

Trabajo Fin de Máster

Ingeniería Industrial

Establecimiento de líneas base en edificios de oficina haciendo uso de HULC según norma UNE-EN ISO 50001:2018

Autor: Miriam Gasch Ruiz-Cabello

Tutor: Servando Álvarez Domínguez

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Industrial

**Establecimiento de líneas base en edificios de
oficina haciendo uso de HULC según norma UNE-
EN ISO 50001:2018**

Autor:

Miriam Gasch Ruiz-Cabello

Tutor:

Servando Álvarez Domínguez

Catedrático

Codirector:

María del Carmen Guerrero Delgado

Profesora del departamento

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Máster: Establecimiento de líneas base en edificios de oficina haciendo uso de HULC según norma UNE-EN ISO 50001:2018

Autor: Miriam Gasch Ruiz-Cabello

Tutor: Servando Álvarez Domínguez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Después de más de dos años desde que finalicé el Máster, por fin cierro esta etapa. Han sido dos años duros de trabajo y muchos frentes abiertos, y como dice José Sánchez Ramos, esto se me “enconó” y no salía...

Gracias a mi tutor, Servando Álvarez, por la confianza depositada en mí, y por supuesto al ya nombrado José Sánchez Ramos por tantísima paciencia. Él sabe que es responsable de gran parte de este Trabajo.

Por supuesto a mi familia, en especial a mis padres, no sólo por haber conseguido cerrar estas líneas, sino por todo el trabajo y los buenos y malos momentos que hay detrás, y que no se ven reflejados.

Por último doy las gracias a Pepillo, que ha vivido muy de cerca la recta final.

A todos vosotros,

Gracias.

Miriam Gasch Ruiz-Cabello

Sevilla, 2019

Resumen

Existe un claro déficit en el proceso de planificación energética al implantar Sistemas de Gestión Energética en las Organizaciones, más concretamente en el establecimiento de líneas base energéticas y revisiones energéticas. Son numerosas las guías y normas que hablan de ello pero muy pocas las que describen con claridad cómo abordarlo.

Con el objetivo de dar respuesta al cumplimiento de este requisito contenido en la Norma UNE-EN ISO 50001, de Sistemas de Gestión Energética, en este proyecto se propone una metodología de establecimiento de líneas base y realización de revisiones energéticas haciendo uso de la herramienta de simulación HULC (*Herramienta Unificada Líder-Calener*).

Las herramientas de simulación, además de permitir calificar energéticamente un edificio, son capaces de predecir su comportamiento energético, así como evaluar posibles mejoras en el mismo a partir de su correcta definición.

De esto último surge un segundo objetivo, analizar la calidad de los datos de entrada utilizados para realizar calificaciones energéticas en los edificios de oficina de uso terciario.

En resumen, este Trabajo Fin de Máster pretende por un lado dar respuesta al establecimiento de líneas base y revisiones energéticas haciendo uso de la herramienta HULC, y por otro, analizar el proceso de calificación energética en cuanto a la veracidad de sus datos de entrada.

Agradecimientos.....	1
Resumen	1
Índice.....	1
Índice de Tablas	1
Índice de Figuras.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. PRESENTACIÓN.....	1
1.2. MOTIVACIÓN	3
1.3. REVISIÓN NORMATIVA. ESTADO DEL ARTE.....	5
1.3.1. EVO - IPMVP.....	5
1.3.2. AENOR. SISTEMAS DE GESTIÓN	6
1.3.3. SERIE ISO 50000. NORMALIZACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA.	8
1.3.4. UNE-EN ISO 50001:2018	9
1.4. ALCANCE	10
2 PROCEDIMIENTO	11
2.1. DEFINICIÓN DEL MODELO.....	14
2.1.1. INVENTARIO ENERGÉTICO	14
2.1.1.1. Datos reales de consumo.....	14
2.1.1.2. Datos climáticos.....	15
2.1.1.3. Iluminación	15
2.1.1.4. Sistemas primarios.....	15
2.1.1.5. Autónomos. Subsistemas secundarios	15
2.1.1.6. Agua Caliente Sanitaria (ACS).....	16
2.1.1.7. Energía renovable.....	17
2.1.1.8. Equipos ofimáticos, ascensores y otros.....	17
2.1.1.9. Condiciones operacionales y funcionales (COF)	17
2.1.2. DEFINICIÓN CASO EN HULC	18
2.1.2.1. Iluminación	18
2.1.2.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad).....	19
2.1.2.3. Calderas.....	20
2.1.2.4. Termos eléctricos de ACS	20
2.1.2.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)	23
2.1.2.6. Panel solar térmico para ACS.....	28
2.1.2.7. Placa solar fotovoltaica	29
2.1.3. QUALICHECK.....	30
2.1.3.1. Iluminación	31
2.1.3.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad).....	31
2.1.3.3. Calderas de combustible	32
2.1.3.4. Termos eléctricos de ACS	33
2.1.3.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)	33
2.1.3.6. Panel solar térmico para ACS.....	35

2.1.3.7.	Placa solar fotovoltaica	35
2.1.4.	FICHERO DATOS CLIMÁTICOS	36
2.2.	SIMULACIÓN	38
2.3.	CORRECCIÓN DEL MODELO	39
2.3.1.	ESTIMACIÓN CONSUMO CLIMATIZACIÓN “REAL”	39
2.3.2.	MODELO DE AJUSTE	39
2.4.	METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS	41
2.4.1.	ASCENSORES	42
2.4.2.	EQUIPOS OFIMÁTICOS	44
2.4.3.	CONSUMO ESTÁTICO	45
3	APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO	47
3.1.	DESCRIPCIÓN	47
3.2.	DEFINICIÓN DEL MODELO	48
3.2.1.	INVENTARIO ENERGÉTICO	48
3.2.1.1.	Iluminación	48
3.2.1.2.	Sistemas primarios y secundarios (electricidad).....	49
3.2.1.3.	Calderas de combustible	50
3.2.1.4.	Termos eléctricos de ACS	50
3.2.1.5.	Condiciones operacionales y funcionales (COF)	50
3.2.1.6.	Energía renovable	50
3.2.1.7.	Datos climáticos.....	50
3.2.1.8.	Equipos ofimáticos	50
3.2.1.9.	Ascensores	51
3.2.2.	QUALICHECK.....	52
3.2.2.1.	Iluminación	52
3.2.2.2.	Sistemas primarios y secundarios (electricidad).....	54
3.2.2.3.	Calderas de combustible	55
3.2.2.4.	Termos eléctricos ACS	55
3.2.2.5.	Condiciones operacionales y funcionales (COF)	56
3.2.2.6.	Panel solar térmico	57
3.2.2.7.	Placa solar fotovoltaica	57
3.3.	SIMULACIÓN	58
3.4.	CORRECCIÓN DEL MODELO	59
3.4.1.	ESTIMACIÓN CONSUMO “REAL”CLIMATIZACIÓN	59
3.4.2.	MODELO REFRIGERACIÓN	59
3.4.3.	MODELO CALEFACCIÓN	60
3.5.	METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS	62
3.5.1.	ASCENSORES	62
3.5.2.	EQUIPOS OFIMÁTICOS	63
3.5.3.	CONSUMO ESTÁTICO	64
3.5.3.1.	Consumo medio diario	64
3.5.3.2.	Consumo mensual estático:	64
3.6.	LÍNEA BASE.....	65
3.7.	DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USO.....	66
4	RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	67
4.1.	RESULTADOS QUALICHECK	67
4.2.	RESULTADOS PROCEDIMIENTO	68
4.2.1.	Caso de estudio 1	69
4.2.2.	Caso de estudio 2	71
4.2.3.	Caso de estudio 3	73
4.2.4.	Caso de estudio 4	75
4.2.5.	Caso de estudio 5	77

4.2.6. Caso de estudio 6	79
4.2.7. Caso de estudio 7	81
4.3. CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	86
ANEXO I. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO DE ASCENSORES	86
ANEXO II. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO ESTÁTICO	90

Índice de Tablas

Tabla 1. Opciones del IPMVP - Protocolo EVO.	5
Tabla 2. Consumo unitario equipos ofimáticos.	44
Tabla 3. Perfil consumo medio diario.	45
Tabla 4. Inventario de iluminación.	48
Tabla 5. Inventario de climatización eléctrica.	49
Tabla 6. Inventario de termos eléctricos.	50
Tabla 7. Inventario de ascensores.	51
Tabla 8. Definición iluminación _HULC caso i.	53
Tabla 9. Definición sistemas climatización caso i.	54
Tabla 10. Definición termos eléctricos caso i.	55
Tabla 11. Perfiles de consumo obtenidos de la simulación.	58
Tabla 12. Consumo mínimo mensual.	59
Tabla 13. Consumo climatización "real" estimado	59
Tabla 14. Datos de entrada al modelo de refrigeración.	60
Tabla 15. Datos de entrada al modelo de calefacción.	61
Tabla 16. Línea base de climatización.	61
Tabla 17. Línea base ascensores.	62
Tabla 18. Datos equipos ofimáticos.	63
Tabla 19. Línea base equipos ofimáticos.	63
Tabla 20. Perfil consumo medio diario.	64
Tabla 21. Línea base consumo estático.	64
Tabla 22. Línea base global.	65
Tabla 23. Distribución de consumos por uso.	66
Tabla 24. Resultados Qualicheck.	68
Tabla 25. Resultados Procedimiento.	68

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución del consumo energético y eléctrico del sector servicios por ramas.	3
Figura 2. Implantación de Sistemas de Gestión de la Energía en el mundo.	8
Figura 3. Diagrama del procedimiento.	11
Figura 4. Definición iluminación.	18
Figura 5. Definición caldera.	20
Figura 6. Definición termos ACS.	21
Figura 7. Demanda ACS RITE.	22
Figura 8. Horario demanda ACS.	23
Figura 9. Definición COF Calener VYP.	24
Figura 10. Horario funcionamiento equipo climatización.	24
Figura 11. Horario funcionamiento ventiladores.	24
Figura 12. Horario climatización zonas.	25
Figura 13. Horario todo/nada.	26
Figura 14. Horario tipo fracción.	26
Figura 15. Horario tipo temperatura.	27
Figura 16. Definición aportación energía solar.	29
Figura 17. Fichero climático encriptado.	36
Figura 18. Procesadores ficheros climatológicos.	37
Figura 19. Resultados simulación.	38
Figura 20. Perfil consumo medio diario.	46
Figura 21. Edificio caso de estudio.	47
Figura 22. Programa de funcionamiento del edificio.	50
Figura 23. Modelo refrigeración.	60
Figura 24. Modelo calefacción.	60
Figura 25. Perfil consumo medio diario.	64
Figura 26. Línea base global.	65
Figura 27. Distribución de consumos por uso.	66

1 INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACIÓN

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo analizar el procedimiento de implantación de la norma UNE-EN ISO 50001 en edificios de oficina en la actualidad, en particular la planificación energética. Se centra fundamentalmente en crear un procedimiento para el establecimiento de líneas base.

El Proyecto se estructura en los siguientes bloques:

- Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

El primer capítulo, el presente, analiza el estado actual tanto de la normativa en materia de eficiencia energética como de las empresas relacionadas con ella. Se analizan las distintas guías existentes para la implantación de protocolos de medida y verificación con especial atención a lo que en ellas se dice sobre las líneas base, para corroborar la deficiencia existente a la hora de establecer modelos que predigan el comportamiento energético en edificios.

- Capítulo 2: PROCEDIMIENTO

Como consecuencia de la necesidad de establecer un modelo que sea capaz de predecir el consumo de energía de un edificio bajo ciertas condiciones con el objetivo de dar cumplimiento a la planificación energética, en este capítulo se describe el procedimiento seguido para el establecimiento de líneas base haciendo uso de la herramienta de simulación HULC.

En primer lugar se describe detalladamente cómo se define correctamente un modelo en la herramienta, haciendo referencia a cada uno de los ficheros de carga necesarios. Una vez se ha definido el modelo, se describe el proceso de simulación y la posterior corrección del modelo obtenido de la misma. A continuación se hace referencia a dos metodologías alternativas para el establecimiento de las líneas base asociadas a dos usos no contemplados en la herramienta de simulación. Y por último se definen las líneas base obtenidas y la distribución por usos.

- Capítulo 3: APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO

Este capítulo recoge la aplicación detallada del procedimiento a un caso real, así como los resultados obtenidos de la misma.

- Capítulo 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Por último se sintetizan los resultados obtenidos de la aplicación a siete casos reales distintos y se analizan las conclusiones extraídas.

- REFERENCIAS

Las referencias utilizadas durante el período de trabajo de este Proyecto se recogen en este apartado.

- ANEXO I. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO DE ASCENSORES y ANEXO II. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO ESTÁTICO

En ellos se validan las metodologías alternativas para el establecimiento de líneas base asociadas a usos no contemplados por la herramienta de simulación, haciendo uso de datos reales y analizando el margen de error en el que se incurre.

1.2. MOTIVACIÓN

El IPCC (*Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*) asegura que el cambio climático es un hecho inequívoco, cuyos efectos se han incrementado considerablemente en las últimas décadas como muestra el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos externos (olas de calor, heladas, fuertes lluvias, sequías y ciclones tropicales), además del aumento del nivel del mar.

Por otro lado, si bien a nivel global existe una demanda creciente de suministro energético para sustentar el desarrollo, los recursos energéticos tradicionales son limitados y las emisiones de CO₂ que provienen del uso actual de la energía amenazan cada vez más nuestro clima.

Concretamente en el sector servicios, las oficinas suponen aproximadamente un 30% del consumo total nacional, tanto de energía como de electricidad. El siguiente gráfico muestra la evolución del consumo tanto energético como eléctrico del sector servicios, diferenciado por cada rama.

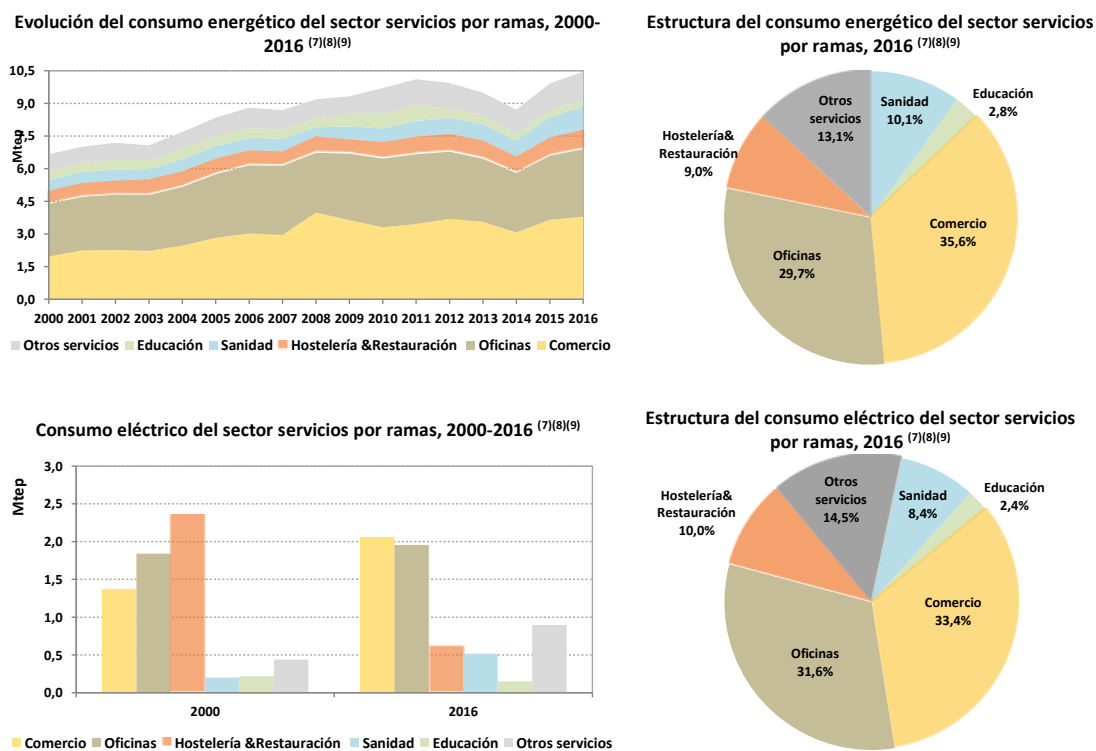


Figura 1. Evolución del consumo energético y eléctrico del sector servicios por ramas.

Informe sintético de indicadores de eficiencia energética en España. Año 2016. 2ª Edición. Julio 2018 Secretaría General. Departamento de Planificación y Estudios. IDEA.

A excepción del año 2014, el consumo relativo a las oficinas experimenta una tendencia creciente, consumo asociado principalmente al uso de equipamiento ofimático, iluminación, y climatización, pudiendo estar asociada dicha tendencia a la creciente incorporación de equipamiento ligado a tecnologías de información y comunicación (TIC), así como a las condiciones meteorológicas.

Dentro de la distribución de consumos en edificios del sector Servicios, los edificios de oficina ocupan el segundo lugar (con muy poca diferencia respecto al primer puesto) en cuanto al peso que tienen en el consumo de energía del sector terciario (32%), ocupando el primer lugar los edificios destinados al comercio (33%).

El sector de los edificios (residenciales o comerciales) es el mayor consumidor de energía y el mayor emisor de CO₂ de la UE, responsable de un 40% en consumo de energía final y en emisiones de CO₂ aproximadamente.

Estos datos convierten a los edificios en un campo estratégico de actuación, siendo vital establecer estrategias de mejora de la eficiencia energética y de fomento de las energías renovables. En esta línea, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios, establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética. Este certificado debe incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía. Debe, por lo tanto, fomentarse entre el público la difusión de esta información, a fin de facilitar el necesario conocimiento sobre su adecuado uso, consumo y disfrute.

La anterior Directiva se transpuso en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, en él se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, calificando los edificios según niveles de emisiones de CO₂.

Posteriormente la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 se ve modificada por la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Ambas Directivas se trasponen en un único texto, refundiendo el Real Decreto 47/2007, que incorpora el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes y establece la obligación de poner a disposición de los compradores de los edificios a partir del 1 de enero de 2013 un certificado de eficiencia energética, tal como se especificaba en la Directiva 2002/91/CE.

Por otro lado, la principal actuación propuesta para impulsar las energías renovables en los edificios y la reducción de emisiones de CO₂ es la modificación del Código Técnico de la Edificación.

Tenemos claro que la legislación promueve, si bien en diversos términos, la eficiencia energética y el ahorro en edificios terciarios y con ello, las empresas de servicios energéticos (ESE) han experimentado un alto crecimiento en los últimos años.

El principal problema en este sector es la determinación de la demanda y el establecimiento de una línea base de referencia de consumo, pues depende de diversos factores que varían en el tiempo, por lo que ésta también variará. Éstos son, entre otros, la orientación, la envolvente térmica, las condiciones climáticas y las cargas internas.

1.3. REVISIÓN NORMATIVA. ESTADO DEL ARTE.

En este apartado se pretende analizar por un lado cómo afrontan las distintas empresas la deficiencia existente en el procedimiento de establecimiento de líneas base en edificios terciarios y por otro la normativa existente en forma de guía para facilitar la obtención de la línea base.

1.3.1. EVO - IPMVP

El IPMVP (*International Performance Measurement and Verification Protocol*) o Protocolo Internacional de Medida y Verificación del Ahorro Energético, desarrollado por la Organización EVO (*Efficiency Valuation Organization*), es un documento que pretende establecer las bases y procedimientos para la medida y verificación de ahorros energéticos conseguidos como consecuencia de la implantación de medidas de ahorro energético (en adelante *MAEs*), o bien en la implantación de programas de eficiencia o en el seguimiento del mantenimiento de instalaciones.

Para la elaboración del citado Plan de Medida y Verificación, el IPMVP ofrece distintas opciones, dependiendo de la MAE a instalar, las necesidades del cliente, el presupuesto disponible y las condiciones iniciales del sistema.

Opción	Descripción	¿Cómo se determina el ahorro?	Aplicaciones comunes de esta opción
Opción A. Verificación aislada de la MAE: medición del parámetro clave	El ahorro se determina midiendo en la instalación el parámetro clave que determina el consumo de energía del sistema donde se ha implementado la MAE y/o el éxito del proyecto.	Mediante el cálculo de la energía de referencia y de la energía del período demostrativo de ahorro a partir de lecturas o valores estimados.	Una MAE en iluminación donde la potencia es el parámetro clave que se mide de forma periódica. Se estimarán las horas de funcionamiento de los puntos de luz según los horarios del edificio y el comportamiento de sus ocupantes.
Opción B. Verificación aislada de la MAE: medición de todos los parámetros	El ahorro se determina midiendo en la instalación el consumo de energía del sistema en el que se ha implementado la MAE.	Mediciones continuas o puntuales de la energía del período de referencia y de la energía del período demostrativo de ahorro; y/o cálculos que utilicen patrones de consumo.	Instalación de un variador de frecuencia en un motor para regular el caudal de la bomba. Medir la potencia (kW) con un equipo de medida instalado en el propio motor que toma la lectura de la potencia cada minuto.
Opción C. Verificación de toda la Instalación	El ahorro se determina midiendo el consumo de energía de toda la instalación, o de una parte de ella.	Análisis de toda la información de los equipos de medida de la empresa de suministro durante todo el período de referencia y todo el período demostrativo de ahorro.	Proyectos de eficiencia en los que las MAEs implementadas afecten a varios equipos de la instalación.
Opción D. Simulación Calibrada	El ahorro se determina simulando el consumo de energía de toda la instalación, o de una parte de ella. La simulación tiene que ser capaz de modelar el rendimiento energético actual de la instalación. Esta opción suele requerir habilidades especiales para realizar simulaciones calibradas.	La simulación del consumo de energía calibrado con la información de las facturas de suministro, horarias o mensuales.	Proyectos de eficiencia donde las MAEs implementadas afecten a varios equipos de la instalación y no existen equipos de medida en el período de referencia. Después de la instalación de los equipos de medida de energía eléctrica y de combustibles se utilizan sus lecturas para calibrar la simulación.

Tabla 1. Opciones del IPMVP - Protocolo EVO.

Para el estudio del comportamiento energético de la instalación completa habría que escoger entre las opciones C y D. La principal diferencia entre ambas es que la opción C (verificación de toda la instalación o “Whole facility”) permite cuantificar el ahorro de energía conseguido por un conjunto de MAEs implementadas mediante medidas reales de consumo (equipos de medida instalados). La opción D (herramienta calibrada/corregida), además de evaluar ahorros asociados a MAEs implementadas y analizar posibles cambios, permite predecir un patrón de consumo del edificio (línea base).

1.3.2. AENOR. SISTEMAS DE GESTIÓN

Antes de profundizar en la aplicación de la norma 50001, de Sistemas de Gestión Energética, se pretende analizar brevemente en qué consisten los sistemas de gestión más importantes que una empresa puede implementar para mejorar su funcionamiento. Éstos son: Sistemas de Gestión de la Calidad, Sistemas de Gestión Ambiental y por último, Sistemas de Gestión Energética.

Los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) consisten en una serie de actividades coordinadas llevadas a cabo sobre una serie de elementos para lograr la calidad de los productos o servicios que se ofrecen al cliente, es decir, planear, controlar y mejorar aquellos elementos de una organización que influyen en el cumplimiento de los requisitos del cliente y en el logro de la satisfacción del mismo.

La comprensión y la gestión de los procesos interrelacionados como un Sistema contribuyen a la eficacia y la eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos, mejorando así el desempeño global de la organización. Los ocho principios en los que se basa un SGC son los siguientes:

- Enfoque al cliente
- Liderazgo y compromiso
- Participación del personal
- Procesos
- Gestión
- Mejora continua
- Toma de decisiones
- Proveedor

Todos ellos son gestionados a través de tres procesos de gestión: planificación, gestión y mejora.

Además de todo lo comentado anteriormente, hoy día las organizaciones deben cumplir con una serie de exigencias ambientales impuestas bien por la Administración, los clientes o la sociedad en general, independientemente de cuál sea su actividad, ubicación geográfica o tamaño. Por ello es necesario un Sistema de Gestión que integre la parte medioambiental en la gestión global de la empresa.

La implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) ofrece a las organizaciones la posibilidad de sistematizar los aspectos ambientales que se generan en cada una de sus actividades, además de promover la protección ambiental y la prevención de la contaminación. Entre otras, ofrece ventajas como la optimización de la gestión de recursos y residuos, reduciendo los aspectos ambientales desfavorables derivados de su actividad o aquellos riesgos asociados a situaciones accidentales.

La base de su enfoque se fundamenta en el concepto de PHVA: planificar, hacer, verificar y actuar. El modelo PHVA proporciona un proceso iterativo utilizado por las organizaciones para lograr la mejora continua. Se puede aplicar a un SGA y a cada uno de sus elementos individuales.

Por último, la gestión de la energía permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética, proporcionando las bases para la mejora del desempeño energético de la organización. Por esta razón la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) creó la ISO 50001, como estándar para ayudar a las organizaciones a mejorar su uso de la energía.

La implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) asegura la mejora del desempeño energético y la eficiencia energética, se realiza de forma voluntaria y su triunfo está directamente relacionado con el compromiso por parte de la Organización en su desarrollo, implementación y mejora. El SGE tiene que medir, controlar, planificar y mejorar el desempeño energético de una Organización.

Tras su implementación se busca la mejora del mismo, mediante acciones que consigan incrementar la eficiencia energética. Para ello, al igual que para el SGA, se emplea la filosofía PHVA como palanca para la mejora continua del Sistema, englobando diversos elementos como la política energética, los indicadores de desempeño energético, las auditorías del sistema de gestión y los planes de acción.

Una implantación correcta de un sistema de gestión es aquella que permite obtener una visión de la realidad energética, indicadores energéticos correctamente dimensionados para la realización del seguimiento, y proponer las acciones de mejora necesarias para la mejora continua del sistema.

Existe una serie de requisitos marcados por la Norma ISO 50001 que el SGE debe cumplir, cuya estructura es la siguiente:

- Responsabilidad de la dirección, tanto de la alta dirección como del representante de la dirección.
- Política energética, la cual debe establecer el compromiso de la dirección para alcanzar una mejora en el desempeño energético.
- Planificación energética, que debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continuada el desempeño energético. Engloba los indicadores de desempeño energético (IDEns), la línea base energética, la revisión energética y los objetivos y metas energéticas y planes de acción.
- Implementación y operación, de los planes de acción y otros elementos resultantes del proceso de planificación.
- Verificación, asegurando que las características clave que determinen el desempeño sean medidas y analizadas a intervalos planificados, incluyendo como mínimo los usos significativos, las variables pertinentes relacionadas con los mismos, los IDEns, la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas y la evaluación del consumo real contra el esperado.
- Revisión por la Dirección, que consiste en la revisión del Sistema de Gestión Energética por parte de la organización para asegurar su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

Los estudios realizados sobre la implantación de Sistemas de Gestión de la Energía en el mundo revelan un crecimiento significativo en los últimos años. Concretamente, en el último seguimiento realizado se determina que en el año 2017 el número de empresas en la que se ha implantado esta norma ha incrementado un 13% respecto al año 2016 con carácter mundial.

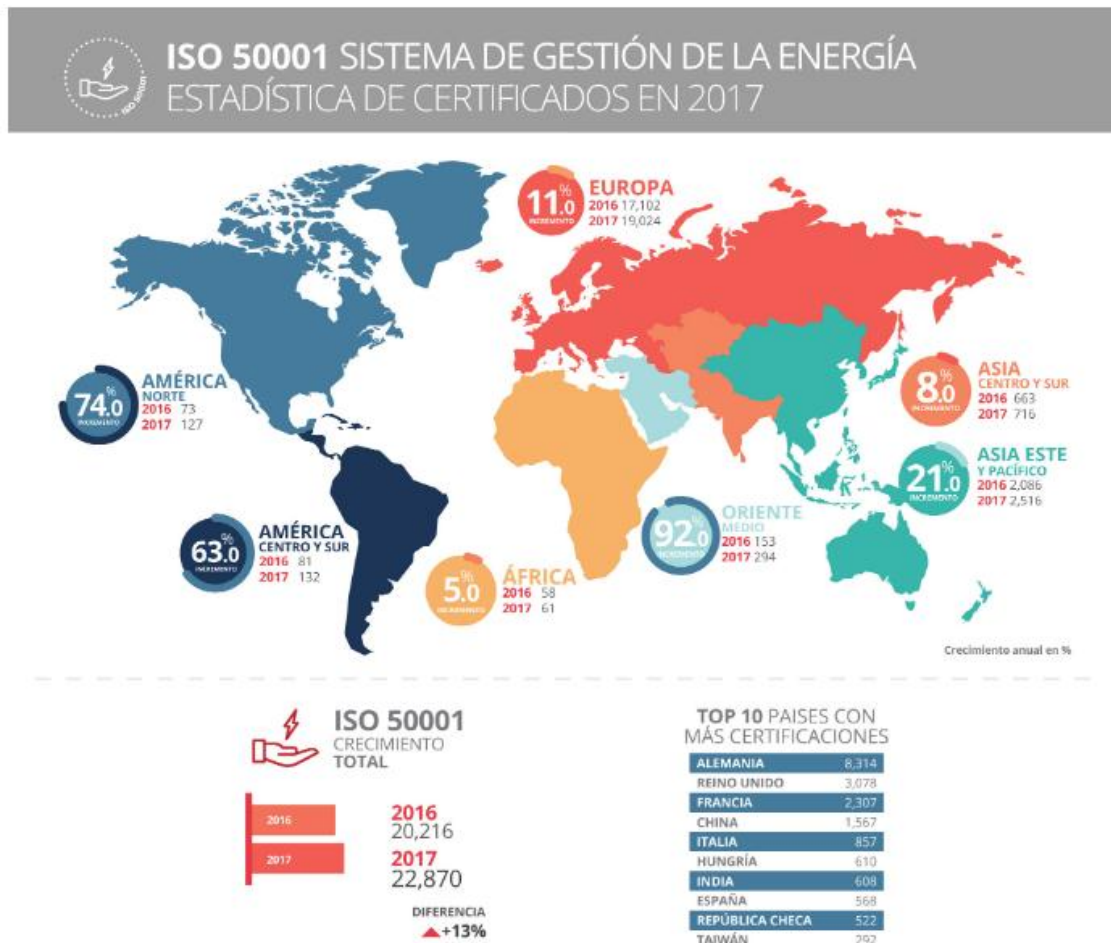


Figura 2. Implantación de Sistemas de Gestión de la Energía en el mundo.

Fuente: Global STD Certification.

1.3.3. SERIE ISO 50000. NORMALIZACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA.

Los Sistemas de Gestión proporcionan mejora continua en las áreas del tipo de estándar que se esté aplicando en una empresa, pudiendo ser Calidad, Medio Ambiental, Seguridad, entre otras más.

Con el objeto de mejorar el uso de la energía, ISO lanza su serie de normas de Gestión Energética:

- La **ISO 50002** establece el procedimiento adecuado (principios y requisitos básicos) para la realización de auditorías energéticas. En cuanto a las líneas base, se hace referencia a ellas al indicar que deben utilizarse para evaluar las mejoras energéticas de la Organización.

Los requisitos específicos para la competencia, consistencia e imparcialidad en la auditoría y la certificación de sistemas de gestión energéticos se recogen en la ISO 50003. Dichos sistemas de gestión energéticos determinan y ajustan líneas base con las que comparar los resultados para evaluar la eficiencia energética.

- La **ISO 50003** recoge los requisitos que deben cumplir los organismos de certificación que realizan las auditorías y certificación de Sistemas de Gestión de la Energía.
- La **ISO 50004** proporciona una guía para el establecimiento, la implementación, el mantenimiento y la mejora de los sistemas de gestión energética. Según esta norma, las

revisiones energéticas suministran la información y los datos necesarios para el establecimiento de las líneas base energéticas. Dichas líneas deben expresar mediante una relación matemática la relación del consumo de energía como función de una serie de variables relevantes. Debe ser un modelo ingenieril, un ratio o un dato de consumo en caso de no existir variables destacadas.

- La **ISO 50006** se centra en la medición del rendimiento energético utilizando líneas de base de energía e indicadores de desempeño energético.
- La **ISO 50015** tiene como objetivo establecer un conjunto de principios y directrices que se utilizarán para la medición y verificación (M&V) de la eficiencia energética de una entidad o sus componentes.

Por su importancia, la UNE-EN ISO 50001 se describe en un apartado independiente.

1.3.4. UNE-EN ISO 50001:2018

Esta norma, de Sistemas de Gestión de la Energía, tiene como objetivo mejorar la gestión energética llevada a cabo por las empresas, especificando para ello los requisitos que permitirán a la Organización alcanzar los compromisos derivados de su política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción para mejorarla.

Esta norma de carácter voluntario proporciona a las organizaciones un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión, incluyendo una serie de beneficios, como el fomento de la eficiencia energética en la empresa, mejora de la eficiencia de los procesos, - fomento de energías menos contaminantes, reducción de costes, mejor adaptación al cumplimiento de normativa y requisitos legales más exigentes, mejora de la imagen y marca de la empresa en el mercado, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero o reducción del riesgo asociado a la reducción de precios de los recursos energéticos en el mercado. Está basado en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar).

El establecimiento de la línea base es requisito imprescindible para la certificación en base a la ISO 50001, y ésta queda recogida en su apartado de planificación. Deben establecerse haciendo uso de la información derivada de revisiones energéticas anteriores así como de los datos de uso y consumo de energía. Además, tanto las mejoras realizadas como los cambios sustanciales en las instalaciones, procesos o pautas de funcionamiento deben evaluarse frente a la línea base establecida.

1.4. ALCANCE

En base a la experiencia, con carácter general se observa un déficit en el proceso de planificación energética al implantar Sistemas de Gestión Energética en las Organizaciones. Debido a que en ocasiones no se dispone de los datos necesarios para poder realizar un correcto inventario energético, no se dispone de herramientas para medir el consumo de energía real asociado a los distintos usos o calcular el consumo esperado (establecer la línea base energética), es necesario acudir a procedimientos alternativos que no siempre consiguen reflejar una visión correcta de la realidad.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es dar cumplimiento al requisito de planificación energética de la Norma UNE-EN ISO 50.001: “Sistemas de Gestión Energética” haciendo uso de la herramienta de simulación HULC, de forma que se solventen dichas deficiencias detectadas en la implantación de la ISO 50001.

La herramienta de simulación HULC determina el comportamiento energético de un edificio a partir de la definición completa del mismo, entre otras: características constructivas y geometría, características operacionales y funcionales del edificio y equipos instalados en el mismo (iluminación y climatización).

Por definición, la línea base energética define el comportamiento energético que debería tener un edificio y sirve como referencia cuantitativa para comparar del desempeño energético real. En este sentido, se propone hacer uso de esta herramienta de simulación para el establecimiento de Líneas Base y elaboración de Revisiones Energéticas.

2 PROCEDIMIENTO

El objeto de este apartado es definir el procedimiento para el establecimiento de líneas base y la elaboración de revisiones energéticas haciendo uso de la herramienta de simulación HULC.

Dado que una línea base de consumo de un edificio por definición es el consumo de referencia del mismo, el procedimiento seguido para la elaboración de revisiones energéticas y establecimiento de líneas base se apoya en la opción D de las propuestas metodológicas recogidas en el Protocolo EVO, la denominada “Simulación calibrada/corregida”, que implica el uso de un programa de simulación por ordenador que permite predecir el consumo de la instalación e incluso de sistemas independientes dentro de la misma.

El diagrama que se muestra a continuación representa el procedimiento llevado a cabo.

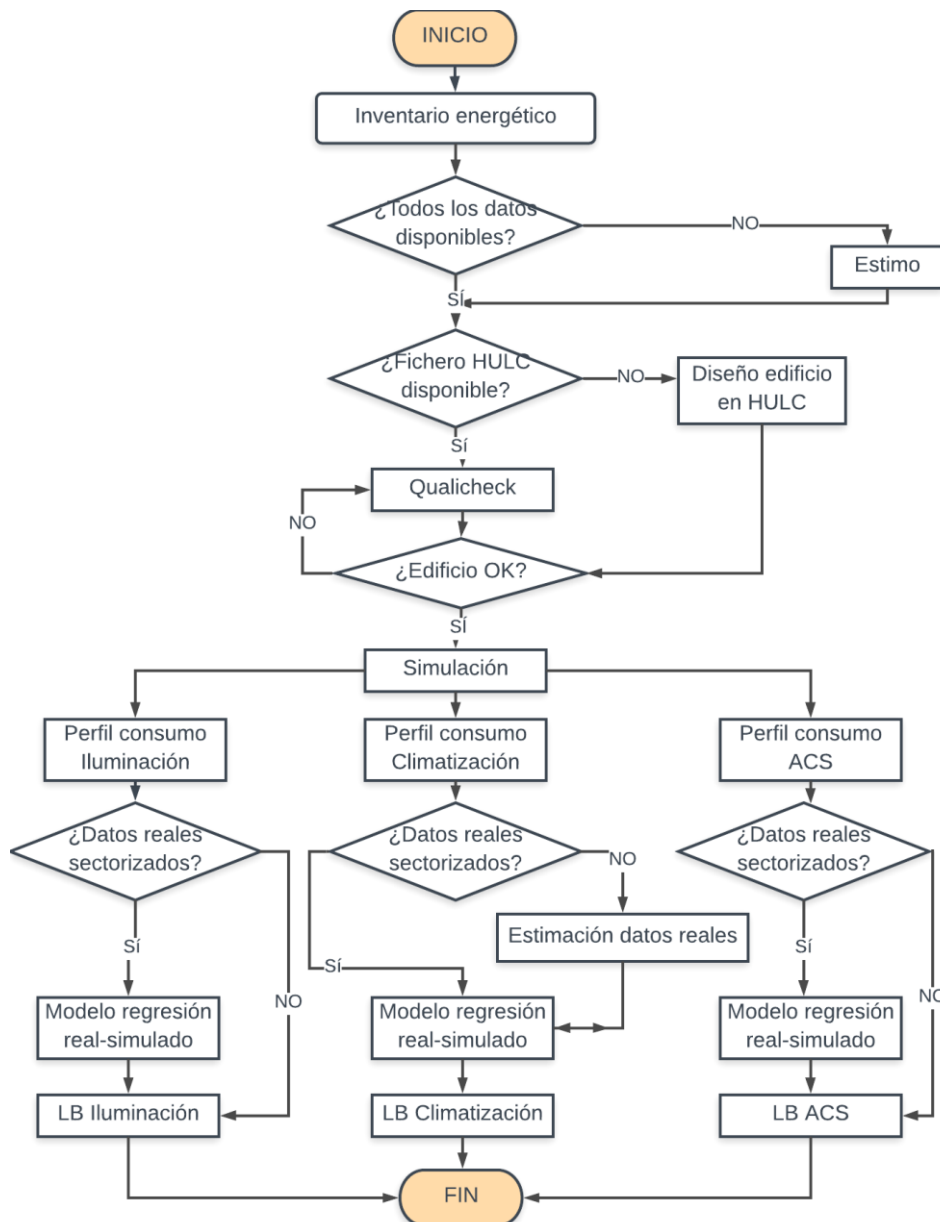


Figura 3. Diagrama del procedimiento.

Analizado el diagrama presentado se observa que el procedimiento seguido se subdivide en tres etapas diferentes: definición, simulación y corrección, cada una de ellas con varios escenarios posibles en función de la información disponible y el caso de estudio concreto.

En primer lugar, y común a todos los casos, estaría el inventario energético, cuyo objetivo es recopilar toda la información posible acerca de los sistemas consumidores de energía y sus características. En caso de no disponer de alguna información, se procederá a la estimación motivada y documentada de dicha característica/parámetro.

Una vez se dispone del inventario energético, existen dos escenarios posibles: disponer o no del fichero de carga de la herramienta. Llegados a este punto es necesario aclarar que la calificación energética de los edificios que van a ser objeto de estudio fueron encomendadas a una empresa externa a través de un contrato global y centralizado, por lo que para el desarrollo de este Trabajo, siempre que ha sido posible, se ha aprovechado la información fiable y correcta contenida en dicho fichero. De aquí proviene el primero de los escenarios posibles (disponer de dicho fichero).

Este posible escenario, en el que se dispone del fichero HULC de partida, viene seguido de otra etapa en todo caso, la de Qualicheck, cuyo objetivo es asegurar la veracidad de los datos introducidos en dicho fichero para lo que se le aplica un control de calidad a los mismos. El segundo escenario conlleva a la necesidad de definir el caso en HULC desde inicio.

En esta etapa se incluye también la definición del fichero de datos climáticos, fichero de entrada a la herramienta independiente del que contiene la definición del edificio. La herramienta toma los datos climáticos aquí definidos como factor externo que afecta al consumo del edificio, por lo que la correcta definición del mismo afectará a los resultados obtenidos, en mayor medida a aquellos usos cuya variabilidad con el clima sea mayor, por ejemplo la climatización.

Finalizada la primera etapa de definición, de la que se obtiene el edificio definido correctamente en HULC, se procede a la simulación. De ella se obtienen los perfiles de consumo en base mensual asociados a climatización, iluminación y Agua Caliente Sanitaria (ACS).

La última de las etapas, la de corrección, se fundamenta en la necesidad de ajustar el perfil obtenido de la herramienta haciendo uso de los consumos reales. En este punto vuelven a aparecer dos escenarios posibles: disponer o no de contadores sectorizados por uso en el edificio. En el primer caso, resulta trivial la aplicación de esta etapa, ya que a través de un análisis de regresión se calcula un modelo de ajuste, enfrentando consumo real frente a simulado. Por el contrario, en caso de no disponer de contadores sectorizados (únicamente del contador fiscal del edificio), se tomarán distintas decisiones en función de cada uso. Para la iluminación y el ACS, la variabilidad del perfil de consumo debido a factores externos es reducida, por lo que el error en el que se incurre si se mantiene como línea base el mismo perfil obtenido de la simulación es reducido. Por el contrario, para el caso de la climatización, el factor climatológico tiene una gran afectación en el perfil de comportamiento, por lo que el error acometido sería mayor. Por ello, y con el objetivo de paliar dicho efecto, se estiman los consumos reales de climatización para proceder a establecer el modelo de ajuste.

Una vez aplicado el modelo de corrección, en aquellos casos en los que aplique, se obtienen las líneas base de climatización, iluminación y ACS.

Si bien los software de calificación energética dejan fuera de su alcance los sistemas consumidores de energía no destinados al confort en los edificios, su impacto en el consumo global de un edificio de oficinas puede llegar a ser significativo. Por este motivo, y dada la necesidad de estudiar dicho impacto, el cálculo de las líneas base asociadas a los consumos de ascensores, equipos ofimáticos y

otros usos se realiza siguiendo una metodología alternativa a la simulación, desarrollada en sus apartados correspondientes del presente Trabajo.

Además de las líneas base por uso, como resultado del procedimiento se obtiene la distribución de consumo de energía por uso y su grado de significancia. La línea base global del edificio se calcula como la suma de las líneas base obtenidas.

2.1.DEFINICIÓN DEL MODELO

La definición del modelo, a su vez se subdivide en cuatro bloques:

- Inventario energético
- Definición del caso en HULC
- Qualicheck
- Definición del fichero climático

Tanto la primera como la última se aplicarán independientemente del escenario en el que nos movamos, por el contrario, la aplicación de la segunda o la tercera dependerá del caso de estudio concreto.

Antes de entrar en detalle en el desarrollo de las mismas, se introducen de forma breve los datos de entrada de los que se alimenta la herramienta, ya que independientemente del escenario, de una forma u otra habrá que hacer uso de ellos para definir el caso o aplicarle el Qualicheck al ya definido.

A groso modo, los datos de entrada de la herramienta se englobarían en los siguientes campos:

- Geometría y características constructivas del edificio: materiales constructivos, cerramientos, vidrios, marcos, huecos, puentes térmicos, estructura general del edificio y elementos que lo forman, dimensiones, etc.
- Sistemas instalados y características de los mismos: sistemas de climatización, iluminación, Agua Caliente Sanitaria u otros sistemas (datos de potencia, demanda, rendimientos, etc.).
- Características operacionales y funcionales: régimen de funcionamiento de los sistemas instalados, tanto horarios de encendido y apagado como temperaturas de consigna en el caso de sistemas de climatización.

2.1.1. INVENTARIO ENERGÉTICO

2.1.1.1. Datos reales de consumo

La fuente de los datos reales de consumo eléctrico será en todo caso contadores de electricidad telemididos. Ahora bien, existen dos escenarios posibles a la hora de obtener los datos reales de consumo:

1. Disponer de contadores sectorizados por uso: el edificio dispone de distintos EDS conectados a los distintos circuitos eléctricos y monitorizados de forma que pueden disgregarse los consumos de electricidad asociados a los distintos usos del edificio.
2. No disponer de contadores sectorizados por uso: en este caso, se dispone de un único contador fiscal del edificio, que contabiliza el consumo eléctrico total del mismo.

Todo esto está integrado en una Plataforma de Gestión Energética que nos permite tratar dichos datos de forma sencilla.

En cuanto al combustible, en caso de existir, la fuente del dato podrá ser lectura de contador o factura.

2.1.1.2. Datos climáticos

Para poder evaluar el consumo con condiciones climatológicas reales es necesario disponer de la siguiente información:

- Temperatura Exterior
- Temperatura del cielo
- Radiación directa
- Radiación difusa
- Humedad absoluta
- Humedad relativa

2.1.1.3. Iluminación

Para el inventariado de los sistemas asociados al consumo de iluminación se recopila la siguiente información:

- Número de luminarias
- Tipo de lámpara
- Número de lámparas por luminaria
- Potencia unitaria de la lámpara

2.1.1.4. Sistemas primarios

Los sistemas primarios tienen como objetivo producir agua fría o caliente para combatir las cargas térmicas de los sistemas secundarios.

Los principales tipos de sistemas primarios son:

- Plantas enfriadoras
- Bombas de calor
- Calderas

Los parámetros que deben conocerse de cada sistema en particular son:

- Potencia frigorífica y/o calorífica nominal (kW)
- EER/COP
- Tipo de sistema
- Tipo de planta enfriadora, en su caso (condensada por aire o por agua)
- Tipo de combustible asociado al sistema de generación: electricidad, fueloil, gasóleo, gas natural, etc.

Los parámetros relativos a su programa de funcionamiento se definen en el apartado de condiciones operacionales y funcionales (*COF*).

2.1.1.5. Autónomos. Subsistemas secundarios

Los sistemas secundarios son los encargados de climatizar los espacios del edificio. Los equipos autónomos son el caso particular de sistema primario más secundario, ya que consumen electricidad para producir la energía térmica demandada.

Los sistemas secundarios pueden clasificarse de forma genérica en:

- Climatizadoras (todo aire):
 - Caudal constante
 - Caudal variable
 - Climatizadora de aire primario
 - Sólo ventilación
 - Sólo calefacción
 - Recalentamiento terminal
 - Enfriamiento evaporativo
 - Doble conducto
- Equipos autónomos (todo refrigerante o mixtos refrigerante-aire):
 - Caudal constante de aire
 - Caudal variable de aire
- Todo agua:
 - Fan-coil
 - Radiador de agua
 - Radiador eléctrico
 - Suelo radiante
 - Hilo radiante

Los datos necesarios a recopilar en los sistemas secundarios se subdividen en los específicos de los autónomos y los generales que afectan a todos.

- En general:
 - Tipo de sistema: caudal constante o variable
 - Existencia o no de ventilador de retorno
 - Caudales nominales de aire de impulsión y de retorno (si existe) (m^3/h)
 - Potencias nominales ventilador de impulsión y de retorno (si existe) (kW)
 - Si dispone de algún sistema de recuperación: free-cooling o recuperación de calor de aire de extracción
- Sistemas autónomos:
 - Tipo de sistema:
 - Caudal constante o variable de refrigerante
 - Compacto, dividido o multisplit
 - Potencia nominal frigorífica y/o calorífica
 - EER/COP medio estacional

Los parámetros relativos a las consignas se definen en el apartado de condiciones operacionales y funcionales (COF).

2.1.1.6. Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El consumo asociado a la producción de ACS no suele ser significativo en edificios de oficinas.

Los parámetros a tener en cuenta son:

- Tipo de sistema

- Tipo de combustible: electricidad o combustible
- Potencia nominal (kW)
- Volumen (litros) y temperatura (°C) de acumulación de agua (si existe)
- Rendimiento nominal y estacional
- Caudales asociados (bombeo, recirculado si existe)

2.1.1.7. Energía renovable

La información necesaria para inventariar los sistemas asociados a la producción, bien de energía eléctrica, bien de energía térmica renovable es la siguiente:

- Paneles solares térmicos de apoyo a la producción de ACS: dato de superficie de captación (m²) y porcentaje de demanda cubierta (%).
- Placas solares fotovoltaicas para producción de energía eléctrica: dato de producción anual (kWh/año).

2.1.1.8. Equipos ofimáticos, ascensores y otros

Estos consumos suponen un porcentaje importante en el consumo de energía total del edificio, pero al estar enmascarados en el resto de usos de la energía no suele apreciarse su importancia.

Se corresponden con el resto de consumo distinto al de climatización, iluminación y ACS ya descritos, y pueden englobarse en tres grupos:

- Equipos ofimáticos: debe conocerse tanto el número de equipos representativos como la potencia eléctrica de los mismos, tanto encendidos como en *Standby* y las horas de funcionamiento anuales.
- Ascensores: debe definirse la cantidad, el tipo de motor eléctrico, el tipo de tracción, el tipo de regulación, la potencia eléctrica nominal, el número de viajes al día por empleado, el número de empleados, la carga, de velocidad y rendimiento.
- Otros consumidores: se debe determinar el tipo de consumidor, el número de cada tipo concreto, su potencia eléctrica (kW) y las horas de uso anuales.

2.1.1.9. Condiciones operacionales y funcionales (COF)

Las variables principales a analizar en este punto son las temperaturas de consigna y los horarios de demanda real de los sistemas consumidores de energía.

2.1.2. DEFINICIÓN CASO EN HULC

Si bien la definición completa desde cero en HULC sólo es necesaria en caso de no disponer del fichero de carga, es preciso conocer cómo se define un caso en HULC desde inicio.

La definición de las características constructivas queda fuera del alcance de este Trabajo, centrándose en las siguientes etapas:

- Iluminación
- Sistemas primarios y secundarios (electricidad)
- Calderas de combustible
- Termos eléctricos de ACS
- Condiciones operacionales y funcionales (COF)
- Paneles solares térmicos de ACS
- Placas solares fotovoltaicas

2.1.2.1. Iluminación

En HULC, el cálculo del consumo de iluminación sigue una ecuación sencilla:

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{potencia (kW)} * \text{tiempo de funcionamiento (h)}$$

Teniendo en cuenta además parámetros relativos a sistemas de aprovechamiento de luz natural, tipo de encendido, etc.

Concepto a modificar: Espacios - Iluminación artificial y natural				Concepto a modificar: Espacios - Geometría				
	Nombre	Pot./Área (W/m ²)	Tipo de luminaria		Nombre	Polígono	Altura (m)	Área suelo (m ²)
1	P01_E01	12,00	Fluorescente No ventilada	1	P01_E01	P01_E01_Poligono2	3,40	1.966,06
2	P02_E01	12,00	Fluorescente No ventilada	2	P02_E01	P02_E01_Poligono2	3,40	1.966,06
3	P02_E02	12,00	Fluorescente No ventilada	3	P02_E02	P02_E02_Poligono3	3,40	811,40
4	P03_E01	7,00	Fluorescente No ventilada	4	P03_E01	P03_E01_Poligono1	3,40	518,10
5	P03_E02	6,00	Otras	5	P03_E02	P03_E02_Poligono2	3,40	1.755,66
6	P03_E03	6,00	Otras	6	P03_E03	P03_E03_Poligono1	3,40	855,46
7	P03_E04	6,00	Fluorescente No ventilada	7	P03_E04	P03_E04_Poligono2	3,40	214,44
8	P03_E05	6,00	Fluorescente No ventilada	8	P03_E05	P03_E05_Poligono1	3,40	1.138,26
9	P03_E06	6,00	Fluorescente No ventilada	9	P03_E06	P03_E06_Poligono2	3,40	1.910,05
10	P03_E07	6,00	Fluorescente No ventilada	10	P03_E07	P03_E07_Poligono3	3,40	30,72
11	P03_E08	6,00	Fluorescente No ventilada	11	P03_E08	P03_E08_Poligono1	3,40	208,68
12	P04_E01	6,00	Fluorescente No ventilada	12	P04_E01	P04_E01_Poligono1	2,70	460,49
13	P04_E02	6,00	Fluorescente No ventilada	13	P04_E02	P04_E02_Poligono2	2,70	607,77
14	P04_E03	6,00	Fluorescente No ventilada	14	P04_E03	P04_E03_Poligono1	2,70	46,89
15	P04_E04	6,00	Fluorescente No ventilada	15	P04_E04	P04_E04_Poligono1	2,70	307,83
16	P04_E05	6,00	Fluorescente No ventilada	16	P04_E05	P04_E05_Poligono2	2,70	64,36
17	P04_E06	6,00	Fluorescente No ventilada	17	P04_E06	P04_E06_Poligono3	2,70	69,08
18	P04_E07	6,00	Fluorescente No ventilada	18	P04_E07	P04_E07_Poligono4	2,70	1.268,38
19	P04_E08	6,00	Fluorescente No ventilada	19	P04_E08	P04_E08_Poligono1	2,70	187,02
20	P04_E09	6,00	Fluorescente No ventilada	20	P04_E09	P04_E09_Poligono2	2,70	921,35
21	P04_E10	6,00	Fluorescente No ventilada	21	P04_E10	P04_E10_Poligono3	2,70	288,80

Figura 4. Definición iluminación.

Para calcular el dato de potencia instalada (W), la herramienta toma como dato de entrada el valor de W/m² de cada espacio definido en la misma, y lo multiplica por el valor de m² de dicho espacio.

Dentro de la herramienta existen datos modificables y otros que no lo son. Por ejemplo en este caso, los datos de superficie (m²) de cada uno de los espacios definidos, al formar parte del módulo de evaluación de la demanda (LÍDER) y que normalmente se introducen a través de herramientas intermedias que trasponen los planos del edificio directamente en LÍDER, no se pueden modificar.

Por ello, el único valor introducido de forma manual para el cálculo del consumo de iluminación es el de W/m^2 .

Para definirlo, partiendo del inventario de iluminación real y haciendo uso de los datos de superficie introducidos en la herramienta, se calculan los valores de W/m^2 para cada espacio de forma que la potencia total real coincida con la definida en la herramienta.

La definición de las horas de funcionamiento de iluminación se describe en el apartado correspondiente a las COF.

2.1.2.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad)

El consumo de climatización no sigue una ecuación tan trivial como en el caso de la iluminación. Si bien la potencia, rendimiento y el tiempo de funcionamiento son las variables fundamentales en las que ésta se basa, existen factores externos, como las condiciones climatológicas, cuya afectación al consumo es significativa.

$$\begin{aligned} \text{Consumo (kWh)} \\ = \text{potencia (kW)} * \left(\frac{1}{\text{Rendimiento}} \right) * \text{tiempo de funcionamiento (h)} \\ * \text{"afectación meteorológica"} \end{aligned}$$

Para su definición en HULC se hace distinción entre los sistemas primarios y los secundarios, y a su vez para estos últimos en el tipo de sistema secundario del que se trate, pues su definición en la herramienta difiere entre uno y otro.

Sistemas primarios:

- Potencia nominal (kW)
- Rendimientos (EER/COP según aplique).
- La definición del tiempo de funcionamiento se detalla en el apartado correspondiente a las COF.

Sistemas secundarios:

- Potencia nominal (kW)
- Rendimientos (EER/COP según aplique). Este parámetro sólo aplica a los equipos autónomos.
- El factor de transporte ha de ser cero en los equipos autónomos, pues este valor está contemplado en los rendimientos. En los sistemas secundarios tipo climatizadoras o fan-coils se estima $0,1 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$.
- La definición del tiempo de funcionamiento se detalla en el apartado correspondiente a las COF.

El factor climatológico es un dato de entrada independiente en la herramienta, y su definición se detalla en su apartado correspondiente.

2.1.2.3. Calderas

El consumo asociado a las calderas puede destinarse tanto a calefacción como a ACS, siendo el primero de ellos el caso más habitual.

En el caso del uso para calefacción, al igual que ocurría en la climatización eléctrica, la ecuación mediante la que se calcula el consumo asociado no es trivial. Si bien la potencia, rendimiento, el tiempo de funcionamiento y el tipo de combustible son las variables fundamentales en las que ésta se basa, existen factores externos, como la climatología, cuya afectación en el consumo es significativa.

La definición del tiempo de funcionamiento se analiza en el apartado correspondiente a las COF, y el factor climatológico, al ser un dato de entrada independiente en la herramienta, se analiza en su apartado correspondiente del procedimiento.

Al no disponer de medición en tiempo real del rendimiento, se estima 0,9.

Por tanto, las variables introducidas en la herramienta para la definición de los sistemas primarios correspondientes a calderas son:

- Potencia nominal (kW)
- Tipo de combustible

Propiedades	
Curvas comportamiento	
Nombre:	cal 1
Tipo:	Caldera de combustible
Subtipo:	Convencional
General	
Potencia nominal:	1.417,00 kW
Temperatura de consigna:	85,0 °C
Salto temperatura diseño:	15,0 °C
Rendimiento térmico:	0,90
Rendimiento eléctrico:	n/a
Tipo combustible:	Gas Natural
Conexiones a circuitos de agua caliente	
Circuito:	c primC
Bomba:	- ninguno/a -

Figura 5. Definición caldera.

2.1.2.4. Termos eléctricos de ACS

Para el cálculo del consumo de energía (en este caso electricidad) asociado a la generación de agua caliente sanitaria, la herramienta hace uso fundamentalmente de dos parámetros:

- Demanda de ACS (incluyendo, en caso de existir, la aportación de energía solar térmica).
- Rendimiento medio estacional del equipo.

Resultando el consumo de electricidad el siguiente:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Demanda (kWh)}}{\text{Rendimiento medio estacional}}$$

El cálculo de la demanda (kWh/m^2) de un edificio residencial o terciario se obtiene a partir de la siguiente expresión (no tiene en cuenta la aportación de energía solar térmica):

$$D \left(\frac{kWh}{m^2} \right) = 365 C_p * \rho * Q_{ACS} * (T_{ACS} - T_{AF}) * \left(\frac{1}{3.600} \right)$$

Donde:

- ρ : densidad del agua (kg/litro) igual a la unidad.
- C_p : calor específico del agua (kJ/kgK) igual a 4,18 kJ/kgK.
- $T_{AC\Box}$: 60 °C.
- $Q_{ACS} (T_{ACS})$ (litros/día): consumo de agua caliente sanitaria a 60 °C.

El rendimiento medio estacional depende entre otros, de las potencias de los termos eléctricos y de la capacidad de acumulación de los mismos en el caso de existir. Los sistemas de producción de ACS se definen en la herramienta en base al inventario de termos eléctricos disponible (características de potencia y acumulación, en su caso), siendo la herramienta quien calcula el rendimiento medio estacional en base a dichos parámetros.

	Nombre caldera ACS	Acumulación	Potencia nominal (kW)	Temperatura de consigna (°C)	Rendimiento térmico	Rendimiento eléctrico	Tipo de combustible	Volumen depósito (l)
1	ACS	Con depósito de acumulación	12,00	50,0	n/a	1,00	n/a	560,00

Figura 6. Definición termos ACS.

El caudal de ACS se define dentro del caudal de la bomba de ACS, no obstante existen varios parámetros adicionales asociados a él que son necesarios definir (caudal máximo del circuito hidráulico de ACS y caudal recirculado del circuito hidráulico de ACS).

- Caudal de la bomba de ACS (Q_{ACS})

El caudal de la bomba de ACS (l/h) se calcula en base a la definición del RITE de demanda de agua caliente sanitaria, la cual establece para los edificios de oficina una demanda de 2 litros al día por persona.

Conociendo el dato del número de trabajadores del edificio, se calcula el caudal de la bomba de ACS.

$$\text{Caudal} \left(\frac{l}{h} \right) = n^{\circ} \text{trabajadores} * 2 \left(\frac{\text{litros}}{\text{día persona}} \right) * \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \right)$$

Si bien ésta sería la situación más desfavorable, en la herramienta se define un factor de uso del ACS mediante el que se regula la demanda para cada hora (detallado a posteriori, en horario demanda ACS).

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Figura 7. Demanda ACS RITE.

- Caudal máximo circuito hidráulico ACS

El caudal máximo del circuito se entiende por aquél que se daría en la situación más desfavorable, es decir, el caudal de la bomba calculado anteriormente (máximo).

- Caudal recirculado circuito hidráulico ACS

El caudal recirculado (circuito de retorno) del agua caliente sanitaria se estima en un 20% del caudal de la bomba.

- Horario demanda ACS

Dado que es difícil calcular esto con exactitud, se estima que el factor de uso del agua caliente sanitaria es el siguiente, para todos los edificios objeto de estudio:

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 8. Horario demanda ACS.

2.1.2.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)

Las condiciones operaciones y funcionales (en adelante *COF*), como su propio nombre indica, hacen referencia a las condiciones a las que operan los equipos instalados en el edificio, comprendiendo tanto horarios como temperaturas de consigna.

La diferencia entre definir un edificio en Calener GT y Calener VYP (dentro de HULC) erradica principalmente en la magnitud y complejidad de sus instalaciones. Una de las diferencias es la forma en la que se definen las COF dentro de las mismas.

Opción 1: Calener VYP (*Viviendas y Pequeños terciarios*)

Se define un tipo de uso para el proyecto total (edificio completo), a elegir entre las siguientes opciones, como muestra la imagen:

- Residencial
- Residencial – No acondicionado
- (Elegir una opción de cada una):
 - Intensidad baja/media/alta
 - 8h/12h/16h/24h
 - Acondicionado/no acondicionado

Figura 9. Definición COF Calener VYP.

La definición en Calener VYP es sencilla, pues debemos determinar la opción que más se adecúe al funcionamiento habitual de nuestro edificio.

Opción 2: Calener GT (*Grandes Terciarios*)

En Calener GT sin embargo, se define el funcionamiento de cada equipo, sistema o zona climatizada para cada hora del día, de cada día de los 365 días del año. Esto es:

- Horario de refrigeración y calefacción definido en cada equipo.

Figura 10. Horario funcionamiento equipo climatización.

- Horario de funcionamiento de los ventiladores.

Figura 11. Horario funcionamiento ventiladores.

- Horario de funcionamiento de las zonas (tipo t^º). *Esto sería equivalente a la temperatura de consigna.*

	Zona	Tipo	Espacio	Subsistema secundario	Tipo termostato	Ancho de banda (°C)	Consigna Ref.	Cosigna Cal.
1	Zonas 84	Acondicionada	P01_E01	EXPANSION DIRECT	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
2	Zonas 85	Acondicionada	P02_E01	EXPANSION DIRECT	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
3	Zonas 86	Acondicionada	P03_E02	EXPANSION DIRECT	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
4	Zonas 87	Acondicionada	P03_E04	EXPANSION DIRECT	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
5	Zonas 88	Acondicionada	P05_E13	EXPANSION DIRECT	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
6	Z_P10_E02	Acondicionada	P10_E02	ED_UNFLAIR CELDA	Todo/Nada	n/a	Año_Siempre 22º	Año_Siempre 22º
7	Z_P10_E03	Acondicionada	P10_E03	ED_SOLO FRIO (15)	Todo/Nada	n/a	Año_Siempre 22º	Año_Siempre 22º
8	Z_P04_E04	Acondicionada	P04_E04	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
9	Z_P05_E04	Acondicionada	P05_E04	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
10	Z_P06_E07	Acondicionada	P06_E07	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
11	Z_P06_E04	Acondicionada	P06_E04	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
12	Z_P07_E04	Acondicionada	P07_E04	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
13	Z_P07_E07	Acondicionada	P07_E07	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
14	Z_P08_E05	Acondicionada	P08_E05	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
15	Z_P09_E04	Acondicionada	P09_E04	VIL ALM VARY	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
16	Z_P06_E11	Acondicionada	P06_E11	RESTO FC	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
17	Z_P07_E11	Acondicionada	P07_E11	RESTO FC	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
18	Z_P08_E09	Acondicionada	P08_E09	RESTO FC	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
19	Z_P04_E07	Acondicionada	P04_E07	CLIM_1	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
20	Z_P06_E08	Acondicionada	P06_E08	CLIM_1	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21
21	Z_P07_E08	Acondicionada	P07_E08	CLIM_1	Todo/Nada	n/a	A-Siempre 26	A-Siempre 21

Figura 12. Horario climatización zonas.

Como puede observarse, en Calener GT la definición es algo más tediosa, pues hay que definir el horario de funcionamiento, hora a hora, para todos los días del año y para cada sistema, equipo o zona de forma independiente.

Antes de entrar en detalle en el proceso a seguir para definir las COF en un caso en HULC (Calener GT), se describen los tipos de horarios existentes en la herramienta y la forma de definirlos.

1. **Horarios tipo todo/nada.** Este tipo de horario permite que la máquina funcione/no funcione cada hora del día, introduciéndose valores 0 (no funciona) o 1 (sí funciona) en cada una de las horas.

La interfaz de definición es la siguiente, en la que se muestra por ejemplo la definición de un horario de funcionamiento de una máquina de 08:00h a 15:00h:

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0"/>	8 - 9:	<input type="text" value="1"/>	16 - 17:	<input type="text" value="0"/>
1 - 2:	<input type="text" value="0"/>	9 - 10:	<input type="text" value="1"/>	17 - 18:	<input type="text" value="0"/>
2 - 3:	<input type="text" value="0"/>	10 - 11:	<input type="text" value="1"/>	18 - 19:	<input type="text" value="0"/>
3 - 4:	<input type="text" value="0"/>	11 - 12:	<input type="text" value="1"/>	19 - 20:	<input type="text" value="0"/>
4 - 5:	<input type="text" value="0"/>	12 - 13:	<input type="text" value="1"/>	20 - 21:	<input type="text" value="0"/>
5 - 6:	<input type="text" value="0"/>	13 - 14:	<input type="text" value="1"/>	21 - 22:	<input type="text" value="0"/>
6 - 7:	<input type="text" value="0"/>	14 - 15:	<input type="text" value="1"/>	22 - 23:	<input type="text" value="0"/>
7 - 8:	<input type="text" value="0"/>	15 - 16:	<input type="text" value="0"/>	23 - 24:	<input type="text" value="0"/>

Figura 13. Horario todo/nada.

Este tipo de horario suele definirse para los equipos secundarios (equipos autónomos, ventilosconvectores, climatizadoras, etc.).

2. **Horarios tipo fracción.** Este tipo de horario se entiende como un horario del tipo todo/nada al que se le incluye un factor de uso. Es decir, para cada hora del día se define un valor de entre 0-1 $[0, 1, 0, 2, 0, 3, \dots, 0, 9, 1]$ en base al funcionamiento. Suele definirse en los sistemas de iluminación, cuyo factor de uso puede depender de varios factores como la luz natural (si se dispone de detectores crepusculares, si es posible apagar ciertas zonas iluminadas por encima de sus necesidades), o el funcionamiento parcial (si se dispone de detectores de presencia o bien, en zonas de tránsito o que no estén ocupadas normalmente, como zonas de archivo).

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 14. Horario tipo fracción.

3. **Horarios tipo temperatura.** Conceptualmente, este tipo de horario difiere de los anteriores, en los que el funcionamiento está determinado por el encendido o apagado de un sistema,

máquina o equipo, y su funcionamiento total o parcial. En este caso, el encendido o apagado lo determina un valor de temperatura.

En lugar de introducirse valores entre 0-1, se define una temperatura para calefacción y otra para refrigeración, para cada hora del día. La climatización se iniciará cuando la temperatura sea superior a la temperatura definida en modo refrigeración (período estival) y cuando sea inferior a la temperatura definida en modo calefacción (período invernal).

Las temperaturas definidas en refrigeración y calefacción equivaldrían a lo que se entiende como temperaturas de consigna.

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	8 - 9: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	16 - 17: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
1 - 2: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	9 - 10: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	17 - 18: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
2 - 3: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	10 - 11: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	18 - 19: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
3 - 4: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	11 - 12: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	19 - 20: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
4 - 5: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	12 - 13: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	20 - 21: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
5 - 6: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	13 - 14: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	21 - 22: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
6 - 7: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	14 - 15: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	22 - 23: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C
7 - 8: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	15 - 16: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C	23 - 24: <input style="width: 60px;" type="text" value="26,0"/> °C

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	8 - 9: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	16 - 17: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
1 - 2: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	9 - 10: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	17 - 18: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
2 - 3: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	10 - 11: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	18 - 19: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
3 - 4: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	11 - 12: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	19 - 20: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
4 - 5: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	12 - 13: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	20 - 21: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
5 - 6: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	13 - 14: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	21 - 22: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
6 - 7: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	14 - 15: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	22 - 23: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C
7 - 8: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	15 - 16: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C	23 - 24: <input style="width: 60px;" type="text" value="21,0"/> °C

Figura 15. Horario tipo temperatura.

Por otro lado, dentro de estas categorías, la herramienta dispone de algunos horarios definidos por defecto y almacenados en su base de datos, que dado su habitual utilización, resulta interesante describirlos.

1. **Horario “siempre funcionando”**. Consiste en un horario del tipo todo/nada en el que se definen todas las horas del día con valor 1 (funcionando). Se utiliza en el funcionamiento de los sistemas de climatización de funcionamiento continuo, por ejemplo, aquellos que refrigeran salas críticas.
2. **Horario “nunca funcionando”**. Consiste en un horario del tipo todo/nada en el que se definen todas las horas del día con valor 0 (no funcionamiento).

Ahora sí, el proceso a seguir para definir las COF dentro de la herramienta es el siguiente:

1. Se define un horario del tipo todo/nada en los sistemas secundarios de climatización conforme al programa real de funcionamiento del edificio, introduciendo valores de 1 en aquellas horas en las que dicho sistema funcione, y 0 en aquellas en las que no.
2. Se define un horario del tipo “siempre disponible” en los ventiladores.
3. Se define un horario del tipo temperatura en las zonas a las que dicho sistema climatiza, introduciendo la temperatura de consigna definida en el programa de funcionamiento del edificio para cada uno de los sistemas en cada uno de los modos (refrigeración y calefacción).
4. Se define un horario tipo fracción en la iluminación, dependiendo de las características del edificio en particular.

2.1.2.6. Panel solar térmico para ACS

La aportación de energía solar térmica a la producción de ACS se define mediante el porcentaje de demanda cubierta por la placa y en los edificios definidos como Grandes Terciarios (*Calener GT*), además se indica la superficie de la placa (m²).

Datos generales

Datos del proyecto | Localización | Energías Renovables

Energía solar térmica para A.C.S.

Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4): 60 %

Generación de energía eléctrica con energías renovables

Energía generada: 0,0 kWh/año

Seleccionar Generador ACS: ACS

Características básicas | Varios | Curvas comportamiento

Apoyo eléctrico

Potencia apoyo eléctrico: n/a kW

Máxima tª bomba de calor: n/a °C

Conexiones a circuitos ACS

Circuito ACS: Circuito ACS

Bomba ACS: - ninguno/a -

Panel solar

Panel solar: Sí

Area: 11,60 m²

Porcentaje demanda cubierta: 60 %

Figura 16. Definición aportación energía solar.

El porcentaje de demanda cubierta se calcula en base a la producción anual y la demanda anual.

2.1.2.7. Placa solar fotovoltaica

Como puede observarse en la imagen anterior, la generación de energía eléctrica mediante energías renovables se define en base al dato de generación anual (kWh/año).

2.1.3. QUALICHECK

Esta etapa únicamente es de aplicación en caso de disponer de fichero de carga de HULC de la Calificación Energética del Edificio realizada, uno de los escenarios posibles. Consiste en la revisión de dichos ficheros de forma que su contenido se ajuste a las características reales del edificio.

Previamente a detallar el procedimiento de revisión, se introduce con carácter general en qué consiste el proyecto *QUALICheck*, desarrollado a nivel europeo.

Actualmente existen numerosos desafíos basados en la implementación de edificios de energía casi nula (NZEB), sistemas energéticamente eficientes, así como en maximizar la implantación de energías renovables, siendo el primer paso para su consecución la evaluación de lo que se tiene, es decir, el Certificado Energético. En este sentido, hay varios indicios que originan preocupaciones con respecto a la fiabilidad de estos certificados de eficiencia energética (EPC), sus declaraciones y la calidad de los trabajos.

En respuesta a estas preocupaciones, surge el proyecto *QUALICheck*, de carácter europeo y que pretende dar respuesta a estos desafíos mediante (entre otros):

1. La identificación de problemas con respecto a los procedimientos existentes de CEE.
2. La implementación de mejores prácticas para un mejor acceso a los datos de entrada fiables necesarios para realizar la certificación energética.

El Proyecto *QUALICheck* se centra principalmente en nueve países: Austria, Bélgica, Chipre, Estonia, Francia, Grecia, Rumania, España y Suecia, y en cuatro áreas tecnológicas:

1. Características de transmisión térmica: esto incluye componentes opacos (paredes, techos, suelos...), las ventanas y puertas, así como los puentes térmicos.
2. Ventilación y estanqueidad: esto incluye la eficiencia de los sistemas de ventilación, así como la hermeticidad de conductos.
3. Tecnologías sostenibles de confort en verano: esto incluye una amplia gama de tecnologías, por ejemplo, control solar, masa térmica y estrategias naturales de refrigeración.
4. Energías renovables.

El Proyecto *QUALICheck* se podría dividir en:

1. Status on the ground (*Estado del arte*)
2. Compliant and Easily Accessible EPC Input Data (*Datos de entrada de los Certificados de Rendimiento Energético correctos y de fácil accesibilidad*)
3. Quality of the Works (*Calidad de los trabajos*)
4. Compliance Frameworks (*Marcos de cumplimiento*)

En lo que a este Trabajo respecta, el procedimiento de revisión se centrará en el punto 2.

Independientemente de la herramienta utilizada para obtener la CEE (*Calificación Energética de Edificio*), en el Proyecto *QUALICheck* se evalúan los procedimientos utilizados para ello. Esto es, entre otros, la veracidad de los datos de entrada introducidos en dicha herramienta.

Es importante destacar que para aplicar de forma exhaustiva el proceso de control de la calidad a los datos de entrada es necesario un conocimiento detallado de los datos. En este sentido, la determinación de la “Geometría y características constructivas del edificio” es compleja

(transmisividades de muros y vidrios, características de puentes térmicos, etc.), por lo que al igual que ocurría en la definición del caso en HULC, quedarían fuera del alcance, entendiéndose que son válidos los datos utilizados por la empresa externa para la evaluación del cumplimiento de la demanda (*LÍDER*).

Los aspectos a evaluar serían los siguientes:

- Iluminación
- Sistemas primarios y secundarios (electricidad)
- Calderas de combustible
- Termos eléctricos de ACS
- COF (condiciones operacionales y funcionales)
- Energías renovables: placas solares fotovoltaicas y/o térmicas

Si bien a continuación se detalla cómo se aplicaría este control de la calidad a los datos de los parámetros que componen cada aspecto, en el **Anexo III. “Resultados Qualicheck”** se adjunta en detalle los resultados y conclusiones de dicha aplicación.

2.1.3.1. Iluminación

Como ya se comentó en la definición del caso en HULC, dado que el dato de entrada introducido de forma manual es el de W/m^2 , el proceso de Qualicheck se centra en comprobar que la potencia de iluminación total instalada en el edificio (inventario de iluminación) coincide con el resultado de multiplicar los $W/m^2 * m^2$ para todos los espacios existentes y sumarlos.

El margen de error asumido es de un $\pm 1\%$.

2.1.3.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad)

El proceso Qualicheck se aplica a los siguientes parámetros de la siguiente forma:

- **Potencia nominal de refrigeración y/o calefacción (kW)**

Existen varias formas de definir las potencias nominales de los equipos destinados a climatizar el edificio. Como todas las herramientas, ésta tiene ciertas limitaciones que en muchos casos conlleva a hacer estimaciones y/o aproximaciones. Una de las limitaciones es que no permite la definición de infinitos equipos, sino que el número de equipos es limitado. En este sentido, en ocasiones se acude a la agrupación de equipos de similares características, sobre todo cuando las instalaciones son amplias y el número de equipos es elevado.

Esto impide el cotejo de las características equipo a equipo de forma individual, teniendo que realizarse una comprobación global de la potencia total instalada.

En este sentido se comprueba para cada tipo de sistema, que la suma total de las potencias nominales (frigorífica y/o calorífica de forma independiente) de los equipos definidos en la herramienta coincide con la suma de las potencias, también para cada sistema, del inventario de equipos de climatización del edificio.

- **Rendimientos de refrigeración y/o calefacción (EER/COP)**

El consumo de electricidad asociado a la climatización depende en gran medida del rendimiento de la máquina, pues en definitiva sigue a groso modo la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo}_{real} (kWh) = \frac{\text{Potencia nominal} * \text{tiempo de funcionamiento}}{\text{Rendimiento}}$$

Los valores de rendimiento que define la herramienta por defecto son:

$$EER = 2,8 \text{ y } COP = 2,7$$

Sin embargo, en la realidad los rendimientos difieren de éstos.

Si bien lo ideal sería medir el rendimiento real de la máquina en el momento de realizar la evaluación energética o calificación energética, habitualmente se toman los datos de catálogo.

La aplicación del Qualicheck a este parámetro consiste en comprobar si se han dejado o no los valores que trae la herramienta por defecto, y si se han introducido los valores reales (medición o catálogo).

- **Factor de transporte**

Este factor hace referencia a los W necesarios para impulsar cada m^3/h de caudal de aire (consumo asociado a los ventiladores) o para impulsar cada l/h de agua.

En el caso de la impulsión de aire, por definición este consumo está asociado a equipos del tipo ventiloconvector, y en concreto al consumo del ventilador que impulsa dicho aire (W). Por ello no tiene sentido en equipos autónomos o partidos, ya que estaría incluido en el rendimiento del equipo, y en caso de contabilizarse, se estaría duplicando dicho consumo.

La herramienta define este valor por defecto en 0,1, y si bien en ventiloconvectores esta aproximación es correcta, en equipos como los comentados anteriormente el valor debería ser CERO. La aplicación del Qualicheck a este parámetro consiste en comprobar que en los equipos autónomos el factor de transporte es CERO, y no se mantiene el valor que trae la herramienta por defecto (0,1).

2.1.3.3. Calderas de combustible

Las variables a las que se les aplica el proceso de Qualicheck son las siguientes:

- **Potencia nominal (kW)**

Si bien el número de calderas en un edificio de oficinas no suele ser elevado, existen casos en los que se acude a la agrupación de equipos. Por ello, la aplicación del Qualicheck a este parámetro consiste en comprobar que la suma de las potencias nominales de los equipos instalados en el edificio (inventario) coincida con la suma de potencias de los definidos en la herramienta. En definitiva, que ambas potencias totales coincidan.

- **Tipo de combustible**

Los combustibles más habituales son gasoil y gas natural. El proceso de Qualicheck consiste en comprobar que el tipo de combustible definido en la herramienta coincide con el que realmente se consume en el edificio.

2.1.3.4. Termos eléctricos de ACS

Las variables a las que se les aplica el proceso Qualicheck son las siguientes:

- Potencia nominal de los termos eléctricos (kW)
- Capacidad del termo eléctrico (litros), en caso de existir
- Caudal de ACS:
 - o Caudal de la bomba de ACS
 - o Caudal máximo del circuito hidráulico de ACS
 - o Caudal recirculado del circuito hidráulico de ACS
- Aportación de energía solar térmica (paneles solares)
- Horario demanda ACS

Si bien las COF se analizan en un apartado independiente, para el caso del ACS se analiza en este mismo apartado.

- **Potencia nominal de los termos eléctricos**

Si bien en este aspecto también se suele acudir a la agrupación de equipos de similares características en uno único, el error en el que se puede incurrir es menor que en el caso de climatización comentado anteriormente, ya que en este caso todos los termos eléctricos se destinan a abastecer una misma demanda.

En este sentido, el proceso Qualicheck llevado a cabo consiste en cotejar que la suma total de las potencias nominales de todos los termos eléctricos definidos en la herramienta coincide con la potencia total de todos los termos eléctricos que existen en el edificio (inventario de equipos).

- **Capacidad de los termos eléctricos**

De forma análoga a lo realizado en el dato de potencia, el proceso Qualicheck llevado a cabo para la capacidad de los termos eléctricos consiste en cotejar que la suma total de las capacidades de todos los termos eléctricos definidos en la herramienta coincide con la capacidad total de todos los termos eléctricos que existen en el edificio (inventario de equipos).

- **Caudal de ACS**

Los parámetros a revisar son los siguientes:

- o El caudal de la bomba de ACS coincide con el calculado en base al caudal de litros por persona y día establecido por el RITE.
- o El caudal máximo del circuito hidráulico de ACS coincide con el de la bomba de ACS.
- o El caudal recirculado del circuito hidráulico de ACS es aproximadamente el 20% del caudal de la bomba calculado anteriormente

2.1.3.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)

Con carácter general este aspecto es uno de los más problemáticos a la hora de definir el edificio.

Bien por desconocimiento de la información o bien porque se generaliza el uso de las oficinas y los equipos instalados, a la hora de definir el edificio se mantienen los valores por defecto que define la herramienta.

Llegados a este apartado resulta interesante comentar que en la herramienta es fácil detectar los valores que se mantienen por defecto, pues los datos se muestran en distintos colores dependiendo de la naturaleza de los mismos. En este caso, los valores por defecto aparecen de color verde.

La aplicación del proceso Qualicheck a las COF consiste en verificar que los horarios de funcionamiento definidos coinciden con los programas de funcionamiento reales, y que no se han mantenido valores por defecto.

- **Horario de refrigeración y calefacción definido en cada equipo:** “Siempre disponible”: **FALSO**.

Si esto fuese así, cada vez que en la zona climatizada en cuestión la temperatura sea superior a la consigna (en el caso de refrigeración) e inferior en el caso de calefacción, se pondría en funcionamiento la climatización, incluso en horario no laboral. Sin embargo, como ya hemos comentado anteriormente, en los edificios objeto de estudio se definen horarios de encendido y apagado general, para los cuales fuera de los mismos el equipo no funciona, independientemente de los valores de temperatura registrados. Además, en muchos de los casos los edificios cuentan con BMS (*Building Management System*) o relojes temporizados en las máquinas, en los que se gestiona de forma centralizada dicho encendido y apagado, asegurándose el cumplimiento del programa definido.

No obstante, pueden existir equipos cuyo funcionamiento es continuo en los edificios, por un lado aquellos instalados en zonas de vigilancia 24 horas o centros de control, que si bien su funcionamiento es continuo, se destinan al confort. Y por otro, aquellos destinados a la refrigeración de salas técnicas, cuyo funcionamiento también es ininterrumpido pero las temperaturas de consignas son diferentes ya que su objetivo no es cumplir condiciones de confort sino el buen funcionamiento de equipos informáticos (se detalla en el horario de tipo temperatura a posteriori).

- **Horario de funcionamiento de los ventiladores:** “Siempre funcionando”: **FALSO**.

Según lo definido en la herramienta, el ventilador de los equipos de climatización estaría funcionando todos los días del año de forma ininterrumpida, independientemente de si el equipo que lo contiene está o no en funcionamiento. Sin embargo, éstos sólo funcionan dentro del horario de funcionamiento de la máquina, por lo que el horario definido debería ser, bien el mismo que se ha definido para la máquina.

- **Horario de funcionamiento de las zonas (tipo temperatura):** “Siempre 25°C” en refrigeración y “siempre 20°C” en calefacción: **FALSO**.

Las temperaturas de consigna son particulares para cada edificio, además, dentro de un edificio de oficinas (casos objeto de estudio) las temperaturas de consigna difieren dependiendo de la zona. Esto hace referencia como ya se ha comentado anteriormente, a que existen zonas que contienen equipos o sistemas informáticos que para un buen funcionamiento requieren que la temperatura de la estancia no supere un determinado valor (normalmente 22°C) independientemente de la época del año. Estos equipos comprenden los centros de procesamiento de datos (CPD), racks, etc.

Comentar que la definición de las COF puede verse penalizada por la agrupación de equipos que habitualmente se lleva a cabo al definir el edificio, sobre todo los de gran envergadura, ya que en numerosas ocasiones se agrupan en un mismo equipo aquellos que tienen características distintas: funcionamiento continuo o en horario de oficina, consignas de 21°C/26°C o 22°C, etc.

2.1.3.6. Panel solar térmico para ACS

Si bien se define tanto la superficie de captación como el porcentaje de demanda cubierta, para la evaluación correcta de este aspecto sería necesario conocer al menos la producción anual de las placas, de forma que podamos calcular el porcentaje aproximado de demanda cubierta. En este sentido, el proceso de Qualicheck consiste en comprobar al menos que el porcentaje de demanda cubierta que se indica en la herramienta es del mismo orden de magnitud que el real.

2.1.3.7. Placa solar fotovoltaica

El proceso Qualicheck consiste en comprobar que la producción anual (kWh/año) que se indica en la herramienta es del mismo orden de magnitud que la real.

2.1.4. FICHERO DATOS CLIMÁTICOS

Esta sería la última etapa dentro de la definición del modelo, y es de aplicación independientemente del escenario en el que nos encontremos.

Los ficheros climáticos de entrada a la herramienta están codificados (extensión *.bin*), por lo que no es posible manipularlos sin hacer uso de herramientas adicionales.



Figura 17. Fichero climático encriptado.

El proceso a seguir consiste en, a partir de un fichero Excel que contenga el mismo formato y los mismos campos que el codificado, pero con los datos climatológicos que queramos definir, crear un fichero de extensión *.bin*, que será el que utilice la herramienta para simular.

Por ello, en primer lugar necesitamos saber qué campos contiene el fichero codificado y en qué formato.

Para decodificar el formato se hace uso de dos procesadores, los mismos que se utilizarán para volverlo a codificar.

Una vez decodificado, se observa que el fichero *.bin* contiene, entre otras, las siguientes variables en base horaria:

- Temperatura Exterior
- Temperatura del cielo
- Radiación directa
- Radiación difusa
- Humedad absoluta
- Humedad relativa

Los datos climáticos de cada una de las estaciones meteorológicas dependiendo de la ubicación del edificio objeto de estudio se obtienen de los que proporciona por el Ministerio de Transición Ecológica (MITECO), que a través de la Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua pone a disposición de los usuarios toda la información recogida a través de la Red de Estaciones Agrometeorológicas de SiAR, o bien, en su caso, los proporcionados por los sistemas de información autonómicos.

Se crea el fichero Excel análogo al decodificado, con los datos de cada una de las estaciones meteorológicas en función del caso de estudio, y se vuelve a codificar, obteniéndose de nuevo un fichero de extensión *.bin*.



Figura 18. Procesadores ficheros climatológicos.

En el presente Trabajo se hace uso de los datos climáticos correspondientes a los últimos 5 años (en valor promedio) para la creación de los ficheros climáticos, período que se considera representativo de las condiciones climatológicas de cada zona. Pero dependiendo de la aplicación requerida podrían crearse ficheros climáticos de distinto año.

2.2.SIMULACIÓN

Una vez se ha definido el caso en HULC, se procede a la simulación.

La herramienta toma como ficheros de entrada el de carga con la definición del edificio y el climatológico, siendo el resultado obtenido de la simulación el siguiente:

Consumos mensuales de energía final [kWh/m²]

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tr. Aire	0.33	0.30	0.33	0.30	0.33	0.32	0.33	0.33	0.30	0.33	0.32	0.29	3.80
Tr. Agua	0.10	0.10	0.12	0.14	0.19	0.25	0.29	0.29	0.22	0.19	0.10	0.08	2.08
Pr. Frío	0.01	0.02	0.06	0.17	0.72	1.45	2.41	2.30	1.27	0.56	0.04	0.01	9.02
Pr. Calor	1.48	0.99	0.70	0.41	0.31	0.16	0.11	0.12	0.16	0.26	0.64	1.13	6.47
Clima.	1.92	1.41	1.21	1.02	1.55	2.18	3.14	3.04	1.95	1.34	1.10	1.52	21.38
A.C.S.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.57
Ilumina.	2.25	2.05	2.25	2.06	2.25	2.15	2.25	2.25	2.06	2.25	2.15	1.97	25.93
Total	4.22	3.50	3.51	3.12	3.85	4.37	5.44	5.34	4.05	3.64	3.30	3.53	47.87

Tr.: Transporte, Pr.: Producción, Clima.: Climatización, A.C.S.: Agua Caliente Sanitaria, Ilumina.: Iluminación

Estos consumos son los obtenidos con DOE-2.2 y no incluyen el efecto de los puentes térmicos y componentes adicionales de la envuelta

Área de suelo: 42939.50 m²

Figura 19. Resultados simulación.

Se distinguen los perfiles mensuales relativizados por unidad de superficie (kWh/m²) de los consumos asociados a:

- Climatización: engloba a su vez la producción de calor, de frío, el transporte de aire y de agua.
- ACS
- Iluminación

Los perfiles de consumo absoluto se obtienen de la multiplicación de dichos perfiles relativizados por la superficie del edificio definida en la herramienta.

En el caso del agua caliente sanitaria, dado que el consumo es reducido en comparación con el resto, al relativizarse resultan valores casi nulos. Esto conlleva a que al multiplicarse por el valor de superficie el margen de error sea elevado, por lo que el dato de consumo absoluto de ACS se obtiene del fichero *Edificio - usu.SIM*, creado en el directorio correspondiente durante la simulación del edificio (en él figuran los datos de consumo absoluto).

2.3. CORRECCIÓN DEL MODELO

La corrección del modelo depende del escenario en el que nos encontremos de los descritos en el apartado 2.1.1.1. *Datos reales de consumo*: se dispone o no de contadores sectorizados por uso.

Si se dispone de datos de consumo sectorizados por uso, la corrección del modelo es directa. Para cada uno de los usos, mediante un análisis de regresión por mínimos cuadrados se determina el modelo de comportamiento del tipo $Real = a * (simulado) + b$ donde,

- **Real**: consumo real medido de iluminación, climatización, etc. (sectorizado por uso).
- **Simulado**: perfil obtenido de la simulación (sectorizado por uso).

Por el contrario, si no se dispone de datos sectorizados por uso, sino únicamente del consumo del contador fiscal del edificio, se procede según la naturaleza de cada uso.

- **Iluminación**: la variabilidad del perfil con factores externos, por ejemplo climatología, es menos significativa, por lo que se asume que la línea base es el perfil obtenido de la simulación.
- **ACS**: de forma análoga, dado que la variabilidad del perfil con factores externos, por ejemplo climatología, es menos significativa, se asume que la línea base es el perfil obtenido de la simulación.
- **Climatización**: a diferencia de los anteriores, en el caso de la climatización la afectación de ciertos factores externos como la climatología sí resulta significativa, por lo que es necesario ajustar el perfil obtenido de la simulación mediante un modelo. Al no disponer de datos reales medidos de climatización, es necesario estimarlos.

Antes de proceder a ello, es preciso aclarar que el térmico consumo “real” estimado hace referencia a los datos de consumo de climatización que se estiman para poder aplicar el modelo de ajuste. Distinto a los datos reales medidos y distintos al perfil de simulación.

2.3.1. ESTIMACIÓN CONSUMO CLIMATIZACIÓN “REAL”

Este apartado sólo es de aplicación cuando no se dispone de contadores sectorizados por uso (escenario 2).

La estimación se realiza haciendo uso por un lado de los datos de consumo real del contador fiscal del edificio, y por otro, en base a la siguiente hipótesis:

“Para un año natural completo, se estima que en el mes de menor consumo no ha sido necesario climatizar el edificio (ni refrigerarlo ni calefactarlo), por lo que dicho consumo se corresponde con el resto de usos del edificio distinto al de climatización”

En este sentido, el consumo de climatización de cada uno de los meses del año se calcula restando al consumo global, dicho consumo “resto”.

2.3.2. MODELO DE AJUSTE

La determinación del modelo sí es de aplicación en ambos escenarios, con una leve diferencia. En el escenario 1 (se dispone de contadores sectorizados) se aplica a cada uno de los usos haciendo uso de los datos reales medidos, y en el escenario 2 (no se dispone de contadores sectorizados) se aplica a la

climatización, previa estimación del consumo de climatización “real”.

El modelo se basa en la técnica de regresión lineal por mínimos cuadrados, que responde a la pregunta de cuál es la relación analítica que mejor se ajusta a nuestros datos. El objetivo es obtener una ecuación del tipo $y=ax+b$ que ajuste el perfil de comportamiento energético a la realidad.

Las variables de entrada serían las siguientes:

- Consumo real por uso (*variable y*)
- Consumo simulado por uso (*variable x*)

Y las variables de salida:

- **a y b**: constantes del modelo de comportamiento.
- **R^2** : coeficiente de determinación múltiple. Es una medida de la bondad del ajuste de regresión (cómo de bueno es el ajuste del modelo y por tanto cómo de bien es capaz de predecir el comportamiento del edificio). Es un valor entre 0 y 1 y cuanto mayor sea, mejor será el ajuste.

NOTA: veremos que existen dos valores de R^2 (el R^2 y el R^2 ajustado). Esto es porque a medida que se introducen más variables en el modelo, el R^2 aumenta, pudiendo creerse que el modelo es mejor porque incluye más variables. Para comprobar si es cierto que nuestro modelo es mejor por la inclusión de nuevas variables se debería analizar el R^2 ajustado en aquellos casos en los que se introduzcan 3 familias de datos como entrada.

En el caso de la climatización se calcula un modelo para cada período, refrigeración y calefacción, y para el resto de usos uno único para todo el año.

2.4.METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS

En los edificios de oficina existen consumos adicionales a los que se han analizado hasta ahora, que la herramienta no tiene en cuenta puesto que no están dentro del alcance de la calificación energética. Éstos son por ejemplo, los consumos asociados a los ascensores, equipos ofimáticos y otros usos, como CPD, servidores, baterías de SAI, etc., o incluso los dispositivos que en el funcionamiento diario del edificio puedan enchufarse. En la práctica habitual, estos consumos se engloban en una categoría denominada “fuerza”, su variabilidad respecto al tiempo suele ser reducida o nula y su evaluación energética resulta compleja si no se dispone de dispositivos de medida sectorizados por uso. Es lo que habitualmente se conoce como consumo base del edificio.

Uno de los requisitos principales que establece la ISO 50001 es la identificación de los usos significativos del edificio. Para ello, es necesario evaluar todos y cada uno de ellos y obtener la distribución de consumo por usos.

Como se verá a continuación, la evaluación de dichos consumos difiere en función de sus características, por lo que es necesario establecer una metodología independiente para cada uno de ellos:

- Ascensores
- Equipos ofimáticos
- Otros usos (consumo estático)

2.4.1. ASCENSORES

La expresión utilizada para el cálculo del consumo energético asociado a los ascensores es la siguiente:

$$C_{ascensores} (kWh/año) = n^{\circ} ascensores * (k1 * \frac{k2 * H * F}{v * 3.600} * P + C_{standby})$$

Donde:

- **k1** es el factor de accionamiento, que toma los valores:
 - 1,6 para accionamiento común con reductor (sistema *geared*).
 - 1,0 para accionamiento sin reductor con variador de frecuencia (sistema *gearless*).
 - 0,6 para accionamiento con variador de frecuencia regenerativo.

Como valor por defecto se tomará el primero, siendo los siguientes sistemas más actuales.

- **k2** es el factor de distancia media de desplazamiento, que toma los valores:
 - 1,0 para edificios de 2 plantas.
 - 0,4 para edificios de más de 2 plantas (sólo ascensores aislados o dobles).
 - 0,3 para edificios con más de 3 cabinas de ascensor para una misma zona.
- **H** es la distancia máxima de recorrido que se calculará a partir del número de plantas del edificio y la altura de cada una:

$$H (m) = n^{\circ} plantas edificio * altura de cada planta$$

- **F** es el número de viajes realizados al año por cada ascensor. Para el cálculo de F se consideran tres opciones:
 - Funcionamiento continuo: el edificio tiene un acceso continuo de usuarios y se utiliza el ascensor en todos los casos. Se estima que el horario de funcionamiento del ascensor es máximo en el horario de funcionamiento del edificio.

$$N^{\circ} viajes (viajes/año) = \frac{Tiempo funcionando}{Tiempo/viaje}$$

$$N^{\circ} viajes (viajes/año) = \frac{(n^{\circ} h lab/día lab) * (n^{\circ} días lab/año) * 3.600}{k2 * (H/v)}$$

- Funcionamiento frecuente: el ascensor es utilizado prácticamente por todos usuarios del edificio, siendo el número de usuarios limitado y controlado.

$$N^{\circ} viajes (viajes/año) = n^{\circ} usuarios * (n^{\circ} viajes/usuario día) * (n^{\circ} días lab/año)$$

- Funcionamiento esporádico: el uso del ascensor es muy limitado en el edificio o incluso está limitado a determinado tipo de personal.

$$N^{\circ} \text{ viajes (viajes/año)} = (n^{\circ} \text{ viajes/día}) * (n^{\circ} \text{ días lab/año})$$

- **P** es la potencia del ascensor, que se obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$P \text{ (kW)} = 0,8 * \frac{0,5 * \text{Carga} * v * g}{1.000 * \eta_{\text{global}}}$$

Donde:

- **Carga** es la carga del ascensor (kg).
- **v** es la velocidad (m/s).
- **g** es la gravedad.
- **η_{global}** es el rendimiento del ascensor, que toma el valor 0,48 para sistema *geared* y 0,72 para sistema *gearless*.
- **C_{standby}** , en base a datos reales medidos en edificios terciarios se estima como 0,09 kWh/h:

$$C \text{ (kWh)} = 0,09 * \text{horas no funcionamiento}$$

2.4.2. EQUIPOS OFIMÁTICOS

Para el cálculo del consumo de energía asociado a los equipos ofimáticos se realiza la siguiente hipótesis:

“El consumo diario de los equipos ofimáticos se mantiene constante a lo largo del año”.

La ecuación utilizada para el cálculo del consumo energético es la siguiente:

$$C_{\square \text{ofimáticos}}(kWh) = n^{\circ} \text{trabajadores} * [(P_{CPU \text{ ON}} + P_{Pantalla \text{ ON}}) * \text{horas } fto_{\text{ON}} + (P_{CPU \text{ std by}} + P_{Pantalla \text{ std by}}) * \text{horas } fto_{\text{std by}}] / 1.000$$

Donde:

- $P_{CPU \text{ ON}}$ es la potencia unitaria asociada al CPU encendido.
- $P_{CPU \text{ std by}}$ es la potencia unitaria asociada al CPU en modo stand by.
- $P_{pantalla \text{ ON}}$ es la potencia unitaria asociada a la pantalla encendida.
- $P_{pantalla \text{ std by}}$ es la potencia unitaria asociada a la pantalla en modo stand by.
- $\text{horas } fto_{\text{ON}}$ son las horas de funcionamiento anuales en modo encendido.
- $\text{horas } fto_{\text{std by}}$ son las horas de funcionamiento anuales en modo stand by.

Los datos se utilizados son los mostrados en la siguiente tabla:

	Potencia unitaria (W)	Horas de funcionamiento (h/año)
CPU ON	50,56	2.504
CPU stand by	2,34	4.592
Pantalla ON	18,84	2.504
Pantalla stand by	1,5	4.592

Tabla 2. Consumo unitario equipos ofimáticos.

Fuente del dato: <http://www.leantricity.es>.

Para el número de trabajadores se toma un valor promedio del inventario mensual de trabajadores de un año natural.

De la aplicación de la ecuación se obtiene el consumo global anual asociado a los equipos ofimáticos (kWh/año), y en base a los días que tiene cada mes del año se calcula el consumo mensual.

2.4.3. CONSUMO ESTÁTICO

El consumo asociado a otros usos se ha denominado consumo estático, dado que hace referencia fundamentalmente a aquellos sistemas cuyo funcionamiento es continuo en el tiempo, sistemas de emergencia o equipos “enchufados” (CPD, SAIs, enchufes, etc.) y sus características principales son las siguientes:

- Poca dependencia de los factores externos.
- Poca variabilidad en el tiempo.
- Perfiles aproximadamente constantes.

La metodología alternativa en este caso hace uso de los consumos cuarto-horarios teledados de los contadores fiscales y se basa en dos hipótesis:

1. Los domingos únicamente se encuentran en funcionamiento estos equipos.
2. El consumo diario base calculado se mantiene constante durante todo el año.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Consumo medio diario

En base a la primera hipótesis, el objetivo es calcular un consumo base diario haciendo uso del consumo medido los domingos. Para que el dato resulte representativo del edificio en cuestión, se toma un promedio de los consumos de los domingos de año natural completo.

El perfil de consumo diario que sigue a lo largo de la semana en valor promedio es el representado a continuación. En él se observa la coherencia con lo explicado anteriormente, el consumo en días laborales (lunes-viernes) es significativamente superior al registrado el fin de semana, pero sin embargo no resulta nulo. Esto se debe al funcionamiento de los equipos comentados anteriormente.

Edificio	Día	Consumo en valor promedio (kWh)
Edificio caso estudio	Lunes	22.669
Edificio caso estudio	Martes	22.060
Edificio caso estudio	Miércoles	21.996
Edificio caso estudio	Jueves	21.970
Edificio caso estudio	Viernes	21.304
Edificio caso estudio	Sábado	14.293
Edificio caso estudio	Domingo	14.245

Tabla 3. Perfil consumo medio diario.

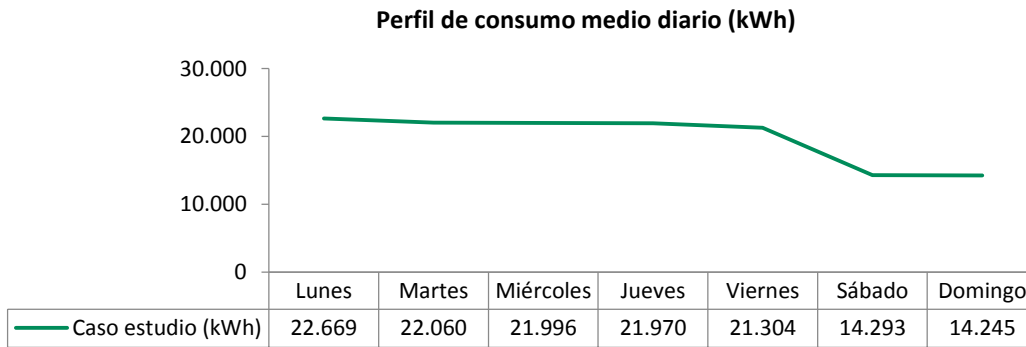


Figura 20. Perfil consumo medio diario.

No obstante, llegados a este punto es necesario aclarar una cuestión. La aproximación realizada de que los domingos los únicos equipos que están en funcionamiento son los que en el presente proyecto se han denominado “estáticos” no es del todo cierta. Esto se debe a que la mayoría de esos equipos requieren ser climatizados para su funcionamiento (es más, sus requerimientos de temperaturas de consigna suelen ser más restrictivos), por tanto, parte del consumo considerado base (domingo) se destina a climatización, y por definición debería considerarse en dicho uso. Dado que no se dispone de dispositivos que segreguen la parte correspondiente a climatización del resto del consumo, se asume ese error en el cálculo del consumo base.

2. Consumo mensual estático

Para el cálculo del perfil mensual se aplica la segunda hipótesis relativa a que el consumo diario base calculado se mantiene constante todos los días del año, y en base a los días de cada mes se calcula el consumo mensual, resultando lo siguiente.

3 APLICACIÓN A CASO DE ESTUDIO

En este apartado se desarrolla la aplicación de la metodología definida en el apartado anterior a un caso de estudio concreto.

3.1. DESCRIPCIÓN

El edificio caso de estudio es un edificio de oficinas que fue construido en el año 2012, cuya superficie total es de 47.000 m², de los cuales aproximadamente 28.725 m² están en uso, y que alberga en sus instalaciones unos 959 trabajadores diariamente.

Se encuentra situado en la ciudad de Barcelona (zona climática C2) y dispone de electricidad como única fuente de energía. En cuanto al origen de la misma, únicamente existen placas solares de apoyo a la generación de ACS, el resto es convencional.

Dadas sus características y la magnitud y complejidad de sus instalaciones, el edificio se define como Gran Terciario (GT).

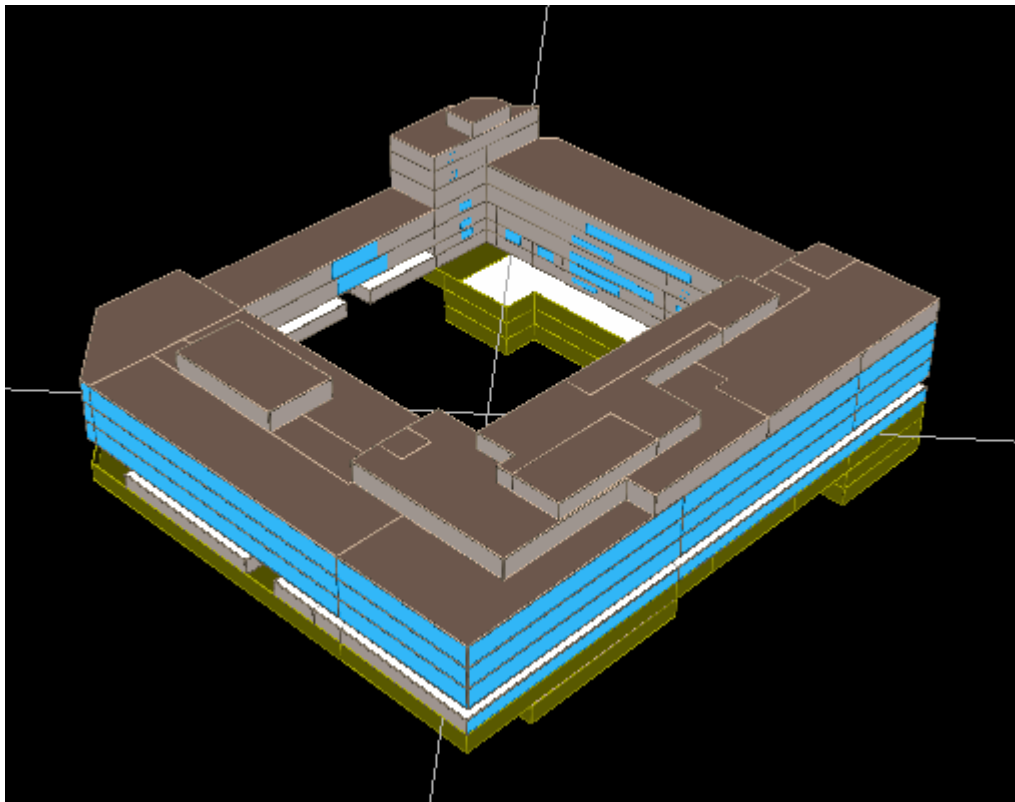


Figura 21. Edificio caso de estudio.

Para la aplicación de la metodología se seguirá el mismo diagrama que en el punto 2.

3.2. DEFINICIÓN DEL MODELO

3.2.1. INVENTARIO ENERGÉTICO

3.2.1.1. Iluminación

Tipo	Nº luminarias	Potencia (W)	P total (W)
Pantalla fluorescente 4x14W	3149	56	176.344
Pantalla fluorescente 1x58W	36	58	2.088
Pantalla fluorescente 2x58W	84	116	9.744
Pantalla fluorescente 3x58W	13	174	2.262
Pantalla fluorescente 1x36W	148	36	5.328
Pantalla fluorescente 2x36W	107	72	7.704
Pantalla fluorescente 1x28W	81	28	2.268
Pantalla fluorescente 1x49W	60	49	2.940
Pantalla fluorescente 1x54W	55	54	2.970
Pantalla fluorescente 1x18W	33	18	594
Pantalla fluorescente 4x18W	14	72	1.008
Pantalla fluorescente 1x8W	1	8	8
Pantalla fluorescente 2x40W	3	80	240
Luminaria 1x18W	122	18	2.196
Luminaria 2x18 W	1174	36	42.264
Luminaria 1x18W T.E.	5	18	90
Luminaria 2x42W	49	84	4.116
Luminaria 2x13W	11	26	286
Luminaria 2x26W	27	52	1.404
Luminaria 1x13W	28	13	364
Luminaria incandescente 1x60W	25	60	1.500
Luminaria LED 1x32W	209	32	6.688
Luminaria LED 1x7W	29	7	203
Luminaria LED 1x60W	41	60	2.460
Luminaria LED 1x14W	8	14	112
Luminaria LED 1x14W emergencia	6	14	84
Luminaria LED 1x36W	9	36	324
Luminaria LED 1x25W	72	25	1.800
Luminaria LED 1x7W	30	7	210
Luminaria LED 1x25W rectangular	39	25	975
Luminaria LED 1x35W	6	35	210
Luminaria LED 1x42W	86	42	3.612
Luminaria halógena 1x50W	21	59	1.239
Luminaria halógena 1x250W focos	8	250	2.000
Luminaria halógena 1x230W focos	1	230	230
Luminaria halógena 1x40W	4	40	160
Luminaria LED 1x16W	30	16	480
Luminaria LED 1x10W	16	10	160
TOTAL			286.665

Tabla 4. Inventario de iluminación.

3.2.1.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad)

Clase Equipo	Marca	Modelo	PF (kW)	PC (kW)
Bomba de calor	Climaveneta	WRAQ/B 0702	147	170
Planta enfriadora	Climaveneta	WRAQ/B-1222	260	N/A
Bomba de calor	Daikin	EWYD250BZSLB08	247	271
Planta enfriadora	Daikin	EWAD510D-XRB01	510	N/A
Bomba de calor	Daikin	EWAD740C-XRB01	732	N/A
Planta enfriadora	Climaveneta	WRAT/B 1002	211	N/A
Grupo frigorífico con recuperación	Climaveneta	WRAQ/B-1222	260	288
Planta enfriadora	Climaveneta	ERACS-Q/SL1062	298	322
Bomba de calor	Daikin	EWYD250BZSLB08	247	271
Planta enfriadora	Climaveneta	FOCS-CA/SL 2722	554	N/A
Grupo frigorífico con recuperación	Climaveneta	ERACS-Q/SL 1562	298	322
Bomba de calor	Daikin	EWYD290BZSLB02	290	325
Split	Mitsubishi	MU-24RV	6,4	N/A
Split	Mitsubishi	MU-18NV	5,1	N/A
Equipo autónomo	Panasonic	CU-W18BBP5	5	5,6
Equipo autónomo	Mitsubishi	MUZ-GE42VA	4,2	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	MUZ-GE42VA	4,2	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	PUH-P140YHA	14,2	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	PUH-P140YHA	14,2	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1321A	44	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1321A	44	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1622A	58,6	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1321A	44	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1622A	58,6	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1622A	58,6	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1321A	44	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV1321A	44	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	MUZ-GE42VA	4,2	5,4
Equipo autónomo	Mitsubishi	PUHZ-RP60VHA4	6	7
Equipo autónomo	Mitsubishi	PU-P6YGAA	14	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	PU-P6YGAA	14	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV0611	22	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV0611	22	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV0611	22	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	TDTV0611	22	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	SDAV0331A	8,9	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	SDAV0331A	8,9	N/A
Equipo autónomo	STULZ	CCU 131A	12,1	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	PUHZ-P250YHA	22	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	PUHZ-P250YHA	22	N/A
Equipo autónomo	Stulz	CCU 131A	12,1	N/A
Equipo autónomo	Stulz	CCD 221A	21,9	N/A
Equipo autónomo	Stulz	CCD 221A	21,9	N/A
Equipo autónomo	Stulz	CCU 131A	12,1	N/A
Equipo autónomo	Uniflair	SDAV0331A	8,9	N/A
Equipo autónomo	Mitsubishi	MUZ-GE35VA	3,5	4
Equipo autónomo	Mitsubishi	MUZ-GE35VA	3,5	4
Split	Mitsubishi	PUHZ-RP140YKA	14	16
Split	Mitsubishi	PUHZ-ZRP140YKA	13,4	N/A
Split	Mitsubishi	PUHZ-ZRP140YKA	13,4	N/A
Split	Mitsubishi	PUHZ-ZRP140YKA	13,4	N/A
Split	Mitsubishi	PUHZ-ZRP140YKA	13,4	N/A
Split	Mitsubishi	PUHZ-ZRP140YKA	13,4	N/A

Tabla 5. Inventario de climatización eléctrica.

3.2.1.3. Calderas de combustible

No existen calderas en el edificio.

3.2.1.4. Termos eléctricos de ACS

Denominación	Marca	Modelo	Tipo	Potencia (kW)	Capacidad (l)
Termo eléctrico 1	Junkers	Elacell	Con acumulación	1,5	15
Termo eléctrico 2	Junkers	Elacell	Con acumulación	1,5	15
Termo eléctrico 3	Junkers	Elacell	Con acumulación	1,5	15
Termo eléctrico 4	Junkers	Elacell	Con acumulación	1,5	15
Termo eléctrico 5	Viessmann	Vitocell	Con acumulación	6	500

Tabla 6. Inventario de termos eléctricos.

3.2.1.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)

HORARIO INVIERNO								
	LUNES		MARTES A VIERNES		FINES DE SEMANA Y FESTIVOS		CONSIGNAS DE TEMPERATURA	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN		
Producciones	4:00	21:00	6:00	21:00	-	-	21	26
Unidades interiores	5:00	20:30	7:00	20:30	-	-	21	26
Equipos salas críticas	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	22	22
Salas ocupación 24 h	-	-	-	-	-	-	-	-
HORARIO VERANO								
	LUNES		MARTES A VIERNES		FINES DE SEMANA Y FESTIVOS		CONSIGNAS DE TEMPERATURA	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN		
Producciones	4:00	20:00	6:00	20:00	-	-	21	26
Unidades interiores	5:00	20:30	6:30	20:30	-	-	21	26
Equipos salas críticas	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	22	22
Salas ocupación 24 h	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 22. Programa de funcionamiento del edificio.

3.2.1.6. Energía renovable

El edificio dispone de placas solares térmicas como apoyo a la producción de ACS, pero se desconoce su superficie y el porcentaje de demanda cubierta.

3.2.1.7. Datos climáticos

Los datos climáticos se extraen del sistema de información autonómico de Cataluña.

3.2.1.8. Equipos ofimáticos

El número de equipos ofimáticos se estima igual al de trabajadores.

Una vez se dispone del inventario energético global del edificio, nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Disponemos de fichero de caga de HULC? SÍ.

Por ello, para este caso de estudio no sería necesario definir el caso en HULC desde inicio, pasando directamente al Qualicheck.

3.2.1.9. Ascensores

Denominación Activo	Marca	Velocidad (m/s)	Personas	Carga útil (kg)	Paradas
Ascensor 1	Eninter	1	8	600	10
Ascensor 2	Eninter	1	8	600	6
Ascensor 3	Eninter	1	8	600	5
Ascensor 4	Eninter	1	8	600	6
Ascensor 5	Otis	1	8	630	9
Ascensor 6	Otis	1	8	630	9
Ascensor 7	Eninter	1	8	600	7
Ascensor 8	Thyssen	1	8	630	6
Ascensor 9	Thyssen	1	8	630	6
Ascensor 10	Hidral	1	8	630	6
Ascensor 11	Thyssen	1	8	600	6
Ascensor 12	Thyssen	1	8	600	2
Ascensor 13	Hidral	1	8	630	6
Ascensor 14	Eninter	1	8	600	5

Tabla 7. Inventario de ascensores.

3.2.2. QUALICHECK

Como ya se ha definido anteriormente, en el Proyecto *QUALICHeCK* se evalúa, entre otros, la veracidad de los datos de entrada introducidos en la herramienta utilizada para la calificación energética de edificios, independientemente de la versión utilizada.

Dado que en el presente caso de estudio se hace uso del fichero de carga (*PD2*) utilizados para la CEE, es necesario revisar los datos introducidos en dicho fichero.

3.2.2.1. Iluminación

En base al inventario energético, la potencia total de iluminación instalada en el edificio es de 287 kW, sin embargo, los datos introducidos en la herramienta son los siguientes, resultando una potencia total instalada de 515 kW:

		m ²	W/m ²	W
P01_E01	P01_E01_Poligono2	1966	12	23.593
P02_E01	P02_E01_Poligono2	1966	12	23.593
P02_E02	P02_E02_Poligono3	811	12	9.737
P03_E01	P03_E01_Poligono1	518	12	6.217
P03_E02	P03_E02_Poligono2	1756	12	21.068
P03_E03	P03_E03_Poligono1	855	12	10.266
P03_E04	P03_E04_Poligono2	214	12	2.573
P03_E05	P03_E05_Poligono1	1138	12	13.659
P03_E06	P03_E06_Poligono2	1910	12	22.921
P03_E07	P03_E07_Poligono3	31	12	369
P03_E08	P03_E08_Poligono1	209	12	2.504
P04_E01	P04_E01_Poligono1	460	12	5.526
P04_E02	P04_E02_Poligono2	608	12	7.293
P04_E03	P04_E03_Poligono1	47	12	563
P04_E04	P04_E04_Poligono1	308	12	3.694
P04_E05	P04_E05_Poligono2	64	12	772
P04_E06	P04_E06_Poligono3	69	12	829
P04_E07	P04_E07_Poligono4	1268	12	15.221
P04_E08	P04_E08_Poligono1	187	12	2.244
P04_E09	P04_E09_Poligono2	921	12	11.056
P04_E10	P04_E10_Poligono3	289	12	3.466
P04_E11	P04_E11_Poligono4	104	12	1.253
P04_E12	P04_E12_Poligono5	198	12	2.374
P04_E14	P04_E14_Poligono7	142	12	1.699
P04_E13	P04_E13_Poligono1	748	12	8.979
P04_E15	P04_E15_Poligono2	568	12	6.813
P04_E16	P04_E16_Poligono3	314	12	3.771
P05_E04	P05_E04_Poligono5	308	12	3.694
P05_E05	P05_E05_Poligono6	64	12	772
P05_E13	P05_E13_Poligono14	142	12	1.699
P05_E01	P05_E01_Pol1	207	12	2.482
P05_E02	P05_E02_Poligono1	930	12	11.154
P06_E01	P06_E01_Poligono1	558	12	6.698
P06_E02	P06_E02_Poligono2	275	12	3.298
P06_E03	P06_E03_Poligono1	655	12	7.858
P06_E04	P06_E04_Poligono2	307	12	3.686
P06_E05	P06_E05_Poligono3	63	12	755

P06_E06	P06_E06_Poligono4	70	12	837
P06_E07	P06_E07_Poligono5	389	12	4.671
P06_E08	P06_E08_Poligono6	1003	12	12.033
P06_E09	P06_E09_Poligono7	70	12	839
P06_E10	P06_E10_Poligono8	220	12	2.641
P06_E11	P06_E11_Poligono9	922	12	11.064
P06_E12	P06_E12_Poligono10	134	12	1.604
P06_E13	P06_E13_Poligono11	191	12	2.296
P06_E14	P06_E14_Poligono1	434	12	5.204
P06_E15	P06_E15_Poligono2	230	12	2.757
P06_E16	P06_E16_Poligono3	756	12	9.069
P06_E17	P06_E17_Poligono1	416	12	4.992
P07_E01	P07_E01_Poligono2	554	12	6.649
P07_E02	P07_E02_Poligono3	235	12	2.817
P07_E03	P07_E03_Poligono4	693	12	8.315
P07_E04	P07_E04_Poligono5	307	12	3.686
P07_E05	P07_E05_Poligono6	63	12	755
P07_E06	P07_E06_Poligono7	70	12	837
P07_E07	P07_E07_Poligono8	389	12	4.671
P07_E08	P07_E08_Poligono9	68	12	822
P07_E09	P07_E09_Poligono10	1004	12	12.050
P07_E10	P07_E10_Poligono11	140	12	1.683
P07_E11	P07_E11_Poligono12	1003	12	12.032
P07_E12	P07_E12_Poligono13	1453	12	17.433
P07_E13	P07_E13_Poligono14	296	12	3.557
P07_E14	P07_E14_Poligono15	416	12	4.992
P08_E01	P08_E01_Poligono1	134	12	1.604
P08_E02	P08_E02_Poligono2	1099	12	13.187
P08_E03	P08_E03_Poligono3	63	12	755
P08_E04	P08_E04_Poligono4	70	12	837
P08_E05	P08_E05_Poligono5	389	12	4.671
P08_E06	P08_E06_Poligono6	62	12	738
P08_E07	P08_E07_Poligono7	1011	12	12.138
P08_E08	P08_E08_Poligono8	140	12	1.683
P08_E09	P08_E09_Poligono9	1003	12	12.032
P08_E10	P08_E10_Poligono10	1453	12	17.433
P08_E11	P08_E11_Poligono11	296	12	3.557
P08_E12	P08_E12_Poligono12	416	12	4.997
P09_E01	P09_E01_Poligono2	235	12	2.818
P09_E02	P09_E02_Poligono3	63	12	755
P09_E03	P09_E03_Poligono4	70	12	837
P09_E04	P09_E04_Poligono5	927	12	11.122
P09_E05	P09_E05_Poligono6	140	12	1.683
P09_E06	P09_E06_Poligono7	30	12	355
P09_E07	P09_E07_Poligono8	1228	12	14.732
P09_E08	P09_E08_Poligono9	278	12	3.332
P10_E01	P10_E01_Poligono2	236	12	2.834
P10_E02	P10_E02_Poligono3	258	12	3.098
P10_E03	P10_E03_Poligono4	189	12	2.269
P10_E04	P10_E04_Poligono5	387	12	4.646
P11_E01	P11_E01_Poligono2	59	12	706
TOTAL				515.274

Tabla 8. Definición iluminación _HULC caso i.

Resultando un **error la potencia total instalada de iluminación de un 80% (INADMISIBLE)**.

$$Error (\%) = \frac{|Aproximado - exacto|}{Exacto} * 100$$

$$Error (\%) = \frac{|515.274 - 286.665|}{286.665} * 100$$

3.2.2.2. Sistemas primarios y secundarios (electricidad)

Los equipos de climatización eléctrica definidos en la herramienta son los siguientes:

Sistemas primarios		PF (kW)	PC (kW)	EER	COP
Planta enfriadora 1	Compresor eléctrico	232	n/a	2,9	n/a
Bomba de calor 1_1/2	Compresor eléctrico	274	n/a	3,24	n/a
Bomba de calor 2/2	Caldera eléctrica	-	361	-	4,27
Planta enfriadora 2	Compresor eléctrico	263	n/a	2,68	n/a
Bomba de calor 2_1/2	Compresor eléctrico	158	n/a	3,16	n/a
Bomba de calor 2_2/2	Caldera eléctrica	-	209	-	4,18
Planta enfriadora 3	Compresor eléctrico	512	n/a	3,07	n/a
Planta enfriadora 4	Eléctrico con recuperación de calor	736	n/a	3,48	n/a
Bomba de calor 3_1/2	Eléctrico con recuperación de calor	248	n/a	3,03	n/a
Bomba de calor 3_2/2	Caldera eléctrica	-	270	-	0,98
Planta enfriadora 5	Compresor eléctrico	691	n/a	3,16	n/a
Planta enfriadora 6	Compresor eléctrico	155	n/a	2,72	n/a
Bomba de calor 4_1/2	Compresor eléctrico	248	n/a	3,03	n/a
Bomba de calor 4_2/2	Caldera eléctrica	-	270	-	3,3
Bomba de calor 5_1/2	Eléctrico con recuperación de calor	291	n/a	2,96	n/a
Bomba de calor 5_2/2	Caldera eléctrica	-	324	-	3,3
Bomba de calor 6_1/2	Compresor eléctrico	190	n/a	3	n/a
Bomba de calor 6_2/2	Caldera eléctrica	-	206	-	3,24
Bomba de calor 7_1/2	Compresor eléctrico	298	n/a	3	n/a
Bomba de calor 7_2/2	Caldera eléctrica	-	284	-	2,84
Subsistemas secundarios		PF (kW)	PC (kW)	EER	COP
Expansión directa 1	Aut. mediante unidades terminales	37,08	0	2,8	n/a
Expansión directa 2	Aut. mediante unidades terminales	75	n/a	2,8	n/a
Expansión directa 3	Aut. mediante unidades terminales	45	n/a	2,8	n/a
Fan-coils 1	Ventiloconvectores (Fan-coil)	506	361	n/a	n/a
Fan-coils 2	Ventiloconvectores (Fan-coil)	421	209	n/a	n/a
Fan-coils 3	Ventiloconvectores (Fan-coil)	1496	670	n/a	n/a
Fan-coils 4	Ventiloconvectores (Fan-coil)	1685	1084	n/a	n/a

Tabla 9. Definición sistemas climatización caso i.

En cuanto a la definición del valor de potencia, asumiendo que la denominación de los equipos pueda diferir de la disponible en el inventario y la posibilidad de agrupar varios equipos de similares características en uno único (para no exceder el límite de equipos a definir), con carácter general se detectan las siguientes discrepancias:

- Enfriadoras y bombas de calor: para este caso concreto, en la herramienta, las bombas de calor se han definido como dos equipos independientes (uno sólo frío y otro sólo calor). Aun teniendo en cuenta dicha particularidad, así como la posible agrupación de equipos, la potencia global (tanto de refrigeración como de calefacción) definida en la herramienta difiere de la real.

$PF_{real} = 4.054 kW$	$PF_{HULC} = 4.296 kW$
$PC_{real} = 1.969 kW$	$PC_{HULC} = 1.924 kW$

- Equipos autónomos y splits: en primer lugar, los equipos autónomos están todos definidos en la herramienta como “sólo frío”, mientras que en realidad aportan tanto frío como calor. Además, aun pensando en una posible agrupación de equipos, en la herramienta faltan por definir algunos equipos autónomos, no coincidiendo por tanto las potencias definidas en la herramienta con las reales en cómputo global.

$PF_{real} = 814,1 kW$	$PF_{HULC} = 157 kW$
$PC_{real} = 42 kW$	$PC_{HULC} = 0 kW$

Nota: el hecho de que la potencia calorífica sea menor que la frigorífica en el cómputo global de equipos es debido a que existen equipos que sólo funcionan en modo frío (enfriadoras o climatización de salas técnicas), cuya potencia frigorífica computa y la calorífica no.

En cuanto a los rendimientos, se detecta que se mantienen los valores por defecto de los rendimientos de los equipos autónomos. En este caso, y dado que sólo se define potencia frigorífica en la herramienta, el valor por defecto es EER=2,80.

En relación al factor de transporte, se detecta que los equipos autónomos tienen definido el valor del factor de transporte que viene por defecto en la herramienta (0,1), cuando éste por definición en los equipos autónomos debería ser CERO, ya que este concepto vienen incluido en el valor del rendimiento (en este caso EER).

3.2.2.3. Calderas de combustible

No se definen calderas en la herramienta ya que el edificio no dispone de ellas.

3.2.2.4. Termos eléctricos ACS

En base al inventario energético, en el edificio existen cinco termos eléctricos, cuatro de ellos idénticos de potencia 1,5 kW y acumulación de 15 litros cada uno, y otro de potencia 6 y acumulación 500 litros. Sin embargo, en la herramienta se define un único termo de 8,4 kW y sin acumulación.

Denominación	Tipo		P (kW)	Capacidad (l)
ACS	Caldera eléctrica	Sin depósito de acumulación	8,4	-

Tabla 10. Definición termos eléctricos caso i.

El número de trabajadores en el edificio es de 959, por lo que el consumo de ACS sería el siguiente (en base a la demanda definida por el RITE de 2 litros/día persona).

$$Consumo ACS \left(\frac{l}{h} \right) = n^{\circ} trabajadores * 2 \left(\frac{litros}{persona\ día} \right) * \frac{1}{24} \left(\frac{día}{h} \right)$$

$$\text{Consumo ACS} \left(\frac{l}{h} \right) = 959 * \frac{2}{24} = 79,92 \frac{l}{h}$$

Los valores calculados, y que deberían haberse introducido en la herramienta son los siguientes:

Caudal de la bomba = 799,2 l/h

Caudal máximo de la bomba = 799,2 l/h

Caudal recirculado = 0,2 * 799,2 = 159,83 l/h

Sin embargo, en la herramienta no hay definidas bombas de ACS, por lo que no existe ni dato de consumo instantáneo (caudal de la bomba) ni dato de caudal recirculado.

En cuanto al caudal máximo, en la herramienta se define con valor de 2.618 l/h.

3.2.2.5. Condiciones operacionales y funcionales (COF)

El edificio se define como Gran Terciario (GT), por lo que dentro de las COF se evalúan los siguientes aspectos:

- Horario de refrigeración y calefacción definido en cada equipo.
- Horario de funcionamiento de los ventiladores.
- Horario de funcionamiento de las zonas (tipo t^a), equivalente a la t^a de consigna.

Al revisar los valores introducidos se detecta que con carácter general se mantienen los valores por defecto. Esto es:

- Horario de refrigeración y calefacción definido en cada equipo “siempre disponible”: **FALSO**. Si esto fuese así, cada vez que en la zona en cuestión la t^a sea superior/inferior a la consigna, la climatización se pondría en funcionamiento, sin embargo el edificio cuenta con BMS (Building Management System), en el que se definen los horarios de encendido/apagado general de las instalaciones, por lo que fuera del mismo, la climatización no funciona.
- Horario de funcionamiento de los ventiladores “siempre funcionando”: **FALSO**. Éstos sólo funcionan en el horario en el que la máquina esté en funcionamiento.
- Horario de funcionamiento de las zonas (tipo t^a) “siempre 25°C” en refrigeración y “siempre 20°C” en calefacción: **FALSO**. Las temperaturas de consigna en este edificio son 21°C/26°C en zonas comunes u oficinas, en las que la climatización se destina a confort térmico de usuarios y 22°C (tanto en refrigeración como en calefacción) en las salas críticas (CPDs, SAIs, etc.).

Además, habría que diferenciar aquellos equipos que tienen funcionamiento continuo, de aquellos que sólo funcionan en horario de oficina.

En este edificio, los equipos de climatización de CPDs y SAIs son los que funcionan de forma ininterrumpida y con consigna, tanto en refrigeración como en calefacción, de 22°C. La agrupación de equipos realizada en la herramienta imposibilita en muchos casos esta discriminación.

- Horario de iluminación *UsoEspacio-12h (HA7_D-12)*: de 6h a 14h y de 16h a 20h de L-V y de 6h a 14h S: **FALSO**. La iluminación general del edificio (puestos de trabajo, despachos y

servicio médico) funciona de 7h a 00h de lunes a viernes de forma ininterrumpida, la de zonas comunes también todo el día de forma ininterrumpida y la de la entrada en horario nocturno (encendido a las 18h n invierno y a las 20h en verano y apagado a las 9h en invierno y a las 8h en verano). En el horario restante, la iluminación funciona bajo demanda. La iluminación de los aseos, archivo y salas funciona siempre bajo demanda. Los fines de semana, la única iluminación que funciona de forma ininterrumpida es la de la entrada y zonas comunes, en el mismo horario definido anteriormente.

3.2.2.6. Panel solar térmico

En la herramienta se define una superficie de 11,6 m² y una cobertura de la demanda de un 60%. Dado que no se tiene dato real de cobertura y que el valor es coherente, se acepta el introducido en la herramienta.

3.2.2.7. Placa solar fotovoltaica

No se define energía solar fotovoltaica en la herramienta dado que el edificio no dispone de dicha fuente de energía.

3.3. SIMULACIÓN

Una vez se ha revisado el fichero de entrada y se dispone del edificio definido correctamente, se procede a la simulación.

De él se obtienen los perfiles de consumo por uso relativos a iluminación, climatización y ACS.

	Iluminación (kWh)	Climatización (kWh)	ACS (kWh)
Enero	96.614	82.444	5.151
Febrero	88.026	60.545	4.838
Marzo	96.614	51.957	5.391
Abril	88.455	43.798	4.857
Mayo	96.614	66.556	5.218
Junio	92.320	93.608	5.126
Julio	96.614	134.830	5.166
Agosto	96.614	130.536	5.165
Septiembre	88.455	83.732	4.928
Octubre	96.614	57.539	5.211
Noviembre	92.320	47.233	5.048
Diciembre	84.591	65.268	4.725
Total	1.113.851	918.047	60.825

Tabla 11. Perfiles de consumo obtenidos de la simulación.

3.4. CORRECCIÓN DEL MODELO

Llegados a este punto vuelve a ser necesario plantearse la siguiente pregunta:

¿Se dispone de datos reales sectorizados por uso? NO.

En este escenario, los pasos a seguir eran los siguientes:

- Iluminación: la línea base se aproxima como el perfil obtenido de la simulación.
- ACS: la línea base se aproxima como el perfil obtenido de la simulación.
- Climatización: se ajusta el perfil obtenido de la simulación mediante análisis de regresión, previa estimación de los consumos de climatización.

3.4.1. ESTIMACIÓN CONSUMO “REAL”CLIMATIZACIÓN

En base a la hipótesis realizada y los datos reales teledados del contador fiscal, se obtiene que en febrero el edificio no demanda ni refrigeración ni calefacción, siendo por tanto su consumo debido al resto de usos.

	Consumo global real
Enero	611.360
Febrero	478.093
Marzo	549.950
Abril	519.275
Mayo	559.274
Junio	630.281
Julio	690.438
Agosto	717.040
Septiembre	594.524
Octubre	615.889
Noviembre	584.165
Diciembre	586.991
Mínimo	478.093

Tabla 12. Consumo mínimo mensual.

A partir de ahí se calcula el consumo mensual de climatización restandole al consumo total mensual, el correspondiente al resto de usos, obteniéndose lo siguiente.

	Consumo climatización “real”
Enero	133.267
Febrero	0
Marzo	71.857
Abril	41.182
Mayo	81.181
Junio	152.188
Julio	212.345
Agosto	238.947
Septiembre	116.431
Octubre	137.796
Noviembre	106.072
Diciembre	108.898
Total	1.400.164

Tabla 13. Consumo climatización "real" estimado

3.4.2. MODELO REFRIGERACIÓN

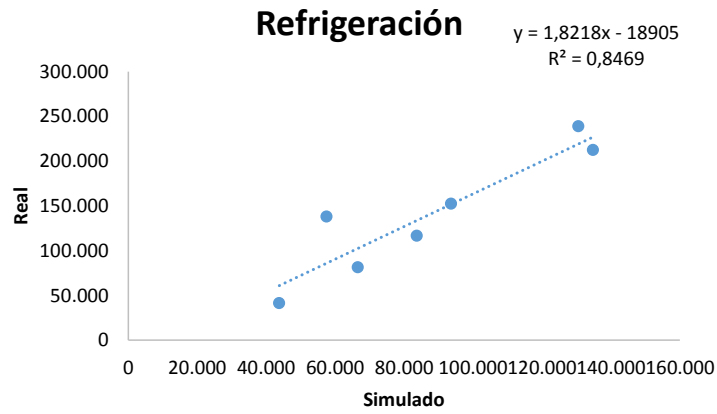


Figura 23. Modelo refrigeración.

Datos de entrada:

	Simulado	Real
Abril	43.798	41.182
Mayo	66.556	81.181
Junio	93.608	152.188
Julio	134.830	212.345
Agosto	130.536	238.947
Septiembre	83.732	116.431
Octubre	57.539	137.796

Tabla 14. Datos de entrada al modelo de refrigeración.

Como resultado se obtiene:

- Ecuación ajuste: $Real = 1,8218 * (simulado) - 18.905$
- **R²: 0,8469**. Admisible.

3.4.3. MODELO CALEFACCIÓN

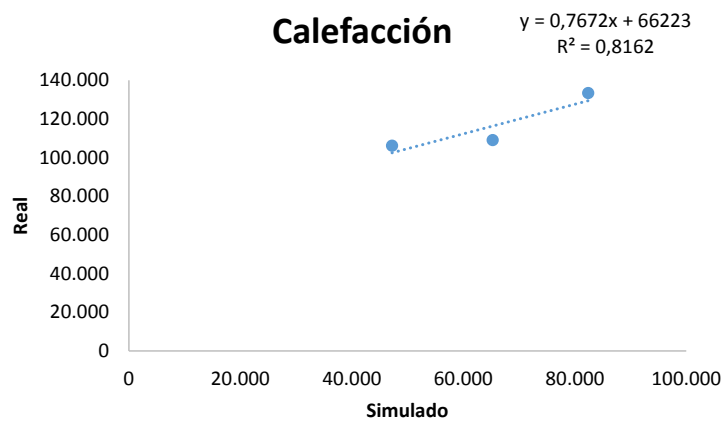


Figura 24. Modelo calefacción.

Datos de entrada:

	Simulado	Real
Noviembre	47.233	106.072
Diciembre	65.268	108.898
Enero	82.444	133.267

Tabla 15. Datos de entrada al modelo de calefacción.

Como resultado se obtiene:

- Ecuación ajuste: $Real = 0,7672 * (simulado) + 66.223$
- **R²: 0,8162**. Admisible.

Aplicando la ecuación de ajuste al consumo de climatización simulado, se obtiene la línea base de climatización.

	Línea Base Climatización (kWh)
Enero	130.190
Febrero	0
Marzo	93.157
Abril	60.890
Mayo	102.352
Junio	151.636
Julio	226.737
Agosto	218.914
Septiembre	133.644
Octubre	85.923
Noviembre	87.419
Diciembre	109.326
Total	1.400.188

Tabla 16. Línea base de climatización.

3.5. METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS

3.5.1. ASCENSORES

En base a la siguiente ecuación y los datos del inventario, se obtiene lo siguiente:

$$C_{ascensores} (kWh/año) = n^{\circ} ascensores * (k1 * \frac{k2 * H * F}{v * 3.600} * P + C_{standby})$$

$$\begin{aligned}
 C_{ascensores} \left(\frac{kWh}{año} \right) &= 1 * \left(1,6 * \frac{0,4 * 30 * 601.773}{1 * 3.600} * 4,9 + 563,04 \right) + 2 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 27 * 601.773}{1 * 3.600} * 5,145 + 563,04 \right) + 1 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 21 * 601.773}{1 * 3.600} * 4,9 + 563,04 \right) + 3 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 18 * 601.773}{1 * 3.600} * 4,9 + 563,04 \right) + 4 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 18 * 601.773}{1 * 3.600} * 5,145 + 563,04 \right) + 2 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 15 * 601.773}{1 * 3.600} * 4,9 + 563,04 \right) + 1 \\
 &* \left(1,6 * \frac{0,4 * 6 * 601.773}{1 * 3.600} * 4,9 + 563,04 \right)
 \end{aligned}$$

$$C_{ascensores} \left(\frac{kWh}{año} \right) = \square 51.149$$

En base al número de días que tiene cada mes, el perfil de consumo mensual es el siguiente:

	Ascensores (kWh)
Enero	12.837
Febrero	11.595
Marzo	12.837
Abril	12.423
Mayo	12.837
Junio	12.423
Julio	12.837
Agosto	12.837
Septiembre	12.423
Octubre	12.837
Noviembre	12.423
Diciembre	12.837
Total	151.149

Tabla 17. Línea base ascensores.

En el Anexo I. “Validación metodología alternativa consumo de ascensores” se analiza la validez de la aplicación de esta metodología y el error acometido.

3.5.2. EQUIPOS OFIMÁTICOS

Haciendo uso de la siguiente ecuación, los datos de potencia unitaria y de número de trabajadores, se obtiene el consumo anual asociado a los equipos ofimáticos.

$C_{ofimáticos}(kWh/año)$

$$= n^{\circ} \text{trabajadores} * [(P_{CPU ON} + P_{Pantalla ON}) * \text{horas } fto_{ON} + (P_{CPU std by} + P_{Pantalla std by}) * \text{horas } fto_{std by}] / 1.000$$

Equipos ofimáticos (anual)		959 trabajadores
		183.563 kWh
Cada CPU al año (kWh)		137,35
2504 h ON		126,60
4592h STBY		10,75
Cada pantalla al año (kWh)		54,06
2504 h ON		47,18
4592h STBY		6,89

Tabla 18. Datos equipos ofimáticos.

En base al número de días que tiene cada mes, el perfil de consumo mensual es el siguiente:

	Equipos Ofimáticos (kWh)
Enero	15.590
Febrero	14.082
Marzo	15.590
Abril	15.087
Mayo	15.590
Junio	15.087
Julio	15.590
Agosto	15.590
Septiembre	15.087
Octubre	15.590
Noviembre	15.087
Diciembre	15.590
Total	183.563

Tabla 19. Línea base equipos ofimáticos.

3.5.3. CONSUMO ESTÁTICO

3.5.3.1. Consumo medio diario

El perfil de consumo medio diario de un año natural completo es el siguiente:

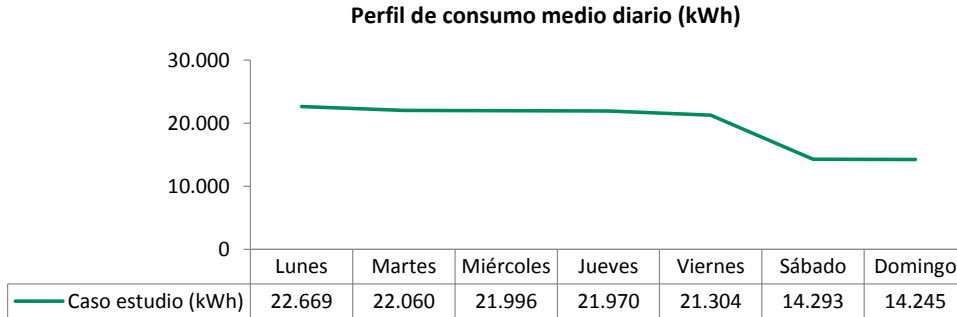


Figura 25. Perfil consumo medio diario.

	Consumo promedio (kWh)
Lunes	22.669
Martes	22.060
Miércoles	21.996
Jueves	21.970
Viernes	21.304
Sábado	14.293
Domingo	14.245

Tabla 20. Perfil consumo medio diario.

3.5.3.2. Consumo mensual estático:

En base al número de días que tiene cada mes y a la hipótesis de que este consumo base se mantiene constante a lo largo del año, la línea base de consumo estático es la siguiente:

	Consumo estático (kWh)
Enero	441.595
Febrero	398.860
Marzo	441.595
Abril	427.350
Mayo	441.595
Junio	427.350
Julio	441.595
Agosto	441.595
Septiembre	427.350
Octubre	441.595
Noviembre	427.350
Diciembre	441.595
Total	5.199.425

Tabla 21. Línea base consumo estático.

En el **Anexo II. “Validación metodología alternativa consumo estático”** se analiza la validez de la aplicación de esta metodología y el error acometido.

3.6. LÍNEA BASE

Se dispone de las líneas base asociadas a:

- Climatización: calculada.
- Iluminación: perfil obtenido de HULC.
- ACS: perfil obtenido de HULC.
- Equipos ofimáticos: calculada.
- Ascensores: calculada.
- Otros (consumo estático): calculada.

La línea base general del edificio será la suma de las líneas bases de cada uno de los usos.

	Climatización	Iluminación	ACS	Ofimáticos	Ascensores	Otros	Total
Enero	130.189,53	96.613,88	5.151,09	15.590,29	12.837,34	441.595,00	701.977
Febrero	0	88.025,98	4.838,33	14.081,55	11.595,02	398.860,00	517.401
Marzo	93.156,92	96.613,88	5.391,45	15.590,29	12.837,34	441.595,00	665.185
Abril	60.889,62	88.455,37	4.856,81	15.087,37	12.423,23	427.350,00	609.062
Mayo	102.351,52	96.613,88	5.217,80	15.590,29	12.837,34	441.595,00	674.206
Junio	151.636,43	92.319,93	5.126,14	15.087,37	12.423,23	427.350,00	703.943
Julio	226.737,25	96.613,88	5.165,74	15.590,29	12.837,34	441.595,00	798.539
Agosto	218.914,25	96.613,88	5.165,14	15.590,29	12.837,34	441.595,00	790.716
Septiembre	133.643,53	88.455,37	4.928,45	15.087,37	12.423,23	427.350,00	681.888
Octubre	85.923,22	96.613,88	5.210,93	15.590,29	12.837,34	441.595,00	657.771
Noviembre	87.419,47	92.319,93	5.048,36	15.087,37	12.423,23	427.350,00	639.648
Diciembre	109.326,09	84.590,82	4.724,56	15.590,29	12.837,34	441.595,00	668.664
Total	1.400.188	1.113.851	60.825	183.563	151.149	5.199.425	8.109.001

Tabla 22. Línea base global.

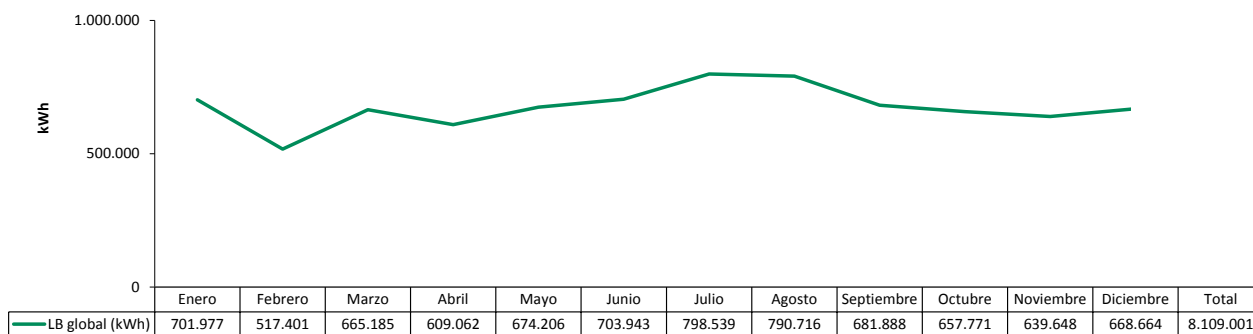


Figura 26. Línea base global.

3.7. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR USO

Como resultado del procedimiento definido se obtiene, además de cada una de las líneas base por uso, la distribución del consumo de energía del edificio (en este caso electricidad únicamente).

Distribución consumo electricidad por uso

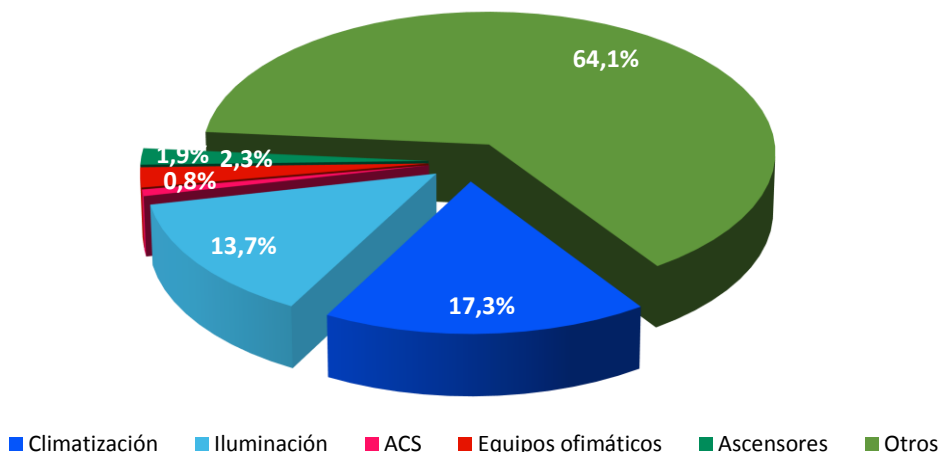


Figura 27. Distribución de consumos por uso.

Demanda energética anual por sistemas alimentados por electricidad		
Tipo instalación	kWh	% consumo respecto al total
Climatización	1.400.188	17,3%
Iluminación	1.113.851	13,7%
ACS	60.825	0,8%
Equipos ofimáticos	183.563	2,3%
Ascensores	151.149	1,9%
Otros	5.199.425	64,1%
Total	8.109.001	100%

Tabla 23. Distribución de consumos por uso.

Los resultados obtenidos son coherentes para un edificio terciario destinado a oficinas, en el que los usos se ordenan de la siguiente forma en base a su significancia:

1. Otros: el consumo destinado a “fuerza” y equipos de funcionamiento continuo, es predominante en el edificio de oficinas (CPD, SAIs y sistemas de control en funcionamiento continuo).
2. Climatización
3. Iluminación
4. Equipos ofimáticos
5. Ascensores
6. ACS

4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos de la aplicación de esta metodología a siete casos de estudio diferentes, relativos a:

- **Qualicheck**
- **Metodología 50001 con HULC.**

4.1. RESULTADOS QUALICHECK

En la tabla que se muestra a continuación se resumen los resultados obtenidos de la aplicación del Qualicheck a los distintos casos de estudio, donde:

- *X: deficiencia leve.*
- *XX: deficiencia grave o más de una deficiencia leve.*
- *XXX: deficiencia muy grave o varias graves/leves.*

Edificio	Iluminación	Climatización	COF	Termos eléctricos ACS	Demanda ACS	Calderas	Energía renovable
Caso de estudio 1	XX	XXX	X	XX	XXX	NO APLICA	OK (PS ACS)
Caso de estudio 2	X	XXX	XXX	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
Caso de estudio 3	XX	XX	OK	XXX	XXX	NO APLICA	NO APLICA
Caso de estudio 4	X	XXX	XXX	XXX	XXX	NO APLICA	NO APLICA
Caso de estudio 5	XX	XXX	XX	XX	XX	NO APLICA	NO APLICA
Caso de estudio 6	XX	XX	XX	XX	XX	NO APLICA	NO APLICA
Caso de estudio 7	XXX	XXX	OK	XXX	XXX	NO APLICA	OK (PS ACS)

Tabla 24. Resultados Qualicheck.

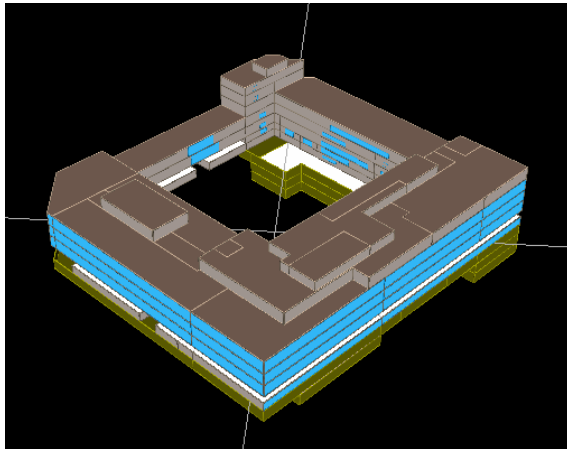
4.2. RESULTADOS PROCEDIMIENTO

Edificio	Tipo de edificio	Uso	Ciudad	Zona climática	Superficie en uso	Año construcción	Fuentes de energía
Caso de estudio 1	Gran Terciario	Oficinas	Barcelona	C2	28.725	2012	Electricidad
Caso de estudio 2	Gran Terciario	Oficinas	Las Palmas de Gran Canarias	Alfa3	7.032	2006	Electricidad
Caso de estudio 3	Pequeño terciario	Oficinas	Zaragoza	D3	5.026	2016	Electricidad
Caso de estudio 4	Gran Terciario	Oficinas	Lleida	D3	3.880	2003	Electricidad
Caso de estudio 5	Gran Terciario	Oficinas	Gerona	C2	3.646	2010	Electricidad
Caso de estudio 6	Gran Terciario	Oficinas	Barcelona	C2	2.428	2000	Electricidad
Caso de estudio 7	Pequeño terciario	Oficinas	Córdoba	B4	2.232	2016	Electricidad

Tabla 25. Resultados Procedimiento.

4.2.1. Caso de estudio 1

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2012

Uso: oficinas

Superficie (m²): 47.000 (construida); 28.725 (en uso)

Trabajadores: 959

Zona climática: C2

Fuentes de energía: electricidad

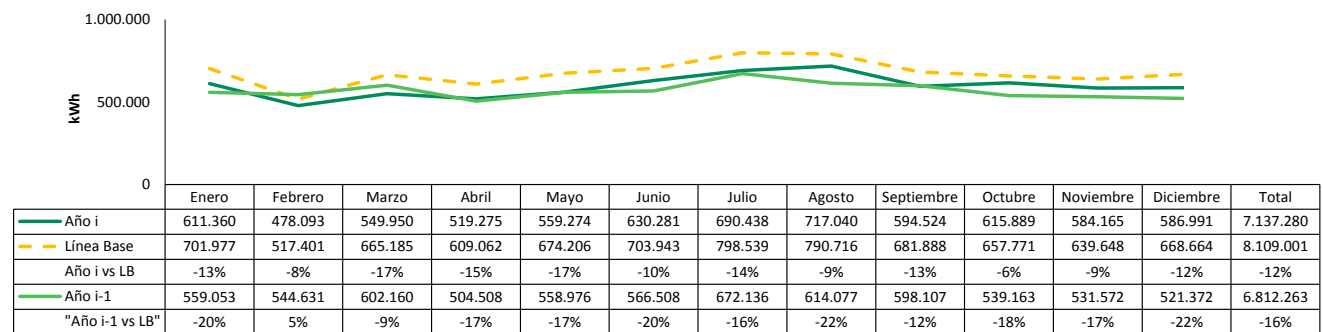
Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

Línea base:

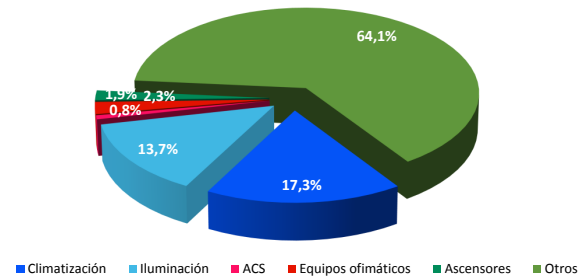
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
701.977	517.401	665.185	609.062	674.206	703.943	798.539	790.716	681.888	657.771	639.648	668.664	8.109.001

Evaluación del desempeño: comparativa consumo *año i* y *año i-1* frente a la línea base.



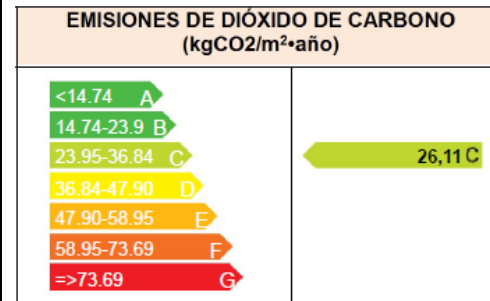
DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso

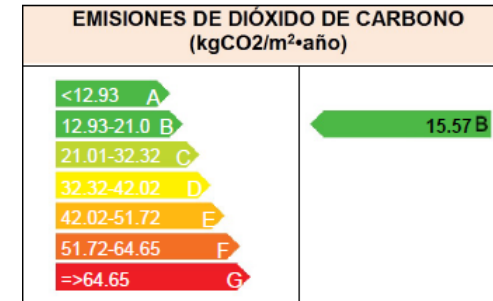


CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE)

Previa a Qualicheck:



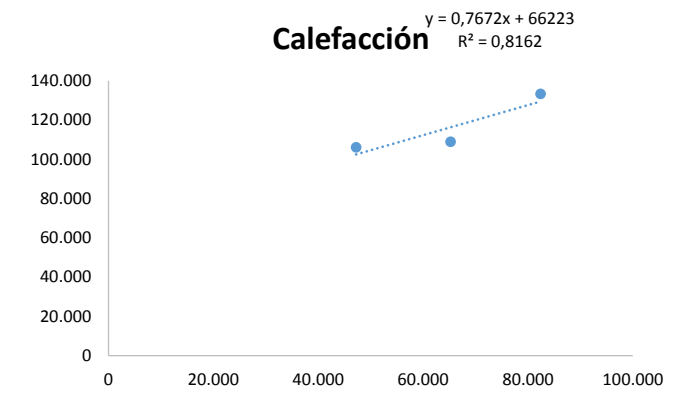
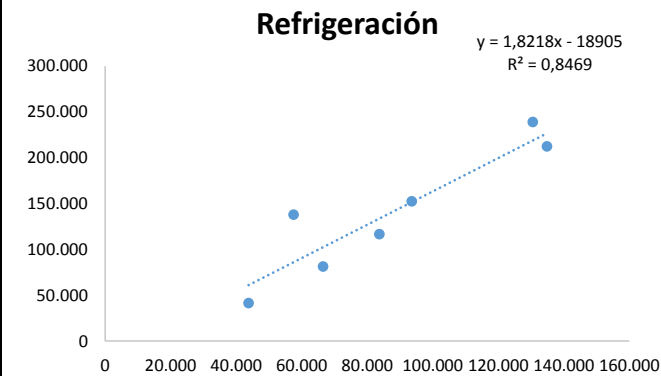
Posterior a Qualicheck:



QUALICHECK

- Factor de transporte de 0,1 (valor por defecto) en todos los equipos autónomos (ya incluido en EER).
- Valores por defecto de rendimientos (EER/COP), consignas de temperatura (25°C/20°C), ventiladores siempre funcionando y horarios de funcionamiento. No se introducen los programas de funcionamiento reales del edificio.
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 80%.
- Inventario de climatización y termos de ACS incompleto.

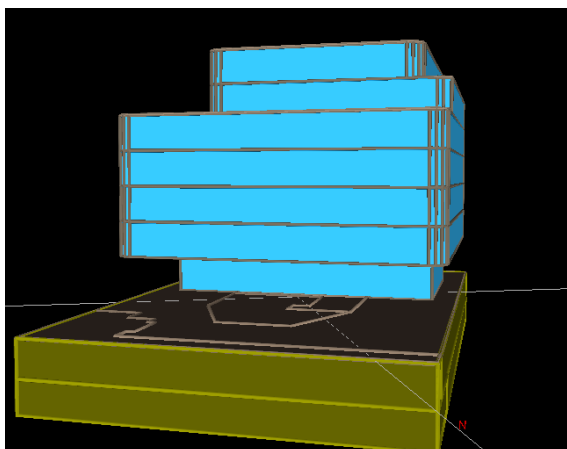
MODELOS



- Modelo de refrigeración: $R^2 = 0,8469$.
- Modelo de calefacción: $R^2 = 0,8162$.

4.2.2. Caso de estudio 2

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2006

Uso: oficinas

Superficie (m²): 7.032 (en uso)

Trabajadores: 212

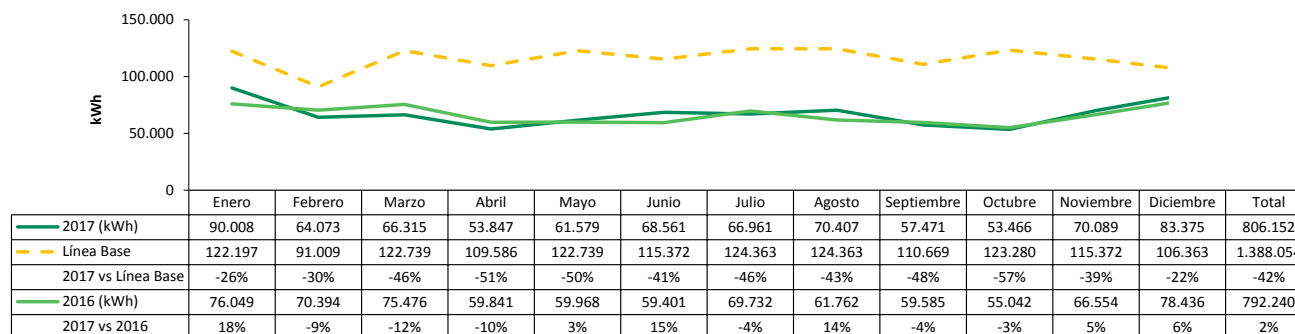
Zona climática: Alfa3

Fuentes de energía: electricidad

Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

Evaluación del desempeño: consumo 2017 vs 2016 vs línea base.

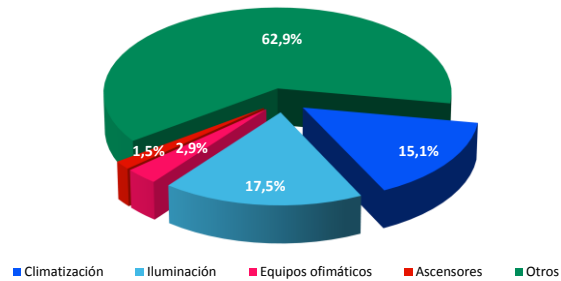
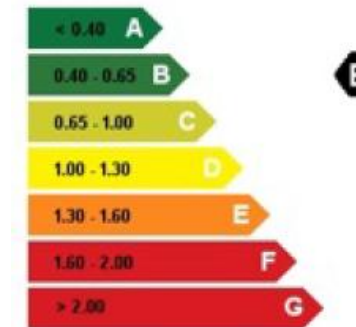


Línea base:

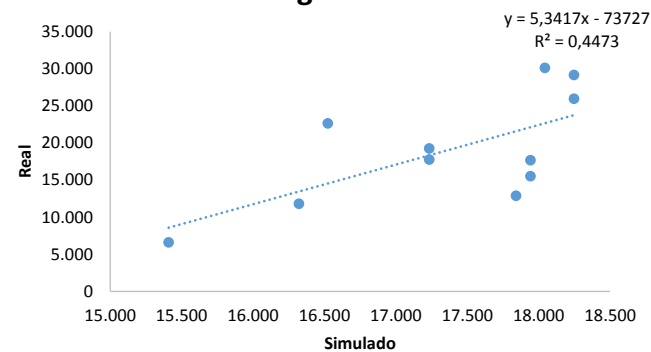
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
122.197	91.009	122.739	109.586	122.739	115.372	124.363	124.363	110.669	123.280	115.372	106.363	1.388.054

DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).**Previa a Qualicheck: **IEE=0,71**Posterior a Qualicheck: **IEE=0,455**.**QUALICHECK**

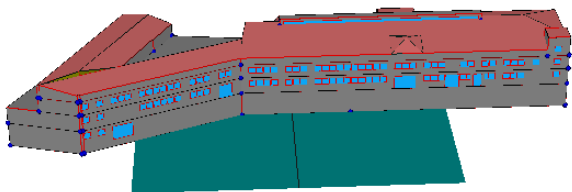
- Factor de transporte de 0,1 (valor por defecto) en el equipo autónomo (ya incluido en EER).
- Valores por defecto de consignas de temperatura (25°C/20°C), ventiladores siempre funcionando y horarios de funcionamiento. No se introducen los programas de funcionamiento reales del edificio.
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 20%.
- Inventario de climatización erróneo.

MODELO**Refrigeración**

- Modelo de refrigeración: **$R^2 = 0,4473$** .

4.2.3. Caso de estudio 3

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2016

Uso: oficinas

Superficie (m²): 5.026 (en uso)

Trabajadores: 244

Zona climática: D3

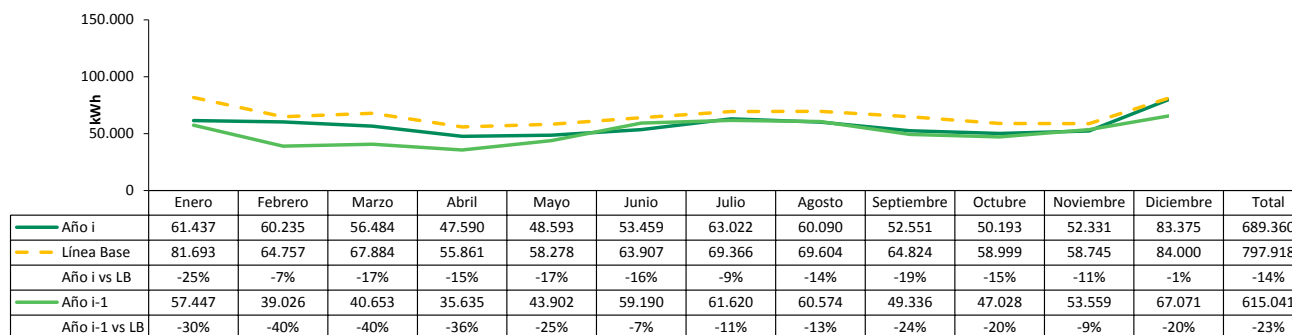
Fuentes de energía: electricidad

Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

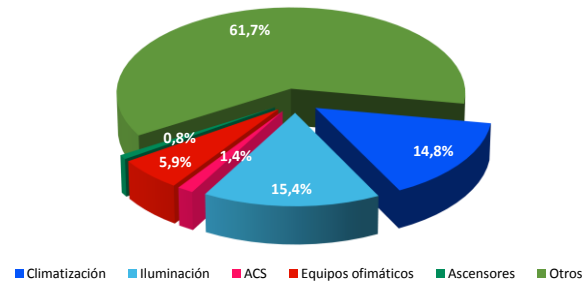
Línea base:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
81.693	64.757	67.884	55.861	58.278	63.907	69.366	69.604	64.824	58.999	58.745	84.000	81.693

Evaluación del desempeño: comparativa consumo año *i* y año *i-1* frente a la línea base.

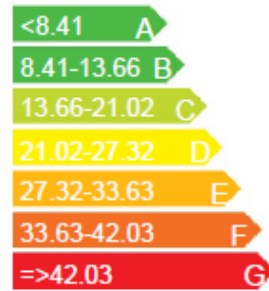
DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso

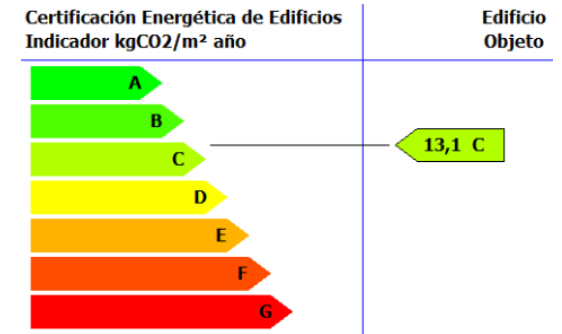


CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).

Previa a Qualicheck:



Posterior a Qualicheck:

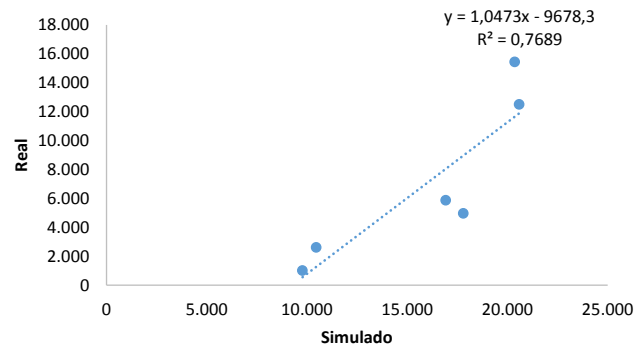


QUALICHECK

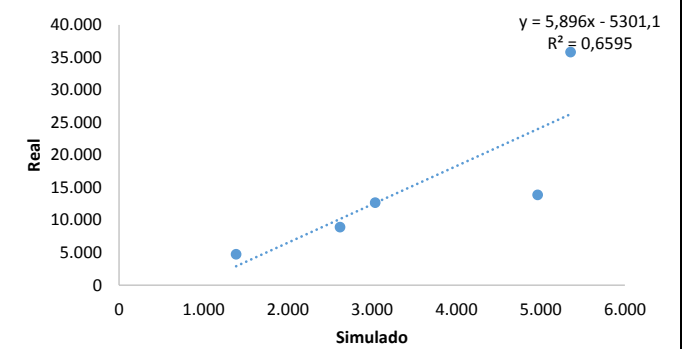
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 33%.
- Inventario de climatización erróneo, además, no se define producción de ACS cuando sí existe en el edificio.

MODELOS

Refrigeración



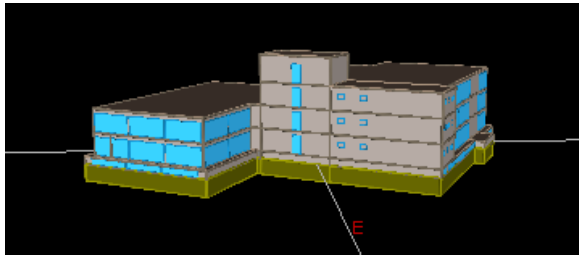
Calefacción



- Modelo de refrigeración: **R2= 0,7689.**
- Modelo de calefacción: **R²= 0,6595.**

4.2.4. Caso de estudio 4

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2003

Uso: oficinas

Superficie (m²): 3.880 (en uso)

Trabajadores: 116

Zona climática: D3

Fuentes de energía: electricidad

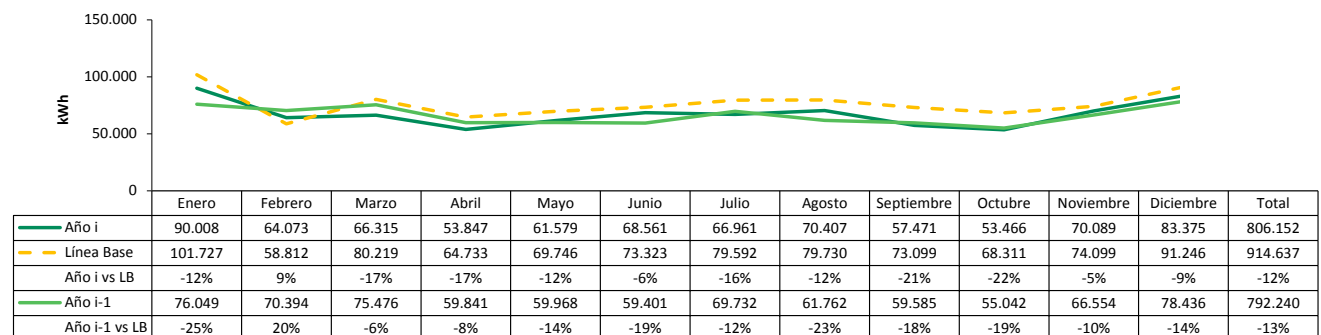
Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

Línea base:

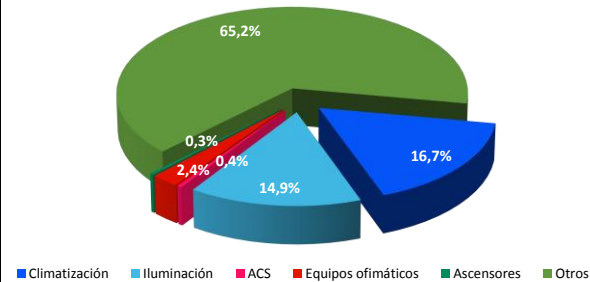
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
101.727	58.812	80.219	64.733	69.746	73.323	79.592	79.730	73.099	68.311	74.099	91.246	914.637

Evaluación del desempeño: comparativa consumo *año i* y *año i-1* frente a la línea base.



DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso



CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).

Previa a Qualicheck: **IEE=1,25**

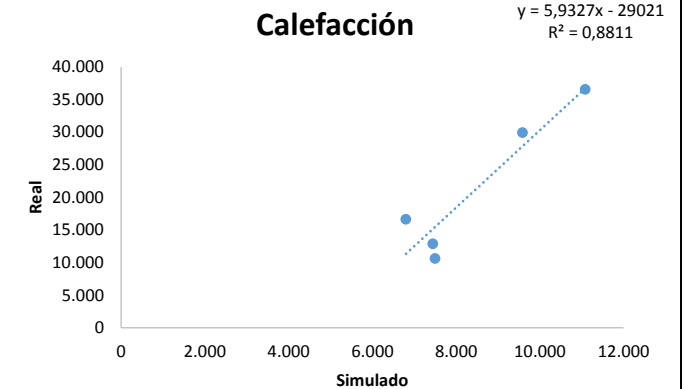
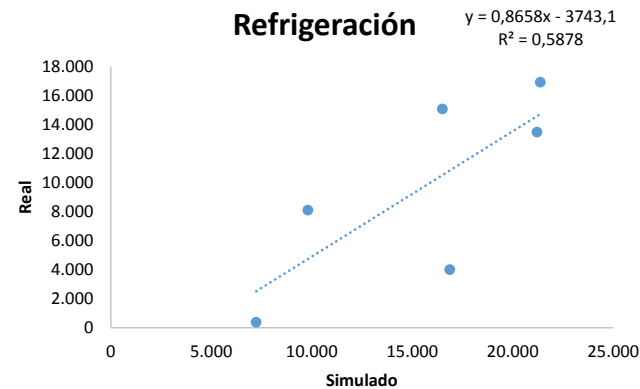
Posterior a Qualicheck: **IEE=0,802**



QUALICHECK

- Factor de transporte de 0,1 (valor por defecto) en todos los equipos autónomos (ya incluido en EER).
- Valores por defecto de consignas de temperatura (25°C/20°C), ventiladores siempre funcionando y horarios de funcionamiento. No se introducen los programas de funcionamiento reales del edificio.
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 15%.
- Inventario de climatización y termos de ACS incompleto, además se incluyen en la herramienta sistemas inexistentes.

MODELOS



- Modelo de refrigeración: **$R^2 = 0,5878$** .
- Modelo de calefacción: **$R^2 = 0,8811$** .

4.2.5. Caso de estudio 5

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2010

Uso: oficinas

Superficie (m²): 3.646 (en uso)

Trabajadores: 79

Zona climática: C2

Fuentes de energía: electricidad

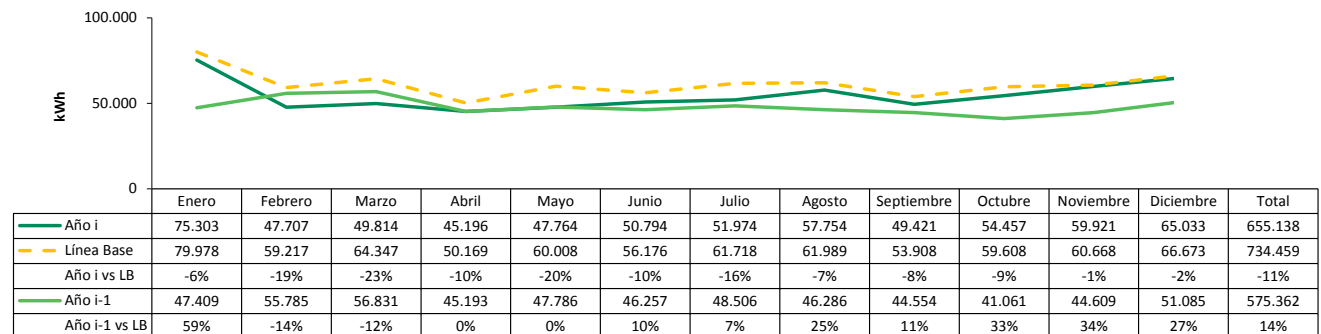
Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

Línea base:

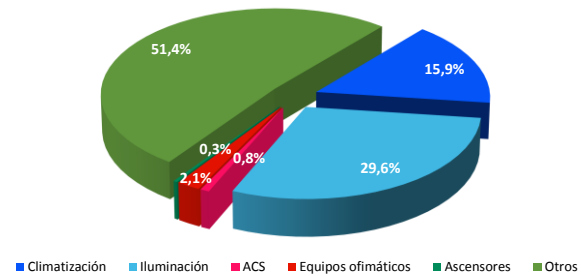
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
79.978	59.217	64.347	50.169	60.008	56.176	61.718	61.989	53.908	59.608	60.668	66.673	734.459

Evaluación del desempeño: comparativa consumo *año i* y *año i-1* frente a la línea base.



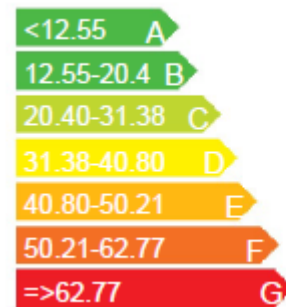
DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso



CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).

Previa a Qualicheck:



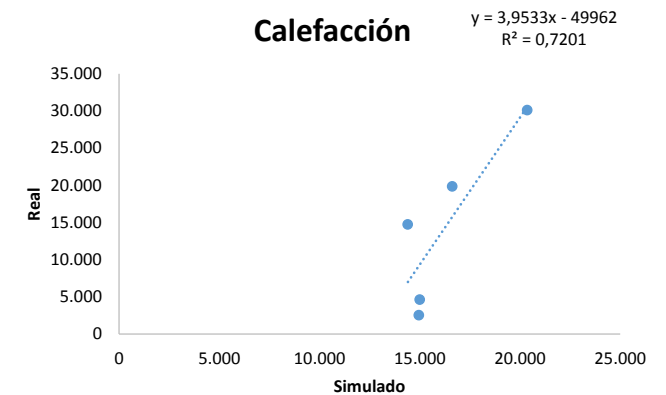
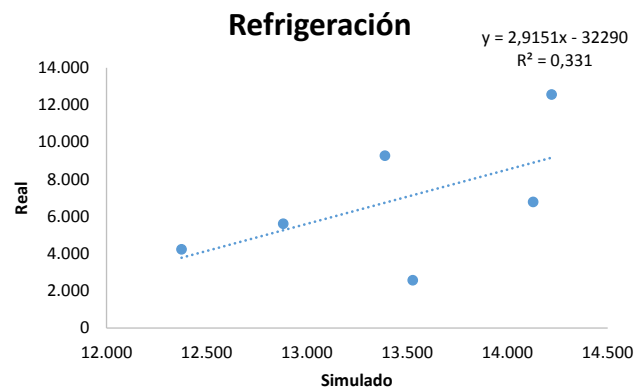
Posterior a Qualicheck: **IEE=0,961**



QUALICHECK

- Factor de transporte de 0,1 (valor por defecto) en todos los equipos autónomos (ya incluido en EER).
- Valores por defecto de consignas de temperatura (25°C/20°C), ventiladores siempre funcionando y horarios de funcionamiento. No se introducen los programas de funcionamiento reales del edificio.
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 72%.
- Inventario de climatización y termos de ACS erróneo.

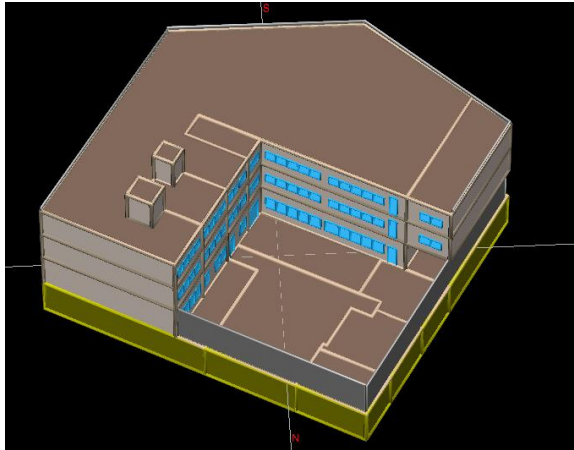
MODELOS



- Modelo de refrigeración: **$R^2 = 0,331$** .
- Modelo de calefacción: **$R^2 = 0,7201$** .

4.2.6. Caso de estudio 6

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2000

Uso: oficinas

Superficie (m²): 2.428 (en uso)

Trabajadores: 92

Zona climática: C2

Fuentes de energía: electricidad

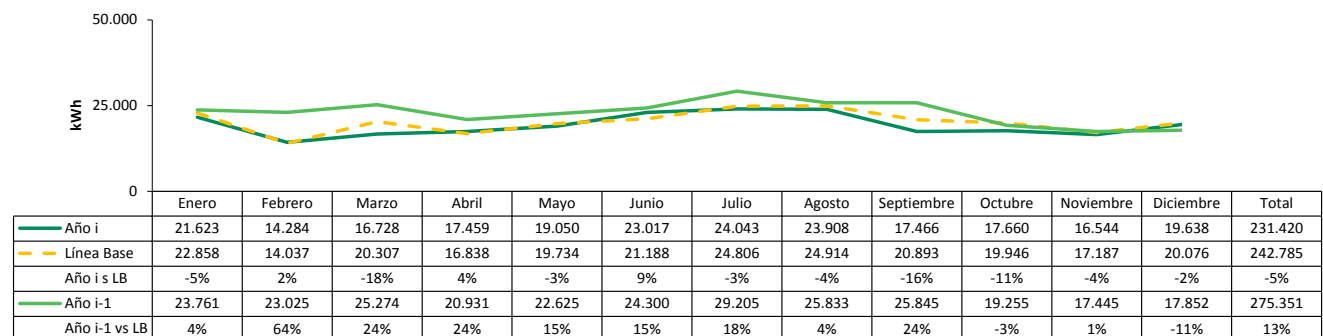
Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

Línea base:

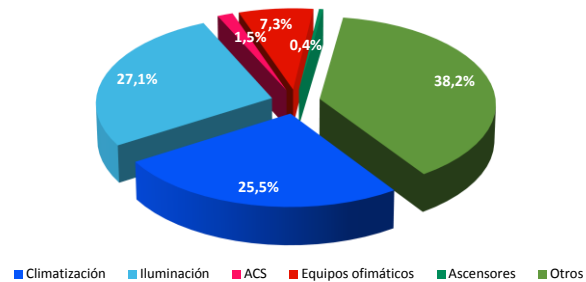
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
22.858	14.037	20.307	16.838	19.734	21.188	24.806	24.914	20.893	19.946	17.187	20.076	242.785

Evaluación del desempeño: comparativa consumo *año i* y *año i-1* frente a la línea base.



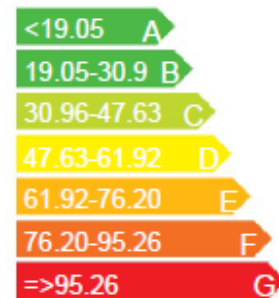
DISTRIBUCIÓN POR USOS

Distribución consumo electricidad por uso

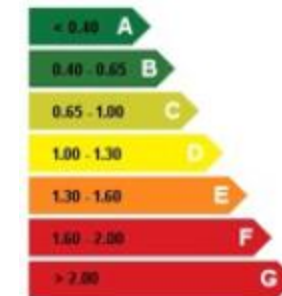


CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).

Previa a Qualicheck:



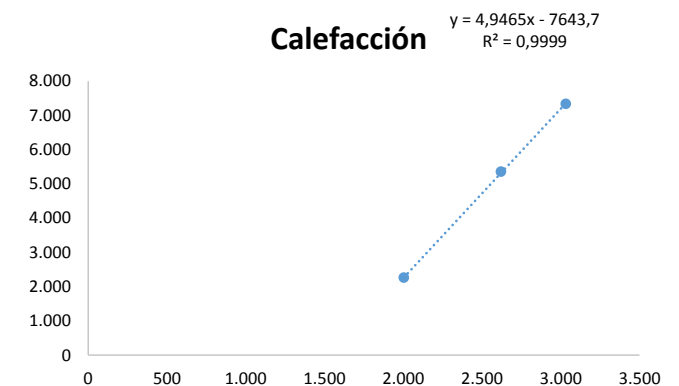
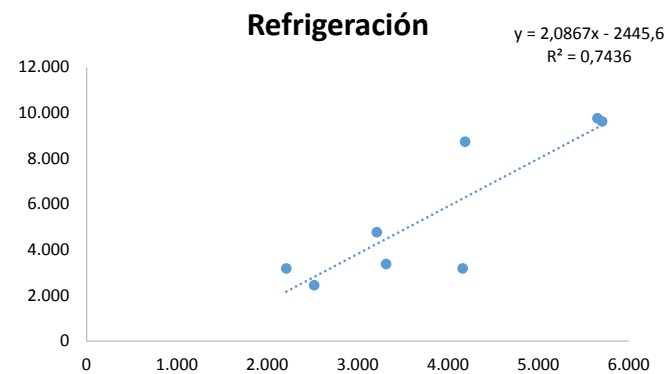
Posterior a Qualicheck: **IEE=0,902**



QUALICHECK

- Factor de transporte de 0,1 (valor por defecto) en todos los equipos autónomos (ya incluido en EER).
- Valores por defecto de rendimientos (EER/COP), consignas de temperatura (25°C/20°C), ventiladores siempre funcionando y horarios de funcionamiento. No se introducen los programas de funcionamiento reales del edificio.
- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 40%.
- Inventario de climatización y termos de ACS incompleto.

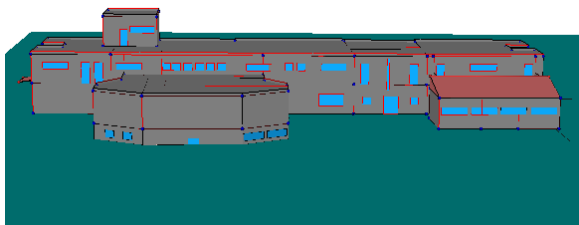
MODELOS



- Modelo de refrigeración: **$R^2 = 0,7436$** .
- Modelo de calefacción: **$R^2 = 0,9999$** .

4.2.7. Caso de estudio 7

DATOS GENERALES.



Año de construcción: 2016

Uso: oficinas

Superficie (m²): 2.232 (en uso)

Trabajadores: 112

Zona climática: B4

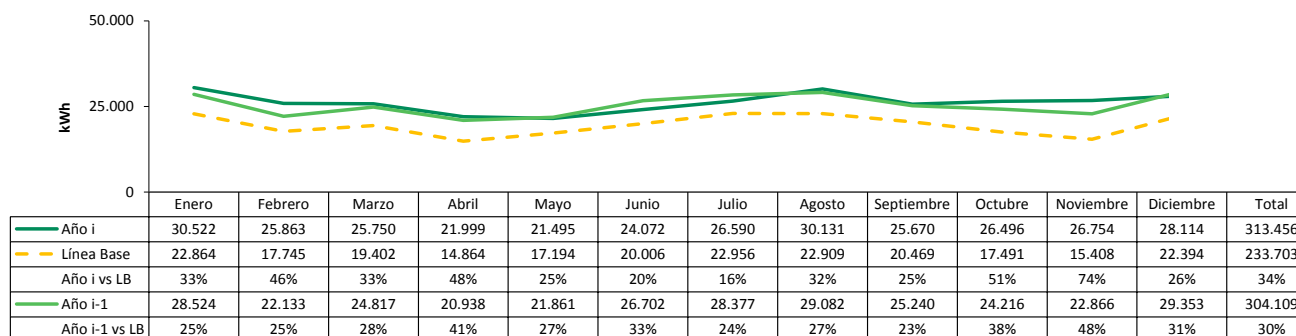
Fuentes de energía: electricidad

Herramienta: HULC

LÍNEA BASE Y DESEMPEÑO

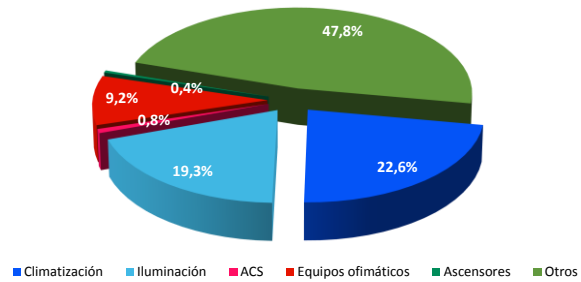
Línea base:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
22.899	17.777	19.438	14.898	17.229	20.040	22.991	22.944	20.503	17.526	15.442	22.429	234.116

Evaluación del desempeño: comparativa consumo *año i* y *año i-1* frente a la línea base.

DISTRIBUCIÓN POR USOS

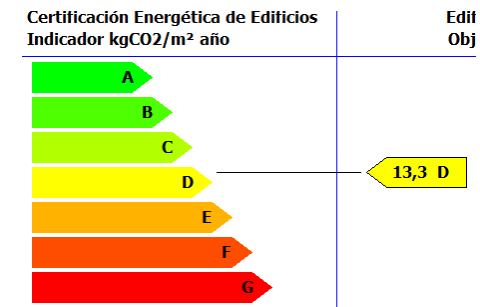
Distribución consumo electricidad por uso



CALIFICACIÓN ENERGÉTICA (CEE).

Previa a Qualicheck:

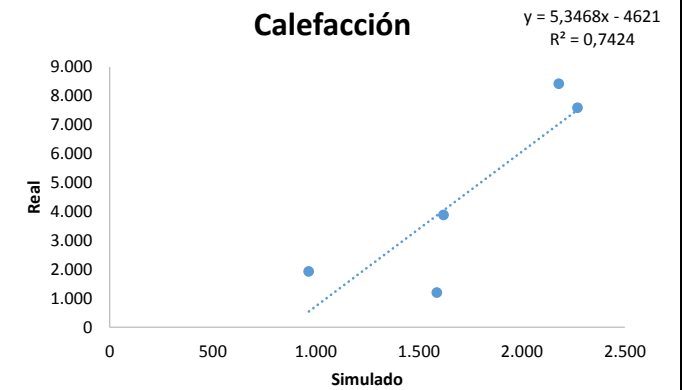
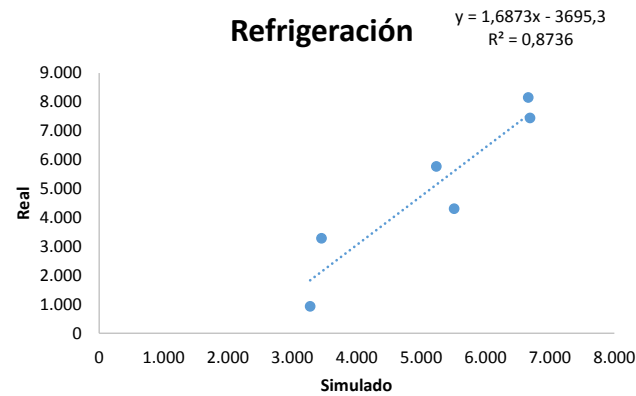
Posterior a Qualicheck:



QUALICHECK

- Inventario de iluminación: potencia instalada difiere en un 43%.
- Inventario de climatización incompleto y el de termos de ACS erróneo.

MODELOS



- Modelo de refrigeración: $R^2 = 0,8763$.
- Modelo de calefacción: $R^2 = 0,7424$.

4.3. CONCLUSIONES

En respuesta a las deficiencias detectadas en los procedimientos que dan respuesta a la planificación energética y en especial al establecimiento de líneas base, a lo largo de este Trabajo se desarrollan las claves para satisfacer esta necesidad.

Las conclusiones derivadas de llevar a cabo este proyecto se resumen en las siguientes:

- **QUALICHECK:** la fiabilidad de los datos utilizados para la calificación energética de edificios en las empresas que componen el mercado actual es nulo o prácticamente nulo.
 - En ninguno de los edificios analizados se definía el inventario de iluminación correctamente, los errores en los que se incurre llegan a ser superiores al 40%.
 - En cuanto a la definición de los sistemas primarios y secundarios se detectan numerosas deficiencias. En primer lugar, la agrupación de equipos penaliza en la mayoría de los casos la fiabilidad de las potencias, así como la distinción entre equipos que funcionan en distintos horarios o con distintas consignas. Además, la definición del factor de transporte distinto de cero en equipos autónomos se traduce en que el consumo asociado a la impulsión del fluido se contabilice por duplicado (también en el rendimiento). Por último se detecta que se mantienen los valores de rendimiento que la herramienta tiene definidos por defecto.
 - En ningún caso se introducen los programas de funcionamiento reales de los edificios, incluidas las consignas. Se mantiene los valores estándar según el tipo de edificio (en este caso oficinas).
- **SUBMETERING:** los beneficios del disponer de datos de consumo de electricidad sectorizados por uso son elevados.
 - A la hora de elaborar modelos de comportamiento, la monitorización de consumos sectorizados por usos permite afinar cada modelo con datos reales de consumo, sin necesidad de estimaciones.
 - En la operatividad del edificio permite detectar el origen de las posibles desviaciones, así como evaluar las mejoras acometidas con mayor precisión. Al disponer de un solo contador de electricidad fiscal del edificio las mejoras acometidas en uno de los usos pueden quedar enmascaradas por incidencias o mala operatividad en otros de los usos.
 - En la metodología utilizada para la línea base de consumo estático se asume que el único consumo que existe en el fin de semana es el correspondiente a los sistemas de uso continuo como CPD o SAI. Sin embargo, un porcentaje es debido a la climatización de éstos, por lo que este consumo de climatización se contabilizaría por duplicado en el cómputo anual. Este margen de error asumido en este procedimiento se eliminaría al disponer de medidas sectorizadas.
- **VALORES DE R^2 :** se han considerado admisibles valores de R^2 por encima de 0,7. El valor de R^2 mide el nivel de ajuste del modelo de comportamiento al perfil de consumo real. En

algunos de los casos de estudio el valor es inferior, llegando a estar por debajo de 0,5. Esto suele ser debido a que en el comportamiento real del edificio tienen lugar incidencias que provocan que el perfil de consumo real se desvirtúe, como por ejemplo incidencias en los sistemas de gestión del edificio o necesidades puntuales de mantener la climatización encendida por meteorología externa.

- **OTROS PROCEDIMIENTOS:** la ventaja principal de hacer uso de herramientas de simulación para establecer líneas base frente a otros procedimientos es la posibilidad de considerar la variable meteorológica. La mayoría de los procedimientos utilizados en la actualidad se limitan a un primer inventario energético y a un cálculo básico de potencia por hora de funcionamiento. Como sabemos, el consumo de climatización varía significativamente con la variable climática, y además es uno de los usos significativos en edificios de oficina.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Efficiency Valuation Organization (EVO). “International Performance Measurement and Verification Protocol” (IPMVP), Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume 1, Chapter 9 (2010).
- [2] José Sánchez Ramos. Método de caracterización mensual. Sevilla, 2014.
- [3] Manual de usuario Herramienta Unificada Líder-Calener. IDAE. Madrid, 2016.
- [4] Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas. IDAE. Madrid, 2001.
- [5] Guía Técnica Contabilización de consumos. Oficinas. IDAE. Madrid, 2007.
- [6] Guía Técnica Agua Caliente Sanitaria Central. IDAE. Madrid, 2010.
- [7] Guía Técnica Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto. IDAE. Madrid, 2010.
- [7] Guía Técnica Procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios. IDAE. Madrid, 2008.
- [8] Guía Técnica Instalaciones de climatización con equipos autónomos. IDAE. Madrid, 2012.
- [9] Guía Técnica Instalaciones de climatización por agua. IDAE. Madrid, 2012.
- [10] Guía metodología para la realización de auditorías energéticas. Creara. 2016.
- [11] ASHRAE. Guideline “Measurement of energy and demand savings”. 2002.
- [12] UNE-EN 15603 “Eficiencia Energética de los edificios. Consumo global de energía y definición de las evaluaciones energéticas”. 2008.
- [13] UNE-EN ISO 50001 " Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso". 2018.

ANEXO I. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO DE ASCENSORES

Para llevar a cabo la validación de esta metodología se hace uso de los datos de un edificio de características similares a los estudiados (Gran Terciario de oficinas) cuyos consumos están monitorizados por usos.

El proceso de validación consiste en analizar el error en el que se incurre al aplicar las fórmulas de cálculo definidas en el procedimiento para el consumo asociado a ascensores:

$$C_{ascensores} (kWh/año) = n^{\circ} ascensores * (k1 * \frac{k2 * H * F}{v * 3.600} * P + C_{standby})$$

Donde:

- **k1** es el factor de accionamiento, que toma los valores:
 - 1,6 para accionamiento común con reductor (sistema *geared*).
 - 1,0 para accionamiento sin reductor con variador de frecuencia (sistema *gearless*).
 - 0,6 para accionamiento con variador de frecuencia regenerativo.

Como valor por defecto se tomará el primero, siendo los siguientes sistemas más actuales.

- **k2** es el factor de distancia media de desplazamiento, que toma los valores:
 - 1,0 para edificios de 2 plantas.
 - 0,4 para edificios de más de 2 plantas (solo ascensores aislados o dobles).
 - 0,3 para edificios con más de 3 cabinas de ascensor para una misma zona.
- **H** es la distancia máxima de recorrido que se calculará a partir del número de plantas del edificio y la altura por planta:

$$H (m) = n^{\circ} plantas edificio * altura de cada planta$$

- **F** es el número de viajes realizados al año por cada ascensor. Para el cálculo de F se consideran tres opciones:

- Funcionamiento continuo: el edificio tiene un acceso continuo de usuarios y se utiliza el ascensor en todos los casos. Se estima que el horario de funcionamiento del ascensor es máximo en el horario de funcionamiento del edificio.

$$N^{\circ} \text{ viajes (viajes/año)} = \frac{\text{Tiempo funcionando}}{\text{Tiempo/viaje}}$$

$$N^{\circ} \text{ viajes (viajes/año)} = \frac{(n^{\circ} \text{ h lab/día lab}) * (n^{\circ} \text{ días lab/año}) * 3.600}{k2 * (H/v)}$$

- Funcionamiento frecuente: el ascensor es utilizado prácticamente todos los usuarios del edificio, siendo el número de usuarios limitado y controlado.

$$N^{\circ} \text{ viajes (viajes/año)} = n^{\circ} \text{ usuarios} * (n^{\circ} \text{ viajes/usuario día}) * (n^{\circ} \text{ días lab/año})$$

Se estima, en base a los datos reales de consumo, un promedio de dos viajes y medio al día por usuario (se ha tenido en cuenta que hay personal que utiliza las escaleras, los de la planta baja o personal que baja a desayunar, etc.).

- Funcionamiento esporádico: el uso del ascensor es muy limitado en el edificio o incluso está limitado a determinado tipo de personal.

$$N^{\circ} \text{ viajes (viajes/año)} = (n^{\circ} \text{ viajes/día}) * (n^{\circ} \text{ días lab/año})$$

- **P** es la potencia del ascensor, que se obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$P \text{ (kW)} = 0,8 * \frac{0,5 * \text{Carga} * v * g}{1.000 * \eta_{\text{global}}}$$

Donde:

- **Carga** es la carga del ascensor (kg)
 - **v** es la velocidad (m/s)
 - **g** es la gravedad
 - **η_{global}** es el rendimiento del ascensor, que toma el valor 0,48 para sistema *geared* y 0,72 para sistema *gearless*.
- **C_{standby}** , en base a los datos reales medidos se estima como 0,09 kWh/h.

$$C \text{ (kWh)} = 0,09 * \text{horas no funcionamiento}$$

A continuación se va a comparar el valor calculado frente al real, obteniendo el error en el que se incurre al aplicar dicha fórmula en aquellos edificios donde no se dispone de contadores sectorizados.

1. Consumo calculado:

El edificio tiene 5 aparatos elevadores de distintas características. Para el cálculo del consumo total se hace distinción entre tres tipos cuyas características se presentan a continuación.

Hay tres ascensores del tipo 1, uno del tipo 2 y uno del tipo 3.

Variable	Ascensor tipo 1	Ascensor tipo 2	Ascensor tipo 3
K1	1,6	1,6	1,6
K2	0,4	0,4	0,4
H	18	18	6
F (frecuente)	449.918	539.901	539.901
P	7,84	5,145	3,087
Cstandby	563,04	563,04	563,04

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas, se obtiene un consumo total de anual de:

$$C_{ascensores} (kWh/año) = 35.690$$

En base al número de días que tiene cada mes se obtiene el siguiente perfil de consumo mensual:

	Ascensores (kWh)
Enero	3.031
Febrero	2.738
Marzo	3.031
Abril	2.933
Mayo	3.031
Junio	2.933
Julio	3.031
Agosto	3.031
Septiembre	2.933
Octubre	3.031
Noviembre	2.933
Diciembre	3.031
Total	35.690

2. Consumo real teledorado:

Recientemente se han instalado contadores sectorizados por uso en el edificio, por lo que se dispone de datos cuarto-horarios de dos meses completos:

Mes	Consumo ascensores (kWh)
Noviembre	2.940
Diciembre	2.740

Dado que el rango de tiempo de datos reales disponibles es reducido, se comparan ambos (real y calculado) en valor promedio.

$$Error (\%) = \frac{|Aproximado - exacto|}{Exacto} * 100$$

$$Error (\%) = \frac{|2.974 - 2.840|}{2.840} * 100$$

Resulta un error del 5%.

ANEXO II. VALIDACIÓN METODOLOGÍA ALTERNATIVA CONSUMO ESTÁTICO

Para llevar a cabo la validación de esta metodología se hace uso de los datos de un edificio de características similares a los estudiados (Gran Terciario de oficinas) cuyos consumos están monitorizados por usos.

El proceso de validación consiste en analizar en error en el que se incurre en las hipótesis establecidas y decidir si es o no admisible. Dichas hipótesis son:

1. Los domingos únicamente se encuentran en funcionamiento estos equipos.
2. El consumo diario base calculado se mantiene constante durante todo el año.

Hipótesis 1:

Para validar que el único consumo que se registra los domingos es el correspondiente a CPD, fuerza y SAI, se comprueba que el consumo que registra el contador fiscal el domingo se corresponden con la suma de los registrados por los contadores asociados a dichos usos ese mismo día.

Día (domingo)	CPD	Fuerza	SAI	Fiscal	Estático (CPD+fuerza+SAI)	Error
28/10/2018	1.162	3.200	63	4.975	4.426	-11%
04/11/2018	1.136	2.979	56	4.740	4.171	-12%
11/11/2018	1.194	1.562	65	4.627	2.822	-39%
18/11/2018	1.143	3.383	80	5.077	4.605	-9%
25/11/2018	1.152	2.534	74	4.629	3.760	-19%
02/12/2018	1.104	3.244	70	5.004	4.418	-12%
09/12/2018	1.115	2.839	73	4.725	4.027	-15%
16/12/2018	1.094	3.170	90	5.048	4.354	-14%
23/12/2018	1.119	2.138	72	4.490	3.329	-26%
30/12/2018	1.114	1.994	82	4.540	3.190	-30%

No obstante, como ya se comentaba en el procedimiento, el cálculo aplicando esta metodología alternativa ya lleva intrínseco un error, y es que los fines de semana, además del uso correspondiente a SAI, CPD y fuerza, existe climatización de los sistemas como servidores o baterías. Por tanto, si hacemos el mismo cálculo incluyendo también el consumo de climatización vemos que dicho error se reduce:

Día	Climatización	CPD	Fuerza	SAI	Fiscal	Estático (CPD+fuerza+SAI)	Error
28/10/2018	197	1.162	3.200	63	4.975	4.623	-7%
04/11/2018	211	1.136	2.979	56	4.740	4.382	-8%
11/11/2018	239	1.194	1.562	65	4.627	3.060	-34%
18/11/2018	211	1.143	3.383	80	5.077	4.816	-5%
25/11/2018	187	1.152	2.534	74	4.629	3.946	-15%
02/12/2018	181	1.104	3.244	70	5.004	4.599	-8%
09/12/2018	175	1.115	2.839	73	4.725	4.202	-11%
16/12/2018	174	1.094	3.170	90	5.048	4.528	-10%
23/12/2018	284	1.119	2.138	72	4.490	3.613	-20%
30/12/2018	263	1.114	1.994	82	4.540	3.453	-24%

A excepción del domingo 11/11/2018 y 23 y 30/12/2018, en los que el consumo de fuerza fue anómalamente reducido, para el resto el error es menor al 20%.

Hipótesis 2:

Para validar que el consumo diario base calculado se mantiene prácticamente constante durante el año, se comprueba que, a excepción de la fuerza que lógicamente aumenta entre semana debido al sistema ofimático de los trabajadores, el resto de consumos se mantiene.

		CPD	Fuerza	SAI
16/10/2018	martes	1.204	5.705	102
17/10/2018	miércoles	1.233	6.318	107
18/10/2018	jueves	1.208	6.214	108
19/10/2018	viernes	1.225	5.933	96
20/10/2018	sábado	1.186	2.568	58
21/10/2018	domingo	1.193	1.956	59
22/10/2018	lunes	1.253	6.203	98
23/10/2018	martes	1.226	6.583	102
24/10/2018	miércoles	1.223	7.294	102
25/10/2018	jueves	1.206	6.383	101
26/10/2018	viernes	1.228	6.511	102
27/10/2018	sábado	1.194	1.760	63
28/10/2018	domingo	1.162	3.200	63
29/10/2018	lunes	1.163	6.715	118
30/10/2018	martes	1.172	6.751	112
31/10/2018	miércoles	1.156	6.375	119
01/11/2018	jueves	1.149	5.177	64
02/11/2018	viernes	1.160	5.845	102
03/11/2018	sábado	1.142	2.819	57
04/11/2018	domingo	1.136	2.979	56
05/11/2018	lunes	1.168	6.888	111
06/11/2018	martes	1.190	6.902	108
07/11/2018	miércoles	1.206	6.813	115
08/11/2018	jueves	1.197	6.797	103
09/11/2018	viernes	1.182	6.648	89
10/11/2018	sábado	1.176	3.434	62
11/11/2018	domingo	1.194	1.562	65
12/11/2018	lunes	1.202	6.549	115
13/11/2018	martes	1.185	6.501	123
14/11/2018	miércoles	1.187	6.319	135
15/11/2018	jueves	1.195	6.442	116
16/11/2018	viernes	1.191	6.480	113
17/11/2018	sábado	1.157	2.995	81
18/11/2018	domingo	1.143	3.383	80
19/11/2018	lunes	1.172	6.689	140
20/11/2018	martes	1.182	7.568	133
21/11/2018	miércoles	1.182	6.746	132
22/11/2018	jueves	1.160	6.930	135
23/11/2018	viernes	861	6.103	108
24/11/2018	sábado	341	977	28
25/11/2018	domingo	1.152	2.534	74

		CPD	Fuerza	SAI
26/11/2018	lunes	1.153	6.604	142
27/11/2018	martes	1.143	6.749	141
28/11/2018	miércoles	1.141	6.869	142
29/11/2018	jueves	1.134	7.077	150
30/11/2018	viernes	1.136	6.756	109
01/12/2018	sábado	1.109	3.316	73
02/12/2018	domingo	1.104	3.244	70
03/12/2018	lunes	1.135	6.521	124
04/12/2018	martes	1.140	6.798	137
05/12/2018	miércoles	1.121	6.284	142
06/12/2018	jueves	1.130	5.899	76
07/12/2018	viernes	1.143	6.242	97
08/12/2018	sábado	1.117	3.239	73
09/12/2018	domingo	1.115	2.839	73
10/12/2018	lunes	1.143	6.130	126
11/12/2018	martes	1.144	6.605	135
12/12/2018	miércoles	998	6.677	126
13/12/2018	jueves	1.137	6.053	143
14/12/2018	viernes	1.126	6.274	138
15/12/2018	sábado	1.107	3.165	93
16/12/2018	domingo	1.094	3.170	90
17/12/2018	lunes	1.125	6.858	137
18/12/2018	martes	1.122	6.789	146
19/12/2018	miércoles	1.133	6.596	142
20/12/2018	jueves	1.138	5.748	145
21/12/2018	viernes	1.146	5.954	137
22/12/2018	sábado	1.122	2.578	74
23/12/2018	domingo	1.119	2.138	72
24/12/2018	lunes	1.126	5.694	103
25/12/2018	martes	1.119	5.402	76
26/12/2018	miércoles	1.124	5.569	84
27/12/2018	jueves	1.131	6.011	117
28/12/2018	viernes	1.132	5.989	109
29/12/2018	sábado	1.105	3.140	83
30/12/2018	domingo	1.114	1.994	82