

## Análisis de Descomposición basado en Índices: una herramienta para medir eficiencia energética

Programa de Posgrado Doctorado en Ingeniería – FI-UNaM.

Facultad de Ingeniería -Universidad Nacional de Misiones

### Equipo docente:

**Duración:** 8 clases de 3 horas

#### María Florencia Zabaloy

Es Doctora en Economía por la Universidad Nacional del Sur (UNS). Actualmente se desempeña como docente del Departamento de Economía de la UNS y como becaria posdoctoral en el Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur IIESS (UNS-CONICET). Se dedica al análisis y evaluación de políticas de: energías renovables, eficiencia energética y transición energética. Se especializa en el área de la eficiencia energética, bajo la dirección de Marina Recalde y Carina Guzowski.

**Carga horaria total:** 40 horas

**Modalidad de dictado:** Virtual

**Nivel:** Doctorado

#### Carina Guzowski

Es Doctora en Economía por la Universidad Nacional del Sur (UNS). Actualmente se desempeña como profesora asociada del Departamento de Economía de la UNS y como investigadora del Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur IIESS (UNS-CONICET). Sus actividades se han desarrollado en el campo de la economía de la energía, la planificación energética y la gestión sostenible de los recursos naturales, focalizándose en alcanzar un conocimiento sistémico del sistema energético y sus vinculaciones con el desarrollo sustentable y el medio ambiente en América Latina.

**Carrera:** Doctorado en Ingeniería

### Coordinación general:

#### Manuel Armando Mazzoletti

Es docente e investigador en la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Es Ingeniero Electrónico y Doctor en Ciencia de la Ingeniería. Ha sido becario posdoctoral del CONICET en la UNaM, con estancias de investigación en el Institute of Electric Power Systems (IESY) de la Universidad Otto Von Guericke Magdeburg (OVGUM) en Alemania. Desde el año 2007 tiene relación laboral con la FI desempeñándose en distintas asignaturas tales como máquinas e instalaciones eléctricas, electrotecnia, análisis de circuitos, instrumentación y automatismos industriales. A partir del 2017, participa de manera directa en las carreras de posgrado de la institución en el marco de la Maestría en Ingeniería de la Energía y el Doctorado en Ingeniería, además de colaborar en otras carreras de instituciones externas. Es Director del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE) perteneciente al Departamento de Electromecánica de la FI, dirige y participa en proyectos de investigación acreditados por la UNaM e integra proyectos de unidades académicas externas en temáticas de investigación relacionadas con sus temas de interés: la detección y el diagnóstico de fallas y el modelado de máquinas eléctricas, los accionamientos eléctricos de uso industrial, el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

## 1. Objetivos y Justificación

Que el doctorando sea capaz de incorporar herramientas para el análisis y la comprensión de la eficiencia energética más allá del concepto termodinámico, es decir, desde un punto de vista de la política pública tanto a nivel local como nacional y de su impacto socioeconómico. En este sentido, se remarca la importancia de la interdisciplina para abordar el estudio de la eficiencia energética y complementar los enfoques teóricos de las diferentes profesiones.

- a) Introducir conceptos de energía, desarrollo sostenible y políticas energéticas.
- b) Reconocer que la eficiencia energética es un concepto complejo y abstracto, sobre el cual existe un amplio debate, y por lo tanto su medición es también compleja.
- c) Analizar las diferentes formas de medición de la eficiencia energética, reconociendo ventajas y limitaciones de cada una de ellas.
- d) Comprender en qué consiste a nivel teórico el método del Índice de la Media-logarítmica Divisia (LMDI) en el contexto del análisis de descomposición (IDA).
- e) Aplicar el método mencionado e interpretar los resultados, haciendo énfasis en el uso y manejo adecuado de datos estadísticos.
- f) Entender que el análisis de descomposición basado en índices es una herramienta para medir eficiencia energética en términos socioeconómicos, es decir, para hacer un seguimiento de las políticas energéticas aplicadas.
- g) Reflexionar sobre las potencialidades y limitaciones del método.

Se considera que analizar a la eficiencia energética desde el enfoque de la Economía de la Energía permitirá complementar la mirada y formación de los alumnos, que en su mayoría provendrán del área de las ingenierías. Esto se vincula con diversos objetivos específicos de la carrera tales como profundizar el conocimiento y estimular la creatividad y capacitar en el dominio de nuevos enfoques frente una problemática dada. Esto se podría estimular, porque en el curso propuesto se abordarán nuevas formas de estudiar el fenómeno de la eficiencia energética, que es un concepto con el cual los alumnos se encuentran familiarizados.

Asimismo, también resulta fundamental enmarcar el estudio de esta problemática en el contexto actual tanto a nivel nacional como internacional. Esto permitiría a su vez cumplir el objetivo específico de la carrera que propone de vincular los resultados de la investigación con problemáticas relevantes tanto a nivel local, nacional e internacional. Es importante destacar que esta temática se relaciona fuertemente con una de las áreas de investigación prioritarias de la carrera: Desarrollo Sostenible.

Por último, la formación de los alumnos en el área de las ingenierías permitirá debatir y reflexionar sobre la posibilidad de expandir la aplicación del método a nuevas áreas y así generar nuevas variantes del método para medir la eficiencia energética.

Por todo lo mencionado, este curso brindara herramientas a los alumnos para desempeñarse de manera independiente y eficaz, como investigador y docente en el ámbito académico, o como profesional altamente calificado en el sector productivo público y privado.

El curso se desarrollará en el marco del Doctorado en Ingeniería en la Facultad de Ingeniería de la UNaM. Es por este motivo que se solicita, debido a las características del curso (cantidad y calidad de información) una carga horaria de 40 hs y que sean asignados 2 (tres) créditos de nivel doctorado para este curso.

## 2. Metodología de Dictado

Se realizarán clases teóricas-prácticas por videoconferencia.

Se prevén clases de consulta por fuera del horario de clases sincrónicas durante el dictado del curso así como también durante el periodo para la realización del trabajo integrador.

## 3. Metodología de Evaluación y Aprobación

La asistencia deberá ser como mínimo del 80% a las clases teóricas y prácticas.

Los alumnos deberán realizar la totalidad de los trabajos prácticos que incluyen la resolución de guías de ejercicios y la implementación de simulaciones en computadoras digitales.

La evaluación final consistirá en la realización de un trabajo integrador individual por parte del alumno, sobre un tema a designar. Dicho trabajo será evaluado con una nota entre 0 (cero) y 10 (diez). La condición de aprobación es con nota siete (7).

Los alumnos tendrán dos alternativas para realizar el trabajo integrador, debiendo elegir solo una.

La primera opción es que el alumno aplique un análisis de descomposición LMDI y que el informe contenga la explicación de: método aplicado, fuentes de los datos, resultados e interpretación.

La segunda opción es que el alumno seleccione un tipo de modelo de descomposición (por ejemplo explicar el consumo energético en el sector industrial) y realice una revisión de literatura sobre la temática. En otras palabras, debe responder qué antecedentes existen en el mundo que apliquen análisis de descomposición LMDI en el sector industrial. En este caso, además los alumnos deberán realizar una interpretación de resultados de una aplicación LMDI (dicha aplicación será entregada por las docentes).

En ambas alternativas, se hace énfasis en la interpretación de resultados del análisis de descomposición porque se considera que es un aspecto fundamental.

#### **4. Contenidos**

Los temas abordados, son los siguientes

##### *1. CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL DE LAS POLÍTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

Energía y desarrollo económico.

Definición de la Eficiencia Energética.

Vínculo entre Eficiencia Energética y Economía.

Potencial de mitigación en el contexto del Acuerdo de París.

##### *2. ANÁLISIS DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

Tipos de indicadores según el tipo de variable utilizada (termodinámicos, económicos, etc.).

Ventajas y desventajas.

Introducción al Análisis de Descomposición (IDA).

Historia y principales aplicaciones.

Identidad de Kaya.

Bases de datos internacionales de análisis IDA: ODYSSEE-MURE y BIEE-CONUEE

##### *3. EL MÉTODO ÍNDICE DE LA MEDIA-LOGARÍTMICA DIVISIA (LMDI)*

Desarrollo matemático.

Factores de descomposición más utilizados.

Métodos aditivo y multiplicativo.

Aplicación de un modelo macroeconómico en particular.

##### *4. USO DE DATOS*

Fuentes de datos necesarias.

Revisión del Balance Energético Nacional de Argentina.

VARIABLES ENERGÉTICAS EN UNIDADES DE MEDIDA COMÚN.

Revisión de cuentas nacionales para utilizar variables que representen actividad económica.

VARIABLES MONETARIAS EN TÉRMINOS NOMINALES Y REALES.

Manejo de datos: criterios de agregación.

#### 5. CLASE PRÁCTICA

Uso de archivos Excel, para explicar un ejemplo desarrollado.

Ejercicio para que realicen los alumnos (énfasis en el cálculo).

#### 6. OTRAS VARIANTES DEL MÉTODO LMDI

Descomposición de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Descomposición en el ámbito del sector industrial y de edificios.

Uso de otros factores de descomposición, como por ejemplo superficie del suelo.

#### 7. CLASE PRÁCTICA

Ejercicio para que realicen alumnos (énfasis en la utilización de gráficos e interpretación de resultados).

#### 8. REFLEXIONES FINALES

Conclusiones respecto de la herramienta para evaluar políticas de eficiencia energética.

Potencial del método (flexibilidad según el objetivo de estudio).

Ventajas y desventajas del método.

### 5. Duración y Organización

El curso está programado para tener una extensión total de 24 (veinticuatro) horas de dictado de clases teóricas, prácticas y de actividades grupales y 16 (dieciséis) horas para el trabajo final integrador.

El curso será dictado durante el segundo semestre de 2021 y el primer semestre de 2022. Se desarrollarán clases teórico-prácticas semanales, de 3hs. cada una (de 18 a 21hs). El cursado se iniciará en el mes de diciembre de 2021 y continuará durante los meses de febrero y marzo del 2022. Las fechas son: 9 y 16 de diciembre; 3, 10, 17 y 24 de febrero; y 4 y 11 de marzo (días jueves).

A continuación, se presenta un cronograma:

Clase	Fecha	CONTENIDO GENERAL
1	09/12/2021	Contexto nacional e internacional de las políticas de Eficiencia Energética
2	16/12/2021	Análisis de indicadores de Eficiencia Energética
3	03/02/2022	El método Índice de la Media-logarítmica Divisia (LMDI)
4	10/02/2022	Uso de datos
5	17/02/2022	Clase práctica
6	24/02/2022	Otras variantes del método LMDI
7	03/03/2022	Clase práctica
8	10/03/2022	Reflexiones finales
	A definir	Trabajo integrador

### 6. Bibliografía

- [1] Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?. *Energy policy*, 32(9), 1131-1139. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00076-4)
- [2] Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy policy*, 33(7), 867-871. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.010>
- [3] Ang, B. W. (2006). Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: from energy-GDP ratio to composite efficiency index. *Energy Policy*, 34(5), 574-582.

- [4] Ang, B. W. (2015). LMDI decomposition approach: a guide for implementation. *Energy Policy*, 86, 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.007>
- [5] Ang, B. W., & Goh, T. (2018). Bridging the gap between energy-to-GDP ratio and composite energy intensity index. *Energy policy*, 119, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.038>
- [6] Cansino, J. M., Román-Collado, R., & Merchán, J. (2019). Do Spanish energy efficiency actions trigger JEVON'S paradox?. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.210>
- [7] Cansino, J. M., Sánchez-Braza, A., & Rodríguez-Arévalo, M. L. (2015). Driving forces of Spain's CO<sub>2</sub> emissions: A LMDI decomposition approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 749-759. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.011>
- [8] Colinet Carmona, M. J., & Román Collado, R. (2016). LMDI decomposition analysis of energy consumption in Andalusia (Spain) during 2003–2012: the energy efficiency policy implications. *Energy Efficiency*, 9(3), 807-823. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9402-y>
- [9] Conte Grand, M. (2018). *Desacople y descomposición del consumo final de energía en Argentina* (No. 678). Serie Documentos de Trabajo. Disponible en: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/203818/1/1067412808.pdf>
- [10] Dunlop, T. (2019). Mind the gap: A social sciences review of energy efficiency. *Energy Research & Social Science*, 56, 101216.
- [11] He, J., Yue, Q., Li, Y., Zhao, F., & Wang, H. (2020). Driving force analysis of carbon emissions in China's building industry: 2000–2015. *Sustainable Cities and Society*, 60, 102268. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102268>
- [12] Lu, Y., Cui, P., & Li, D. (2018). Which activities contribute most to building energy consumption in China? A hybrid LMDI decomposition analysis from year 2007 to 2015. *Energy and Buildings*, 165, 259-269. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.12.046>
- [13] Ma, M., Yan, R. & Cai, W. Energy savings evaluation in public building sector during the 10th–12th FYP periods of China: an extended LMDI model approach. *Nat Hazards* 92, 429–441 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3210-6>
- [14] Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy policy*, 24(5), 377-390.
- [15] Román-Collado, R., Cansino, J. M., & Botia, C. (2018). How far is Colombia from decoupling? Two-level decomposition analysis of energy consumption changes. *Energy*, 148, 687-700. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.141>
- [16] Román-Collado, R., & Colinet, M. J. (2018). Is energy efficiency a driver or an inhibitor of energy consumption changes in Spain? Two decomposition approaches. *Energy policy*, 115, 409-417. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.026>
- [17] Román-Collado, R., & Morales-Carrión, A. V. (2018). Towards a sustainable growth in Latin America: A multiregional spatial decomposition analysis of the driving forces behind CO<sub>2</sub> emissions changes. *Energy Policy*, 115, 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.019>
- [18] Zabaloy M. F. (2020) *Políticas Públicas de Eficiencia Energética en el Sector Residencial Argentino: el rol de las condiciones de borde y habilitantes* (Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina).

Páginas web a consultar:

- Análisis de descomposición para Europa: <https://www.odyssee-mure.eu/>
- Análisis de descomposición para México: <https://www.biee-conuee.net/>
- Balances energéticos nacionales Argentina: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Estadísticas macroeconómicas Argentina: <https://www.indec.gob.ar/>
- Estadísticas mundiales: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=world-development-indicators#>