
**LOCALIZACIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y CONEXIÓN DE
SISTEMAS DE ENERGÍA: UN MARCO METODOLÓGICO PARA
UN DESARROLLO SUSTENTABLE**

**DAVID ALFREDO OLAVE ROJAS
DOCTOR EN SISTEMAS DE INGENIERÍA
RESUMEN**

El principal desafío de la humanidad en los siguientes años es desarrollar un estilo de vida económica, social y ambientalmente sustentable. Uno de los principales caminos para lograr esto es mediante la generación y uso de la energía de forma sustentable, pues afecta a todas las áreas de la humanidad. Esto implica la necesidad de cambiar nuestra matriz actual basada en combustibles fósiles, especialmente si pensamos que las reservas actuales de combustible tienen un horizonte máximo ubicado entre el año 2050 y el 2100. En este contexto, las energías renovables no convencionales son una solución sumamente atractiva y competitiva, presentando desafíos técnicos, económicos y operativos. Parte de estos desafíos se pueden enfrentar, por ejemplo, mediante sistemas de almacenamiento de energía, pero su incorporación a los sistemas eléctricos conlleva afrontar cuestiones que requieren el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones en las etapas de diseño y dimensionamiento de los sistemas de potencia. Si bien existen trabajos anteriores que han dedicado esfuerzos desde la investigación de operaciones, con el fin de aportar mejoras que avancen hacia una solución, ninguno de ellos ha incluido todos los actores de forma integrada, tomando en cuenta la interacción entre ellos. Persiguiendo ese fin, en esta tesis doctoral se estudia y presenta un marco metodológico que permita mejorar la sustentabilidad de una región determinada desde el punto de vista de los sistemas de energía. Para esto se han utilizado herramientas de análisis y pronóstico de datos, con el objetivo de confeccionar una base de datos curada sobre el sistema eléctrico chileno. Luego se ha confeccionado un modelo de programación matemática mixta con el fin de apoyar la toma de decisiones de nivel estratégico, correspondiente a la inversión en proyectos de energía renovable. Las decisiones incluidas son las relativas a la localización, el dimensionamiento y la conexión de componentes, además de la generación, el

almacenamiento y la transmisión de energía. Finalmente se ha desarrollado una formulación heurística que no solo incluya las complejidades estratégicas estudiadas en el trabajo anterior, sino que también, las complejidades existentes a nivel operativo y que afectan una evaluación de proyecto. Los resultados muestran que el marco metodológico presentado no solo contribuye para apoyar la toma de decisiones desde el punto de vista del inversionista, sino que también permite evaluar aspectos territoriales con el objetivo de determinar su potencial para proyectos de energía por parte de instituciones reguladoras u organismos gubernamentales, mejorando los niveles de sustentabilidad del área. Además, permite explorar posibles tecnologías en fase de desarrollo como lo son algunas asociadas al almacenamiento de energía, determinando parámetros de configuración e incluso conocer direcciones de desarrollo. Por otro lado, el marco metodológico permite conocer el impacto de herramientas de incentivo, como lo son los subsidios a la inversión, permitiendo focalizar y establecer una dirección para el desarrollo de políticas asociadas a este tema. Finalmente, si bien esta tesis permite apoyar procesos de toma de decisión para desarrollar una generación y uso de energía más sustentable, también es claro ver que es necesario profundizar en esta metodología, incluyendo más agentes o nuevas aproximaciones al problema, como lo son una combinación de fuentes de energía o modelos de simulación-optimización.

ABSTRACT

The greatest challenge for the humankind today is the develop of a lifestyle sustainable, from a social, economical and environmental point of view. One of the main tasks to accomplish this goal is the sustainable generation and use of energy. From an energy point of view, this implicates a need for changing our fossil fuel-based energy systems, as it affects every field of society, especially if we notice today that current oil reserves have a maximum expected lasting horizon between years 2050 and 2100. In this context, non conventional renewable sources are a highly attractive and competitive solution, however their use results in technical, economical and managerial issues. Some of these challenges can be faced, for example, through energy storage systems, but their incorporation to electric systems does not only involve technological challenges but also calls for decisionmaking tools that ensure appropriate design and sizing of the corresponding power systems. Although there are previous works that have devoted efforts from operations research, in order to provide improvements towards a solution, none of them has included all the actors in an integrated manner, taking into account the interaction between them. Following this idea, in this thesis, a methodological framework is studied and presented, with the aim of enhancing the sustainability of a particular territory from an energy system point of view. Taking this in mind, analytics and data forecasting tools are used for building a carefully-curated database about the Chilean power grid. Thereafter, a mixed integer programming model is presented for aiding the evaluation of the strategic design of complex renewable power systems. Included decisions are related to the location, sizing and connexion of components, as the generation, storage and transmission of energy as well. Finally, an heuristic formulation is developed with the aim of enhancing the solution applicability and economic evaluation accuracy. The approach includes not just the complexity from strategical decisions (addressed also in the previous work), but also from operational decisions as well. From results it is possible to conclude that the presented methodological framework is not just useful for supporting decision processes from an investment

point of view, but also is useful for policymakers with the aim of enhancing sustainability and the competitiveness of a certain region. Such an approach made possible by exploring new zones and determining the potential for energy projects. Furthermore, the presented framework supports testing novel technologies, such as those related to energy storage systems, in a real-world scenario. Additionally, the framework allows knowing and studying the impact of incentive tools, such as investment subsidies or investment bonuses, targeting and establishing a direction for new policies or tools related to this issue. Finally, although this thesis is an effort in the right direction in order to discover new opportunities for developing a more sustainable energy use and generation process, it is also clear that it exists a need, an urgency, to go further with this doctoral thesis.