

# Resumen

El sector de la construcción en los países desarrollados consume entre el 20% y el 40% de la energía primaria mundial, contribuyendo al 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se espera que el crecimiento demográfico, particularmente en las zonas urbanas, exacerbe esta tendencia, comprometiendo los objetivos de sostenibilidad descritos en los acuerdos internacionales y acelerando el cambio climático. Sin embargo, el creciente interés y apoyo político en las fuentes de energía renovables maduras, en particular la energía solar fotovoltaica (PV), ofrece oportunidades de mejora. El despliegue de sistemas fotovoltaicos en áreas urbanas presenta ventajas en cuanto a emisiones, beneficios económicos, ambientales y sociales, mejora la eficiencia de la red, aumenta la independencia energética y promueve la conciencia de sostenibilidad y la participación colectiva. Para aumentar la adopción de sistemas de autoconsumo fotovoltaico (PVSC) sobre tejados de entornos urbanos, los estudios sobre el potencial fotovoltaico pueden ayudar a superar las barreras sociales y permitir a la administración pública, las empresas de servicios públicos y las corporaciones privadas optimizar la planificación energética, promover los PVSC y atraer inversión privada en energías limpias. Aunque la mayoría de los estudios sobre el potencial fotovoltaico en la literatura se basan en modelos físicos geoespaciales, las oportunidades que brindan el aprendizaje automático (ML) y los enfoques estadísticos ágiles para reducir el alto coste computacional de los modelos anteriores no han sido explotados por completo. Estas oportunidades, especialmente en la evaluación del potencial económico, siguen siendo escasas.

El presente trabajo investiga las posibilidades y limitaciones en el despliegue masivo de sistemas de autoconsumo fotovoltaico (PVSC) en áreas urbanas desde una perspectiva de planificación urbana, considerando las limitaciones técnicas y económicas actuales. Con este fin, esta tesis emplea estrategias basadas en datos para desarrollar modelos físicos y modelos ágiles basados en regresiones como herramientas de evaluación del potencial técnico y económico de los sistemas PVSC en contextos urbanos.

En primer lugar, se ha desarrollado y validado un submodelo empírico de producción fotovoltaica con mediciones climáticas y de producción recopiladas de una planta fotovoltaica de 50 MW en funcionamiento. Además, se han investigado varias mejoras en el modelado del performance ratio ( $PR$ ) en entornos de baja irradiancia. En la segunda etapa de esta investigación, el submodelo anterior se ha integrado en un modelo tecnoeconómico 3D basado en sistemas de información geográfica (GIS) capaz de evaluar el PVSC económico para una

muestra de edificios residenciales. Además, el modelo incorpora modelos de sombras y estimaciones de demanda eléctrica horaria para evaluar una muestra de edificios residenciales. Una base de datos de simulación, derivada de los resultados anteriores, ha permitido el desarrollo de una metodología para entrenar un modelo basado en regresión y con ello estimar la producción y el periodo de retorno económico ( $PB$ ) a escala de edificio con una precisión asumible para fines de planificación energética. Como último paso, se mejoró el submodelo de demanda empleando datos reales agregados de series temporales para múltiples patrones de consumo y proporcionando estimaciones realistas para otras tipologías de edificios. Además de las restricciones espaciales, el modelo optimiza el tamaño de las instalaciones según su demanda y limitaciones económicas, maximizando la relación entre autosuficiencia ( $SS$ ) y el  $PB$ . Además, la metodología basada en regresión se ha ampliado para estimar, además del retorno de la inversión, múltiples indicadores clave de desempeño (KPIs) como la tasa interna de retorno ( $IRR$ ), la tasa de autoconsumo ( $SC$ ) y  $SS$ . A través de una adecuada identificación de predictores y una metodología de entrenamiento y validación, estas correlaciones permitieron estimaciones de rendimiento con una desviación aceptable respecto al modelo físico. La disponibilidad de datos relacionados con la construcción está aumentando progresivamente en la mayoría de los países, lo que permite una amplia aplicación y generalización de las metodologías propuestas y reduce el costo de simulación de estos estudios para cubrir áreas urbanas más grandes.

Como aplicación de las metodologías anteriores, se analizaron los resultados del potencial económico fotovoltaico del parque inmobiliario completo de un municipio mediterráneo bajo diferentes escenarios económicos y de demanda a escala de edificio y municipal. Para el escenario que cumple con la regulación actual en España, la  $SS$  municipal oscila entre el 22%-43% para los escenarios más optimista y pesimista, respectivamente. El dimensionamiento óptimo de las instalaciones según las curvas de carga en la modalidad de Net Billing (NB) es crucial para obtener resultados económicos competitivos. En consecuencia, la generación fotovoltaica anual representó el 68% del consumo eléctrico total anual.