

EL COVID-19, LA NORMATIVA DE VENTILACIÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL EN LAS UNIVERSIDADES EN MÉXICO

Iván Valencia Salazar¹, Elisa Peñalvo López², Joaquín Montañana Romeu³, Vicente León Martínez⁴

¹Universitat Politècnica de València, Valencia, España, ivalencias@die.upv.es

²Universitat Politècnica de València, Valencia, España, elpealpe@upvnet.upv.es

³Universitat Politècnica de València, Valencia, España, jmontanana@die.upv.es

⁴Universitat Politècnica de València, Valencia, España, vleon@die.upv.es

ABSTRACT

This paper analyses the increase in energy consumption caused by COVID-19 containment measures in university classrooms in Mexico, particularly in hot humid areas where the use of air conditioning units is required. The effect of ventilation on classroom temperature, student comfort and air conditioning equipment consumption are analysed.

Keywords: COVID-19, ventilation, energy consumption.

INTRODUCTION

Uno de las principales estrategias en la lucha contra el COVID-19 es la ventilación adecuada de los espacios. MÚLTIPLES gobiernos y organismos internacionales (UNICEF, 2020) (Ministerio de Sanidad, 2020) han establecido reglamentos y recomendaciones aplicables a los sistemas de ventilación. Todas ellas coinciden en la importancia de la renovación del aire en los espacios cerrados para disminuir el riesgo de contagio entre los usuarios.

En la primera parte del trabajo se compara la normativa relativa a la ventilación en España y México. Posteriormente se analiza el impacto de la ventilación en el Tecnológico Nacional de México campus Veracruz considerando las condiciones climáticas, los consumos de electricidad anteriores y durante la pandemia. En la siguiente etapa se EVALÚAN diferentes escenarios ventilación/consumo energético con el programa Trnsys. En el apartado final se presentan las conclusiones.

Normativas de ventilación

En esta sección se presentan las características más significativas de las normativas vigentes de ventilación en España y México.

España

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (Gobierno de España, 2007) establece el caudal mínimo del aire exterior de ventilación para los diferentes tipos de locales y zonas. El Reglamento establece para las escuelas un nivel de renovación de 12,5 l/s por persona. Este mismo nivel de renovación de aire es el recomendado por (Ministerio de Sanidad, 2020). Si bien en el Reglamento se pueden aplicar otros tipos de control de la ventilación que implican un menor caudal en la renovación del aire, tal como las sondas de CO₂, en el presente trabajo se analiza sólo la renovación de aire a caudal constante.

México

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008) Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad, reconoce los importantes beneficios que tiene la ventilación para la salud de los trabajadores y usuarios, pero no es de carácter obligatorio. Se limita a realizar las siguientes sugerencias:

Humedad relativa entre el 20% y 60%;

Temperatura del aire de 22,0°C ± 2,0°C para invierno

Temperatura del aire de 24,5°C ± 1,5°C para verano

Velocidad media del aire inferior o igual a 0,15 m/s, en invierno, y 0,25 m/s en verano.

Recomienda al menos 5 renovaciones por hora.

Del análisis de la normativa se deduce que existe un atraso importante en comparación con los países desarrollados, si bien la no exigencia de la ventilación se entiende para reducir costes en la construcción y renovación de espacios climatizados, el establecimiento de temperaturas de consigna con menor impacto ambiental podría llevarse a cabo sin costes adicionales.

CASO DE ESTUDIO

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) cuenta con 254 campus por todo el país y atiende a 620.000 estudiantes con casi 40.000 trabajadores (Tecnológico Nacional de México, 2021). La intensidad energética de los campus es muy variada, existen campus con baja intensidad debido a que prácticamente no hacen uso de equipos de aire acondicionado en clases y laboratorios; por otra parte, existen campus en los que la temperatura ambiente eleva su consumo energético.

Para el análisis se considera el campus Veracruz, por ser uno de los campus con mayor consumo de electricidad a nivel nacional; debido a que hace uso de más de 400 equipos de aire acondicionado, cuenta con más de 5.000 alumnos y casi 20 hectáreas de superficie.

Zona climática

Existen diversos tipos de climas en el país, en la Figura 1 se muestran los diferentes tipos de climas existentes.



Figure 1. Mapa climático de México

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2021)

Durante muchos años y hasta principios del presente siglo, los edificios construidos en los diferentes campus del TecNM se construían a partir de modelos únicos según su área de aplicación independientemente del tipo de zona climática del campus. Es decir, un edificio de Electrónica que se construía en una zona cálida húmeda era igual al que se construía en una zona templada seca. El edificio modelo de aulas cuenta

con ventanas correderas mientras que el edificio modelo de laboratorios cuenta con ventanas fijas.

El campus analizado se encuentra en la zona costera del Golfo de México, la evolución de la temperatura y la humedad a lo largo del año se observa en la Figura 2.

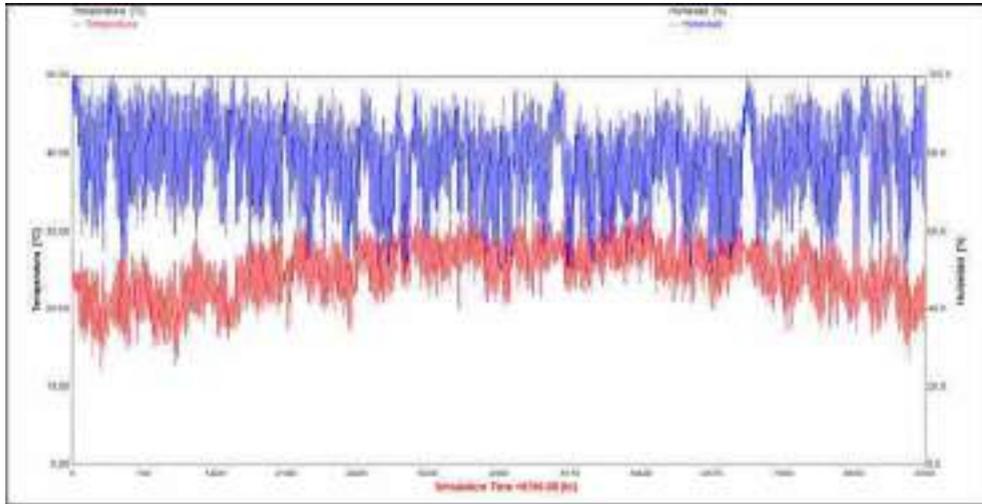


Figure 2. Evolución anual de la temperatura y humedad en Veracruz, México.
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021).

En lo que se refiere al viento, se cuenta con un abundante recurso el cual presenta una marcada estacionalidad, los máximo valores se presentan de noviembre a abril; su evolución se observa en la Figura 3.

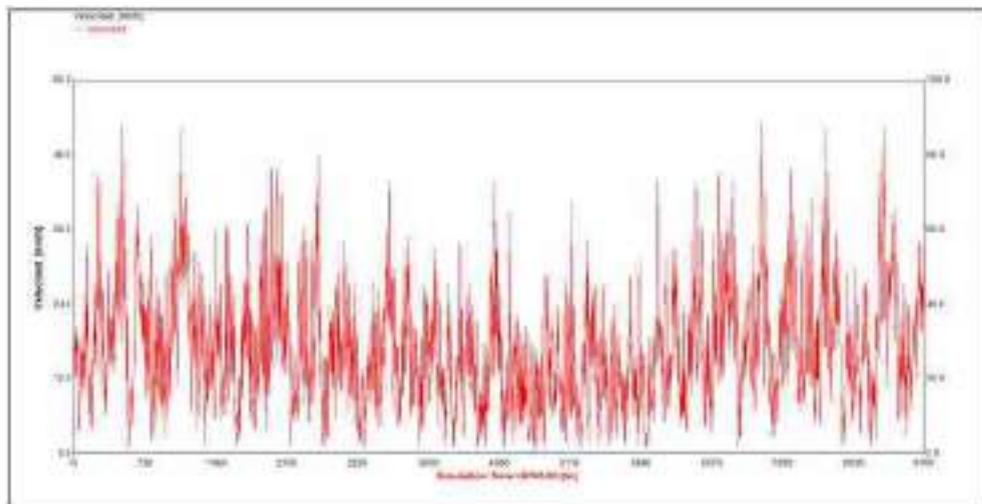


Figure 3. Evolución anual del viento la temperatura y humedad en Veracruz, México.
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2021).

Es común que a lo largo del otoño, invierno y aún en primavera, los frentes fríos generen días muy ventosos con rachas que suelen superar los 100km/h. Por el contrario, en verano, solamente se suelen tener vientos fuertes provocados por huracanes o tormentas tropicales. La ventilación natural cruzada en los edificios del campus se dificulta debido a la intensidad de los vientos y al polvo que suele arrastrar por donde ontrarse este muy cerca de la zona de playas.

Las aulas y la pandemia

Los edificios de aulas y laboratorios son de dimensiones y características diversas, sin embargo, tienen en común el uso de unidades de aire acondicionado tipo mini split. Los edificios de aulas cuentan con ventanas corredera que permite la ventilación cruzada, mientras que la mayoría de los edificios de laboratorios cuentan con ventanas fijas que impiden la ventilación natural.

Las dimensiones de las aulas suele oscilar alrededor de los 50m², mientras que la densidad de ocupación de las aulas suele ser 0,62 alumnos/m². Para mantener una distancia de seguridad de al menos 1,2m se debe disminuir el ratio a 0,39 alumnos/m², cambio imposible de cumplir en muchos de los casos, obligando a incrementar el número de grupos o bien implementar un sistema híbrido o semipresencial.

El consumo eléctrico anual del campus, el impacto ambiental asociado y el ratio anual de kWh/alumno antes y durante la pandemia se presentan en la Tabla 1.

CONSUMO	2019	AÑO PANDEMIA ¹
MWh	2.657	1.056
tCO ₂ ²	1.342	533,0
kWh/alumno ³	531,4	211,2

¹Septiembre 2020- Agosto 2021

²(SEMARNAT, 2020) (SEMARNAT, 2021)

³Considerando una población de 5.000 alumnos en ambos casos

Tabla 1. Consumo eléctrico del campus

Durante el año de pandemia el consumo de electricidad se redujo en 60% comparado con el año 2019, esta disminución se debe a que las clases fueron 100% en línea y a que las oficinas redujeron su operación al mínimo. Aproximadamente el 90% de la reducción se debe a la no operación de los equipos de aire acondicionado, ya que la iluminación tiene un efecto muy reducido debido a que todas las luminarias son tipo Led.

Consumo eléctrico con ventilación

Para evaluar el impacto de la ventilación en el consumo de energía eléctrica del campus se evaluarán los siguientes escenarios:

1. Escenario base
2. Ventilación natural cruzada sin aire acondicionado.
3. Ventilación natural cruzada con aire acondicionado.
4. Ventilación mecánica sin recuperación de calor.
5. Ventilación mecánica con recuperación de calor.

Para el análisis de cada uno de los escenarios se emplea el programa de cómputo Trnsys 16 con un modelo de aula de 50m², una altura de 2,75m, un caudal de 12,5 l/s-alumno, una potencia de refrigeración disponible de 17,58kW y 20 alumnos para mantener la distancia de seguridad. El uso del aula es de 7 a 21 horas de lunes a viernes.

Escenario base

Como escenario base se considera en el modelo 30 alumnos, 24 grados de temperatura de consigna y no existe ventilación. La evolución de la temperatura en el interior del aula y el consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado se muestra en la Figura 4.

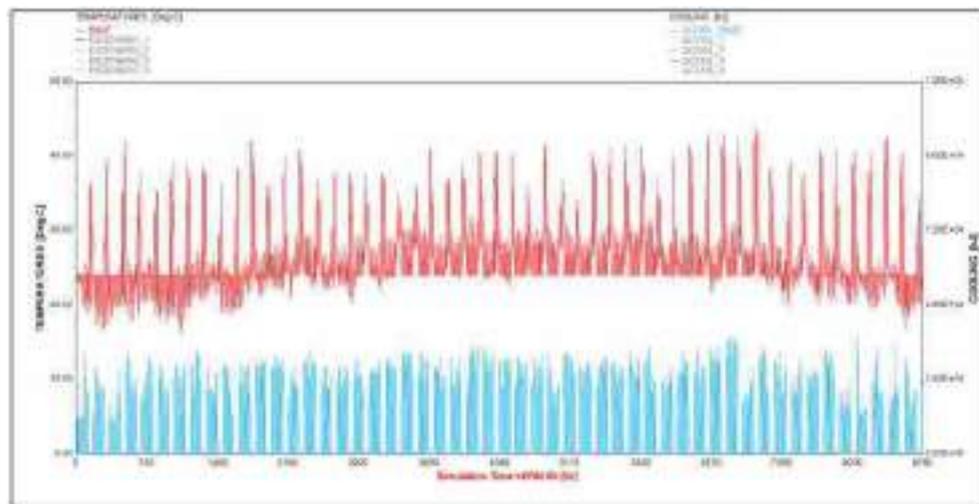


Figure 4. Evolución anual de la temperatura y del consumo eléctrico en el aula en escenario base.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el equipo aire acondicionado es capaz de mantener la temperatura de consigna a lo largo del año. En este escenario el campus tiene un consumo anual de electricidad en aire acondicionado de 1.435 MWh equivalente a la emisión de 725 tCO₂.

Escenario 1

En este escenario la climatización está apagada y se cuenta solamente con ventilación cruzada. La evolución de la temperatura en el interior del aula en este escenario se muestra en la Figura 5.

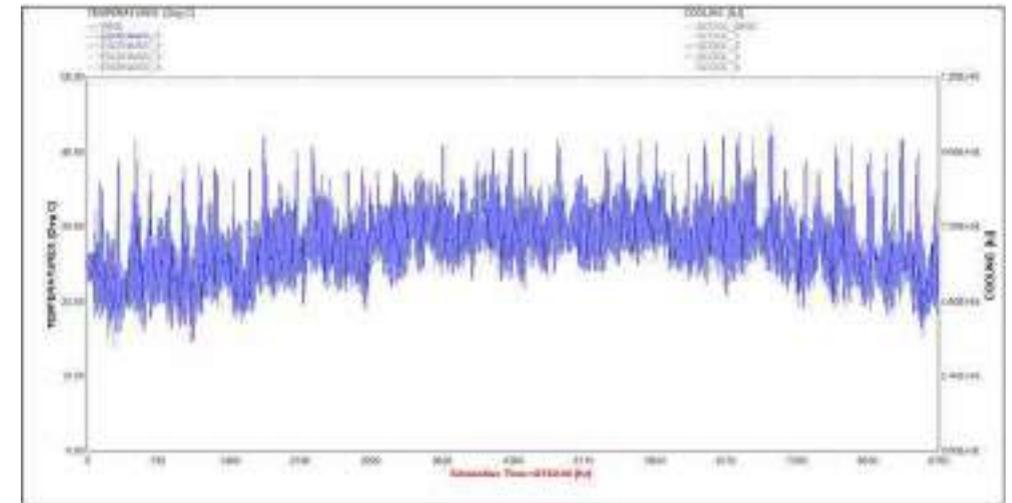


Figure 5. Evolución anual de la temperatura y del consumo eléctrico en el aula en escenario 1.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que al estar la climatización apagada la temperatura del aula se incrementa considerablemente, en ocasiones por encima de la temperatura ambiente.

Desde el punto de vista energético este escenario es el mejor, ya que el campus reduce su consumo anual de electricidad en 1.435 MWh y en 725 tCO₂ sus emisiones. Desde el punto de vista del confort de los alumnos y trabajadores este escenario no es admisible.

Escenario 2

En este escenario se considera el uso de la ventilación cruzada y los equipos de aire acondicionado. La evolución de la temperatura en el interior del aula y del consumo eléctrico de equipo de aire acondicionado en este escenario se muestra en la Figura 6.

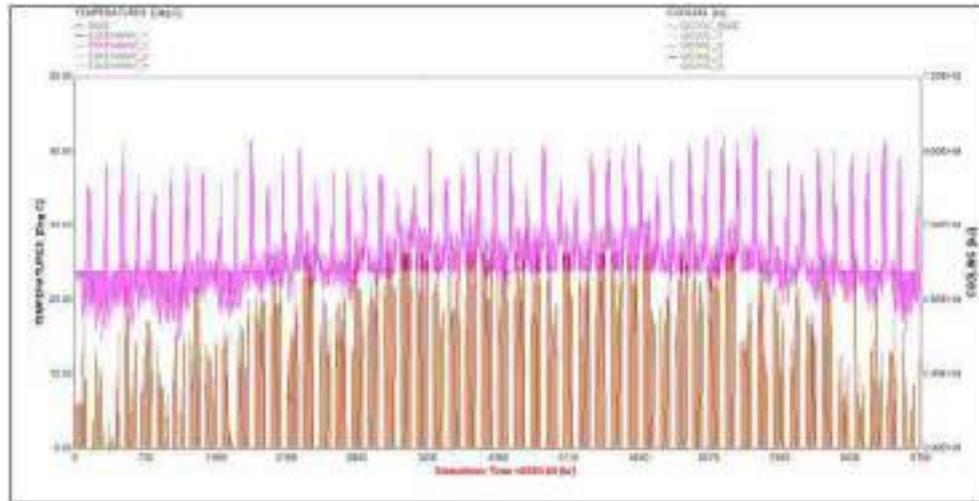


Figure 6. Evolución anual de la temperatura y del consumo eléctrico en el aula en escenario 2.
Fuente: Elaboración propia.

Se observan en la Figura 6 consumos muy elevados en primavera y verano, se aprecia también que en ocasiones la temperatura de consigna no se alcanza. En este escenario el consumo anual de electricidad en aire acondicionado es de 2.296 MWh equivalente a la emisión de 1.159 tCO₂.

Escenario 3

En este escenario se evalúa la instalación de dos extractores de aire en cada espacio climatizado a fin de mantener un caudal de renovación constante a lo largo del día. La evolución de la temperatura en el interior del aula y el consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado en este escenario se muestra en la Figura 7.

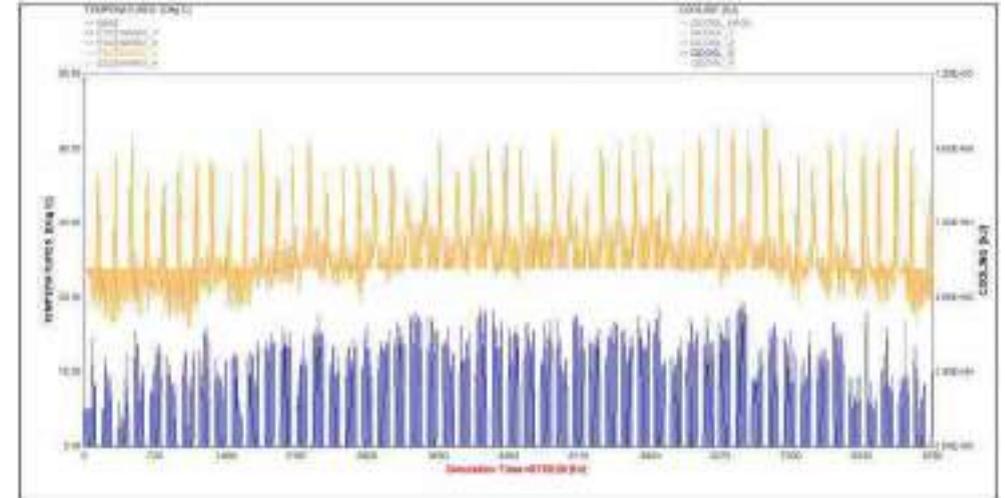


Figure 7. Evolución anual de la temperatura y del consumo eléctrico en el aula en escenario 3.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 se observa que el consumo es ligeramente mayor con respecto al escenario base. En este escenario el consumo anual de electricidad en aire acondicionado es de 1.650 MWh equivalente a la emisión de 833 tCO₂. Considerando 220 espacios climatizados en el campus y un coste promedio de 550 euros por espacio, la inversión total requerida en este escenario es de 121.000€.

Escenario 4

En este escenario se considera el uso de un recuperador de calor en el sistema de ventilación. La evolución de la temperatura en el interior del aula y el consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado se muestra en la Figura 8.

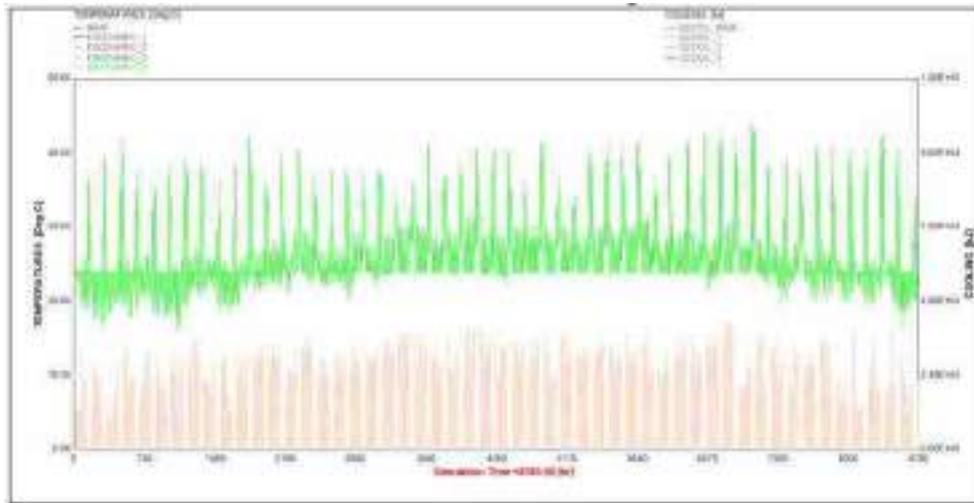


Figure 8. Evolución anual de la temperatura y del consumo eléctrico en el aula en escenario 4.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se observa que el consumo es ligeramente menor con respecto al escenario 3, y es aproximadamente un 8% más elevado comparado con el escenario base. En este escenario, el consumo anual de electricidad en aire acondicionado es de 1.550 MWh equivalente a la emisión de 783 tCO₂.

Considerando que la instalación de recuperadores de calor en los espacios climatizados tiene un coste promedio de 8.700 € por espacio la inversión requerida es 1.914.000 € en este escenario.

Comparación de escenarios

Se realiza una comparación de los resultados de los diferentes escenarios tomando como referencia el caso base. La Tabla 2 muestra las variaciones anuales en el consumo de electricidad, las emisiones evitadas, el ahorro en la factura eléctrica coste eléctrico y la inversión requerida.

AHORROS	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4
MWh	1.435	-2.296	-1.650	-1.550
tCO ₂	725	-1.159	-833	-783
Factura (K€)	163	-261	-187	-176
Inversión (K€)	0	0	-121	-1.914

Tabla 2. Ahorro energético, económico y ambiental en los escenarios simulados en comparación con el escenario base.

Desde el punto de vista de ahorro, el escenario 1 es el más adecuado, pero por cuestiones de confort se descarta. El escenario 2 y 3 presentan resultados económicos similares al final del primer año si consideramos la suma de la inversión y el coste energético adicional. El escenario 4 presenta mejores resultados energéticos, pero requiere de una inversión elevada.

CONCLUSION

La vuelta a la presencialidad en el TecNM campus Veracruz presenta un gran reto en lo referente a la ventilación adecuada de los espacios, debido principalmente a las características constructivas de los edificios de aulas y laboratorios, la temperatura y humedad del entorno. En el campus Veracruz, con elevado consumo energético en climatización, la instalación de un sistema de ventilación con extractores presenta un mejor equilibrio entre consumo energético adicional e inversión requerida.

ACKNOWLEDGEMENT

Queremos agradecer a GENERALITAT VALENCIANA y a la Comisión Europea su apoyo en el marco del proyecto DECAB (NÚMERO de subvención GV/2021/149) y del proyecto H2020, SEmPower (GA 847132).

REFERENCES

- CONAGUA.** (2021). Comisión Nacional del Agua Estaciones Meteorológicas Automáticas. Retrieved 9 01, 2021, from <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>
- Gobierno de España.** (2007). Real Decreto 1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Retrieved 9 1, 2021, from <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2021). Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica- Climatología. Retrieved 9 1, 2021, from <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>

Ministerio de Sanidad. (2020). Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2. Retrieved 9 1, 2021, from https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Recomendaciones_de_operacion_y_mantenimiento.pdf

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008, 11 24). NOM-001-STPS-2008 Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. Retrieved 09 01, 2021, from <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/nom-001.pdf>

SEMARNAT. (2020, 2 27). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Retrieved 09 01, 2021, from <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>

SEMARNAT. (2021, 4 16). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2020. Retrieved 9 1, 2021, from <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>

Tecnológico Nacional de México. (2021). Sistema Nacional de Estadística del Tecnológico Nacional de México. Retrieved 9 1, 2021, from <https://sne.tecnm.mx/public/inicio>

UNICEF. (2020). Key Messages and Actions for COVID-19 Prevention and Control in Schools. Retrieved 9 1, 2021, from <https://www.who.int/publications/m/item/key-messages-and-actions-for-covid-19-prevention-and-control-in-schools>

PLANIFICACIÓN DE DISTRITOS DE ENERGÍA POSITIVA EN FRENTE MARÍTIMOS URBANOS DEL MEDITERRÁNEO.

Isabel Aparisi-Cerdá¹, David Ribó-Pérez², Tomás Gómez-Navarro³

¹Institute for Energy Engineering, Universitat Politècnica de València, València, Spain (IIE).

Email: isap8393@gmail.com

²IIE. Email: david.ribo@iie.upv.es. ³ IIE, Email: tgomez@dpi.upv.es

ABSTRACT

Los Distritos de Energía Positiva (DEP) se consideran herramientas innovadoras para alcanzar la neutralidad energética y climática en las ciudades. Los DEP son regiones o barrios con un balance energético anual positivo, conseguido principalmente mediante la eficiencia energética y la generación de energía a partir de renovables. Dada su novedad y la falta de metodologías previas, este trabajo pretende aportar una metodología desarrollada para diseñar PEDs en ciudades mediterráneas. Se realiza una auditoría energética para evaluar el rendimiento pasado del distrito. Para el estudio de recursos, se estudian los recursos y el espacio disponibles, así como la madurez de la tecnología y sus costes. A continuación, se obtiene la producción potencial de las tecnologías seleccionadas. Una vez conocida esta información, se plantean las acciones propuestas. Las propuestas conducen a la creación del escenario estratégico que será simulado. Además, se realiza un análisis de sensibilidad para evaluar la influencia de los posibles cambios en diferentes parámetros.

Keywords: Distrito de Energía Positiva; La Marina de València.

INTRODUCTION

Las ciudades consumen dos tercios del suministro energético, y el 70% de las emisiones de CO₂ provienen de entornos urbanos, convirtiendo a las ciudades en un agente clave en la transición energética (IEA, 2016). En las estrategias de planificación en las ciudades se están promoviendo los Distritos de Energía Positiva (DEP) para abordar dicha transición. El objetivo de los DEP es lograr un balance energético anual positivo.

Este trabajo aborda las características de los frentes marítimos urbanos (FMU) que los diferencian de otros espacios y su potencial como DEP. Se han analizado los avances en sostenibilidad y eficiencia energética de algunos puertos (Valencia (Autoridad Portuaria de Valencia, 2020), Hamburgo (Acciaro, Ghiara, & Cusano, 2014),