



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMART READINESS INDICATOR A EDIFICIOS DE UNIZAR COMO HERRAMIENTA DE TOMA DE DECISIONES DE MEJORA

Autor

Fernando Gracia Alconchel

Directora

Belén Zalba Nonay

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutora Belén Zalba, por su dedicación, su paciencia y su interés contagioso por hacer las cosas bien.

A Miguel García-Monge por su colaboración y su constante disposición a ayudar.

Al Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) por apoyar la realización de este trabajo con su beca para prácticas con TFM.

A David Cambra por su colaboración y su disponibilidad a lo largo del trabajo.

Al Servicio de Mantenimiento, Salvador Nevot y los Jefes Técnicos de los Campus, Manuel Bayod, Julio Roy y Francisco Pérez, por su atención y su buena disposición durante las reuniones.

Resumen

Este trabajo se centra en el estudio de la metodología **Smart Readiness Indicator** (SRI) y su aplicación a edificios de la Universidad de Zaragoza, evaluando de manera cuantificable y comparativa su nivel de preparación inteligente. Se analiza la influencia de los sistemas de regulación y control en el funcionamiento de los edificios, empleando la metodología SRI como fundamento para la toma de decisiones de rehabilitación.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una revisión de la bibliografía relevante, comenzando por la **normativa** a través de la que se ha desarrollado esta metodología, desde su origen hasta el momento de realización de este trabajo. Debido a la novedad de este indicador, los **casos de aplicación** publicados son reducidos, por lo que se han recopilado todos estos artículos y las conclusiones de sus autores, a partir de las cuales se han trazado los objetivos de este trabajo.

En el siguiente apartado, se explica la metodología de cálculo de resultados y se establece el alcance del trabajo, presentando los **25 casos de estudio** (método simplificado, versión 4.5), justificando su elección y explicando el proceso de evaluación de los edificios.

Seguidamente, se presentan los resultados obtenidos, proporcionando en primer lugar una visión general del estado de los edificios evaluados, donde se observa el **margen de mejora** existente en la Universidad de Zaragoza. Se analizan en profundidad los resultados obtenidos en la Facultad de Filosofía y Letras, con una puntuación muy superior al resto, y se detallan los puntos fuertes y débiles de este edificio para posteriormente hacer lo mismo a nivel general.

A continuación, se contrastan los resultados obtenidos con los encontrados en dos fuentes, la plataforma **SRI2MARKET** y la iniciativa **SRI-UMH**. La primera recoge el mayor volumen existente de edificios evaluados, la mayoría de ellos con puntuaciones inferiores a las de los edificios de UNIZAR, si bien el reducido número de edificios educacionales supone una limitación. Por otro lado, SRI-UMH ofrece informes detallados que permiten la comparación con otros edificios académicos similares. También se comparan los resultados obtenidos al evaluar el mismo edificio por los **dos métodos** propuestos por la metodología SRI, y se comparan las puntuaciones de los edificios con **otros indicadores** del funcionamiento de estos, encontrando una relación entre el SRI y el consumo energético, pero no pudiendo hacer lo mismo en relación con el confort de los usuarios con el dato escogido como indicador.

Por último, se ha elegido un edificio de baja puntuación, la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de Huesca, y se plantean una serie de **mejoras** basadas en los servicios recopilados en la herramienta SRI. Se ha vuelto a calcular su puntuación teniendo en cuenta estas mejoras, y se ha estimado el **ahorro energético** que se conseguiría con estas medidas aplicando la metodología detallada en la norma UNE-EN ISO 52120-1.

Finalmente, se extraen conclusiones, siendo la principal la gran influencia de **la regulación y el control** en el funcionamiento de los edificios, y se trazan una serie de líneas de futuro para dar continuidad a este trabajo.

Contenido

Agradecimientos	2
Resumen	3
Nomenclatura	5
Listado de ilustraciones	7
Listado de tablas	8
Contexto y motivación	9
1. Introducción	10
2. Estado del arte	11
3. Objetivos	14
4. Metodología	15
5. Casos de estudio	19
6. Resultados	21
6.1. Comparación con otros edificios	28
6.2. Comparación entre métodos A y B	34
6.3. Comparación con otros KPIs	36
7. SRI como herramienta de mejora	41
8. Conclusiones	46
9. Líneas de futuro	48
Bibliografía	49
ANEXO 1: Normativa e iniciativas	54
ANEXO 2: Artículos sobre aplicación del SRI	57
ANEXO 3: Puntuaciones detalladas de los edificios evaluados	59
ANEXO 4: Facultad de Filosofía y Letras – Métodos A y B	84
ANEXO 5: Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación – Antes y después de las acciones de mejora	86

Nomenclatura

A

ACS: Agua Caliente Sanitaria

B

BACS: Building Automation and Control System (sistema de automatización y control de edificios)

BMS: Building Management System (sistema de gestión de edificios)

C

C: Cooling (refrigeración)

CO₂: dióxido de carbono

COP: Coefficient of Performance (coeficiente de rendimiento)

D

DE: Dynamic Envelope (envolvente dinámica)

DSM: Demand Side Management (gestión del lado de la demanda)

DHW: Domestic Hot Water (agua caliente sanitaria)

E

E: Electricidad

EPBD: Energy Performance of Buildings Directive (Directiva de Eficiencia Energética en Edificios)

EV: Electric vehicle (vehículo eléctrico)

H

H: Heating (calefacción)

I

IEQ: Indoors Environmental Quality (calidad del ambiente interior)

K

KPI: Key Performance Indicator (indicador clave de rendimiento)

L

L: Lighting (iluminación)

M

MC/MyC: Monitorización y Control

N

NF: Nivel de Funcionalidad

S

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos)

SRI: Smart Readiness Indicator (Indicador de Preparación Inteligente)

U

UE: Unión Europea

UMH: Universidad Miguel Hernández

V

V: Ventilación

VE: Vehículo Eléctrico

Listado de ilustraciones

Ilustración 1: Funcionalidades clave, criterios de impacto y dominios técnicos ..	15
Ilustración 2: Puntuaciones por nivel de funcionalidad de un servicio	16
Ilustración 3: Zonas climáticas de la metodología SRI	17
Ilustración 4: Ponderación por funcionalidad clave y criterio de impacto	18
Ilustración 5: Puntuaciones totales SRI - Edificios UNIZAR	21
Ilustración 6: Distribución de edificios UNIZAR por clase SRI	22
Ilustración 7: Relación entre puntuación SRI y año de construcción.....	22
Ilustración 8: Puntuaciones de criterio de impacto - Facultad de Filosofía y Letras	24
Ilustración 9: Puntuaciones de dominio técnico - Facultad de Filosofía y Letras..	24
Ilustración 10: Ponderaciones de los dominios técnicos - Sur de Europa.....	25
Ilustración 11: Puntuaciones a nivel edificio, usuario y red – Edificios UNIZAR	25
Ilustración 12: Puntuaciones de criterio de impacto - Edificios UNIZAR	26
Ilustración 13: Puntuaciones de dominio técnico - Edificios UNIZAR.....	27
Ilustración 14: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET	29
Ilustración 15: Comparación de puntuaciones de edificio de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa.....	30
Ilustración 16: Comparación de puntuaciones de usuario de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa.....	30
Ilustración 17: Comparación de puntuaciones de red de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa	30
Ilustración 18: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET- Uso educacional	31
Ilustración 19: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET – España	32
Ilustración 20: Comparación de puntuaciones de UNIZAR con informes de SRI- UMH.....	33
Ilustración 21: Comparación entre método A y B - Facultad de Filosofía y Letras .	34
Ilustración 22: Comparación de métodos A y B aplicados a los mismos edificios	35
Ilustración 23: Ratio de gasto económico frente a puntuación SRI de eficiencia energética	36
Ilustración 24: Ratio de consumo de gas natural frente a puntuación SRI de eficiencia energética	37
Ilustración 25: Ratio de consumo de gas natural frente a puntuación SRI de eficiencia energética - edificios educacionales	37
Ilustración 26: Ratio de consumo eléctrico frente a puntuación SRI de eficiencia energética	38
Ilustración 27: Relación entre porcentaje de horas en franjas de temperatura y SRI de confort.....	40

Ilustración 28: Porcentaje de tiempo por franja de temperaturas en campus Río Ebro en febrero	40
Ilustración 29: Comparación de puntuaciones SRI antes y después de acciones de mejora en un edificio	43
Ilustración 30: Factores de eficiencia globales para energía térmica	44
Ilustración 31: Factores de eficiencia globales para energía eléctrica.....	44
Ilustración 32: Efecto de la preparación inteligente en el consumo energético: norma UNE 52120 frente a casos reales.....	45

Listado de tablas

Tabla 1: Resumen de artículos sobre aplicación del SRI	12
Tabla 2: Lista de edificios evaluados	20
Tabla 3: Resumen de edificios en SRI2MARKET	28
Tabla 4: Número de sensores por edificio de UNIZAR evaluado.....	39

Contexto y motivación

El origen de este trabajo tuvo lugar a finales del curso 2022-23, cuando me puse en contacto con Belén Zalba Nonay para realizar mi Trabajo de Fin de Máster dentro del contexto de trabajo de SensoriZAR, un proyecto de la Universidad de Zaragoza centrado en la monitorización digital de sus edificios. Anteriormente, había realizado mi Trabajo de Fin de Grado sobre el diseño de un dispositivo de medición de CO₂, motivado por la situación derivada de la pandemia del Covid-19, por lo que la realización de otro proyecto relacionado con la monitorización de la calidad del aire y las condiciones ambientales de los espacios de un edificio académico suponía una continuación de mi trabajo anterior.

Inicialmente, el enfoque del trabajo consistió en analizar el comportamiento térmico de los espacios de la Universidad de Zaragoza, basado en la inercia térmica de los mismos, a partir de datos medidos por la red de dispositivos de SensoriZAR, con el fin de proponer iniciativas de mejora centradas en la salud y el confort de las personas y la eficiencia energética de los edificios. Las mejoras que buscaba proponer con mi trabajo se basarían en el ajuste de los horarios de encendido y apagado de los sistemas de climatización para garantizar un consumo mínimo, y el uso de free-cooling nocturno para conseguir mejores condiciones ambientales en los espacios en los que fuera posible su aplicación.

Con el objetivo de que los resultados de mi trabajo fuesen útiles a UNIZAR, colaboré con la Oficina Verde, principalmente por medio de Miguel García-Monge, miembro de la Unidad Técnica de Construcciones y Energía durante el curso 2023-24, y quien también estaba realizando un TFM enfocado en este tema, de forma que intenté que mi trabajo y el suyo se complementaran. También durante este curso recibí una beca del Instituto de Investigación de Ingeniería de Aragón para la realización de mi TFM.

Durante una reunión con David Cambra, Jefe de la sección de energía y medioambiente de la Universidad de Zaragoza, se trató el tema de los horarios de encendido y apagado de los sistemas de climatización, y se planteó en qué edificios es necesario establecer horarios y cuáles podrían regularse por sí mismos. Así, me pregunté si existe alguna forma sistemática de saber si un edificio está preparado para realizar esta regulación, de cuantificar este nivel de preparación, y, en caso de que el edificio no esté preparado, de saber qué acciones se deberían llevar a cabo para alcanzar un mejor funcionamiento.

Revisando la bibliografía existente relacionada con estas cuestiones, encontré una metodología novedosa, denominada Smart Readiness Indicator, a través de la cual es posible cuantificar el nivel de preparación inteligente de un edificio. Además, el SRI puede ser una herramienta útil para la toma de decisiones de renovación de un edificio, al proporcionar un listado de servicios que mejoran su nivel de preparación inteligente.

El potencial del SRI, junto a su novedad, con pocos casos de aplicación publicados hasta el momento, y el hecho de que esta herramienta pasará a ser obligatoria en la Unión Europea en 2027, hizo que finalmente centrara mi TFM su aplicación en los edificios de UNIZAR, buscando los mismos objetivos de mejora de la eficiencia energética y las condiciones ambientales para las personas con las que inicié este trabajo.

1. Introducción

Los edificios suponen actualmente el mayor consumo energético dentro de la Unión Europea. Según la Comisión Europea, el **40% de la energía consumida** va destinada a edificios, que a su vez generan más de una tercera parte de las emisiones de gases de efecto invernadero [1]. Uno de los motivos principales de que este consumo sea tan elevado es que una gran parte del parque inmobiliario europeo está compuesto por **edificios antiguos y poco eficientes**.

Con el objetivo de combatir el cambio climático, la Unión Europea ha marcado como objetivo para 2030 reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los países miembros en un 55%, respecto a los niveles de 1990, siendo el objetivo a largo plazo convertirse en el primer continente climáticamente neutro antes de 2050 [2].

Para alcanzar estos objetivos, es fundamental mejorar el rendimiento energético y medioambiental del sector de la construcción en la Unión Europea. Tradicionalmente, las medidas para reducir el consumo energético de un edificio se han basado en la **reducción del consumo** energético, la **mejora de la eficiencia** de las instalaciones del edificio y la introducción de **energías renovables** generadas localmente. Sin embargo, en los últimos años, el uso de **Sistemas de Automatización y Control de Edificios** (BACS, en inglés) ha ganado importancia a la hora de aumentar el rendimiento energético de un edificio, pudiendo mejorar a la vez las condiciones de salud y confort para los usuarios de este.

El gran potencial que suponen los BACS ha motivado a la Unión Europea a adoptar una serie de normativas destinadas a fomentar su uso y promover la construcción de los denominados **Edificios Inteligentes** (Smart Buildings), modernizando el parque inmobiliario europeo y mejorando las prestaciones energéticas y medioambientales de sus edificios. Una de ellas, la Directiva UE 2018/844, relativa a la eficiencia energética de los edificios (Energy Performance of Buildings Directive) [3] sienta las bases para la creación de un indicador de la preparación inteligente de los edificios en los países miembros de la Unión Europea.

De esta forma, se creó el denominado **Smart Readiness Indicator (SRI)**, un marco común de la Unión Europea para evaluar el nivel de preparación de los edificios para ser inteligentes, definiendo la inteligencia de un edificio como “la capacidad de un edificio o sus sistemas para detectar, interpretar, comunicar y responder activamente de manera eficiente a las condiciones cambiantes en relación con el funcionamiento de los sistemas técnicos del edificio o el entorno externo (incluidas las redes de energía) y a las demandas de los ocupantes del edificio”. [4]

2. Estado del arte

El concepto de edificio inteligente no es nuevo, pero su definición ha ido cambiando con el paso del tiempo, conforme a la evolución de la tecnología existente y los cambios en la demanda de sus usuarios. En 1988, el Intelligent Building Institute en Washington define el edificio inteligente como aquel que “integra varios sistemas para gestionar eficazmente recursos de forma coordinada, con el fin de maximizar el **rendimiento técnico**, el ahorro de costes de inversión y explotación, y la flexibilidad” (citado en [5], [6]).

Esta definición no tiene en cuenta la interacción del edificio con sus usuarios y el bienestar de estos, por lo que en años posteriores se amplió el concepto de edificio inteligente. En 1997, T. Derek y J. Clements-Croome destacan la importancia de las **necesidades humanas**, a corto y a largo plazo, además de la eficiencia energética y económica, a la hora de considerar un edificio inteligente [7].

Posteriormente, en definiciones más recientes, se incluye, además de los aspectos ya mencionados, la capacidad de considerar señales externas provenientes de la red, como por ejemplo el precio de la electricidad o la congestión de la red eléctrica, lo que supondría cierto grado de **flexibilidad energética**, para poder considerar un edificio inteligente. La importancia de la flexibilidad energética deriva de la creciente integración de energías renovables en sustitución de las fuentes de energía no renovables tradicionales, para lo cual es necesario que la producción eléctrica y el consumo se coordinen por medio de una red inteligente (Smart Grid) [8].

Actualmente, el concepto de edificio inteligente tiene en cuenta todos los requerimientos anteriores. Sin embargo, la eficiencia energética sigue siendo el principal elemento motivador a la hora de diseñar nuevos edificios y rehabilitar edificios antiguos, por encima de las necesidades de los usuarios y la relación con la red. Esto se debe, principalmente, a que el factor con más peso en la toma de decisiones en la construcción y rehabilitación de edificios es la viabilidad económica [9], la cual va fuertemente ligada a la eficiencia energética. Numerosos autores han estudiado las ventajas económicas que supone invertir en instalaciones eficientes, no solo por implicar un ahorro económico a largo plazo al disminuir el consumo de energía [10], sino por la posibilidad de aumentar el valor económico de las propiedades construidas mediante la obtención de distintos certificados de eficiencia energética [11] [12].

Si bien la eficiencia energética es un factor fundamental a la hora de diseñar edificios, no debe ser el único. Es por ello por lo que la Comisión Europea ha diseñado, a través de la iniciativa Smart Readiness Indicator (SRI), un indicador de la preparación inteligente de los edificios basado en **tres funcionalidades clave**: optimizar la eficiencia energética y el rendimiento general del edificio en uso, adaptar su funcionamiento a las necesidades del ocupante, y adaptarse a las señales de la red (flexibilidad energética) [13].

En el **anexo 1** se recoge la historia del SRI, desde su concepción en 2018 hasta la fecha de elaboración de este trabajo, recogiendo la aportación gradual de las directivas a partir de las cuales se ha ido desarrollando la metodología actual, además de las iniciativas que se han creado para apoyar este desarrollo y facilitar la implementación de la metodología SRI en los distintos países de la Unión Europea.

Debido a la novedad de este indicador, el volumen de artículos que presenten casos de aplicación del SRI en edificios reales es reducido, por lo que en el **anexo 2** se han revisado todos los artículos de este tipo que se han encontrado, se ha explicado el procedimiento de cada estudio y se han resumido las conclusiones de sus autores. En la tabla 1 aparecen estos artículos junto a su información más relevante, para dar una visión del trabajo realizado hasta el momento sobre esta metodología.

Referencia	Año	País	Número de edificios	Tipo de edificio
[14]	2020	República Checa	4	Residencial y no residencial
[15]	2020	Finlandia	3	No residencial
[16]	2020	Italia	1	No residencial
[17]	2024	Italia	1	No residencial
[18]	2020	Chipre	1	No residencial
[19]	2021	Portugal	2	No residencial
[20]	2021	Italia	8	Residencial
[21]	2022	Dinamarca, República Checa, Grecia, Bulgaria, Austria	10	Residencial
[22]	2023	Lituania	1	No residencial
[6]	2024	Noruega	10	No residencial
[23]	2024	Grecia	1	No residencial

Tabla 1: Resumen de artículos sobre aplicación del SRI

Tras revisar la bibliografía existente relacionada con el Smart Readiness Indicator, es posible establecer una serie de conclusiones generales:

- El SRI es un indicador fundamental para lograr los objetivos marcados por la Unión Europea respecto a la rehabilitación energética del sector inmobiliario europeo y la transición a energías renovables. Es tal la importancia que se le da a esta metodología, que **en 2027 pasará a ser obligatoria** para edificios no residenciales de gran consumo.
- El SRI es una metodología novedosa, por lo que **el volumen de casos de aplicación en edificios reales es pequeño**, si bien va creciendo rápidamente debido al interés existente y su futura obligatoriedad.
- Una mayor puntuación SRI implica **mejores resultados en el funcionamiento del edificio**, por lo que la búsqueda de la mejora del resultado SRI de un edificio puede motivar las decisiones a la hora de llevar a cabo su rehabilitación, sirviendo esta herramienta como guía o **apoyo para posibles inversiones**.
- Varios autores coinciden en la posible subjetividad a la hora de evaluar un edificio, especialmente a la hora de decidir qué servicios son aplicables, dificultando la comparación de los resultados obtenidos por distintos asesores.
- El SRI mide la preparación inteligente de un edificio, por lo que no deberá sustituir, sino complementar, a otros certificados ya existentes relativos a eficiencia energética y sostenibilidad.
- Varios autores han intentado combinar la visión cualitativa del SRI con datos cuantitativos medibles, por lo que existe interés en analizar la relación entre la puntuación SRI y los datos reales de funcionamiento de un edificio.
- La norma UNE-EN ISO 52120-1 cuantifica el ahorro energético derivado del uso de BACS en los edificios, lo que le posiciona como una herramienta complementaria a la metodología SRI, existiendo un alto grado de sinergia entre ambas.
- Falta acuerdo o normalización en los indicadores para las políticas de rehabilitación de edificios.

3. Objetivos

En base a las conclusiones alcanzadas anteriormente, se detallan a continuación los objetivos que se pretende alcanzar con la realización de este trabajo.

- Aplicar la metodología SRI a un conjunto representativo de edificios de la Universidad de Zaragoza, cubriendo edificios tanto antiguos como modernos, en todos los campus que forman parte de UNIZAR.
- Analizar el estado de los edificios que conforman la Universidad de Zaragoza, buscando puntos fuertes y débiles en sus instalaciones a partir de los resultados de la valoración SRI.
- Comparar las puntuaciones obtenidas con las de los casos de aplicación del método SRI encontrados, tanto a nivel nacional como a nivel europeo.
- Comparar las puntuaciones SRI obtenidas con los datos medidos en los edificios evaluados, relativos a eficiencia energética y el confort de los usuarios, y analizar en qué medida los resultados de este método reflejan la realidad del funcionamiento de los edificios.
- Comparar los métodos A y B de aplicación del SRI, realizando ambos análisis y comparando los resultados obtenidos para un mismo edificio.
- Plantear la metodología SRI como una herramienta para guiar las acciones de mejora y rehabilitación de los edificios, analizando los efectos que tendrían en los resultados obtenidos diversas propuestas de intervenciones futuras.

4. Metodología

El Smart Readiness Indicator de un edificio se expresa como porcentaje y representa la relación entre el nivel de preparación inteligente del edificio respecto a la preparación inteligente máxima que podría alcanzar. Este concepto de preparación inteligente se basa en **tres funcionalidades clave** definidas en la EPBD:

1. Eficiencia energética y rendimiento del edificio.
2. Respuesta a las necesidades de los ocupantes.
3. Flexibilidad energética, incluyendo la capacidad del edificio para permitir la participación en la respuesta a la demanda a partir de señales de la red.

La puntuación relativa a estas tres funcionalidades clave viene definida por la evaluación de **siete criterios de impacto**:

1. Eficiencia energética.
2. Mantenimiento y predicción de fallos.
3. Comodidad.
4. Facilidad de uso.
5. Salud, bienestar y accesibilidad.
6. Información a los ocupantes.
7. Flexibilidad energética y almacenamiento de energía.

Cada uno de estos criterios se considera para una sola de las tres funcionalidades clave, siendo los dos primeros pertinentes a la eficiencia energética, los cuatro siguientes a las necesidades de los ocupantes y el último a la flexibilidad energética, tal y como se representa en la ilustración 1.

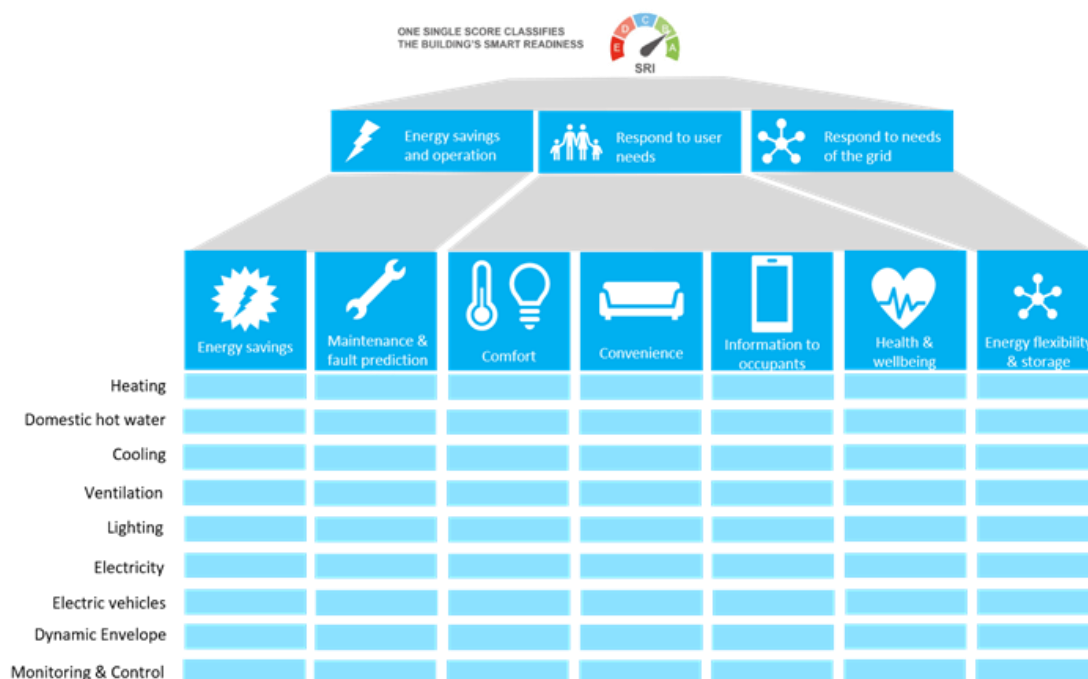


Ilustración 1: Funcionalidades clave, criterios de impacto y dominios técnicos [24]

La metodología SRI se basa en la evaluación de los servicios inteligentes presentes en un edificio. Estos servicios aparecen recogidos en el denominado **catálogo de servicios**, agrupados en **nueve dominios técnicos**:

1. Calefacción.
2. Refrigeración.
3. Agua caliente sanitaria.
4. Ventilación.
5. Iluminación.
6. Envolvente dinámica del edificio.
7. Electricidad.
8. Carga de vehículos eléctricos.
9. Monitorización y control.

Los Estados miembros pueden elaborar catálogos de servicios personalizados siempre que abarquen estos nueve dominios técnicos, o adoptar los catálogos de servicios predeterminados, desarrollados y revisados por el equipo de apoyo del SRI. Existen dos catálogos en función del número de servicios incluidos, el denominado **método A** o simplificado consta de 27 servicios, mientras que el **método B** o detallado consta de 54 servicios. Existe un método C, todavía en desarrollo, que aportaría una cuantificación del rendimiento real del edificio en uso.

Los catálogos enumeran los servicios relevantes, definiendo para cada uno los **niveles de funcionalidad** que es posible alcanzar en función de las características del servicio en caso de que exista en el edificio evaluado. Un nivel de funcionalidad más alto refleja una implementación más inteligente del servicio. Para cada nivel de funcionalidad, el catálogo especifica cómo afecta a la puntuación de cada uno de los criterios de impacto. En la ilustración 2 se pueden ver estas puntuaciones para el servicio H1a, “Control de emisores de calor”, dentro del dominio de calefacción.

H1a PUNTUACIÓN DE IMPACTO DEL SERVICIO							
Catálogo A & B	 Eficiencia energética	 Flexibilidad energética	 Comodidad	 Facilidad de uso	 Salud, bienestar y accesibilidad	 Mantenimiento	 Información a los ocupantes
NIVEL 0	0	0	0	0	0	0	0
NIVEL 1	1	0	1	1	1	0	0
NIVEL 2	2	0	2	2	2	0	0
NIVEL 3	2	0	2	3	2	1	0
NIVEL 4	3	0	2	3	2	1	0
Standard	ISO 52120-1	-	-	-	-	-	-

Ilustración 2: Puntuaciones por nivel de funcionalidad de un servicio [4]

Una vez se han evaluado los niveles de funcionalidad de todos los servicios existentes, se procede al cálculo de puntuaciones. Este proceso puede ser realizado automáticamente por la herramienta de cálculo proporcionada por la Comisión Europea, pero es importante comprender el procedimiento de cálculo, por lo que se va a explicar paso a paso a continuación.

En primer lugar se lleva a cabo, para cada combinación de dominio técnico y criterio de impacto, la suma de las puntuaciones correspondientes a los niveles de funcionalidad de los servicios, obteniendo la denominada puntuación de impacto agregada, $I(d, ic)$, como se indica a continuación:

$$I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL(S_{id}))$$

donde d es el dominio técnico, ic es el criterio de impacto, N_d es el número de servicios en el dominio técnico d , y $I_{ic}(FL(S_{id}))$ es la puntuación del servicio S_{id} en el criterio de impacto ic , según el nivel de funcionalidad FL correspondiente.

Por otro lado, se lleva a cabo la suma de las puntuaciones máximas que puede alcanzar cada servicio en un dominio técnico para cada criterio de impacto, $I_{max}(d, ic)$. Una vez calculadas estas sumas para cada combinación de dominio técnico y criterio de impacto, se calcula la puntuación de preparación inteligente para cada criterio de impacto, SR_{ic} , como se indica a continuación:

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I(d, ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d, ic)} \times 100$$

donde d es el dominio técnico, N es el número total de dominios técnicos, y $W_{d,ic}$ es el factor de ponderación del dominio técnico d para el criterio de impacto ic . La suma de estos factores, expresados en porcentajes, tiene que ser 100% para cada criterio de impacto. Cada Estado miembro puede definir factores de ponderación propios, pero existen valores sugeridos por el equipo de soporte del SRI, diferentes para edificios residenciales y no residenciales y para cada una de las **cinco zonas climáticas** europeas representadas en la ilustración 3.

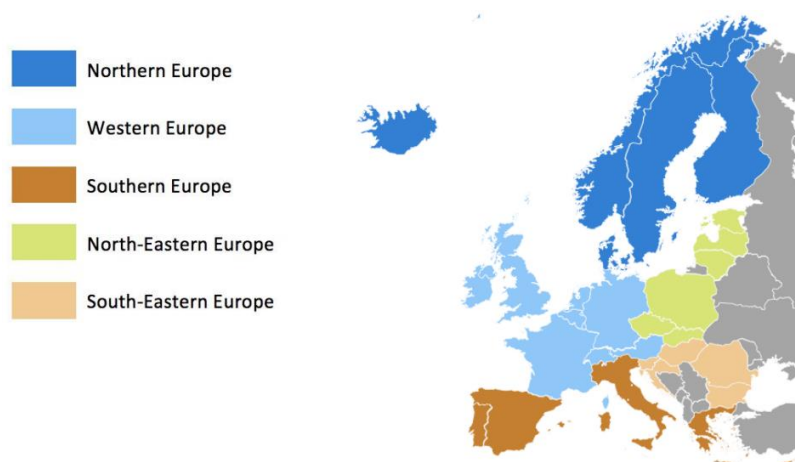


Ilustración 3: Zonas climáticas de la metodología SRI

La puntuación de cada funcionalidad clave se calcula aplicando a las puntuaciones de los criterios de impacto incluidos en dicha funcionalidad los factores de ponderación $W_f(ic)$ correspondientes. Los Estados miembros pueden definir estos factores, o pueden adoptar los valores predeterminados, basados en un enfoque igualmente ponderado para los criterios de impacto en su funcionalidad clave representados en la ilustración 4.

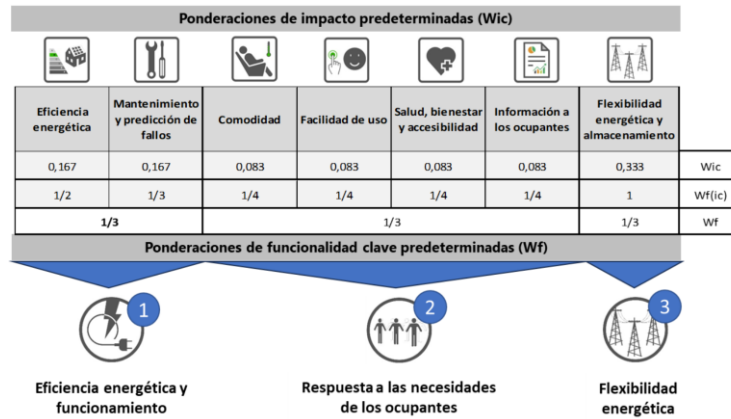


Ilustración 4: Ponderación por funcionalidad clave y criterio de impacto [4]

Finalmente, la puntuación global se calcula como la suma ponderada de las puntuaciones de las funcionalidades clave. En el modelo predeterminado, esta ponderación W_f es equivalente para las tres funcionalidades clave.

Los resultados de la evaluación SRI proporcionan, además de la puntuación global del edificio, puntuaciones adicionales basadas en las tres funcionalidades clave, los siete criterios de impacto y los nueve dominios técnicos, y según la puntuación global obtenida, la clasificación del edificio en una de las siguientes clases:

- A: $SRI > 90\%$
- B: $80\% < SRI < 90\%$
- C: $65\% < SRI < 80\%$
- D: $50\% < SRI < 65\%$
- E: $35\% < SRI < 50\%$
- F: $20\% < SRI < 35\%$
- G: $SRI < 20\%$

El proceso de evaluación de un edificio con la metodología SRI se puede resumir en los siguientes pasos a seguir por el evaluador:

1. Recopilar información básica del edificio (año de construcción, superficie, uso, zona climática).
2. Seleccionar el método de evaluación, entre el A y el B, y los factores de ponderación que se van a aplicar.
3. Definir los dominios técnicos presentes en el edificio.
4. Estudiar las instalaciones del edificio, con asistencia cuando sea necesario del personal técnico, y seleccionar los niveles de funcionalidad adecuados en los servicios existentes en el edificio.
5. Calcular los resultados, a través de la herramienta de cálculo.
6. Comprobar y analizar los resultados obtenidos.

5. Casos de estudio

La Universidad de Zaragoza gestiona alrededor de 70 edificios, situados en distintos campus localizados en Zaragoza, Huesca y Teruel. La gran mayoría de estos, unos 50, se ubican en Zaragoza, repartidos en tres campus principales, el campus de San Francisco, el campus Río Ebro y el campus de Miguel Servet. Por su parte, Huesca dispone de 17 edificios, y finalmente Teruel cuenta únicamente con 5 edificios.

Con el objetivo de que los resultados obtenidos en este TFM representen el estado de los edificios de UNIZAR de la forma más fiel posible, y al no ser posible, por limitación de tiempo, la evaluación de todos los edificios existentes, es necesario elegir con criterio los edificios a los que se va a aplicar el método SRI, de forma que se obtenga **una muestra representativa de los edificios de la universidad**, cubriendo desde los edificios más antiguos a los más modernos, y repartidos en todos los campus de las tres localidades.

Para la elección de los edificios a estudiar, se pidió la opinión, en primer lugar, de la Oficina Verde, a través de una reunión con David Cambra de la que se obtuvo una lista preliminar de edificios, repartidos en todos los campus, que presentaban diferencias sustanciales, tanto en su año de construcción como en las instalaciones técnicas presentes en ellos. Posteriormente, durante una reunión con el Director del Servicio de Mantenimiento de UNIZAR, Salvador Nevot, y después con los Jefes Técnicos de los distintos campus, se revisó esta lista preliminar, obteniendo una selección de **25 edificios** que representan la variedad existente en las instalaciones de la Universidad. Los edificios analizados aparecen recogidos en la tabla 2.

Edificio	Año de construcción / última remodelación	Superficie (m ²)
Campus San Francisco		
Colegio Mayor Universitario Pedro Cerbuna	1950	10.088,00
Facultad de Medicina – Edificio A	1973	14.409,56
Facultad de Ciencias – Edificio B - Matemáticas	1979	8.053,51
Facultad de Ciencias – Edificio C - Geológicas	1985	8.780,17
Pabellón Polideportivo Universitario – SAD	1992	3.983,51
Facultad de Ciencias Sociales y del Trabajo	1996	5.671,88
Edificio SAI – Edificio de Apoyo a la Investigación	2001	862,49
Facultad de Educación	2013	16.126,05
Facultad de Filosofía y Letras	2023	23.190,75
Campus Río Ebro		
Edificio Torres Quevedo	1986 / 1991	27.594,41
Edificio Ada Byron	1999	13.447,32
Edificio Betancourt	2001	25.818,45
Edificio Lorenzo Normante	2003	7.824,10
I + D – Institutos de Investigación	2009	11.913,20

Campus Miguel Servet		
Facultad de Veterinaria	1949 / 1994	6.586,03
Hospital Clínico Veterinario	2002	6.779,18
Campus Paraninfo		
Edificio Paraninfo	1895 / 2009	12.931,08
Campus de Huesca		
Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación	1932	3.376,73
Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte y C.M.U. Ramón Acín	1985	3.073,58
Esc. Politécnica Superior – Edificio Tozal de Guara	2001	8.146,41
Polideportivo Río Isuela	2005	3.906,90
Facultad de Empresa y Gestión Pública	1997 / 2007	10.137,39
Campus de Teruel		
Escuela Universitaria Politécnica de Teruel	1996	4.543,19
Vicerrectorado de Teruel	2005	1.185,96
Colegio Mayor Universitario Pablo Serrano	2010	5.738,64

Tabla 2: Lista de edificios evaluados

Las evaluaciones de los edificios se completaron por medio de una serie de reuniones con los Jefes Técnicos de los campus correspondientes, y en algunos casos realizando también visitas técnicas a sus instalaciones. En estas reuniones, se revisaron las instalaciones existentes para aquellos dominios técnicos recogidos en la metodología SRI aplicables a cada edificio. En base a las explicaciones de los Jefes de Campus, se completaron las hojas de cálculo, no sin antes haber estudiado y comprendido los diferentes tipos de instalación que se encontraron en los distintos edificios, siendo fundamental la disposición por parte del personal de mantenimiento a resolver cualquier duda existente.

Para la evaluación de los edificios, se han utilizado la **versión 4.5** de la hoja de cálculo proporcionada por la Comisión Europea y la versión traducida al español desarrollada por la Universidad Miguel Hernández a través de su proyecto SRI-UMH. Para el cálculo de resultados, se han utilizado las ponderaciones por defecto para un país en la zona climática “Sur de Europa” en la que se encuentra España. No se han tenido en cuenta aquellos dominios técnicos y servicios que no existen en cada uno de los edificios evaluados, y para aquellos servicios en los que exista más de un nivel aplicable en distintas zonas del edificio se ha estimado un porcentaje aproximado de la superficie total en la que tiene efecto uno u otro nivel.

La variante elegida para la evaluación de los edificios es el **método A**, el cual requiere un menor tiempo para su realización, al tener en cuenta 27 servicios en lugar de los 54 requeridos en el método B. El motivo detrás de esta decisión es que, teniendo en cuenta el tiempo añadido que supone la realización del método B, se optó por evaluar un mayor número de edificios con el método A, frente al menor número de edificios que se podría analizar en este mismo tiempo con el método B, obteniendo así una base de resultados más amplia con la que poder trabajar. El método B fue aplicado una única vez a la Facultad de Filosofía y Letras, para contrastar posteriormente los resultados obtenidos por ambos métodos.

6. Resultados

En este apartado se van a analizar los resultados obtenidos al aplicar la metodología SRI a los 25 edificios seleccionados, cuyas puntuaciones detalladas aparecen en el **anexo 3** de este trabajo. En primer lugar se presenta una visión general del estado de las instalaciones de UNIZAR comparando la puntuación total de cada edificio en la ilustración 5.

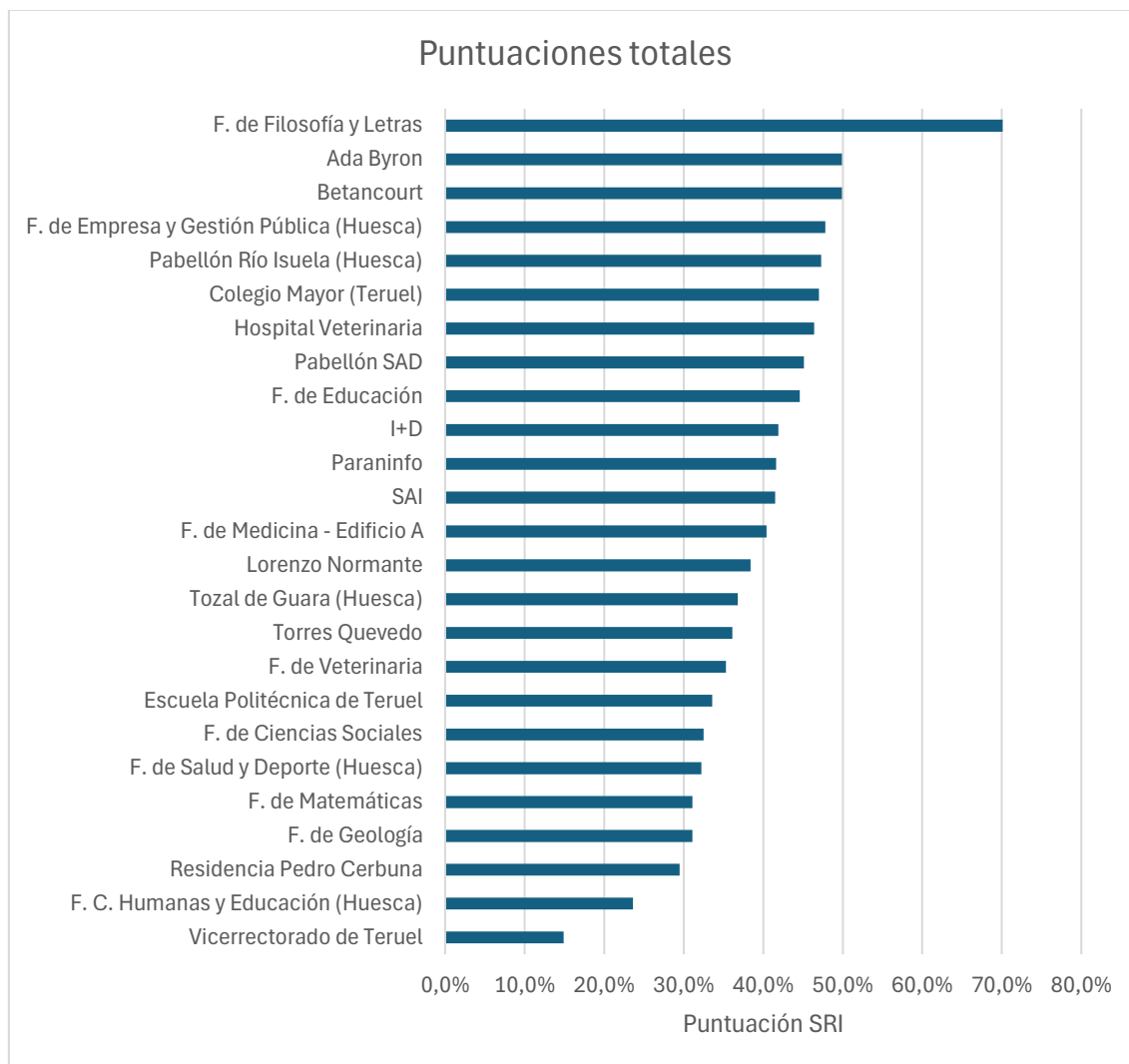


Ilustración 5: Puntuaciones totales SRI - Edificios UNIZAR

La nota media de los 25 edificios analizados es **39,5%**. La mejor puntuación se ha obtenido en la Facultad de Filosofía y Letras, con un resultado total del 70,1%, lo que supondría un nivel C en el sistema de calificaciones SRI. Este edificio es el más moderno de todos los evaluados, habiendo sido remodelado y ampliado en 2023 con la idea de conseguir un edificio de consumo de energía casi nulo. Por el contrario, la peor puntuación es el 14,9% obtenido en el vicerrectorado del campus de Teruel, lo que supone un nivel G, la peor calificación posible dentro de esta metodología. En la ilustración 6 se representa la distribución de los edificios de UNIZAR analizados entre las distintas clases SRI.

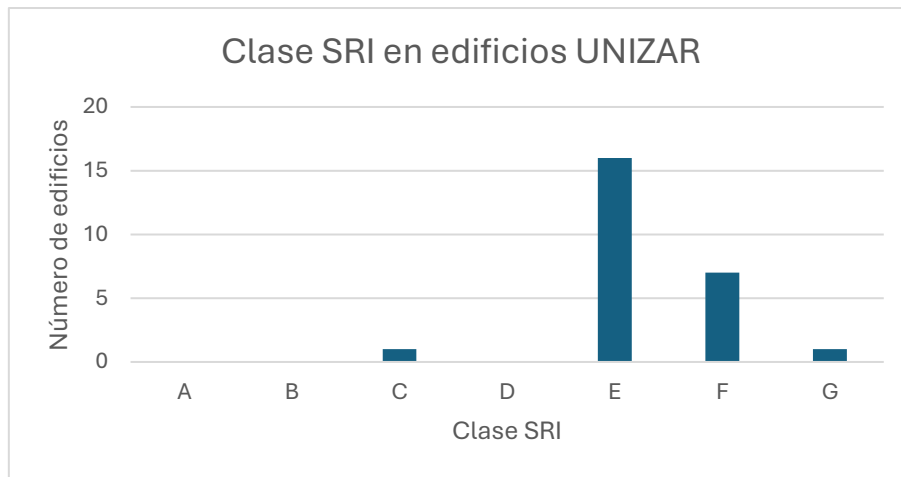


Ilustración 6: Distribución de edificios UNIZAR por clase SRI

Como se puede ver, **la gran mayoría de edificios se encuentran en los niveles E y F**, con resultados de entre 20% y 50%. La facultad de Filosofía y Letras, ya mencionada, presenta un resultado muy superior al resto, situándose en la clase C cuando ningún otro edificio alcanza el nivel inmediatamente inferior, la clase D.

Al comparar el resultado SRI con el año de construcción del edificio, se aprecia que los edificios más modernos tienden a presentar mejores puntuaciones. Esta relación se puede ver a continuación en la ilustración 7. Para aquellos edificios que han sido renovados significativamente, se ha optado por la fecha de la última remodelación en lugar de la fecha de construcción original del edificio.

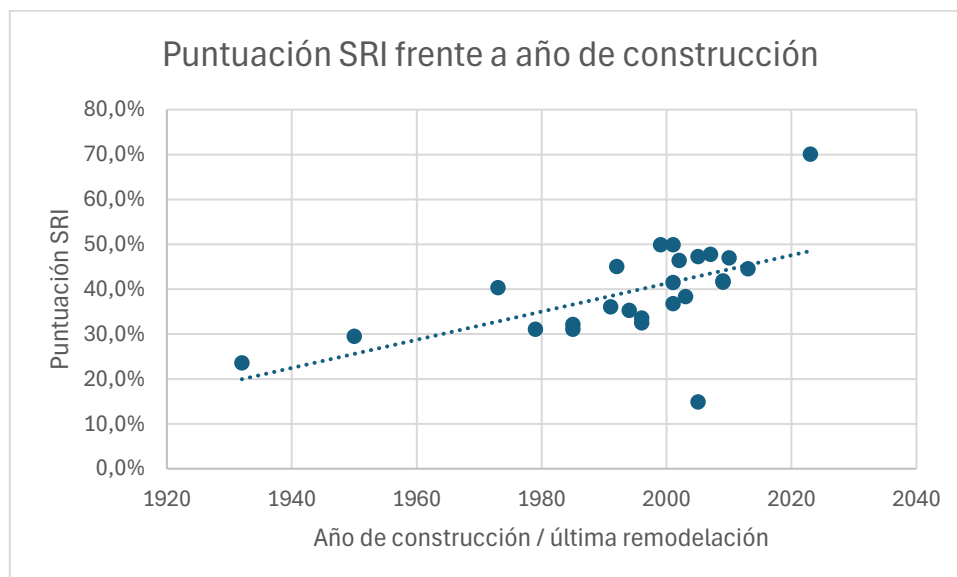


Ilustración 7: Relación entre puntuación SRI y año de construcción

Si bien por lo general **los edificios más modernos alcanzan puntuaciones más elevadas**, existe una excepción. El Vicerrectorado de Teruel, construido en 2005, presenta un resultado muy inferior al de los edificios construidos o reformados en fechas similares, siendo su puntuación 14,9%, la peor de todas las puntuaciones calculadas, inferior incluso a la de edificios mucho más antiguos. Esta diferencia se debe principalmente a que las instalaciones de este edificio, a pesar ser relativamente modernas y eficientes, no están integradas en un BACS, dificultando así su control y monitorización, lo cual limita en gran medida la preparación inteligente del edificio y penaliza la puntuación SRI que podría alcanzar.

Además de la puntuación total, la evaluación SRI proporciona puntuaciones parciales relativas a las tres funcionalidades clave de esta metodología: eficiencia y mantenimiento del edificio, respuesta a las necesidades del usuario, y respuesta a las señales de la red. Estas tres puntuaciones tienen la misma importancia a la hora de realizar el cálculo final, por lo que un edificio únicamente podrá alcanzar las puntuaciones más altas si atiende a las tres funcionalidades por igual. A su vez, estas tres puntuaciones se pueden desglosar en resultados específicos para los siete criterios de impacto que conforman las funcionalidades clave, y por otra parte se pueden obtener puntuaciones específicas para cada uno de los nueve dominios técnicos que puede presentar un edificio. A continuación se va a analizar un caso en detalle y después se realizará un análisis general de los resultados para todos los edificios evaluados. Para el primer caso se ha considerado que la Facultad de Filosofía y Letras, recientemente remodelada, es el edificio de mayor interés.

La Facultad de Filosofía y Letras presenta puntuaciones muy altas en dos de las tres funcionalidades clave, alcanzando un 89,1% a nivel de edificio y un 77,5% a nivel de usuario. Las puntuaciones de los criterios de impacto integrados en estas dos funcionalidades, representadas en la ilustración 8, también presentan valores elevados. La mayor de estas puntuaciones es la relacionada con el mantenimiento y la predicción de fallos, ya que el edificio dispone de un BACS capaz de informar en caso de avería de sus sistemas de climatización. También se alcanzan puntuaciones elevadas en eficiencia energética, al contar el edificio con equipos modernos y eficientes, especialmente en la generación y emisión de frío y calor, y en información a ocupantes, pues existe una red de sensores de temperatura y calidad del aire interior dispuestos en distintos espacios del edificio.

La única puntuación baja es la relacionada con la respuesta a las señales de la red, con 43,7%, a pesar de que el edificio dispone de instalaciones que apoyan la flexibilidad energética, como un depósito de almacenamiento térmico con agua estacional. Este resultado limita la puntuación global del edificio, al ser directamente una de las tres funcionalidades clave y por tanto una tercera parte del resultado global.

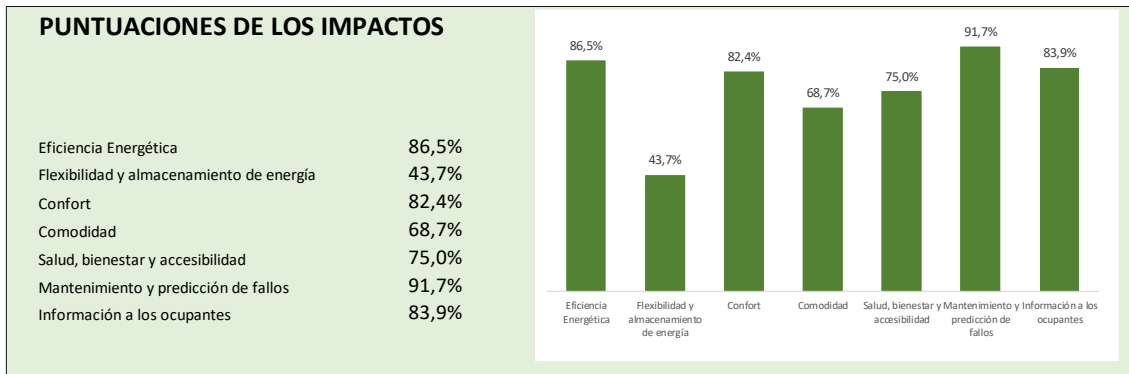


Ilustración 8: Puntuaciones de criterio de impacto - Facultad de Filosofía y Letras

En cuanto a los dominios técnicos de este edificio, se puede observar en la ilustración 9 que sus puntuaciones son más dispares. En primer lugar, la relativa al ACS aparece como 0%, debido a que este edificio no cuenta con este dominio, y por lo tanto no afecta a la puntuación global. Las puntuaciones de calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación presentan valores elevados, al tratarse de sistemas altamente inteligentes con activación por detección de presencia en la emisión de frío y calor y la iluminación, y por medición de los niveles de CO₂ ambientales en el caso de la ventilación.

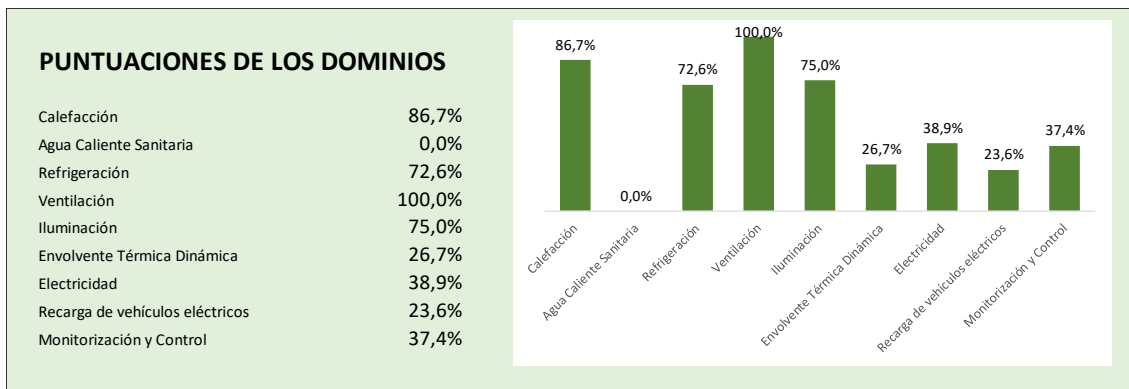


Ilustración 9: Puntuaciones de dominio técnico - Facultad de Filosofía y Letras

A pesar de que las puntuaciones de los demás dominios no alcanzan valores tan altos, la puntuación global es elevada, debido a que no todos los dominios técnicos tienen el mismo peso en la puntuación global. Por ejemplo, la calefacción contribuye más a la puntuación que el resto de los dominios técnicos para casi todos los criterios de impacto, tal y como se puede ver en la ilustración 10, en la que aparecen los valores de ponderación establecidos para países en la zona climática denominada “Sur de Europa”, en la que se encuentra España. Por el contrario, los dominios de electricidad, recarga de vehículos eléctricos y envolvente térmica dinámica presentan valores inferiores para la mayoría de los criterios, de forma que influyen menos en los resultados.

South Europe							
	Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
Heating	0,30	0,42	0,20	0,10	0,25	0,36	0,11
Domestic hot water	0,11	0,15	0,00	0,10	0,00	0,13	0,11
Cooling	0,12	0,16	0,20	0,10	0,25	0,14	0,11
Ventilation	0,09	0,00	0,20	0,10	0,25	0,10	0,11
Lighting	0,12	0,00	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00
Electricity	0,02	0,02	0,00	0,10	0,00	0,02	0,11
Dynamic building envelope	0,05	0,00	0,20	0,10	0,25	0,05	0,11
Electric vehicle charging	0,00	0,05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,11
Monitoring and control	0,20	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ilustración 10: Ponderaciones de los dominios técnicos - Sur de Europa

A continuación, se analizan estas puntuaciones en todos los edificios de UNIZAR evaluados, comenzando por las puntuaciones específicas para las tres funcionalidades clave, las cuales aparecen desglosadas en la ilustración 11.

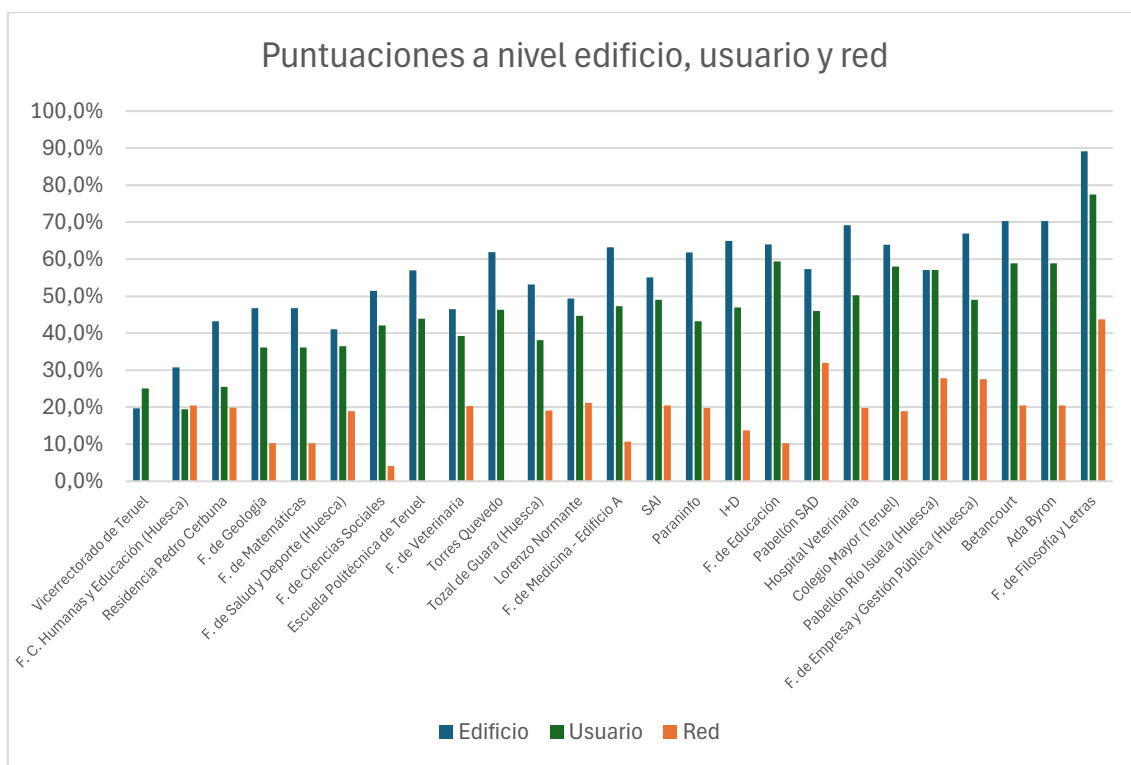


Ilustración 11: Puntuaciones a nivel edificio, usuario y red – Edificios UNIZAR

En la gran mayoría de los edificios, al igual que sucede en la Facultad de Filosofía y Letras, **la puntuación relativa a la relación de los edificios con la red eléctrica es muy inferior a las otras dos**. Esta puntuación se refiere al concepto de flexibilidad energética de un edificio, es decir, la capacidad de controlar el consumo energético del mismo adaptándolo a las señales recibidas desde la red eléctrica. La nota media obtenida para esta funcionalidad en los edificios de UNIZAR es 17,2%, frente a 56% obtenido con respecto al rendimiento del edificio y a 45,4% alcanzado en relación con las necesidades

de los usuarios. Una forma de aumentar la flexibilidad energética de un edificio es por medio de sistemas de almacenamiento de energía. Sin embargo, solo cuatro de los edificios evaluados cuentan con depósitos de agua para el almacenamiento de energía térmica, y únicamente el edificio Lorenzo Normante dispone de un sistema de baterías eléctricas para el almacenamiento de energía. Además, dado que los edificios de UNIZAR, por lo general, no tienen en cuenta de forma automatizada el precio de la electricidad para gestionar su consumo, las puntuaciones obtenidas en este apartado suponen la debilidad más aparente a la hora de calcular el SRI global.

Al comparar en la ilustración 12 las puntuaciones de los distintos criterios de impacto, se observa que los mejores resultados se dan en los apartados de mantenimiento y predicción de fallos y de información a ocupantes, con valores medios superiores a 65%, mientras que el resto de los criterios, a excepción de la flexibilidad energética, ya mencionada anteriormente, presentan valores parecidos, con medias entre 35% y 45%.

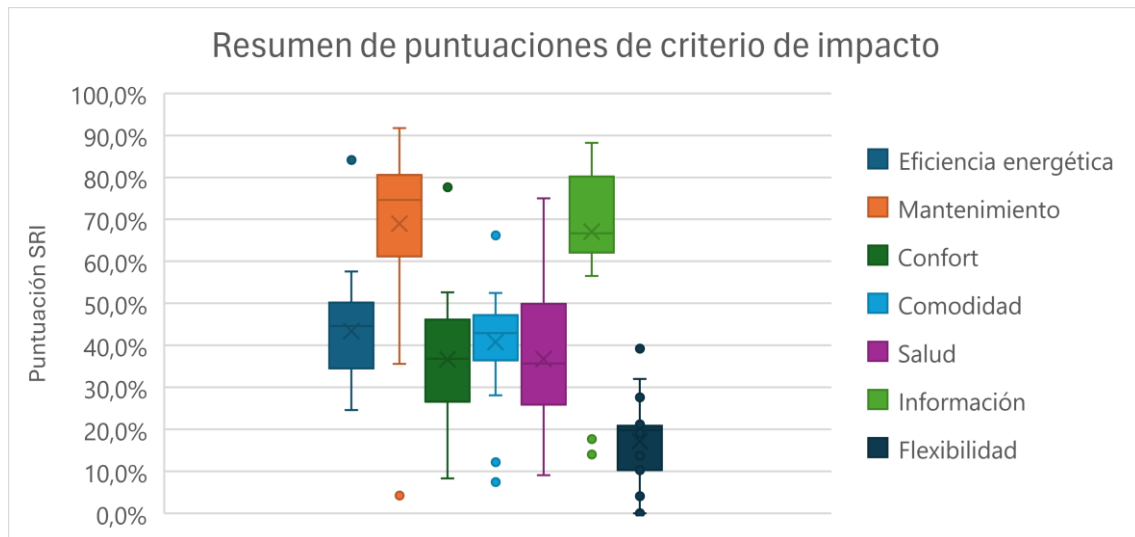


Ilustración 12: Puntuaciones de criterio de impacto - Edificios UNIZAR

De forma similar, se representan en la ilustración 13 los resultados de los dominios técnicos en todos los edificios evaluados. Hay que tener en cuenta que algunos de estos dominios solo están presentes en una minoría de los edificios, ya que tanto el ACS como los puntos de recarga existen únicamente en 9 edificios, frente a los 21 que disponen de sistemas de refrigeración y los 25, la totalidad de los edificios, que disponen del resto de dominios técnicos. Las mayores puntuaciones medias se dan en los dominios de calefacción (65,2%), ACS (55%) y refrigeración (49,1%).

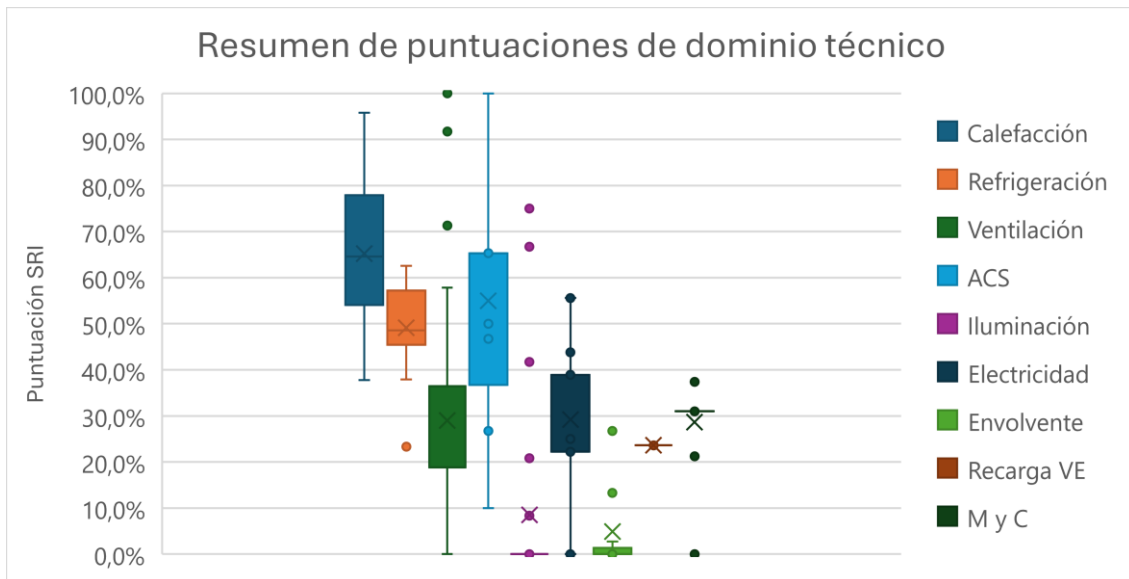


Ilustración 13: Puntuaciones de dominio técnico - Edificios UNIZAR

La ventilación presenta el mayor rango de valores, con una gran mayoría de edificios con puntuaciones bajas, pero valores superiores a 70% en tres edificios: la Facultad de Filosofía y Letras (100%), la Facultad de Educación (71,3%) y el pabellón Río Isuela de Huesca (91,7%). Al margen de estos tres edificios, la puntuación media de la ventilación en UNIZAR es 21%, ya que la mayoría de los edificios no disponen de monitorización de la calidad del aire interior y algunos ni siquiera tienen ventilación mecánica.

Los dominios de electricidad, recarga de vehículos eléctricos y monitorización y control tienen valores medios similares, de 29,2%, 23,6% y 28,6% respectivamente, mientras que la iluminación y la envolvente térmica dinámica presentan los peores resultados, siendo la puntuación de estos apartados 0% en la mayoría de los edificios, debido a que el encendido y apagado de las luces es manual en lugar de por detección de presencia o por control general, y los elementos de protección solar, en caso de que existan, son controlados también manualmente en lugar de ser motorizados.

6.1. Comparación con otros edificios

Una vez analizados los resultados obtenidos en los edificios evaluados, se procede a compararlos con otros casos de aplicación de la metodología SRI, con el objetivo de contrastar su nivel de preparación inteligente con el de edificios fuera del entorno de UNIZAR.

La fuente de datos principal para realizar esta comparación es la plataforma **SRI2MARKET**, en la que usuarios de todos los países miembros de la Unión Europea recogen sus resultados para crear una base de datos común. En el momento de la realización de este TFM, la plataforma dispone de resultados de **125 edificios**, repartidos entre los distintos países miembros, con una puntuación SRI media de 17,13%. En la tabla 3 se recogen el número de edificios aportado por cada país y por cada una de las cinco zonas climáticas europeas, además de la puntuación total media correspondiente.

	N.º edificios	Media		N.º edificios	Media
España	49	19,19%	Chequia	1	18,15%
Grecia	5	5,22%	Estonia	0	-
Italia	1	32,51%	Letonia	0	-
Malta	0	-	Lituania	0	-
Portugal	32	12,00%	Polonia	0	-
Chipre	5	4,92%	Eslovaquia	0	-
Sur	92	15,30%	Noreste	1	18,15%
Dinamarca	0	-	Bulgaria	0	-
Finlandia	1	43,78%	Croacia	11	23,67%
Suecia	0	-	Hungría	0	-
Noruega	0	-	Rumanía	0	-
Islandia	0	-	Eslovenia	0	-
Norte	1	43,78%	Sureste	11	23,67%
Austria	6	18,52%	TOTAL	125	17,13%
Bélgica	0	-			
Francia	13	23,94%			
Alemania	1	12,27%			
Irlanda	0	-			
Luxemburgo	0	-			
Países Bajos	0	-			
Reino Unido	0	-			
Liechtenstein	0	-			
Suiza	0	-			
Oeste	20	21,73%			

Tabla 3: Resumen de edificios en SRI2MARKET

Hasta el momento, solo 11 de los 32 países han contribuido con resultados, y 4 de ellos solo disponen de un caso de aplicación, por lo que la puntuación media no aporta información útil sobre el estado de los edificios en el país y por ello aparece marcada en rojo en la tabla anterior. De las cinco zonas climáticas, la correspondiente al sur de Europa es con diferencia la que más resultados ha aportado, con un 73% de los edificios evaluados situados en esta parte de Europa. Además, España es el país que más aportaciones ha realizado a la plataforma, con 49 edificios analizados y una puntuación media de 19,19%, superior a la media europea según esta base de resultados. La media de los edificios de UNIZAR evaluados, de 39,5%, es muy superior a la media europea y la de todos los países que han contribuido más de un edificio al proyecto SRI2MARKET.

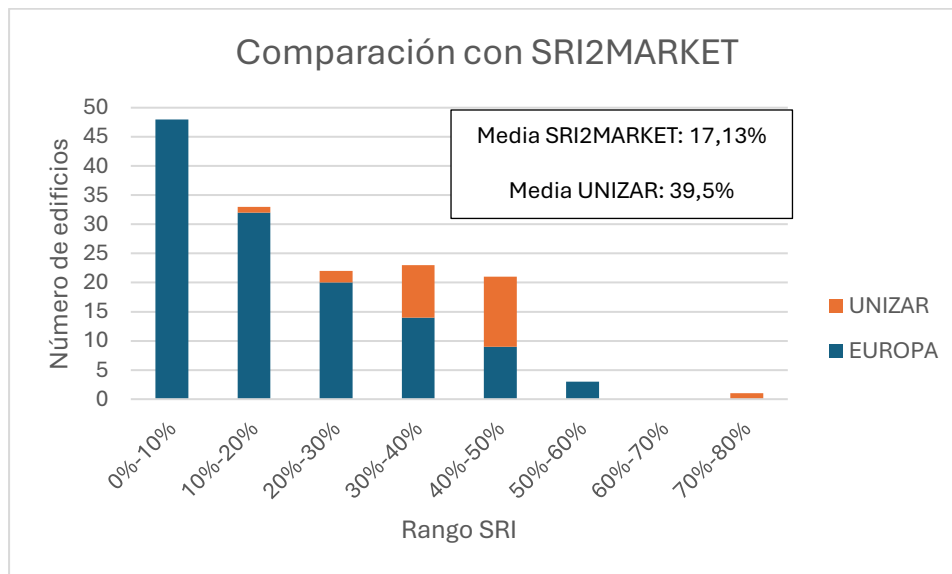


Ilustración 14: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET

En la ilustración 14, se representa cuántos edificios presentan puntuaciones SRI dentro de cada rango de valores. Los provenientes de SRI2MARKET, en azul, tienden a puntuaciones bajas, la mayoría de ellos situándose por debajo del 10%. Sin embargo, ningún edificio de UNIZAR, representados en naranja, alcanza valores tan bajos, sino que la mayoría se encuentra en rangos superiores, entre 30% y 50%. Además, el edificio de UNIZAR con mejor puntuación, la Facultad de Filosofía y Letras, presenta un valor superior a todos los edificios recogidos en la plataforma hasta el momento.

Además de las puntuaciones globales, SRI2MARKET permite visualizar las puntuaciones respectivas a las tres funcionalidades clave. Los resultados a nivel de edificio y a nivel de usuario presentan distribuciones similares a las puntuaciones globales, con la mayoría de los edificios en los rangos inferiores, si bien la puntuación media es más elevada que la de la puntuación global. Esta tendencia a puntuaciones bajas es aún más marcada en la tercera funcionalidad clave, con un 65% de los edificios con una puntuación inferior al 10%, lo que demuestra de nuevo la **dificultad de alcanzar puntuaciones elevadas con respecto a la respuesta a las necesidades de la red**, debido a la novedad que supone el concepto de flexibilidad energética en el sector inmobiliario europeo que hasta ahora no la ha tenido en cuenta a la hora de diseñar sus edificios.

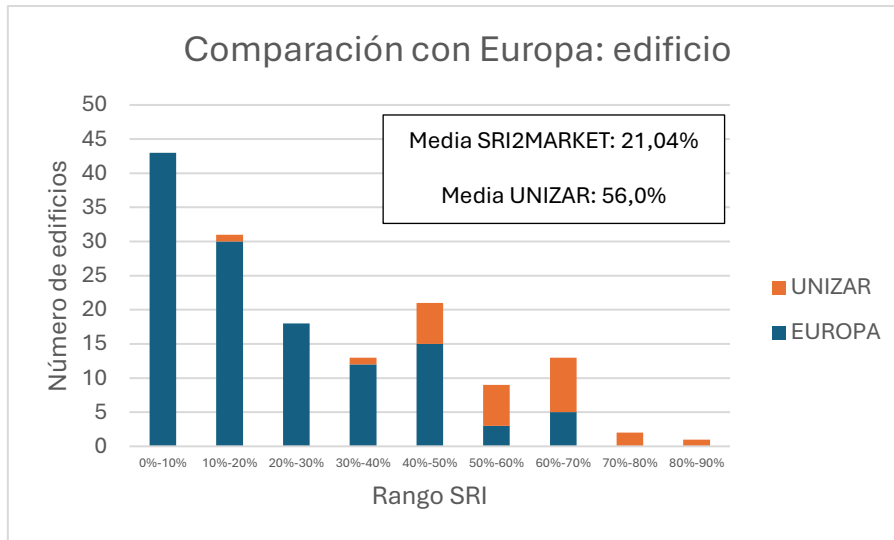


Ilustración 15: Comparación de puntuaciones de edificio de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa

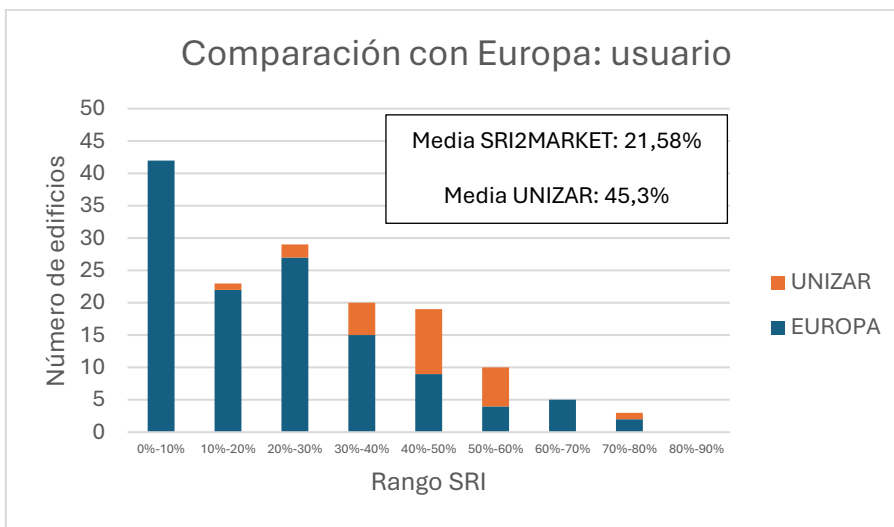


Ilustración 16: Comparación de puntuaciones de usuario de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa

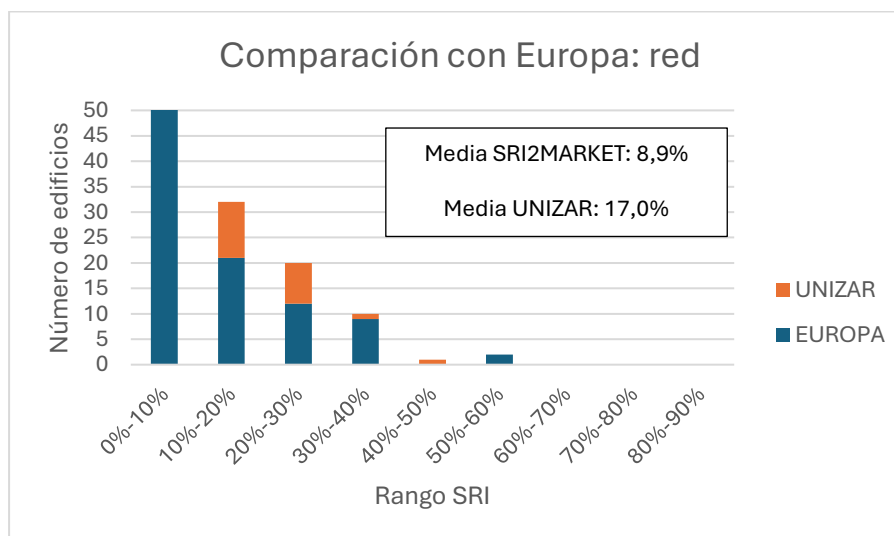


Ilustración 17: Comparación de puntuaciones de red de UNIZAR y SRI2MARKET - Europa

SRI2MARKET recoge también el tipo de cada edificio, diferenciando entre residenciales y no residenciales. Al consultar los resultados de ambos grupos por separado, se observa una diferencia notable en sus puntuaciones medias, siendo los edificios no residenciales los que presentan mejores resultados, con un 21,68% de media, comparado con la media de 13,15% obtenida por los residenciales, lo que indica una **dificultad por parte de los edificios residenciales para conseguir buenas puntuaciones SRI**, tal y como destacaron Fokaides et al. [18], debido a la ausencia de los BMS que sí suelen existir en grandes edificios no residenciales.

Dentro de los edificios no residenciales, es posible especificar el uso de estos, pudiendo consultar resultados en edificios educacionales que sirvan como punto de comparación con los de UNIZAR. En la ilustración 18 aparecen representados estos edificios junto a los casos de estudio de este TFM. Hasta el momento, SRI2MARKET solo tiene resultados de 14 edificios educacionales, por lo que la base de datos no es muy amplia.

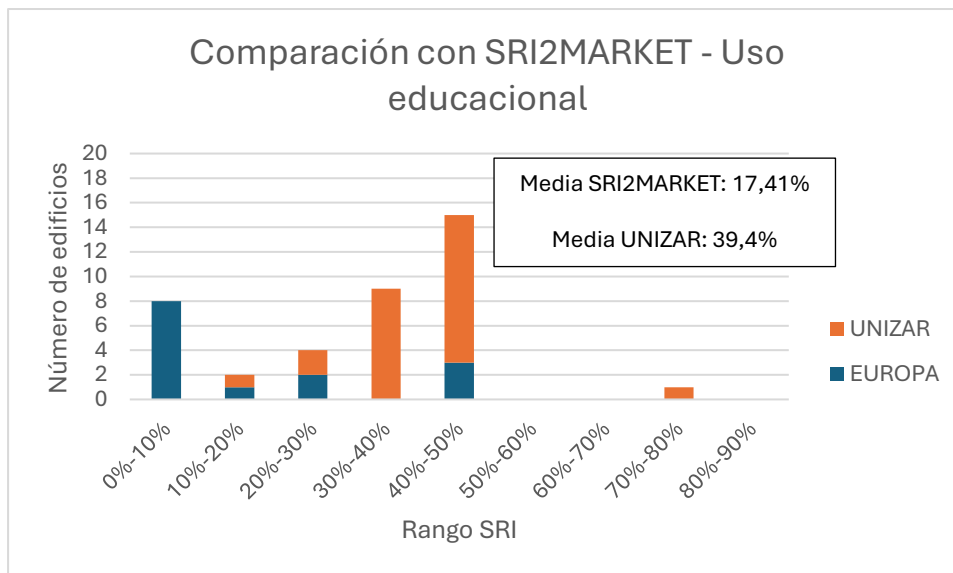


Ilustración 18: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET- Uso educacional

Finalmente, al representar en la ilustración 19 los resultados de los edificios evaluados en este TFM junto a los 49 edificios españoles disponibles en la plataforma, se vuelve a observar la situación relativamente positiva de las instalaciones de UNIZAR con respecto a los edificios españoles analizados hasta ahora por el proyecto SRI2MARKET. Sin embargo, el tamaño de esta muestra es muy pequeño, y más aún si se tiene en cuenta que de los 49 resultados disponibles, solo 9 son de uso educacional, y la plataforma no proporciona información que sería de gran utilidad, como la fecha de construcción o la superficie del edificio, para poder sacar conclusiones definitivas de esta comparación.

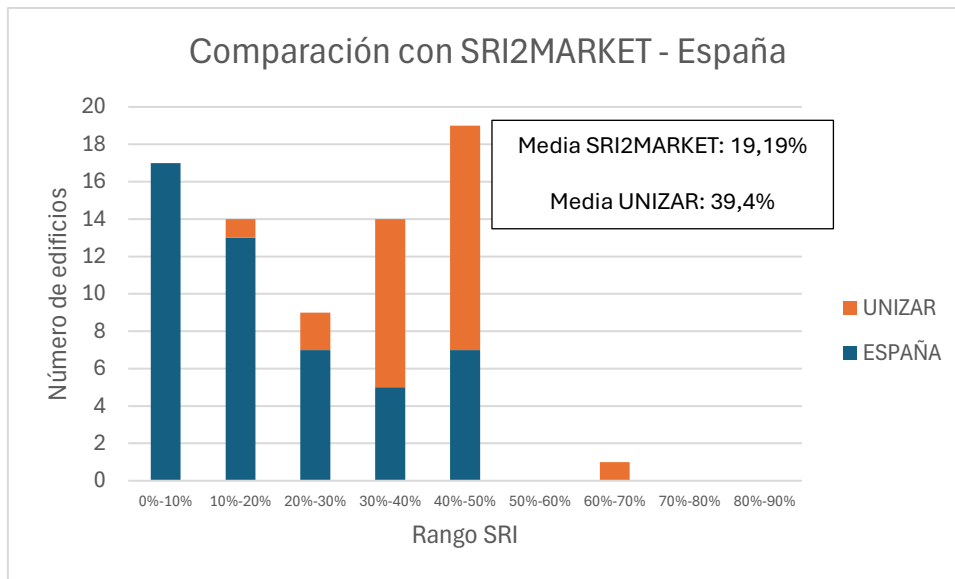


Ilustración 19: Comparación de puntuaciones totales de UNIZAR y SRI2MARKET – España

Con el objetivo de comparar los resultados de UNIZAR con los de otros edificios educativos, se han contrastado las puntuaciones obtenidas con las de los informes realizados por la Universidad Miguel Hernández de Elche en su proyecto **SRI-UMH**, realizados en edificios no residenciales situados en la provincia de Alicante. De los nueve informes disponibles, dos corresponden a edificios educativos de la UMH, el edificio La Galia y el edificio Arenals. Estos dos edificios son comparables, tanto por tamaño como por uso, a los edificios de UNIZAR evaluados, y como se puede observar en la ilustración 20, presentan las puntuaciones más elevadas de los nueve informes, situándose en los mismos rangos de valores que la mayoría de los casos de estudio de este TFM.

Por otro lado, cuatro de los edificios presentan puntuaciones inferiores a 20%. Revisando sus informes, se observa que ninguno de estos edificios cuenta con sistemas generales de monitorización y control, de forma que el control de todas sus instalaciones se realiza de forma manual. Como ya se ha comentado anteriormente, el Vicerrectorado de Teruel es el único edificio de UNIZAR evaluado que tampoco cuenta con BACS, y por ello presenta la puntuación más baja, similar a estos cuatro edificios, poniendo en evidencia, como era de esperar, la **necesidad de disponer de BACS para la obtención de una buena puntuación SRI**.

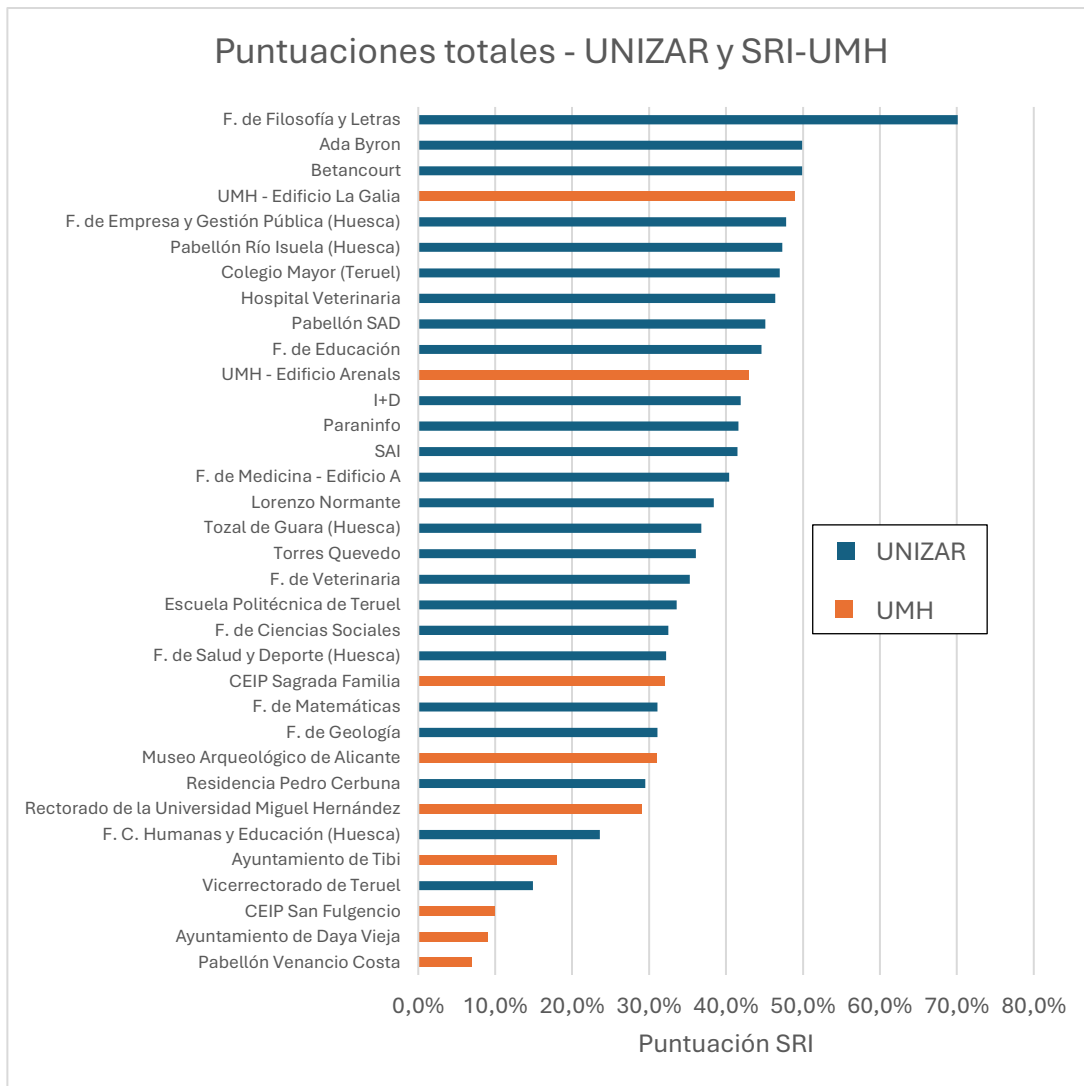


Ilustración 20: Comparación de puntuaciones de UNIZAR con informes de SRI-UMH

La principal conclusión que se puede extraer tras estas comparativas es el gran volumen de edificios con alto potencial de mejora en el ámbito de regulación y control de instalaciones existentes en Europa. Si bien la base de resultados SRI2MARKET todavía no representa de forma completa el panorama en toda la Unión Europea, aquellos países que sí han contribuido resultados tienden a presentar puntuaciones bajas, especialmente en lo relacionado con flexibilidad energética.

Los edificios no residenciales alcanzan generalmente puntuaciones más elevadas que los residenciales, debido principalmente a la presencia de BACS. Los casos evaluados de UNIZAR, al tratarse de edificios no residenciales de gran superficie, presentan puntuaciones más elevadas que la mayoría de los edificios evaluados en la plataforma, pero el reducido volumen de edificios académicos recogidos en la misma limita el alcance de esta comparación, si bien las puntuaciones obtenidas en este TFM sí alcanzan valores similares a los edificios de la Universidad Miguel Hernández de características semejantes.

6.2. Comparación entre métodos A y B

Con el objetivo de analizar las diferencias entre los dos métodos de cálculo SRI, se han aplicado ambos a un mismo edificio para comparar los resultados obtenidos con cada uno de ellos. El edificio escogido es la Facultad de Filosofía y Letras, el más recientemente remodelado de los edificios de UNIZAR y que por tanto presenta los mejores resultados por el método simplificado.

Los resultados de la evaluación por el método B son por lo general más negativos que por el método A, disminuyendo la puntuación media de 70,1% a 63,3%, con lo que la clasificación pasa a ser D en lugar de la clase C obtenida originalmente. Las puntuaciones detalladas obtenidas por ambos métodos están disponibles en el **anexo 4** de este trabajo.

La reducción en la puntuación se da de forma más o menos uniforme en las tres funcionalidades clave y en todas las categorías de impacto, con la mayor diferencia entre puntuaciones la relativa a la información disponible a ocupantes, y la menor la de facilidad de uso y comodidad para el usuario. En cuanto a los dominios técnicos, la puntuación de ventilación presenta una reducción elevada, debida principalmente a la ausencia de free-cooling nocturno en el edificio. Por otra parte, algunos apartados alcanzan puntuaciones ligeramente superiores con el método B, ya que se tienen en cuenta algunos servicios que no estaban incluidos en el catálogo A, como la atenuación de las luces en las aulas según el nivel de luz natural en iluminación o la comunicación entre la climatización y los sistemas de apertura y cierre de las ventanas en envolvente dinámica.

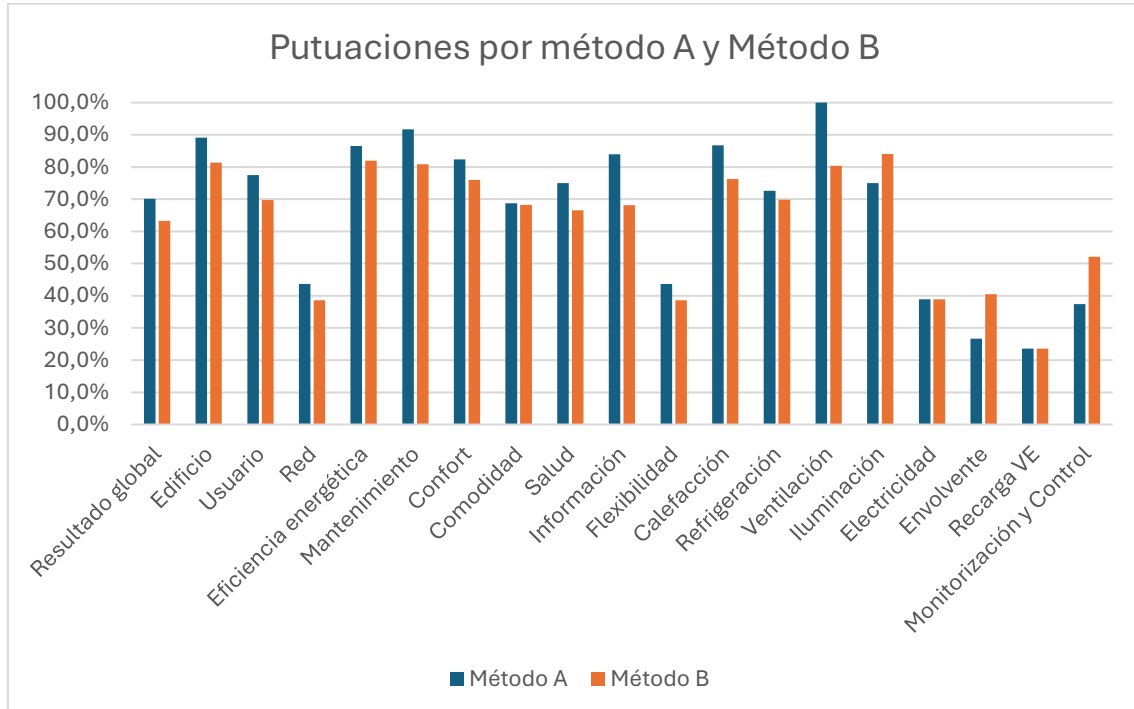


Ilustración 21: Comparación entre método A y B - Facultad de Filosofía y Letras

La diferencia entre las puntuaciones obtenidas por ambos métodos podría poner en duda la comparación con los edificios de SRI2MARKET, ya que si bien 53 de los resultados de esta plataforma han sido obtenidos por el método A, la mayoría corresponden a edificios residenciales, siendo solo 9 los edificios no residenciales que han sido evaluados con el método A.

Para analizar en profundidad la diferencia entre los métodos A y B sería necesario evaluar el resto de los edificios por este segundo método, y comprobar si los resultados tienden a ser inferiores, superiores o depende de cada edificio. Este estudio ya fue realizado sin embargo por el equipo de apoyo del SRI, quienes en 2023 evaluaron 31 edificios por ambos métodos [25]. Los resultados obtenidos muestran **una buena alineación entre las puntuaciones obtenidas por ambos métodos**, tal y como se representa en la ilustración 22.

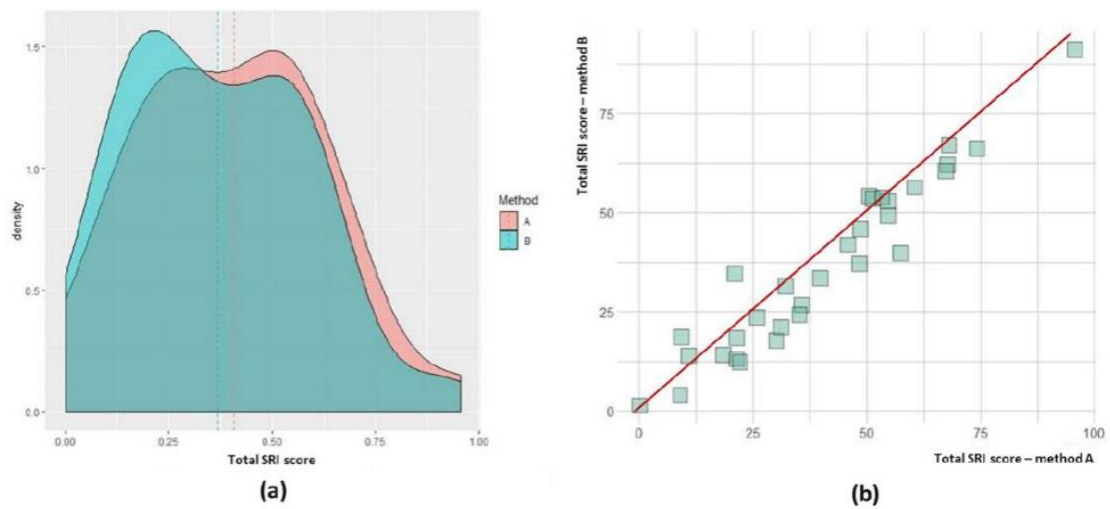


Ilustración 22: Comparación de métodos A y B aplicados a los mismos edificios [25]

6.3. Comparación con otros KPIs

En este apartado se van a contrastar las puntuaciones SRI obtenidas con información medida en los distintos edificios, con el fin de comprobar en qué medida los resultados de la evaluación SRI pueden servir como indicadores del funcionamiento de un edificio. La primera de estas comparaciones se va a centrar en el consumo energético, para lo cual se van a emplear los datos disponibles en la Memoria Interactiva de la Oficina Verde [26].

En primer lugar se ha tenido en cuenta el gasto económico que supone el consumo energético total, sumando los gastos derivados del consumo de electricidad y de gas natural en cada edificio. Los datos disponibles en esta plataforma terminan en diciembre de 2023, y la Facultad de Filosofía y Letras solo presenta datos a partir de julio de 2023, por lo que para todos los edificios únicamente se han sumado los gastos durante estos seis meses. Este consumo acumulado se ha dividido posteriormente por la superficie de cada edificio, obteniendo un ratio equivalente a los euros gastados por metro cuadrado entre los meses de julio y diciembre de 2023. En la ilustración 23 se comprueba la relación entre este ratio de consumo y la puntuación SRI de eficiencia energética de cada edificio.

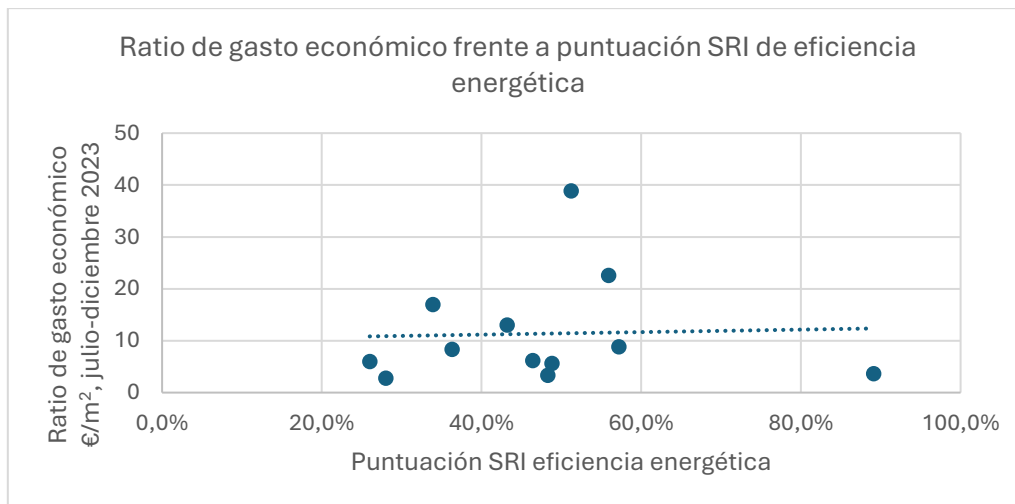


Ilustración 23: Ratio de gasto económico frente a puntuación SRI de eficiencia energética

Tal y como se observa en el gráfico, no existe una relación aparente entre este ratio de consumo total y la puntuación SRI correspondiente. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los edificios son comparables entre sí. Si bien la mayoría de los edificios evaluados cuentan con calefacción por caldera de gas, otra parte son climatizados por bombas de calor, de forma que no consumen gas natural, solo electricidad. Se van a analizar estos dos grupos por separado, empezando por los edificios cuyo sistema de calefacción consume gas natural. Se han sumado los consumos de gas mensuales a lo largo del año 2023, y se ha dividido el total anual de cada edificio entre su superficie, obteniendo un nuevo ratio, esta vez de kWh de gas natural consumidos por metro cuadrado a lo largo del año 2023. Este nuevo ratio se vuelve a representar frente a la puntuación SRI de cada edificio en la ilustración 24.

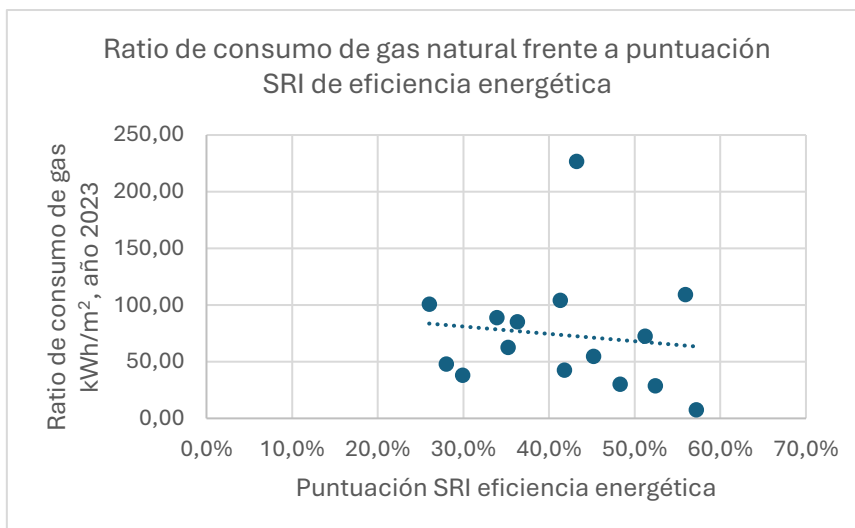


Ilustración 24: Ratio de consumo de gas natural frente a puntuación SRI de eficiencia energética

En esta gráfica se observan valores atípicos, debido a que no todos los edificios representados tienen las mismas características respecto a su uso. Tres de los valores representados corresponden con colegios mayores, dos a polideportivos y uno al Hospital Veterinario, todos ellos con unas demandas de consumo distintas a la de un edificio educacional. Descartando estos seis edificios, se representan en la ilustración 25 los restantes, todos ellos edificios educacionales corrientes y por tanto comparables entre sí.

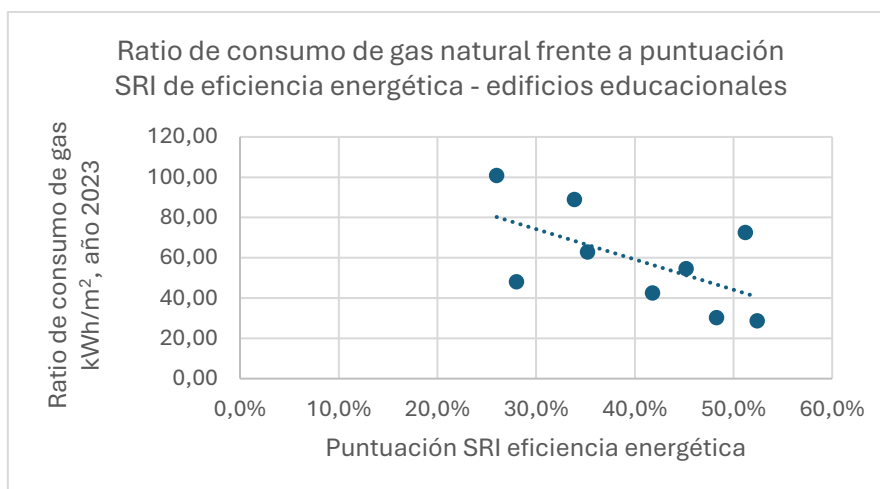


Ilustración 25: Ratio de consumo de gas natural frente a puntuación SRI de eficiencia energética - edificios educacionales

En esta última gráfica sí se distingue una tendencia de los edificios con mayor puntuación SRI a presentar menores consumos de gas natural para alimentar sus sistemas de calefacción, es decir, **la presencia de sistemas de control y regulación de las instalaciones de un edificio contribuye a mejorar su eficiencia energética**. Además, hay que tener en cuenta que en todos estos edificios el factor usuario sigue teniendo una gran influencia, por ejemplo a la hora de decidir los horarios de encendido y apagado de las instalaciones, lo cual puede explicar las ligeras desviaciones de esta tendencia que se observan en los valores representados.

En cuanto a los cinco edificios cuyo sistema de calefacción consiste en bombas de calor, y por tanto su consumo es íntegramente eléctrico, solo se dispone de datos de consumo mensuales de tres de ellos, y únicamente de seis meses en el caso de Filosofía y Letras, de forma que se va a calcular, para los meses entre julio y diciembre de 2023, el ratio de consumo energético por metro cuadrado, sumando esta vez los datos de consumo eléctrico.

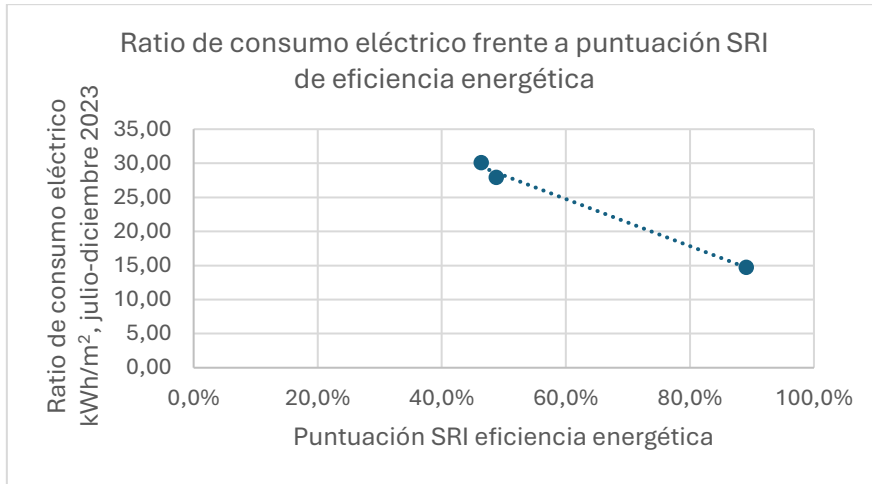


Ilustración 26: Ratio de consumo eléctrico frente a puntuación SRI de eficiencia energética

Si bien el volumen de datos es muy reducido, se observa en la ilustración 26 como un edificio como la Facultad de Filosofía y Letras, con un SRI muy elevado, presenta un ratio de consumo energético muy inferior a otros edificios con peores puntuaciones, de nuevo poniendo de manifiesto el efecto del control y la regulación en el consumo energético de un edificio. Obviamente este no va a ser el único factor a tener en cuenta, ya que otros como los usuarios, el uso al que está destinado el edificio, o el estado en el que se encuentran sus instalaciones, tendrán una influencia que ganará importancia conforme disminuya el nivel de preparación inteligente del edificio en cuestión.

La influencia del control, la monitorización y la gestión de los edificios en la eficiencia energética de estos ha sido estudiada y documentada por numerosos autores. A nivel europeo, la **norma UNE-EN ISO 52120-1** [27] establece una metodología para el cálculo del ahorro energético que supone el uso de BACS en edificios, basada en la presencia de los mismos servicios que conforman el catálogo de la metodología SRI. Así, para comprobar realmente el efecto de la preparación inteligente en la eficiencia energética, no basta con comparar distintos edificios entre sí, sino que lo ideal es comparar datos de consumo de un mismo edificio con distintos niveles de preparación inteligente.

Otro dato disponible para su comparación es el número de horas en las que los espacios de un edificio permanecen a temperaturas dentro de ciertos límites aceptables para garantizar el confort y la salud de las personas. UNIZAR dispone de una red de sensores de temperatura instalados en distintos espacios de una parte de sus edificios, cuyas mediciones son accesibles través de la plataforma de visualización creada por Miguel García-Monge como parte de su TFM [28]. En esta plataforma es posible visualizar el porcentaje de tiempo en el que la temperatura se encuentra dentro de determinados rangos, en cada uno de los espacios con sensor tanto como a nivel edificio, durante las fechas seleccionadas por el usuario.

La instalación de sensores en las instalaciones de UNIZAR se ha llevado a cabo de forma progresiva, de forma que hasta el momento no todos los edificios están monitorizados, y en algunos esta instalación se realizó recientemente, de forma que no se dispone de un gran margen temporal de registro de datos. Para esta comparativa, se han tenido en cuenta las mediciones realizadas durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo de 2024, debido a que antes de este periodo el número de edificios monitorizados era demasiado reducido, y las mediciones posteriores no están disponibles todavía en la plataforma. De esta forma, se dispone de mediciones realizadas a lo largo de cuatro meses en 18 de los edificios evaluados, los cuales aparecen en la tabla 4 junto al número de sensores instalados en cada uno de ellos.

Edificio	N.º Sensores
Edificio Betancourt	32
Edificio Ada Byron	17
Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte y C.M.U. Ramón Acín (Huesca)	16
Facultad de Ciencias – Edificio B - Matemáticas	15
Facultad de Ciencias – Edificio C - Geológicas	14
Edificio Torres Quevedo	14
Esc. Politécnica Superior – Edificio Tozal de Guara (Huesca)	14
Facultad de Educación	14
Facultad de Veterinaria – Edificio Central	12
Facultad de Empresa y Gestión Pública (Huesca)	12
Polideportivo Río Isuela (Huesca)	9
Facultad de Ciencias Sociales y del Trabajo	8
Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación (Huesca)	8
Vicerrectorado de Teruel	7
Edificio SAI – Edificio de Apoyo a la Investigación	6
Escuela Universitaria Politécnica de Teruel	5
I + D – Institutos de Investigación	5
Facultad de Medicina – Edificio A	2

Tabla 4: Número de sensores por edificio de UNIZAR evaluado

Seleccionando únicamente días lectivos, y especificando el horario de apertura de los centros (8:00-20:00), se ha obtenido para cada uno de estos edificios el valor medio del porcentaje del tiempo que la temperatura interior se encuentra entre 17 y 27°C, correspondientes al mínimo y máximo establecidos por la normativa laboral [29] para locales donde se realicen trabajos sedentarios.

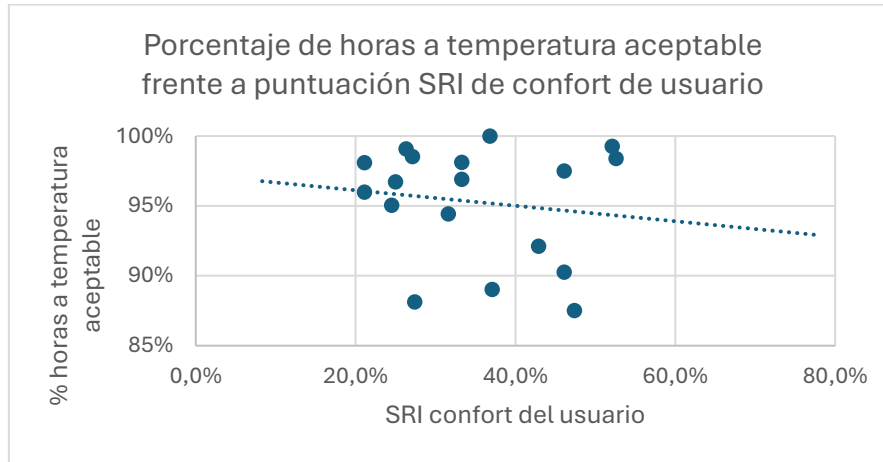


Ilustración 27: Relación entre porcentaje de horas en franjas de temperatura y SRI de confort

Tal y como se ve en la ilustración 27, no existe una relación aparente entre la puntuación SRI relativa al nivel de confort de los usuarios y este porcentaje de horas en las que la temperatura se encuentra dentro de un rango aceptable de valores. Esta falta de tendencia a mejores resultados puede deberse a la poca diferencia existente entre los distintos porcentajes y el número de sensores disponibles en cada edificio, o a factores externos a este análisis como, de nuevo, el factor usuario a la hora de establecer horarios, o la capacidad de los sistemas de climatización de cumplir la demanda térmica de todos los espacios de un edificio.

Si bien no se ha encontrado una relación entre el resultado SRI y las condiciones de confort a escala general, la importancia del control y la regulación para garantizar unas condiciones de temperatura determinadas puede observarse en casos concretos como el edificio Ada Byron del campus Río Ebro, donde, si bien algunos sensores son hand-made, con el potencial de error que esto conlleva, existen espacios con temperaturas superiores a 27°C durante los meses de invierno, tal y como se observa en la ilustración 28. Esto es indicativo de un fallo en la regulación, la cual afecta tanto al confort de los usuarios como a la eficiencia energética del edificio.

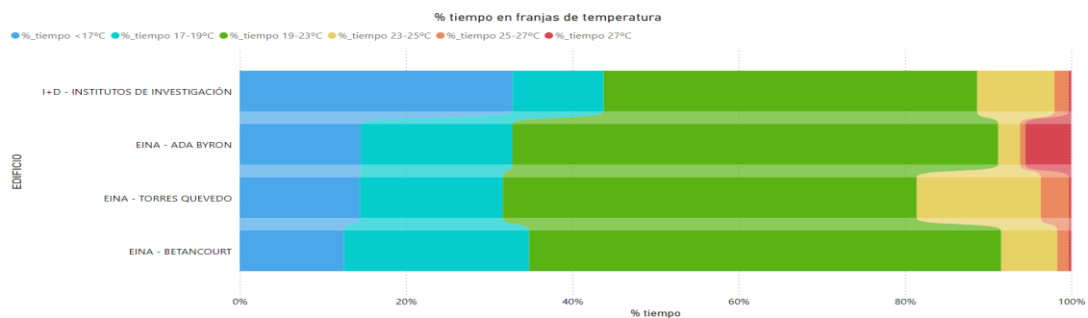


Ilustración 28: Porcentaje de tiempo por franja de temperaturas en campus Río Ebro en febrero

7. SRI como herramienta de mejora

En este apartado se va a demostrar la utilidad del Smart Readiness Indicator en el proceso de rehabilitación de un edificio, de forma que actúe como herramienta de apoyo en la toma de decisiones enfocadas a un objetivo fijo, la mejora de la preparación inteligente de un edificio, y basadas en la experiencia acumulada de los expertos que han desarrollado esta metodología. Con el objetivo de aproximar el ahorro económico conseguido por medio de estas acciones de mejora, se va a aplicar la norma UNE-EN ISO 52120-1 [27] al edificio objeto de estudio que a continuación se va a detallar.

Se ha seleccionado un edificio evaluado que presente bajas puntuaciones SRI, al que se van a plantear una serie de acciones de mejora. El Vicerrectorado de Teruel es el edificio con la peor puntuación global, pero al no disponer de sus datos de consumo se ha optado por el siguiente edificio con menor puntuación, **la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación del campus de Huesca**, construida en 1932 y que actualmente tiene una puntuación total de **23,6%**.

Este edificio cuenta con un sistema de calefacción por caldera de gas a temperatura constante y distribución por radiadores con control central que cubre la mayoría del edificio, a excepción de una serie de despachos calefactados por bombas de calor individuales. Estas bombas de calor operan en modo refrigeración en verano, y son el único sistema de este tipo presente en el edificio, de forma que solo estos despachos cuentan con refrigeración. Tampoco existe ventilación mecánica en la mayoría de los espacios, siendo la biblioteca el único recinto ventilado y con monitorización de su calidad de aire interior. Toda la iluminación del edificio es manual, al igual que los elementos de protección solar, y no existe una plataforma de control y monitorización en la que estén integradas las principales instalaciones del edificio, siendo uno de los pocos edificios que no disponen de un SCADA o sistemas equivalentes.

Estas características sitúan a la Facultad en la **clase F** según la clasificación SRI, y en la clase D según la norma UNE-EN ISO 52120-1, correspondiente a edificios no eficientes energéticamente y de reconversión recomendada. A continuación, se van a enumerar, para los dominios técnicos presentes en el edificio, una serie de acciones de rehabilitación que llevarían a este edificio a la clase C, especificando los servicios SRI a los que afectan y el nivel de funcionalidad alcanzado en cada uno.

Calefacción

- Instalar válvulas termostáticas en los radiadores, de forma que el control de la emisión de calor sea a nivel de cada espacio en lugar de central.
H1a: NF 1 → NF 2
- Mejorar el sistema de regulación de la caldera planteando un sistema de temperatura variable de la impulsión, en función de condiciones exteriores o interiores de temperatura.
H2a: NF 0 → NF 1

Ventilación

- Extender el circuito de ventilación mecánica al resto del edificio, e implementar un sistema de control por detección de ocupación en cada espacio.
V1a: NF 0 → NF 2
- Instalar sensores de calidad del aire en el resto de los espacios del edificio, con registro de históricos accesible a los usuarios.
V6: NF 0 → NF 2

Iluminación

- Añadir un sistema de apagado automático, permitiendo el apagado general nocturno de todas las luminarias.
L1a: NF 0 → NF 1

Envolvente dinámica

- Sustituir las persianas manuales por otras de acción motorizada controlada por la detección de sensores de luminosidad.
DE1: NF 0 → NF 2

Electricidad

- Instalar un contador que informe del consumo eléctrico del edificio en tiempo real, por pantalla o por conexión a una plataforma de visualización.
E12: NF 0 → NF 1

Monitorización y control

- Integración de los sistemas de calefacción, ventilación e iluminación en una plataforma de control y monitorización, incluyendo los consumos energéticos de electricidad y gas natural.
MC13: NF 0 → NF 2
MC30: NF 0 → NF 1

Al aplicar estas modificaciones, el resultado SRI total del edificio asciende a **43,4%**, lo que supone una mejora de 19,8% y una nueva clasificación del edificio en la **clase E** del sistema de resultados SRI. En la ilustración 29 aparece la comparativa de puntuaciones antes y después de estas mejoras, las cuales aparecen en detalle en el **anexo 5**. A pesar de que el enfoque de estas mejoras era la eficiencia energética, las puntuaciones relativas a la respuesta a las necesidades de los usuarios también han aumentado considerablemente, mientras que la flexibilidad energética del edificio es el único aspecto que no ha mejorado.

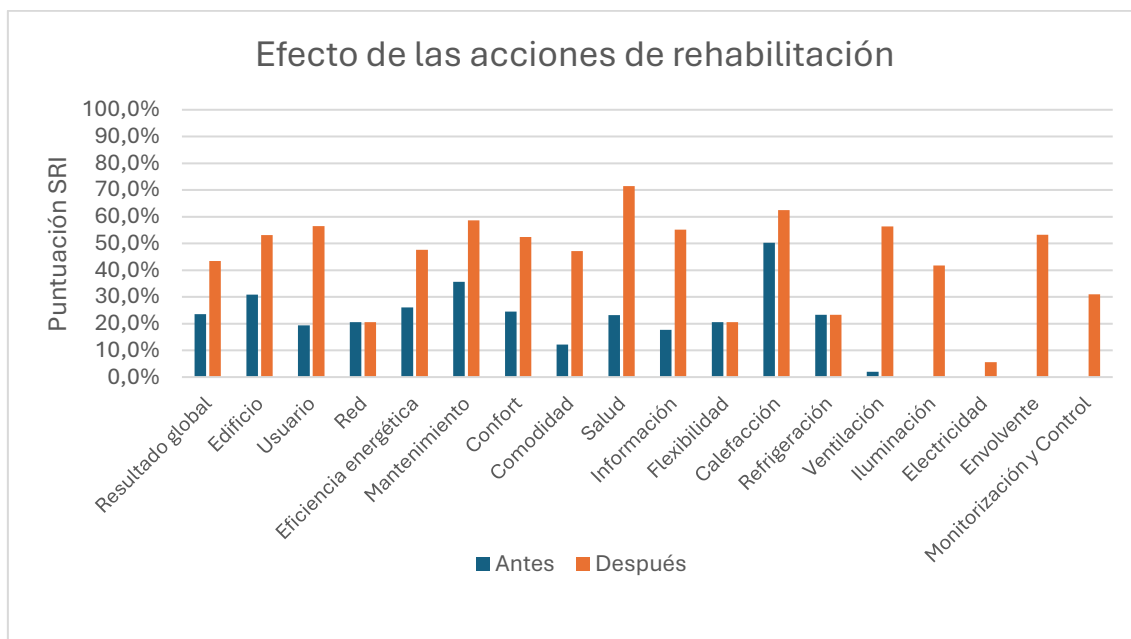


Ilustración 29: Comparación de puntuaciones SRI antes y después de acciones de mejora en un edificio

Respecto a la norma UNE-EN ISO 52120-1, la nueva clasificación de este edificio sería la clase C, lo que supondría un ahorro energético respecto a la inferior clase D en la que se encuentra el edificio realmente. Si bien en esta norma la referencia es la clase C, se puede estimar este ahorro, a partir de los factores de eficiencia globales proporcionados por la norma y los datos de consumo del edificio.

En la ilustración 30 aparecen los factores de eficiencia globales para energía térmica, para distintos edificios no residenciales según su uso y su clase de eficiencia, procedentes de la norma anterior. En edificios educacionales, una clase D supone un consumo de energía térmica 1,20 veces superior a su equivalente de clase C, o lo que es lo mismo, una clase C supondría un ahorro del 16,7% respecto a lo que consumiría un edificio de clase D.

Durante el año 2023, la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación consumió 340.671 kWh de gas natural, lo que supuso un gasto económico de 40.232 €. Aplicando el factor de eficiencia que correspondería si se aplicaran las medidas planteadas y el edificio fuera de clase C, el consumo de energía térmica pasaría a ser 283.892 kWh, lo que supondría un ahorro de 56.778 kWh o 6.705 €.

Tipos de edificios no residenciales	Factores de eficiencia BAC globales $f_{BAC,th}$			
	D	C (Referencia)	B	A
	Baja eficiencia energética	Estándar	Avanzada	Alta eficiencia energética
Oficinas	1,51	1	0,80	0,70
Auditorios	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Edificios para enseñanza (escuelas)	1,20	1	0,88	0,80
Hospitales	1,31	1	0,91	0,86
Hoteles	1,31	1	0,85	0,68
Restaurantes	1,23	1	0,77	0,68
Edificios comerciales de venta mayorista y minorista	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Otros tipos: - instalaciones deportivas - almacenes - edificios industriales - etc.		1		

^a Estos valores dependen en gran medida de la demanda de calefacción/refrigeración para ventilación.

Ilustración 30: Factores de eficiencia globales para energía térmica [27]

Igual que para la energía térmica, la norma proporciona factores de eficiencia para el consumo de energía eléctrica, los cuales aparecen en la ilustración 31. En este caso, el factor de un edificio de clase D es 1,07 respecto a uno de clase C, por lo que un edificio de clase C consumirá aproximadamente un 6,5% menos de lo que consumiría en electricidad su equivalente de clase D.

Tipos de edificios no residenciales	Factores de eficiencia de BAC globales $f_{BAC,th}$			
	D	C (Referencia)	B	A
	Baja eficiencia energética	Estándar	Avanzada	Alta eficiencia energética
Oficinas	1,10	1	0,93	0,87
Sala de conferencias	1,06	1	0,94	0,89
Edificios para enseñanza (escuelas)	1,07	1	0,93	0,86
Hospitales	1,05	1	0,98	0,96
Hoteles	1,07	1	0,95	0,90
Restaurantes	1,04	1	0,96	0,92
Edificios comerciales de venta mayorista y minorista	1,08	1	0,95	0,91
Otros tipos: - instalaciones deportivas - almacenes - edificios industriales - etc.		1		

Ilustración 31: Factores de eficiencia globales para energía eléctrica [27]

También durante 2023, el consumo eléctrico de esta Facultad fue 70.467 kWh, con un coste de 15.486 €. Aplicando el factor de eficiencia, este consumo sería de 65.857 kWh, consiguiendo un ahorro de 4.610 kWh y 1.013 €.

En resumen, la renovación de esta Facultad, implementando las acciones de rehabilitación enumeradas anteriormente, y en base de los datos de consumo de 2023 y la metodología detallada en la norma UNE-EN ISO 52120-1, supondría un ahorro anual aproximado de 7.718 €, un **14%** del gasto económico total del edificio.

Finalmente, para corroborar el ahorro energético calculado mediante esta norma, se ha representado en la ilustración 32 este nuevo edificio obtenido tras aplicar las acciones de mejora junto al resto de edificios con calefacción alimentada por gas natural. Se han remarcado en naranja los puntos correspondientes al edificio original y al edificio rehabilitado, mientras que el resto de los edificios se muestran en azul. Se observa que la línea que une los puntos del edificio antes y después de las acciones de mejora presenta una pendiente parecida a la línea de tendencia de los edificios evaluados. Esta pendiente representa el efecto que el nivel de preparación inteligente tiene en el consumo energético de un edificio, por lo que se concluye que **el ahorro energético propuesto por la norma concuerda con la diferencia de consumo encontrada al comparar edificios reales con distinta puntuación SRI.**

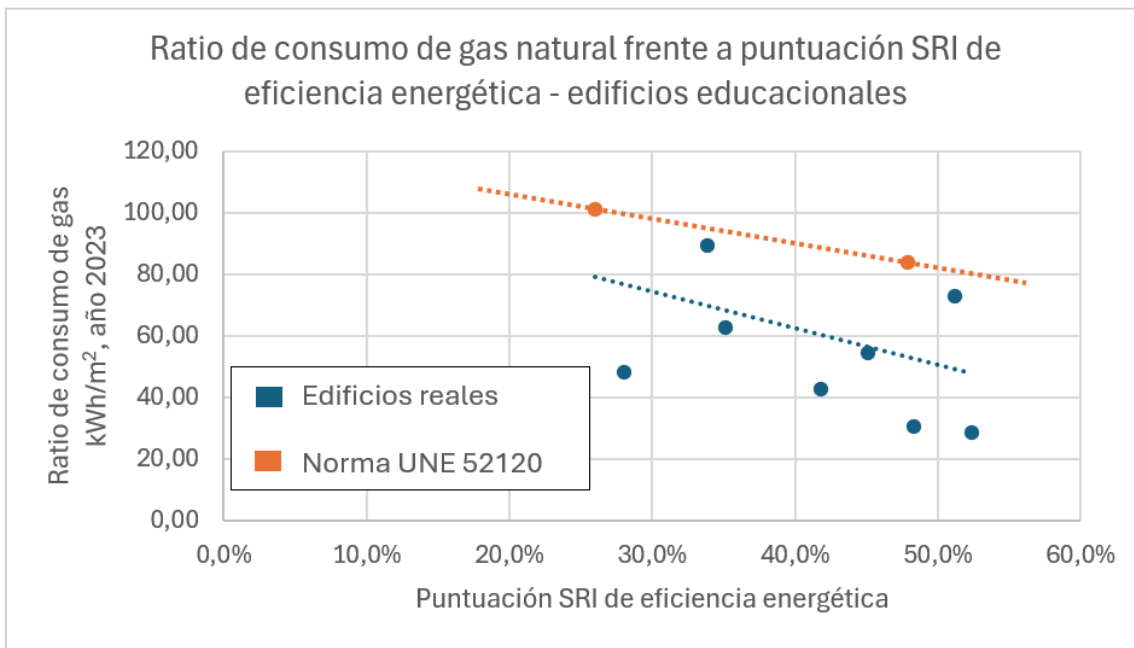


Ilustración 32: Efecto de la preparación inteligente en el consumo energético: norma UNE 52120 frente a casos reales

8. Conclusiones

Conclusiones generales basadas en la bibliografía:

- A. El SRI es un indicador fundamental para lograr los objetivos marcados por la Unión Europea respecto a la rehabilitación energética del sector inmobiliario europeo y la transición a energías renovables. Es tal la importancia que se le da a esta metodología, que **en 2027 pasará a ser obligatoria para edificios no residenciales de gran consumo**.
- B. El SRI es una metodología novedosa, por lo que **el volumen de casos de aplicación en edificios reales es reducido**, si bien va creciendo rápidamente debido al interés existente y su futura obligatoriedad.
- C. Una mayor puntuación SRI implica mejores resultados en el funcionamiento del edificio, por lo que **la búsqueda de la mejora del resultado SRI de un edificio puede motivar las decisiones a la hora de llevar a cabo su rehabilitación**, sirviendo esta herramienta como guía o apoyo para posibles inversiones.
- D. Varios autores coinciden en la **posible subjetividad** a la hora de evaluar un edificio, especialmente a la hora de decidir qué servicios son aplicables, dificultando la comparación de los resultados obtenidos por distintos asesores.
- E. El SRI mide la preparación inteligente de un edificio, por lo que no deberá sustituir, sino **complementar a otros indicadores** ya existentes relativos a eficiencia energética y sostenibilidad.
- F. La norma **UNE-EN ISO 52120-1** cuantifica el ahorro energético derivado del uso de BACS en los edificios, lo que le posiciona como una herramienta **complementaria a la metodología SRI**, existiendo un alto grado de sinergia entre ambas.
- G. **Falta acuerdo o normalización** en los indicadores para las políticas de rehabilitación de edificios.

Aplicación a edificios UNIZAR:

- 1. Los edificios de UNIZAR evaluados presentan una puntuación media de 39,5%, la mayoría de ellos situados en las clases G y E de la clasificación SRI, con puntuaciones de entre 20% y 50%, por lo que existe **margen de mejora por medio del control, la regulación y la monitorización de sus instalaciones**.
- 2. Existe una clara relación entre la antigüedad de un edificio y su resultado SRI, siendo los más modernos aquellos edificios donde las puntuaciones alcanzan valores más elevados.
- 3. La Facultad de Filosofía y Letras presenta la puntuación más elevada con 70,1%, muy por encima del resto de edificios evaluados.
- 4. La flexibilidad energética y la respuesta a señales de la red es la debilidad más clara en todos los edificios evaluados, con puntuaciones inferiores a las relativas al rendimiento del edificio y la respuesta a las necesidades de los usuarios.

5. Los dominios técnicos con mejores resultados a nivel general son la calefacción, la refrigeración y el ACS. La ventilación presenta valores bajos excepto en la Facultad de Filosofía y Letras, la Facultad de Educación y el Polideportivo Río Isuela, y el control de la iluminación y los elementos de protección solar son los puntos débiles de la mayoría de los edificios.

Comparación con otros edificios:

6. La mayoría de los edificios recogidos en SRI2MARKET presentan puntuaciones bajas, especialmente en flexibilidad energética y respuesta a las señales de la red.
7. Los edificios de UNIZAR alcanzan puntuaciones elevadas comparadas con la base de resultados de SRI2MARKET. Sin embargo, esta comparación se ve limitada por el reducido número de edificios educativos y de edificios no residenciales evaluados por el método A.
8. Los edificios residenciales presentan generalmente puntuaciones inferiores a los no residenciales, siendo la existencia de BACS fundamental para que un edificio alcance buenos resultados.

Comparación entre métodos A y B:

9. Las puntuaciones obtenidas por el método B son inferiores, tanto la puntuación total como las de las tres funcionalidades clave.
10. Si bien existe un estudio en el que se concluye que las puntuaciones por ambos métodos no varían en exceso [25], sería necesario seguir analizando este tema.

Comparación con otros KPIs:

11. **Existe relación entre una mayor puntuación SRI y menores ratios de consumo energéticos**, teniendo en cuenta el uso al que está destinado el edificio y la tipología de sus instalaciones de climatización.
12. No se ha encontrado una relación aparente entre el nivel de confort de un edificio y su puntuación SRI respectiva con los datos seleccionados. Si bien la preparación inteligente no es el único factor, es necesario seguir estudiando esta relación.

SRI como herramienta de mejora:

13. Es posible utilizar la metodología SRI como herramienta de guía y motivación de las acciones de rehabilitación de un edificio.
14. Se han detallado una serie de **acciones concretas para la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación del campus de Huesca, mejorando su puntuación SRI de 23,6% a 43,4%**.
15. Aplicando la norma UNE 52120, se ha estimado que esta rehabilitación supondría **un ahorro de 14% del coste económico derivado del consumo energético** de este edificio.
16. Para un caso concreto de análisis, se ha constatado **que la relación esperada, en base a la norma UNE 52120, entre mejora de SRI y disminución de consumo encaja con los valores obtenidos en la muestra de edificios analizados**.

9. Líneas de futuro

Con el fin de dar continuidad al trabajo realizado hasta el momento, se detallan a continuación una serie de líneas de futuro que se consideran de interés.

1. **Actualizar** las evaluaciones de estos edificios conforme se realicen renovaciones o se modifique alguno de los servicios recogidos en la metodología SRI.
2. Ampliar el volumen de edificios evaluados, con el objetivo final de obtener resultados de **todos los edificios pertenecientes a UNIZAR**.
3. Aplicar la metodología SRI a **edificios ajenos a UNIZAR**, incluyendo edificios residenciales y de otros usos dentro de los no residenciales.
4. Evaluar todos o parte de los edificios seleccionados en este TFM con el **método B**, permitiendo la comparación entre ambos métodos con una muestra de casos de mayor volumen.
5. Estudiar el peso que la **subjetividad del asesor** supone en los resultados obtenidos, evaluando de nuevo estos edificios y comparando los resultados con los obtenidos en este TFM.
6. Continuar analizando la relación entre el SRI y **datos de consumo** de los edificios, a nivel de dominio técnico y en más edificios de los incluidos en la comparación realizada en este trabajo.
7. Continuar analizando la relación entre el SRI y los **datos de temperatura** medidos por la red de sensores de los edificios de UNIZAR, incluyendo nuevas mediciones conforme se instalen sensores en más edificios.
8. Conforme se instalen más sistemas de monitorización de **calidad del aire** en los edificios de UNIZAR, extender el alcance de la comparación entre las puntuaciones SRI y datos medidos realizada en este TFM, incluyendo más edificios y otros indicadores, como la concentración de CO₂ y otros contaminantes.
9. Estudiar la precisión de la norma **UNE-EN ISO 52120-1**, comparando datos de consumo de un edificio antes y después de su rehabilitación.
10. **Colaborar** con iniciativas como SRI2MARKET para que el trabajo realizado pueda ser útil en el desarrollo e implementación de la metodología SRI.

Bibliografía

- [1] E. Commission, «Energy Performance of Buildings Directive,» [En línea]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en?prefLang=sv.
- [2] «Cambio climático: lo que está haciendo la UE,» [En línea]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/climate-change/#:~:text=En%20virtud%20del%20Reglamento%20Europeo,UE%20clim%C3%A1ticamente%20neutra%20en%202050>.
- [3] E. Commission, «Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency,» [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG.
- [4] «Learning SRI2MARKET,» [En línea]. Available: <https://learning.sri2market.eu/>.
- [5] H. L. S. W. J.K.W. Wong, «Intelligent building research: a review,» 2004. [En línea]. Available: <https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/j.autcon.2004.06.001>.
- [6] K. H. A. S. E. A. M. M. A. B. N. Italo Aldo Campodonico Avendano, «A novel framework for assessing the smartness and the smart readiness,» [En línea]. Available: <https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/j.enbuild.2024.114234>.
- [7] J. C.-C. T. Derek, «What do we mean by intelligent buildings?,» 1997. [En línea]. Available: [https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/S0926-5805\(97\)00018-6](https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/S0926-5805(97)00018-6).
- [8] E. Commission, «Flexibility Markets,» [En línea]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/flexibility-markets_en.

- [9] Y. S. A. K. Lysandra Amanta Medal, «Prioritizing Decision Factors of Energy Efficiency Retrofit for Facilities Portfolio Management,» 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/349695735_Prioritizing_Decision_Factors_of_Energy_Efficiency_Retrofit_for_Facilities_Portfolio_Management .
- [10] N. C. Lisa Ryan, «Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements,» 2012. [En línea]. Available: https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2014/04/Spreading_the_Net.pdf.
- [11] J. V. S. J. Niina Leskinen, «A Review of the Impact of Green Building Certification on the Cash Flows and Values of Commercial Properties,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/7/2729>.
- [12] M. D. M. Brian A. Ciochetti, «Energy Efficiency Improvements: Do they Pay?,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.jstor.org/stable/24860571>.
- [13] E. Commission, «Smart Readiness Indicator,» [En línea]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator_en.
- [14] K. K. Ondřej Horák, «Testing of Pilot Buildings by the SRI Method,» 2019. [En línea]. Available: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/86913/Horak_Kabele__Testing_of_Pilot_Buildings_by_the_SRI_Method__%282019%29_PUBV_337372.pdf?sequence=-1&isAllowed=y.
- [15] L. P. ., S. S. J. Eerika Janhunen, «Applicability of the Smart Readiness Indicator for Cold Climate Countries,» 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/buildings9040102>.
- [16] R. P. G. P. A. G. Ilaria Vigna, «Analysis of the Building Smart Readiness Indicator Calculation: A Comparative Case-Study with Two Panels of Experts,» 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/en13112796>.
- [17] M. S. P. A. C. Martina Maggiulli, «A Data-Driven Approach to Evaluate the Smart Readiness Indicator for the Functionality “Respond to Users’ Needs”,» 2024. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/378789755_A_Data-Driven_Approach_to_Evaluate_the_Smart_Readiness_Indicator_for_the_Functionality_Respond_to_Users'_Needs.

- [18] C. P. A. P. Paris A. Fokaides, «How Are the Smart Readiness Indicators Expected to Affect the Energy Performance of Buildings: First Evidence and Perspectives,» 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/su12229496>.
- [19] M. G. d. S. N. S. Bahareh Ramezani, «Application of smart readiness indicator for Mediterranean buildings,» 2021. [En línea]. Available: <https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/j.enbuild.2021.111173>.
- [20] M. D. M. B. D. P. G. P. G. F. I. B. M. D. Laura Canale, «Estimating the Smart Readiness Indicator in the Italian Residential Building Stock in Different Scenarios,» 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/en14206442>.
- [21] P. G. G. M. K. A. K. K. N. N. Vasilis Apostolopoulos, «Smart readiness indicator evaluation and cost estimation of smart retrofitting scenarios - A comparative case-study in European residential buildings,» 2022. [En línea]. Available: <https://doi-org.cuarzo.unizar.es:9443/10.1016/j.scs.2022.103921>.
- [22] M. D. E. D. B. I. P. A. F. L. S. Gvidas Plienaitis, «Evaluation of the Smart Readiness Indicator for Educational Buildings,» 2023. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/buildings13040888>.
- [23] E. G. P. A. F. A. M. P. Konstantinos Chatzikonstantinidis, «Smart Readiness Indicator (SRI) as a Decision-Making Tool for Low Carbon Buildings,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/6/1406>.
- [24] U. M. Hernández, «Smart Readiness Indicator - UMH,» [En línea]. Available: <https://sri.umh.es/>.
- [25] E. Commission, «Provisional guidance on the implementation of the SRI,» 2023. [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/newsroom/ener/items/777750>.
- [26] M. G.-M. Rábanos, «Memoria Interactiva de la Oficina Verde,» [En línea]. Available: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaNTY0MTgyMwYtNTk4My00MzNjLWE0Y2UtNjVlN2EyMwI1N2EyIiwidCI6ImMjI3ZGJhLWYzZjQtNDU0NC1iMzE0LWM2ZWZkMzBIMGQwMCIslmMiOjh9>.
- [27] «UNE-EN ISO 52120-1:2022,» [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0070393>.

- [28] M. G.-M. Rábanos, «Caracterización de la inercia térmica y análisis de datos de calidad de aire interior en edificios del sector terciario,» [En línea]. Available: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTAwMDIzMWUtNGIxNy00NTI0LTg5NWQtMTgzOWRhYWU3MzA5IiwidCI6IjNmMjl3ZGJhLWYyZjQtNDU0NC1iMzE0LWM2ZWZkMzBlMGQwMCIslmMiOjh9.>
- [29] M. d. T. y. A. Sociales, «Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf>.
- [30] E. Commission, «Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings,» 2020. [En línea]. Available: https://energy.ec.europa.eu/publications/final-report-technical-support-development-smart-readiness-indicator-buildings_en.
- [31] E. Commission, «Commission Delegated Regulation (EU) 2020/2155 of 14 October 2020 supplementing Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council by establishing an optional common European Union scheme for rating the smart readiness of buildings,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R2155>.
- [32] P. A. F. P. A. L. J. Angeliki Kylili, «Key Performance Indicators (KPIs) approach in buildings renovation for the sustainability of the built environment: A review,» 2015. [En línea]. Available: <https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S1364032115013635>.
- [33] E. Commission, «Commission Implementing Regulation (EU) 2020/2156 of 14 October 2020 detailing the technical modalities for the effective implementation of an optional common Union scheme for rating the smart readiness of buildings,» [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R2156>.
- [34] S. V. A. A. L. Vandenbogaerde, «Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings,» 2023. [En línea]. Available: <https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S2352710223014134>.

- [35] E. Commission, «Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings,» [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401275&pk_keyword=Energy&pk_content=Directive.
- [36] «SRI2MARKET,» [En línea]. Available: <https://sri2market.eu/>.
- [37] D. Ö. Thomas Märzinger, «Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings,» 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/en12101955>.

ANEXO 1: Normativa e iniciativas

Los orígenes del SRI se establecieron en la **Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD)** [3] publicada en **2018**, la cual plantea la implementación de un régimen común voluntario en los estados miembros de la Unión Europea para la clasificación del grado de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios, que evalúe la capacidad de estos para “adaptar su funcionamiento a las necesidades de sus ocupantes y a la red, y mejorar su eficiencia energética y sus prestaciones globales”. Además, establece las **tres funcionalidades clave** en torno a las cuales se basará dicho indicador, y que aún se mantienen en la actual metodología SRI:

“a) la capacidad para mantener los niveles de **rendimiento energético y el funcionamiento del edificio** mediante la adaptación del consumo energético, por ejemplo mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables;

b) la capacidad para adaptar su modo de funcionamiento en respuesta a las **necesidades del ocupante**, prestando la atención debida a la facilidad de uso, la conservación de condiciones climáticas interiores saludables y la capacidad para informar sobre el consumo de energía, y

c) la flexibilidad de la demanda global de electricidad del edificio, incluida su capacidad para permitir la participación activa y pasiva en la respuesta a la demanda tanto implícita como explícita en **relación con la red**, por ejemplo a través de las capacidades de flexibilidad y transferencia de carga.”

Antes de la publicación de la EPBD, en 2017, se iniciaron una serie de estudios técnicos, con la colaboración de numerosas partes interesadas, para definir un primer borrador del SRI y su metodología. El último de estos estudios [30], publicado en junio de 2020, explica la **metodología de cálculo SRI**, incluyendo los siete criterios de impacto y los nueve dominios técnicos incluidos en la valoración; el procedimiento de cálculo y las **ponderaciones** adecuadas para cada zona climática y tipo de edificio; y dos catálogos de servicios a valorar para **dos métodos** distintos, uno simplificado, denominado método A, y otro detallado, denominado método B.

En 2020, se adoptó el Reglamento Delegado UE 2020/2155 [31], en el cual se fijan la definición y el objetivo del SRI, y la metodología de cálculo de este, basado en los resultados del estudio anterior. Este reglamento propone la publicación propia por cada Estado miembro del **catálogo de servicios** más apropiado, permitiendo así modificar los catálogos generales, y se especifica la información que debe aparecer en el resultado final. También se remarca el, hasta ese momento, carácter voluntario de la aplicación del método en cada Estado miembro, así como que este nuevo indicador debe **complementar**, no sustituir, a otros instrumentos de evaluación de edificios, como los referentes a la eficiencia energética o la sostenibilidad. Sin embargo, esta sinergia entre indicadores se ve obstaculizada por la **ausencia de una adecuada coordinación y estandarización** en la implementación de estos [32].

Así mismo, en 2020 se adoptó el Reglamento de Ejecución UE 2020/2156 [33], a través del cual se ofrece a los Estados miembros la posibilidad de realizar una **fase de prueba** de aplicación del SRI, supervisada por la Comisión Europea a la que deberán presentar los resultados de esta, para decidir si adoptar este indicador y en qué medida, una vez concluya el periodo de prueba. Para apoyar esta iniciativa, se creó en 2021 un equipo de soporte del SRI para brindar asistencia técnica durante este proceso de ensayo e implementación, y a partir de 2022 se iniciaron fases de prueba en ocho Estados miembros de la Unión Europea: Austria, Croacia, Dinamarca, Eslovenia, España, Finlandia, Francia y República Checa.

En 2022 se publica la **norma UNE-EN ISO 52120-1** [27], relativa a la eficiencia energética de los edificios, en la cual se analiza el potencial de los BACS para mejorar el rendimiento energético de un edificio. Para ello, detalla una serie de funciones que contribuyen a este aumento del rendimiento, que se corresponden en gran parte con los servicios que conforman el catálogo presente en el informe final de apoyo al desarrollo del SRI [30]. En esta norma, se distinguen **cuatro niveles de eficiencia** que puede tener un edificio, se especifican las funciones que deben estar presentes para alcanzar cada una de ellas, y se estima el **ahorro energético** que supone cada uno de estos niveles respecto al consumo que se tendría en un edificio sin funciones de control y automatización. Si bien la influencia de los BACS en el ahorro energético de un edificio es universalmente aceptada, algunos autores han criticado los factores de ahorro propuestos por esta norma, y consideran que para estimar el ahorro obtenido a través del control y la automatización es necesario tener en cuenta factores obviados por la metodología propuesta por esta norma, principalmente los patrones de ocupación del edificio en cuestión [34].

En 2024 se publica la revisión de la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios, mediante la Directiva UE 2024/1275 [35]. En el artículo 15 de dicha directiva se establece que antes del 30 de junio de 2026 la Comisión deberá haber presentado ante el Parlamento Europeo y el Consejo un informe basado en los resultados obtenidos durante las fases de prueba en los distintos Estados miembros. En base a este informe, la Comisión adoptará, a más tardar el 30 de junio de 2027, un acto delegado que **exija la aplicación del régimen común para la valoración de la preparación inteligente de los edificios en la Unión Europea, para edificios no residenciales** con una potencia nominal útil para las instalaciones de calefacción, las instalaciones de aire acondicionado, las instalaciones combinadas de calefacción y ventilación o las instalaciones combinadas de aire acondicionado y ventilación **superiores a 290 kW**, de forma que la aplicación del SRI dejará de ser voluntaria.

Con el objetivo de fomentar el uso del SRI en la Unión Europea y facilitar la colaboración entre entidades e individuos interesados en los distintos países miembros, se inició en 2022 el proyecto **SRI2MARKET** [36]. Esta plataforma permite realizar y almacenar informes SRI, creando una base de datos de edificios reales en distintos países que facilite la comparación de resultados y la comunicación entre investigadores y desarrolladores de la herramienta. Además, para asegurar la fiabilidad de los informes introducidos en la plataforma, y como recurso educativo, se inició en 2024 la plataforma **Learning SRI2MARKET** [4], a través de la cual se ofrecen cursos de aprendizaje para la aplicación del SRI, tanto en inglés como en otros seis idiomas con el objetivo de fomentar la metodología SRI en Austria, España, Francia, Portugal, Croacia y Chipre. Para la realización de este Trabajo de Fin de Máster, se ha completado el **curso en español**, superando todos los cuestionarios requeridos para la obtención de las insignias correspondientes al nivel 1, “Usuario del SRI”, y el nivel 2, “Principiante del SRI”, y obteniendo así acceso a la plataforma SRI2MARKET y toda la información recogida en su base de datos. Para la obtención de la tercera insignia, denominada “Experto del SRI”, es necesario publicar un caso de evaluación SRI a un edificio real dentro de la plataforma para su posterior revisión. Sin embargo, al no contar con el permiso de la Universidad de Zaragoza para publicar resultados obtenidos en sus edificios, no fue posible la obtención de esta insignia final para la realización de este TFM. El proyecto SRI2MARKET permanecerá abierto hasta noviembre de 2025, y utilizará los resultados obtenidos hasta entonces para facilitar la adopción del SRI en el resto de los países miembros de la Comisión Europea.

ANEXO 2: Artículos sobre aplicación del SRI

Los primeros artículos sobre la aplicación de la metodología SRI a edificios reales se publicaron en 2019. Horák y Kabele [14] calcularon el SRI de cuatro edificios ubicados en la República Checa, tres de ellos residenciales y uno no residencial, llegando a la conclusión de que si bien en algunos edificios es prácticamente imposible alcanzar puntuaciones del 100%, debido al coste que supone la instalación de BACS, el SRI recoge **un gran volumen de información** sobre las instalaciones de los edificios de forma resumida. Ese mismo año, Janhunen et al. [15] aplicaron la metodología SRI a tres edificios no residenciales situados en Finlandia, concluyendo que los servicios recogidos en el catálogo no son apropiados para países con clima frío, al no tener en cuenta tecnologías muy presentes en edificios situados en estos países, concretamente la calefacción urbana. Además, opinan que el proceso de selección de servicios aplicables permite la **toma subjetiva de decisiones**, disminuyendo la objetividad del estudio y dificultando la comparación entre resultados obtenidos por diferentes asesores.

Esta posible subjetividad por parte de los encargados de evaluar los edificios fue estudiada por Vigna et al. [16], en un artículo de 2020 en el que el SRI de un edificio ubicado en Italia fue calculado paralelamente por dos grupos de expertos, con el fin de comprobar los resultados obtenidos. La diferencia que hubo entre ambos refleja un impacto significativo de la interpretación del asesor sobre la evaluación SRI, específicamente a la hora de elegir los servicios relevantes y sus niveles de funcionalidad apropiados. Además, el artículo propone la **inclusión de indicadores cuantitativos** y medibles que complementen a los cualitativos que conforman la metodología SRI, facilitando así la comparación entre edificios. En esta línea, Märzinger y Österreicher [37] propusieron en 2019 una versión alternativa del SRI, convirtiéndolo en un indicador cuantitativo que represente el potencial para la gestión de la demanda (DSM) de un edificio. A su vez, Maggiulli et al. [17] propusieron una modificación del método de cálculo en lo referente a las necesidades del usuario, concretamente en lo relacionado con salud y confort, utilizando datos cuantitativos basados en mediciones de la calidad del aire en el interior de los edificios.

También en 2020, Fokaidis et al. [18] utilizaron los resultados SRI de un edificio de uso educativo en Chipre para identificar debilidades de esta metodología y predecir cómo va a ser la implementación de esta en los siguientes años. Algunas de sus observaciones principales son la posible subjetividad a la hora de evaluar el edificio, **la desventaja que tienen edificios pequeños, especialmente residenciales, e históricos**, frente a edificios grandes que cuenten con sistemas de gestión de edificios (BMS), y la necesidad de **adaptar la metodología de cálculo a distintos tipos de edificios según su uso**.

En 2021, Ramezani et al. [19] se propusieron comprobar la eficacia de la metodología SRI en el clima mediterráneo, comparando dos edificios no residenciales en Portugal. El artículo confirma que **un mejor resultado SRI se corresponde con mejores datos de eficiencia energética y calidad ambiental (IEQ)**, por lo que la mejora del SRI se puede considerar uno de los objetivos a la hora de rehabilitar un edificio, de forma que las

acciones a realizar durante dicha rehabilitación podrían ser elegidas en base a su efecto en el SRI. También en 2021, Canale et al. [20] estudiaron el potencial de implementación del SRI al parque inmobiliario residencial en Italia, estimando el resultado global de este mediante ocho edificios tipo. A su vez, calcularon el resultado tras dos escenarios de rehabilitación, para estimar el potencial de mejora del parque inmobiliario italiano. Una de sus principales conclusiones fue la necesidad de diferenciar entre edificios residenciales y no residenciales, no solo en cuanto a la forma de ponderar los resultados, sino a la hora de establecer el catálogo de servicios que se deberían tenerse en cuenta según el uso del edificio.

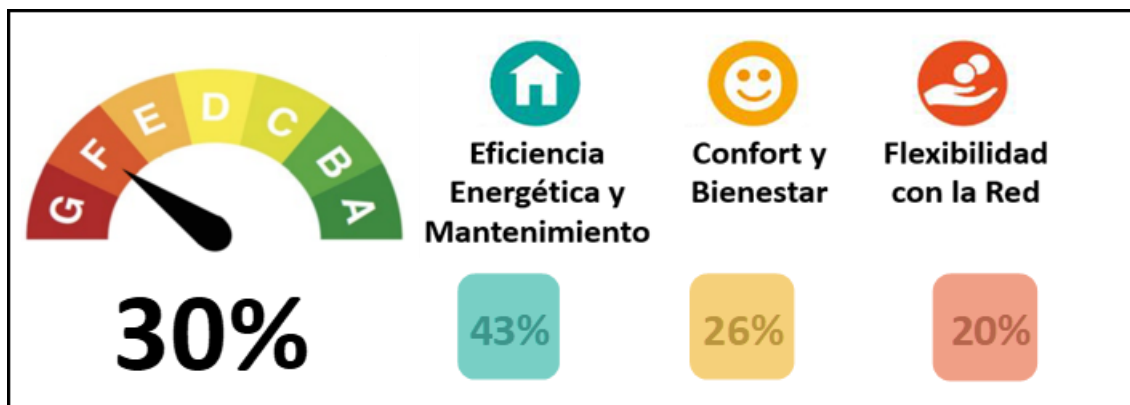
En 2022, Apostolopoulos et al. [21] analizaron diez edificios tipo, repartidos en cinco países diferentes para cubrir todas las zonas climáticas establecidas en la metodología SRI. En cada país, estudiaron dos edificios residenciales, uno unifamiliar y un bloque de viviendas, y se calculan los resultados de un escenario base, en el que los edificios cuentan con los requerimientos mínimos establecidos en el EPBD, y dos escenarios de rehabilitación inteligente. Además de estos resultados, se estimó el coste que supondría llevar a cabo estas rehabilitaciones, concluyendo que es posible aumentar notablemente la puntuación de un edificio construido según lo establecido en el EPBD a **bajo coste**.

En 2023, Plienaitis et al. [22] evaluaron la validez del método SRI en edificios educativos, obteniendo resultados de un centro universitario ubicado en Lituania, antes y después de la implementación de una serie de mejoras. Su principal conclusión fue la necesidad de diferenciar el uso del edificio a la hora de establecer el catálogo de servicios a valorar. Una conclusión similar fue la que obtuvieron Avendano et al. [6], quienes en 2024 aplicaron la metodología SRI a diez edificios no residenciales situados en Noruega. En su artículo, concluyen que las ponderaciones estándar no representan correctamente el contexto del edificio en cuestión, siendo necesario el desarrollo de **sistemas de ponderación más diferenciados entre países, y específicos para los posibles usos del edificio**, más allá de la distinción entre edificios residenciales y no residenciales, lo cual ha sido implementado en la metodología desde entonces. Este mismo año, Chatzikonstantinidis et al. [23] encontraron esta misma limitación en la metodología SRI, junto a la posible subjetividad por parte del asesor; si bien destacaron el potencial del SRI como **herramienta de apoyo a la toma de decisiones** que promuevan la sostenibilidad en el sector inmobiliario, además de **facilitar la comprensión pública de los beneficios que suponen las tecnologías inteligentes en la construcción de edificios**.

En España, la aplicación del método SRI va encabezada por la Universidad Miguel Hernández, en Elche, por medio del proyecto **SRI-UMH** [24], a través del cual aplican la metodología SRI a edificios de la administración pública de la provincia de Alicante. Hasta el momento, cuentan con informes de acceso público de nueve edificios, en los que aparecen los detalles de las instalaciones técnicas de los mismos, los resultados obtenidos tras el cálculo SRI, y propuestas de mejora acompañadas con el resultado que se obtendría tras su aplicación.

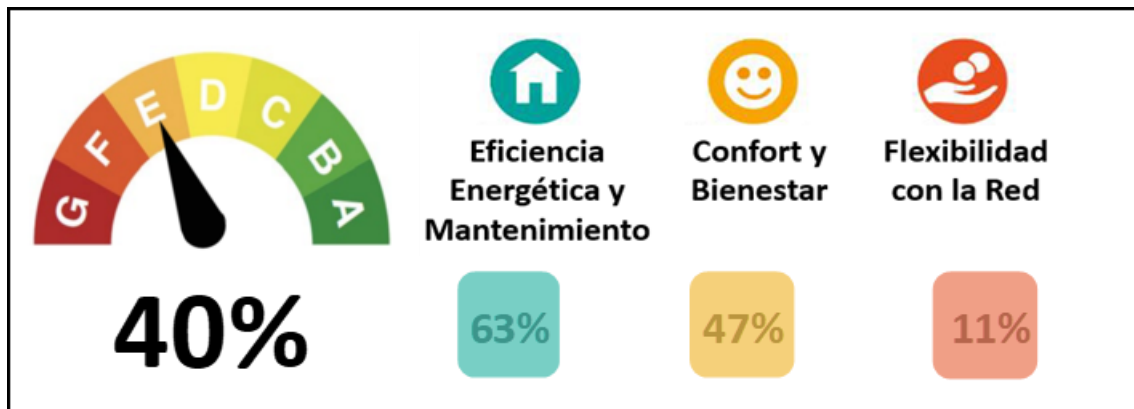
ANEXO 3: Puntuaciones detalladas de los edificios evaluados

Colegio Mayor Universitario Pedro Cerbuna



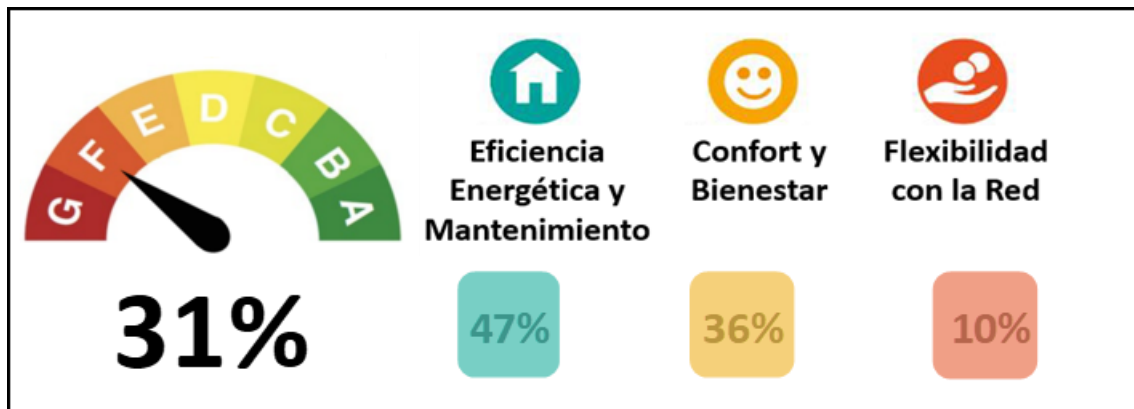
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	43%		26%				20%	
								Total Dominio
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	
Total Impacto	30%	57%	8%	28%	9%	57%	20%	
Calefacción	33%	50%	25%	50%	67%	100%	0%	55%
Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	60%	0%	100%	40%	65%
Refrigeración	0%	50%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%	22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	29%	75%	33%	0%	21%

Facultad de Medicina – Edificio A



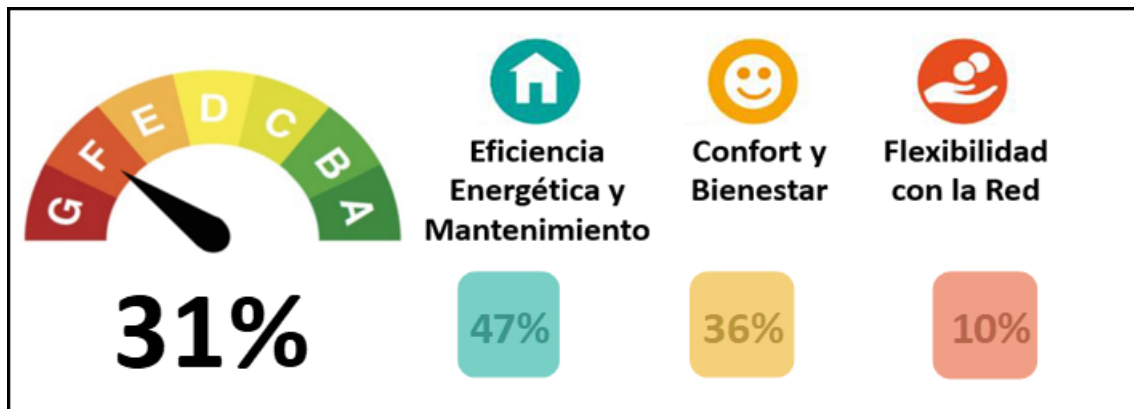
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	63%		47%				11%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	41%	85%	37%	50%	36%	67%	11%		
Calefacción	50%	50%	50%	100%	67%	100%	0%		81%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%		57%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%		19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%		22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	



















Facultad de Ciencias – Edificio B - Matemáticas



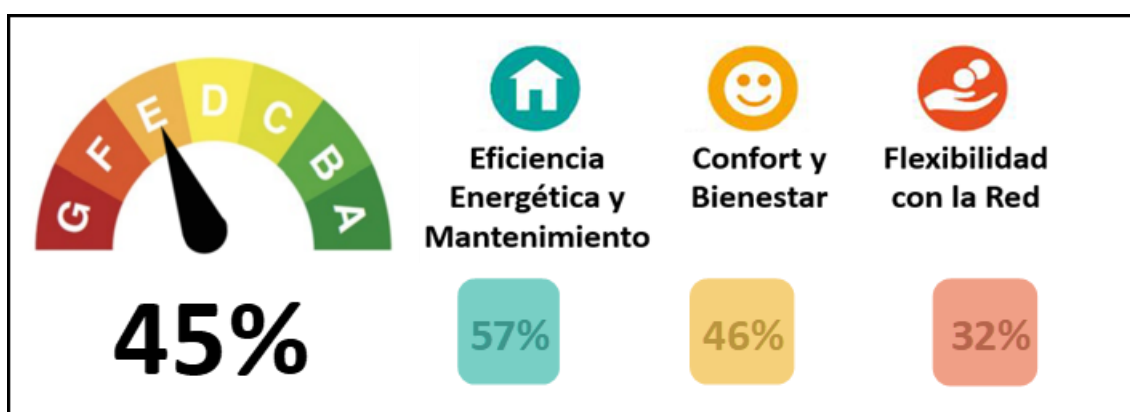
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	47%		36%				10%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	25%	69%	21%	35%	21%	67%	10%	
Calefacción	17%	50%	0%	25%	67%	100%	0%	39%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	50%	50%	43%	57%	67%	100%	17%	49%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%	19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%	22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%




















Facultad de Ciencias – Edificio C - Geológicas



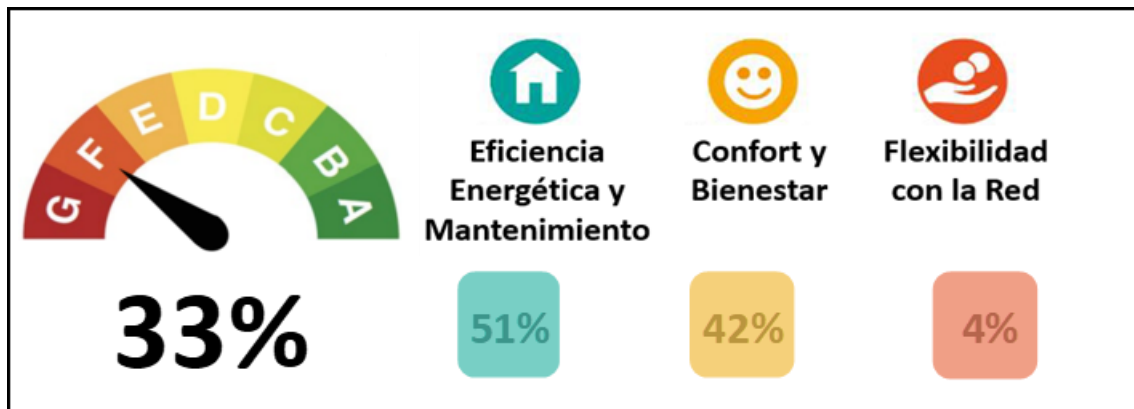
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	47%		36%				10%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	25%	69%	21%	35%	21%	67%	10%	
 Calefacción	17%	50%	0%	25%	67%	100%	0%	39%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	50%	50%	43%	57%	67%	100%	17%	49%
 Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%	19%
 Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
 Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%	22%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Pabellón Polideportivo Universitario – SAD



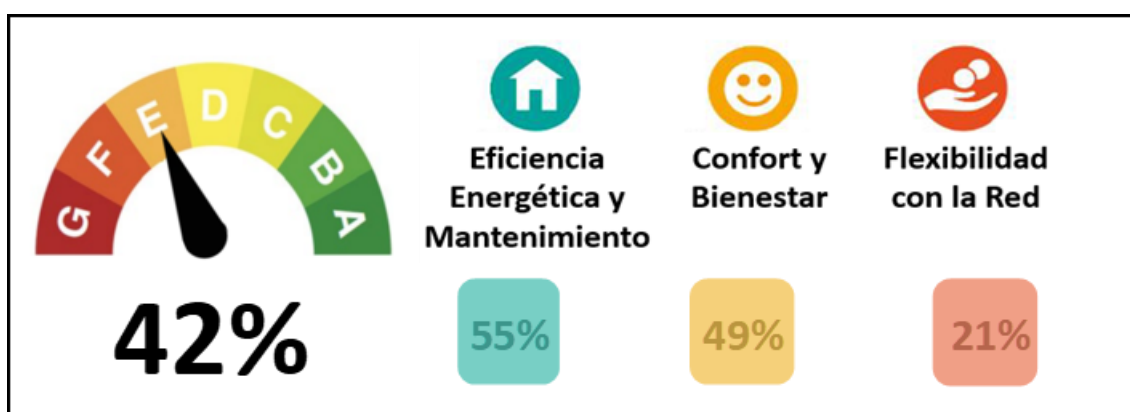
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	57%		46%				32%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	41%	73%	27%	53%	29%	75%	32%	
 Calefacción	35%	50%	28%	53%	67%	100%	0%	56%
 Agua Caliente Sanitaria	100%	0%	0%	100%	0%	100%	100%	100%
 Refrigeración	50%	50%	43%	70%	67%	100%	0%	47%
 Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%	19%
 Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
 Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Monitorización y control	50%	55%	0%	57%	75%	67%	0%	37%

Facultad de Ciencias Sociales y del Trabajo



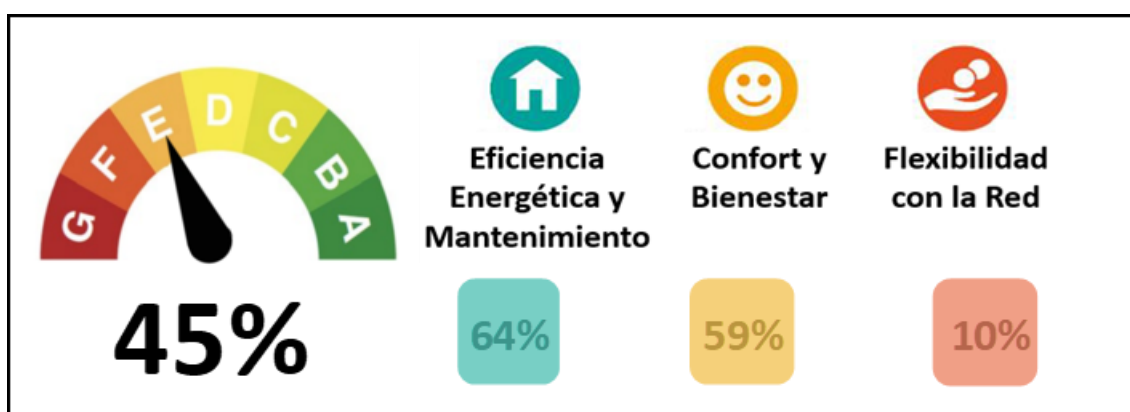
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	51%		42%				4%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	28%	75%	27%	46%	29%	67%	4%		33%
Calefacción	25%	50%	17%	63%	67%	100%	0%		38%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	46%	50%	39%	57%	67%	100%	12%		46%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%		19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltente dinámica	33%	0%	33%	33%	0%	0%	0%		27%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%		22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

Edificio SAI – Edificio de Apoyo a la Investigación



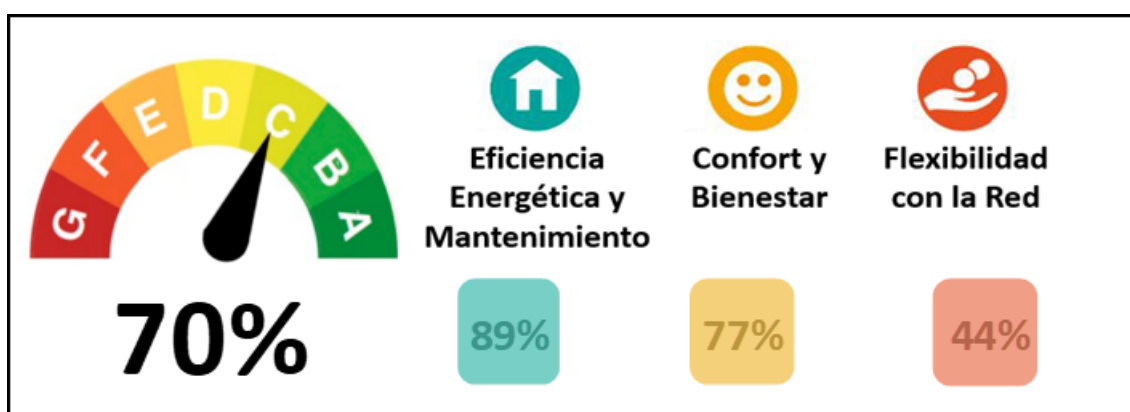
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	55%		49%				21%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	58%	53%	53%	41%	36%	67%	21%	
Calefacción	83%	50%	100%	75%	67%	100%	33%	65%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	75%	50%	71%	57%	67%	100%	17%	51%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%	19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%	22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Facultad de Educación



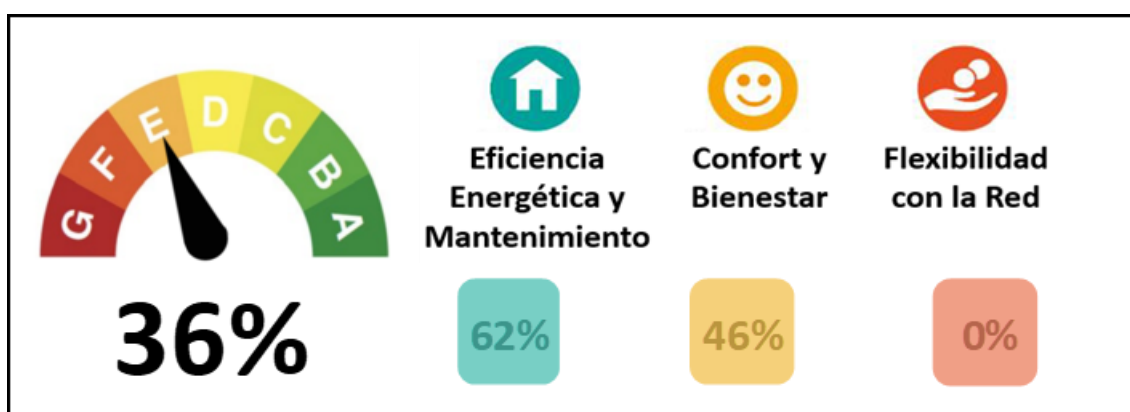
	⚡		👤				🚶	SRI 45%	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	64%		59%				10%		
	⚙️ Eficiencia Energét.	🔧 Mantenim. y Predicción de Fallos	🌡️ Confort	🛏️ Comodidad	❤️ Salud, bienestar y accesibili.	📱 Información a los ocupantes	🚶 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	52%	75%	52%	45%	54%	86%	10%		
🏠 Calefacción	70%	50%	80%	55%	67%	100%	0%		73%
🚿 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
❄️ Refrigeración	50%	50%	43%	54%	67%	100%	17%		48%
🌀 Ventilación	43%	50%	53%	53%	100%	100%	0%		71%
💡 Iluminación	53%	0%	80%	80%	67%	0%	0%		67%
📄 Envolverte dinámica	17%	0%	17%	17%	0%	0%	0%		13%
⚡ Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%		39%
🚗 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
📱 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	




















Facultad de Filosofía y Letras – Método A



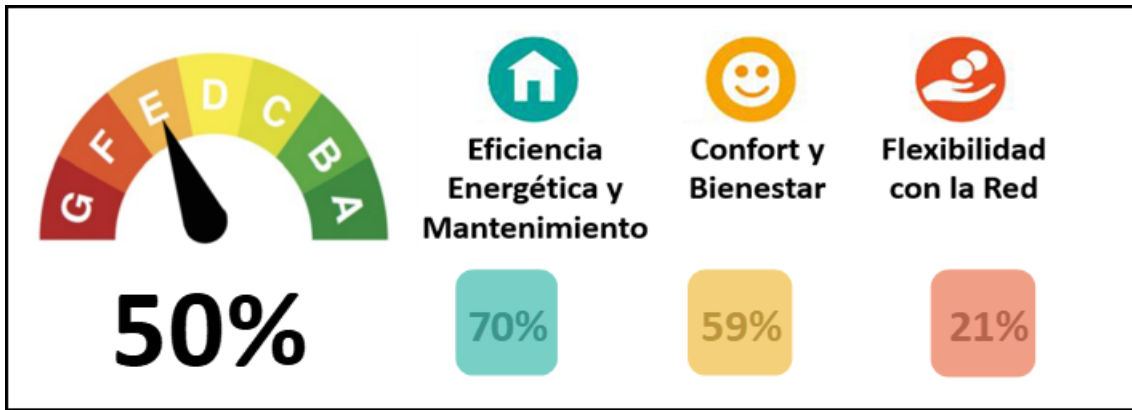
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	89%		77%				44%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	86%	92%	82%	69%	75%	84%	44%	
Calefacción	100%	50%	100%	100%	67%	100%	60%	87%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	100%	50%	86%	86%	67%	100%	33%	73%
Ventilación	100%	50%	100%	100%	100%	100%	0%	100%
Iluminación	60%	0%	90%	90%	67%	0%	0%	75%
Envoltante dinámica	33%	0%	17%	33%	0%	0%	0%	27%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
Monitorización y control	50%	55%	0%	57%	75%	67%	0%	37%

Edificio Torres Quevedo



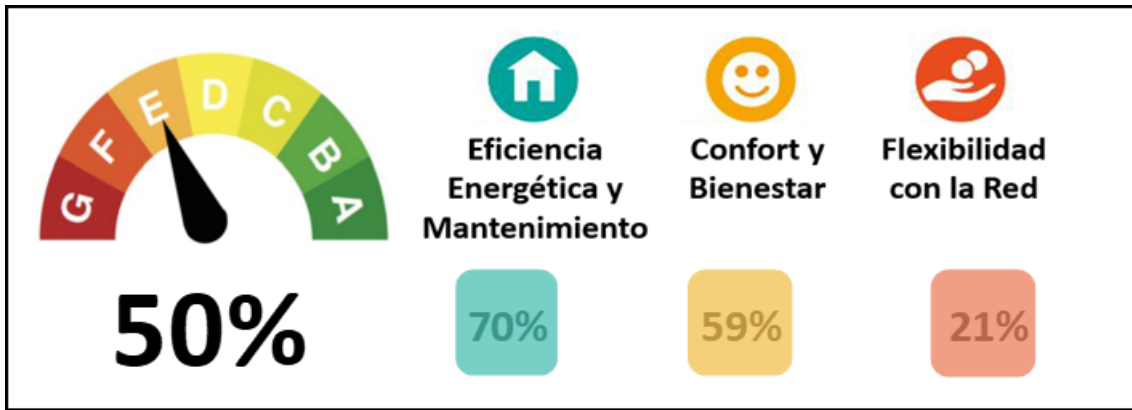
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	62%		46%				0%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	45%	79%	33%	39%	36%	77%	0%	
 Calefacción	67%	50%	75%	63%	67%	100%	0%	74%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	0%	50%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
 Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	67%	0%	27%
 Iluminación	33%	0%	50%	50%	67%	0%	0%	42%
 Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Edificio Ada Byron



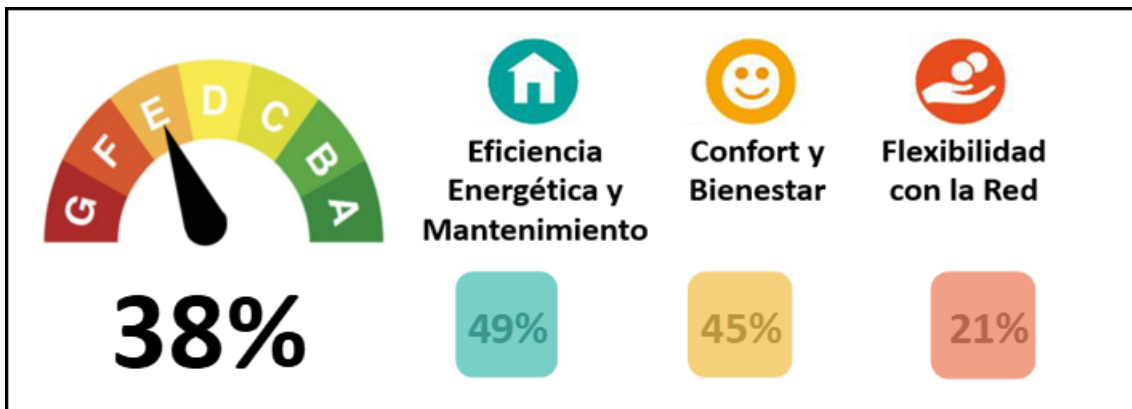
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	70%		59%				21%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	49%	92%	46%	48%	55%	86%	21%	
Calefacción	67%	50%	75%	100%	67%	100%	33%	70%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%	57%
Ventilación	25%	50%	25%	25%	100%	100%	0%	58%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	33%	0%	33%	33%	0%	0%	0%	27%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Edificio Betancourt



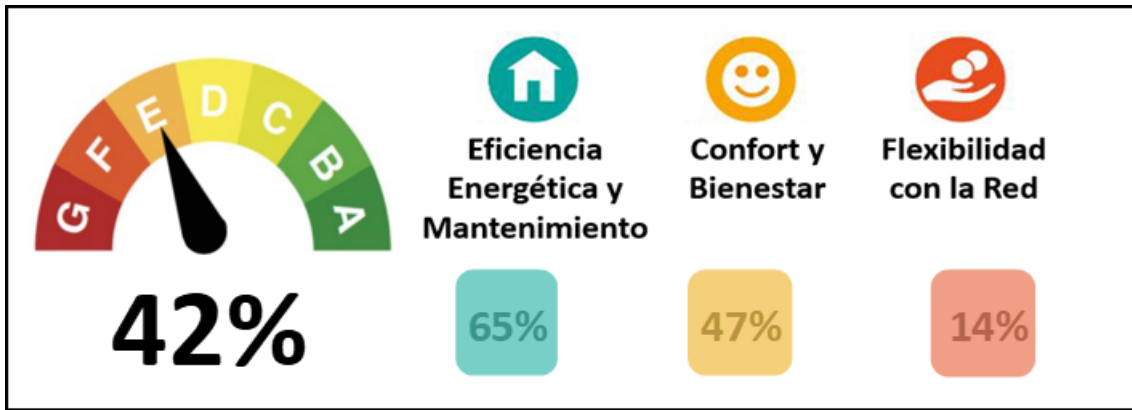
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	70%		59%				21%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	49%	92%	46%	48%	55%	86%	21%		50%
Calefacción	67%	50%	75%	100%	67%	100%	33%		70%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%		57%
Ventilación	25%	50%	25%	25%	100%	100%	0%		58%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltante dinámica	33%	0%	33%	33%	0%	0%	0%		27%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%		39%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

Edificio Lorenzo Normante



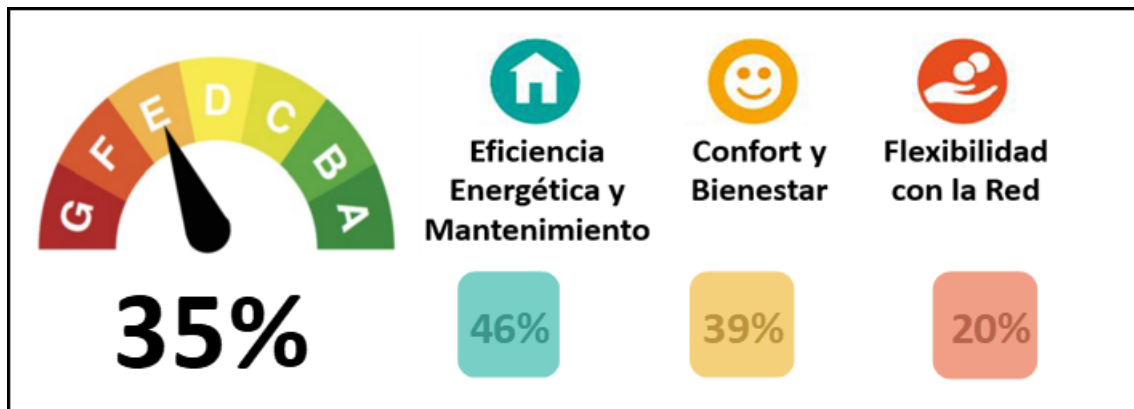
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	49%		45%				21%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	46%	52%	37%	43%	29%	70%	21%		38%
Calefacción	67%	50%	75%	75%	67%	100%	33%		60%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	63%	50%	57%	57%	67%	100%	17%		48%
Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	0%	0%		0%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Producción de electricidad	60%	50%	0%	40%	0%	78%	33%		44%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

I + D – Institutos de Investigación



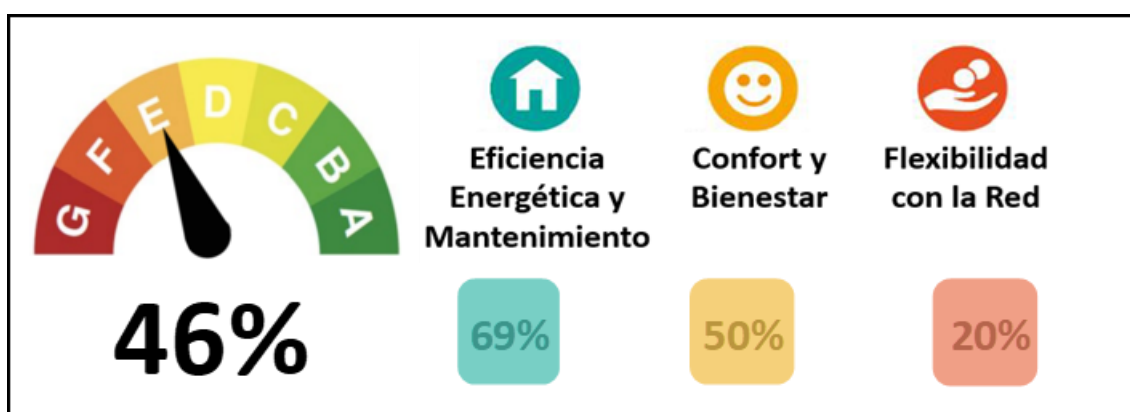
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	65%		47%				14%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	51%	79%	47%	47%	36%	58%	14%		42%
Calefacción	83%	50%	100%	100%	67%	100%	0%		96%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	20%	0%	0%	20%		10%
Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%		57%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%		19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%		22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

Facultad de Veterinaria



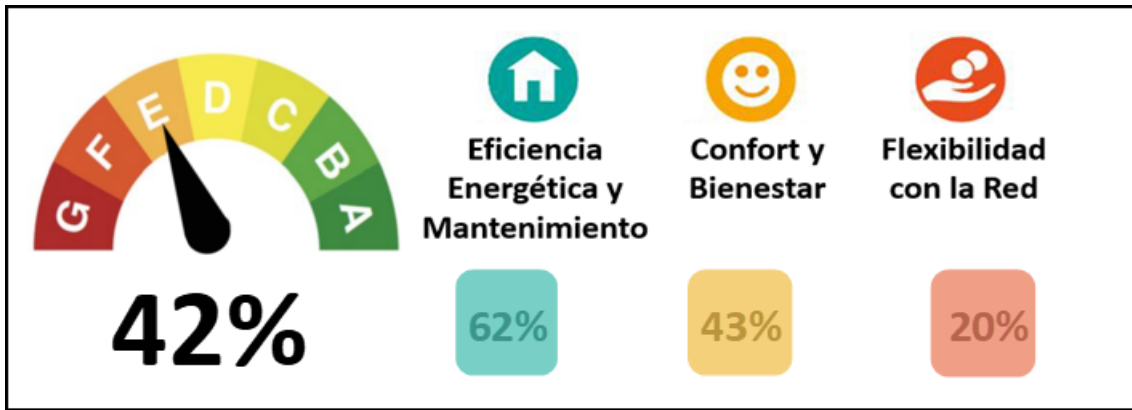
	⚡		👤				🚶	SRI 35%	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	46%		39%				20%		
	⚙️ Eficiencia Energét.	🔧 Mantenim. y Predicción de Fallos	🌡️ Confort	🛏️ Comodidad	❤️ Salud, bienestar y accesibili.	📱 Información a los ocupantes	🚶 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	34%	59%	26%	40%	29%	62%	20%		
🏠 Calefacción	33%	50%	25%	50%	67%	100%	0%		55%
🚿 Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	40%	0%	33%	40%		47%
❄️ Refrigeración	50%	50%	43%	43%	67%	100%	17%		39%
🌀 Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%		19%
💡 Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
📄 Envolverte dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
⚡ Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%		22%
🚗 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
📱 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

Hospital Clínico Veterinario



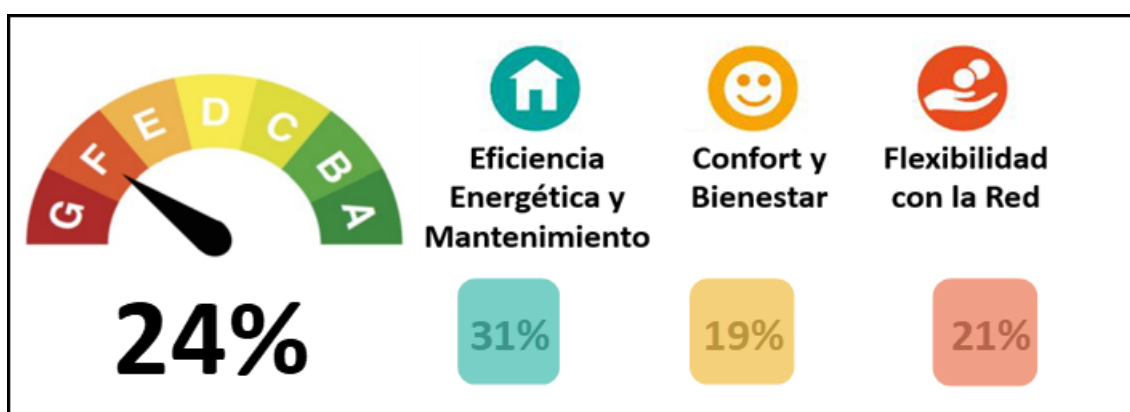
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	69%		50%				20%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	56%	83%	47%	45%	37%	71%	20%	
Calefacción	83%	50%	100%	100%	67%	100%	0%	96%
Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	40%	0%	67%	40%	50%
Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%	57%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	3%	0%	21%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Edificio Paraninfo



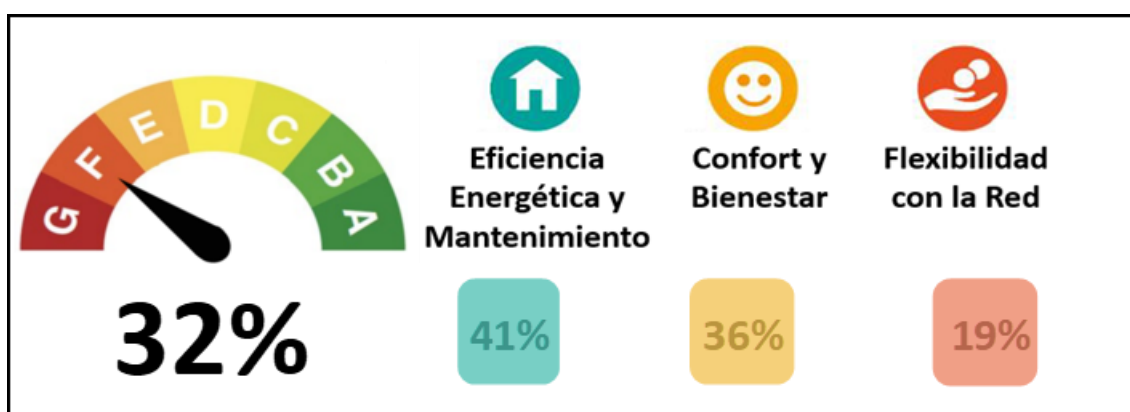
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	62%		43%				20%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	49%	75%	43%	43%	30%	57%	20%	
Calefacción	73%	50%	85%	78%	67%	100%	0%	83%
Agua Caliente Sanitaria	33%	0%	0%	40%	0%	0%	40%	27%
Refrigeración	60%	50%	54%	66%	67%	100%	17%	55%
Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	0%	0%	19%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%	22%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación (Huesca)



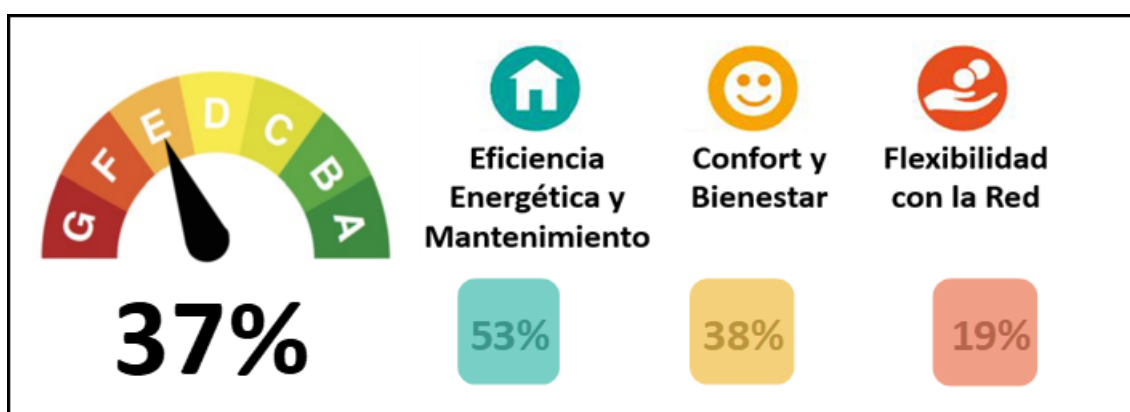
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	31%		19%				21%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	26%	36%	25%	12%	23%	18%	21%		24%
Calefacción	39%	50%	35%	53%	67%	100%	33%		50%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	38%	50%	43%	29%	67%	0%	17%		23%
Ventilación	2%	50%	2%	2%	100%	2%	0%		2%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Producción de electricidad	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Monitorización y control	0%	55%	0%	0%	75%	0%	0%	0%	




















Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte y C.M.U. Ramón Acín



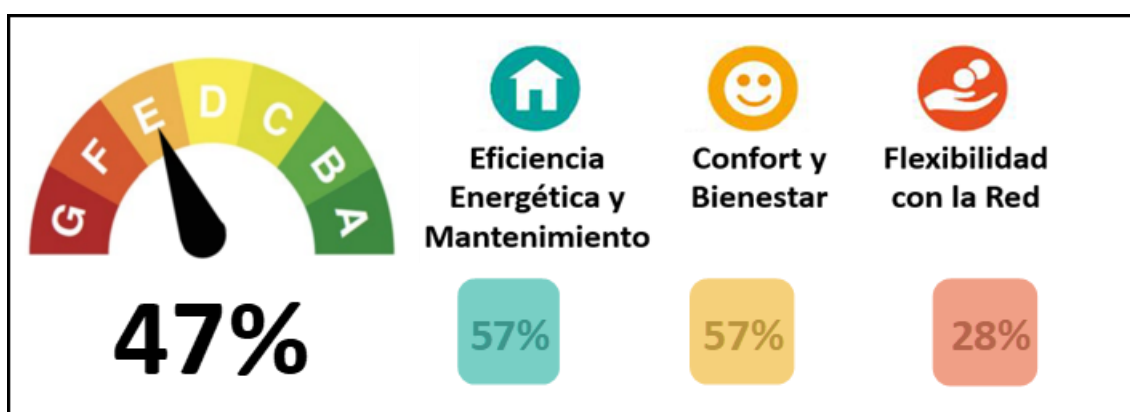
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	41%		36%				19%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	43%	39%	32%	31%	22%	62%	19%	
Calefacción	67%	50%	75%	25%	67%	100%	0%	54%
Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	60%	0%	100%	40%	65%
Refrigeración	50%	50%	43%	29%	67%	100%	17%	38%
Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	1%	0%	0%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Escuela Politécnica Superior – Edificio Tozal de Guara



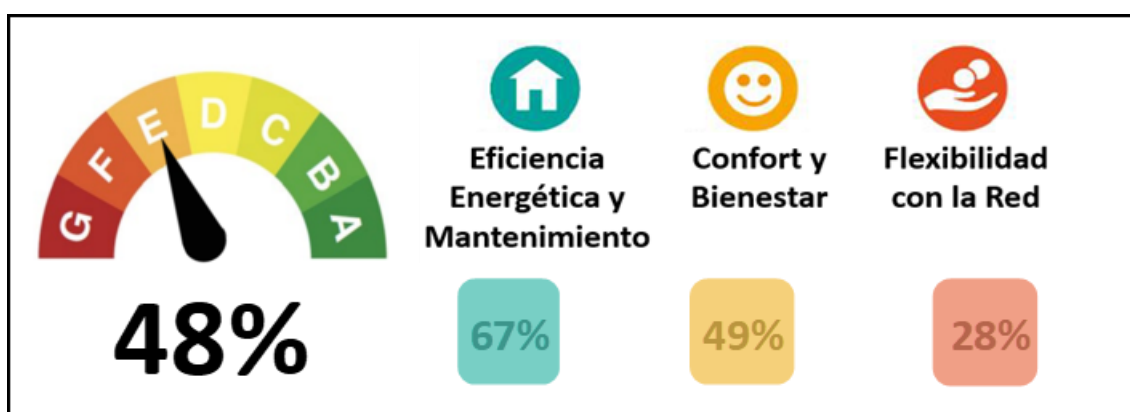
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	53%		38%				19%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	37%	69%	27%	39%	23%	63%	19%	
 Calefacción	53%	50%	55%	55%	67%	100%	50%	61%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	43%	50%	34%	50%	67%	100%	3%	40%
 Ventilación	10%	50%	10%	10%	100%	3%	0%	8%
 Iluminación	7%	0%	10%	10%	67%	0%	0%	8%
 Envoltente dinámica	3%	0%	3%	3%	0%	0%	0%	3%
 Producción de electricidad	25%	50%	0%	0%	0%	50%	0%	25%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Polideportivo Río Isuela



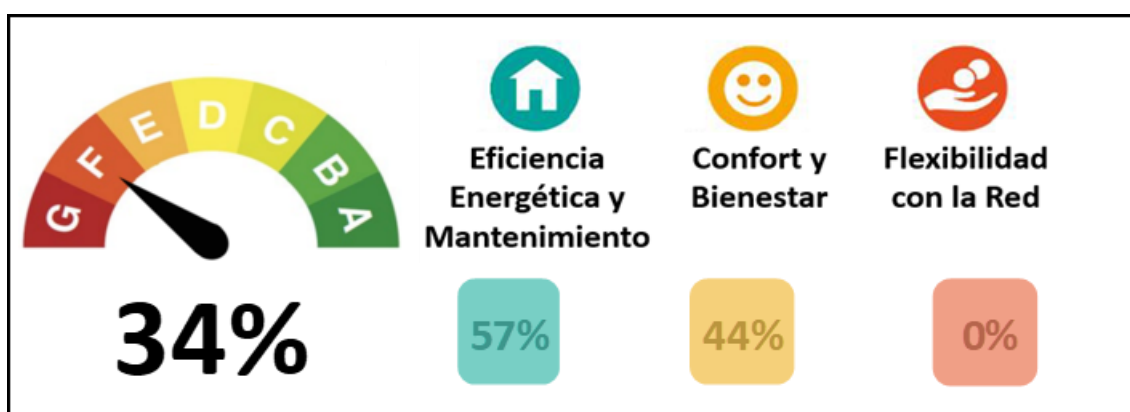
								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	57%		57%				28%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	36%	78%	37%	45%	58%	88%	28%		47%
Calefacción	34%	50%	26%	51%	67%	100%	50%		54%
Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	60%	0%	100%	40%		65%
Refrigeración	50%	50%	43%	44%	67%	100%	17%		45%
Ventilación	67%	50%	100%	100%	100%	100%	0%		92%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	50%	0%	83%	0%		56%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

Facultad de Empresa y Gestión Pública



	⚡		👤				🚶	SRI 48%	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	67%		49%				28%		
	⚙️ Eficiencia Energét.	🔧 Mantenim. y Predicción de Fallos	🌡️ Confort	🛏️ Comodidad	❤️ Salud, bienestar y accesibili.	📱 Información a los ocupantes	🚶 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	48%	86%	43%	50%	36%	67%	28%		
🏠 Calefacción	63%	50%	67%	100%	67%	100%	40%		71%
🚿 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
❄️ Refrigeración	63%	50%	57%	71%	67%	100%	17%		57%
🌀 Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	2%	0%		20%
💡 Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%		0%
📄 Envolverte dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
⚡ Producción de electricidad	33%	50%	0%	0%	0%	67%	0%		22%
🚗 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%		24%
📱 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	




















Escuela Universitaria Politécnica de Teruel



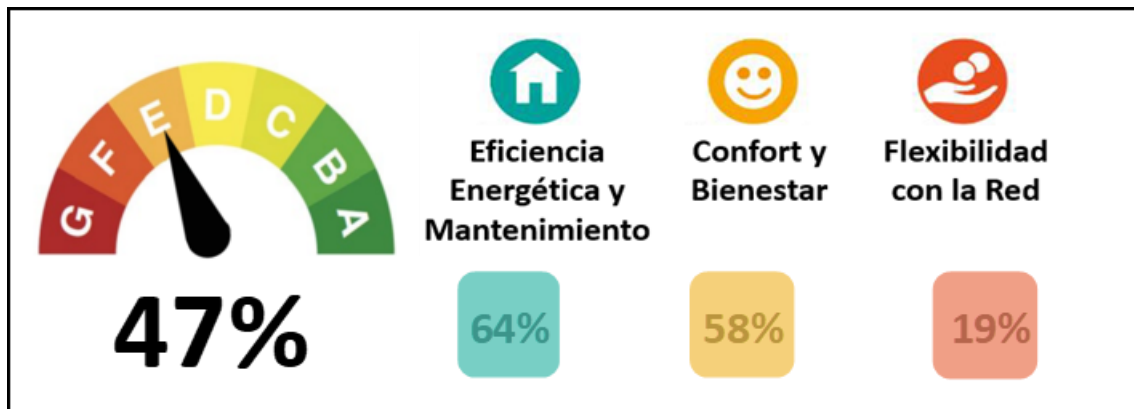
								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	57%		44%				0%	
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	42%	72%	25%	38%	36%	77%	0%	
Calefacción	67%	50%	75%	50%	67%	100%	0%	70%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	0%	50%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	67%	0%	27%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltante dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	50%	50%	0%	50%	0%	83%	0%	56%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%

Vicerrectorado de Teruel



								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	20%		25%				0%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	35%	4%	33%	7%	45%	14%	0%	
 Calefacción	67%	50%	100%	50%	67%	0%	0%	48%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	0%	50%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
 Ventilación	0%	50%	0%	0%	100%	67%	0%	27%
 Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
 Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Producción de electricidad	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Monitorización y control	0%	55%	0%	0%	75%	0%	0%	0%

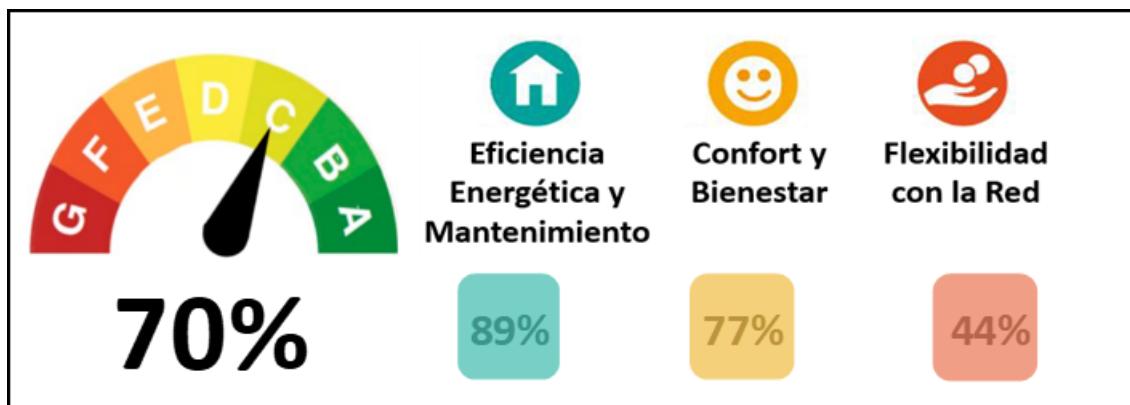
Colegio Mayor Universitario Pablo Serrano






















	⚡		👤				🚶	SRI 47%	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	64%		58%				19%		
	⚙️ Eficiencia Energét.	🔧 Mantenim. y Predicción de Fallos	🌡️ Confort	🛏️ Comodidad	❤️ Salud, bienestar y accesibili.	📱 Información a los ocupantes	🚶 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	57%	71%	45%	46%	57%	84%	19%		
🏠 Calefacción	83%	50%	100%	75%	67%	100%	0%		86%
🚿 Agua Caliente Sanitaria	67%	0%	0%	60%	0%	100%	40%		65%
❄️ Refrigeración	50%	50%	43%	57%	67%	100%	17%		49%
🌀 Ventilación	33%	50%	33%	33%	100%	67%	0%		46%
💡 Iluminación	17%	0%	25%	25%	67%	0%	0%		21%
📄 Envolverte dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
⚡ Producción de electricidad	50%	50%	0%	50%	0%	83%	0%		56%
🚗 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
📱 Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	

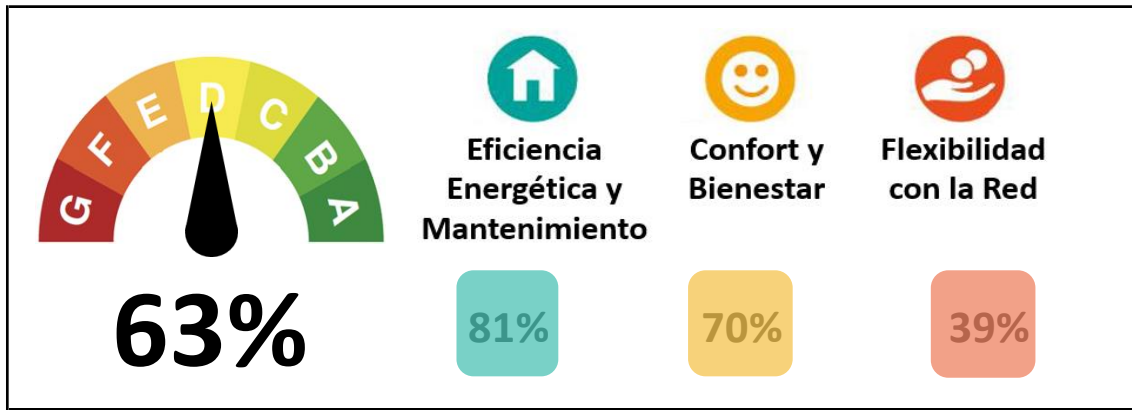
ANEXO 4: Facultad de Filosofía y Letras – Métodos A y B




















Método A



								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	89%		77%				44%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	86%	92%	82%	69%	75%	84%	44%	
 Calefacción	100%	50%	100%	100%	67%	100%	60%	87%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	100%	50%	86%	86%	67%	100%	33%	73%
 Ventilación	100%	50%	100%	100%	100%	100%	0%	100%
 Iluminación	60%	0%	90%	90%	67%	0%	0%	75%
 Envoltente dinámica	33%	0%	17%	33%	0%	0%	0%	27%
 Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
 Monitorización y control	50%	55%	0%	57%	75%	67%	0%	37%

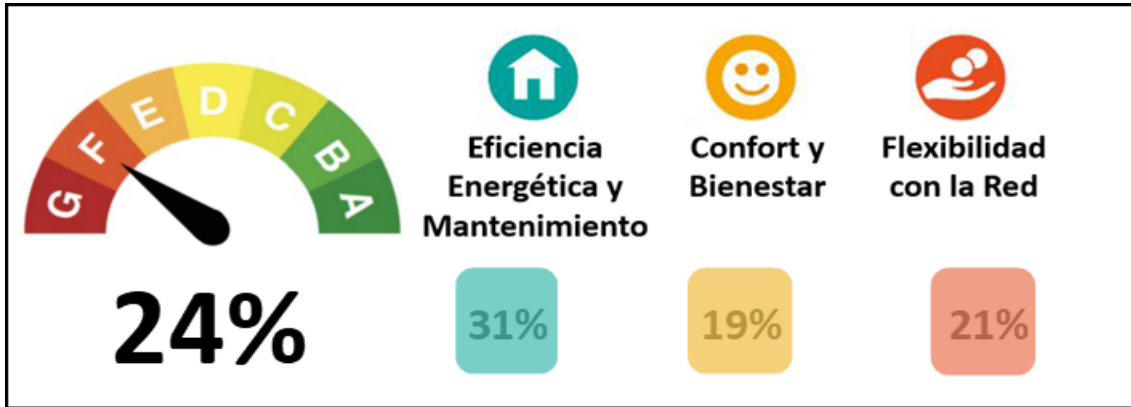
Método B



								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	81%		70%				39%	
	 Eficiencia Energét.	 Mantenim. y Predicción de Fallos	 Confort	 Comodidad	 Salud, bienestar y accesibili.	 Información a los ocupantes	 Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio
Total Impacto	82%	81%	76%	68%	66%	68%	39%	
 Calefacción	95%	50%	90%	88%	67%	100%	45%	76%
 Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
 Refrigeración	75%	50%	88%	88%	67%	100%	36%	70%
 Ventilación	71%	50%	60%	63%	100%	100%	0%	80%
 Iluminación	75%	0%	90%	90%	67%	0%	0%	84%
 Envolverte dinámica	60%	0%	30%	40%	0%	0%	0%	41%
 Producción de electricidad	50%	50%	0%	0%	0%	83%	0%	39%
 Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	75%	0%	67%	0%	24%
 Monitorización y control	63%	55%	100%	65%	75%	44%	22%	52%

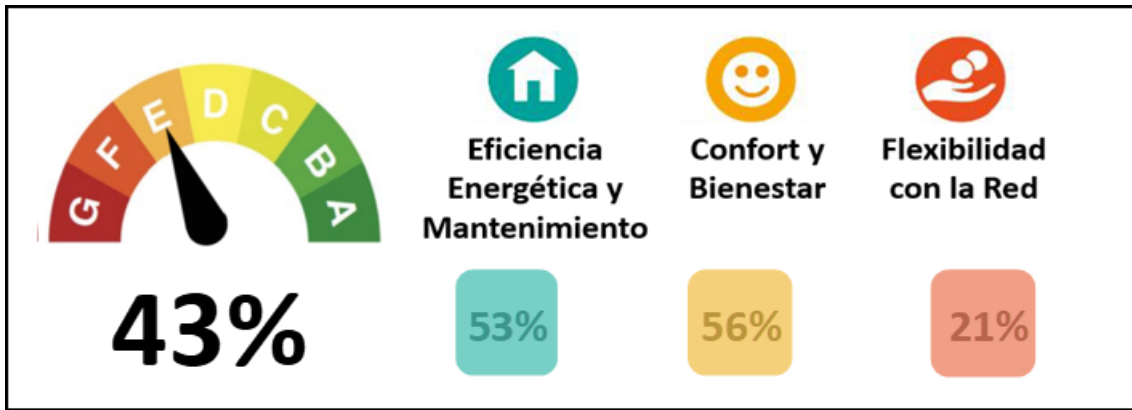
ANEXO 5: Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación – Antes y después de las acciones de mejora

Antes



								SRI
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red	
	31%		19%				21%	
								Total Dominio
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	
Total Impacto	26%	36%	25%	12%	23%	18%	21%	
Calefacción	39%	50%	35%	53%	67%	100%	33%	50%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Refrigeración	38%	50%	43%	29%	67%	0%	17%	23%
Ventilación	2%	50%	2%	2%	100%	2%	0%	2%
Iluminación	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%
Envoltente dinámica	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Producción de electricidad	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Monitorización y control	0%	55%	0%	0%	75%	0%	0%	0%

Después



								SRI	
	Eficiencia Energética y funcionamiento del edificio		Adaptación a las necesidades de los ocupantes				Flexibilidad con la red		
	53%		56%				21%		
	Eficiencia Energét.	Mantenim. y Predicción de Fallos	Confort	Comodidad	Salud, bienestar y accesibili.	Información a los ocupantes	Flexibilidad energética y almacenam.	Total Dominio	
Total Impacto	48%	59%	52%	47%	71%	55%	21%		43%
Calefacción	63%	50%	67%	75%	67%	100%	33%		63%
Agua Caliente Sanitaria	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Refrigeración	38%	50%	43%	29%	67%	0%	17%		23%
Ventilación	33%	50%	67%	67%	100%	67%	0%		56%
Iluminación	33%	0%	50%	50%	67%	0%	0%		42%
Envolverte dinámica	67%	0%	33%	67%	0%	0%	0%		53%
Producción de electricidad	0%	50%	0%	0%	0%	33%	0%		6%
Vehículos eléctricos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Monitorización y control	25%	55%	0%	43%	75%	67%	0%	31%	