

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE
FLUIDOS**



PROYECTO FIN DE CARRERA

**VIABILIDAD LEGAL Y ECONÓMICA DE
UN SISTEMA DE MICROGENERACIÓN
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**

AUTOR: Javier Blas López

TUTOR: José Vicente Moya Girón

OCTUBRE 2011

Agradecimientos

Agradezco tanto el apoyo recibido en este proyecto como el apoyo recibido en toda la carrera a toda mi familia y amigos más cercanos que siempre han estado ahí.

También tengo que agradecer el apoyo recibido por parte de mis compañeros en estos años de carrera, algunos de ellos han dejado de ser compañeros para ser amigos para toda la vida y esto es incluso más importante que el título universitario que voy a recibir tras la entrega de este proyecto.

Y por último tengo que agradecer la ayuda prestada por la empresa que me ha dado la oportunidad de realizar este proyecto con ellos, en especial a Rogelio, que fue mi tutor y me ayudó en todo lo que necesité. Y a mi tutor en la universidad, José Vicente, que me ha guiado para que este proyecto sea posible.

Resumen

Hasta el momento actual, la cogeneración ha sido utilizada en la industria con buenos resultados, hace no muchos años se ha empezado a utilizar en edificios para realizar sistemas de ACS y calefacción en viviendas, llamándose microcogeneración por ser cogeneración a menor escala, hasta 1MW para ser más exactos.

En este proyecto se va a tratar de explicar cómo se implanta un sistema de microcogeneración en un edificio, explicando que sistema se ha elegido y los pasos que hay que seguir dentro del ahorro energético y régimen especial para que el proyecto sea un proyecto que cumpla con la legislación vigente en estos campos.

Además de la viabilidad legal del proyecto se va a tratar de realizar un estudio económico que pruebe:

- Las ventajas que aporta este sistema en comparación con los sistemas convencionales que se instalan para ACS y calefacción en edificios.
- El número de motores necesario para que el edificio en estudio saque la mayor rentabilidad al sistema.
- Que los sistemas de microcogeneración en edificios de viviendas es una buena alternativa a los sistemas solares térmicos.

Para acabar se realizará una síntesis del proyecto donde se explicarán las conclusiones obtenidas.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. COGENERACIÓN	14
1.2. TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN	17
1.2.1. COGENERACIÓN CON TURBINAS DE VAPOR	17
1.2.2. COGENERACIÓN CON TURBINAS DE GAS	17
1.2.3. COGENERACIÓN CON CICLO COMBINADO	18
1.2.4. COGENERACIÓN CON MOTOR ALTERNATIVO	18
1.2.5. COGENERACIÓN CON MICROTURBINAS	19
1.3. MICROCOGENERACIÓN	20
1.4. TECNOLOGÍAS DE MICROCOGENERACIÓN	22
2. MARCO LEGAL	25
2.1. NORMATIVA APLICABLE A LA MICROCOGENERACIÓN	25
2.1.1. REAL DECRETO 616/2007	25
2.1.2. REAL DECRETO 661/2007	26
2.1.3. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	26
2.1.4. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS	27
2.1.5. DIRECTIVAS EUROPEAS 2002/91/CE	27
3. DATOS DE PARTIDA DEL EDIFICIO	28
4. CUMPLIMIENTO DEL MARCO LEGAL	32
4.1. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA	33
4.2. AHORRO DE ENERGÍA	36
4.2.1. DB-HE1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA	37
4.2.1.1. Ámbito de aplicación	37
4.2.1.2. Procedimiento de Verificación	37
4.2.2. DB-HE2: EXIGENCIAS DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	43
4.2.2.1. Ámbito de aplicación	43
4.2.2.2. Exigencias de eficiencia energética	43
4.2.2.2.1. Exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío	45
4.2.2.2.2. Exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío	48
4.2.2.2.3. Exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas	49
4.2.2.2.4. Exigencia de contabilización de consumos	50
4.2.2.2.5. Exigencia de recuperación de energía	51

4.2.2.2.6.	Exigencia de aprovechamiento de energías renovables	51
4.2.2.2.7.	Exigencia de limitación de la utilización de energía convencional	52
4.2.2.3.	Otras exigencias	52
4.2.3.	DB-HE3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN	55
4.2.4.	DB-HE4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA	56
4.2.4.1.	Ámbito de aplicación	56
4.2.4.2.	Procedimiento de verificación	56
4.2.5.	DB-HE5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	62
4.2.5.1.	Ámbito de aplicación	62
4.3.	RÉGIMEN ESPECIAL	63
5.	ESTUDIO ECONOMICO	66
5.1.	COMPARATIVA CON SISTEMA CONVENCIONAL	66
5.1.1.	POTENCIAS CONSUMIDAS	67
5.1.2.	COSTES DE LA INSTALACIÓN	68
5.1.3.	COSTES DE ADQUISICIÓN	68
5.1.4.	COSTES DE COMBUSTIBLE	69
5.1.5.	COSTE DE MANTENIMIENTO	71
5.1.6.	INGRESOS	73
5.1.7.	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD	76
5.1.7.1.	Escenario A	76
5.1.7.2.	Escenario B	78
5.1.7.3.	Escenario C	80
5.2.	COMPARATIVA DE NUMERO DE MOTORES DEL SISTEMA	83
5.2.1.	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	83
5.2.2.	COSTE DE ADQUISICIÓN	85
5.3.	COMPARATIVA CON SISTEMA SOLAR TÉRMICO	92
5.3.1.	COSTE DE ADQUISICIÓN	94
5.3.2.	COSTES DE COMBUSTIBLES	97
5.3.3.	COSTE DE MANTENIMIENTO	97
5.3.4.	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD	97
6.	CONCLUSIONES	101
	REFERENCIAS	103
	BIBLIOGRAFIA	107
	ANEXO A: DISPOSICIÓN DE LAS VIVIENDAS	109
	ANEXO B: ESQUEMA DETALLADO DE FUNCIONAMIENTO	110

ANEXO C. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN	111
ANEXO D: FORMULARIOS DE CONFORMIDAD DE DEMANDA ENERGÉTICA	116
ANEXO E: FORMULARIOS DE CONFORMIDAD DE CONDENSACIONES	118
ANEXO F: CARACTERÍSTICAS CALDERA DE CONDENSACIÓN	119
ANEXO G: RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS DEL EDIFICIO	120
ANEXO H: DATOS TÉCNICOS MOTORES DACHS	125
ANEXO I: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	126

Índice de Figuras

FIG 1. COMPARATIVA ENTRE COGENERACIÓN Y GENERACIÓN CONVENCIONAL. FUENTE: BLOG SOBRE ENERGÍA Y EFICIENCIA	15
FIG 2. ESTIMACIONES DE COGENERACIÓN. FUENTE: IDAE	16
FIG 3. ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE MICROCOGENERACIÓN. FUENTE: EFIBOX	20
FIG 4. ESQUEMA BÁSICO DE SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN CON MOTOR ALTERNATIVO. FUENTE: WWW.EVE.ES	22
FIG 5. ESQUEMA BÁSICO DE SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN CON MICROTURBINAS DE GAS. FUENTE: BLOG SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA.	23
FIG 6. ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO	28
FIG 7. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO MÓDULO TERMOBOX MB. FUENTE: WWW.ROCA-CALEFACCION.COM	30
FIG 8. RADIADOR ROCA, MODELO DUBAL 60.	31
FIG 9. ETIQUETA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS. FUENTE: MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO	33
FIG 10. GRÁFICA DEL RENDIMIENTO DE LAS CALDERAS	46
FIG 11. REGULACIÓN DE QUEMADORES	47
FIG 12. ESPESORES MÍNIMOS DE AISLAMIENTOS (MM) DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS QUE TRANSPORTAN FLUIDOS CALIENTES QUE DISCURREN POR EL INTERIOR DEL EDIFICIO	48
FIG 13. CAÍDAS DE PRESIÓN EN COMPONENTES	49

FIG 14. NÚMERO MÍNIMO DE PERSONAS POR VIVIENDA	_____	57
FIG 15. PERFIL DE CONSUMO DE ACS DE CALENDER VYP	_____	60
FIG 16. EVOLUCIÓN IPC 2010-2011. FUENTE:		
HTTP://WWW.FINANZAS.COM/ECONOMIA/IPC/ESPANA/	_____	72
FIG 17. HISTÓRICO IPC. FUENTE:		
HTTP://WWW.FINANZAS.COM/ECONOMIA/IPC/ESPANA/	_____	72
FIG 18. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN CON ESCENARIO A.	_____	77
FIG 19. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN CON ESCENARIO B.	_____	79
FIG 20. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN CON ESCENARIO C.	_____	81
FIG 21. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN CON ESCENARIO C EN 70 AÑOS.	_____	82
FIG 22. EVOLUCIÓN DE LOS INGRESOS RESPECTO AL NÚMERO DE MOTORES.	__	84
FIG 23. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN RESPECTO AL NÚMERO DE MOTORES.	__	88
FIG 24. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN CON PRÉSTAMO ICO.	_____	90
FIG 25. ESQUEMA BÁSICO INSTALACIÓN TÉRMICA ACS. FUENTE: TERMICOL ENERGÍA SOLAR	_____	92
FIG 26. COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y SISTEMA MICROCOGENERACIÓN.	_____	99
FIG 27. COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SOLAR TÉRMICO Y SISTEMA MICROCOGENERACIÓN CON SOLICITUD DE PRÉSTAMO.	_____	100

Índice de Tablas

TABLA 1. EFICIENCIAS DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN. FUENTE: CONUEE	19
TABLA 2. HUECOS EN FACHADAS	38
TABLA 3. LUCERNARIOS EN CUBIERTA	38
TABLA 4. TRANSMITANCIAS MÁXIMAS ZONA CLIMÁTICA D	39
TABLA 5. VALORES LÍMITES ZONA CLIMÁTICA D3	40
TABLA 6. VALORES LÍMITES HUECOS ZONA CLIMÁTICA D3	40
TABLA 7. EXIGENCIAS DE BIENESTAR E HIGIENE.	52
TABLA 8. EXIGENCIAS DE SEGURIDAD.	54
TABLA 9. NÚMERO DE DORMITORIOS POR TIPO DE VIVIENDA	58
TABLA 10. PRESUPUESTO DE SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN CON DOS MOTORES.	69
TABLA 11. PRECIO MÁXIMO DE TARIFA VARIABLE DE GAS NATURAL	70
TABLA 12. INCREMENTO DEL PRECIO DEL GAS NATURAL	70
TABLA 13: TARIFAS Y PRIMAS DE APLICACIÓN A PARTIR DEL 1 DE ABRIL DE 2011 PARA LAS INSTALACIONES DE LA CATEGORÍA A) COGENERACIÓN Y ENERGÍAS RESIDUALES. FUENTE: MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO	74
TABLA 14. PRECIOS DE PRIMAS POR VENTA DE ELECTRICIDAD.	75

TABLA 15. INCREMENTO DEL PRECIO DE PRIMAS POR VENTA DE ELECTRICIDAD.	75
TABLA 16. VALORES DEL ESCENARIO A	76
TABLA 17. VALORES DEL ESCENARIO B	78
TABLA 18. VALORES DEL ESCENARIO C.	80
TABLA 19. PRESUPUESTO DE SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN CON UN MOTOR.	86
TABLA 20. PRESUPUESTO DE SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN CON TRES MOTOR.	87
TABLA 21. ESTIMACIONES PARA SISTEMA SOLAR TÉRMICO EN MARCHAMALO. FUENTE: MANPROJECT.	93
TABLA 22. SIMULACIÓN APORTE SISTEMA SOLAR TÉRMICO EN MARCHAMALO. FUENTE: MANPROJECT.	94
TABLA 23. PRESUPUESTO PARA SISTEMA SOLAR TÉRMICO CON 60% DE COBERTURA DE ACS.	96
TABLA 24. VALORES DEL ESTUDIO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.	98

1. INTRODUCCIÓN

1.1. COGENERACIÓN

En las plantas de generación termoeléctricas convencionales se quema un combustible fósil para producir vapor a alta temperatura y presión, el cual se hace pasar por una turbina para generar energía eléctrica. En este proceso se logra una conversión a electricidad de menos del 40% de la energía disponible como calor en el combustible. El resto se descarga a la atmósfera, mediante los gases producto de la combustión que salen por la chimenea del generador de vapor y en los sistemas de condensación y enfriamiento del ciclo termodinámico. Aunque la cantidad de calor que se desecha a la atmósfera es muy grande, es de baja temperatura relativa, en otras palabras de baja exergía para realizar un trabajo útil dentro de las plantas generadoras.

En el caso de los consumidores, tanto empresas como usuarios individuales satisfacen sus necesidades, tanto de electricidad como de energía térmica, comprando a las correspondientes compañías suministradoras dicha electricidad o combustible para poder obtener energía térmica.

En estos dos casos, como se puede comprobar, existe un uso bastante ineficiente de la energía. Por ello aparece la idea de cogeneración, que se define como la producción conjunta de electricidad y energía térmica partiendo de un único combustible.

La característica principal de la cogeneración es su alta eficiencia, dicha eficiencia reside en el aprovechamiento del calor residual de un proceso de generación de electricidad para producir energía térmica. Por este motivo los sistemas de cogeneración están ligados a un centro consumidor de energía térmica. Debido al aprovechamiento del calor residual, los sistemas de cogeneración presentan rendimientos globales del orden del 85%, lo que implica que el aprovechamiento simultáneo de electricidad y calor favorece la obtención de elevados índices de ahorro energético, así como una disminución importante de la factura energética, sin alterar el proceso productivo, ahorro energético que se incrementa notablemente si se utilizan energías residuales como pueden ser biomasa o residuos que se incineran (ver figura 1).

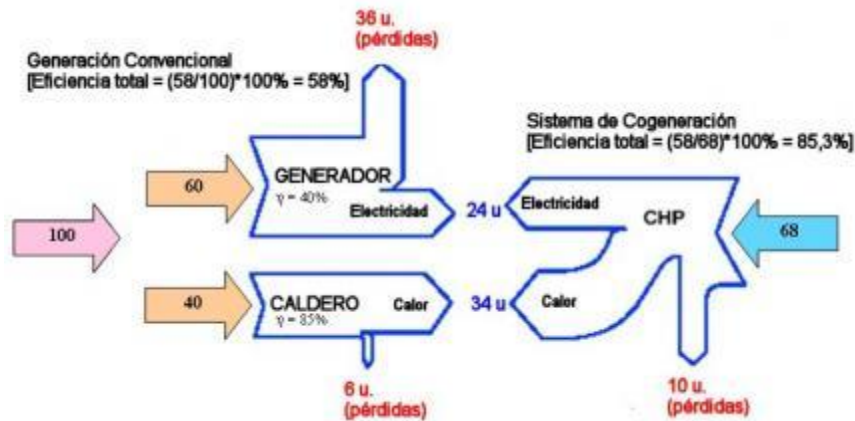


Fig 1. Comparativa entre Cogeneración y Generación Convencional.
Fuente: Blog sobre energía y eficiencia

Otras ventajas de la cogeneración, además de su alta eficiencia son:

- Ahorro económico, a consecuencia de su alta eficiencia.
- Mejora medioambiental, el procedimiento es más ecológico ya que durante la combustión el gas natural libera menos dióxido de carbono (CO₂) y óxido de nitrógeno (NO_x) que el petróleo o el carbón. El desarrollo de la cogeneración podría evitar la emisión de 127 millones de toneladas de CO₂ en la UE en 2010 y de 258 millones de toneladas en 2020, ayudando a cumplir los objetivos fijados en el Protocolo de Kioto.
- Elimina pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica, debido a que las instalaciones suelen estar más cerca del punto de consumo.
- Disminuye la dependencia energética del exterior.
- Posibilita industrializar zonas aisladas o ultraperiféricas, que se encuentran lejos de las redes de distribución eléctrica.
- Mayor competencia entre productores de electricidad, ya que gracias a la tecnología de la cogeneración, aparecen nuevos competidores que entran en el mercado de la electricidad.
- Oportunidades de creación de nuevas empresas. Fundamentalmente PYME, empresas en colaboración y otras fórmulas de cooperación entre partes interesadas.

Existe un gran potencial para instalaciones de cogeneración de alta eficiencia que debe utilizarse. El Instituto para la diversificación y el ahorro de energía (IDAE) establece el potencial de cogeneración en 8400 MW en el 2012 (Objetivo del Plan de Eficiencia Energética). En España a finales del 2006 se cuenta con unos 6500 MW de potencia instalada de cogeneración y se espera que en los próximos años la cogeneración siga incrementando su participación en la generación eléctrica. Para el año 2011 se estima que habrá una potencia instalada de más de 7.500MW (ver figura 2).

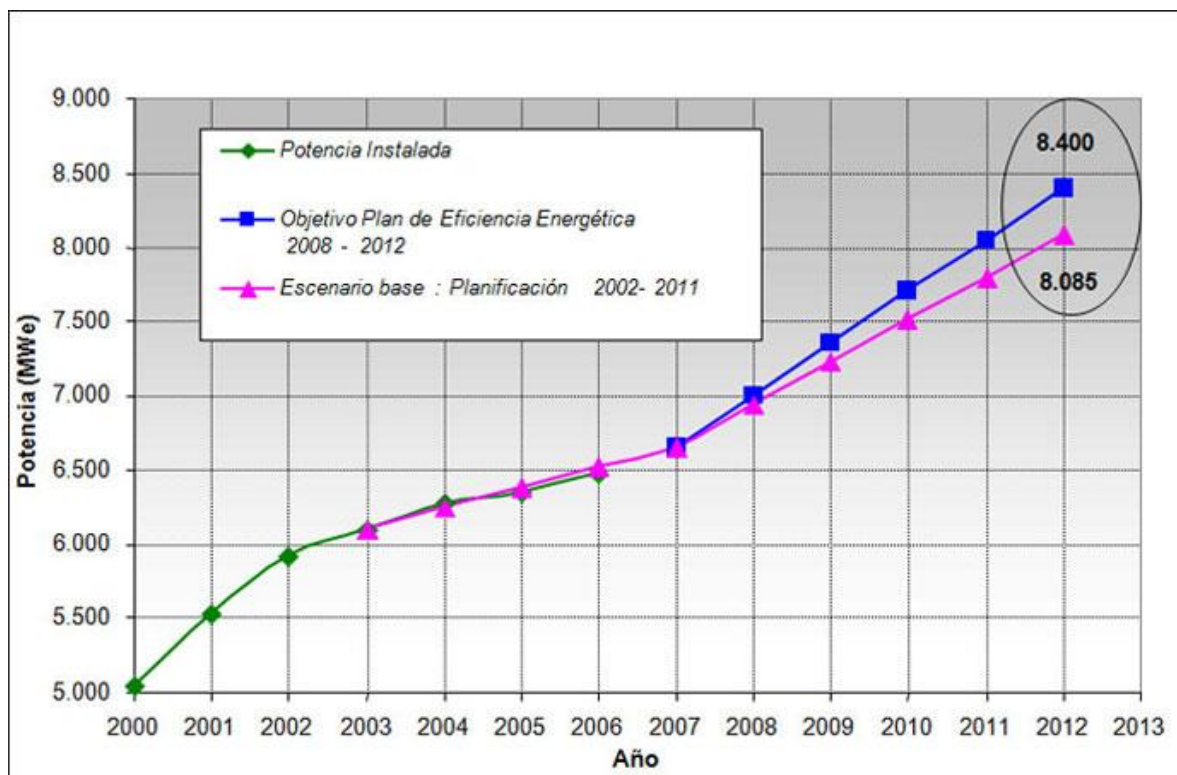


Fig 2. Estimaciones de cogeneración. Fuente: IDAE

1.2. TECNOLOGÍAS DE COGENERACIÓN

Dentro de los sistemas de cogeneración han ido apareciendo diferentes tecnologías, en los sucesivos apartados se explicara las características de cada una de ellas y en que situaciones es interesante su aplicación.

1.2.1. COGENERACIÓN CON TURBINAS DE VAPOR

En esta configuración la energía mecánica es producida en una turbina, acoplada a un generador eléctrico, mediante la expansión de vapor de alta presión generado en una caldera convencional. En este sistema la eficiencia global es del orden del 85 al 90% y la eléctrica del 20 al 25%.

Las turbinas de vapor se dividen en tres tipos: a contrapresión, a extracción y a condensación.

En las turbinas de contrapresión la principal característica es que el vapor, cuando sale de la turbina, se envía directamente al proceso sin necesidad de contar con un condensador y un equipo periférico, como torres de enfriamiento.

En la turbina de extracción y condensación, una parte del vapor puede extraerse en uno o varios puntos de la turbina antes de la salida al condensador, obteniendo así, vapor a varias presiones, mientras que el resto del vapor se expande hasta la salida del condensador.

Estos sistemas se aplican principalmente en aquellas instalaciones en las que la necesidad de energía térmica respecto a la eléctrica es de 4 a 1 o mayor.

1.2.2. COGENERACIÓN CON TURBINAS DE GAS

En esta tecnología un compresor alimenta con aire a alta presión una cámara de combustión en la que se inyecta el combustible, que al quemarse generará gases a alta temperatura y presión, que a su vez, alimentan a la turbina donde se expanden generando energía mecánica que se transforma en energía eléctrica a través de un generador acoplado a la flecha de la turbina.

Los gases de escape tienen una temperatura que va de 500 a 650 °C. Estos gases son relativamente limpios y por lo tanto se pueden aplicar directamente a procesos de secado, o pueden ser aprovechados para procesos de combustión posteriores, ya que tienen un contenido de oxígeno de alrededor del 15%. Debido a su alta temperatura, estos gases suelen ser empleados a su vez, para producir vapor, que se utiliza en los procesos industriales e incluso para generar más energía eléctrica por medio de una turbina de vapor.

La cogeneración con turbina de gas resulta muy adecuada para los procesos en los que se requiere de una gran cantidad de energía térmica, o en relaciones de calor/electricidad mayores a 2.

1.2.3. COGENERACIÓN CON CICLO COMBINADO

Este sistema se caracteriza porque emplea una turbina de gas y una turbina de vapor. En este sistema los gases producidos en la combustión de la turbina de gas, se emplean para producir vapor a alta presión mediante una caldera de recuperación, para posteriormente alimentar la turbina de vapor, sea de contrapresión o extracción-condensación, y producir por segunda vez energía eléctrica, utilizando el vapor a la salida de la turbina o de las extracciones para los procesos de que se trate.

El ciclo combinado se aplica en procesos donde la razón electricidad/calor es mayor a 6.

1.2.4. COGENERACIÓN CON MOTOR ALTERNATIVO

El motor alternativo genera la mayor cantidad de energía eléctrica por unidad de combustible consumido, del 34 al 41%, aunque los gases residuales son a baja temperatura, entre 200 y 250 °C. Sin embargo, en aquellos procesos en los que se puede adaptar, la eficiencia de cogeneración alcanza valores similares a los de las turbinas de gas (85%). Con los gases residuales se puede producir vapor de baja presión (de 10 a 15 kg/cm²) o agua caliente de 80 a 100 °C.

1.2.5. COGENERACIÓN CON MICROTURBINAS

Las microturbinas difieren substancialmente de la mayoría de los métodos tradicionales de generación de energía eléctrica usados en la industria, con emisiones sumamente bajas, y que resultan particularmente útiles en muchísimas aplicaciones industriales y comerciales. Una microturbina es esencialmente una planta de electricidad en miniatura, que genera energía eléctrica y calorífica en rangos desde 30kW hasta 1.2MW. Tiene una sola parte móvil, sin cajas de engranes, bombas u otros subsistemas, y no utiliza lubricantes, aceites o líquidos enfriantes.

Esta tecnología, junto a los motores alternativos se explicará en más detalle en el apartado 1.4.

Tecnología de cogeneración	Eficiencia Eléctrica (%)	Eficiencia Térmica (%)
Turbina de vapor	33	52
Turbina de gas sin post-combustión.	38	47
Turbina de gas con post-combustión.	38	42
Ciclo combinado	57	33
Motor reciprocante (aprovechando calor de gases de combustión y calor del sistema de enfriamiento)	40	30
Microturbina	30	50

Tabla 1. Eficiencias de diferentes tecnologías de cogeneración. Fuente: CONUEE

1.3. MICROCOGENERACIÓN

La microgeneración es el término empleado para denominar la cogeneración hasta 50 KW. El concepto se extiende habitualmente hasta la cogeneración de pequeña escala, que extiende dicha potencia hasta 1 MW. Se trata de una tecnología avanzada, utilizada en países a la cabeza de la lucha contra emisiones contaminantes como puede ser Japón, Austria, Alemania, Reino Unido, Portugal, Holanda... Debido a que en el sector industrial la cogeneración está muy avanzada, las políticas europeas sobre descentralización de la generación de la energía eléctrica se han centrado en el desarrollo de equipos para la aplicación de la microgeneración en el sector residencial.

Los sistemas convencionales de calefacción son sustituidos por generadores eléctricos equipados con intercambiadores de calor para usar o recuperar adicionalmente el calor de desperdicio. El calor es utilizado para calefacción y calentamiento de agua. La electricidad es utilizada dentro del edificio o vendida a la red eléctrica (ver figura 3).

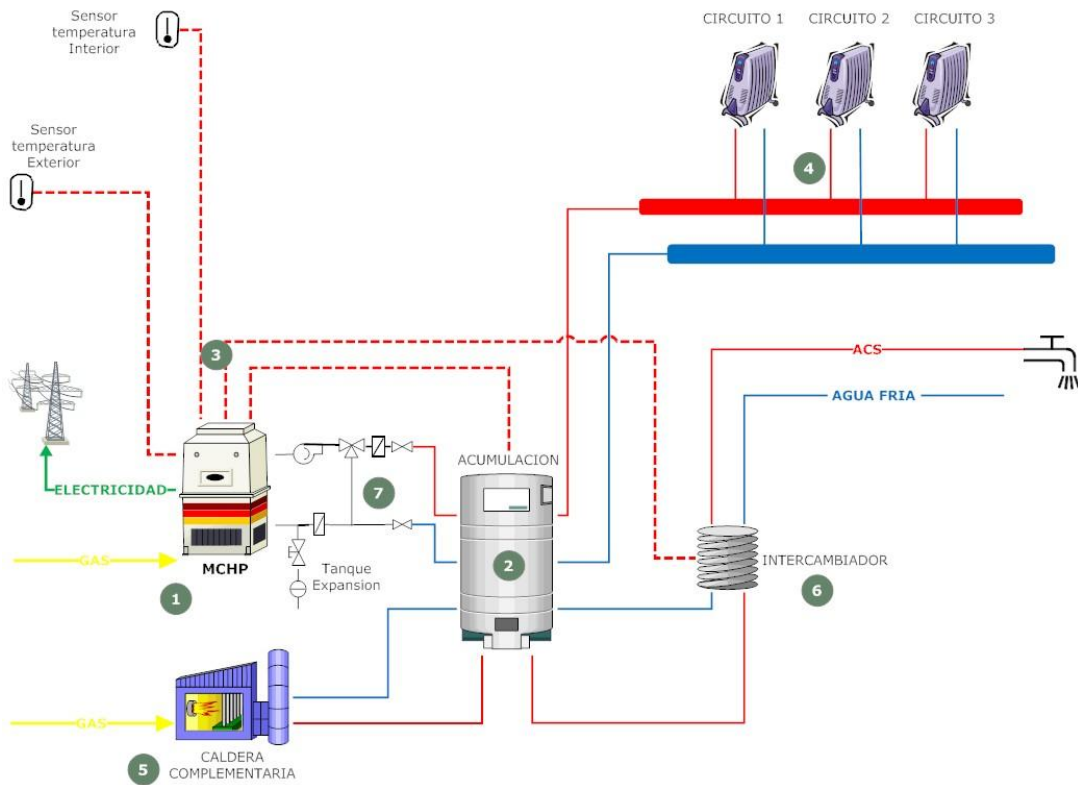


Fig 3. Esquema básico de funcionamiento de microgeneración. Fuente: EFIBOX

Lo habitual, hablando de la electricidad generada, es venderla a la red eléctrica. Al acceder al marco económico del Régimen Especial la exportación total de la energía generada a la red es permitida, gracias a esto y a que el precio de venta de la electricidad generada es mayor que el precio de la electricidad que se puede comprar para el consumo. Lo que se hace es comprar electricidad para consumo y vender la electricidad generada en el sistema. Dicho precio de venta de la energía generada es asumido por la administración debido a las ventajas que supone esta forma de producción de energía respecto a la convencional y con idea de incentivar y difundir su uso.

Los sistemas de microgeneración se han implantado con éxito en instalaciones del sector terciario tan diversas como son las correspondientes a hospitales, hoteles y oficinas. Ello se debe a que los microgeneradores cubren unas gamas de potencia adecuadas para poder actuar como cogeneraciones a escala reducida, que se adaptan bien a las necesidades de este tipo de establecimientos, aportándoles rendimientos competitivos y prestaciones energéticamente atractivas frente a los sistemas convencionales.

La solución basada en la generación de las necesidades de calor mediante sistemas de microgeneración para la generación de ACS y calefacción, reporta ventajas respecto a la generación de esta demanda mediante sistemas convencionales (calderas) y en muchos casos en los basados en colectores solares térmicos exclusivamente:

- Disponibilidad: La planta de microgeneración no depende de la climatología y garantiza el suministro energético para ACS y calefacción e incluso el eléctrico en los equipos que pueden funcionar como generadores de emergencia.
- Liberación de espacio en comparación con la solar térmica y los sistemas convencionales: La planta de microgeneración ocupa unas dimensiones reducidas, y no necesita invadir espacios arquitectónicamente visibles como fachadas y tejados, ya que se pueden ubicar bajo techo. La cogeneración al ser un sistema centralizado libera espacios de alto valor (interior de viviendas), ocupados por los sistemas convencionales.

1.4. TECNOLOGÍAS DE MICROCOGENERACIÓN

Varias tecnologías de conversión han sido desarrolladas para su aplicación en sistemas de microgeneración pero se utilizan principalmente las tecnologías de microturbinas de gas y motores alternativos.

Los micromotores alternativos de combustión interna son bien conocidos por todos ya que sus aplicaciones en nuestras actividades diarias son muchísimas. Desde los pequeños generadores que vemos en los puestos de venta ambulante hasta los motores que incorporan todos los vehículos, hay un abanico de potencias en el que se incluirían los micromotores para cogeneración. La diferencia de estos motores es principalmente su rango de trabajo ya que están diseñados para funcionar un elevado número de horas en continuo con la máxima eficiencia por lo que se trata de buscar el régimen de funcionamiento que maximice el rendimiento eléctrico. Los motores disipan calor a través de los circuitos de agua de refrigeración y de los gases de escape. En los micromotores, se recuperan ambas fuentes de calor para finalmente dar toda la energía en forma de agua caliente que pueda ser usada para climatización (ver figura 4).

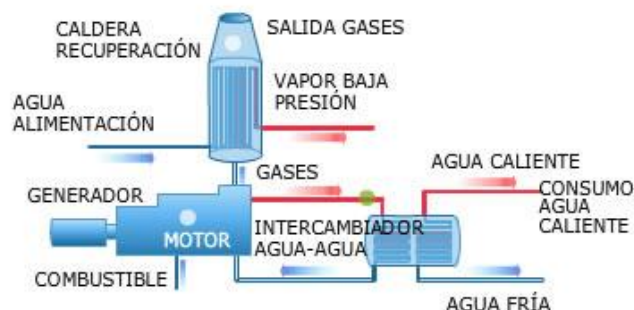


Fig 4. Esquema básico de sistema de microgeneración con motor alternativo.

Fuente: www.eve.es

Las principales ventajas en microgeneración de los motores alternativos son:

- Elevada relación electricidad/calor.
- Alto rendimiento eléctrico.
- Bajo coste.
- Tiempo de vida largo.
- Capacidad de adaptación a variaciones de la demanda.

Por el contrario tiene las siguientes desventajas:

- Alto coste de mantenimiento.
- Energía térmica muy distribuida y a baja temperatura.

Las microturbinas de gas son máquinas de combustión basadas en el mismo principio que las turbinas convencionales pero simplificando los elementos mecánicos. El modo de funcionamiento de la microturbina no difiere mucho del de una turbina convencional. La diferencia principal se encuentra en el hecho de tener un ciclo de regeneración para mejorar el rendimiento eléctrico y a la ausencia de reductor para conectarse al alternador. Así, las microturbinas generan energía alterna a frecuencia variable que es convertida a corriente continua y, mediante un inversor parecido al que incorporan los sistemas fotovoltaicos, se convierte a corriente alterna trifásica 400 V y 50 Hz que exigen las aplicaciones en baja tensión. Finalmente los gases de escape tienen una temperatura de 300 °C aproximadamente que permite una recuperación térmica útil para la producción de ACS y calefacción (ver figura 5).

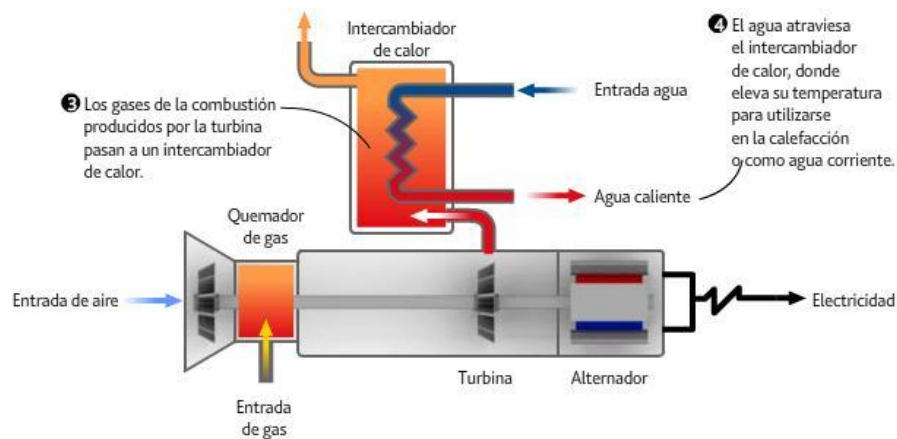


Fig 5. Esquema básico de sistema de microgeneración con microturbinas de gas. Fuente: Blog sobre eficiencia energética.

Las principales ventajas en microgeneración de las microturbinas de gas son:

- Amplia gama de aplicaciones.
- Elevada temperatura de la energía térmica.
- Rango desde 0,5MW a 100MW.
- Gases con alto contenido en oxígeno.

Por el contrario tiene las siguientes desventajas:

- Tiempo de vida relativamente corto. En torno a unas 40.000 horas.

Si se compara ambas tecnologías para una misma potencia eléctrica unitaria, la microturbina tiene un rendimiento eléctrico menor que el micromotor (entorno al 30% frente al 35%) pero queda compensado con la recuperación térmica cuando se comparan sus rendimientos globales. Por otra parte, cabe destacar que la ausencia de aceites lubricantes, sistemas auxiliares para el arranque y la refrigeración y una única parte móvil, hacen que su fiabilidad sea superior y sus costes de mantenimiento inferiores. En cada caso se escoger debe la tecnología más apropiada en función de la potencia y del modo de operación.

Tanto los motores alternativos como las microturbinas son bastante versátiles en lo que a combustibles empleados se refiere. El más habitual es el gas natural, debido a la facilidad para encontrarlo en el mercado, aunque también hay otros combustibles que se encuentran con facilidad como pueden ser el gasóleo y los GLPs. Con más dificultades se encuentran otros combustibles, como puede ser la biomasa previamente gasificada, aunque debido a que es un combustible con mucho futuro, se pueden encontrar versiones que incluyen el gasificador en la propia instalación. Incluso se puede llegar a utilizar biogás procedente de vertederos y depuradoras.

2. MARCO LEGAL

2.1. NORMATIVA APLICABLE A LA MICROCOGENERACIÓN

La microcogeneración tiene varias vertientes, en lo que ha normativas se refiere, que tiene que cumplir, ya que se está hablando de un sistema que entra dentro del marco legal del régimen especial, pero a la vez se trata de una edificación. Por lo tanto, este tipo de sistemas se tiene que tener en consideración las siguientes normativas:

- Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- CTE: código técnico de edificación.
- RITE: reglamento de las instalaciones técnicas en el edificio.
- Directivas Europeas 2002/91/CE.

2.1.1. REAL DECRETO 616/2007

El Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración. Tiene por objeto la creación de un marco legal para el fomento de la cogeneración de alta eficiencia de calor y electricidad. Dentro de dicho Real Decreto aparecen los siguientes datos de interés para un proyecto sobre microcogeneración:

- Tecnologías de cogeneración consideradas [1].
- Cálculo de la electricidad de cogeneración [2].
- Método de determinación de la eficiencia del proceso de cogeneración [3].

Dichos datos servirán para realizar los cálculos que indicarán si el sistema es una aplicación de cogeneración de alta eficiencia.

2.1.2. REAL DECRETO 661/2007

El 1 de junio de 2007 entra en vigor el Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de electricidad en el Régimen Especial. Este Real Decreto otorga diferentes precios a la electricidad vertida a la red en función de los parámetros:

- Eficiencia Energética,
- Tipo de Combustible.
- Rango de Potencia.

La microgeneración entra dentro del grupo a.1 de dicho Real Decreto: “Instalaciones que incluyan una central de cogeneración siempre que supongan un alto rendimiento energético y satisfagan los requisitos que se determinan en el anexo I” [4].

2.1.3. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El Código Técnico de la Edificación es el marco legal que regula el diseño, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios. Con este código se pretende cumplir con unos objetivos mínimos de funcionalidad, seguridad y habitabilidad en la edificación. Desde marzo de 2007 es obligatorio que todos los nuevos edificios que se construyan en España cumplan las exigencias que especifica el CTE.

En el caso de la microgeneración, se ha de tener en cuenta los apartados DB-HE, sobre ahorro de energía, en el cabe destacar el apartado HE4 de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, este apartado especifica, para aquellos edificios con una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta, que deben de tener una contribución solar mínima anual entre el 30% y el 70% de dicha demanda del edificio [5], esta contribución puede no ser solar si se produce un ahorro energético térmico o se reducen las emisiones de dióxido de carbono en una medida igual o mayor al que se produce con instalaciones solares. En este punto es donde entra el sistema de microgeneración, que puede ser una alternativa muy válida para edificios donde la instalación solar sea complicada o de peores prestaciones que este sistema.

2.1.4. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

Con el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias IT. Dicho reglamento potencia y fomenta un uso más racional de la energía en las instalaciones térmicas no industriales de los edificios, normalmente destinadas a proporcionar de forma segura y eficiente los servicios de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria necesarios para atender los requisitos de bienestar térmico y de higiene de los edificios.

Los sistemas basados en microgeneración, son instalaciones térmicas no industriales en edificios y por tanto se realizarán de acuerdo a lo indicado en el RITE.

2.1.5. DIRECTIVAS EUROPEAS 2002/91/CE

La Directiva Europea 2002/91/CE, trata de fomentar la eficiencia energética de los edificios teniendo en cuenta varios aspectos como son las condiciones climáticas exteriores e interiores y la relación coste-eficacia. De esta Directiva nace la obligación de la certificación energética de los edificios, dicha certificación tiene como objetivo que los usuarios cuenten con información concreta sobre las características técnicas de los edificios, que le permitan considerar la variable ambiental y orientar su decisión de compra o alquiler de vivienda en consecuencia. Dicha certificación es obligatoria en España para edificios de nueva construcción y los que se sometan a modificaciones, reformas o rehabilitaciones a partir del año 2007, ya que en ese año se publicó el Real Decreto 47/2007 que deriva de la Directiva Europea indicada.

3. DATOS DE PARTIDA DEL EDIFICIO

Dicho edificio va a estar ubicado en Marchamalo, provincia de Guadalajara. Es un edificio de 11.000 m², de los que 7.090 m² están acondicionados, repartido en 69 viviendas, que están distribuidas en 4 plantas y 6 portales. Hay 25 tipos de casa diferentes dependiendo de su situación dentro del edificio (ver anexo A).

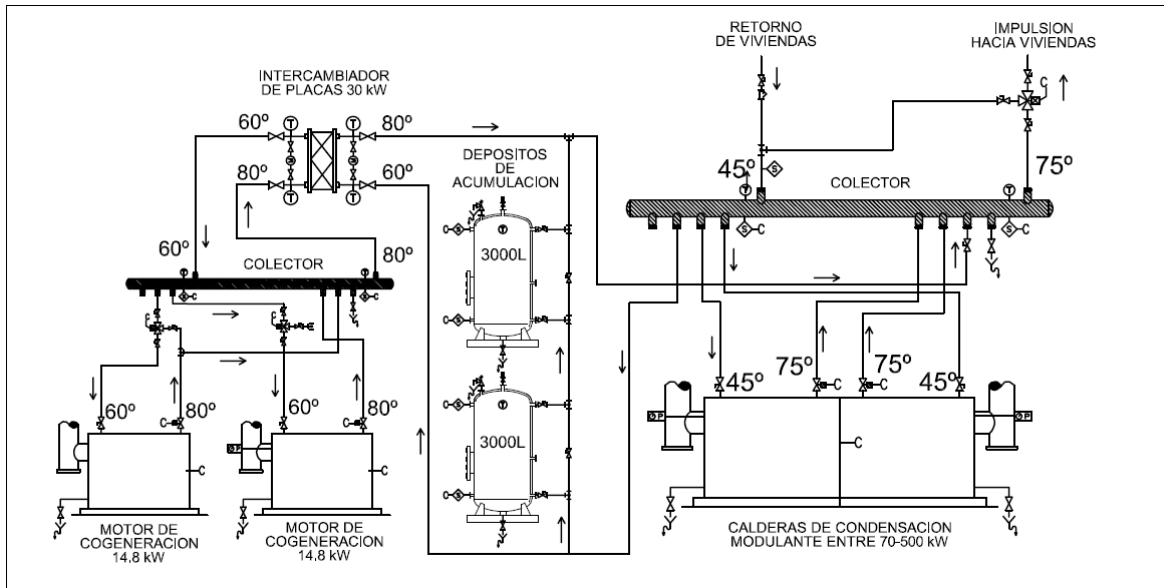


Fig 6. Esquema básico de funcionamiento

La instalación va a ser diseñada para dotar al edificio de la correspondiente producción de calefacción y ACS. Para ello se van a utilizar dos sistemas en paralelo, un sistema basado en microgeneración y un sistema convencional de generación de calor basado en calderas (ver figura 6).

El sistema de microgeneración está compuesto por dos motores de combustión interna de gas de ciclo Otto, de una potencia cada uno de 14,8 KW térmicos, que a la vez que generan calor para la producción de ACS y parte de la demanda de calefacción, impulsan un generador eléctrico acoplado directamente a la red. El calor que generan los dos motores se unifica a través de un colector para transmitirse a dos tubos (impulsión y retorno) por un intercambiador de placas de 30KW que transfiere el agua caliente a la instalación. En caso de que la instalación no requiera la totalidad del agua caliente generado por los motores, esta producción pasará a dos depósitos de inercia de 3000 litros de capacidad cada uno.

Estos sistemas de acumulación energética sirven para disminuir la potencia instalada en cogeneración. Y sobre todo para que los motores estén funcionando el mayor tiempo posible, que es lo que hace rentable la instalación, ya que cuantas más horas de funcionamiento tengan más electricidad generarán y verterán a la red.

El sistema de microgeneración cubre el 111% de la demanda de ACS y el 26% de la demanda térmica total del edificio, por lo que es necesario otro sistema que cubra el resto de la demanda térmica y los picos de la demanda de ACS. Para ello se instala un sistema convencional de generación de calor, compuesto por dos grupos térmicos de alto rendimiento, estos dos grupos térmicos son dos calderas de condensación, de potencia térmica modulante entre 70 y 250 KW térmicos cada uno, alimentados con gas natural. El sistema será un sistema modulante por las variaciones de demanda que se comentan.

Estos dos sistemas llevan su producción de agua caliente a un colector de distribución que a través de tubería doble (impulsión y retorno) distribuye agua a los módulos Termobox instalados en cada vivienda. Para que el sistema sea más eficiente, en esta distribución a dos tubos aparece un control por el que si la temperatura del agua en la tubería de retorno no es igual o inferior a 45 grados, retorna a la tubería de impulsión hacia las viviendas.

Para que el sistema pueda ser basado en microgeneración la instalación tiene que tener una buena eficiencia energética, esto conlleva las siguientes características:

- Trabajo a baja temperatura.
- Las calderas del sistema convencional de generación de calor tenga un alto rendimiento.
- Funcionamiento de motores de microgeneración el mayor número de horas.

Para que esto sea posible, el sistema está gobernado por un autómata MCR50 de la marca Honeywell, que realiza el control y regulación del sistema, para ello se vale de diferentes señales provenientes de elementos como sondas, presostatos, termostatos, señales de las calderas y motores, para actuar sobre las diferentes válvulas y bombas, además de actuar sobre las calderas y los motores. El esquema completo de control se encuentra en el anexo B.

Los módulos Termobox son módulos de intercambio y contabilización de energía, cada uno de ellos va a ir ubicado en el tabique de puerta de acceso de cada vivienda (ver figura 7). Desde dicho módulo partirá el circuito de calefacción y el circuito de ACS de la vivienda.

Para el circuito de ACS este módulo lleva incorporado un intercambiador de placas de acero inoxidable dimensionado para un intercambio térmico de 35 KW con agua de alimentación a 75°C. La superficie de intercambio permite una adecuada producción de agua sanitaria con agua de hasta 60°C, que se produce local e instantáneamente. Dicha temperatura es regulable mediante un dispositivo de modulación electrónica.

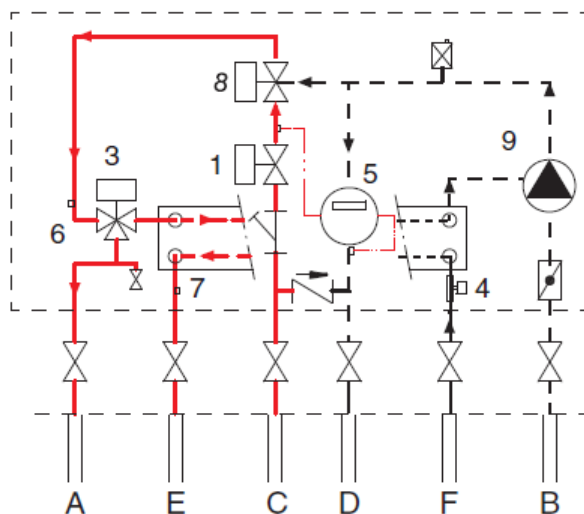


Fig 7. Esquema funcionamiento módulo TERMOBOX MB. Fuente: www.roca-calefaccion.com

La entrada a la vivienda del agua, que proviene del sistema térmico instalado en el edificio, entra por el punto C, este agua es utilizada para la calefacción de la vivienda y pasa a través del módulo hasta llegar al punto A, a partir del cual se alimenta los radiadores de las viviendas. El punto de retorno del agua que proviene de los radiadores es el punto B.

El agua fría entra por el punto F, gracias al intercambiador de placas se produce ACS regulable en temperatura que sale por el punto E hacia la vivienda.

La salida del modulo por parte del agua se produce por el punto D, antes de este punto está situado un contador de energía térmica, indicado por el punto 5 en la figura 7. En este contador se contabilizará la energía térmica consumida, tanto por calefacción como por ACS, de cada vivienda.

Los radiadores que hay en las viviendas, son radiadores de la marca Roca, modelo DUBAL 60 (ver figura 8).

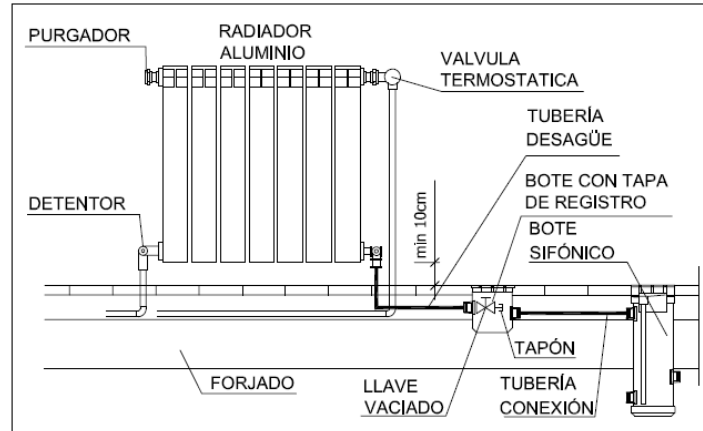


Fig 8. Radiador Roca, modelo DUBAL 60.

Cada elemento emite una potencia térmica de 120,8 W, por lo que se irán montando radiadores con tantos elementos como sean necesarios en cada habitación de la casa.

Con objeto de controlar la temperatura de cada una de las viviendas, se colocará un termostato ambiente en la zona más desfavorable, que será el vestíbulo o pasillo de la vivienda, así como válvulas termostáticas en los radiadores del resto de dependencias (incluido el salón), excepto en pasillos, cuartos de baño y cocina. El termostato actuará sobre la válvula motorizada del módulo de intercambio de energía.

4. CUMPLIMIENTO DEL MARCO LEGAL

Dentro del marco legal que tiene que cumplir un edificio como el que se tiene, este proyecto se va a centrar en los puntos referentes al ahorro energético y al régimen especial.

El marco legal del ahorro energético es muy importante en este tipo de proyectos ya que se está hablando de un sistema que se considera de alta eficiencia energética y por tanto habrá que centrarse en si este sistema realmente produce un ahorro energético dentro de las restricciones legales que se les exige y como de eficiente es realmente.

Por otra parte, hay que ver si un sistema como el indicado es realmente rentable económicamente, ya que un sistema por muy eficiente que sea, si no es rentable económicamente en la vida real no será una opción que se estudiará para una instalación de este tipo. Para ello, como los ingresos que puede dar un sistema como este es la venta de energía eléctrica a la red, es de vital importancia cumplir con el marco legal de los sistemas de régimen especial que permita esta venta y por tanto tener unos ingresos por el funcionamiento del sistema.

Por tanto, los tres puntos en los que se va a centrar este apartado del proyecto serán:

- Certificación energética.
- Ahorro de energía.
- Régimen especial.

4.1. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

La certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva Europea 2002/91/CE, en España el procedimiento para la realización de la certificación se encuentra descrito en el Real Decreto 47/2007.

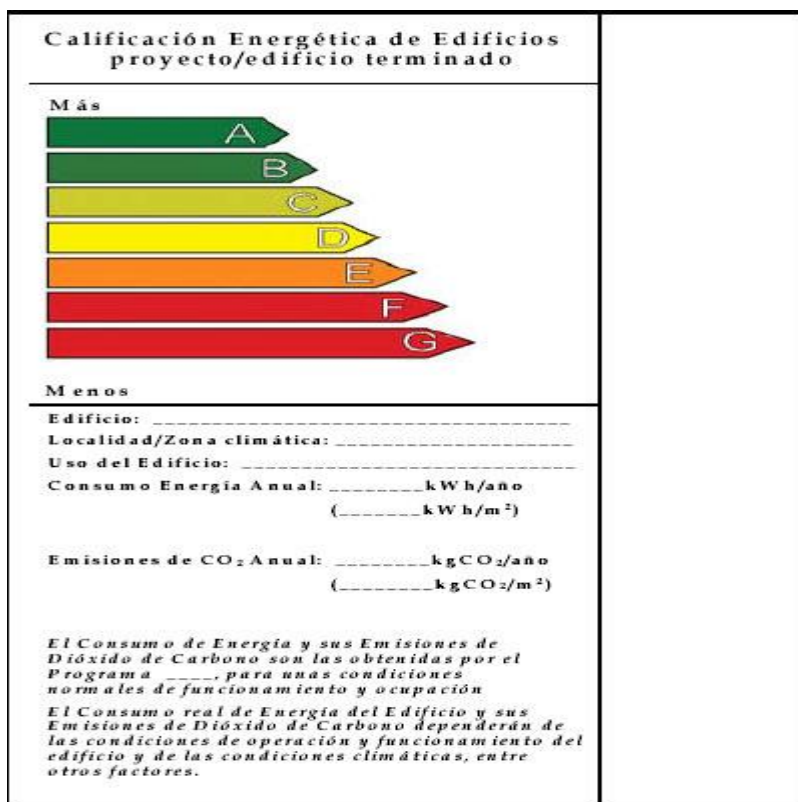


Fig 9. Etiqueta calificación energética de edificios. Fuente: Ministerio de Industria, turismo y comercio

Dicha certificación energética es obligatoria para edificios de nueva construcción [6] y consiste en una etiqueta que asignará a cada edificio una Clase Energética (ver figura 9), que variará desde la clase A, para los edificios energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes. Además tiene que tener como mínimo los siguientes datos:

- Zona climática donde se ubique el edificio. Dicha zona climática es definida en el apartado 4.1.2 de este proyecto.
- Localidad y Uso.

- Referencia al valor numérico del consumo de energía primaria estimado del edificio, expresado en KWh/año, y de emisiones de dióxido de carbono, expresado en kgCO₂/año, así como en ratios por m² de superficie.
- Software con el que se realizaron los cálculos de consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono. Esto se indica en el texto que aparece en la parte inferior de la etiqueta.

Esta etiqueta tiene una validez de 10 años como máximo, siendo el propietario del edificio el responsable de su renovación. Aparte de la renovación, el órgano competente puede realizar inspecciones para la comprobación del cumplimiento de la certificación.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general se realiza a través de un programa informático que simule el comportamiento energético del edificio durante todo el año, cumpliendo con la metodología de cálculo del anexo I de la norma.
- La opción simplificada consiste en el cumplimiento de unas prescripciones que en su conjunto se llama solución técnica.

En el caso de este proyecto se va a realizar la opción general, que como se ha comentado se realiza a través de un programa informático que sea admitido por el Ministerio de Industria, Turismo y Vivienda. Por ello se realiza con el software oficial de referencia promovido por dicho Ministerio, denominado Calener.

Dicho software está disponible para su libre utilización y cuenta con dos versiones:

- Calener VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener GT, para grandes edificios del sector terciario.

En este caso se va a utilizar la versión Calener VYP, al ser el edificio del proyecto un edificio de viviendas. La utilización de este software no entra en el alcance de este proyecto, aunque cabe destacar que la forma de realizar el diseño del edificio para conseguir la calificación energética deseada viene dada por la modificación de los diferentes elementos del sistema que pueden ir mejorando la eficiencia del edificio, como son:

- La modificación de la caldera a utilizar o los motores de microgeneración, eligiendo unos equipos más eficientes.
- Modificación de los cerramientos, que son los elementos constructivos del edificio que lo separa del exterior. Se pueden modificar los materiales de los que están formados los cerramientos para mejorar la transferencia de calor con el exterior.
- Modificación de los acristalamientos.
- Mejora del aislamiento del sistema de tuberías que lleva el sistema de ACS y calefacción del edificio.

La forma de actuar es ir modificando el edificio e ir ejecutando el programa hasta conseguir la calificación deseada con el menor coste posible, el resultado final de la calificación energética del edificio del proyecto se muestra en el anexo I, como se puede comprobar se ha llegado a alcanzar la mayor calificación energética, que es la letra A. En dicho anexo se encuentran todos los datos que tienen que aparecer obligatoriamente en la etiqueta energética y que se han comentado con anterioridad en este apartado.

4.2. AHORRO DE ENERGÍA

En este apartado del proyecto el propósito es la evaluación de los diferentes datos que llevan al cumplimiento de los principales puntos de la normativa sobre ahorro de energía, si se habla de normativa respecto al ahorro de energía, se tiene que hablar del Código Técnico de la Edificación, que se aprobó mediante el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. Más concretamente hay que hablar del documento básico HE, sobre ahorro de energía.

Este Documento Básico (DB) establece reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias de ahorro de energía. Estas exigencias básicas son las siguientes:

- DB-HE1: Limitación de demanda energética.
- DB-HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- DB-HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- DB-HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- DB-HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

El ámbito de aplicación se especifica para cada sección de las que se compone el documento, por tanto se abordará cuando se aborde cada sección.

4.2.1. DB-HE1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

En este apartado se trata de comprobar que la estructura del edificio tenga unas características que no permitan una pérdida importante de energía calorífica y por tanto ayuden a que el edificio consiga tener unas condiciones buenas para la vida diaria sin tener que utilizar demasiada energía para conseguirlo y mantenerlo. Además se comprueba en este apartado temas como el riesgo de aparición de humedades por condensaciones.

4.2.1.1. Ámbito de aplicación

Al ser un edificio de nueva construcción entra dentro del ámbito de aplicación de la sección [7].

4.2.1.2. Procedimiento de Verificación

Se puede optar por dos tipos de procedimientos para la comprobación, el procedimiento simplificado o el procedimiento general. En este caso se va a optar por el procedimiento simplificado al ser un procedimiento más fácil de realizar. Para ello hay que comprobar si se está dentro de las opciones en las que es aplicable este procedimiento. Estas opciones son:

- Ser una obra de edificación nueva con los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 de la sección [8].
- Ser una obra de rehabilitación de edificios existentes.

Al ser una edificación nueva, se pasa a comprobar que se cumplen los requisitos especificados en [8]. En el punto 1 de dicho apartado aparecen las siguientes condiciones:

- Que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie.
- Que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta. Los lucernarios son cualquier tipo de hueco situado en el techo del edificio, como por ejemplo la típica ventana situada en el techo de una buhardilla.

Para la realización de los cálculos necesarios para la comprobación de las condiciones, al igual que el resto de cálculos de este apartado se va a utilizar el software comercial Procedimientos Uno, que está admitido por el CTE. Este software no es objeto de este proyecto, por lo tanto se utilizarán los datos sustraídos de él para justificar el cumplimiento de la norma pero no se explicará su procedencia.

Se puede observar en los cálculos sobre huecos en fachada (ver Tabla 2) que en ninguna de las direcciones pasa del 20%, por tanto cumple con la condición de ser inferior al 60%.

HUECOS EN FACHADAS						
Orientación	Superficie cerramiento (m ²)	Superficie huecos (m ²)	Superficie total (m ²)	Porcentaje fachadas (%)	Porcentaje huecos (%)	HE1
N	759,6	82,2	841,8	20,3	9,8	≤60%
E	959,1	186,8	1.145,8	27,7	16,3	
O	912,5	212,7	1.125,1	27,2	18,9	
S	880,6	148,7	1.029,2	24,8	14,4	
SE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
SO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Tabla 2. Huecos en fachadas

También se comprueba que la superficie de lucernarios en la cubierta del edificio es menos del 5%, al no haber ningún tipo de hueco en la cubierta y por tanto ser de 0% el porcentaje (ver Tabla 3).

LUCERNARIOS				
Superficie cubiertas (m ²)	Superficie lucernarios (m ²)	Superficie total (m ²)	Porcentaje lucernarios (%)	HE1
2.304,6	0,0	2.304,6	0,0	≤5%

Tabla 3. Lucernarios en cubierta

Por tanto se puede realizar la comprobación de la limitación de la demanda energética a través del procedimiento simplificado. El cumplimiento de los límites de esta sección se comprueba a través de una serie de fichas que aparecen en los apéndices [9], como se puede observar estas fichas se tienen que realizar para baja carga interna y para alta carga interna del edificio.

Para los formularios de conformidad son necesarios los límites de la demanda energética del edificio, estos límites son función del clima de la localidad en la que se ubica. Para ver el clima de la localidad se utiliza la zonificación climática, que consiste en la identificación de la zona donde se encuentra el edificio a través de una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. El procedimiento para la determinación de la zonificación climática se recoge en [10].

La zona climática del edificio se obtiene de la tabla D.1 de [10] en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. En este caso la localidad donde se encuentra el edificio es Marchamalo, pueblo cercano a Guadalajara, que es la capital de la provincia. Por tanto se tomará para dicha localidad la misma zona climática que la correspondiente a la capital, que es D3, ya que si la diferencia fuese menor de 200 metros o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se toma la misma zona climática y este es ese caso.

La transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores se extrae de la tabla [11], seleccionando la zona D, que es la zona climática calculada con anterioridad (ver Tabla 4).

TRANSMITANCIAS MÁXIMAS ZONA CLIMÁTICA D	
Cerramientos y particiones interiores	$U_{Máx}(W/m^2 \cdot ^\circ K)$
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno y primer metro de muros en contacto con el terreno.	0,86
Suelos	0,64
Cubiertas	0,49
Vidrios y marcos	3,50
Medianerías	1,00
En edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan unidades de uso con sistema de calefacción previsto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.	1,20

Tabla 4. Transmitancias máximas zona climática D

Los límites de los parámetros característicos medios se extraen de la tabla [12], seleccionando la zona climática D3 (ver Tabla 5).

VALORES LÍMITE ZONA CLIMÁTICA D3	
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,66 \text{ (W/m}^2\cdot\text{°K)}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ (W/m}^2\cdot\text{°K)}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ (W/m}^2\cdot\text{°K)}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

Tabla 5. Valores límites zona climática D3

Por último, de la misma tabla que para los valores límites se extraen los valores límites de los huecos, para ello se selecciona el tanto por ciento de superficie de huecos que se han obtenido en la Tabla 3 (ver Tabla 6).

VALORES LÍMITE HUECOS TABLA 2.2 ZONA CLIMÁTICA D3			
Orientación	$U_{Lim} \text{ (W/m}^2\cdot\text{°K)}$	F_{Hlim} Baja Carga	F_{Hlim} Alta Carga
N	3,50	-	-
E	3,50	-	-
O	3,50	-	-
S	3,50	-	-
SE	3,50	-	-
SO	3,50	-	-

Tabla 6. Valores límites huecos zona climática D3

Para la realización de las fichas justificativas del cálculo de los parámetros característicos medios se va a utilizar de nuevo el software Procedimientos Uno, las fichas justificativas ya calculadas se encuentran en el anexo C.

Una vez se tienen las fichas justificativas de los cálculos de los parámetros y los límites para cada valor se proceden a rellenar los formularios de conformidad [9], que serán los que demuestran de una forma rápida que los valores característicos del edificio están o no dentro de los límites que se exigen.

Los valores U_{\max} corresponden a las transmitancias térmicas máximas de la Tabla 4, mientras que los valores U_{\max} (proyecto) corresponden al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores del proyecto, marcadas en tono amarillo en el anexo C.

Los valores U_{\lim} y F_{\lim} de los elementos muros de fachada, cerramientos en contacto con el terreno, suelos, huecos, cubiertas y lucernarios corresponden a los valores límites de los parámetros característicos medios de la Tabla 5 y Tabla 6, mientras que los valores U_m y F_m corresponden a los parámetros característicos medios obtenidos en el proyecto y marcados en tono rojo en el anexo C. En el caso de la transmitancia de los cerramientos en contacto con el terreno y el factor solar modificado de lucernarios, al no existir estos elementos, serán 0.

En los formularios de conformidad ya completados, que se encuentran en el anexo D del proyecto, se puede comprobar que ningún valor del edificio sobrepasa las condiciones límites de demanda energética.

Por último para que la justificación sea correcta hay que realizar la comprobación de la limitación de condensaciones, hay dos tipos:

- condensaciones superficiales.
- condensaciones intersticiales.

La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{RSI} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{RSI,\min}$. Donde f_{RSI} tiene que ser mayor o igual que $f_{RSI,\min}$.

$f_{RSI,\min}$ se obtiene a partir de la tabla [13]. En función de la zona climática donde se encuentra el edificio y del tipo de espacio, clasificado en [14]. El tipo de espacio va a ser de clase de higrometría 3 o inferior debido a que en esta clase se incluyen los espacios de edificios residenciales como es el caso, en estos espacios se prevé una alta producción de humedad. Por tanto el valor de $f_{RSI,\min}$ es 0,61.

El valor de f_{RSI} se obtiene según la metodología descrita en [15]. Se calculará a partir de la transmisión térmica U , calculada para los distintos elementos en el anexo C mediante la ecuación:

$$f_{RSI} = 1 - U \cdot 0,25 \quad [\text{ec.1}]$$

El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor P_n y la presión de vapor de saturación $P_{\text{sat},n}$ que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas. Donde P_n tiene que ser menor o igual que $P_{\text{sat},n}$ en cada capa.

El cálculo de estas dos variables se realiza para cada cerramiento objeto y para cada capa según [16]. En el caso de este proyecto los cálculos se han realizado a través del software Procedimientos Uno. Los resultados de los datos calculados para los dos tipos de condensaciones se encuentran en el anexo E, en el formulario de conformidad que exige la norma, en ellos se puede comprobar que el edificio cumple con las limitaciones sobre condensaciones.

4.2.2. DB-HE2: EXIGENCIAS DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

En este apartado del documento básico se indica que toda instalación térmica tiene que cumplir con lo indicado en el RITE, que como ya se ha comentado es el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Este proyecto se va a centrar en lo relacionado a la eficiencia energética, por tanto el principal apartado que interesa del reglamento es la instrucción técnica IT 1.2 “Exigencias de eficiencia energética”.

4.2.2.1. *Ámbito de aplicación*

Se consideran instalaciones térmicas a las instalaciones fijas de ventilación, refrigeración y calefacción además de la producción de agua caliente sanitaria. Como el RITE es de aplicación en instalaciones térmicas de edificios de nueva construcción, será aplicable a este edificio.

4.2.2.2. *Exigencias de eficiencia energética*

Para instalaciones cuya potencia térmica en frío o en calor sea mayor que 70 KW, se exige la presentación de un proyecto en el que se incluyan las estimaciones de los consumos de energía mensual y anual, así como las correspondientes emisiones de dióxido de carbono.

En el caso de este proyecto la potencia térmica nominal instalada en generación de calor será mayor de 70KW. Por tanto, se va a empezar por ver las estimaciones de los consumos de energía mensual y anual. Como en la norma indica que la estimación deberá realizarse mediante un método que la buena práctica haya constatado, se van a utilizar los resultados del edificio procedentes de la simulación con el programa de calificación energética del Ministerio de Vivienda, Calener VYP y estos resultados son los siguientes:

- Consumo Calefacción + ACS Anual:

$$C_{anual} = 30,2 \text{ KW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año} = 332.685 \text{ KW} \cdot \text{h/año}$$

- Consumo Calefacción + ACS Mensual:

$$C_{mensual} = 332.685 \text{ KW} \cdot \text{h/año} = 27.723 \text{ KW} \cdot \text{h/mes}$$

La fuente de energía adoptada será gas natural y las emisiones de CO₂ producidas es de:

$$E_{CO_2 \text{ anual}} = 7,5 \text{ Kg } CO_2/m^2 \cdot \text{año} = 82.947 \text{ Kg } CO_2/\text{año}$$

Las emisiones de CO₂ son calculadas a partir de unos coeficientes de paso que da la administración para las distintas fuentes de energía primaria, en este caso al utilizar el software Calener VYP, que es un software que suministra el estado, se supondrá que los coeficientes de paso y su aplicación son correctos.

En la norma también se exige, en los edificios nuevos que dispongan de una instalación térmica y cuya superficie útil total sea mayor que 1.000 m², que en la justificación se incluya la comparación del sistema de producción de energía elegido con otro alternativo, entre ellos el RITE cita:

- Fuentes de energías renovables, como paneles solares y biomasa.
- Producción de energía térmica mediante sistemas de cogeneración.
- Calefacción eléctrica a través de bombas de calor.

En este caso se ha comparado con un sistema de calefacción eléctrica de bombas de calor. Para ello se ha vuelto a realizar la simulación del edificio con el software Calener VYP y con el sistema de calefacción eléctrica, con el siguiente resultado sobre emisiones de CO₂:

- Electricidad → 215.910 Kg de CO₂

El cumplimiento de las exigencias mínimas es satisfecho cuando el sistema proyectado emita anualmente menos cantidad de CO₂ que la instalación con el sistema alternativo, por tanto comparando los dos sistemas se puede comprobar que se cumple con la norma:

- Gas Natural: emisión de 82,9 Toneladas de CO₂.
- Electricidad: emisión de 215,91 Toneladas de CO₂.

Además de esta comprobación que se realiza volviendo a realizar los cálculos con otro tipo de calefacción, también se puede comprobar con el edificio de referencia que aparece en la calificación energética (ver anexo I), este edificio de referencia que aparece en la columna derecha al lado del edificio objeto del proyecto es el mínimo exigido por la norma, en el se puede comprobar que se está muy por debajo de lo exigido, en cuanto a emisiones de CO₂:

- Gas Natural: emisión de 82,9 Toneladas de CO₂.
- Edificio de referencia: emisión de 336,277 Toneladas de CO₂.

Para la correcta justificación de las exigencias de eficiencia energética, además hay que cumplir con las condiciones de los siguientes puntos:

- Exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío.
- Exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío.
- Exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas
- Exigencia de contabilización de consumos.
- Exigencia de recuperación de energía.
- Exigencia de aprovechamiento de energías renovables.
- Exigencia de limitación de la utilización de energía convencional.

4.2.2.2.1. Exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío

Dentro de esta sección hay apartados de frío y de calor, en este proyecto al haber solo generación de calor, solo se tendrán en cuenta los apartados que hablen de calor.

En el apartado [17] se indica que hay que cumplir con los requisitos de rendimiento energético de las calderas de acuerdo con el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero. En él se establece que las calderas entre 4KW y 400 KW de potencia nominal, en este caso se utilizan dos calderas de potencia térmica modulante entre 70 KW y 250KW, tienen que cumplir con un rendimiento energético mínimo a carga nominal y a una carga parcial del 30% [18], a la temperatura media del agua que indique el fabricante, y este rendimiento viene dado por las siguientes expresiones:

- A carga nominal:

$$\text{Rendimiento} \geq 91 + 1 \cdot \log P_n \quad [\text{ec.2}]$$

- A carga parcial del 30%:

$$\text{Rendimiento} \geq 97 + 1 \cdot \log P_n \quad [\text{ec.3}]$$

Debido a ser una caldera modulante se escogerá el valor de 250KW para introducir en las ecuaciones 2 y 3, al ser más restrictivo, por tanto los valores de rendimiento son los siguientes:

- A carga nominal: 93%.
- A carga parcial del 30%: 99,4%.

En el caso de las calderas del proyecto, el valor del rendimiento a carga nominal es del 105% a temperaturas comprendidas entre los 40° y 30° y del 97% a temperaturas entre 75° y 60° (ver figura 10). En cuanto al 30% de la carga nominal, los valores son superiores al 107% en los dos casos, por tanto se cumple con este apartado.

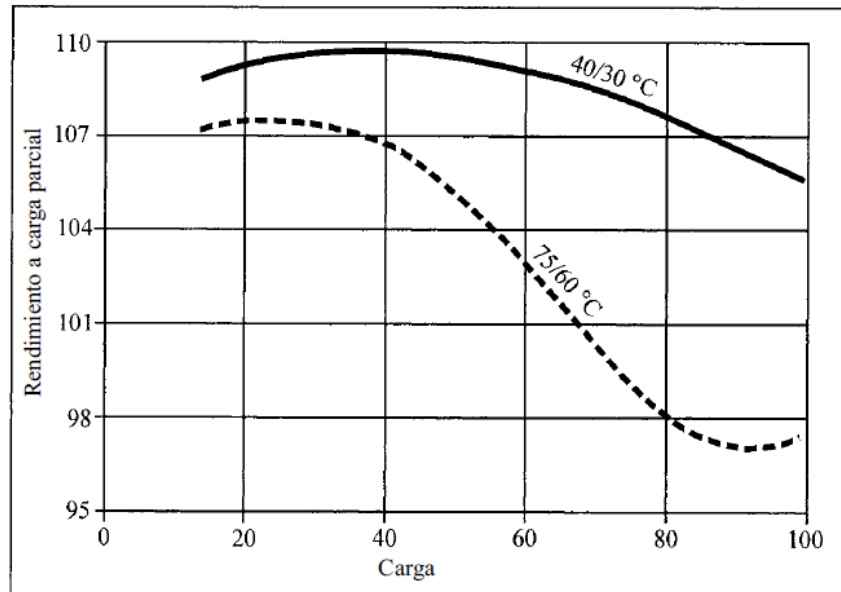


Fig 10. Gráfica del rendimiento de las calderas

Los motores de microgeneración no tienen que cumplir con este requisito de rendimiento, según indica la norma [17], hay una serie de generadores de agua caliente que se excluyen de este requisito, entre los que se encuentran aquellos que recuperan gases residuales, como es el caso de los motores del proyecto.

Otra condición que tiene que cumplir el sistema del proyecto está en el apartado [19], se indica que si la potencia térmica nominal a instalar es mayor a 400 KW se instalarán dos o más generadores. En el caso de este proyecto, los resultados de las cargas térmicas del edificio son calculadas por el software comercial Procedimientos Uno, si se suman las cargas térmicas de cada zona (ver anexo G) se obtiene que la carga térmica total del edificio es de 471.240 W. Debido a esta carga, se instalarán dos grupos térmicos de condensación de gas natural modulante entre 70KW y 250KW, con lo que se cumple que la potencia de calor del sistema sea suficiente para la carga requerida, a la vez que se cumple con la norma.

En el apartado [20] se indica que la regulación de los quemadores alimentados por combustible líquido o gaseoso será en función de la potencia térmica nominal del generador de calor, en el caso de este proyecto se exige que sean de dos marchas o modulante (ver figura 11), como se ha dicho con anterioridad en el apartado 3 del proyecto, son calderas modulantes.

Potencia térmica nominal del generador de calor kW	Regulación
$P \leq 70$	una marcha o modulante
$70 < P \leq 400$	dos marchas o modulante
$400 < P$	tres marchas o modulante

Fig 11. Regulación de quemadores

4.2.2.2.2. *Exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío*

Este apartado exige que todas las tuberías y accesorios de una instalación térmica que contengan fluidos con temperatura mayor de 40° o menor que la temperatura ambiente del local, estén aislados térmicamente si estos se encuentran en locales no calefactados [21]. En el caso de este proyecto, como la temperatura del fluido tanto de impulsión a las viviendas (75°) como de retorno (45°) es superior a 40° y como entre locales no calefactados se incluye las salas de máquinas, es de aplicación en este proyecto.

Los espesores mínimos de aislamiento térmico se encuentran en tablas, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura máxima del fluido en dichas tuberías. Por tanto para este edificio se van a utilizar los espesores de aislamiento remarcados en la tabla de la figura 12 para las tuberías del sistema, ya que la temperatura máxima del agua va a ser de unos 75°, esta tabla es la tabla de la norma [21] para fluidos calientes que discurren por el interior del edificio, que es el caso de este edificio ya que la sala de máquinas se encuentra en la planta ático del edificio.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Fig 12. Espesores mínimos de aislamientos (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior del edificio

Las redes de tuberías de retorno tendrán el mismo espesor de aislamiento que las de impulsión. Sin embargo las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, en este caso redes de ACS, tendrán espesores térmicos de aislamiento como los indicados en la figura 12 aumentados en 5mm, por exigencias de la norma [21].

Por último los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de red como válvulas, filtros...serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados. En el caso de los depósitos de inercia, el aislamiento también debería ser el mismo, aunque en este caso es mayor, al ser el punto del sistema donde se requiere que se pierda menos calor.

Según el apartado [22] las caídas de presión máximas admisibles son las de la figura siguiente:

Baterías de calentamiento	40	Pa
Baterías de refrigeración en seco	60	Pa
Baterías de refrigeración y deshumectación	120	Pa
Recuperadores de calor	80 a 120	Pa
Atenuadores acústicos	60	Pa
Unidades terminales de aire	40	Pa
Elementos de difusión de aire	40 a 200	Pa dependiendo del tipo de difusor
Rejillas de retorno de aire	20	Pa
Secciones de filtración		Menor que la caída de presión admitida por el fabricante, según tipo de filtro

Fig 13. Caídas de presión en componentes

Según el apartado [23], para cada uno de los circuitos que componen el sistema, se debe calcular la potencia específica de transporte, que se define por la siguiente ecuación:

$$W_{esp} = P_{abs}/Q_{fluido} \quad [W/(m^3/s)] \quad [ec.4]$$

Donde:

- P_{abs} : Potencia absorbida por el motor [W]. Para los grupos térmicos proyectados, la potencia máxima es 250.000 W, como se indicó en el apartado 3 del proyecto.
- Q_{fluido} : Caudal del fluido transportado [m^3/s]. Cuyo valor remarcado en verde en su hoja de características es $21,5 m^3/h$ (ver anexo F), que pasado a las unidades de la ecuación 4 son $77.400 m^3/s$.

Con estos datos se obtiene un valor de $3,23 W/(m^3/s)$. A partir de la potencia específica de transporte calculada se puede indicar, que la categoría a la que pertenece el sistema de bombeo del fluido, dentro de las que aparecen en la tabla del apartado [23], es una categoría SFP 1.

4.2.2.2.3. Exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas

En el apartado [24] se exige que la instalación esté dotada de los sistemas de control automático necesario para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas, ajustando el consumo de energía a las variaciones de la carga térmica. En el sistema del proyecto hay un sistema de control gestionado por un autómata MCR50 de la marca Honeywell, este control es programado por la empresa suministradora del equipo y ellos aseguran la conformidad con la norma. Al igual que el control de la calidad de aire interior [25] y el control de la instalación de ACS [26].

También se indica que los sistemas formados por diferentes subsistemas, como es el caso ya que el sistema está formado por diferentes subsistemas que son las viviendas, deben tener dispositivos para dejar fuera de servicio cada uno de estos dependiendo de su ocupación, sin que esto afecte al sistema. Esto se puede asegurar ya que cada vivienda tiene un módulo Termobox independiente que puede dejar sin servicio la vivienda sin afectar al sistema, como ya se explicó en el apartado 3 del proyecto.

Según el apartado [27] los sistemas de climatización tienen que controlar el ambiente interior desde el punto de vista termo-higrométrico, las exigencias de la norma están clasificadas según categorías en la tabla del apartado de acuerdo con las capacidades del sistema para controlar la temperatura y la humedad. En el caso de este sistema, la categoría es THM-C1 donde se exige el siguiente equipamiento mínimo:

- Variación de la temperatura de las tuberías en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica. Para ello y con el objetivo de controlar la temperatura de cada una de las viviendas, se colocará un termostato ambiente en la dependencia más desfavorable, es decir más fría, que será el salón. Este sistema de control de temperatura, permite graduar la temperatura de cada una de las viviendas del edificio a efectos térmicos, de una forma totalmente independiente.
- Se instalará una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de las principales partes de la casa, es decir, sala de estar, comedor, dormitorios, etc. Requisito que cumple el edificio del proyecto ya que cada radiador de cada casa tiene su propia válvula termostática.

4.2.2.2.4. Exigencia de contabilización de consumos

Para este tipo de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 KW, que es el caso de este proyecto, se exigen sistemas de medición que registren de forma separada el consumo de combustible y energía eléctrica que tiene la instalación térmica respecto al consumo total del edificio por el resto de usos que se le da [28].

En el caso de este edificio se instalará un módulo de contabilización de energía por vivienda de modo que el contador de energía térmica dispuesto en el circuito primario registrará el consumo individual de cada usuario. El consumo de gas natural de la instalación colectiva de calefacción y agua caliente sanitaria se contabilizará en el contador dispuesto en el armario de regulación y medida.

Además el sistema tiene contadores de energía generada a la salida de los motores de microgeneración y en el sistema de tuberías de impulsión y retorno a viviendas, por lo que se puede saber con exactitud que parte de la energía térmica viene dada por la microgeneración y que otra parte la proporciona el sistema convencional de calderas.

El punto 5 de [28] exige la contabilización de horas de funcionamiento de los dispositivos con potencias térmicas mayores de 70 KW, en este caso las calderas tienen en el cuadro de control un contador de horas de funcionamiento.

4.2.2.2.5. Exigencia de recuperación de energía

En esta sección de la norma los únicos apartados que afectan al proyecto son:

- Estratificación [29].
- Zonificación [30].

Para el apartado de estratificación, todas las dependencias de las viviendas tienen una altura de 2,5 metros, altura en la que no se prevé que se produzca estratificación.

Respecto a la zonificación en la norma solo se especifica que se realice para optimizar el ahorro de energía a la vez que se da un elevado bienestar, en este caso, una vez obtenida la carga térmica de cada sistema se ha procedido a la selección de los emisores de cada dependencia. Debido al cumplimiento del DB-HS3, que no entra dentro del alcance del proyecto, el resultado del número de emisores a instalar en baños y cocinas es elevado debido a que en estas dependencias es donde se instalan las aberturas de extracción de la vivienda. Por ello, a criterio del proyectista se hace un reparto proporcional de la carga térmica total de cada vivienda de forma que en vez de distribuir la potencia térmica en baños y cocinas donde rápidamente se perderá, se favorece a los locales vivideros como son dormitorios y salón instalando en éstos más potencia, y suponiendo el flujo de aire de ventilación siempre desde estas estancias hacia baños y cocinas.

4.2.2.2.6. Exigencia de aprovechamiento de energías renovables

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumplirá con la exigencia fijada en la sección DB-HE 4 del CTE que se explicará más adelante, en el apartado 4.4 del proyecto.

4.2.2.2.7. Exigencia de limitación de la utilización de energía convencional

Este apartado indica que hay una limitación de la utilización de energía eléctrica directa por “efecto Joule” para la producción de calor [31]. Este edificio utilizará como energía el gas natural como se ha indicado en el apartado 3 del proyecto, por lo que no existirá efecto Joule.

Otra limitación es sobre los locales no habitables del edificio, aunque en este caso no es aplicable al no climatizarse estas zonas.

4.2.2.3. Otras exigencias

Como se ha comentado en el apartado 4.2.2, el proyecto se ha centrado en las exigencias sobre eficiencia energética del RITE, pero además de estas exigencias, en el momento del diseño del proyecto es necesario cumplir con el resto de exigencias indicadas en las instrucciones técnicas IT.1 sobre diseño y dimensionamiento [32]. Al no ser un punto en el que se centra el proyecto se han creado unas tablas resúmenes de dichas exigencias:

- Exigencias de bienestar e higiene:

		APLICABILIDAD	CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
CALIDAD DEL AMBIENTE TÉRMICO	Temperatura operativa y humedad relativa	✓	✓	Se supone su cumplimiento al ser un edificio de viviendas y no para otro uso como podría ser un gimnasio
	Velocidad media del aire	×	☐	Por ser un sistema de radiadores
CALIDAD DEL AIRE INTERIOR		✓	✓	En los edificios de viviendas se considera válido sin ningún tipo de cálculo
HIGIENE	Prevención y control de legionela	✓	✓	Cumple por tener una generación de ACS instantánea a través de los módulos Terbox de las viviendas
CALIDAD DEL AMBIENTE ACÚSTICO	Cumplimiento del DB-HR	✓	✓	DB-HR: documento básico sobre protección frente al ruido del CTE

Tabla 7. Exigencias de Bienestar e Higiene.

- Exigencias de seguridad:

		APLICABILIDAD	CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
GENERACION DE CALOR Y FRIO	Condiciones generales de las calderas	✓	✓	Modelo homologado por el Ministerio de Industria y Energía
	Sala de Máquinas	✓	✓	Cumplimiento de las exigencias DB-SI1 del CTE y otras condiciones explicadas en el IT1.3.4.1.2 del RITE
	Chimeneas	✓	✓	Cumplimiento de condiciones de la norma sobre evacuación de productos de la combustión
REDES DE TUBERIAS Y CONDUCTOS	Alimentación	✓	✓	Cumplimientos de indicaciones del apartado IT1.3.4.2.2 del RITE
	Vaciado y purga	✓	✓	Diseño para poder realizar vaciado de forma parcial y total, además de otras exigencias del apartado IT1.3.4.2.3
	Expansión	✓	✓	Valido el diseño indicados en el apartado 9 de la norma UNE 100155
	Circuitos cerrados	✓	✓	Valido el diseño indicado en el apartado 7 de la norma UNE 10055
	Dilatación	✓	✓	Valido el diseño de la norma UNE 100156
	Golpe de ariete	✓	✓	Cumplimiento de los tres puntos del apartado IT 1.3.4.2.7 del RITE
	Filtración	✓	✓	Cumplimiento de los tres puntos del apartado IT 1.3.4.2.8 del RITE
	Tuberías de circuitos frigoríficos	×		No aplicable por no existir en el sistema
	Conductos de aire	×		No aplicable por no existir en el sistema

		APLICABILIDAD	CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
PROTECCION CONTRA INCENDIOS		✓	✓	Se cumplirá la reglamentación vigente contra incendios de aplicación en instalaciones térmicas
SEGURIDAD DE UTILIZACION	Superficies calientes	✓	✓	Ninguna superficie con posibilidad de contacto accidental superará los 60 ⁰ o estarán adecuadamente protegidas
	Partes móviles	✓	✓	El material aislante no podrá interferir con partes móviles de los componentes del sistema
	Accesibilidad	✓	✓	Cumplimiento de los siete puntos del apartado IT 1.3.4.4.3 del RITE
	Señalización	✓	✓	Cumplimiento de los tres puntos del apartado IT 1.3.4.4.4 del RITE
	Medición	✓	✓	Cumplimiento de los seis puntos del apartado IT 1.3.4.4.5 del RITE

Tabla 8. Exigencias de Seguridad.

4.2.3. DB-HE3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

En este apartado se indican condiciones para que se realice una eficiente iluminación de las zonas comunes del edificio, debido a que este proyecto está enfocando a la eficiencia energética del sistema de agua caliente sanitaria y calefacción, este apartado no entra dentro del alcance del proyecto y por tanto no se desarrollará.

4.2.4. DB-HE4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

En este apartado de la norma se indica que para edificios con demanda de agua caliente sanitaria, como es el caso de este proyecto, parte de esta demanda tiene que ser cubierta por sistemas de captación de energía solar.

4.2.4.1. Ámbito de aplicación

Esta sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscinas cubiertas, por tanto, al ser el edificio del proyecto un edificio de nueva construcción y con una demanda de agua caliente sanitaria esta sección es de obligado cumplimiento.

4.2.4.2. Procedimiento de verificación

La secuencia que se debe seguir es la siguiente:

- Obtención de la contribución solar mínima.
- Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionamiento.
- Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento.

La contribución solar mínima es la fracción entre los valores anuales de la energía solar exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. Se consideran dos tipos de casos para la obtención de la contribución solar mínima, estos casos son:

- General: suponiendo que la fuente de energía de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural y otras.
- Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

El caso de este proyecto es el caso general, por tanto el valor de la contribución solar mínima se sacará de la Tabla 2.1 de la sección [33]. Los datos de entrada a la tabla serán la zona climática y el nivel de demanda de agua caliente sanitaria.

Para ver la zona climática correspondiente, que no es la misma que la obtenida anteriormente para otras secciones, hay que ir a la Figura 3.1 de la sección [34], en esta figura se puede observar que Guadalajara corresponde a la zona climática IV, por tanto Marchamalo, que se encuentra muy próximo a Guadalajara y que es la localidad donde se encuentra el edificio, también será de la zona climática IV.

El nivel de demanda de agua caliente sanitaria se obtiene a partir de [35], se tomarán los valores unitarios de demanda que aparecen en la tabla [36], en el caso de este edificio, se tomará el criterio de viviendas multifamiliares, por tanto el nivel de demanda será 22 litros por persona y día. Para ver el número de personas por vivienda se debe tomar como valores mínimos los de la figura 14.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Fig 14. Número mínimo de personas por vivienda

Al ser un edificio con 69 viviendas con hasta un total de 24 tipos diferentes, se va a realizar la media del número de dormitorios por viviendas, para ello se va a desglosar el número de dormitorios de cada vivienda en la tabla 9.

DORMITORIOS POR VIVIENAS			
TIPO CASA	Nº DORMITORIOS	Nº CASAS	Nº DE DORMITORIOS POR TIPO
1	2	2	4
2	2	2	4
3	2	4	8
4	2	2	4
5	2	6	12
6	2	6	12
7	2	2	4
8	1	2	2
9	2	8	16
10	2	8	16
11	2	4	8
12	2	4	8
13	2	2	4
14	2	4	8
15	2	1	2
16	2	2	4
17	2	1	2
18	2	1	2
19	2	2	4
20	2	1	2
21	2	1	2
22	1	1	1
23	2	1	2
24	2	2	4

Tabla 9. Número de dormitorios por tipo de vivienda

La media del número de dormitorios por viviendas, vendrá definida por la siguiente ecuación:

$$N_{dormitorios_{media}} = N_{dormitorios} / N_{viviendas} \quad [ec.5]$$

Donde:

- $N_{dormitorios}$: Número total de dormitorios del edificio. El número total de dormitorios en el edificio es la suma aritmética de la última columna de la tabla 9, cuyo valor es 135.

- $N_{viviendas}$: Número de viviendas del edificio. Como se ha comentado con anterioridad, son 69 viviendas.

El valor medio de los dormitorios por vivienda es 1,95, aproximadamente 2, con este dato se entra en la figura 14 y se extrae que el número de personas por vivienda será 3. Con todos estos datos se puede sacar el consumo diario total del edificio, a través de la siguiente ecuación:

$$ACS = L \cdot P \cdot V \text{ [litros/día]} \quad [\text{ec.6}]$$

Donde:

- L: Litros por persona. Se ha calculado anteriormente, a través de la tabla [36] y son 22 litros por persona y día.
- P: Personas por vivienda. Se acaba de calcular y su valor es 3.
- V: Viviendas. Viviendas que componen el edificio. Hay 69 viviendas en el edificio.

Por tanto el valor de la demanda de ACS diaria del edificio es 4.554 l/día.

Con este valor de ACS y la zona climática IV donde se encuentra el edificio se entra en la tabla 2.1 de [33] y se extrae que el nivel de contribución solar mínima que se le exige a este edificio es un 60% de la demanda de ACS.

En el edificio objeto del proyecto, con la instalación de dos unidades de cogeneración de 14,8 KW térmicos y 5,5 KW eléctricos, se genera un calor disipado del proceso de cogeneración que se recoge en dos depósitos de inercia de 3.000 litros cada uno, como se indica en el apartado 3 del proyecto. Para obtener la generación térmica anual utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{t_mot} = N_{gen} \cdot P_{t_gen} \cdot h_{eq} \text{ [KWh/año]} \quad [\text{ec.7}]$$

Donde:

- N_{gen} : Número de motores de cogeneración. El sistema en estudio es con 2 motores.
- P_{t_gen} : Potencia térmica suministrada por un motor. Teniendo en cuenta que los motores del sistema son motores G5.5 de condensación, su valor es 14.8 KW (ver anexo H).

- h_{eq} : Número de horas de funcionamiento. Para obtener un máximo beneficio económico, los equipos deben funcionar sin paradas ni arrancadas el máximo número de horas posibles. Por ello se instalará suficiente volumen de inercia en la instalación para que se cumpla esta condición aún cuando no exista demanda térmica. En estas condiciones y gracias a la experiencia con sistemas similares se ha supuesto que se lograrán las 6000 horas de funcionamiento al año.

Por tanto el valor de la generación térmica anual del edificio es 177.600 KWh/año.

Para poder comparar la generación térmica del sistema de cogeneración y la demanda de ACS, con el objetivo de comprobar que el sistema cubre el 60% de la demanda, se debe pasar este último dato a unidades de KWh/año. Para ello se realiza una simulación con el software Calener VYP, donde se desglosa el consumo total diario en consumos horarios (ver figura 15), para obtener con la mayor precisión el consumo energético.

Además se consideran unas pérdidas del 5% en la red de distribución.

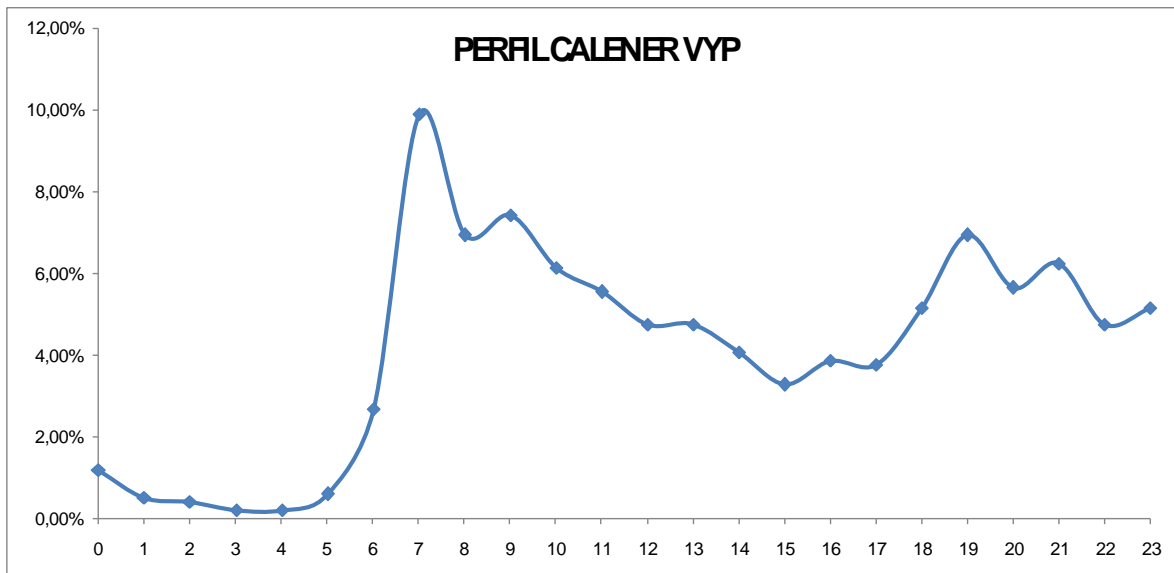


Fig 15. Perfil de consumo de ACS de CALENDER VYP

Con estos datos se obtiene una demanda de ACS anual de 160.494 KWh/año.

Con una sencilla regla de tres se obtiene que la generación térmica cubre el 111% de la demanda de ACS del edificio, por tanto se cumple con la obligación de cubrir el 60% que exige la sección DB-HE4.

Al cumplir con la exigencia de contribución solar mínima a través de un sistema de cogeneración, los apartados 2 y 3 del proceso de verificación, que se recuerdan que son:

- Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionamiento.
- Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento.

No van a ser evaluados, al ser estas condiciones referidas a instalaciones solares térmicas y no marca ninguna pauta sobre los sistemas de cogeneración.

4.2.5. DB-HE5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En este apartado se exige, para una serie de edificios con unos usos determinados, incorporen sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.

4.2.5.1. Ámbito de aplicación

En el punto 1.1 de [37] se indican los edificios que tienen que incorporar los sistemas de captación y transformación de energía solar mencionados, estos edificios se encuentran en la tabla 1.1 de [37]. Si los edificios son creados para uno de los usos de la tabla y superan los límites de aplicación de la columna de la derecha de dicha tabla se verán obligados a la incorporación de los sistemas mencionados.

El uso que se le va a dar al edificio del proyecto, va a ser un edificio residencial, no se encuentra entre los usos indicados en la tabla, por tanto este edificio no se someterá a las indicaciones de esta sección del documento básico de ahorro de energía.

4.3. RÉGIMEN ESPECIAL

Una de las ventajas de este tipo de sistemas es la posibilidad de ingresos gracias a la venta de energía eléctrica, por ello una de las condiciones más imprescindibles de este tipo de proyectos, es entrar dentro de las condiciones de régimen especial que marca la legislación ya que el precio de la venta de energía en este tipo de régimen es mucho mayor que en régimen ordinario.

Como se ha comentado con anterioridad, la actividad de producción de electricidad en régimen especial está regulada por el Real Decreto 661/2007. Dentro del régimen especial, la microgeneración entra dentro del grupo a.1 de dicho Real Decreto: “Instalaciones que incluyan una central de cogeneración siempre que supongan un alto rendimiento energético y satisfagan los requisitos que se determinan en el anexo I” [4].

Por tanto, para entrar dentro del régimen especial hay que cumplir los requisitos del anexo I del Real Decreto. El requisito que exige es que el llamado REE, rendimiento eléctrico equivalente, sea igual o superior al marcado en la tabla del anexo [38]. En este caso, el tipo de combustible es gas natural en motores térmicos, por tanto el REE tiene que ser igual o mayor al 55%.

El REE viene dado por la siguiente expresión:

$$REE = \frac{E}{Q - \left(\frac{V}{Ref H}\right)} [\%] \quad [ec.8]$$

Donde:

- E: Energía eléctrica generada.
- Q: Consumo de energía primaria.
- V: Producción de energía térmica útil.
- Ref H: Valor de referencia del rendimiento para la producción separada de calor.

Todas las variables a introducir en la ecuación 8 son valores anuales, que se pasan a calcular en las siguientes expresiones.

La producción anual de electricidad viene dada por la siguiente expresión:

$$E = N_{gen} \cdot h_{eq} \cdot P_{e_gen} [KWh] \quad [ec.9]$$

Donde:

- N_{gen} : Número de motores de microgeneración. El sistema en estudio es con 2 motores.
- h_{eq} : Número de horas equivalentes al año. Como se ha indicado en el apartado 4.2.4.2 es de 6000 horas anuales.
- P_{e_gen} : Potencia eléctrica generada por un motor. Teniendo en cuenta que los motores del sistema son motores G5.5 de condensación, su valor es 5.5 KW (ver anexo H).

Por tanto el valor de la producción anual de electricidad es 66.000 KWh (ec.9).

Para el consumo de energía primaria se indica que tiene que ser medido por el poder calorífico inferior de los combustibles utilizados, por tanto su valor es igual al consumo de gas del sistema, que viene dado por las potencias generadas de cada equipo partido de su rendimiento, como se indica en la siguiente expresión:

$$Q = \frac{P_{t_gen}}{\eta_{motores}} + \frac{P_{caldera}}{\eta_{caldera_sin\ con}} [KWh] \quad [ec.10]$$

Donde:

- P_{t_gen} : Potencia térmica suministrada por los motores de microgeneración. La potencia suministrada por los motores es 177.600 KWh, como ya se indicó en apartado 4.2.4.2 del proyecto.
- $\eta_{motores}$: Rendimiento de los motores. Los motores de microgeneración G5.5 de condensación tienen un rendimiento térmico del 72% (ver anexo H).
- $P_{caldera}$: Potencia térmica suministrada por la caldera.
- $\eta_{caldera_sincon}$: Rendimiento de la caldera sin tener en cuenta la condensación.

Debido a que la demanda se cubrirá primeramente con la potencia de los motores de microgeneración y el resto de la demanda que no pueda ser cubierta por ellos la cubrirán las calderas de condensación, la potencia térmica suministrada por la caldera será la demanda térmica del edificio menos la potencia suministrada por los motores.

La demanda térmica de calefacción del edificio se estima en 514.602 KWh, este dato viene dado por la simulación del edificio a través del software Procedimientos Uno, que no se encuentra dentro del alcance del proyecto. La demanda de ACS por su parte es de 160.494 KWh como ya se ha comentado con anterioridad (véase apartado 4.2.4.2). Por tanto, la demanda será la suma de las dos, cuyo valor es 675.096 KWh.

Como la potencia que suministran los motores es 177.600KWh, la potencia suministrada por la caldera será 497.496 KWh.

Respecto al rendimiento de la caldera, no se puede tomar el rendimiento que aparece en el anexo F, ya que en este rendimiento está la capacidad de condensación de la caldera y se necesita el rendimiento sin esta capacidad para realmente estar midiendo el poder calorífico inferior del gas. Dentro de la información técnica que da el fabricante de este tipo de calderas [39], se indica que con la condensación se puede conseguir entre un 10 y un 15% de ahorro de combustible. Si el rendimiento con condensación será de 106%, el menor rendimiento, y por tanto el más restrictivo, será de un 91%.

Con todos estos datos, el valor del consumo de energía primaria del sistema es 793.365 KWh (ec.10).

La producción de energía térmica útil (V) es igual a la demanda térmica del edificio, que ya ha sido calculada y tiene un valor de 675.096 KWh.

El valor de referencia del rendimiento (Ref H) viene publicado en el anexo II de la Decisión de la Comisión de 21 de diciembre 2006 y tiene un valor de 0,90.

Por tanto el valor del REE es de 1,52 (ec.8). Este valor de REE es mucho mayor que el 0,55 que exige la normativa, por tanto entra dentro del régimen especial y podrá vender energía eléctrica en las condiciones reguladas para este tipo de régimen.

5. ESTUDIO ECONOMICO

Además de analizar la viabilidad legal del proyecto y de estimar lo energéticamente eficiente que es el edificio en estudio, un factor muy importante es lo económicamente rentable que puede llegar a ser este tipo de sistema. Por ello se va a realizar un estudio económico de este sistema.

Se van a plantear tres estudios diferentes:

- Comparativa de los valores económicos que se tienen con la introducción en el sistema de los motores de microgeneración y el sistema si solo estuviera basado en las calderas de condensación que existen en el sistema.
- Comparativa para ver cuántos motores de microgeneración son la opción más rentable.
- Comparativa del sistema instalado en el proyecto con un sistema solar térmico.

5.1. COMPARATIVA CON SISTEMA CONVENCIONAL

Para este estudio, como las predicciones que se pueden realizar son muy diversas debido a que hay varios factores que pueden alterar el estudio económico, se van a plantear 3 escenarios posibles:

- Escenario A: Se va a suponer valores acordes al tiempo de crisis que se están viviendo, con una evolución de los diferentes factores desfavorable para el tipo de sistema creado.
- Escenario B: Se va a suponer un escenario positivo donde los diferentes factores se estabilicen en unos valores que ayuden al desarrollo de estos sistemas.
- Escenario C: Se va a suponer una variación de los factores con una evolución media de los últimos años, a partir del 2004 hasta el año 2010, donde se intenta reflejar un escenario intermedio entre los escenarios A y B.

5.1.1. POTENCIAS CONSUMIDAS

Empezando por el caso más simple de los dos supuestos, es decir, cubriendo la demanda solo con las calderas de condensación el valor viene dado por la siguiente expresión:

$$P_{\text{sin_cog}} = \frac{P_{\text{demanda}}}{\eta_{\text{caldera}}} [KWh] \quad [\text{ec.11}]$$

Donde:

- $P_{\text{demandada}}$: Potencia demandada por el edificio. Como se ha comentado en el apartado 4.3 su valor es 675.096 KWh.
- η_{caldera} : Rendimiento de las calderas. La calderas de condensación del sistema son dos calderas SGB 250 C, que tienen un rendimiento del 106% a la temperatura de trabajo, que es de 75/60° (ver anexo F).

Por tanto el valor de la potencia consumida por el edificio con un sistema de calderas de condensación es de 636.883 KWh (ec.11).

Si se aplica la misma lógica para el sistema que hay en el edificio, motores de microgeneración apoyados por calderas de condensación, la demanda se cubrirá primeramente con la potencia de los motores de microgeneración y el resto de la demanda que no pueda ser cubierta por ellos, la cubrirán las calderas de condensación. Por tanto la potencia consumida con cogeneración viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{\text{con_cog}} = \frac{P_{t_gen}}{\eta_{\text{motores}}} + \frac{P_{\text{calderas}}}{\eta_{\text{caldera}}} [KWh] \quad [\text{ec.12}]$$

Donde:

- P_{t_gen} : Potencia térmica suministrada por los motores de microgeneración. La potencia suministrada por los motores es 177.600 KWh, como ya se indicó en apartado 4.2.4.2 del proyecto.
- P_{caldera} : Potencia térmica suministrada por la caldera. Su valor es de 497.496 KWh, como se comentó en el apartado 4.3 de este proyecto.
- η_{motores} : Rendimiento de los motores. Los motores de microgeneración G5.5 de condensación tienen un rendimiento térmico del 72% (ver anexo H).
- η_{caldera} : Rendimiento de las calderas. La calderas de condensación del sistema son dos calderas SGB 250 C, que tienen un rendimiento del 106% a la temperatura de trabajo, que es de 75/60° (ver anexo F).

Por tanto el valor de la potencia consumida por el edificio en el caso de un sistema con microgeneración es de 716.002 KWh (ec.12).

5.1.2. COSTES DE LA INSTALACIÓN

Debido a que el estudio económico se refiere a la comparación de dos sistemas, los costes vienen dados por la diferencia entre un sistema y otro, por tanto los costes típicos de una instalación energética que son costes de adquisición, de combustible y de mantenimiento, realmente van a ser:

- Costes de adquisición: en este caso va a ser el coste de la adquisición, instalación y puesta en marcha de los motores de microgeneración, que es la diferencia entre los dos sistemas, ya que las calderas de condensación se encuentran en las dos opciones.
- Costes de combustible: va a ser el coste de la diferencia entre el consumo de gas de los dos sistemas.
- Costes de mantenimiento: va a ser el coste del mantenimiento de los motores.

5.1.3. COSTES DE ADQUISICIÓN

Como se ha comentado en el anterior apartado, como coste de adquisición se tomará todo lo relacionado con la parte del sistema basado en microgeneración, estos costes se pueden dividir en:

- Presupuesto de materiales.
- Instalación.
- Puesta en marcha.

El presupuesto de los materiales se ha realizado de forma genérica introduciendo en el los elementos más importantes que componen el sistema de microgeneración dando un precio final de 49.714 € (véase tabla 10).

Para la instalación y puesta en marcha se ha tenido en cuenta la experiencia en anteriores sistemas del mismo tipo, realizando unas estimaciones de costes de 4.000 € y 700 € respectivamente.

Por tanto, el coste de adquisición del sistema de microgeneración con dos motores es de 54.414 €.

UDS	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
2	MOTORES Motores de microgeneración de 14,8KW térmicos	18.000 €	36.000 €
2	DEPOSITO DE INERCIA Deposito de inercia de 3000 litros	3.950 €	7.900 €
1	INTERCAMBIADOR Intercambiador de calor de 19 placas	941 €	941 €
4	BOMBAS UPE 25-40 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 645 l/h	211 €	844 €
4	BOMBAS UPE 15/60 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 1290 l/h	250 €	1.000 €
1	VASO EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 425 litros de capacidad	900 €	900 €
1	CONJUNTO REGULACION Conjunto de regulación formado por dos controladores MCR50	2.129 €	2.129 €
		TOTAL	49.714 €

Tabla 10. Presupuesto de sistema de microgeneración con dos motores.

5.1.4. COSTES DE COMBUSTIBLE

Para ver el precio actual del gas natural se ha buscado en la página de Gas Natural Fenosa [40], la tarifa que está acorde al gasto anual de gas natural del edificio en los dos casos corresponde a la tarifa Supra Prima. Esta tarifa engloba los consumos superiores a 100.000 KWh e inferiores o iguales a 1 GWh. Con un precio de 4,37260 c€/KWh.

Al tener la potencia consumida de las dos opciones (véase apartado 5.1.1), para el primer año los costes de combustibles serán:

- Sistema con microgeneración: 31.278 €.
- Sistema sin microgeneración: 27.848 €.

Para los siguientes años se ha tenido en cuenta que el precio del gas puede ir incrementando, por tanto el coste de combustible del año n viene dado por la siguiente expresión:

$$Ccomb_n = Ccomb \cdot (1 + inc)^n \text{ [€]} \quad \text{[ec.13]}$$

Donde:

- Ccomb: coste del combustible del primer año.
- inc: porcentaje de incremento del precio del gas naturas al año.
- n: año en el que se está realizando el cálculo.

Para ver el incremento que puede tener el precio del gas, se ha ido viendo la evolución que ha tenido en los últimos años el precio máximo de la tarifa variable. Estos datos se han sacado de las ordenes ITC de los distintos años (ver tabla 11).

AÑO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PRECIO	0,02365	0,02575	0,02495	0,02951	0,0322	0,0328	0,03367

Tabla 11. Precio máximo de tarifa variable de gas natural

Realizando una sencilla regla de tres, se puede ir sacando el tanto por ciento de incremento que ha habido cada año (ver tabla 12).

%INCREMENTO	8,88	-3,11	18,30	9,10	1,86	2,65
-------------	------	-------	-------	------	------	------

Tabla 12. Incremento del precio del gas natural

También se tiene que considerar los movimientos del precio del gas de este año (2011), que por el momento es de un aumento del 10%. Por último se realiza la media de todos los incrementos, incluido el incremento del año presente, dando un valor de 6,81 %. Por tanto el valor del incremento para los diferentes escenarios será el siguiente:

- Escenario A: 10% de incremento, es un incremento muy acorde al momento de crisis actual, ya que este último año 2011 ha sido el incremento que ha tenido el precio del gas.
- Escenario B: 4% de incremento, teniendo en cuenta el incremento que se ha realizado en el escenario A y pensando en una estabilización de los precios en años sucesivos, es un valor acorde a un escenario enfocado positivamente.
- Escenario C: 7% de incremento, al ser el valor redondeado más cercano a la media realizada.

5.1.5. COSTE DE MANTENIMIENTO

El coste de mantenimiento, al ser un mantenimiento reducido cuanto el sistema está parado, se va a especificar como un coste por energía eléctrica producida. Este coste va a ser estimado en 1,2 c€/KWhe. Por tanto, como la energía eléctrica producida por el sistema es 66.000 KWhe (véase apartado 4.3), el coste del mantenimiento del primer año es 792 €.

Para años sucesivos se ha tenido en cuenta que puede haber un aumento de ese valor debido a la inflación, por tanto el coste de mantenimiento del año n viene dado por la siguiente expresión:

$$Cman_n = Cman \cdot (1 + I)^n \text{ [€]} \quad \text{[ec.14]}$$

Donde:

- Cman: coste de mantenimiento del primer año.
- I: tasa de inflación.
- n: año en el que se está realizando el cálculo.

Para estimar la tasa de inflación, se han recogido históricos tanto del último año como de los últimos 12 años (ver figuras 16 e 17).

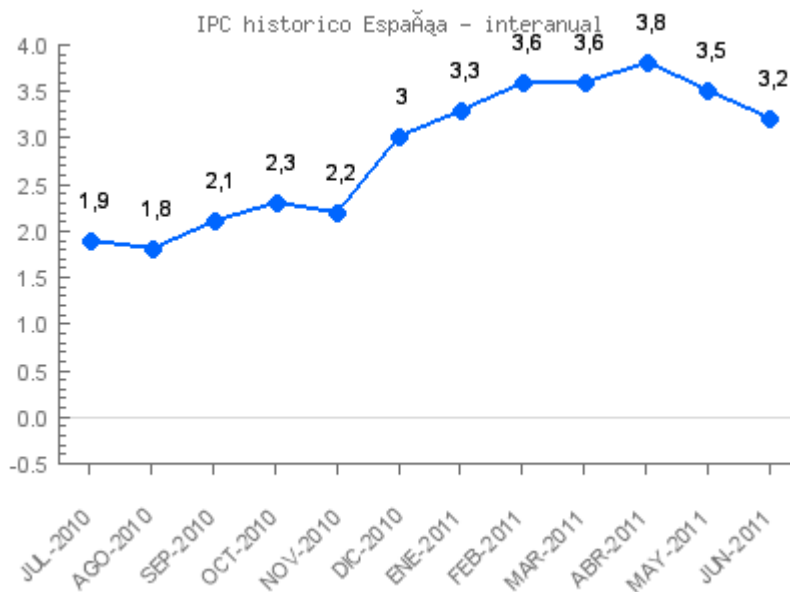


Fig 16. Evolución IPC 2010-2011. Fuente: <http://www.finanzas.com/economia/ipc/espana/>

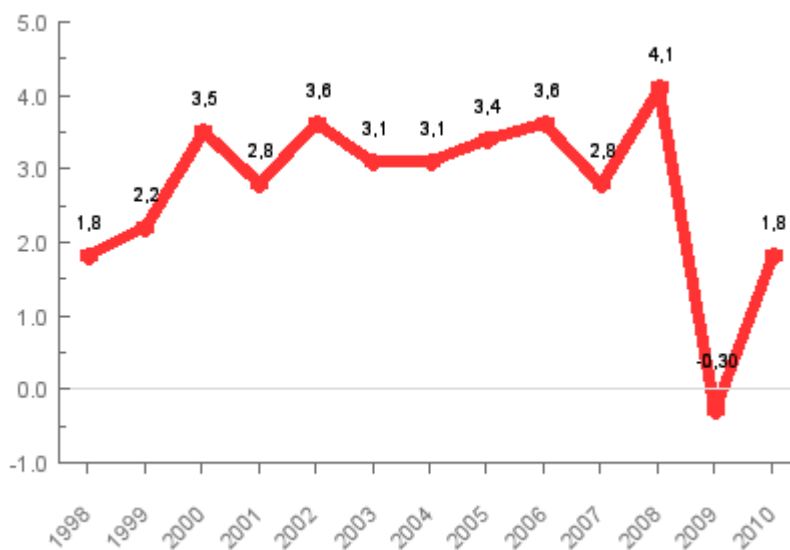


Fig 17. Histórico IPC. Fuente: <http://www.finanzas.com/economia/ipc/espana/>

Viendo un poco la evolución de las dos figuras se pueden plantear los siguientes valores para los diferentes escenarios:

- Escenario A: viendo la evolución del último año (ver figura 16) se pueden tomar un valor acorde al momento de crisis de 3,5%.
- Escenario C: si se ve la evolución de los últimos 10 años (ver figura 17) se puede observar que hay una evolución muy lineal excepto en los dos últimos años. Si se calcula la media de estos datos sale un valor de 2,5%.
- Escenario B: viendo los otros escenarios y planteando un escenario positivo como es el caso del escenario B se puede estimar que la inflación tenga un valor de 1,5%.

5.1.6. INGRESOS

Los únicos ingresos que se van a tener en la instalación van a ser los ingresos por la venta de la energía eléctrica generada por el sistema de microgeneración, en el caso de la opción del sistema en el que solo hay calderas de condensación no existe ningún tipo de ingreso.

Al considerarse el sistema de microgeneración dentro del régimen especial, como ya se ha justificado en el apartado 4.3 de este proyecto, existen dos formas para vender la electricidad generada, estas formas son:

- Ceder la electricidad al sistema percibiendo por ella una tarifa regulada, única para todos los periodos de programación.
- Vender la electricidad en el mercado de producción de energía eléctrica.

Las tarifas y primas vigentes para las instalaciones que se acogen al Real Decreto 436/2004, se pueden encontrar en la página del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio [41]. Dichas tarifas y primas del subgrupo a.1.1, que es el caso del sistema que se está estudiando, se actualizan trimestralmente en función de las variaciones de los valores de referencia de los índices de precios de combustibles y el IPC (ver Tabla13).

Grupo	Subgrupo	Combustible	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh
	a.1.1		P≤0,5 MW		14,5044	0,0000
			0,5<P≤1 MW		11,9021	0,0000
			1<P≤10 MW		9,4341	3,9502
			10<P≤25 MW		8,9541	3,2587
			25<P≤50 MW		8,5056	2,9046
	a.1.2	Gasóleo / GLP	P≤0,5 MW		17,4683	0,0000
			0,5<P≤1 MW		14,8657	0,0000
			1<P≤10 MW		12,7665	6,7889
			10<P≤25 MW		12,4284	6,2106
			25<P≤50 MW		12,0079	5,6885

Tabla 13: Tarifas y primas de aplicación a partir del 1 de abril de 2011 para las instalaciones de la categoría a) cogeneración y energías residuales. Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

En este caso se va a optar por la tarifa regulada ya que al ser un edificio de viviendas esto va a ser la forma más sencilla y rápida de percibir un ingreso por la energía generada. Por tanto la tarifa regulada, para este tipo de sistemas y teniendo una potencia instalada de 11 KW, es de 14,5044 c€/KWh.

Con este valor de tarifa regulada y teniendo en cuenta que la energía eléctrica generada anualmente es de 66.000 KWh, se tienen unos ingresos el primer año de 9.572,90 €.

Para años sucesivos se ha tenido en cuenta que el precio de esta prima puede cambiar. Por tanto los ingresos del año n vienen dados por la siguiente expresión:

$$IN_n = IN \cdot (1 + sub)^n \text{ [€]} \quad \text{[ec.15]}$$

Donde:

- IN: ingresos del primer año.
- sub: porcentaje de incremento del precio de la prima que se da por el régimen especial.
- n: año en el que se está realizando el cálculo.

Para ver el incremento que puede tener la prima por venta de energía eléctrica, se ha ido viendo la evolución que ha tenido en los últimos años, esta evolución aparece en las ordenes ITC que actualizan el precio de las primas de los distintos años (ver tabla 14).

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011
PRIMA	12,04	12,5385	12,198	14,3949	14,5

Tabla 14. Precios de primas por venta de electricidad.

Realizando una sencilla regla de tres, se puede ir sacando el tanto por ciento de incremento que ha habido cada año (ver tabla 15).

% INCREMENTO	4,14	-2,72	18,01	0,73
--------------	------	-------	-------	------

Tabla 15. Incremento del precio de primas por venta de electricidad.

Por último se realiza la media de todos los incrementos, dando un valor de 5,04 %. Por tanto el valor del incremento para los diferentes escenarios será el siguiente:

- Escenario A: 3% de incremento, es un incremento muy acorde al momento de crisis actual, ya que se encuentra a un valor aproximado al de la inflación, esto es bastante coherente ya que tendrá que aumentar mínimo un valor acorde a la inflación para seguir incentivando este tipo de sistema.
- Escenario C: 5% de incremento, al ser el valor redondeado más cercano a la media realizada.
- Escenario B: 7% de incremento, teniendo en cuenta el incremento que se ha realizado en los escenarios A y C y suponiendo un escenario positivo donde se pueda incentivar más aun este tipo de sistemas, es un valor aceptable.

5.1.7. ANALISIS DE LA RENTABILIDAD

Una vez descritos todos los factores que influyen en el estudio, se va a pasar a ver las conclusiones de cada escenario.

5.1.7.1. Escenario A

Recopilando información, en el escenario A, que puede llamarse escenario pesimista, se han considerado las siguientes estimaciones sobre las variaciones que pueden afectar a la evolución económica del sistema:

- Aumento del precio del gas: 10%.
- Aumento del precio de la prima por venta de electricidad: 3%.
- Aumento del valor de la inflación: 3,5%.

Con estos valores con los que van a variar los valores económicos explicados con anterioridad, se consiguen los siguientes resultados.

AÑO	0	1	2	3	4	5	...
INGRESOS							
ENERGÍA ELÉCTRICA (€)		9.573	9.860	10.156	10.461	10.774	...
PAGOS							
INVERSION INICIAL	54.414						...
CONSUMO CON COGEN.		31.278	34.406	37.846	41.631	45.794	...
CONSUMO SIN COGEN.		-27.848	-30.633	-33.696	-37.066	-40.773	...
MANTENIMIENTO		792	820	848	878	909	...
FLUJO DE CAJA	-54.414	5.351	5.268	5.158	5.018	4.844	...
RENTABILIDAD	-54.414	-49.063	-43.795	-38.638	-33.620	-28.776	...

...	13	14	15	16	...	22	23	24	25
...	13.649	14.058	14.480	14.914	...	17.808	18.343	18.893	19.460
...					...				
...	98.164	107.980	118.778	130.656	...	231.465	254.612	280.073	308.080
...	-87.400	-96.140	-105.754	-116.329	...	-206.085	-226.693	-249.363	-274.299
...	1.197	1.239	1.282	1.327	...	1.631	1.688	1.747	1.808
...	1.688	979	174	-739	...	-9.203	-11.264	-13.565	-16.130
...	-1.773	-794	-621	-1.360	...	-32.583	-43.847	-57.412	-73.542

Tabla 16. Valores del escenario A

Como se puede observar, desde el año 1 en el que el sistema empieza a funcionar se consiguen unos flujos de caja positivos debido a que los ingresos por venta de la energía eléctrica son mayores que el gasto que supone la inclusión de motores de microgeneración en un sistema convencional de calderas. Gracias a este flujo de caja positivo, se está cerca de recuperar la inversión inicial realizada para la introducción de los motores en el sistema el año 15.

Debido a que en este escenario el aumento de los gastos del sistema tiene un desarrollo más rápido que los ingresos por la venta de electricidad, el flujo de caja va disminuyendo cada año hasta el punto de empezar a ser negativo a partir del año 16. Por ello, la rentabilidad del sistema alcanza su máximo el año 15 donde se consigue que solo existan unas pérdidas de 621 €. A partir del año 16 se va a ir perdiendo cada vez más dinero con la instalación hasta llegar a unas pérdidas de más de 73.500 € en el año 25.

Si la evolución económica de las variables descritas fueran de la forma que tiene este escenario, habría que pensar en buscar otro sistema de energías renovables que su fuera más rentable ya que en ningún momento se recupera la inversión inicial en el sistema.

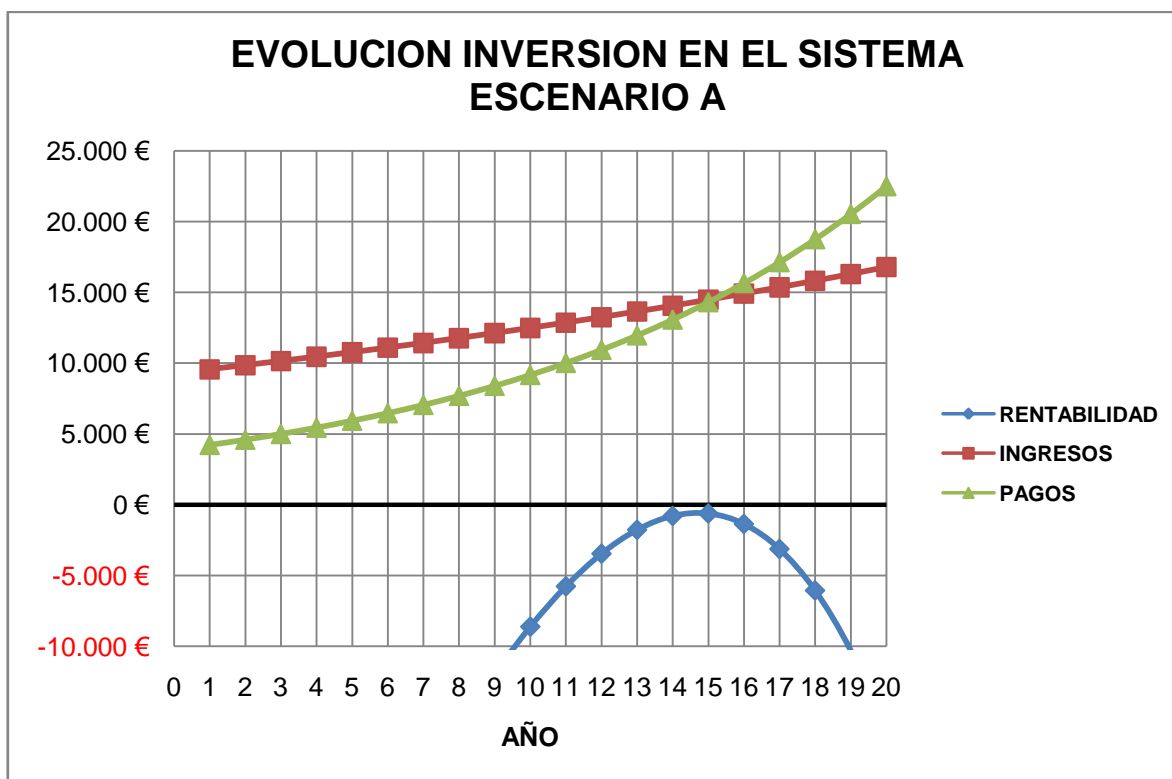


Fig 18. Evolución de la inversión con escenario A.

5.1.7.2. Escenario B

Recopilando información, en el escenario B, que puede llamarse escenario optimista, se han considerado las siguientes estimaciones sobre las variaciones que pueden afectar a la evolución económica del sistema:

- Aumento del precio del gas: 4%.
- Aumento del precio de la prima por venta de electricidad: 7%.
- Aumento del valor de la inflación: 1,5%.

Con estos valores con los que van a variar los valores económicos explicados con anterioridad, se consiguen los siguientes resultados.

AÑO	0	1	2	3	4	5	...
INGRESOS							
ENERGÍA ELÉCTRICA (€)		9.573	10.243	10.960	11.727	12.548	...
PAGOS							
INVERSION INICIAL	54.414						...
CONSUMO CON COGEN.		31.278	32.529	33.830	35.184	36.591	...
CONSUMO SIN COGEN.		-27.848	-28.962	-30.121	-31.326	-32.579	...
MANTENIMIENTO		792	804	816	828	841	...
FLUJO DE CAJA	-54.414	5.351	5.872	6.435	7.041	7.695	...
RENTABILIDAD	-54.414	-49.063	-43.191	-36.756	-29.715	-22.020	...

...	7	8	9	10	...	22	23	24	25
...	14.366	15.372	16.448	17.599	...	39.637	42.412	45.381	48.557
...					...				
...	39.577	41.160	42.806	44.518	...	71.275	74.126	77.091	80.175
...	-35.237	-36.647	-38.112	-39.637	...	-63.460	-65.998	-68.638	-71.384
...	866	879	892	906	...	1.083	1.099	1.115	1.132
...	9.161	9.980	10.862	11.812	...	30.739	33.185	35.812	38.634
...	-4.458	5.521	16.383	28.196	...	276.790	309.974	345.786	384.420

Tabla 17. Valores del escenario B

Como se puede observar en la tabla 17 los ingresos empiezan a ser mayores que los pagos desde el primer momento de funcionamiento, es más, el flujo de caja va aumentando cada vez más con el paso de los años. Consiguiendo que entre los años 7 y 8 se haya recuperado la inversión inicial. Después de los pagos y cobros del año 8 se obtienen unas ganancias del sistema de unos 5.500€, a partir de este año todo serán ganancias del sistema.

Debido a que los ingresos van aumentando mucho más rápidos que los pagos, se consigue que la evolución de la rentabilidad del sistema crezca exponencialmente, con lo que se consigue que en el año 25 se tengan unas ganancias gracias a la implantación de este sistema de unos 384.000€.

Este escenario, tan positivo, es imposible que se desarrolle a lo largo de muchísimos años ya que el aumento del precio del gas natural, al ser una fuente de energía no renovable, algún día se disparará a causa de la falta de recursos. Por lo que en algún punto la representación de la rentabilidad debería empezar a tener una forma cóncava y se tendría que pensar en sustituir el sistema por otro.

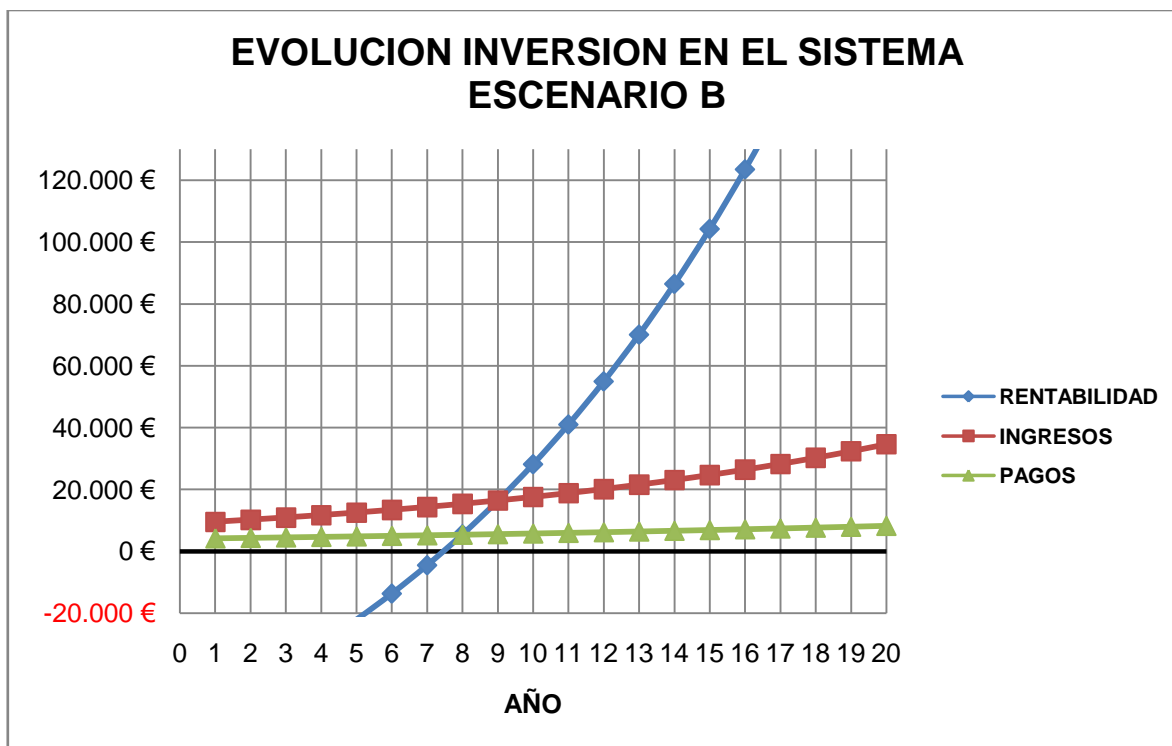


Fig 19. Evolución de la inversión con escenario B.

5.1.7.3. Escenario C

Recopilando información, en el escenario C, que puede llamarse escenario intermedio, se han considerado las siguientes estimaciones sobre las variaciones que pueden afectar a la evolución económica del sistema:

- Aumento del precio del gas: 7%.
- Aumento del precio de la prima por venta de electricidad: 5%.
- Aumento del valor de la inflación: 2,5%.

Con estos valores con los que van a variar los valores económicos explicados con anterioridad, se consiguen los siguientes resultados.

AÑO	0	1	2	3	4	5	...
INGRESOS							
ENERGÍA ELÉCTRICA (€)		9.573	10.052	10.554	11.082	11.636	...
PAGOS							
INVERSION INICIAL	54.414						...
CONSUMO CON COGEN.		31.278	33.468	35.810	38.317	40.999	...
CONSUMO SIN COGEN.		-27.848	-29.798	-31.884	-34.115	-36.504	...
MANTENIMIENTO		792	812	832	853	874	...
FLUJO DE CAJA	-54.414	5.351	5.570	5.795	6.027	6.266	...
RENTABILIDAD	-54.414	-49.063	-43.493	-37.697	-31.670	-25.404	...

...	8	9	10	11	...	22	23	24	25
...	13.470	14.144	14.851	15.593	...	26.670	28.003	29.403	30.874
...					...				
...	50.226	53.742	57.503	61.529	...	129.509	138.574	148.275	158.654
...	-44.718	-47.849	-51.198	-54.782	...	-115.308	-123.379	-132.016	-141.257
...	941	965	989	1.014	...	1.330	1.363	1.398	1.433
...	7.021	7.286	7.556	7.833	...	11.139	11.445	11.747	12.044
...	-5.108	2.177	9.734	17.566	...	123.258	134.703	146.450	158.495

Tabla 18. Valores del escenario C.

Si se empiezan a observar los datos de los primeros años, se produce un desarrollo parecido al del escenario B explicado anteriormente, donde desde el primer año de funcionamiento del sistema hay un flujo de caja positivo, creciendo en los sucesivos años pero de una forma más lenta que en el anterior escenario. Esta evolución positiva del flujo de caja hace que se recupere la inversión inicial entre el año 8 y 9, teniendo unas ganancias al final del año 9 de unos 2.177 €.

Como se ha comentado, la evolución de flujo de caja es creciente positivamente, pero como se puede observar en la gráfica, al ser una evolución lenta la rentabilidad no se dispara como en el anterior escenario y al cabo de 25 años se consiguen unas ganancias de unos 160.000 €.

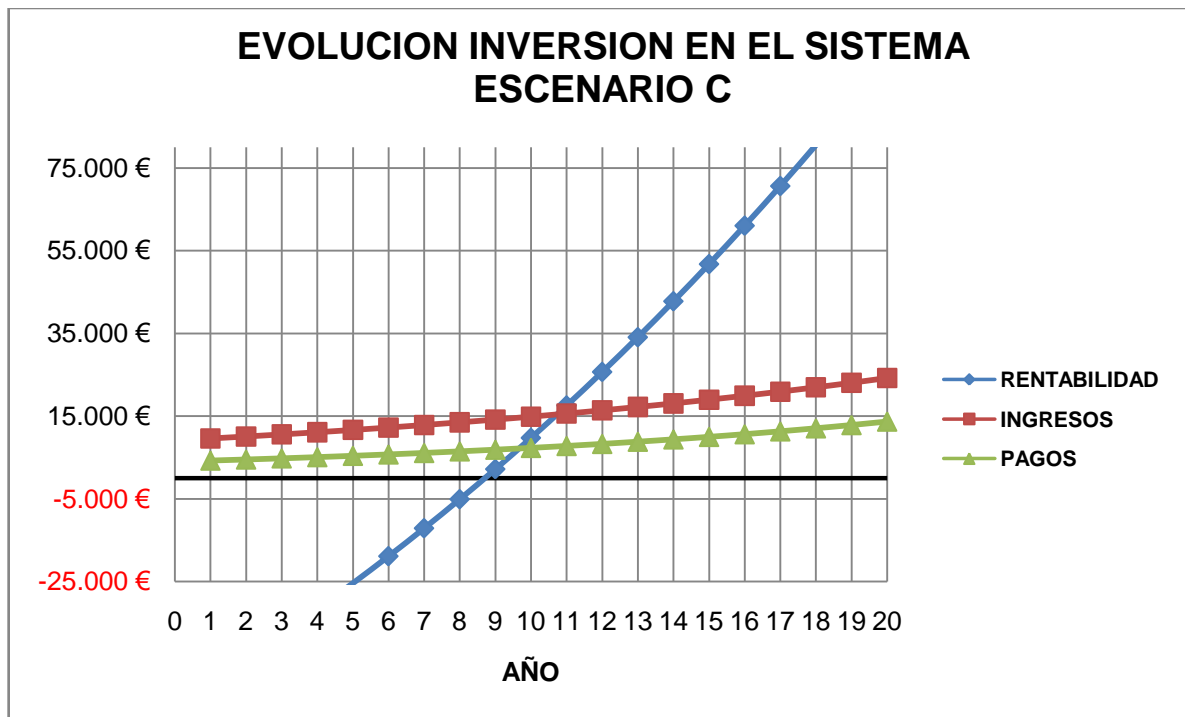


Fig 20. Evolución de la inversión con escenario C.

Si se tiene en cuenta los aumentos de precio de las diferentes variables que se han estimado, se puede observar que el aumento del precio de gas es mayor que el aumento de la prima económica. Al ser estas dos variables las que más peso tienen en referencia a los pagos y los ingresos, se puede llegar a la conclusión de que en algún momento, por lejano que sea en el tiempo, los pagos superarán a los ingresos y la curva de rentabilidad empezará a decrecer.

Si se aumenta el estudio a los 70 años se puede ratificar que lo comentado en el anterior párrafo se acaba cumpliendo, si se observa detenidamente la gráfica (ver figura 21) se puede ver que cerca del año 40 el flujo de caja deja de aumentar, llegando a un máximo de unos 14.000 € anuales, a partir de ese año la diferencia entre los ingresos y los gastos serán menores aunque se seguirá ganando dinero con el sistema hasta aproximadamente el año 55, a partir del cual el sistema producirá pérdidas. Por tanto ese año se tendrá el máximo de rentabilidad del sistema que ascenderá a algo más de 500.000 € de ganancias. A partir de este año las pérdidas irán aumentando progresivamente, lo que hará que la rentabilidad del sistema se pierda rápidamente.

Por tanto, si se piensa en la utilización de este tipo de sistemas se puede llegar a la conclusión de que en este escenario, el sistema es un sistema rentable, puesto que considerar que un sistema pueda dar ganancias durante 55 años, es más que aceptable y que según evolucionan las tecnologías actualmente, es muy posible que para dentro de 55 años se piense en un cambio de sistema a uno más actual.

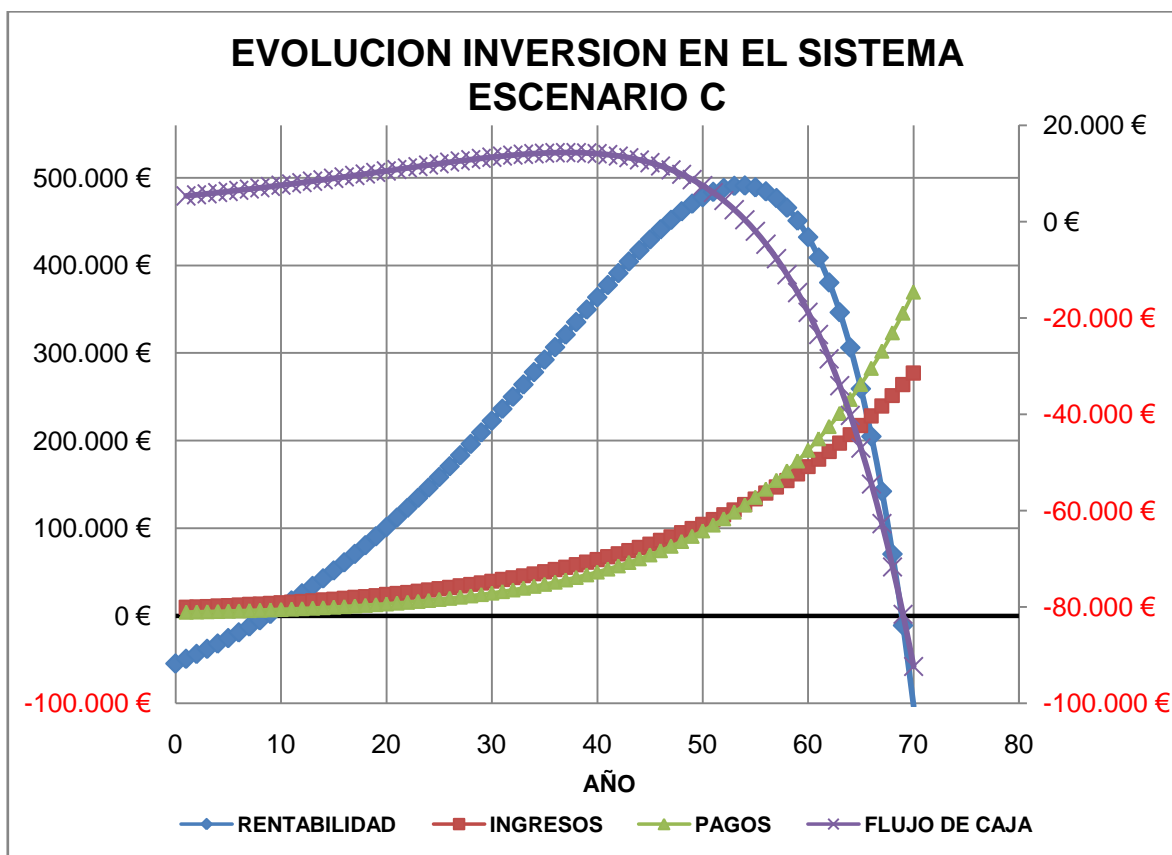


Fig 21. Evolución de la inversión con escenario C en 70 años.

5.2. COMPARATIVA DE NUMERO DE MOTORES DEL SISTEMA

El siguiente estudio es realizado para ver qué cantidad de motores es la opción más rentable, siempre cumpliendo con la normativa explicada anteriormente en este proyecto. Para ello se van a compara el sistema elegido, que es un sistema con dos motores, con las opciones más cercanas, que son las opciones de uno y tres motores. Para ello se van a tomar los valores que se han estimado para el escenario C del anterior estudio económico, al ser el escenario intermedio entre unas expectativas optimistas y pesimistas de los otros escenarios (véase apartado 5.1.7.3).

La modificación del número de motores en la instalación va a influir principalmente en las horas de funcionamiento que pueden llegar a tener los motores y el coste de la instalación.

5.2.1. HORAS DE FUNCIONAMIENTO

Si se habla de las horas de funcionamiento, los motores no podrán funcionar las horas que se deseen, estás horas vendrán sujetas a la demanda de calefacción y ACS que sean necesarias en cada momento. Por tanto, si se utiliza un solo motor, al tener una potencia que no es excesivamente grande se puede suponer que puede estar casi constantemente funcionando, por lo tanto considerando esto, la necesidad de mantenimiento y que un año tiene 8.760 horas, se puede estimar que el motor funcionará 8.500 horas. En este caso, al ser solo un motor hay que corroborar que se cumple con el punto de la normativa explicado en el apartado 4.2.4, donde se indica que los motores de microgeneración tienen que cubrir el 60% de la demanda de ACS.

La potencia que suministra el motor de microgeneración con ese número de horas de funcionamiento viene dado por la ecuación 7 del apartado 4.2.4.2. Aplicando esta ecuación la potencia térmica es de 125.800 KWh/año.

La demanda de ACS del edificio, como se ha visto en el apartado 4.2.4.2, son 160.494 KWh/año. Por tanto aplicando una simple regla de tres la cobertura de ACS por parte del motor es de un 78%, por tanto cumple con la restricción.

Si se utilizan dos motores, como ya se comentó en el apartado 4.2.4.2, se van a estimar 6.000 horas de funcionamiento. Por último si se utilizan tres motores, se pierden muchas horas de funcionamiento en los meses en los que no es necesaria la utilización de calefacción, y como ya se ha visto en el apartado 4.2.4.2, con dos motores la cobertura de ACS es del 111%, por lo que también en periodos en los que no es necesaria la calefacción se van a perder horas de funcionamiento, ya que se tendrán que quitar horas de funcionamiento de un motor para ganarlas con otro, con el fin de utilizar los tres aproximadamente el mismo número de horas. Con todas estas suposiciones se va a conseguir una variación de horas de funcionamiento del conjunto muy pequeña, que se va a estimar en 4.125 horas anuales de funcionamiento.

Las horas de funcionamiento de los motores influyen en los ingresos, ya que cuantas más horas de funcionamiento, más electricidad se puede generar y vender a la red. También influye en los gastos, ya que cuantas más horas más consumo de gas natural y también influye en el mantenimiento, aunque el coste de mantenimiento tiene poco peso comparado con el consumo de gas. Si se realiza una representación de estas variables, se obtienen la siguiente gráfica.

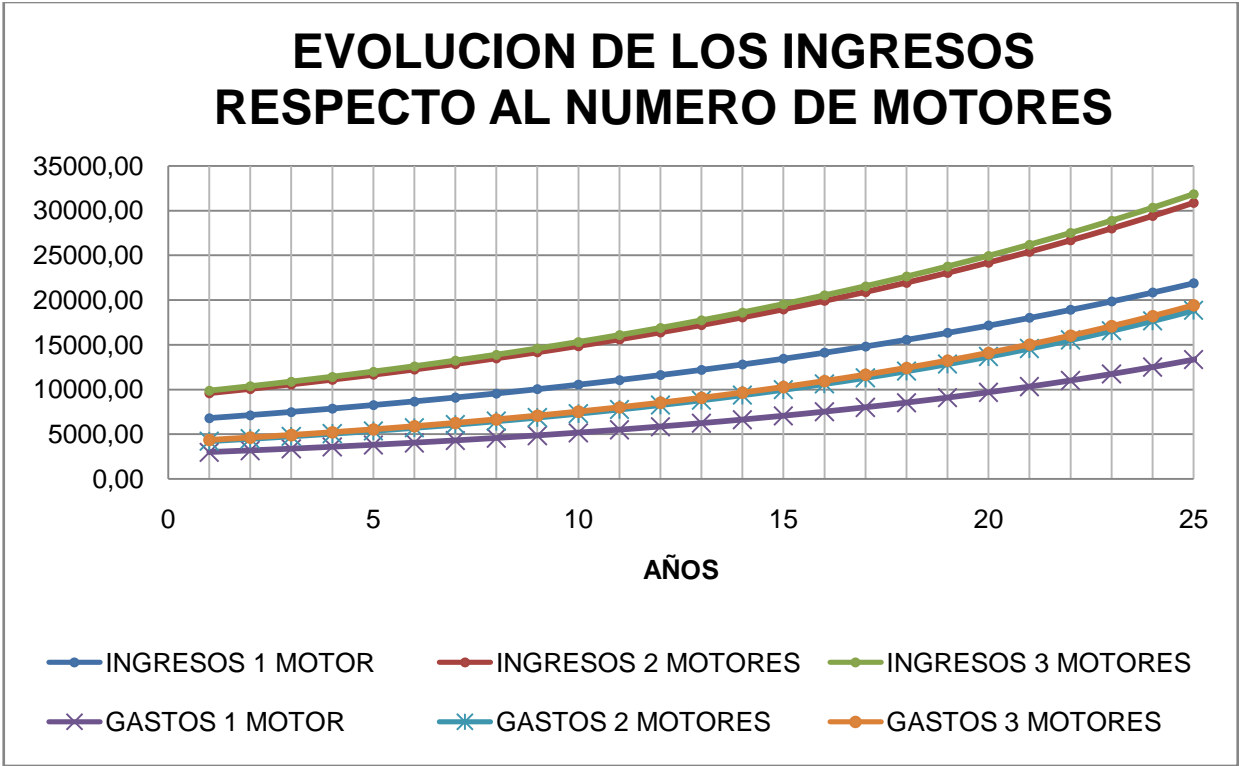


Fig 22. Evolución de los ingresos respecto al número de motores.

En esta gráfica se puede observar que la diferencia entre el sistema de un motor y los otros dos sistemas en los dos casos, tanto gastos como ingresos es apreciable, mientras que entre los sistemas de dos y tres motores la diferencia es casi inapreciable, esto es debido a que las horas de funcionamiento entre estos dos últimos sistemas es muy parecida.

Si se ve la diferencia entre ingresos y gastos se puede observar que los ingresos son superiores a los gastos, por tanto va a tener más peso en la decisión la comparación entre ingresos, por esto, se puede casi descartar de primeras la opción de un solo motor.

5.2.2. COSTE DE ADQUISICIÓN

Dentro del coste de adquisición, que se explicó en el apartado 5.1.3, el número de motores es la parte de mayor peso del presupuesto de materiales, cada motor tiene un coste de 18.000 €, aunque el resto de materiales también se ve influido por este cambio de motores.

Para un sistema con un solo motor, además del número de motores, también se ve modificado el número de depósitos de inercia, que pasa a ser uno, ya que la potencia térmica que se consigue con un motor es menor y no existe tanta necesidad de acumulación para que el motor funcione una buena cantidad de horas.

También se ven modificadas las características de las bombas, ya que al tener que transportar un caudal menor, las bombas B3 y B4 del sistema (véase anexo B) pasan a ser de 645 l/h en vez de 1290 l/h. Además de que las bombas que ya eran de 645 l/h de caudal pasan de 4 a 2 al tener que hacer circular solo la producción de un solo motor.

Por último, el conjunto de regulación pasa a ser más barato al ser más fácil el control del sistema con un motor que con dos. Con todas estas estimaciones, se tiene un presupuesto de material de 25.695 € (véase tabla 19).

UDS	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
1	MOTORES Motores de microgeneración de 14,8KW térmicos	18.000 €	18.000 €
1	DEPOSITO DE INERCIA Deposito de inercia de 3000 litros	3.950 €	3.950 €
1	INTERCAMBIADOR Intercambiador de calor de 19 placas	941 €	941 €
2	BOMBAS UPE 25-40 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 645 l/h	211 €	422 €
2	BOMBAS UPE 25-40 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 645 l/h	211 €	422 €
1	VASO EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 425 litros de capacidad	900 €	900 €
1	CONJUNTO REGULACION Conjunto de regulación formado por un controlador MCR50	1.060 €	1.060 €
		TOTAL	25.695 €

Tabla 19. Presupuesto de sistema de microgeneración con un motor.

En referencia al coste de instalación y puesta en marcha los valores también van a variar debido a la instalación de un número menor de elementos y a que el sistema va a ser menos complejo y por tanto será más sencilla su puesta en marcha. Con todos estos factores, la estimación de costes es la siguiente:

- Coste de instalación: 3.000 €.
- Coste de puesta en marcha: 500 €.

Dando un total de coste de adquisición de 29.195 €.

Para un sistema de tres motores se van a tener en cuenta unas estimaciones parecidas pero al contrario. Además del cambio evidente del número de motores, el número de depósitos de inercia pasa a ser de tres al no ser suficiente con los dos depósitos del sistema de dos motores para absorber la producción de los tres motores. También es necesario modificar el número de bombas para poder mover el caudal que existe con un sistema de tres motores. Por último, el conjunto de regulación será más caro al ser un sistema más complejo de controlar que el sistema de dos motores. Con todas estas estimaciones se tiene un presupuesto de material de 74.137 € (véase tabla 20).

UDS	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
3	MOTORES Motores de microgeneración de 14,8KW térmicos	18.000 €	54.000 €
3	DEPOSITO DE INERCIA Deposito de inercia de 3000 litros	3.950 €	11.850 €
1	INTERCAMBIADOR Intercambiador de calor de 19 placas	941 €	941 €
6	BOMBAS UPE 25-40 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 645 l/h	211 €	1.266 €
8	BOMBAS UPE 15/60 Bomba circuladora con motor monofásico con tres velocidades. 1290 l/h	250 €	2.000 €
1	VASO EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 425 litros de capacidad	900 €	900 €
1	CONJUNTO REGULACION Conjunto de regulación formado por tres controladores MCR50	3.180 €	3.180 €
		TOTAL	74.137 €

Tabla 20. Presupuesto de sistema de microgeneración con tres motor.

En referencia al coste de instalación y puesta en marcha los valores también van a variar debido a la instalación de un número mayor de elementos y a que el sistema va a ser más complejo y por tanto será más difícil su puesta en marcha, con todos estos factores, la estimación de costes es la siguiente:

- Coste de instalación: 5.000 €.
- Coste de puesta en marcha: 900 €.

Dando un total de coste de adquisición de 80.037 €.

Por tanto, con estos datos y viendo la poca diferencia que existe en la evolución de gastos e ingresos que tienen los sistemas de dos y tres motores cabe esperar que el sistema más indicado sea el de dos motores, para más exactitud a la hora de tomar la decisión se ha obtenido la rentabilidad de cada sistema los primeros 30 años.

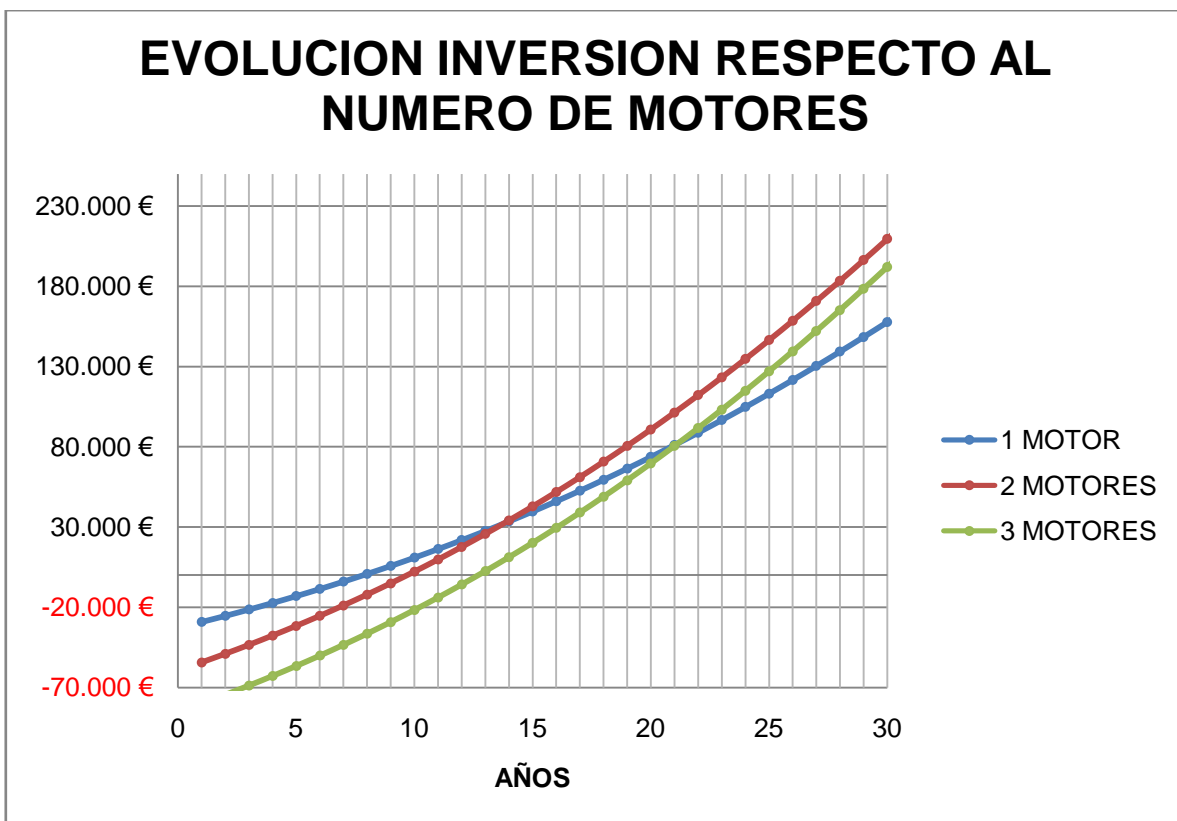


Fig 23. Evolución de la inversión respecto al número de motores.

Como era de esperar la diferencia en la inversión inicial hace que el sistema de dos motores sea más rentable estos 30 primeros años, aunque el sistema de tres motores se va acercando poco a poco a este sistema. Lo que también se puede apreciar es que a partir de los 14 años el sistema de dos motores supera en rentabilidad al sistema de un motor.

Hasta ahora se ha considerado que la inversión se realiza con fondos propios. En el caso que se realizaran con “fondos ajenos”, provenientes de un préstamo, las diferencias puede que fueran mayores.

Para comprobarlo se va a realizar los estudios de 2 y 3 motores con la utilización de fondos ajenos, al existir muchas formas de devolver ese préstamo, se va a optar por la utilización del préstamos francés al ser un método de préstamo muy utilizado en la práctica debido a su sencillez. Con este método se consigue calcular de forma sencilla los términos amortizativos, que serán iguales para todos los años, es decir, las cuotas anuales a pagar para devolver el préstamos serán siempre la misma.

El cálculo de las cuotas anuales se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$a = \frac{C_o}{\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}} \quad [ec. 16]$$

Donde:

- C_o : coste inicial de la inversión.
- i : tipo de interés.
- n : número de años para devolución del préstamo. El estudio se va a realizar para una devolución del préstamo en diez años.

Para saber el tipo de interés que se podría conseguir para este tipo de sistemas, existe unos fondos que el ICO (Instituto de Crédito Oficial) tiene reservados para financiar proyectos realizados por PYMES. Dentro de estos fondos aparecen los fondos para inversión sostenible que es el caso del sistema de este proyecto, ya que estos fondos están destinados a proyectos que impliquen una mejora en el uso eficiente de los recursos y/o produzcan una reducción del impacto ambiental.

Dentro de la página del ICO, en el apartado de inversión sostenible aparece una tabla donde se indica el tipo de interés fijo que se puede conseguir para diferentes condiciones de préstamo, en este caso se desea un préstamo a 10 años sin carencia, por tanto el tipo de interés al que se puede optar es a un 6.16% para un préstamo inferior a 10 millones de euros, que es el caso del proyecto tanto para dos como tres motores.

Para el sistema de dos motores, donde se tiene un coste inicial de 54.414 €, se obtiene a partir de la ecuación 16, unas cuotas anuales los diez primeros años de 7.450 €.

Para el sistema de tres motores, donde se tiene un coste inicial de 80.037 €, se obtienen unas cuotas anuales de 10.957 €.

Con estas cuotas anuales, se obtiene el siguiente gráfico de evolución de la inversión en el sistema.

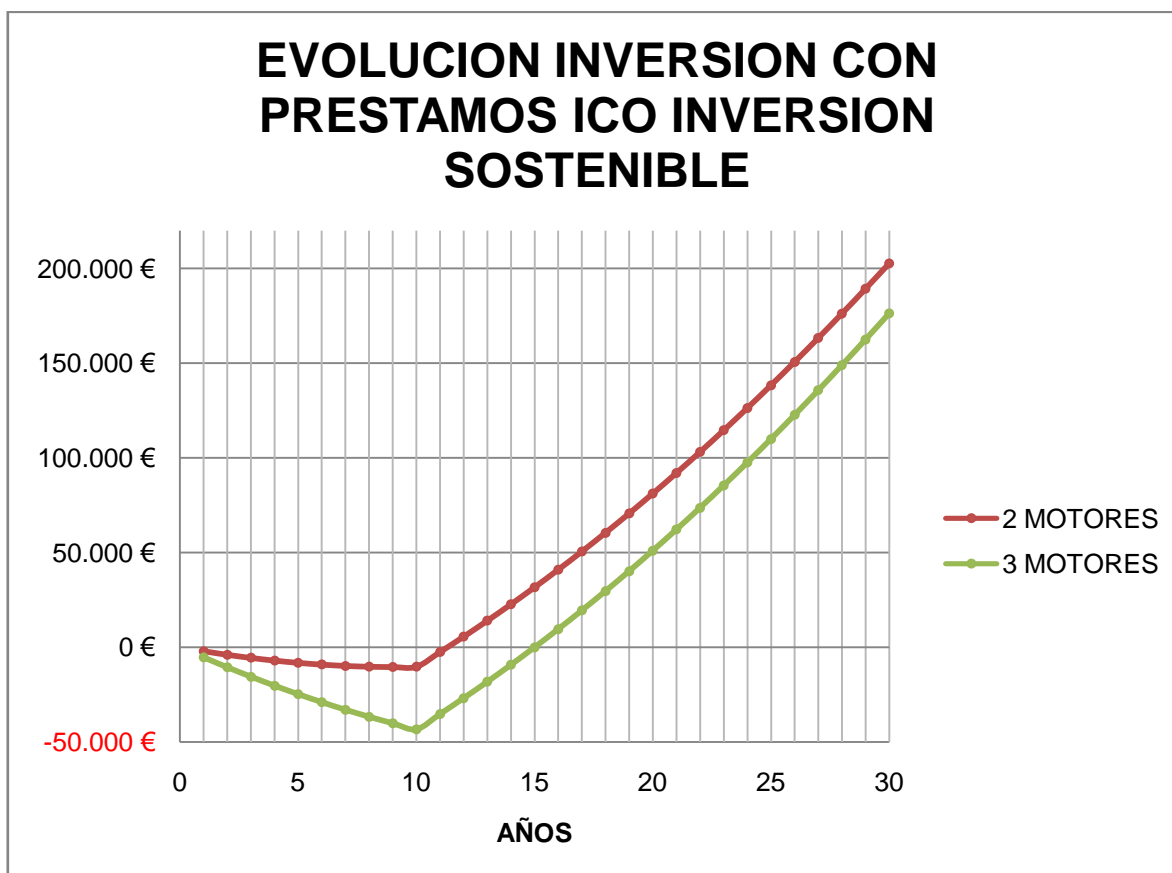


Fig 24. Evolución de la inversión con préstamo ICO.

Como era de esperar la diferencia entre el sistema de dos y tres motores se hace más evidente al tener que pagar el préstamo de la inversión inicial. Esto es algo más que razonable si se tiene en cuenta que pidiendo el préstamo para el sistema de dos motores se ha pasado de un coste de 54.414 € a 74.500 € sumando todas las cuotas, es decir, por pedir el préstamo se tienen unos gastos de 20.086 €. Y para el sistema de tres motores el gasto por pedir un préstamo ha ascendido a 29.533 €.

5.3. COMPARATIVA CON SISTEMA SOLAR TÉRMICO

En este estudio se va a intentar comparar el sistema de estudio en el proyecto con un sistema solar térmico que cubra las necesidades térmicas exigidas en la legislación.

Como ya se ha visto en el apartado 4.2.4, en el DB-HE4 del código técnico de la edificación se exige que el 60% de la demanda de ACS sea cubierta por un sistema solar térmico. Para esta cobertura de demanda se da la opción de que sea cubierta por otro tipo de sistema de energía renovable, entre el que se encuentra el sistema en estudio. Por ello el sistema de microgeneración en estudio en este proyecto, es un sistema que se está tomando como alternativa respecto al sistema solar que se exige en la legislación vigente referente al ahorro energético en edificios de nueva edificación y es un estudio interesante comparar los dos sistemas.

Para la instalación de un sistema solar térmico en un edificio con las características vistas en este proyecto sería necesario un sistema como el de la figura 25.

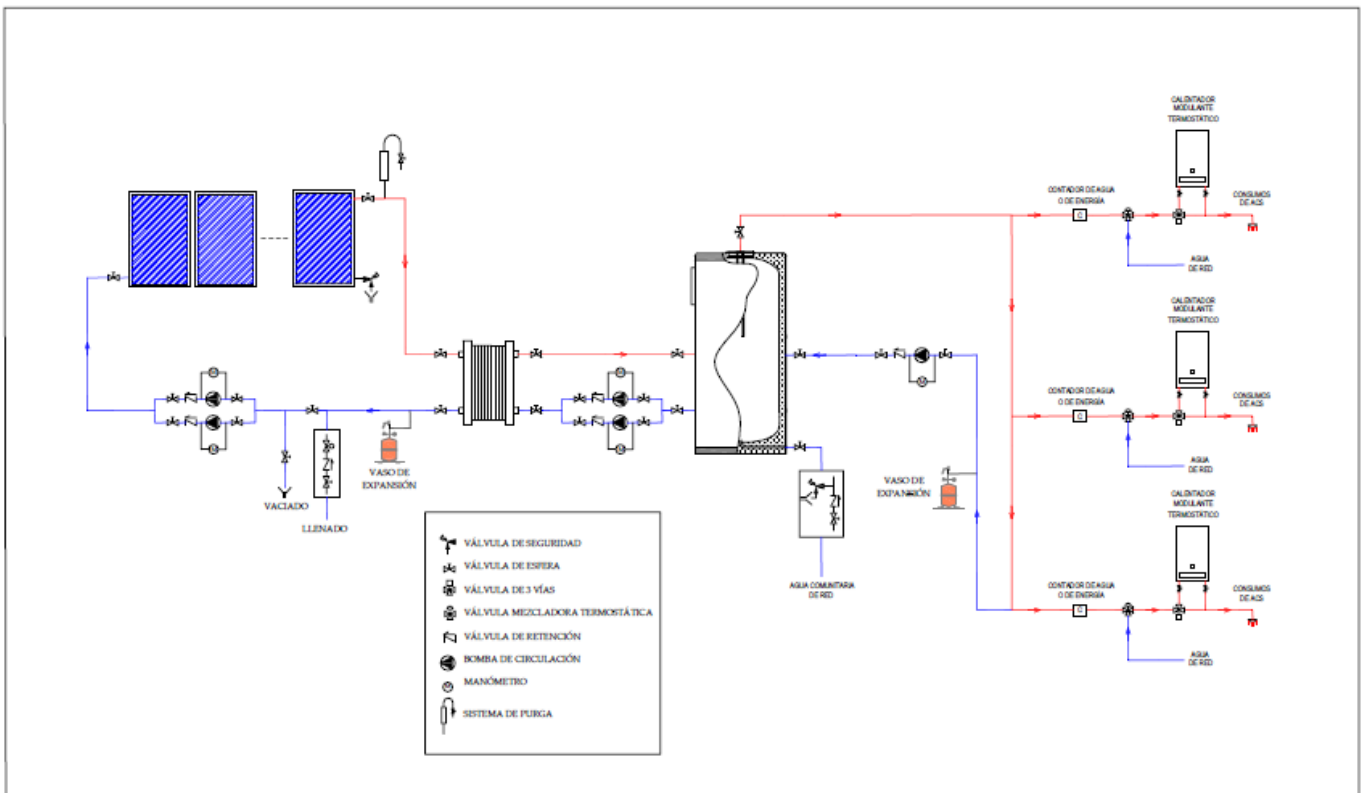


Fig 25. Esquema básico instalación térmica ACS. Fuente: Termicol Energía Solar

El sistema ha sido consultado con la empresa Termicol Energía Solar, este sistema consta de captadores solares de dicha empresa. Estos captadores son captadores solares planos de disposición verticales con una superficie útil de captación de 2,4 m², siendo la superficie bruta que ocupa de 2,5 m².

El agua calentada por estos captadores pasa por un intercambiador de placas que lleva la energía térmica intercambiada a unos acumuladores desde donde se suministra el agua caliente sanitaria a las diferentes viviendas del edificio. El resto de energía necesaria tanto para el resto de demanda de ACS como para la demanda total de calefacción será cubierta por el mismo sistema de calderas que se dimensionó para el sistema de microgeneración (véase apartado 3).

Para la instalación de un sistema solar térmico con el objetivo de cumplir con el 60% de demanda que se exige en la normativa, se ha realizado la siguiente estimación sobre los datos climáticos donde se encuentra el edificio (véase tabla 21), que como ya se comentó, se encuentra en Marchamalo, provincia de Guadalajara.

DATOS CLIMATICOS	Rad G Hor (Wh/m ² día)	T ^a ambiente (°C)	T ^a máximas (°C)	T ^a mínimas (°C)	T ^a ambiente durante horas de sol (°C)	T ^a agua en red (°C)	Horas de sol
Enero	1806	2,4	8,2	-3,5	5,6	6	9,3
Febrero	2556	3,8	10,3	-2,7	7,4	7	10,4
Marzo	3886	5,9	13,3	-1,6	10	9	11,7
Abril	4972	7,9	14,7	1	11,7	11	13,3
Mayo	5389	11,8	18,9	4,7	15,7	12	14,4
Junio	6306	16,1	24,1	8,1	20,5	13	15
Julio	6944	19,5	28,7	10,3	24,6	14	14,7
Agosto	6444	19,4	28,5	10,3	24,5	13	13,7
Septiembre	4944	15,6	24	7,1	20,2	12	12,2
Octubre	3250	10,5	17,6	3,4	14,4	11	10,7
Noviembre	2167	5,8	12	-0,5	9,2	9	9,6
Diciembre	1556	3,4	8,8	-2	6,4	6	9

Tabla 21. Estimaciones para sistema solar térmico en Marchamalo. Fuente: Manproject.

Con esta estimación de condiciones climáticas, se realizó la simulación del sistema considerando 51 captadores del tipo comentado con anterioridad, con el resultado que aparece en la tabla 22.

APORTE SOLAR	Ocupación (%)	Demanda energética edificio (KWh)	Aporte Solar (KWh)	Energía no aprovechable (%)	Cobertura Solar (%)
Enero	100	14800	5279	0	35,7
Febrero	100	13120	5819	0	44,4
Marzo	100	13978	8539	0	61,1
Abril	100	12997	8808	0	67,8
Mayo	100	13156	8944	0	68,0
Junio	100	12466	9557	0	76,7
Julio	100	12608	10838	0	86,0
Agosto	100	12882	11214	0	87,1
Septiembre	100	12731	9828	0	77,2
Octubre	100	13430	7834	0	58,3
Noviembre	100	13527	5873	0	43,4
Diciembre	100	14800	4578	0	30,9
Total	100	160495	97111	0	60,5

Tabla 22. Simulación aporte sistema solar térmico en Marchamalo. Fuente: Manproject.

Como se puede observar en la línea inferior del cuadro, si se realiza un total de la aportación de las placas solares a la demanda de ACS se obtiene un 60,5%, que es un valor superior al mínimo exigido y por tanto es suficiente para el sistema en estudio.

5.3.1. COSTE DE ADQUISICIÓN

Una vez se tiene el cálculo de los captadores necesarios para cumplir con el 60% de demanda de ACS, se puede pasar a dimensionar el resto de elementos que componen el sistema (véase figura 25).

Para ver qué número de acumuladores es necesario para este sistema, se han considerado cerca de unos 100 litros por metro cuadrado de captador, como se ha visto con anterioridad los captadores elegidos tienen 2,4 m² de superficie útil de captación, por lo que sería una cifra aproximada de 12.000 litros, por lo que si se tienen unos acumuladores de 3000 litros de capacidad, serán necesarios 4 depósitos.

Además de estos elementos principales de los que consta el sistema, también se tienen los siguientes elementos en el sistema:

- Estructuras para el soporte de los captadores.
- Centralita para el control del sistema.
- Vaso de expansión de 425 litros.
- Bombas circuladoras.
- Kit de Válvula de seguridad, válvulas de esfera, purgador de aire y racorería.
- Anticongelante.

Con todos estos elementos que compondrían a gran escala el sistema solar térmico, se tiene un presupuesto de un valor de 68.076 € (véase tabla 23).

Además del material del que va a constar el sistema, hay que tener en cuenta el coste de la instalación y puesta en marcha. Debido a que la puesta en marcha del sistema es algo sencillo y de un precio bajo, se incluye dentro de la instalación, que tiene un peso mucho más importante. Por tanto, la estimación que se ha realizado del coste de instalación es de 11.484 €, estimación realizada por la experiencia en sistema del mismo tipo y tamaño. Este precio tan elevado en comparación con el coste de instalación del sistema de microgeneración es en parte debido a la mayor complejidad de instalar paneles solares en un tejado de un edificio a la instalación de unos motores en un cuarto acondicionado en el ático del edificio.

Con todas estas estimaciones, se tiene un coste de adquisición de 79.560 €.

UDS	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO
51	CAPTADORES Captador solar plano vertical con tratamiento superficial selectivo	675 €	34.425 €
13	SOPORTES Soporte para 4 captadores	485 €	6.305 €
13	KIT DE CONEXIÓN Incluye válvula de seguridad, válvulas de esfera, purgador de aire y recorería	99 €	1.287 €
4	ACUMULADORES acumulación de ACS, con capacidad para 3000 litros	4.950 €	19.800 €
1	INTERCAMBIADOR Intercambiador de calor de 19 placas	941 €	941 €
2	BOMBAS Bomba circuladora de 3 velocidades	669 €	1.338 €
2	BOMBAS ACS Bomba circuladora para ACS de 3 velocidades	732 €	1.464 €
1	VASO EXPANSIÓN Vaso de expansión cerrado de 425 litros de capacidad	900 €	900 €
1	CENTRALITA Centralita de control diferencial	255 €	255 €
4	ANTICONGELANTE Bidón de anticongelante de 25 litros	165 €	660 €
1	DISIPADOR Disipador para exceso de calor generado	700 €	700 €
		TOTAL	68.076 €

Tabla 23. Presupuesto para sistema solar térmico con 60% de cobertura de ACS.

5.3.2. COSTES DE COMBUSTIBLES

Para seguir con la misma filosofía que en los estudios anteriores, se va a tomar el coste de combustible como un beneficio, ya que la demanda de ACS cubierta por las placas solares suponen un ahorro de combustible, ya que esta demanda sería cubierta por las calderas de gas natural. Por tanto, si se tiene que la producción anual de energía térmica suministrada por las placas solares es de 97.111 KWh (véase apartado 5.3) y que el precio del gas se encuentra a 4,37260 c€/KWh (véase apartado 5.1.4), se obtiene un ahorro de combustible de 4.262 € el primer año de funcionamiento.

Para los años sucesivos, se ha tenido en cuenta que el precio del gas puede ir incrementando según la ecuación 13 del proyecto (véase apartado 5.1.4). Como ha pasado en el estudio sobre la cantidad de motores se van a utilizar los valores estimados en el escenario C, que en el caso del aumento del precio del gas es de un 7% al año.

5.3.3. COSTE DE MANTENIMIENTO

El coste de mantenimiento de este tipo de sistemas es mucho menor que en el caso de la microgeneración al ser un sistema mucho más simple, en este caso se ha considerado una cantidad fija en vez de un coste por energía producida cuyo valor es de 300 € anuales el primer año.

Para años sucesivos, como ya ocurriera en el sistema de microgeneración, se ha tenido en cuenta que puede haber un aumento del precio debido a la inflación que sigue la evolución descrita en la ecuación 13 (véase apartado 5.1.5). El valor que se le ha dado a la inflación ha sido el del escenario C y su valor es de 2,5%.

5.3.4. ANALISIS DE LA RENTABILIDAD

Con todos los valores comentados en los apartados anteriores se obtienen los siguientes datos sobre el estudio.

AÑO	0	1	2	3	4	...
INGRESOS						
COSTE DE GAS AHORRADO		4.246	4.544	4.862	5.202	...
PAGOS						
INVERSION INICIAL	79.560					...
MANTENIMIENTO		300	308	315	323	...
FLUJO DE CAJA	-79.560	3.946	4.236	4.546	4.879	...
RENTABILIDAD	-79.560	-75.614	-71.378	-66.831	-61.953	...

...	12	13	14	15	...	23	24	25
...	8.938	9.563	10.233	10.949	...	18.813	20.130	21.539
...					...			
...	394	403	414	424	...	516	529	543
...	8.544	9.160	9.819	10.525	...	18.296	19.600	20.996
...	-7.739	1.421	11.240	21.765	...	138.169	157.769	178.766

Tabla 24. Valores del estudio del sistema solar térmico.

Como se puede observar gracias al ahorro de combustible que supone la utilización de paneles solares se va recuperando la inversión realizada. Consiguiendo su total recuperación el año 13 después de estar funcionando el sistema. Una vez pasado este año irán aumentando los beneficios hasta unos 179.000 € en el año 25.

Si se compara este sistema con el sistema de microgeneración los primeros 20 años (véase figura 26) se puede comprobar que debido a una mayor inversión inicial el sistema solar térmico tarda en acercarse a la rentabilidad que se consigue con el sistema de microgeneración. Aunque gracias al menor coste de mantenimiento y sobre todo al aumento del precio del gas natural se puede observar que acabará alcanzando y superando la rentabilidad del sistema de microgeneración.

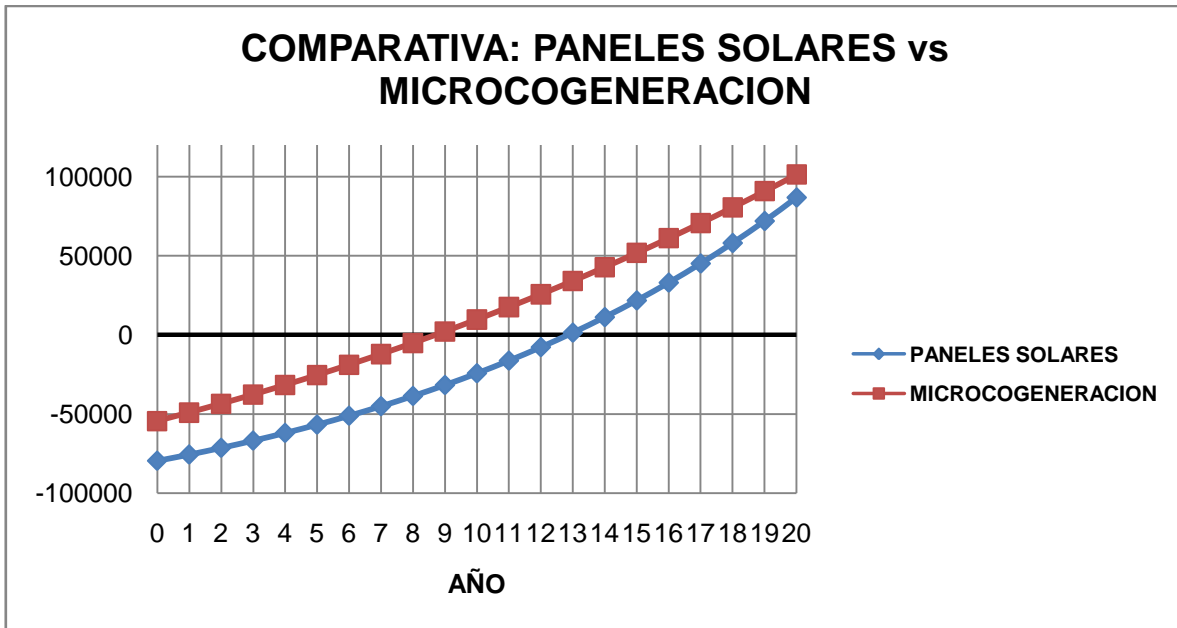


Fig 26. Comparativa entre sistema solar térmico y sistema microgeneración.

En el caso de tener que utilizar fondos ajenos, es decir, pedir un préstamo, la recuperación del sistema solar térmico respecto al sistema de microgeneración es aún más lenta, al tener una inversión inicial mayor.

Si se utiliza el préstamo francés que se vio con anterioridad en el proyecto (véase apartado 5.2.2), donde el interés que ofrece el ICO para inversiones sostenibles en un plazo de 10 años es de un 6,16%, en el sistema solar térmico y se le compara con el sistema de microgeneración cuando también se pide un préstamo para su inversión inicial, se obtiene el resultados de la figura 27.

En el caso de los paneles solares la cuota que se ha de pagar durante los primeros 10 años viene dada por la ecuación 15 (véase apartado 5.2.2) y es de 10.892 €. Mientras que en el caso del sistema de microgeneración es de 7.950 € como ya se vio en el apartado 5.2.2, como era de esperar, agrava la recuperación del sistema solar térmico frente al sistema de microgeneración.

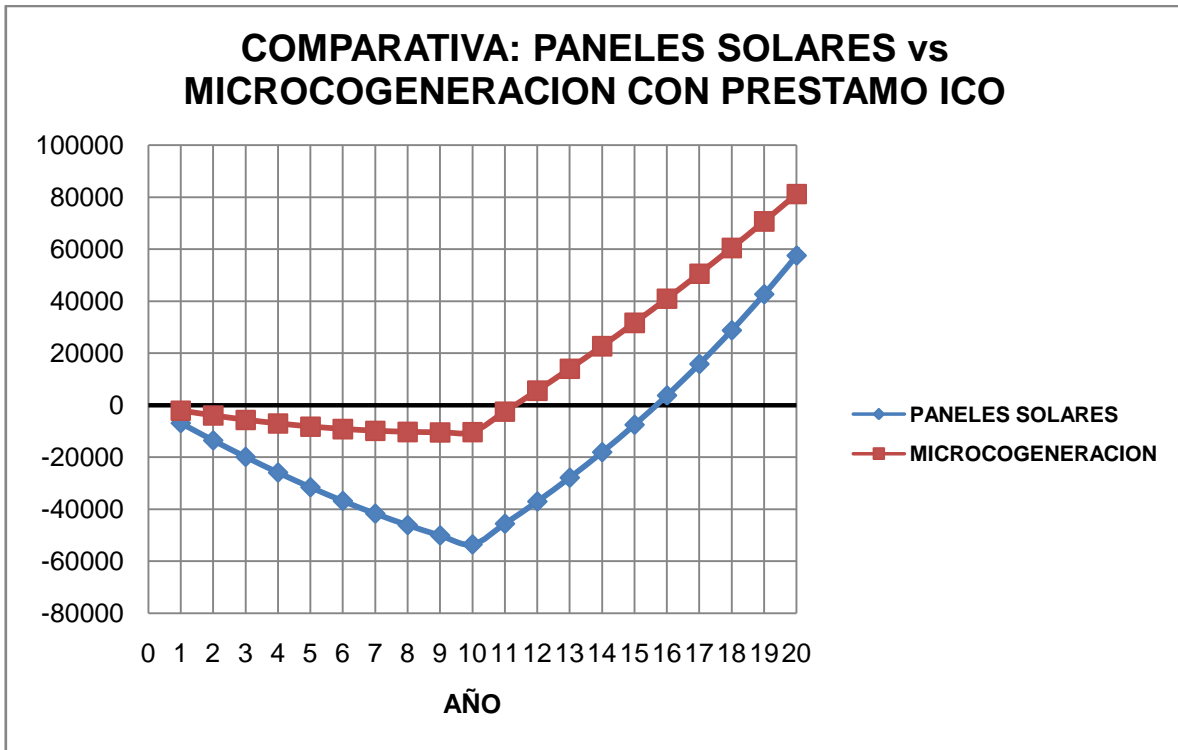


Fig 27. Comparativa entre sistema solar térmico y sistema microgeneración con solicitud de préstamo.

6. CONCLUSIONES

El estudio realizado en este proyecto ha dado las pautas básicas referentes a la legislación de ahorro energético y régimen especial que existe en España para poder instalar un sistema de microgeneración, tecnología no muy vista hoy en día en edificios de viviendas pero que puede llegar a ser una alternativa real a los sistemas solares térmicos.

Esta alternativa puede ser importante si hay factores que la favorecen como son:

- Evolución sostenible del precio del gas natural. Esta tecnología como se ha visto en el estudio económico del apartado 5 depende en gran medida de que el precio del gas no evolucione de una forma demasiado rápida.
- Apuesta del Estado por la tecnología. Sobre todo con referencia a las primas que se dan por la inyección de energía eléctrica a la red.
- Evolución de la tecnología. Principalmente para aumentar el rendimiento de los motores respecto al gas que consumen, en este proyecto se ha podido ver que mientras las calderas de condensación toman unos valores de rendimiento del 106%, los motores de microgeneración alcanzan un 72 %.

Si estos factores comentados van a favor de este tipo de tecnología, puede ser la mejor alternativa a los sistemas solares térmicos que exige la legislación vigente respecto a edificios de nueva construcción. Sobre todo si se refiere a edificios de un gran número de viviendas, más concretamente edificios de muchas plantas, donde supone un problema de espacio la colocación de placas solares para el sistema solar térmico.

En el caso del edificio en estudio en este proyecto, se está hablando de un edificio de 4 plantas y 6 portales, en este edificio para cumplir con el 60% de la demanda de ACS, en el estudio del sistema solar térmico han sido estimados 51 captadores de una superficie real de 2,5 m² lo que supone una superficie de casi 130 m² de placas solares en el tejado del edificio. Si se estuviera hablando de un edificio de un número considerable de plantas con menos portales, y por tanto menos superficie de tejado, puede llegar un momento que no sea posible la colocación de un sistema solar térmico y en este caso una de las mejores alternativas puede ser un sistema de microgeneración.

REFERENCIAS

[1] REAL DECRETO 616/2007, de 12 de mayo: Anexo I. Tecnologías de cogeneración consideradas. Pag.20608 BOE núm.114.

[2] REAL DECRETO 616/2007, de 12 de mayo: Anexo II. Cálculo de la electricidad de cogeneración. Pag.20608 BOE núm.114.

[3] REAL DECRETO 616/2007, de 12 de mayo: Anexo III. Método de determinación de la eficiencia del proceso de cogeneración. Pag.20608 BOE núm. 114.

[4] REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo: Artículo 2. Ámbito de aplicación. Pag.22848 BOE núm. 126.

[5] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 4. Apartado 2.1. Contribución solar mínima.

[6] REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero: Artículo 2. Ámbito de aplicación. Pag.4501 BOE núm. 27.

[7] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 1.1. Ámbito de aplicación.

[8] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 3.2.1.2. Aplicabilidad.

[9] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apéndice H. Fichas justificativas de la opción simplificada.

[10] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apéndice D. Zonas climáticas.

[11] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 2.1. Demanda energética. Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U.

[12] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 2.1. Demanda energética. Tabla 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios.

[13] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 3.2.3.1. Condensaciones superficiales. Tabla 3.2. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{RSI,min}$.

[14] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apartado 3.1.2 Clasificación de los espacios. Punto 3.

[15] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apéndice G. Apartado G.2.1.1. Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento.

[16] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 1. Apéndice G. Apartado G.2.2. Condensaciones Intersticiales.

[17] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio. IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimiento energético de los generadores de calor.

[18] REAL DECRETO 275/1995, de 24 de febrero. Anexo III. Requisitos de rendimiento.

[19] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio. IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.1.2.2 Fraccionamiento de potencia.

[20] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.1.2.3 Regulación de quemadores.

[21] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías.

[22] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.2.4 Caída de presión en componentes.

[23] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.2.5 Eficiencia energética de los equipos para transporte de fluidos.

[24] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.3.1 Control de las instalaciones de climatización.

[25] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.3.3 Control de la calidad del aire interior.

[26] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.3.3 Control de instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria.

[27] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.3.2 Control de las condiciones termo-higrométricas.

[28] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.4 Contabilización de consumos.

[29] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.5.3 Estratificación.

[30] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.5.4 Zonificación.

[31] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética. Apartado IT 1.2.4.7. Limitación de la utilización de energía convencional para la producción de calefacción.

[32] REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio: IT 1. Diseño y dimensionado. Pag.35945 BOE núm. 207.

[33] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 4. Apartado 2.1. Contribución solar mínima.

[34] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 4. Apartado 3.1.2 Zonas climáticas.

[35] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 4. Apartado 3.1.1 Calculo de la demanda.

[36] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 4. Apartado 3.1.1 Calculo de la demanda. Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C

[37] Documento Básico HE Ahorro de Energía. Sección HE 5. Apartado 1.1. Ámbito de aplicación.

[38] REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo: Anexo I. Rendimiento mínimo para las instalaciones de producción. Pag.22874 BOE núm. 126.

[39] Información técnica de calderas EuroCondens SGB90-250C. Pag.5.

[40] www.gasnatural.com. Sección Pymes y Comunidades de Propietarios. Energía. Gas Natural.

[41] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Tarifas y primas de instalaciones en régimen especial.

BIBLIOGRAFIA

PAGINAS WEB:

<http://www.cogenspain.org/>

<http://www.idae.es/>

<http://www.icogen-sa.com/>

<http://www.mityc.es/>

<http://www.codigotecnico.org/>

<http://noticias.juridicas.com/>

<http://www.senertec.de/es/>

<http://www.ico.es/>

<http://www.gasnatural.com>

<http://www.finanzas.com>

NORMAS:

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo. BOE núm. 114. Sábado 12 mayo 2007.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo. BOE núm. 126. Sábado 26 mayo 2007.

Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 47/2007, de 19 de enero. BOE núm. 27. Miércoles 31 enero 2007.

Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. BOE núm. 207. Miércoles 29 agosto 2007.

DOCUMENTOS:

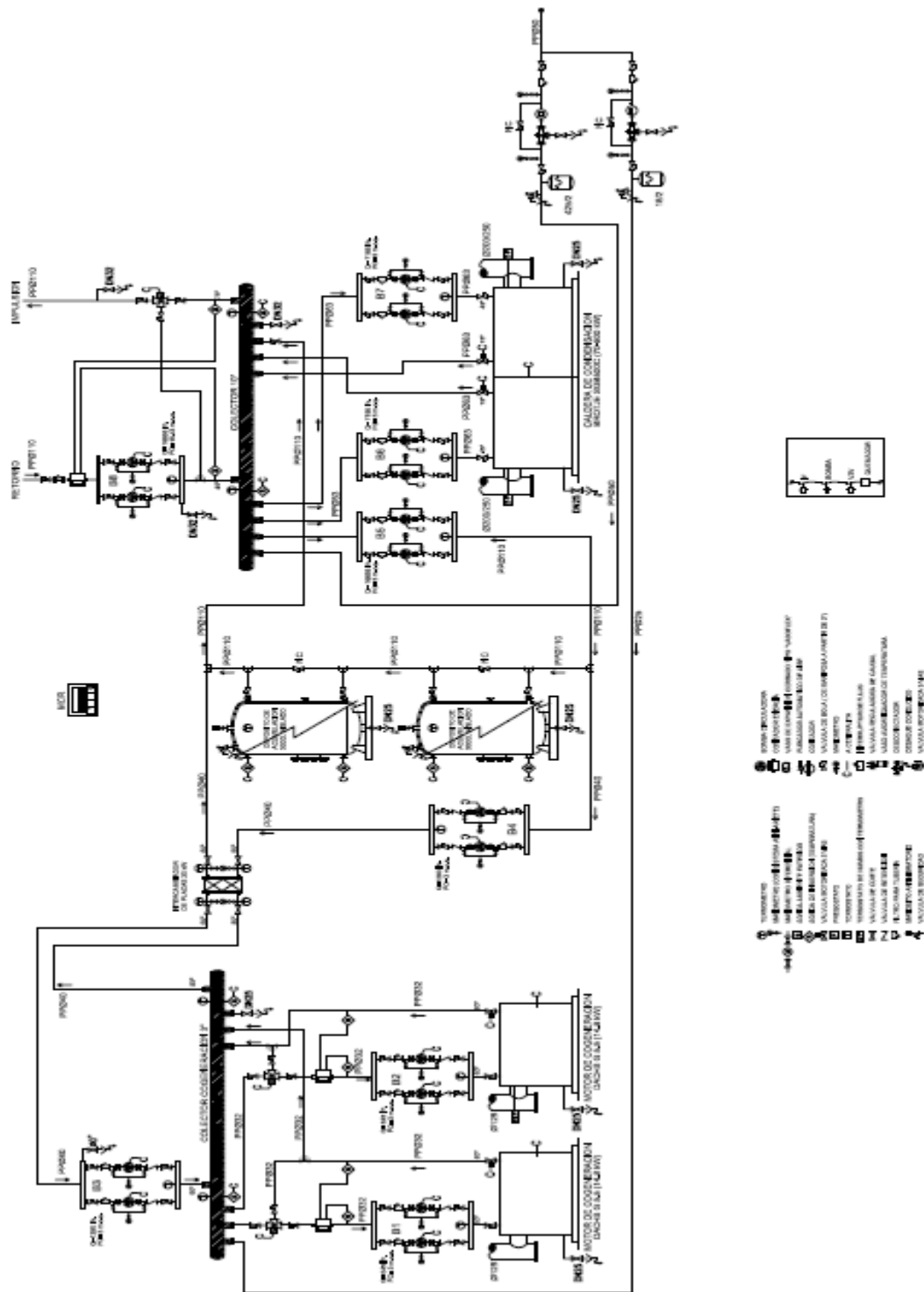
IDAE. “Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)”. Madrid, noviembre de 2007.

Ministerio de Fomento. “Documento Básico HE. Ahorro de energía”. Abril 2009.

ANEXO A: DISPOSICIÓN DE LAS VIVIENDAS

PORTAL	PLANTA	VIVIENDA TIPO																							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24
PORTAL A	BAJA			A					B																
	PRIMERA									D	B									C					A
	SEGUNDA									D	B								C						A
	ATICO														A	B									
PORTAL B	BAJA			A	D	B			C																
	PRIMERA				D	B				C	A														
	SEGUNDA					B				C	A							D							
	ATICO														A	B									
PORTAL C	BAJA						A	B																C	
	PRIMERA						A				B	C													
	SEGUNDA						A				B	C													
	ATICO															A									
PORTAL D	BAJA						A	B																	
	PRIMERA						A				B	C													
	SEGUNDA						A				B	C													
	ATICO																A								
PORTAL E	BAJA			A		B																		C	
	PRIMERA					B				C	A												D		
	SEGUNDA					B				C	A								D						
	ATICO															A						B			
PORTAL F	BAJA			B																					
	PRIMERA	C	A							D	B														
	SEGUNDA	C	A							D	B														
	ATICO														A	B									

ANEXO B: ESQUEMA DETALLADO DE FUNCIONAMIENTO



ANEXO C. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN

ZONA CLIMÁTICA D3		Zona de BAJA carga interna			
MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
N	P1004 FACHADA	676,89	0,595	403,05	$\Sigma A = 676,89$ $\Sigma A \cdot U = 403,05$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
E	P1004 FACHADA	902,63	0,595	537,46	$\Sigma A = 902,63$ $\Sigma A \cdot U = 537,46$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
O	P1004 FACHADA	869,09	0,595	517,49	$\Sigma A = 869,09$ $\Sigma A \cdot U = 517,49$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
S	P1004 FACHADA	715,19	0,595	425,85	$\Sigma A = 715,19$ $\Sigma A \cdot U = 425,85$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$

SUELOS (U_{Sm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	1.556,03	0,411	640,02	$\Sigma A = 1.630,57$ $\Sigma A \cdot U = 677,80$ $U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,42$
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	41,51	0,540	22,42	
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	0,57	0,161	0,09	
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	32,46	0,471	15,28	

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm}, F_{Lm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
P1004 FORJADO PLANTAS	23,61	0,078	1,84	$\Sigma A = 1.960,39$ $\Sigma A \cdot U = 707,65$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,36$
P1004 FORJADO PLANTAS	13,20	0,062	0,82	
P1004 CUB TRANSITABLE	978,12	0,366	358,28	
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	34,63	0,383	13,28	
P1004 CUBIERTA NO TRANSITABLE	910,83	0,366	333,44	

HUECOS (U_{Hm}, F_{Hm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
N	P965 VN	82,17	2,880	$\Sigma A = 82,17$ $\Sigma A \cdot U = 236,65$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,88$

Tipos		A (m²)	U	F	A·U	A·F (m²)	Resultados
E	P965 VN	186,75	2,880	0,62	537,84	115,40	$\Sigma A = 186,75$ $\Sigma A \cdot U = 537,84$ $\Sigma A \cdot F = 115,40$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,88$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,62$
O	P965 VN	212,69	2,880	0,62	612,54	131,42	$\Sigma A = 212,69$ $\Sigma A \cdot U = 612,54$ $\Sigma A \cdot F = 131,42$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,88$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,62$
S	P965 VN	148,66	2,880	0,62	428,14	91,83	$\Sigma A = 148,66$ $\Sigma A \cdot U = 428,14$ $\Sigma A \cdot F = 91,83$ $U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 2,88$ $F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,62$

ZONA CLIMÁTICA D3	Zona de ALTA carga interna
-------------------	----------------------------

MUROS (U_{Mm}) y (U_{Tm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
N	P1004 FACHADA	82,75	0,595	49,27	$\Sigma A = 82,75$ $\Sigma A \cdot U = 49,27$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
E	P1004 FACHADA	56,45	0,595	33,61	$\Sigma A = 56,45$ $\Sigma A \cdot U = 33,61$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
O	P1004 FACHADA	43,37	0,595	25,83	$\Sigma A = 43,37$ $\Sigma A \cdot U = 25,83$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$
S	P1004 FACHADA	165,39	0,595	98,48	$\Sigma A = 165,39$ $\Sigma A \cdot U = 98,48$ $U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,60$

SUELOS (U_{Sm})					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE		699,47	0,411	287,70	$\Sigma A = 699,47$ $\Sigma A \cdot U = 287,70$ $U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,41$

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U_{Cm} , F_{Lm})				
Tipos	A (m ²)	U (W/m ² ·°K)	A·U (W/°K)	Resultados
P1004 CUBIERTA NO TRANSITABLE	344,24	0,366	126,02	$\Sigma A = 344,24$ $\Sigma A \cdot U = 126,02$ $U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,37$

ANEXO D: FORMULARIOS DE CONFORMIDAD DE DEMANDA ENERGÉTICA

ZONA CLIMÁTICA D3	Zona de BAJA carga interna
-------------------	----------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}$	U_{\max}
Muros de fachada	0,60	0,860
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0,00	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,39	
Suelos	0,54	0,64
Cubiertas	0,38	0,49
Vidrios de huecos y lucernarios	2,88	3,50
Marcos de huecos y lucernarios	0,00	
Medianerías	0,00	1,00

Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾	0,82	≤	1,2 w/m ² -K
----------------------------------------------------------------	------	---	-------------------------

MUROS DE FACHADA			
	U_{Mm}		U_{Mlim}
N	0,60	≤	0,66
E	0,60		
O	0,60		
S	0,60		
SE	0,00		
SO	0,00		

HUECOS					
U_{Hm}		U_{Hlim}		F_{Hm}	F_{Hlim}
2,88	≤	3,50			
2,88	≤	3,50	0,62	≤	-
2,88	≤	3,50	0,62	≤	-
2,88	≤	3,50	0,62	≤	-
0,00	≤	3,50	0,00	≤	-
0,00	≤	3,50	0,00	≤	-

CERR. CONTACTO TERRENO		
U_{Tm}		U_{Tlim}
0,00	≤	0,66

SUELOS		
U_{Sm}		U_{Slim}
0,42	≤	0,49

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS		
U_{Cm}		U_{Clim}
0,36	≤	0,38

LUCERNARIOS		
F_{Lm}		F_{Llim}
0,00	≤	0,28

ZONA CLIMÁTICA D3	Zona de ALTA carga interna
--------------------------	-----------------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\max(\text{proyecto})}$	U_{\max}
Muros de fachada	0,60	0,860
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0,00 ≤	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,47	
Suelos	0,41 ≤	0,64
Cubiertas	0,37 ≤	0,49
Vidrios de huecos y lucernarios	0,00	3,50
Marcos de huecos y lucernarios	0,00 ≤	
Medianerías	0,00 ≤	1,00

Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾	0,82 ≤	1,2 w/m ² ·K
----------------------------------------------------------------	--------	-------------------------

MUROS DE FACHADA			
	U_{Mm}		U_{Mlim}
N	0,60	≤	0,66
E	0,60		
O	0,60		
S	0,60		
SE	0,00		
SO	0,00		

HUECOS					
U_{Hm}		U_{Hlim}		F_{Hm}	F_{Hlim}
0,00	≤	3,50			
0,00	≤	3,50		0,00	≤ -
0,00	≤	3,50		0,00	≤ -
0,00	≤	3,50		0,00	≤ -
0,00	≤	3,50		0,00	≤ -
0,00	≤	3,50		0,00	≤ -

CERR. CONTACTO TERRENO		
U_{Tm}		U_{Tlim}
0,00	≤	0,66

SUELOS		
U_{Sm}		U_{Slim}
0,41	≤	0,49

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS		
U_{Cm}		U_{Clim}
0,37	≤	0,38

LUCERNARIOS		
F_{Lm}		F_{Llim}
0,00	≤	0,28

ANEXO E: FORMULARIOS DE CONFORMIDAD DE CONDENSACIONES

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS												
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales									
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmi}$	$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9	
P1004 FORJADO PLANTAS	f_{Rsi}	0,9805	$P_{sat,n}$	937,52	998,30	1.708,59	1.711,34	2.130,22	2.161,76	-	-	-
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	720,80	718,46	718,34	132,03	117,38	116,85	-	-	-
P1004 FACHADA	f_{Rsi}	0,8511	$P_{sat,n}$	993,86	1.010,05	1.021,48	2.109,92	2.179,43	-	-	-	-
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	443,88	409,09	409,09	130,76	116,85	-	-	-	-
P1004 TABIQUE ASCENSORES	f_{Rsi}	0,9593	$P_{sat,n}$	948,37	1.838,82	1.903,64	1.928,37	2.105,10	2.195,49	-	-	-
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	720,40	719,01	719,01	715,87	674,08	116,85	-	-	-
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	f_{Rsi}	0,8650	$P_{sat,n}$	2.288,16	2.208,53	1.928,60	989,78	-	-	-	-	-
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	162,54	238,68	714,60	722,21	-	-	-	-	-
P1004 FORJADO SOBRE GARAJE	f_{Rsi}	0,9596	$P_{sat,n}$	2.288,16	2.208,53	1.928,60	989,78	-	-	-	-	-
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	162,54	238,68	714,60	722,21	-	-	-	-	-
P1004 CUBIERTA NO TRANSITABLE	f_{Rsi}	0,9085	$P_{sat,n}$	928,06	940,54	1.901,05	1.924,48	1.952,83	1.976,82	2.017,38	2.241,70	2.261,26
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	718,13	717,90	712,07	711,83	128,85	128,61	120,45	116,95	116,85
P1004 CUB TRANSITABLE	f_{Rsi}	0,9084	$P_{sat,n}$	922,96	935,39	1.892,21	1.915,56	1.943,81	1.967,72	2.017,21	2.241,65	2.261,22
	f_{Rsmi}	0,6100	P_n	721,51	721,27	715,40	715,16	127,76	127,53	120,48	116,95	116,85

ANEXO F: CARACTERÍSTICAS CALDERA DE CONDENSACIÓN

EuroCondens		SGB 90 C	SGB 120 C	SGB 160 C	SGB 200 C	SGB 250 C
Contraseña homologación CE		CE-0085BN 0577				
Gasto nominal	kW	25,0-90,0	33,0-120,0	45,0-160,0	56,0-200,0	70,0-250,0
Potencia útil 40/30 °C	kW	26,6-94,9	35,2-126,4	48,1-166,4	59,8-208,0	74,8-257,5
Potencia útil 80/60 °C	kW	24,2-86,7	32,0-115,6	43,4-153,0	53,8-190,2	66,5-237,0
Rendimiento estacional 40/30 °C	%				109	
Rendimiento estacional 75/60 °C	%				106	
Presión máxima	bar				6	
Contenido agua caldera	l	12	15	20	23	26
Pérdida de carga circuito agua $\Delta T=20K$	mbar	30	34	35	42	51
Para un caudal de	m ³ /h	3,9	5,2	6,9	8,6	10,8
Pérdida de carga circuito agua $\Delta T=10K$	mbar	120	116	132	158	198
Para un caudal de	m ³ /h	7,8	10,4	13,8	17,2	21,5
Emisiones NOx	mg/kWh				<20	
Emisiones CO	mg/kWh				<10	
Peso	kg	175	200	250	270	300
Ida / Retorno KV / KR		R2"	R2"	Brida DN65	Brida DN65	Brida DN65
Gas		R1"	R1"	R11/2"	R11/2"	R11/2"
Evacuación condensados	mm				23	
Salida humos (di)	mm	152	152	182	182	182
(hA)	mm	333	327	359	359	359
Referencia		222725739	222625760	222625791	222625821	222625852
Precio	€	6500,-	7500,-	8600,-	10900,-	13600,-

ANEXO G: RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS DEL EDIFICIO

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN ESPACIOS EN PLANTA BAJA 0,250											
Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m ²)
ES-128 PE BAJO B	21 Diciembre 1hs	6.854	0,0	5,4	22,6	0,0	0,0	0,0	67,3	1,00	81,8
ES-8 PB BAJO C	21 Diciembre 1hs	7.423	0,0	10,9	22,2	0,0	0,0	0,0	62,1	1,00	90,8
ES-7 PB BAJO B	21 Diciembre 1hs	5.659	0,0	10,6	19,6	0,0	0,0	0,0	65,0	1,00	93,8
ES-6 PB BAJO B	21 Diciembre 1hs	6.798	0,0	6,2	23,0	0,0	0,0	0,0	66,0	1,00	82,4
ES-5 PA BAJO B	21 Diciembre 1hs	5.641	0,0	10,7	19,3	0,0	0,0	0,0	65,3	1,00	93,5
ES-4 PA BAJO A	21 Diciembre 1hs	6.881	0,0	6,2	23,8	0,0	0,0	0,0	65,2	1,00	83,4
ES-9 PB BAJO D	21 Diciembre 1hs	6.783	0,0	5,6	21,6	0,0	0,0	0,0	68,0	1,00	81,0
ES-12 PC BAJO A	21 Diciembre 1hs	7.689	0,0	10,6	22,5	0,0	0,0	0,0	62,1	1,00	95,6
ES-13 PC BAJO B	21 Diciembre 1hs	6.779	0,0	6,5	20,7	0,0	0,0	0,0	68,0	1,00	82,5
ES-14 PC BAJO C	21 Diciembre 1hs	5.687	0,0	10,4	20,1	0,0	0,0	0,0	64,7	1,00	97,6
ES-17 PD BAJO B	21 Diciembre 1hs	6.986	0,0	6,0	23,2	0,0	0,0	0,0	66,0	1,00	85,0
ES-19 PE BAJO C	21 Diciembre 1hs	7.413	0,0	11,2	21,9	0,0	0,0	0,0	62,2	1,00	90,6
ES-20 PD BAJO A	21 Diciembre 1hs	7.485	0,0	11,0	22,7	0,0	0,0	0,0	61,6	1,00	93,0
ES-26 PE BAJO A	21 Diciembre 1hs	6.852	0,0	6,4	23,3	0,0	0,0	0,0	65,5	1,00	83,1
ES-31 PF BAJO B	21 Diciembre 1hs	6.920	0,0	6,1	24,2	0,0	0,0	0,0	64,9	1,00	83,9

**RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN
ESPACIOS EN PLANTA PRIMERA 3,700**

Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m ²)
ES-56 PF 1ªA	21 Diciembre 1hs	7.230	0,0	10,2	19,0	0,0	0,0	0,0	63,8	1,00	85,8
ES-57 PF 1ªC	21 Diciembre 1hs	7.331	0,0	10,1	20,1	0,0	0,0	0,0	62,9	1,00	86,9
ES-64 PE 1ªC	21 Diciembre 1hs	6.686	0,0	6,0	18,1	0,0	0,0	0,0	69,0	1,00	80,3
ES-65 PE 1ªA	21 Diciembre 1hs	6.161	0,0	6,4	11,8	0,0	0,0	0,0	74,8	1,00	74,0
ES-66 PE 1ªD	21 Diciembre 1hs	6.580	0,0	10,3	12,7	0,0	0,0	0,0	70,1	1,00	80,5
ES-67 PE 1ªB	21 Diciembre 1hs	5.975	0,0	5,6	10,3	0,0	0,0	0,0	77,2	1,00	71,3
ES-68 PD 1ªA	21 Diciembre 1hs	6.542	0,0	10,8	11,8	0,0	0,0	0,0	70,5	1,00	81,3
ES-71 PD 1ªC	21 Diciembre 1hs	6.691	0,0	6,2	17,9	0,0	0,0	0,0	68,9	1,00	81,5
ES-72 PD 1ªB	21 Diciembre 1hs	6.092	0,0	6,7	10,6	0,0	0,0	0,0	75,7	1,00	74,2
ES-68	21 Diciembre 1hs	6.264	0,0	6,4	13,0	0,0	0,0	0,0	73,6	1,00	75,2
ES-69	21 Diciembre 1hs	6.157	0,0	6,4	11,7	0,0	0,0	0,0	74,9	1,00	73,9
ES-70	21 Diciembre 1hs	6.688	0,0	6,0	18,1	0,0	0,0	0,0	68,9	1,00	80,3
ES-71	21 Diciembre 1hs	6.160	0,0	6,4	11,8	0,0	0,0	0,0	74,9	1,00	74,0
ES-34 PA 1ªA	21 Diciembre 1hs	7.030	0,0	10,5	16,9	0,0	0,0	0,0	65,6	1,00	83,4
ES-35 PA 1ªC	21 Diciembre 1hs	7.330	0,0	10,1	20,1	0,0	0,0	0,0	62,9	1,00	86,9
ES-43 PB 1ªC	21 Diciembre 1hs	6.265	0,0	6,4	13,0	0,0	0,0	0,0	73,6	1,00	75,2
ES-44 PB 1ªA	21 Diciembre 1hs	6.159	0,0	6,4	11,7	0,0	0,0	0,0	74,9	1,00	73,9

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN ESPACIOS EN PLANTA PRIMERA 3,700											
Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m ²)
ES-44 PB 1ªD	21 Diciembre 1hs	6.429	0,0	9,9	11,4	0,0	0,0	0,0	71,7	1,00	78,6
ES-45 PB 1ª B	21 Diciembre 1hs	5.891	0,0	4,3	10,4	0,0	0,0	0,0	78,3	1,00	70,3
ES-46 PC 1ªA	21 Diciembre 1hs	6.518	0,0	10,5	11,8	0,0	0,0	0,0	70,7	1,00	81,0
ES-54 PC 1ºC	21 Diciembre 1hs	6.277	0,0	6,6	12,9	0,0	0,0	0,0	73,5	1,00	76,5
ES-55 PC 1ªB	21 Diciembre 1hs	6.092	0,0	6,7	10,6	0,0	0,0	0,0	75,7	1,00	74,2

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN ESPACIOS EN PLANTA SEGUNDA 6,650											
Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m ²)
ES-72 PB 2ªD	21 Diciembre 1hs	5.726	0,0	19,4	15,0	0,0	0,0	0,0	58,7	1,00	70,0
ES-75 PB 2ºC	21 Diciembre 1hs	6.650	0,0	13,6	10,0	0,0	0,0	0,0	69,3	1,00	79,8
ES-76 PB 2ªA	21 Diciembre 1hs	6.459	0,0	11,7	10,0	0,0	0,0	0,0	71,4	1,00	77,6
ES-79 PA 2ªA	21 Diciembre 1hs	6.993	0,0	17,9	9,2	0,0	0,0	0,0	65,9	1,00	82,9
ES-80 PA 2ºC	21 Diciembre 1hs	7.016	0,0	17,8	9,5	0,0	0,0	0,0	65,7	1,00	83,2
ES-81 PC 2ºC	21 Diciembre 1hs	6.661	0,0	13,7	10,1	0,0	0,0	0,0	69,2	1,00	81,1
ES-82 PC 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.383	0,0	11,8	8,9	0,0	0,0	0,0	72,2	1,00	77,8
ES-84 PC 2ªA	21 Diciembre 1hs	7.434	0,0	15,8	15,2	0,0	0,0	0,0	62,0	1,00	92,4
ES-85 PB 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.335	0,0	10,4	9,9	0,0	0,0	0,0	72,8	1,00	75,6

**RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN
ESPACIOS EN PLANTA SEGUNDA 6,650**

Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m²)
ES-86 PE 2°C	21 Diciembre 1hs	6.636	0,0	13,5	10,1	0,0	0,0	0,0	69,5	1,00	79,7
ES-91 PF 2°C	21 Diciembre 1hs	7.003	0,0	17,6	9,5	0,0	0,0	0,0	65,8	1,00	83,1
ES-92 PF 2ªA	21 Diciembre 1hs	6.992	0,0	17,9	9,2	0,0	0,0	0,0	65,9	1,00	82,9
ES-93 PF 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.457	0,0	11,6	10,0	0,0	0,0	0,0	71,4	1,00	77,5
ES-94 PF 2ªD	21 Diciembre 1hs	6.637	0,0	13,5	10,1	0,0	0,0	0,0	69,5	1,00	79,7
ES-95 PE 2ªA	21 Diciembre 1hs	6.459	0,0	11,7	10,0	0,0	0,0	0,0	71,4	1,00	77,6
ES-96 PE 2ªD	21 Diciembre 1hs	7.127	0,0	16,2	12,1	0,0	0,0	0,0	64,7	1,00	87,1
ES-97 PE 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.413	0,0	11,4	9,8	0,0	0,0	0,0	71,9	1,00	76,6
ES-98 PD 2ªA	21 Diciembre 1hs	7.447	0,0	20,6	10,5	0,0	0,0	0,0	61,9	1,00	92,6
ES-101 PD 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.383	0,0	11,8	8,9	0,0	0,0	0,0	72,2	1,00	77,8
ES-102 PC 2ªD	21 Diciembre 1hs	6.661	0,0	13,7	10,1	0,0	0,0	0,0	69,2	1,00	81,1
ES-103 PA 2ªB	21 Diciembre 1hs	6.457	0,0	11,6	10,0	0,0	0,0	0,0	71,4	1,00	77,5
ES-104 PA 2ªD	21 Diciembre 1hs	6.649	0,0	13,6	10,0	0,0	0,0	0,0	69,3	1,00	79,8

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN ESPACIOS EN PLANTA ATICO 9,800											
Espacio	Fecha	GTH (W)	RSC (%)	TEN (%)	TPA (%)	OC (%)	IL (%)	EQ (%)	VE (%)	ESHF	Ratio (W/m ²)
ES-118 PA ATICO A	21 Diciembre 1hs	7.606	0,0	22,9	11,1	0,0	0,0	0,0	59,0	1,00	103,1
ES-119 PA ATICO B	21 Diciembre 1hs	7.698	0,0	21,9	11,2	0,0	0,0	0,0	59,9	1,00	92,4
ES-120 PB ATICO A	21 Diciembre 1hs	7.698	0,0	21,9	11,2	0,0	0,0	0,0	59,9	1,00	92,4
ES-121 PB ATICO B	21 Diciembre 1hs	8.203	0,0	20,6	16,2	0,0	0,0	0,0	56,2	1,00	100,0
ES-122 PC ATICO A	21 Diciembre 1hs	7.945	0,0	18,1	16,9	0,0	0,0	0,0	58,0	1,00	95,4
ES-123 PD ATICO A	21 Diciembre 1hs	8.209	0,0	20,5	16,4	0,0	0,0	0,0	56,2	1,00	98,6
ES-124 PF ATICO B	21 Diciembre 1hs	8.107	0,0	20,0	16,2	0,0	0,0	0,0	56,9	1,00	97,3
ES-125 PF ATICO A	21 Diciembre 1hs	7.879	0,0	21,2	14,8	0,0	0,0	0,0	57,0	1,00	106,8
ES-126 PE ATICO B	21 Diciembre 1hs	8.454	0,0	22,8	15,7	0,0	0,0	0,0	54,5	1,00	103,0
ES-127 PE ATICO A	21 Diciembre 1hs	8.065	0,0	19,6	16,3	0,0	0,0	0,0	57,2	1,00	96,8

Dónde:

- *GTH: Carga térmica total (W)*
- *RSC: Ganancias por radiación solar (% carga total)*
- *TEN: Transmisión a través de la envolvente (% carga total)*
- *TPA: Transmisión por particiones y huecos (% carga total)*
- *OC: Fuentes internas ocupación (% carga total)*
- *IL: Fuentes internas iluminación (% carga total)*
- *EQ: Fuentes internas equipos (% carga total)*
- *VE: Ventilación e infiltraciones (% carga total)*
- *ESHF: Factor de carga sensible del espacio*

ANEXO H: DATOS TÉCNICOS MOTORES DACHS




Dachs
La Micro-cogeneración



Datos técnicos - DachS

Modelo	Dachs ¹⁾		G 5.5	G 5.5 Condensación ²⁾	G 5.0 Bajo NOx	G 5.0 Bajo NOx Condensación ²⁾	F 5.5 Bajo NOx	F 5.5 Bajo NOx Condensación ²⁾
Combustible	Gas natural		Gas natural		Gas natural		Propano	
Potencia eléctrica [kW] ³⁾	5,5		5,5		5,0		5,5	
Potencia térmica [kW] ⁴⁾	12,5	14,8	12,3	14,6	12,5	14,8		
Consumo de combustible [kW] ⁷⁾	20,5		19,6		20,5			
Consumo eléctrico [kW _{el}] ⁸⁾	0,12		0,12		0,12			
Temperatura de ida máx.	83 °C		83 °C		83 °C			
Temperatura de retorno máx.	70 °C		70 °C		70 °C			
Tensión / Frecuencia	3 ~ 230 V / 400 V 50 Hz		3 ~ 230 V / 400 V 50 Hz		3 ~ 230 V / 400 V 50 Hz			
Rendimientos:	(a una temperatura de retorno de 60°C/35°C y potencia nominal)							
- Eléctrico	27%		26%		26%		27%	
- Térmico	61%	72%	63%	74%	61%	72%		
- Global	88%	99%	89%	100%	88%	99%		
Coefficiente de cogeneración	0,44		0,41		0,44			
Emisión acústica [dB(A)] según DIN 45635-01	52 - 56							
Emisión de gases de escape < TA-Luft	X		X		X		X	
Intervalo de mantenimiento [horas de servicio]	3.500		3.500		3.500		3.500	
Índice mínimo de metano ⁹⁾	35		35		35		35	
Salida de gases de escape	Puede unirse a la salida de humos de caldera. Con o sin aporte de aire secundario.							
Emplazamiento	Salas de máquinas. De acuerdo a normativa vigente.							
Medidas [cm] y peso [kg]:	Anchura (sin controlador): 72 cm / Longitud: 107 cm / Altura: 100 cm / Peso: 530 kg							
Espacio requerido (Anchura/profundidad) [cm]:	Dachs: min. 192/182		Dachs Condensación: min. 192/202		Dachs SE Condensación: min. 290/202			

ANEXO I: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto 69 VIVIENDAS MARCHAMALO
		Comunidad Autónoma

1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto 69 VIVIENDAS MARCHAMALO		
Comunidad Autónoma	Localidad Zona D3	
Dirección del Proyecto		
Autor del Proyecto		
Autor de la Calificación		
E-mail de contacto		Teléfono de contacto (null)
Tipo de edificio Otros	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 66000.0
Superficie acondicionada (m ²) 7089.91	Superficie no acondicionada (m ²) 3909.19	Superficie de plenums (m ²) 0.00

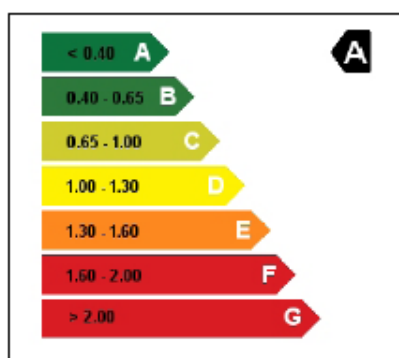
2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m ²)	69.1	23.0	3.00	G
Demanda Refri. (kW·h/m ²)	52.6	63.3	0.83	C

Emisiones Climat. (kg CO ₂ /m ²)	1.7	21.1	0.08	A
Emisiones ACS (kg CO ₂ /m ²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO ₂ /m ²)	5.8	9.5	0.61	B
Emisiones Tot. (kg CO₂/m²)	7.5	30.6	0.25	A

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	146026.3	812310.2
Energía Final (kWh/(m ² ·año))	13.3	73.9
En. Primaria (kWh/año)	332685.2	1311769.3
En. Primaria (kWh/(m ² ·año))	30.2	119.3
Emisiones (kg CO ₂ /año)	82947.6	336277.3
Emisiones (kg CO ₂ /(m ² ·año))	7.5	30.6

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.