

05-013

ADVANCES ON ENERGY EFFICIENCY REGULATIONS IN BUILDINGS: COMPARISON BETWEEN MOROCCO AND SPAIN

Molina-García, Angel⁽¹⁾; García Cascales, M^a Socorro⁽¹⁾; Merini, Ikram Ajnah⁽¹⁾; Ahachad, Mohamed⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Cartagena, ⁽²⁾Faculté Des Sciences et Techniques de Tanger

Nowadays, Morocco has issued a national energy plan with the aim of reducing its energy dependence and promoting a relevant economic development. This energy plan is focused on covering the global energy requirements by means of the integration of relevant aspects such as a sustainable development and an efficient environmental protection. The final result involves the implementation of the Thermal Construction Regulation in Morocco (RTCM), developed by the Moroccan Energy Efficiency Agency (AMEE), and currently under application in this country. Actually, buildings represent the second most energy-intensive economic sector in Morocco after transport, accounting for around 33% of the total energy consumption in the country. Under this framework, this paper describes a comparison between Spain and Morocco in terms of normative requirements for energy efficiency purposes, analysing the parameters used to calculate and evaluate the thermal comfort of buildings. With this aim, the BINAYATE package software is used, in order to estimate the thermal requirements and analyze norms and requirements related to the thermal comfort level. Economic and environmental improvements in the Moroccan situation from the Spanish experience are also discussed in the paper.

Keywords: Energy Efficiency; Building; Requirements; Morocco

NOVEDADES EN NORMATIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS: COMPARATIVA ENTRE MARRUECOS Y ESPAÑA.

Con el fin de reducir su dependencia energética y fomentar el desarrollo económico, cubriendo las necesidades energéticas, Marruecos ha lanzado recientemente un plan energético en el que integrar los aspectos de desarrollo sostenible y de protección medioambiental. Esta estrategia se ha traducido en la puesta en marcha del Reglamento Térmico de Construcción en Marruecos (RTCM), elaborado por la Agencia Marroquí de Eficiencia Energética (AMEE), y que está actualmente en sus primeras aplicaciones en el país. Los edificios, el segundo sector económico más consumidor de energía en Marruecos después del transporte, representan el 33% del consumo energético total en el país, de los cuales el 25% en el sector residencial y el 8% en el terciario. Este trabajo realiza una comparativa entre España y Marruecos a nivel normativo en eficiencia energética, analizando los indicadores utilizados para calcular y evaluar el confort térmico de un edificio. Con esta finalidad, se hace uso del software BINAYATE, en el caso de Marruecos, con el que estimar los cálculos y realizar un análisis de normativas referidas al confort térmico. Mejoras económicas y medioambientales de la situación marroquí a partir de la experiencia española son también discutidas en el trabajo.

Palabras clave: Eficiencia energética; Edificio; Normativas; Marruecos

Correspondencia: Angel Molina García, angel.molina@upct.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El aumento del consumo energético a nivel mundial, así como los efectos que tiene sobre el medio ambiente ha llevado a varios países a desarrollar programas y acciones para atenuar dichos efectos y también trabajar sobre el marco legislativo para regular ese consumo energético en función del sector en el que se utilice. Pese sus bajas emisiones de los gases de efecto invernadero, en relación con las emisiones globales a nivel mundial, Marruecos ha desarrollado ambiciosas reformas en varios sectores para asegurar una transición hacia una economía verde. Los principales desafíos, en el sector eléctrico, que Marruecos enfrenta son el constante aumento de la demanda (Figura 1), la fuerte dependencia del extranjero, la tendencia al alza y acentuación de la volatilidad de los precios mundiales de los combustibles, la protección del Medio Ambiente y la preservación del poder adquisitivo del ciudadano y del fortalecimiento de la competitividad de los operadores económicos nacionales (MEMEE, 2012). La nueva estrategia energética nacional marroquí hace pues referencia a cuatro objetivos fundamentales y define cinco orientaciones estratégicas (MEMEE, 2015). Como objetivos se tienen la seguridad de abastecimiento y la disponibilidad de la energía; el acceso generalizado a la energía a precios competitivos; el control de la demanda y la conservación del Medio Ambiente. En cuanto a orientaciones estratégicas se tiene un mix diversificado y optimizado alrededor de opciones tecnológicas fiables y competitivas; una movilización de los recursos nacionales por el aumento en potencia de las energías renovables; una eficiencia energética considerada como prioridad nacional; un fortalecimiento de la integración regional y un desarrollo sostenible. En cuanto a la eficiencia energética, el país está desarrollando programas y acciones que son los siguientes: medidas de eficiencia energética en las administraciones públicas; promocionar la eficiencia energética en el alumbrado público; generalización de lámparas de bajo consumo (LBC); sistema de precios que incentivan; comunicación, educación y sensibilización; y desarrollo urbano sostenible de las ciudades, tanto nuevas como antiguas, integrando el factor de eficiencia energética. Los objetivos fijados de estos programas y acciones, que están desarrollados también en la ley 47-09 relativa a la eficiencia energética, consisten en realizar un ahorro energético del 12% para el 2020 y del 15% para el 2030 (MEMEE, 2015).

Todos los sectores económicos han tenido un aumento en la demanda energética. En 2013, los edificios presentaron un consumo energético del 33%, de los cuales 25% corresponden al sector residencial y un 8% al sector terciario (Figura 2). Los datos presentados de la demanda eléctrica así como del consumo final por sectores son los más actuales publicados en la bibliografía específica. A nivel europeo, las conclusiones del Consejo de la Unión Europea de junio de 2011 sobre el plan de eficiencia energética 2011 destaca que los edificios representan el 40 % del consumo de energía final de la Unión Europea (Ballarini et al., 2017). Las medidas adoptadas para reducir el consumo de energía en la Unión permitirán, junto con la mayor participación de energía procedente de fuentes renovables, que la Unión cumpla el triple objetivo para 2020, consistente en reducir en un 20% las emisiones totales de gases de efecto invernadero, aumentar en un 20% la eficiencia energética y tener un 20% del consumo total de energía procedente de fuentes renovables.

Figura 1: Tasa de evolución de la demanda eléctrica. Fuente: (MEMEE, 2012)

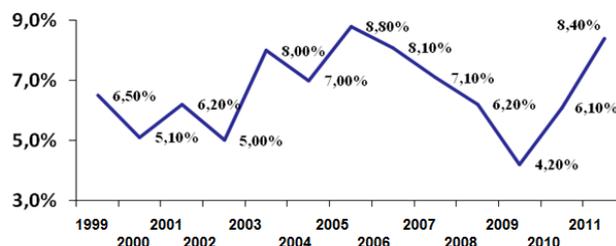
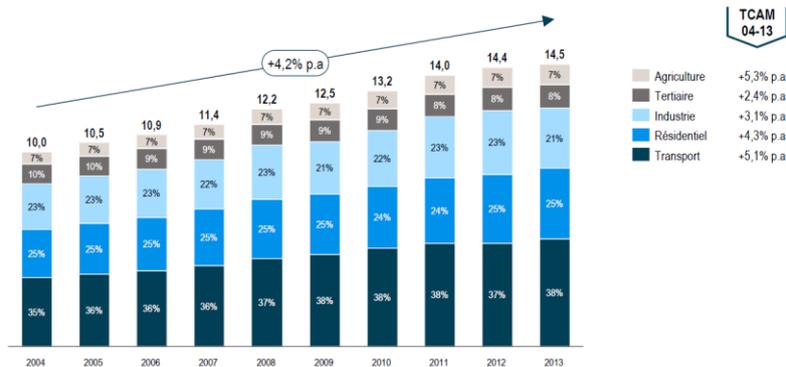


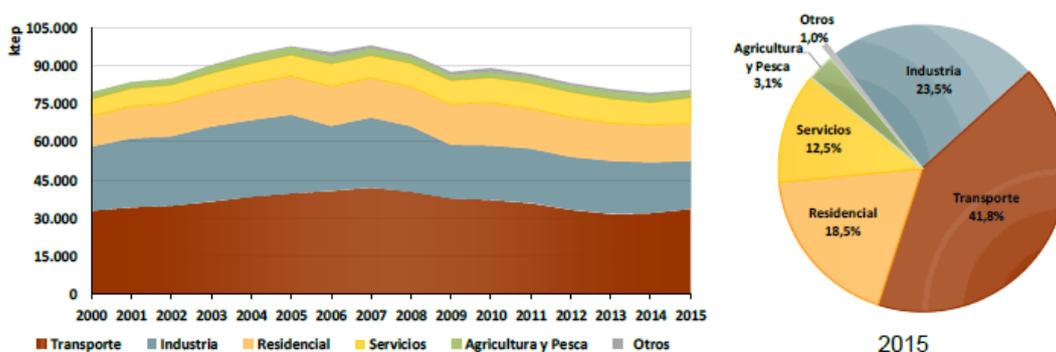
Figura 2: Consumo final por sectores en Marruecos [Mtep, 2004-2013].
 Fuente: (ADEREE, 2016)



En base al artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, España ha elaborado el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020. Este plan es exigido a todos los Estados miembros de la Unión Europea, el primero de ellos a más tardar el 30 de abril de 2014 y, a continuación, cada tres años (Plan nacional, 2017). Según el mismo plan, la preponderancia del petróleo y del gas natural en el consumo final está ligada a la estructura sectorial de la demanda, Figura 3, en la que domina el sector transporte, responsable del 41,8% del consumo energético en 2015. Este sector, muy dependiente de los productos petrolíferos, condiciona en gran medida las necesidades y características de la demanda energética. El sector industrial, con el 23,5% de la demanda, contribuye de forma significativa, si bien mantiene una progresiva pérdida de peso en la estructura de la demanda. Lo contrario ocurre con los sectores residencial y servicios, cuyas participaciones en la demanda se mantiene al alza frente a la industria, alcanzando, en su conjunto, el 31% de la demanda en 2015, tal y como refleja el plan de acción de eficiencia energética español recientemente publicado.

En el contexto descrito anteriormente, este artículo presenta una comparativa a nivel normativo entre España y Marruecos, su aplicación en la situación real del país, así como una serie de mejoras para el caso de Marruecos.

Figura 3: Evolución del consumo de energía final por sectores, 2000-2015.
 Fuente: (Plan acción eficiencia energética, 2017)



Nota: Usos no energéticos excluidos

2. Caracterización de zonas climáticas

La zonificación climática para aplicaciones de eficiencia energética en los edificios es un elemento clave en muchos programas y políticas para mejorar el comportamiento térmico de los edificios. A pesar de su importancia, no hay todavía consenso sobre la metodología apropiada para la zonificación climática. Estudios previos indican una gran variedad de métodos y parámetros que son utilizados para esta zonificación: los grados-día, análisis de conglomerados y divisiones administrativas son los más ampliamente utilizados (Walsh et al. 2017).

Las zonas climáticas en Marruecos se han determinado a través de un trabajo realizado por la Dirección de Meteorología Nacional (DMN) y la Agencia de Desarrollo de Energías Renovables y de Eficiencia Energética (ADEREE), convertida actualmente en la Agencia Marroquí de Eficiencia Energética (AMEE), con el apoyo de expertos internacionales. El territorio marroquí se subdividió así en zonas climáticas homogéneas, basándose en el análisis de datos climáticos registrados por 37 estaciones meteorológicas, en el periodo de 1999 a 2008 (10 años). La elaboración de las zonas se ha efectuado según el número de los grados diarios de invierno, así como de verano. La DMN ha establecido dos tipos de zonificación:

- Una zonificación basada en los grados días de calefacción en base a 18°C: Se trata de una medida de la diferencia entre la temperatura media de un día dado y la temperatura de referencia y que expresa las necesidades en calefacción doméstica. La temperatura de referencia utilizada es de 18°C; ya que en media, cuando la temperatura exterior está por debajo de esta barrera, hay que aportar calor al interior para mantener una temperatura confortable, mientras que cuando la temperatura exterior es de 18°C, las ganancias internas pueden aumentar la temperatura interior por encima de 20°C y por tanto no hay necesidad de calentar.
- Una zonificación basada en los grados días de climatización en base a 21°C: Se trata de una medida de la diferencia entre la temperatura media de un día dado y la temperatura de referencia y que expresa las necesidades en climatización doméstica a lo largo de los meses de verano. Cuando la temperatura exterior es igual a la temperatura de referencia, 21°C, las ganancias internas pueden aumentar la temperatura interior por encima de 24°C-26°C, lo que implica las necesidades de climatización (ADEREE, 2013).

La zonificación basada en grados-días, con el propósito de eficiencia energética en la construcción, es una de las metodologías más usadas y está actualmente adoptada en más de 20 países (Walsh et al., 2017). Sin embargo, según la AMEE, por razones prácticas no era posible adoptar, para el reglamento térmico, dos zonificaciones estacionales diferentes. Los expertos internacionales han realizado una zonificación climática única para las necesidades del reglamento térmico, con la ayuda de ficheros climáticos anuales horarios, basándose en los resultados de simulaciones realizadas de las necesidades térmicas anuales de calefacción y climatización de edificios, con el software TRNSYS, en doce ciudades marroquíes representativas, utilizando siete edificios de referencia, elegidos en consulta con los ministerios encargados de este sector, obteniendo así los resultados de la Figura 4. En definitiva, el mapa de zonificación final comprende seis zonas climáticas, que respetan los límites administrativos, para una aplicación fácil y eficaz del nuevo reglamento (ADEREE, 2013), ver Figura 5.

Figura 4: Necesidades energéticas específicas de calefacción y climatización.
 Fuente: (ADEREE, 2013)

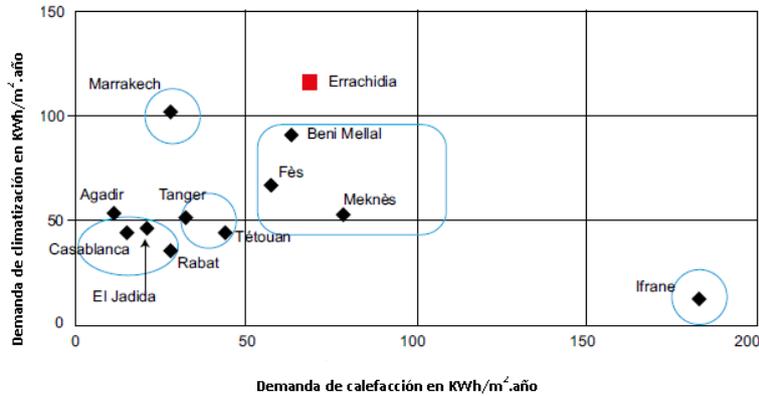
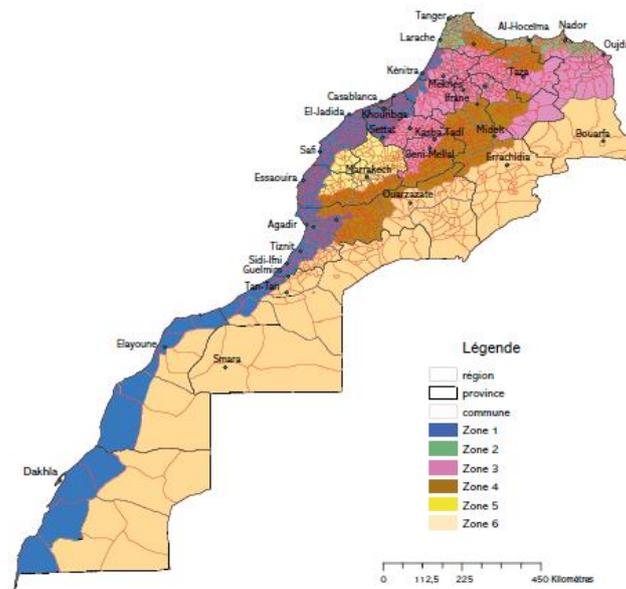


Figura 5: Zonificación climática adaptada al reglamento térmico de construcción en Marruecos.
 Fuente: (ADEREE, 2013)



En España, a efectos de cálculo de la demanda energética de un edificio, se establece un conjunto de zonas climáticas para las que se define un clima de referencia, que define las solicitaciones exteriores en términos de temperatura y radiación solar (DB-HE, 2017). El clima de referencia define las solicitaciones exteriores de cálculo para un año tipo a través de una serie de parámetros (temperatura, humedad, radiación solar ...), representativos de una zona climática (DGAVS, 2015). Las 12 zonas climáticas que se mencionan en el CTE están definidas en base a la severidad climática de invierno y de verano, para determinadas localidades españolas. Según el documento básico de ahorro de energía, del CTE, la severidad climática es el cociente entre la demanda energética de un edificio en una localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En esa reglamentación, se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad.

La severidad climática combina los grados-día y la radiación solar de una localidad, de manera que es posible demostrar que cuando dos localidades presentan la misma severidad climática de invierno (SCI), la demanda energética de calefacción de un mismo edificio localizado ambas localidades, es básicamente similar. Esto puede aplicarse también a la severidad climática en verano (SCV) (Irulegi et al. 2012). La expresión de la severidad climática de invierno se obtiene de la siguiente manera (1):

$$SCI = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot GD^2 + d \cdot (n/N)^2 + e \quad (1)$$

Donde, *GD* es la suma la suma de los grados-día de invierno en base 20 para los meses que van desde octubre a mayo; *n/N* es el cociente entre número de horas de sol y el número de horas de sol máximas, sumadas cada una de ellas por separado para los meses que van desde octubre a mayo y *a*, *b*, *c*, *d*, *e* son los coeficientes de regresión, cuyos valores se indican en la Tabla 1.

Tabla 1: Coeficientes de regresión para la severidad climática de invierno (DGAVS, 2015)

A	b	c	d	e
3,456E-04	-4,043E-01	8,394E-08	-7,325E-02	-1,137E-01

Mientras que la severidad climática de verano tiene la siguiente expresión (2):

$$SCV = a \cdot GD + b \cdot GD^2 + c \quad (2)$$

Donde, *GD* es la suma la suma de los grados-día de verano en base 20 para los meses que van desde junio a septiembre; *a*, *b*, *c* son los coeficientes de regresión, cuyos valores se indican en la Tabla 2. La zona climática de invierno se determina en función de la severidad climática de invierno (SCI), correspondiendo cada zona climática de invierno del DB-HE (α , A, B, C, D y E) al intervalo indicado en la tabla 3. La zona climática de verano se determina en función de la severidad climática de verano (SCV), correspondiendo cada zona climática de verano del DB-HE (1, 2, 3 y 4) al intervalo indicado en la Tabla 4. Según esta comparativa, se observa que Marruecos utiliza únicamente una simulación dinámica basada en datos horarios anuales, a través del software Trnsys, mientras que España determinó dos zonificaciones, de invierno y de verano, basándose en la severidad climática de cada una de ellas, que a su vez, se basa en los grados-día y la radiación solar.

Tabla 2: Coeficientes de regresión para la severidad climática de verano (DGAVS, 2015)

a	b	c
2,990E-3	-1,1597E-07	-1,713E-1

Tabla 3: Intervalos para la zonificación de invierno (DGAVS, 2015)

α	A	B	C	D	E
$SCI \leq 0$	$0 < SCI \leq 0,23$	$0,23 < SCI \leq 0,5$	$0,5 < SCI \leq 0,93$	$0,94 < SCI \leq 1,51$	$SCI > 1,51$

Tabla 4: Intervalos para la zonificación de verano (DGAVS, 2015)

1	2	3	4
$SCV \leq 0,5$	$0,5 < SCV \leq 0,83$	$0,83 < SCV \leq 1,38$	$SCV < 1,38$

3. Marco legislativo

3.1 Generalidades

En el marco de la estrategia energética marroquí, el país ha desarrollado una política de eficiencia energética que tiene como objetivo clarificar las relaciones entre las administraciones y los operadores, estableciendo un sistema de gestión pública institucionalizado en la eficiencia energética, un marco legislativo y reglamentario adecuado y normas y estándares apropiados. En este sentido, Marruecos ha elaborado la ley 47-09, relativa a la eficiencia energética, que obliga, en su artículo 3, completar la legislación correspondiente al urbanismo, “los reglamentos generales de construcción”, fijando las reglas de rendimiento energético de construcciones con el fin de garantizar un balance energético mejor de los edificios por zonas climáticas, tratando sobre todo, la orientación, el alumbrado, el aislamiento y los flujos térmicos, así como aportaciones en energía renovable con el fin de mejorar los niveles de rendimiento de construcciones a edificar o a modificar.

En consecuencia, en 2014 se ha elaborado el decreto el decreto nº 2-13-874, donde se desarrolla el Reglamento Térmico de Construcción en Marruecos (RTCM) y que entró en vigor en noviembre de 2015. El reglamento expresa las especificaciones técnicas de prestaciones térmicas, para cada zona climática y cada tipo de edificio (residencial o terciario), de dos maneras:

- Enfoque “*performancielle*”: Se evalúan las demandas energéticas anuales de un edificio que están relacionadas con el confort térmico.
- Enfoque “*prescriptive*”: se evalúan las características térmicas de las paredes de la envolvente del edificio, en función del tipo del edificio, de la zona climática y la tasa global de ventanal de los espacios calentados y/o enfriados.

Según el RTCM, el jefe de obra elaborará una ficha técnica de identificación del proyecto, en la cual se precisará el rendimiento térmico del edificio, según el enfoque elegido. A fecha de este artículo, estas fichas no se realizan ni se exigen para dar un permiso de construcción de un edificio, puesto que no se exigen aún estos datos en el pliego de condiciones. Según la Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética, del Ministerio de Energía, Minas y Desarrollo Sostenible, se ha firmado una circular para las partes implicadas, obligando a incluir esta ficha técnica en los pliegos de condiciones.

A nivel europeo, la Directiva de eficiencia energética en edificios (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive) es la principal norma europea dirigida a garantizar el cumplimiento de los objetivos de la UE respecto a la edificación, en lo referente a contención de emisiones de gases de efecto invernadero, al consumo energético y eficiencia energética y a la generación de energía a partir de fuentes renovables (Casal, 2015). La directiva 2002/91/CE establece unos requisitos en relación con el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios; la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos; la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes (superficie total útil superior a 1000 m²) que sean objeto de reformas importantes; la certificación energética de los edificios y la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años (EPBD, 2002). Dicha Directiva fue refundida por la Directiva 2010/31/UE (recast EPBD), que es mucho más exigente y da más importancia a la calidad y el impacto de los certificados energéticos, incluyendo las inspecciones (casal, 2015). La Directiva recast EPBD define el edificio Casi Nulo como un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno. La Directiva establece, además, las

fechas de 31 de diciembre de 2018 para su aplicación a todos los edificios que sean de propiedad o estén ocupados por administraciones públicas, y 31 de diciembre de 2020 para todos los edificios nuevos (casal, 2015).

En España, la normativa en materia energética ha ido avanzando en sus exigencias desde la norma básica de edificación, NBE CT-79, que regulaba las condiciones térmicas de los edificios. La aprobación del Código Técnico de la Edificación, supone una mejora cualitativa y cuantitativa de las prestaciones térmicas del edificio, estableciendo nuevas exigencias para la envolvente del edificio (Suárez and Fragoso, 2016). Posteriormente se publica el RD 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de Edificación (CTE) que contempla las consideraciones de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, en virtud de la cual se han incorporado al CTE las exigencias relativas a los requisitos de eficiencia energética de los edificios, que se establecen en los artículos 4, 5 y 6 de esta Directiva (RD, 2006).

Para regular las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, se ha publicado el RD 1027/2007 (RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios) para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas. Dicho reglamento fue modificado por el RD 238/2013. El artículo 4 de la directiva 2012/27/UE, sobre la Eficiencia Energética, exigió a los estados miembros presentar en 2014 una estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación, que deberá incluir un programa del parque inmobiliario nacional; una definición de enfoques rentables de renovación, en función del tipo de edificio y la zona climática; políticas y medidas que estimulasen renovaciones exhaustivas y rentables; una perspectiva de futuro para orientar las inversiones de todo tipo y un cálculo del ahorro de energía y de los beneficios a obtener (M.Fomento, 2017).

3.2 Comparativa de la normativa española y marroquí

Los reglamentos de edificación son normas obligatorias para el diseño y la construcción de edificios para garantizar la seguridad y la salud de la gente, así como asegurar la eficiencia energética (Chandel et al, 2016). En la tabla 5 se puede observar que en España, la normativa es más exigente puesto que incluye medidas de eficiencia energética en los edificios no solo en la envolvente sino también en las instalaciones. Mientras que en Marruecos, aunque en el artículo 2 de la ley 47-09 exige un etiquetado de los aparatos y equipos que funcionen a base de electricidad, gas natural, productos petrolíferos líquidos y gaseosos, carbón así como de energías renovables, no hubo un Decreto que desarrolle dicha ley para que se pueda aplicar. Actualmente, está el proyecto de norma marroquí PNM 14.2.300 (2017), relativo al etiquetado energético de los productos eléctricos y de los aparatos electrodomésticos que no está aprobado aún. Por otra parte, el incumplimiento de las normas establecidas por el RTCM no está penalizado, a diferencia de España con el CTE, por falta de un decreto que desarrolle el capítulo 7, en sus distintos artículos, referente a las sanciones. La integración de la energía fotovoltaica en los edificios, a través de sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica para su uso propio o suministro a la red, aparte de otras medidas de eficiencia energética establecidas en las distintas secciones del DB-HE, permite obtener uno de los objetivos de la Directiva 2010/31/UE, que es un edificio casi nulo.

Tabla 5: Comparativa de los reglamentos de Marruecos y España que afectan a la eficiencia energética de un edificio (Elaboración propia)

País	Nombre de la Reglamentación	Alcance	Enfoque	Aplicación de los criterio de Eficiencia Energética		Penalidades	Incentivos	Medidas de Eficiencia Energética							
				Diseño	Construcción			Calefacción y Climatización	Detalle de la metodología de construcción	Aislamiento de paredes y techos	Sellado y Ventilación	Alumbrado eficiente	Valor U de ventanas y factor solar	ACS	Integración de energía fotovoltaica
ESP	2009-CTE	OB	P. / PR.	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Código Técnico de Edificación														
MAR	2015-RTCM	OB	P. / PR.	Si	No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si	No	No
	Reglamento Térmico de Construcción en Marruecos														

ESP – España; MAR- Marruecos; OB- Obligatorio; P- Prescriptivo; PR- Performancielle

4. Estudio de caso

4.1. Introducción

El software BINAYATE se ha diseñado por la AMEE en el marco del proyecto del código de eficiencia energética en los edificios, en colaboración con el Fondo para el Medio Ambiente mundial (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La CYPE, empresa que desarrolla programas informáticos técnicos para profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción, ha realizado el desarrollo de dicho software. La aplicación BINAYATE utiliza la tecnología BIM (Building Information Modeling). Esta tecnología implica la creación y la utilización de un modelo 3D inteligente para tomar las mejores decisiones relacionadas con un proyecto y comunicarlos. Las soluciones BIM permiten diseñar, visualizar, simular y colaborar más fácilmente a lo largo del ciclo de vida del proyecto, así que permite alcanzar sencillamente los objetivos de un proyecto (chanvre, 2016). El software se basa en una serie de normas que son las siguientes: NM ISO 6946: Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo; NM ISO 13370: Prestaciones térmicas de los edificios – Transmisión de calor por el terreno; NM ISO 13789: Prestaciones térmicas de los edificios. Coeficientes de transferencia de calor por transmisión y ventilación; NM ISO 13786: Prestaciones térmicas de componentes para edificación. Características térmicas dinámicas.

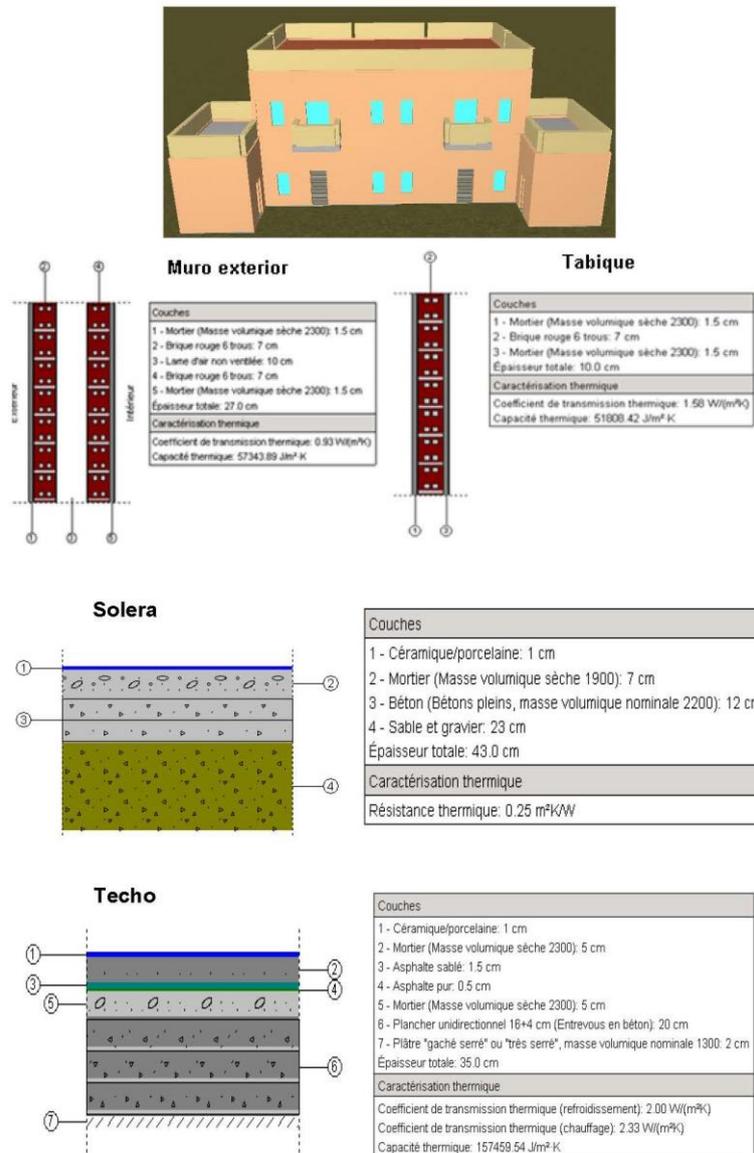
Este estudio de caso consiste en calcular y analizar la demanda energética de un nuevo edificio en construcción, en forma de vivienda unifamiliar, en la ciudad de Tánger al norte de Marruecos, formado por dos plantas (planta baja y primera planta) utilizando el Software marroquí BINAYATE. Las cuatro fachadas del edificio están en contacto con el exterior. La zona climática correspondiente a la zona de estudio es Z2, que es equivalente a la zona climática A3.

4.2. Resultados y análisis

En el primer caso, se ha introducido las distintas capas de materiales, con los diferentes elementos de construcción del edificio (muros exteriores, solera, forjado interno, tabiques, puertas y ventanas) en el software BINAYATE, obteniendo una modelización en 3D, Figura 6, sin utilizar ningún tipo de aislante. Tal y como se observan en los resultados obtenidos de la demanda energética, el edificio es "NO CONFORME", es decir, no cumple con las exigencias establecidas por el RTCM en cuanto al valor límite de la demanda energética anual de calefacción y de climatización de edificios en Marruecos para la zona climática Z2, en un edificio residencial, que corresponde a 46 kWh/m².año, mientras que el valor obtenido en esta simulación es de 100.52 kWh/m².año.

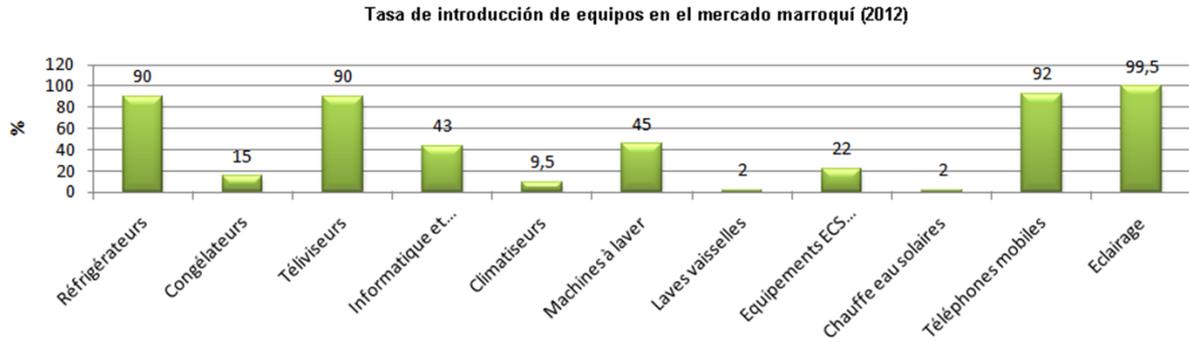
En el segundo caso, se optimizan las prestaciones térmicas en dos niveles, de manera que para el techo, se cambia el color oscuro del tejado a un color claro, por una parte, y se aplica un aislamiento térmico con 3 cm de poliuretano por otra parte. En el siguiente nivel se aíslan también los muros exteriores con el mismo aislante y espesor. En este caso, se respetan los valores límites de la demanda energética para la calefacción y climatización establecidos por el RTCM, obteniendo un valor de 45,22 kWh/m².año. De esta manera, se ha conseguido disminuir la demanda energética en un 44,98 %. Con estos resultados, podemos decir que la aplicación del RTCM a través del software BINAYATE permite mejorar las prestaciones energéticas y por tanto obtener un confort térmico en la vivienda, así como obtener ahorros energéticos en relación con el consumo habitual.

Figura 6: Simulación de una vivienda unifamiliar sin aislante



Hay que tener en cuenta que estos dos sistemas, calefacción y climatización, no se utilizan habitualmente en los edificios marroquíes, según indica la Figura 7 y, como consecuencia, en la mayoría de los casos lo único que se obtiene con la aplicación del RTCM es un confort térmico de los ocupantes del edificio. Para conseguir los compromisos que ha establecido Marruecos, a la hora de desarrollar su RTCM, en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, no es suficiente aplicar medidas de eficiencia energética en la envolvente, sino que tendría que aplicar también estas medidas sobre los sistemas de alumbrado y de equipos electrodomésticos, que junto con la envolvente suponen un ahorro del 69% según se indica en la Figura 8.

Figura 7: Consumo eléctrico y disponibilidad de instalaciones eléctricas en Marruecos
 Fuente: (ALGEES, S. A., 2017)



Reparto de los consumos eléctricos por usos (2010)

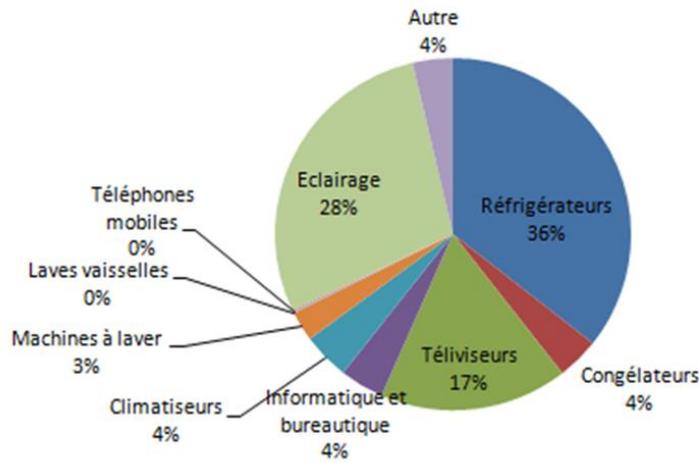
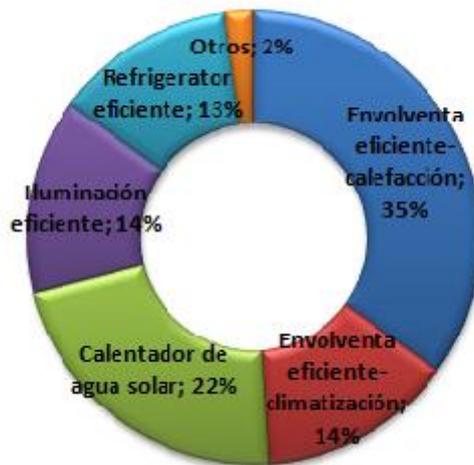


Figura 8: Potencial de eficiencia energética de un edificio en la región de la Mediterránea del sur en el periodo 2010-2030 Fuente: (Thibault, H.-L., & Andaloussi, 2011)



5. Conclusión

En España, la zonificación se basa en la severidad climática que combina entre grados-día y la radiación solar, permitiendo obtener 12 zonas climáticas. Además, dentro de cada una de ellas, puede haber diferencias de zonas climáticas en función de la diferencia de altura con la capital de la provincia. En el caso de Marruecos, a pesar de haber realizado un estudio basado en grados-día, se ha optado por establecer una zonificación que es resultado de una simulación dinámica realizada con Trnsys en, solamente, doce localidades marroquíes. Como resultado, se obtienen 6 zonas climáticas en todo el país donde se observa, según la comparativa de algunos datos climáticos, diferencias que pueden afectar en el cálculo de la demanda energética de edificios situados en localidades diferentes de la misma zona climática.

Según los resultados obtenidos en la comparativa de las dos legislaciones, española y marroquí, falta desarrollar decretos para poder aplicar varios artículos de la ley 47-09, relativa a la eficiencia energética en Marruecos, con el fin de tener un etiquetado energético adecuado para los productos eléctricos y los equipos electrodomésticos y unas sanciones aplicables en caso de incumplimiento de norma. El reglamento térmico actual permite calcular la demanda energética de un edificio para la calefacción y la climatización, mientras que la mayoría de los edificios marroquíes no tienen dichas instalaciones por su alto coste y por el consecuente aumento energético que conlleva, por lo que se obtiene únicamente a través de las medidas aplicadas de eficiencia energética en la envolvente, es un confort térmico de la gente. Por este motivo, la RTCM debería incluir también medidas de eficiencia energética de las instalaciones que tiene un edificio, incluyendo así el alumbrado y los equipos electrodomésticos; los cuales, junto con la envolvente, aportarían un ahorro energético del 68%.

6. Bibliografía

- ADEREE. (2016). Caractéristique de la consommation énergétique dans le secteur du Bâtiment:au Maroc. Tech. rep., ADEREE.
- ADEREE. (2013). Guide de la Reglementation Thermique de Construction au Maroc (RTCM). Tech. rep., ADEREE.
- ALGEES, S. A. (2017). L'Efficacité Énergétique dans le secteur Bâtiment: Stratégie, politique et nouvelle réglementation EE & ER nationale. Tech. rep., ALGEES SARL.
- Ballarini, I., Corrado, V., Madonna, F., Paduos, S., & Ravasio, F. (2017). Energy refurbishment of the Italian residential building stock: energy and cost analysis through the application of the building typology. *Energy Policy*, 105, 148-160.
- Casal, A. G. (2015). Análisis comparativo de la eficiencia energética en edificios existentes con diferentes herramienta de simulación energética. Ph.D. dissertation, Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Valladolid.
- Castellazzi, L., Zangheri, P., & Paci, D. (2016). Synthesis Report on the assessment of Member States' building renovation strategies. *JRC Science for policy Report*.
- Chandel, S. S., Sharma, A., & Marwaha, B. M. (2016). Review of energy efficiency initiatives and regulations for residential buildings in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1443-1458.
- De Energía, M. a. (2017). Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020. Tech. rep., Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.
- De Fomento, M. (2017). Actualización 2017 de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España. Tech. rep., Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda.
- Del Ministerio de Fomento, D. G. (2015). *Documento* descriptivo climas de referencia. Tech. rep., Ministerio de Fomento.
- Documento Básico HE (2017). Código Técnico de Edificación.

- Hernández, R. a., Rey Hernández, A., Velasco, E., San José, J., Martínez, R., & Javier, F. (2017). Propuesta de la certificación energética, mediante simulación dinámica, como herramienta de gestión energética ISO 50001 Versus auditoria energética en edificios. *III CIEEMAT* , 343.
- Irulegi, Serra, Hernández, & andTorres, R.-P. (2012). Fachadas ventiladas activas para reducir la demanda de calefacción en los edificios de oficinas. El caso de España. *Informes de la Construcción* .
- MEMEE. (2015). Les énergies renouvelables au Maroc: Bilan et Perspectives. Tech. rep., Ministerio de Energía, Minas, Agua y Medio Ambiente.
- Ministerio de Energía, M. A. (2012). Energías Renovables en Marruecos: Estrategias y plan de action. Tech. rep., Ministerio de Energía, Minas, Agua y Medio Ambiente.
- RD 314/2006: Código Técnico de Edificación. (2006).
- Suárez, R., & Fragoso, J. (2016). Estrategias pasivas de optimización energética de la vivienda social en clima mediterráneo. *Informes de la Construcción* , 68, 136.
- Thibault, H.-L., & Andaloussi, E. a. (2011). L'efficacité énergétique dans le bâtiment en Méditerranée. *Futuribles* , 376, 47-59.
- Viña Olmedo, G. (2018). Diseño de una instalación solar térmica para suministrar agua caliente sanitaria (ACS) a los vesturarios de unas instalaciones deportivas. *UCA* .
- Walsh, A., Cóstola, D., & Labaki, L. C. (2017). Comparison of three climatic zoning methodologies for building energy efficiency applications. *Energy and Buildings* , 146, 111-121.
- Walsh, A., Cóstola, D., & Labaki, L. C. (2017). Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs. *Building and Environment* , 112, 337-350.
- y el Consejo de la UE, E. P. (2002). *Directiva 2002/91/CE*, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Tech. rep., Unión Europea.