso del comportamiento de los usuarios en los consumos energéticos y económicos globales de los distintos modelos de edificios. De esta manera, la presente actividad tenía un doble fin:

- ✓ Por un lado dicha valoración del peso de los comportamientos de los usuarios en los consumos finales, debería justificar la valoración de los usuarios finales como grandes moduladores de los consumos finales de los edificios analizados.
- ✓ Por otro lado, se puede interpretar que estos comportamientos se podrían modular no solo en base a la mentalización de los distintos actores que participan en el diseño y la explotación de este tipo de edificios, sino considerando el uso de elementos demóticos.

En este sentido, y partiendo de que en el *escenario 0* los distintos casos analizados correspondían a situaciones que pretendían simular casuísticas reales y no comportamientos optimizados, se ha trabajado en la dirección de estudiar modelos de gestión y uso de los edificios que permitan mejorar las condiciones energéticas y económicas de la operación de las construcciones.

En este sentido, se reconocen distintos parámetros dependientes del usuario que pueden condicionar el consumo energético (y la explotación económica) final de los edificios. De todos ellos, se han escogido aquellos que mantengan la coherencia con el marco del estudio, esto es, con el análisis de edificios de oficinas transparentes. Por este motivo, el análisis desarrollado en esta tarea se ha focalizado en aquellos elementos que, con la posibilidad de ser dependientes del comportamiento de los usuarios, sean considerados elementos característicos de los edificios de oficinas transparentes. Así pues, el análisis se ha centrado en las variaciones que puedan existir al operar de distintas formas los elementos de sombra móviles y el encendido y apagado de la iluminación artificial.

Con este fin y considerando el marco del proyecto y, sobre todo, de las herramientas y metodologías de análisis utilizadas, se ha llevado a cabo el análisis de los distintos escenarios (*escenario 1, 2 y 3*) para aquellos casos considerados representativos y manteniendo, en todo momento, la coherencia con las posibilidades de las herramientas empleadas en las simulaciones.

A continuación se pasa a detallar el planteamiento de dichos contenidos y el alcance para las subtarear correspondientes realizadas durante el 2009, así como los resultados obtenidos hasta fin del período presentado.

3.2.6.1 TAREA 6.1: ANÁLISIS DE MODELOS TEÓRICOS DE USO Y GESTIÓN DE EDIFICIOS

Considerando la finalidad de la Tarea 6 y, en concreto, de esta SubTarea 6.1, antes de ejecutar nuevas simulaciones y obtener las correspondientes conclusiones, se procedió a analizar la operación o gestión de los edificios monitorizados y la evaluación que, de las condiciones de los mismos, hacían sus usuarios. El fin de este análisis era determinar cuáles eran aquellos parámetros de operación de los edificios que podían depender de los usuarios de los mismos tanto desde la vertiente de oportunidad (factores al alcance de los usuarios), como desde la vertiente de la necesidad (factores que los actores desearían modificar arrastrados por el disconfort).

Es decir, por un lado se debe considerar aquellos elementos o factores a los que pueden acceder los usuarios del edificio y que varían las condiciones de operación (consumo) de los mismos (en la mayoría de los casos, termostatos, elementos de sombra móviles, iluminación y abertura de ventanas), frente a otros dados en el diseño (operación de las máquinas, distribución de espacios, etc.). Por otro lado, y muchas veces reafirmando lo anterior, el disconfort (térmico o lumínico) de los usuarios es lo que les suele empujar a realizar determinadas acciones (operar el edificio) que condicionen su propio confort. Este análisis realizado en los edificios monitorizados en la Tarea 1 del proyecto es el que debe reafirmar y dar coherencia a los escenarios que se plantean en la Tarea 6, más que las posibilidades teóricas de mejora de los casos del *escenario 0*. De esta manera, se han valorado las condiciones de operación de los edificios reales, y se han analizado las encuestas de satisfacción, tanto las presentadas en la Tarea 1, como las que mensualmente se llevan a cabo a nivel térmico (en donde el disconfort se valora con una nota de 0 y, el máximo confort, con una nota de 10).

3.2.6.1.1 Evaluación de los modelos de operación y gestión de los edificios auditados vs. el confort de los usuarios

Edificio Nexux I.

El modelo de gestión y operación de este edificio tiene las siguientes características principales:

- ✓ *Clima*: Sistema centralizado y regulado por un gestor. Debido a la realización de particiones diferentes a las previstas en el diseño original, se han instalado algunas máquinas de soporte con su correspondiente termostato.
- ✓ *Iluminación*: Cada oficina controla y paga su sistema de iluminación. El gestor del edificio controla la iluminación de las zonas comunes.
- ✓ *Elementos de sombra móviles*: El edificio no cuenta con elementos de sombra móviles.
- ✓ *Apertura ventanas*: El edificio no dispone de ventanas practicables.

En este edificio el grado de interacción del usuario queda limitado a la posibilidad de alterar las temperaturas de clima, en los casos en que las oficinas cuenten con máquinas independientes. Esto genera unas situaciones de disconfort de los usuarios que se resumen en un disconfort por frío en invierno de los usuarios de la orientación norte y un disconfort por calor en verano para las orientaciones sur y oeste. Este hecho deriva en las situaciones de disconfort expresadas por los usuarios en las encuestas mensuales que se muestran a continuación.

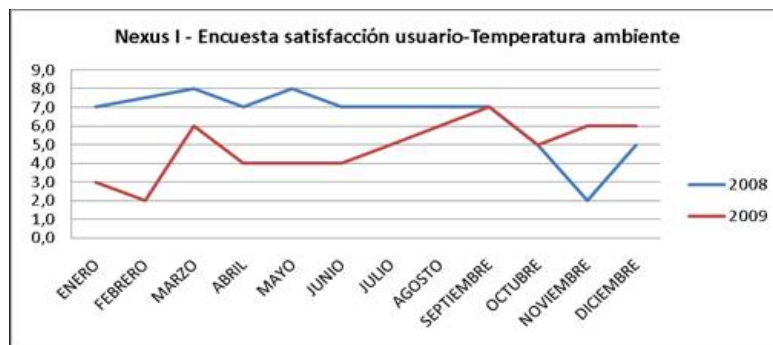


Ilustración 38. Representación de las valoraciones de confort según las encuestas mensuales del edificio Nexus I.

En donde, cabe destacar que se produjo una avería de máquina de clima en noviembre de 2008 y que no se solucionó hasta mediados de 2009, lo que empeoró las valoraciones en este período.

Edificio Nexux II.

En el edificio Nexux II, el modelo de gestión y operación viene determinado según:

- ✓ *Clima:* Sistema centralizado y regulado por un gestor. Debido a la realización de particiones diferentes a las previstas en el diseño original, se han instalado algunas máquinas de soporte con su correspondiente termostato.
- ✓ *Iluminación:* Sectorizado por oficinas. El usuario puede encender y apagar la luz de la zona. El gestor del edificio controla la iluminación de las zonas comunes.
- ✓ *Elementos de sombra móviles:* El edificio cuenta con elementos de sombra móviles.
- ✓ *Apertura ventanas:* El edificio no dispone de ventanas practicables.

En este edificio el usuario puede regular la temperatura de la zona y hacer uso de los elementos de sombra.



Ilustración 39. Representación de las valoraciones de confort según las encuestas mensuales del edificio Nexus II.

En donde se observan problemas de sobrecalentamiento, incluso en invierno, más acusados en orientación oeste.

Igualmente, y del análisis de las monitorizaciones y encuestas específicas de la Tarea 1 del proyecto, se observa que los usuarios también padecen un exceso de luminosidad, que se soluciona parcialmente con los elementos de sombra móviles, pero que no son suficientes para evitar el discomfort por calor todo el año.

Edificio El Pla.

Para este edificio, el modelo de gestión y operación tiene las siguientes características principales:

- ✓ *Clima:* Sistema centralizado, con algunas máquinas de soporte con su correspondiente termostato.
- ✓ *Iluminación:* Sistema sectorizado, cada oficina controla y paga su consumo en iluminación. El gestor del edificio controla la iluminación de las zonas comunes.
- ✓ *Elementos de sombra móviles:* El edificio cuenta con elementos de sombra móviles.
- ✓ *Apertura ventanas:* El edificio dispone de ventanas practicables.

En donde el usuario puede regular la temperatura de la zona y hacer uso de los elementos de sombra.

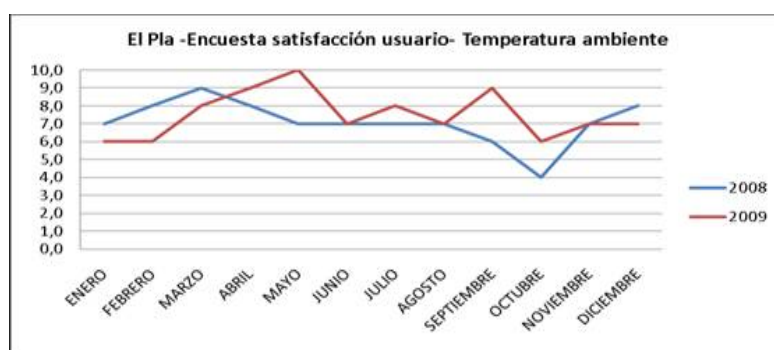


Ilustración 40. Representación de las valoraciones de confort según las encuestas mensuales del edificio El Pla.

En donde nuevamente se producen sobrecalentamientos y exceso de luz en la orientación sur-este. Se da la circunstancia de que un usuario controla la temperatura de varios despachos situados en diferentes orientaciones de fachada, lo que provoca discomfort, normalmente por calor de los usuarios de la fachada sur-este.

Edificio Zepi.

El modelo de gestión de este edificio viene determinado por:

- ✓ *Clima:* Termostatos en cada una de la oficinas de diseño original del edificio.
- ✓ *Iluminación:* Sistema sectorizado, cada oficina controla y paga su consumo en iluminación. El gestor del edificio controla la iluminación de las zonas comunes.
- ✓ *Elementos de sombra móviles:* El edificio cuenta con elementos de sombra móviles.
- ✓ *Apertura ventanas:* El edificio dispone de ventanas practicables.

En este edificio algunos usuarios pueden regular la temperatura de la zona y hacer uso de los elementos de sombra.

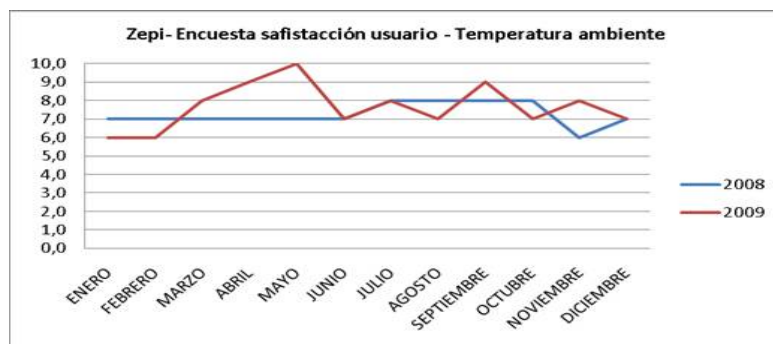


Ilustración 41. Representación de las valoraciones de confort según las encuestas mensuales del edificio Zepi.

También en este caso se producen sobrecalentamientos en las oficinas con orientación sur-este, debido a que la sectorización interna en oficinas no coincide con la presencia de termostatos ni necesariamente con los difusores de clima. No es posible tener confort térmico simultaneo entre zonas interiores, zonas NE y zonas SW

Edificio BP.

El modelo de gestión de este edificio tiene las siguientes características principales:

- ✓ *Clima*: Sistema sectorizado con posibilidad de regulación en cada zona.
- ✓ *Iluminación*: Sistema sectorizado, el usuario gestiona el control de la iluminación de la zona. Iluminación sectorizada en interior de zonas pero SIN sensores de presencia
- ✓ *Elementos de sombra móviles*: El edificio cuenta con elementos de sombra móviles, en concreto lamas verticales exteriores.
- ✓ *Apertura ventanas*: El edificio dispone de ventanas practicables.

En este edificio los usuarios puede regular la temperatura de la zona, controlar el uso de la iluminación y de los elementos de sombra.

Aunque en este edificio no se realiza encuesta mensual de satisfacción de usuario, si se detectó, durante las encuestas realizadas en la Tarea 1 que, en los períodos de entretiempo se existía disconfort por frío.

Edificio Aduana.

En dicho edificio, los elementos de gestión y operación del edificio se definen según:

- ✓ *Clima*: Sistema sectorizado con posibilidad de regulación en despacho, no en zonas comunes.
- ✓ *Iluminación*: Sistema sectorizado, el usuario gestiona el control de la iluminación de la zona. Iluminación sectorizada en interior de zonas pero SIN sensores de presencia.
- ✓ *Elementos de sombra móviles*: El edificio no cuenta con elementos de sombra.

- ✓ *Apertura ventanas:* El edificio dispone de ventanas practicables.

En este edificio los usuarios pueden regular la temperatura de la zona, controlar el uso de la iluminación, aunque no se dispone de elementos de sombra.

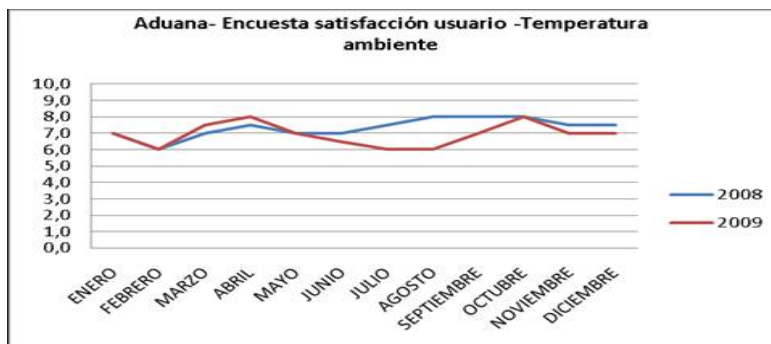


Ilustración 42. Representación de las valoraciones de confort según las encuestas mensuales del edificio Aduanas.

En donde no se obtienen unas puntuaciones correspondientes al máximo de confort, pero los valores son razonablemente satisfactorios y sin grandes situaciones de disconfort ni por frío ni por calor.

Edificio Sede Central de El Consorci.

Aunque dicho edificio no formaba parte de los casos reales de análisis en la Tarea 1 del proyecto, se valoró positivamente la posibilidad de analizar las encuestas de satisfacción mensuales que en él se llevan a cabo. La valoración de estas permite enriquecer las conclusiones de esta SubTarea.

En el presente caso, el modelo de gestión de este edificio tiene las siguientes características principales:

- ✓ *Clima:* Sistema sectorizado con posibilidad de regulación de temperatura en despachos, no en zonas comunes. Existe un sistema de gestión centralizado para todo el edificio, con temperaturas de consigna fijas todo el año.
- ✓ *Iluminación:* Sistema centralizado. Los despachos cuentan con la posibilidad de regular la iluminación, pero no las zonas comunes ni las zonas de trabajo diáfanas. Existen detectores de presencia.
- ✓ *Elementos de sombra móviles:* El edificio cuenta con elementos de sombra.
- ✓ *Apertura ventanas:* El edificio no dispone de ventanas practicables.

En este edificio se realizó recientemente una auditoria energética completa, donde constató que las demandas de refrigeración dominaban durante casi todos los meses del año. También se vio que las fachadas ventiladas no proporcionan ninguna contribución positiva desde el punto de vista de la demanda de energía para clima.

De hecho, la temperatura máxima en la cámara de aire de las fachadas con componente Oeste (W, NW, SW), se encuentra por encima de los 45°C, generando una componente importante sobre la carga térmica de refrigeración.

El efecto del uso de las venecianas situadas en el interior de las fachadas ventiladas como elemento de protección solar tiene un efecto neto de reducción de la demanda total de climatización, pero su efecto se contrarresta por el incremento de la temperatura del aire interior de las fachadas ventiladas, que para las orientaciones W llega a los 50°C.

3.2.6.1.2 Determinación de los modelos de gestión y uso de los edificios a analizar en base a las auditorías, las hipótesis de la Tarea 4 y las herramientas de simulación.

El objetivo final de esta SubTarea era determinar los modelos que permitieran simular las condiciones de operación y gestión de los edificios relacionadas con el consumo energético de los edificios y el confort de sus usuarios. Se planteó en su día la posibilidad, si fuera necesario, de llegar a programar alguna subrutina matemática que considerara el comportamiento de los usuarios. La decisión de cuáles debían ser los modelos a implementar, y si esto debía llevarse a cabo mediante la programación de una subrutina de comportamiento de usuarios, se valoró considerando:

- ✓ *Los objetivos del proyecto TOBEE.* Los posibles modelos de gestión y operación de los edificios a implementar en el seno de esta Tarea, debían considerar los objetivos del proyecto. Esto es, el análisis del comportamiento de edificios de oficinas transparentes en un clima mediterráneo y la posible interacción de los usuarios con el edificio. En este sentido no se debe perder de vista que se trata de un análisis de orden de magnitud y que, los elementos a considerar debían considerar los parámetros característicos de la interacción de los usuarios con este tipo concreto de edificios, y no en general.
- ✓ *Las hipótesis planteadas en la Tarea 4.* Las hipótesis planteadas en el desarrollo de la Tarea 4, no solo condicionaban la lectura de los resultados de la misma, si no añaden una serie de condicionantes técnicos en los posibles modelos a implementar en la Tarea 6 para mantener una coherencia del trabajo. Ello quedará claramente definido en la explicación de los modelos desarrollada en el capítulo siguiente.
- ✓ *Las conclusiones de las monitorizaciones y evaluaciones de encuestas.* Tal como se justifica al inicio del presente capítulo, las conclusiones obtenidas de las monitorizaciones y las encuestas deberían condicionar la decisión de los modelos a implementar de uso y gestión de los edificios. En este sentido, los usuarios de los edificios suelen actuar en consonancia a sus estados de confort y de acuerdo a la realidad de los elementos que les sean permitidos modificar, que suelen venir condicionados por la tipología de edificios.
- ✓ *Las limitaciones de las herramientas.* En donde, es necesario considerar tanto las posibles limitaciones de las herramientas TRNSYS y DaySim como, sobre todo, del acoplamiento de hipótesis entre ambas. Es decir, en este sentido los condicionantes de los modelos a implementar vendrán dados, por un lado, por las limitaciones de aquella herramienta que sea menos abierta a cambios en sus modelos y por otro lado, a que las hipótesis planteadas sean coherentes en ambas herramientas a su vez. Definir un determinado modelo que considere ciertos parámetros de forma muy detallada pero que no sea aplicable a alguna de las dos herramientas, invalida los resultados finales que se pudieran obtener y los hace incomparables con los conseguidos en la Tarea 4. En este sentido, la herramienta DaySim condiciona los parámetros a simular debido a que esta es una herramienta cerrada (contrariamente a lo que ocurre con TRNSYS).

De esta forma, y una vez analizados y evaluados cada uno de los parámetros condicionantes especificados, se descartó la posibilidad de programar una subrutina específica que definiera un comportamiento estocástico de los usuarios de los edificios. Se considero, en este sentido, que no merecía la pena destinar recursos para desarrollar un modelo que solo planteara un escenario alternativo al considerado en la Tarea 4 y que, además, solo podía ser validado desde el punto de vista térmico (por la herramienta TRNSYS), y no por el lumínico (mediante DaySim).

Así el desarrollo de esta subtarea, y en consonancia con el análisis exhaustivo de los distintos condicionantes existentes, permitió concluir con el planteamiento de no uno si no tres escenarios de gestión y operación de los edificios. De esta manera, las conclusiones de la SubTarea fundamentadas en los análisis previos, permitieron definir estos 3 modelos de gestión y operación de los edificios. Los modelos planteados, y explicados en detalle en la siguiente SubTarea, se basan en posibilidades predefinidas en las herramientas o, llegado el caso, en metodologías que utilizan la potencialidad de las herramientas mediante *engaños* a estas.

Esta metodología permitió analizar más casuísticas (o escenarios) que las que inicialmente se plantearon en la propuesta del proyecto y, por ello, ampliar el alcance del estudio.

3.2.6.2 TAREA 6.2: SIMULACIÓN DE COMPORTAMIENTOS DE ESCENARIOS CLAVE EN FUNCIÓN DE USO Y GESTIÓN DE LOS EDIFICIOS

En base a las conclusiones obtenidas de la SubTarea precedente, en esta se debían desarrollar las aplicaciones de los modelos concretos y seleccionar los casos representativos en los que se deberían aplicar estos modelos. Estos dos extremos debían permitir la simulación de la influencia de los usuarios (uso y gestión) en el comportamiento energético y económico de los edificios.

De esta manera, en la SubTarea 6.2 se definieron y se simularon los distintos casos y escenarios seleccionados. En este sentido, cabe recordar que la nomenclatura utilizada se estableció según:

- ✓ **Casos.** Cada una de las situaciones o edificios simulados considerando las variables que definen los modelos matemáticos: tipos de fachadas, de vidrios, de elementos de sombra, y orientaciones.
- ✓ **Escenarios.** Conjunto de casos agrupados según un mismo modelo de operación y gestión de los edificios analizados. De esta manera, todos los casos analizados en la Tarea 4 y correspondientes a un mismo modelo de gestión y operación, se agrupan en el denominado *escenario 0*. Las distintas agrupaciones de casos, según modelos de gestión y operación, definidos en la Tarea 6, conforman los *escenarios 1, 2 y 3*. En cada uno de los escenarios, la nomenclatura se completa con una pequeña descripción con el fin de facilitar la comprensión y lectura.

En este sentido, la definición de los casos y de los escenarios no se realizó de forma lineal, si no que se trata del resultado de un proceso en el que existen referencias cruzadas; de esta manera, la definición de determinados escenarios (o modelos de gestión y uso) puede condicionar la selección de casos de análisis y a la inversa. Pese a ello, y en aras de favorecer la comprensión de las selecciones, a continuación se desganan los distintos casos y escenarios por separado, aunque definiendo

primeramente los escenarios ya que, se entiende que de esta manera resulta más comprensible la selección de los casos de análisis.

3.2.6.2.1 Determinación de los escenarios de análisis en el seno de la Tarea 6.

Tal como se ha especificado, se entiende como escenario al conjunto de casos de edificios que se simulan y analizan considerando un determinado modelos de uso y gestión (u operación). Por tanto, se entiende como *determinación de escenarios* a la definición de dichos modelos de uso y gestión.

Para ello, ya tal como se especificó en la SubTarea precedente, se han considerado aquellos elementos que, siendo característicos de los edificios de oficinas transparentes, puedan depender de la acción de los usuarios. Considerando los distintos elementos que configuran los modelos matemáticos de los edificios estudiados, aquellos que cumplen esta doble condición detallada son: la regulación de los elementos de sombra móviles, y la regulación de los sistemas de iluminación (entendiendo no solo su encendido y apagado, si no la modulación de la potencia de estos).

De la consideración de ambos parámetros, no solo por separado si no de su efecto conjunto, se definen los escenarios de análisis planteados en la Tarea 6. En concreto:

- ✓ **Escenario 0 - Caso base (Tarea 4).** En donde, en los casos de simulación siempre existe iluminación artificial conectada en los perfiles de ocupación, y los elementos de sombra móviles, cuando existen, definen su funcionamiento en base a evitar los deslumbramientos, sin considerar los efectos térmicos que ello conlleve.
- ✓ **Escenario 1 – Optimización lumínica (Tarea 6).** En donde se considera que la iluminación artificial fluctúa en potencia para que, existiendo siempre un nivel lumínico indicado (500 lux), se aproveche al máximo la iluminación natural existente en la zona. En este escenario, y con el fin de poder realizar una lectura apropiada de los resultados que de su análisis se derivan, los elementos de sombra móviles operan de igual manera que en el *escenario 0*.
- ✓ **Escenario 2 – Optimización térmica (Tarea 6).** En donde se considera que los elementos de sombra móviles, cuando existen, priorizan la reducción del sobrecalentamiento de los espacios, esto es, se operan en aras de reducir las demandas de refrigeración. Como en el escenario anterior, también en este caso se mantiene el resto de elementos fijos en relación al escenario 0 (la iluminación artificial siempre está conectada a potencia máxima durante los perfiles de ocupación), con el fin de poder valorar correctamente los resultados.
- ✓ **Escenario 3 – Optimización lumínico-térmica (Tarea 6).** Finalmente se define este tercer escenario como una combinación de los dos precedentes de manera que, en este, la iluminación artificial fluctúa en potencia para que exista siempre un nivel lumínico indicado (500 lux) aprovechando al máximo la iluminación natural y que los elementos de sombra móviles, cuando existen, prioricen la reducción del sobrecalentamiento de espacios.

En concreto, y para los 3 escenarios de cálculo de la Tarea 6, se definen a continuación los detalles de los modelos matemáticos empleados en las simulaciones;

Escenario 1 - optimización lumínica

En donde los detalles técnicos de los modelos que determinan el aprovechamiento máximo de la iluminación natural, vienen dados por:

- ✓ Las sombras móviles se accionan para optimizar el confort lumínico en el plano de trabajo.
- ✓ Se considera que el disconfort se da cuando la radiación directa normal exterior al edificio supera los 50W/m^2 y los rayos del sol inciden en el plano de trabajo.
- ✓ La iluminación (20W/m^2) permanece activada durante todas las horas de ocupación (3463 horas/año), aunque la cantidad de luz artificial se regula mediante una fotocélula, situada en el plano de trabajo a una distancia de 2 m. de la fachada acristalada, que ajusta el aporte de luz artificial necesaria en cada momento para mantener el nivel lumínico indicado (500 Lux).
- ✓ Los cálculos de la demanda térmica se realizan considerando el mismo comportamiento de las sombras móviles y con las cargas internas generadas por la iluminación artificial.

Escenario 2 - optimización térmica

En donde se han considerado los siguientes condicionantes en las simulaciones de los distintos casos,

- ✓ Las sombras móviles se accionan para optimizar el confort térmico no el lumínico como hasta ahora.
- ✓ Se considera que el disconfort se da cuando la radiación directa normal exterior al edificio queda en un rango de 120 y 140 W/m^2 .
- ✓ La iluminación (20W/m^2) se enciende durante todas las horas de ocupación (3463 horas/año) para mantener el nivel lumínico indicado (500 Lux).
- ✓ Los cálculos del confort lumínico se realizan considerando el mismo comportamiento de las sombras móviles que se han empleado para optimizar el confort térmico.

Escenario 3 - optimización lumínico - térmica

En el que se varían los parámetros de las simulaciones de los distintos casos de análisis según,

- ✓ Las sombras móviles se accionan para optimizar el confort térmico no el lumínico como hasta ahora.
- ✓ Se considera que el disconfort se da cuando la radiación directa normal exterior al edificio queda en un rango de 120 y 140 Wm^2 .
- ✓ La iluminación (20W/m^2) permanece activada durante todas las horas de ocupación (3463 horas/año), aunque la cantidad de luz artificial se regula mediante una fotocélula, situada en el plano de trabajo a una distancia de 2 m. de la fachada acristalada, que ajusta el aporte de luz artificial necesaria en cada momento para mantener el nivel lumínico indicado (500 Lux).

Cabe destacar que, en la definición de los distintos escenarios planteados se valoró la posibilidad de considerar las interacciones de los usuarios con los termostatos de las zonas, y que estos fueran capaces de operar la apertura o cierre de las ventanas, variando así las renovaciones por ventilación. Sin embargo, se descartó que estos dos elementos formaran parte de la definición de los escenarios por ser elementos que no suelen caracterizar este tipo de edificios.

3.2.6.2.2 **Determinación de los casos de análisis en el seno de la Tarea 6.**

El objetivo de este trabajo era definir las diferentes tipologías de edificios o casos clave para simular el uso y gestión de los edificios. Para ello se analizaron los resultados obtenidos en la Tarea 4, para proceder a descartar del análisis de la Tarea 6 aquellos casos que se observaron como poco representativos o demasiado similares entre sí. El objetivo último era simplificar el número de casos a analizar para cada escenario si perder por ello, la visión de conjunto y la amplitud de miras del estudio.

Considerando todo ello, se definieron los casos a analizar en la Tarea 6, de entre los definidos en la 4, según:

- ✓ **Orientaciones: Norte y Sur.** Finalmente se consideraron las dos orientaciones más diferentes entre sí, a nivel de resultados de las simulaciones de la Tarea 4, que son la orientación Norte y Sur. El resto de orientaciones ofrecían siempre valores intermedios a los resultantes de estas dos, por lo que fueron descartadas para los análisis de la Tarea 6.
- ✓ **Sombras: casos S2 (sin elementos de sombra), S4 (elementos móviles) y S5 (elementos móviles y fijos).** Los parámetros de sombreado forman parte de la definición de los escenarios de modelos de uso y gestión. Considerando este hecho, se ha valorado el análisis de los tres casos descritos. En concreto, el caso base o de referencia, que se corresponde al caso de no disponer de elementos de sombra, y los casos S4 y S5, correspondientes a los casos que incluyen sombras móviles, ya que son las configuraciones que pueden ser gestionadas.
- ✓ **Ventanas: V1 (claro transparente), V2 (baja emisividad) y V3 (reflejante ligero).** En el caso de tipologías de ventanas, y considerando los condicionantes de máxima amplitud de resultados y mínima coincidencia entre estos, primeramente se descartó en análisis de las tipologías de edificios con vidrios TIM. De los restantes tipos de vidrios, y en base a los resultantes de la Tarea 4 (en donde se demostró que predominaban los consumos de frío y los lumínicos), se consideró que eran agrupables los efectos de los vidrios reflejantes ligeros con los reflejantes fuertes, y de los bajo emisivos con los de cámara de Argón. En base a estas agrupaciones y a los condicionantes de inversión, que suelen regular el tipo de soluciones existentes en edificios reales, se seleccionaron los vidrios V1, V2 (análogo al de cámara de Argón – V6- en comportamientos térmicos y lumínicos), y V3 (análogo al reflejante fuerte –V4- en los comportamientos energéticos analizados).
- ✓ **Fachadas: Todas.** En donde se consideró prioritario analizar todas las fachadas definidas originalmente puesto que se entiende que la selección de solo algunas de ellas para llevar a cabo los análisis de la Tarea 4, podía limitar significativamente la amplitud de vistas de los resultados.

De esta manera, los distintos casos seleccionados configuran un total de 108 casuísticas a simular y analizar para cada uno de los diferentes modelos de uso y gestión definidos (*escenarios 1, 2 y 3*), frente a los 1260 casos originales (*escenario 0*), sin restar, por ello, en la amplitud o la visión de conjunto del estudio llevado a cabo.

La simplificación del número de casos a analizar por escenario, conjuntamente con la metodología desarrollada en las Tareas 4 y 5, ha permitido valorar más escenarios de los que originalmente se plantearon, utilizando los mismos recursos disponibles.

3.2.6.2.3 Cálculo de los escenarios de la Tarea 6 de operación y gestión de los edificios.

En base a las premisas consideradas, y utilizando la metodología de cálculo desarrollada en las Tareas 4 y 5 del estudio, se llevaron a cabo las simulaciones de los distintos casos que configuran los escenarios 1, 2 y 3. Los resultados, análisis y conclusiones de los mismos pueden encontrarse en el capítulo de descripción de la Tarea 6.4 del presente informe.

3.2.6.3 TAREA 6.3: CALIBRACIÓN DE SIMULACIONES EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS AUDITORIAS

En su día se definió esta SubTarea bajo el objetivo de validar el modelo de operación y gestión definido en el seno de la Tarea 6. Dicha validación debía llevarse a cabo, en el caso que finalmente se requiriera de la programación de una subrutina nueva, mediante la comparación de los resultados obtenidos de las simulaciones con los datos de distintas de las monitorizaciones llevadas a cabo en la Tarea 1.

Sin embargo, y tal como se ha especificado en los puntos precedentes, el desarrollo de la Tarea 6 y de los escenarios que la definen, ha llevado implícito el uso de modelos existentes por encima de nuevas subrutinas matemáticas. Recordemos que ello se decidió tanto para dar coherencia a los resultados calculados (en relación a las posibilidades de acoplamiento entre herramientas de análisis), como para ampliar el número de escenarios a analizar y, por tanto, aumentar el abanico de posibilidades de análisis.

De esta manera, la presente SubTarea de calibración de modelos, viene definida no por la comparación de los resultados de las simulaciones con los de las auditorías de la Tarea 1 (que en este marco no tendrían sentido), si no por la selección de hipótesis de cálculo coherentes con los escenarios reales. Dichas hipótesis se definieron en el capítulo precedente y, al hacerlo, se consideraron las realidades observadas durante las visitas llevadas a cabo en la Tarea 1.

Por todo ello, y considerando que los modelos matemáticos existentes ya fueron calibrados con anterioridad en la Tarea 4 del estudio, el objetivo de la presente SubTarea ya se consideró alcanzado al definir unas hipótesis de escenarios coherentes con los edificios visitados.

3.2.6.4 TAREA 6.4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El objetivo de esta subtarea es determinar como afecta el uso que los usuarios hacen del edificio y sus instalaciones, en el consumo energético. A partir de los diferentes escenarios de gestión y uso y sobre las tipologías definidas (SubTareas 6.1 a 6.3), se presentan los resultados de los diferentes escenarios sobre las tipologías definidas, el análisis de las cuales deberá ser la base de las conclusiones finales del proyecto.

Los resultados no se presentan en su totalidad, dada la gran cantidad de información (disponible en su totalidad en la plataforma de comunicación). En este sentido se procede a presentar los gráficos y resultados que consideramos más representativos, y las conclusiones para cada uno de los escenarios. Para cada uno de ellos se mostraran resultados en los distintos formatos desarrollados en las Tareas 4 y 5, incluyendo las correspondientes *sábanas*.

En relación a las *sábanas*, cabe considerar que solo se muestran las relativas a los consumos energéticos y las de los consumos económicos por entenderse que son

estas las que ofrecen mayor información y en aras de facilitar la comprensión del informe. En el caso de la Tarea 6, las sábanas se construyen solo en base a los casos simulados y, por ello, aparecen muchos de los casos en blanco. Igualmente es de destacar que las sábanas se han construido de la misma manera que se hicieron en las Tareas 4 y 5 variando, tan solo, los resultados de las simulaciones y dejando igual el resto de los parámetros de las definen.

Esta hipótesis, lógica para la mayoría de los parámetros, necesita ser matizada en relación a los valores de inversión establecidos para los distintos casos de las *sábanas* económicas. En este sentido, las inversiones establecidas para los distintos escenarios de la Tarea 6, no consideran los costes de los sensores ni otros elementos domóticos responsables de la regulación de la iluminación y de los elementos de sombra móviles. Se ha procedido de esta forma al considerar:

- ✓ Que existen múltiples soluciones de mercado, con las respectivas variaciones en inversión, capaces de cumplir con los condicionantes establecidos.
- ✓ Que puestos a escoger una solución determinada, esta sería la misma para todos los escenarios, de forma que el efecto comparativo entre casos de escenarios no quedaría condicionado fuera cual fuera la solución adoptada.
- ✓ Que los costes de estos elementos, de forma comparativa al resto de los costes de inversión, mantenimiento u operación de los edificios, son mínimos y, por ello, su no valoración no comporta variaciones en las tendencias o comparativas que se puedan establecer.

Por todo ello, y dado el marco del estudio, no se ha procedido a la valoración de estos elementos aunque, su incorporación en futuros desarrollos fuera del marco presente, sea considerable de forma sencilla por la propia estructura de la herramienta de visualización de resultados y por la homogeneidad de estos costes.

Igualmente, y al final del capítulo, se presentan unas conclusiones globales del análisis completo de la tarea, esto es, de los análisis cruzados entre escenarios.

3.2.6.4.1 Resultados, análisis y conclusiones del Escenario 1 (Optimización lumínica).

En el escenario 1 (de optimización lumínica) se define y analiza un modelo de operación del edificio en el que se pretende reducir el consumo de electricidad por iluminación aprovechando al máximo la iluminación natural. Por ello se presupone la existencia de sensores de iluminación natural que permitan la regulación gradual de la potencia de iluminación artificial, considerando que exista un confort lumínico durante todas las horas de ocupación del edificio.

El hecho de introducir este modo de operación del edificio, también influye en los consumos de climatización (calefacción, refrigeración sensible y latente) debido a que la implementación de potencias de iluminación variables, condiciona las cargas internas existentes en las zonas, aumentando o disminuyendo las necesidades de clima.

Es posible realizar un primer análisis de detalle, observando los resultados parciales obtenidos;

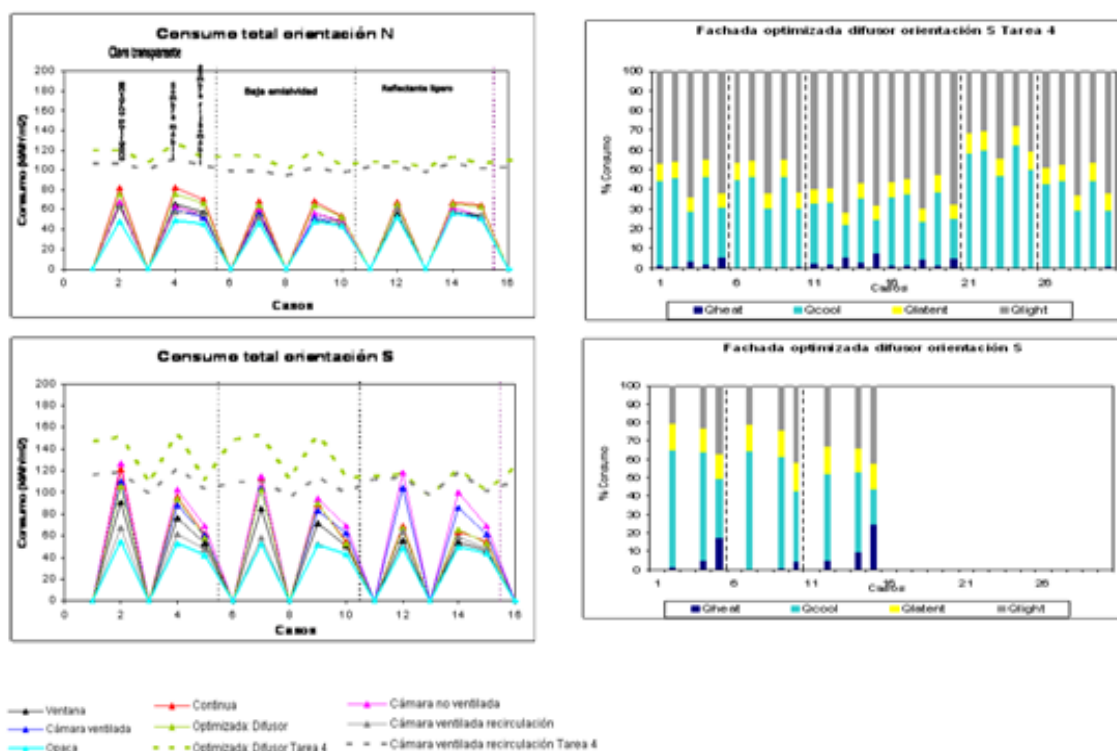


Ilustración 43. Ejemplos de consumos totales (climatización e iluminación) y de distribución de estos para distintos casos del Escenario 1.

En donde es posible apreciar que, el hecho de que existan sensores de iluminación que permitan graduar la potencia de las luminarias, influye en el consumo eléctrico y, a su vez, en unas menores cargas internas en el edificio. De esta forma:

- ✓ Unas menores cargas internas, derivan en una reducción considerable de las demandas de frío en los distintos escenarios, con la excepción de la fachada ventilada en la que este efecto es menor. Las demandas de calor latente, de forma coherente, se mantienen iguales.
- ✓ Unas menores cargas internas, derivan en un aumento de las demandas de calor, aunque estas continúan siendo claramente residuales en comparación a las otras.
- ✓ La graduación de la potencia de iluminación en base a sensores de luz natural, comporta una evidente reducción de los consumos de iluminación.
- ✓ Considerando que se reducen ostensiblemente las demandas de frío e iluminación y aumentan sensiblemente las de calefacción, los consumos globales se reducen.
- ✓ La distribución de los consumos se equilibra en todos los casos debido a que los consumos de iluminación pasan a ser más o menos equivalentes a los de frío. Los consumos de calor continúan siendo residuales.

Los resultados y las conclusiones derivadas del análisis de estos para el Escenario 1, pueden apreciarse de forma más sencilla, mediante la visualización de las respectivas sábanas de consumo energético y económico;

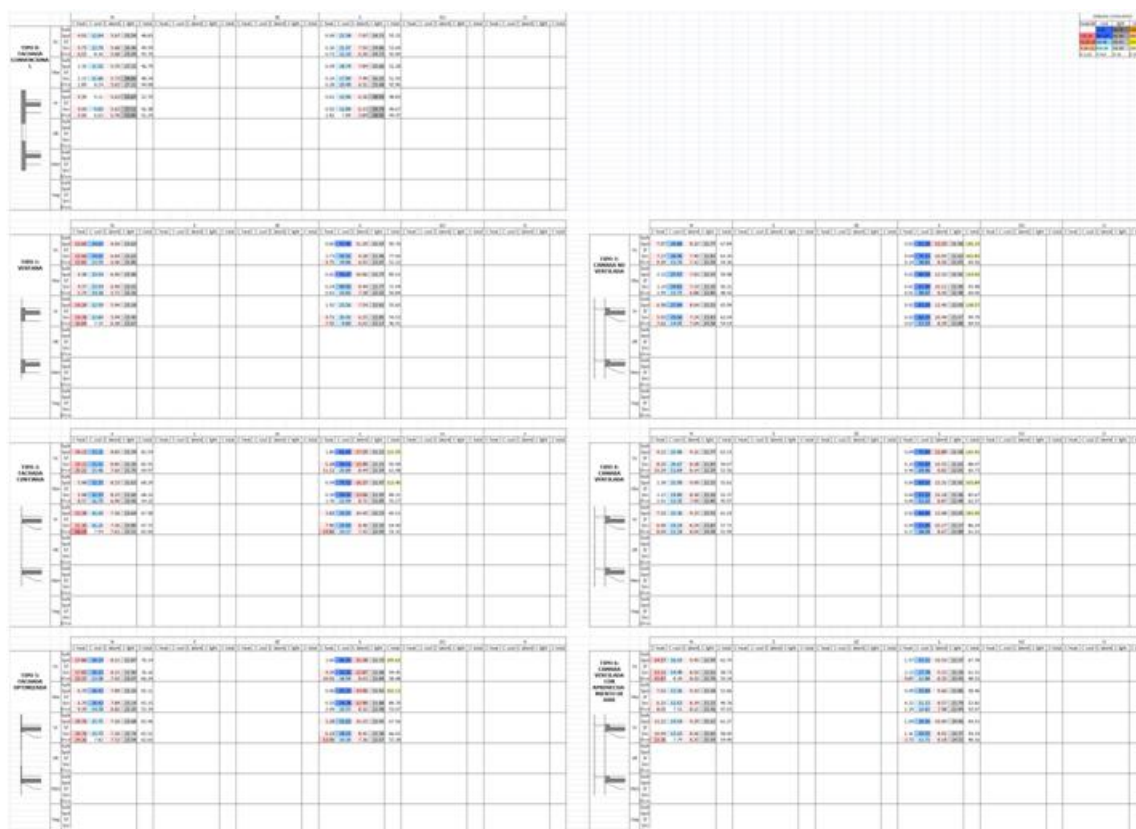


Ilustración 44. Sábana de consumos energéticos del Escenario 1.

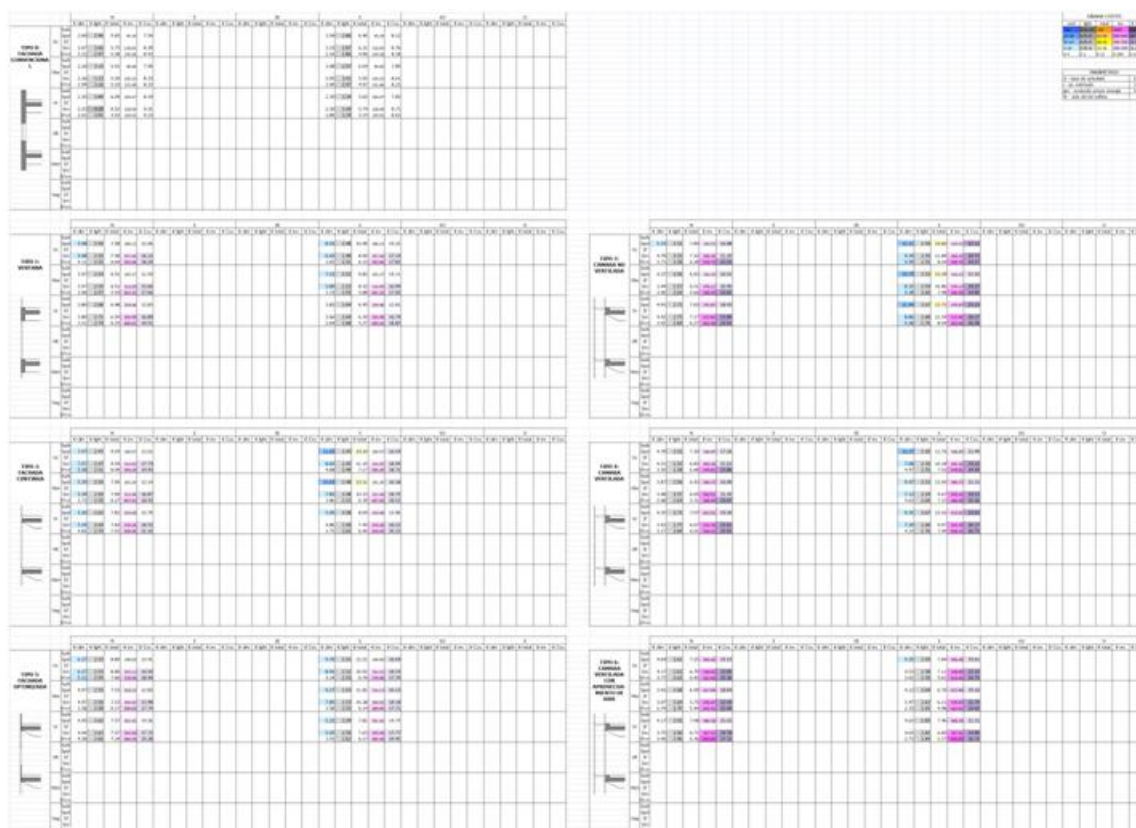


Ilustración 45. Sábana de consumos económicos del Escenario 1.

3.2.6.4.2 Resultados, análisis y conclusiones del Escenario 2 (Optimización térmica).

En el escenario 2 (de optimización térmica) se define y analiza un modelo de operación del edificio en el que se pretende reducir el consumo energético destinado a cubrir las demandas de clima, mediante una regulación de los elementos de sombra que permita evitar los sobrecalentamientos. Por ello se presupone la existencia de sensores de radiación solar directa que permitan la regulación del movimiento de los elementos de sombra.

La simulación de este escenario presupone dejar las hipótesis de funcionamiento de iluminación tal como se establecieron en el escenario 0 (Tarea 4), es decir, considerar que la iluminación artificial consume siempre la potencia máxima definida durante las horas de ocupación. Por ello, los consumos de iluminación en este escenario 2, deben ser idénticos de los que se derivan del escenario 0.

Es posible realizar un primer análisis de detalle, observando los resultados parciales obtenidos;

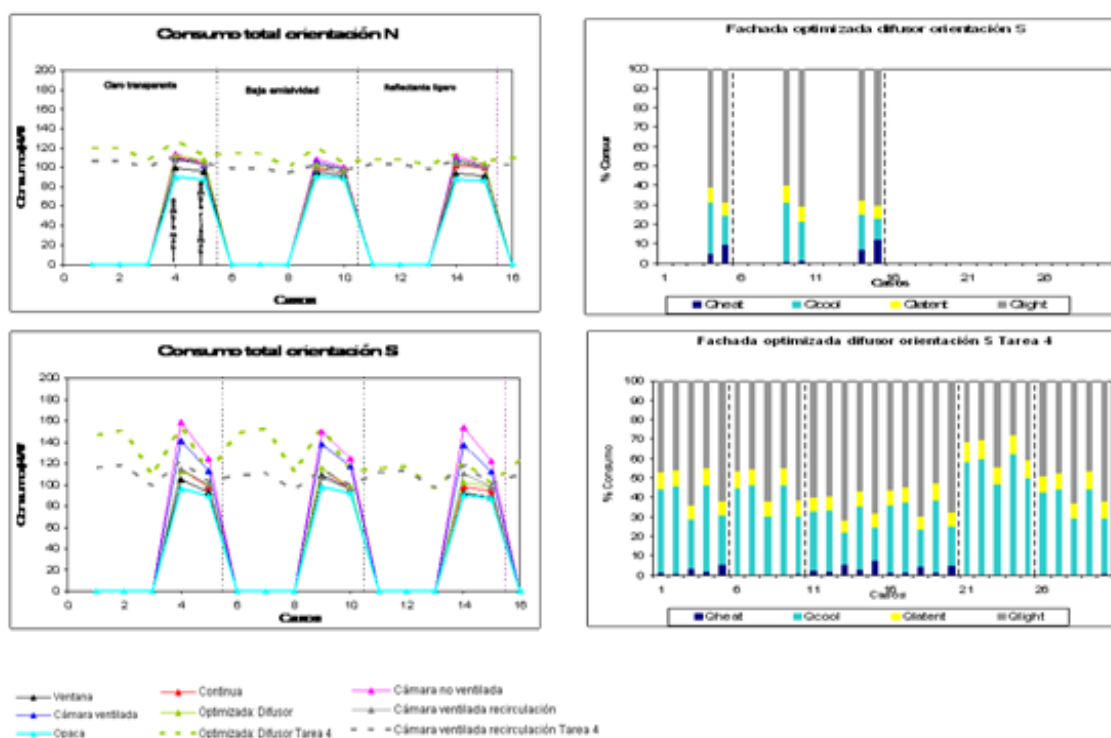


Ilustración 46. Ejemplos de consumos totales (climatización e iluminación) y de distribución de estos para distintos casos del Escenario 2.

En donde, al accionar los elementos de sombra móviles considerando el evitar los sobrecalentamientos, se obtiene, efectivamente, una reducción en los consumos de clima. De esta forma:

- ✓ Las demandas de frío son ostensiblemente menores que en el caso de referencia. Este echo se produce independientemente de la orientación (aunque el efecto es evidentemente más pronunciado a S), y del tipo de fachada (aunque la influencia es menor en la fachada ventilada). En el caso de demandas de latente, el efecto es de una subida apreciable en las fachadas

con orientación S, aunque las de N quedan en valores similares al caso original.

- ✓ Las demandas de calor suben sensiblemente y lo hacen siguiendo las mismas tendencias que en el caso de las de frío.
- ✓ Los consumos de iluminación quedan, evidentemente, iguales que en el caso original.
- ✓ El consumo energético global desciende en todos los casos, aunque el efecto es menor en el caso de fachadas ventiladas con recirculación.
- ✓ En relación a la distribución de consumos, y comparando con los casos base, el peso de los consumos de frío (sensible y latente) disminuye. Esto ocurre para todas las orientaciones y tipologías de fachadas.

Igual que en el caso precedente, los resultados y las conclusiones derivadas del análisis de estos para el Escenario 2, pueden apreciarse de forma más sencilla, mediante la visualización de las respectivas sábanas de consumo energético y económico;

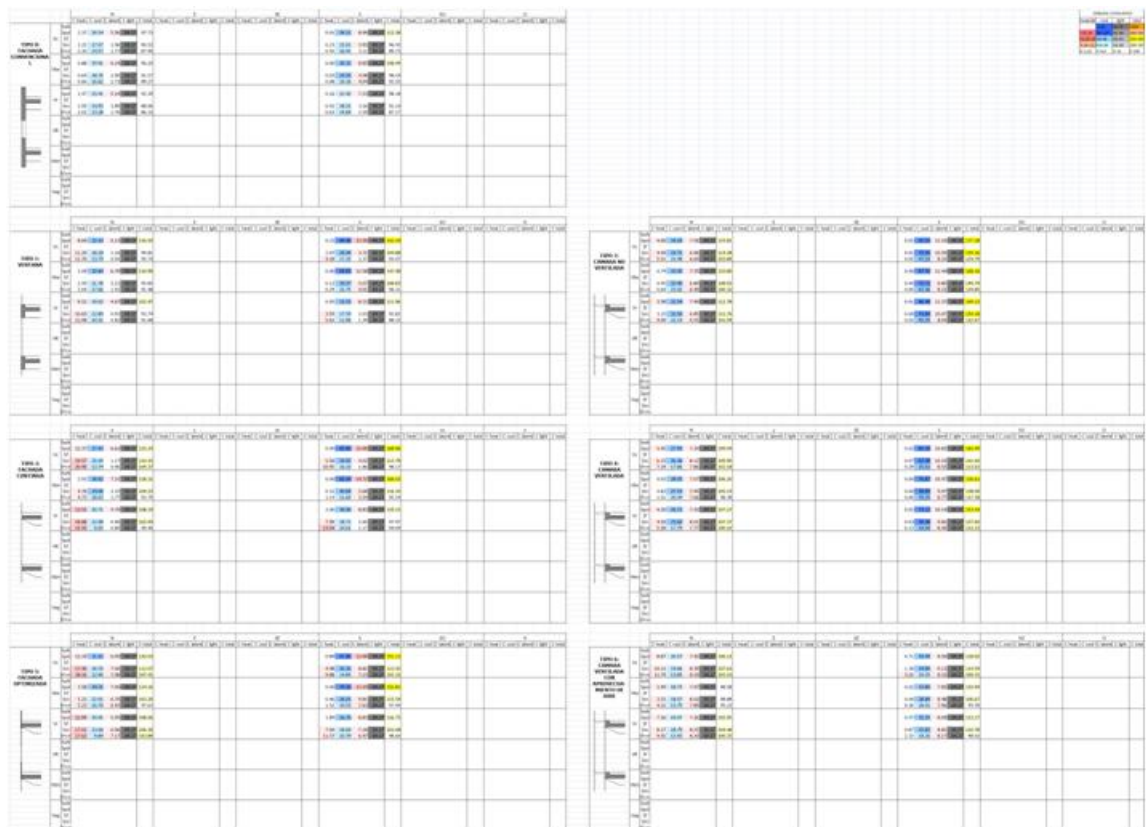


Ilustración 47. Sábana de consumos energéticos del Escenario 2.

Y, análogamente para los valores de consumos económicos,

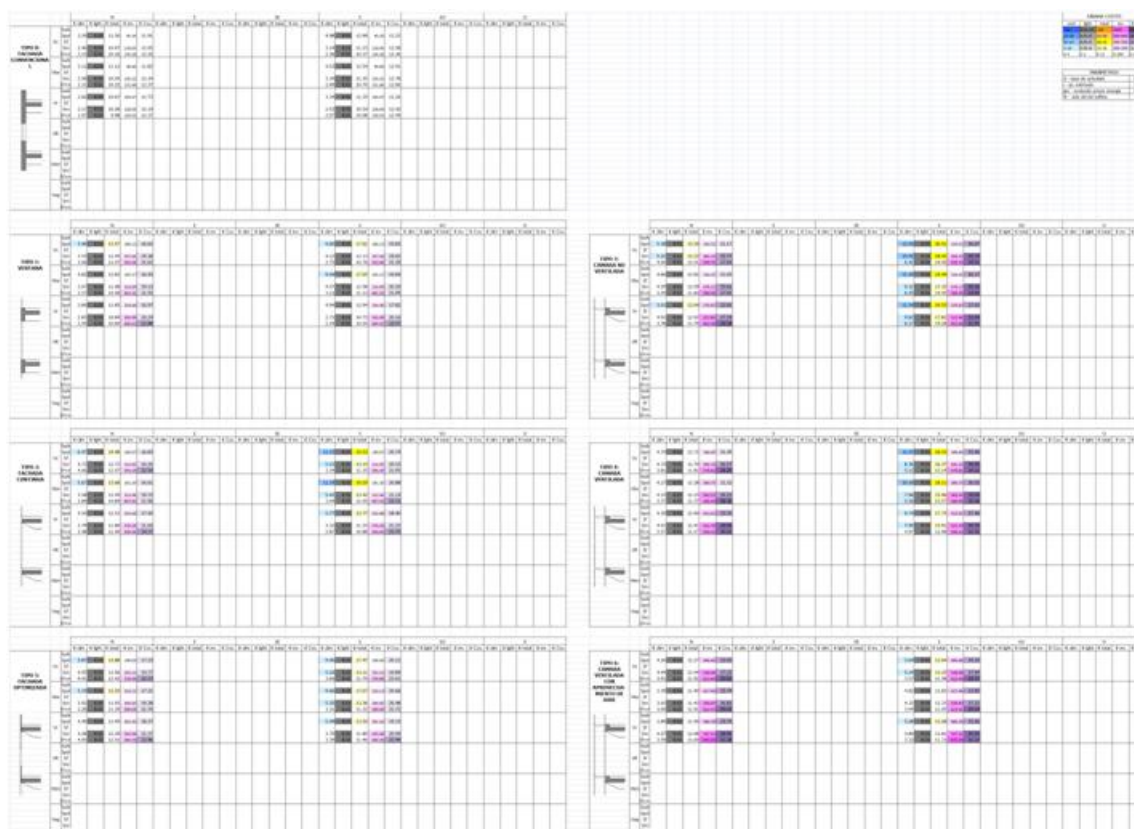


Ilustración 48. Sábana de consumos económicos del Escenario 2.

3.2.6.4.3 Resultados, análisis y conclusiones del Escenario 3 (Optimización lumínico - térmica).

En el escenario 3 (de optimización lumínico - térmica) se define y analiza un modelo de operación del edificio en el que se pretende reducir el consumo energético destinado a cubrir las demandas de clima, mediante una regulación de los elementos de sombra que permita evitar los sobrecalentamientos. Por ello se presupone la existencia de sensores de radiación solar directa que permitan la regulación del movimiento de los elementos de sombra. Sin embargo, y a diferencia de los casos del escenario 2, en el presente escenario coexisten los sensores de iluminación que permiten regular la potencia de la iluminación artificial durante las horas de ocupación del edificio.

De esta manera el Escenario 3 pretende reducir los efectos del sobrecalentamiento, operando los elementos de sombra (en aras de reducir la radiación solar directa incidente) mientras que, a su vez, se busca reducir los consumos de iluminación artificial mediante el aprovechamiento de la iluminación natural.

Aunque los distintos planteamientos que definen los escenarios de análisis de esta Tarea 6 se definen en el marco de los condicionantes del proyecto, en el caso del Escenario 3, esto resulta evidente en el planteamiento establecido. Es decir, dicho escenario plantea un modo de operación simplificado de reducción de consumos térmicos y lumínicos sin entrar a optimizar cual sería la mejor operación de los elementos de sombra móviles en detalle. Un análisis de estas características requeriría de un nivel de detalle de las simulaciones que queda claramente fuera del marco establecido en el proyecto TOBEE.

Es posible realizar un primer análisis, observando los resultados parciales obtenidos;

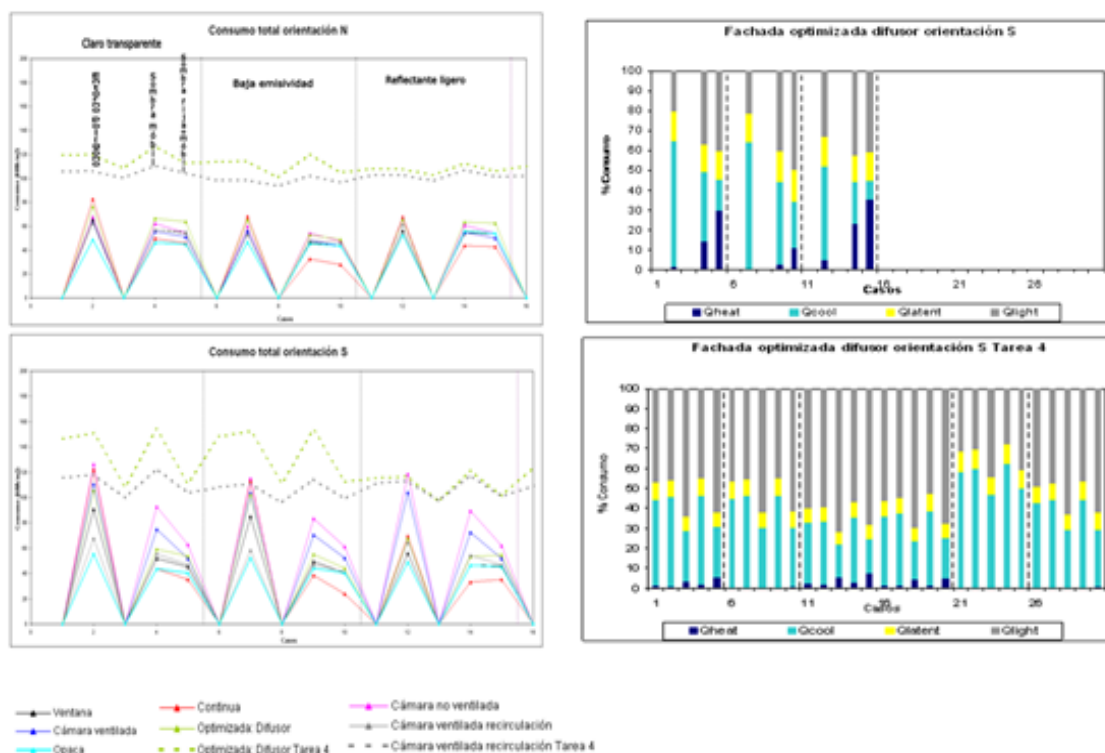


Ilustración 49. Ejemplos de consumos totales (climatización e iluminación) y de distribución de estos para distintos casos del Escenario 3.

En donde, al accionar los elementos de sombra móviles considerando el evitar los sobrecalentamientos y regulando la iluminación para que esta ajuste su consumo para adaptarse a la iluminación natural presente, se obtiene efectivamente, una importante reducción en los consumos de clima y de iluminación. De esta forma:

- ✓ Existe una clara reducción de las demandas de frío (sensible) e iluminación. En menor medida, se produce una reducción de las demandas de latente y un aumento de las demandas de calefacción debido a las variaciones de las cargas internas
- ✓ Las tendencias en función de la orientación, tipología de fachada y solución de cerramiento transparente son equivalentes a las que se producen en los escenarios 1 y 2
- ✓ El consumo global se reduce ostensiblemente, sumando el efecto de la reducción lumínica del escenario 1 al de la reducción de las demandas de clima de la escenario 2.
- ✓ La distribución de las distintas demandas se equilibra mucho en este escenario. La gran reducción de demandas de frío e iluminación, y el aumento de las demandas de calor hace que el peso relativo de cada demanda prácticamente se iguale, sobretudo en la fachada optimizada con difusor.

De forma análoga a los escenarios precedentes, es posible visualizar los resultados globales en base a las sábanas correspondientes;

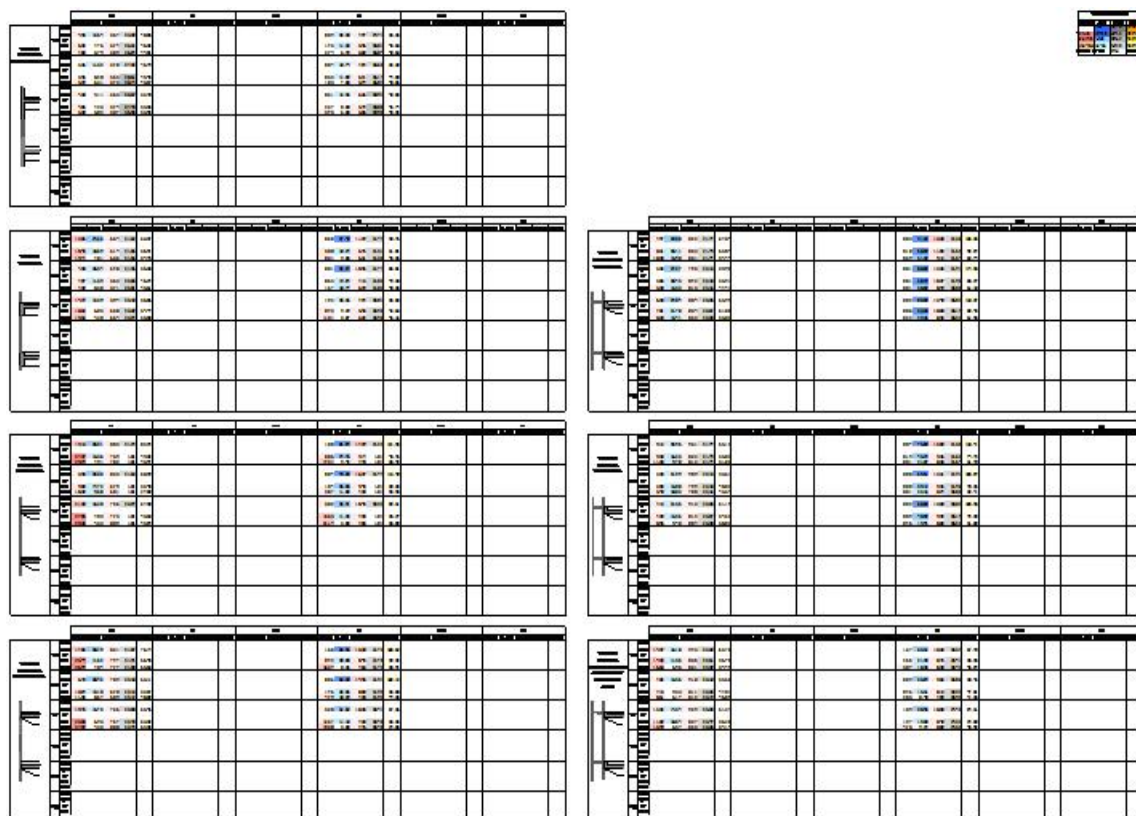


Ilustración 50. Sábana de consumos energéticos del Escenario 3.

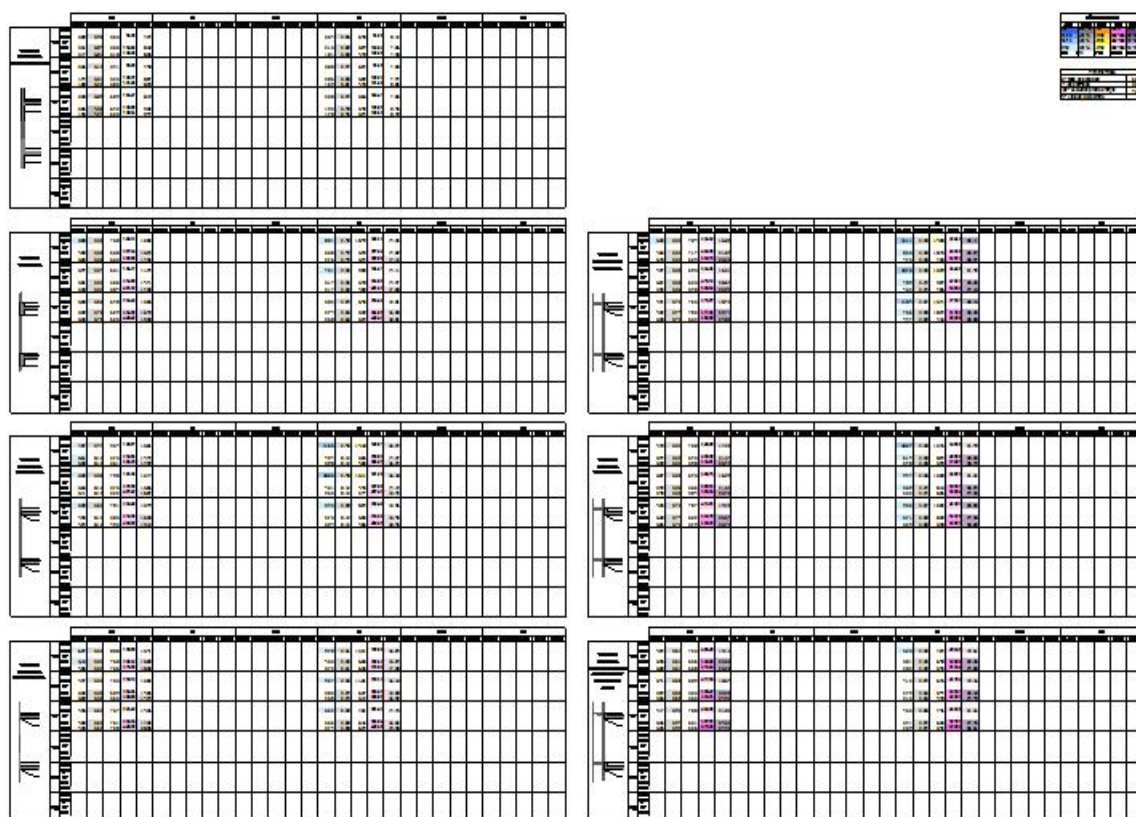


Ilustración 51. Sábana de consumos económicos del Escenario 3.

3.2.6.4.4 Comparación y conclusiones del cruce de resultados de los Escenarios 0, 1, 2 y 3.

Considerando la ingente cantidad de datos acumulados a lo largo de los distintos análisis realizados y el interés, no solo de valorar los distintos casos dentro de un mismo escenario, si no de comparar resultados entre escenarios, se plantea a continuación una valoración conjunta de los valores obtenidos a lo largo del proyecto.

Nuevamente, la valoración que se presenta se lleva a cabo justificada por los resultados cuantitativos de las simulaciones pero argumentada de forma cualitativa por la imposibilidad de establecer valores concretos que sean representativos de todos los casos de análisis. También como en los casos precedentes, se muestran representaciones gráficas de casos determinados para ayudar a la comprensión de las conclusiones establecidas y explicadas.

En este sentido, se ha escogido una nueva forma de representar los resultados con el fin de posibilitar una comprensión rápida e intuitiva de los mismos. Ello se ha conseguido mediante la representación, dada una tipología de fachada y para una misma orientación, de los resultados acumulados de consumos y distribuidos según usos. Dichas representaciones se presentan a la vez para los 4 escenarios analizados (correspondientes a las Tareas 4, 5 y 6), con el fin de discernir claramente sobre el efecto de los distintos modos de operación de los edificios sin la necesidad de observar a la vez distintas gráficas.

Considerando que el análisis de los distintos escenarios se ha llevado a cabo para las 6+1 tipologías de fachadas y las dos orientaciones más divergentes, y bajo el objetivo de facilitar la comprensión de este análisis cruzado, se muestran solo las comparativas para un par de tipologías de fachadas en sus dos orientaciones analizadas.

De esta manera, para la fachada denominada optimizada, se tiene:

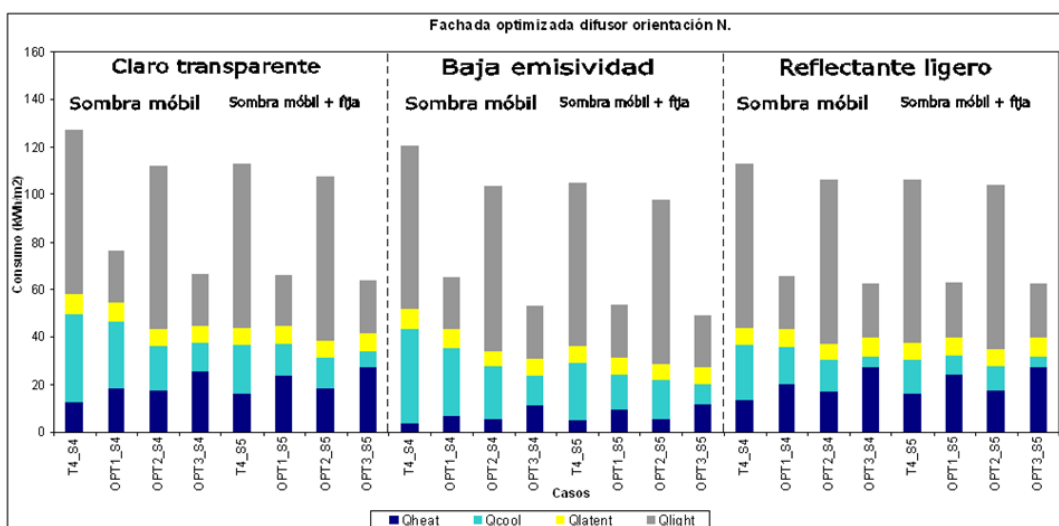


Ilustración 52. Comparación de consumos energéticos de los distintos casos de vidrios y tipos de sombreado para los distintos Escenarios analizados en la orientación N de la fachada optimizada.

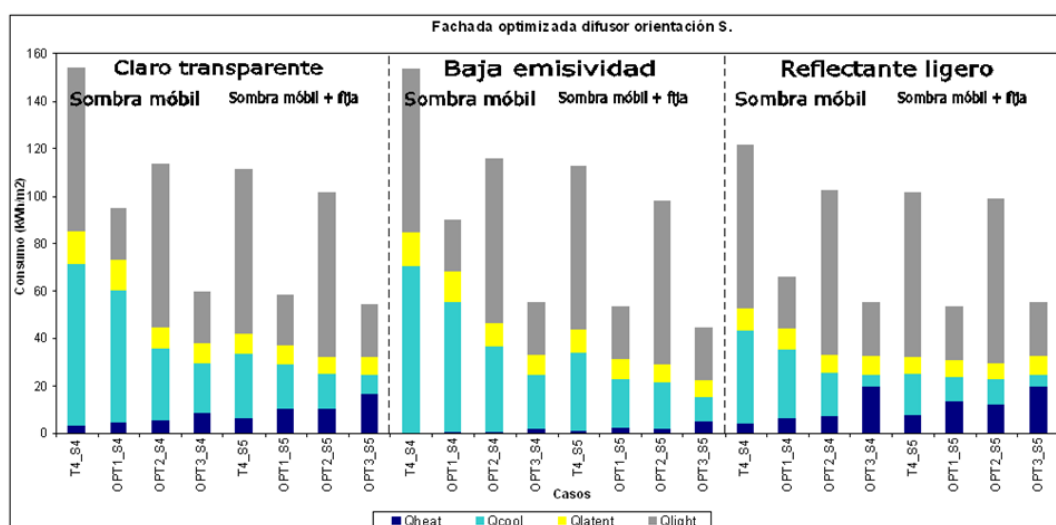


Ilustración 53. Comparación de consumos energéticos de los distintos casos de vidrios y tipos de sombreamiento para los distintos Escenarios analizados en la orientación S de la fachada optimizada.

Análogamente, y para el caso de la fachada ventilada con recirculación del aire por forjado, se tiene:

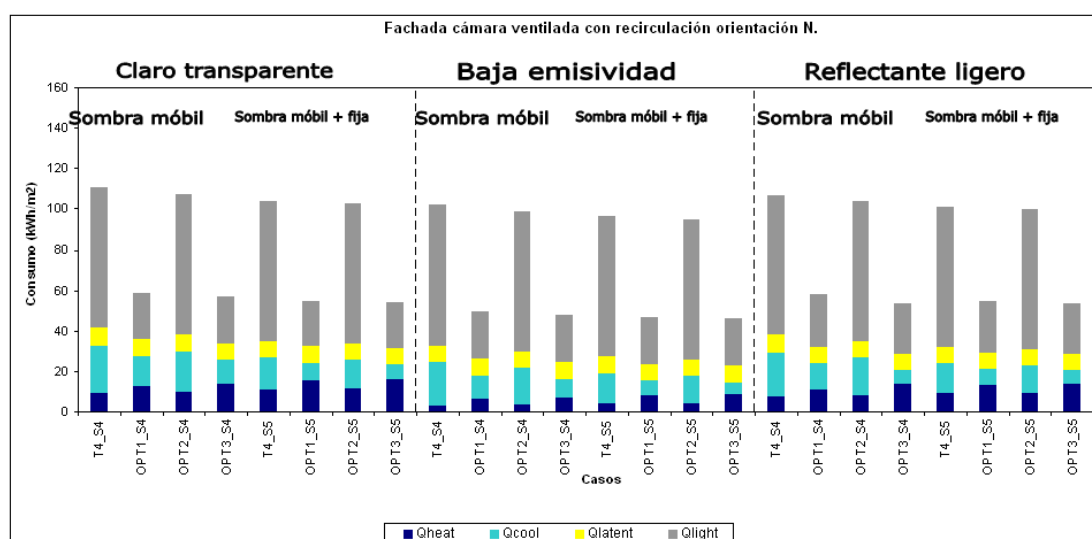


Ilustración 54. Comparación de consumos energéticos de los distintos casos de vidrios y tipos de sombreamiento para los distintos Escenarios analizados en la orientación N de la fachada ventilada con recirculación del aire por forjado.

Y finalmente, para la misma fachada en orientación S:

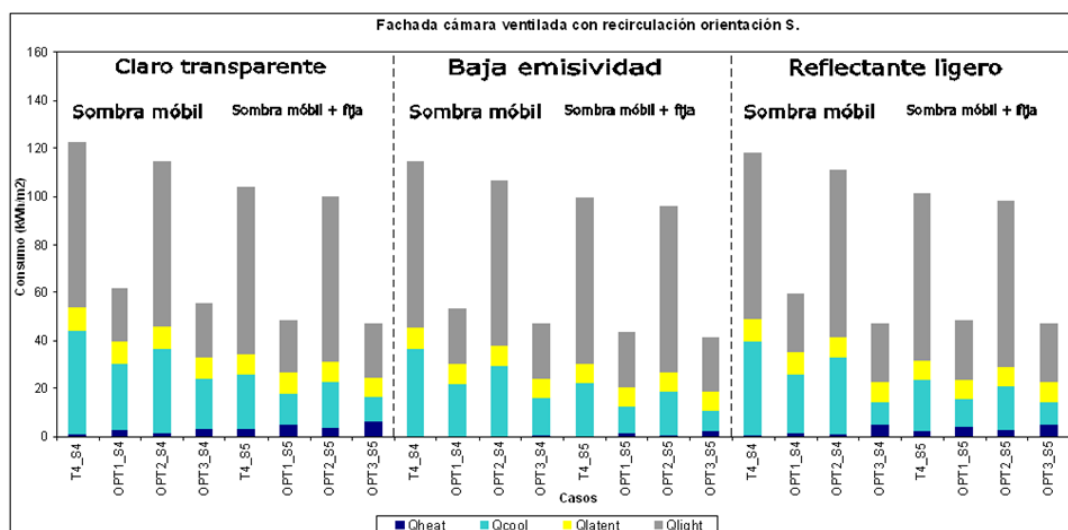


Ilustración 55. Comparación de consumos energéticos de los distintos casos de vidrios y tipos de sombreamiento para los distintos Escenarios analizados en la orientación S de la fachada ventilada con recirculación del aire por forjado.

Como se ha mencionado, las gráficas representadas solo son las correspondientes a 2 de las 6+1 fachadas analizadas pero deben facilitar el entendimiento de las siguientes conclusiones obtenidas en el cruce de los resultados cruzados de los escenarios. Igualmente cabe destacar que solo se ofrecen algunas pinceladas a modo de conclusiones globales y será el análisis mediante el uso de las herramientas desarrolladas lo que permita valorar los casos cruzados.

De esta manera, las principales conclusiones cruzadas, pueden resumirse en:

- ✓ En todos los casos, e independientemente de la tipología de fachada y orientación, la reducción de los consumos energéticos globales conseguidos con las distintas operaciones planteadas resulta en unos ahorros que justificarían plenamente la adopción de dichas medidas. Dichos ahorros derivados de la aplicación de modelos de operación, son mayores cuando el caso original tiene consumos más elevados (casos de fachadas de doble piel sin recirculación) y, sensiblemente menores en aquellos casos en los que el consumo original era menor (caso de fachada opaca de referencia).
- ✓ En todos los casos la optimización lumínica permite unos mayores ahorros que la térmica; De esta forma, si solo fuera posible escoger una de las dos estrategias, sería claramente mejor decantarse por la optimización lumínica.
- ✓ Para todas las tipologías de fachadas, y en todos los casos, la optimización combinada (lumínico-térmica) resulta en los consumos más reducidos. La única excepción a esta norma es en el caso de las fachadas ventiladas con recirculación de aire por forjado en el que el efecto cojín de la cámara de aire y de la recirculación comporta que no existan grandes variaciones respecto al escenario de optimización lumínica (Escenario 1).
- ✓ Para cualquiera de las tipologías de fachadas, las tendencias de optimización son las mismas independientemente de la solución de cerramiento transparente. Sin embargo, mientras que en algunas tipologías de fachadas (las de doble piel con recirculación) la selección del tipo de cerramiento

transparente no tiene ningún efecto en el comportamiento energético del edificio, en las otras sí que existe una cierta variación. De esta forma, en la mayoría de casos, si no se lleva a cabo ninguna estrategia específica de ahorro en la operación, es mejor utilizar vidrios reflejantes. Contrariamente, si se aplican escenarios de optimización, la selección de los cerramientos puede venir condicionada por la orientación, llegando a ser los vidrios bajo emisivos plenamente justificados en las orientaciones N.

- ✓ En todos los casos, la combinación de sombras fijas y móviles es la que comporta un mayor ahorro. Esta conclusión, aunque cierta en todos los casos, resulta más evidente para las orientaciones S, siendo válido el planteamiento, en el caso de las orientaciones N, de utilizar tan solo elementos de sombra móviles.
- ✓ Aunque los distintos casos analizados sufren importantes ahorros económicos al plantear los distintos escenarios de operación (optimización) de los edificios, no se consigue nunca revertir las tendencias económicas planteadas en el escenario 0 (Tarea 5). Ello significa que los distintos casos de la fachada opaca de referencia, continúan siendo los que económicamente resultan más rentables mientras que, los casos de fachadas de doble piel, son los que comportan un gasto proporcionalmente más elevado. Ello es debido a que, aunque el margen de ahorro en estas últimas sea mayor, el hecho de que el consumo de operación de esas sea tan elevado y la inversión inicial sea un orden de magnitud superior al caso de las fachadas opacas no permite invertir las tendencias. En este sentido, las fachadas transparentes de piel simple continúan situándose, a nivel económico, como las soluciones intermedias.

Cabe repetir de nuevo, que dichas conclusiones son válidas en el marco de las hipótesis planteadas en el seno del proyecto y para edificios situados en un clima mediterráneo. Sin embargo, e independientemente de la zona climática a considerar, si que parece claro que el diseño de edificios transparentes para el uso de oficinas, más allá de las consideraciones estéticas o de las modas predominantes, comporta un mayor consumo energético, económico y deben operarse de una forma mucho más eficiente para intentar reducir su impacto nocivo en el medio ambiente.

3.2.1 TAREA 11: GESTIÓN DEL PROYECTO

3.2.1.1.1 Resultados Gestión del proyecto (T.11.)

Como resultado principal de la gestión del proyecto, se considera la consecución de los hitos descritos para esta fase, de forma satisfactoria, y descritos a través de los distintos documentos y ficheros presentados en el presente informe.

Igualmente, y como resultado destacable de la gestión de esta primera fase del proyecto, en cuanto a la potencialidad, cabe remarcar la creación, gestión y mantenimiento de la plataforma de comunicación TOBEE (<http://www.cimne.com/cdl1/defaulttobee.htm>).

La plataforma TOBEE de comunicación, es un sitio web de acceso restringido a los socios participantes del proyecto. La plataforma se ideó pensando en una manera de centralizar toda la documentación y que esta estuviera siempre disponible para los distintos socios. Esto era capital para el éxito de las tareas abordadas debido al gran volumen de información con la que se requería trabajar. Para ello se estableció una plataforma con una estructura tipo carpetas mediante una interface de exploración que permitiera a cualquiera de los socios, colgar documentos o actualizar ficheros. Además, y en el caso de AIGUASOL, se disponen de los permisos para eliminar o modificar ficheros y carpetas existentes.

La ordenación de los contenidos en la plataforma TOBEE ha seguido una estructura de ficheros basada en las tareas y subtarefas definidas en la propuesta del proyecto, y una nomenclatura, según lo que explicó en el inicio del presente capítulo, que facilitara la ordenación y gestión de la documentación.

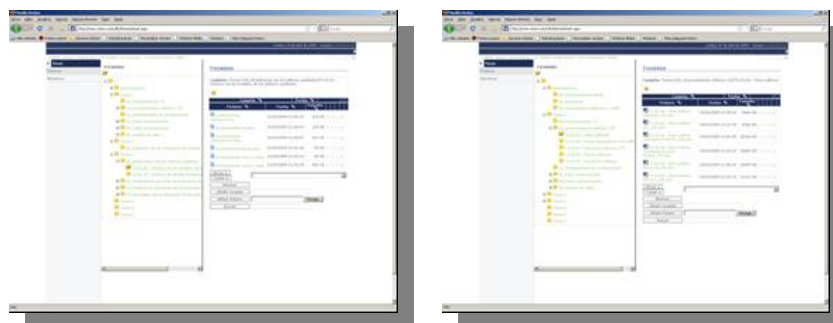


Ilustración 56. Capturas de pantalla de la plataforma TOBEE

Este formato de plataforma ha permitido hasta el momento, mantener una comunicación fluida entre los distintos socios, disponer siempre de los distintos ficheros de trabajo y de las versiones documentales adecuadas y, en suma, gestionar de forma fácil y eficiente el trabajo de los distintos socios del proyecto.

En cuanto a los otros métodos de comunicación, se han llevado a cabo varias reuniones, en formato presencial o vía teleconferencias, más allá de los contactos constantes mantenidos entre los distintos socios del proyecto. A destacar, las reuniones, presenciales de todos los socios, de inicio de proyecto y de planteamiento de las monitorizaciones, así como las reuniones, de todos los socios vía teleconferencia, en relación a la definición de los distintos escenarios que debían componer la parrilla de casos a analizar.

4 PLAN DE TRABAJO.

AIGUASOL como coordinador del proyecto, ha considerado en todo momento el seguimiento del plan de trabajo presentado en la propuesta aprobada en su día. Esta ha sido una prioridad, no solo desde el punto de vista del cumplimiento del contrato de subvención, si no sobretodo con el fin de obtener los resultados y alcanzar los objetivos que se propusieron en su día.

4.1 HITOS PREVISTOS Y REALIZADOS

En cuanto a la realización o consecución de los distintos hitos acordados en el seno del proyecto, en la propuesta aprobada, se mencionaron los siguientes hitos para esta fase del proyecto

HITO	Nombre	Vencimiento (mes)
1	Detección de problemáticas inherentes a edificios de oficinas transparentes y resultados de funcionamiento reales	M5
2	Definición de los escenarios de análisis del proyecto	M5
3	Diseños de los escenarios de análisis del proyecto	M7
4	Matriz de consumos energéticos asociados a la construcción y uso de los edificios	M12
5	Matriz de costes globales asociada a los distintos escenarios	M14
6	Directrices de uso y gestión de edificios de oficinas transparentes	M18

Los distintos hitos se definían según:

- ✓ **Hito 1:** *Detección de problemáticas inherentes a edificios de oficinas transparentes y resultados de funcionamiento reales.* Detección de las problemáticas reales relacionadas con el consumo energético de edificios de oficinas transparentes. Obtención de datos de monitorización y funcionamiento de edificios de oficinas transparentes.
- ✓ **Hito 2:** *Definición de los escenarios de análisis del proyecto.* Determinación de los parámetros y casuísticas a analizar en el seno del proyecto, considerando siempre los objetivos y el alcance de este.
- ✓ **Hito 3:** *Diseños de los escenarios de análisis del proyecto.* Conjunto de los distintos diseños y de sus representaciones modeladas informáticamente que permitan la realización de los cálculos energéticos y económicos de los escenarios planteados.
- ✓ **Hito 4:** *Matriz de resultados de los consumos energéticos de construcción y uso de los distintos edificios planteados en los escenarios de análisis.* Los valores de la matriz deberán estar ordenados de forma coherente y representar de forma sintetizada y clara los conceptos analizados.
- ✓ **Hito 5:** *Matriz de los costes económicos de construcción y gestión de los distintos escenarios planteados.* Los valores deberán estar agrupados en horquillas que agrupen las diferentes casuísticas y deberán considerar escenarios claros de evolución del coste de la energía.
- ✓ **Hito 6:** *Cuantificación de la divergencia en el consumo energético entre los diferentes modelos teóricos de gestión y uso de los edificios.* Subrutina de cálculo de un modelo estocástico de uso-ocupación de los edificios de oficinas transparentes. Cuantificación de la divergencia en el consumo energético entre los modelos teóricos mejorados y la realidad del uso y gestión de edificios de oficinas transparentes.

Estos hitos se han alcanzado de forma satisfactoria, y quedan justificados según lo explicado en el capítulo 3 del presente informe y, de forma más detallada, en los documentos relacionados:

Nombre documento	Descripción	Hito relacionado
T1-DI.13 – Datos Monitorización NOMBRE EDIFICIO	Carpetas conteniendo ficheros en formato csv con los datos de cada uno de los sensores de las monitorizaciones.	HITO 1
T1-DI.15 - Conclusiones por edificio	Carpeta con conjunto de ficheros word (uno por edificio) con las conclusiones a nivel de edificios.	HITO 1
T2-DI.01 - Definición de escenarios TOBEE.doc	Definición de los distintos escenarios de soluciones arquitectónicos y constructivos que conforman la parrilla global.	HITO 2
T3-DI.05 - Ficheros TRNSYS de simulación	Carpeta con los ficheros TRNSYS de las simulaciones de los edificios auditados y de las bases de los escenarios TOBEE.	HITO 3
T3-DI.06 - Ficheros ECOTEC de simulación	Carpeta con los ficheros ECOTEC de las simulaciones de los edificios auditados y de las bases de los escenarios TOBEE.	HITO 3
T3-DI.08 - Conclusiones de la calibración de herramientas.doc	Documento de comparación de resultados reales vs. Resultados teóricos y conclusiones	HITO 3
T4-DI.01 Resultados simulaciones.xls	Documento formato Excel en el que se muestra resultados genéricos de las simulaciones para informar a los socios del proyecto de lo que se está obteniendo, a fin de que los responsables de buscar un sistema de representación gráfica sepan exactamente lo que deben representar	HITO 4
T4-DI.02 Resultados simulaciones.doc	Documento formato Word en el que se explican los contenidos entregados en el documento anterior	HITO 4
T4-DI.03 Sábana confort_v01.xlsx /v_02	Documento formato Excel con la representación de todos los resultados de confort	HITO 4
T4-DI.04 Sabana consumos_v01.xlsx /v_02	Documento formato Excel con la representación de todos los resultados de consumos	HITO 4
T4-DI.05 Sabana demandas_v01.xlsx /v_02	Documento formato Excel con la representación de todos los resultados de demandas	HITO 4
T4-DI.06 .ResumenFachadas_Confort.xls	Documento formato Excel con el resultado de los índices de confort para todos los escenarios del caso base	HITO 4
T4-DI.07 .ResumenFachadas_Demandas.xls	Documento formato Excel con el resultado de las demandas de clima e iluminación para todos los escenarios del caso base	HITO 4
T4-DI.08 Informe tarea 4.doc	Documento justificativo de la tarea 4	HITO 4
T5-DI.01 Sabana costes_v01.xlsx /v_02	Documento formato Excel con la representación de todos los resultados de costes y herramienta para el cálculo del CVU	HITO 5

Nombre documento	Descripción	Hito relacionado
T5-DI.02 Calculo de costes mayorados.xls	Documento formato Excel resultado del cálculo de los costes de cada uno de los escenarios	HITO 5
T5-DI.03 Edificios-valoración equipos.xls	Documento formato Excel del cálculo del rendimiento estacional de los equipos de clima	HITO 5
T5-DI.04 Informe tarea 5.doc	Documento justificativo de la tarea 5	HITO 5
T6-DI.01 .ResumenFachadas_Confort_Op1.xls	Documento formato Excel con el resultado de los índices de confort para todos los escenarios de la optimización lumínica	HITO 5
T6-DI.02 .ResumenFachadas_Demandas_Op1.xls	Documento formato Excel con el resultado de las demandas de clima e iluminación para todos los escenarios de la optimización lumínica	HITO 5
T6-DI.03 .ResumenFachadas_Confort_Op2.xls	Documento formato Excel con el resultado de los índices de confort para todos los escenarios de la optimización térmica	HITO 6
T6-DI.04 .ResumenFachadas_Demandas_Op2.xls	Documento formato Excel con el resultado de las demandas de clima e iluminación para todos los escenarios de la optimización térmica	HITO 6
T6-DI.05 .ResumenFachadas_Confort_Op3.xls	Documento formato Excel con el resultado de los índices de confort para todos los escenarios de la optimización lumínico-térmica	HITO 6
T6-DI.06 .ResumenFachadas_Demandas_Op3.xls	Documento formato Excel con el resultado de las demandas de clima e iluminación para todos los escenarios de la optimización lumínico-térmica	HITO 6
T6-DI.07 .ComparacionesBase_Opt.xls	Documento formato Excel con la comparación de los resultados entre el caso base y cada una de las optimizaciones	HITO 6
T6.DI.08 sabanaoptimizacion_consumos.xls	Documento formato Excel con la representación de los consumos optimizados	HITO 6
T6.DI.09 sabanaoptimizacion_costes.xls	Documento formato Excel con la representación de los costes optimizados	HITO 6
T6-DI.10 Informe tarea 6.doc	Documento justificativo de la tarea 6	HITO 6

Dichos documentos pueden encontrarse en la plataforma de comunicación interna del proyecto TOBEE.