

## EL ROL DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL DE CIUDADES. DE LA ESCALA INDUSTRIAL A LA REGIONAL

Cristina Lafflito, Gustavo Zuleta  
 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora  
 Juan XXIII y Ruta 4  
 ambienteurbano@fi.unlz.edu.ar

### RESUMEN

El Ingeniero Industrial adquiere durante su formación capacidades de planificación, gestión de recursos y análisis de procesos. En general, una vez inserto en el mercado laboral, sus objetivos se focalizan en la resolución de problemas a escala industrial. Sin embargo, gran parte de sus competencias son aplicables a la escala regional, por ejemplo, la planificación de ciudades y la conservación ambiental. Es allí donde el avance de la urbanización, el crecimiento poblacional y los conflictos por el uso del suelo conforman una red de interacciones e impactos que requieren un enfoque holístico para obtener soluciones integrales y eficientes que tiendan a la sustentabilidad ambiental del sistema. En este contexto, a lo largo del trabajo (que fue presentado en V Coini 2012) se evaluaron los ámbitos en los que los graduados adquieren aptitudes que podrían utilizarse en planificación

de ciudades, con énfasis en la problemática ambiental, en instituciones tales como los municipios o las autoridades de cuencas, los parques industriales o en industrias que están iniciando procesos de reconversión industrial. Para esto se indagó la relación que tienen las herramientas utilizadas por ellos a escala regional que podrían ser aplicables a escala industrial. Se verificó el desempeño de ingenieros industriales en el IX Congreso Latinoamericano de la IIE y se realizó una revisión crítica de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería Industrial en universidades de Argentina.

#### Palabras Claves:

Ingeniería Industrial - Planificación ambiental - Ciudades sustentables - Investigación

### Abstract

During his training, the Industrial Engineer acquires capacities for: planning, resource management and analyzing processes. In general, once he has entered the labor market, his aims are focused on problem solving at an industrial level. However, a great part of his skills are suitable at a regional level, such as the planning of cities and the environmental preservation. Therefore, it is here, where the progress of urban development, population growth and the conflicts in the use of soil, make up a network of interactions and impacts that require a holistic approach in order to obtain comprehensive and efficient solutions that aim to the environmental sustainability of the system.

In this context, there was an evaluation of the fields where the graduates gain capabilities that could be used in the planning of cities, with the emphasis on the environmental problems, in institutions such as municipalities, basin authorities, industrial parks, or industries that are starting their industrial restructuring. For this purpose, we explored the relationship of the tools they used at regional level,

which could also be used at an industrial level. We checked the performance of the Industrial Engineers at the IX Congreso Latinoamericano (IX Latin-American Conference) of the IIE (Research and Educational Institute) and we carried out a critical revision of the curricula of the Industrial Engineering careers in the Universities of Argentina.

#### Key words:

Industrial Engineering - environmental planning - sustainable cities - research

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Problemática y sustentabilidad urbana

Actualmente la población humana desarrolla un crecimiento exponencial, llegando a los 7 billones de personas. Asimismo, igualó a la rural en 2010, con una tendencia que indica que en 2030

ascenderá al 60% de habitantes en ciudades (UN-Habitat, 2011). Dicho fenómeno es acompañado por un cambio en los patrones de consumo provocado en gran parte por las fuertes campañas publicitarias que generan nuevas necesidades a las personas y por la obsolescencia programada de los productos manufacturados (Zuleta, G.A. et al., 2012). Este aumento en el consumo lleva consigo un incremento en la tasa de extracción de recursos naturales tanto en cantidad, como en velocidad. En consecuencia, los ecosistemas naturales ponen en riesgo su capacidad para recuperarse (Wackernagel, M. & Rees, W., 2007).

Nuestro país no está exento de estos fenómenos: la población urbana llega al 90%; es uno de los más urbanizados. Se han perdido ecosistemas originales por reemplazo para uso agrícola y por el avance de la urbanización (Zuleta, G.A., et al., 2012), algunos cursos de agua están contaminados, al igual que el suelo y el aire, en algunos casos. Ante esta situación de conflicto entre la satisfacción de necesidades humanas respecto del espacio, la provisión de bienes y servicios, y la preservación del ambiente, junto con el mejoramiento de la calidad ambiental, es preciso pensar y planificar, con un enfoque interdisciplinario, cómo lograr que los sistemas tiendan a la sustentabilidad, entendida como el equilibrio entre utilización de recursos y su tasa de recuperación.

A pesar de conocer este panorama y las consecuencias sobre el ambiente desde hace 45 años, no se observan indicios sólidos de planificación de ciudades tendientes a la sustentabilidad.

## 1.2. La formación del Ingeniero Industrial

El Ingeniero Industrial es un profesional que interactúa con sistemas, recursos financieros, materiales, equipamiento, información y energía. Tradicionalmente se desempeña en ambientes industriales, en donde la escala de trabajo es la producción de algún bien o servicio. El graduado de esta rama de la ingeniería tiene una visión integral de una empresa, de los departamentos que la componen y sus interacciones. Posee la capacidad de gestionar eficientemente sistemas donde ingresan recursos de diversas clases y salen productos/servicios finales. Presenta capacidades para generar indicadores de control para los procesos que ocurren dentro de una empresa, herramientas para analizar las causas de los problemas y formular soluciones probables y eficientes (Tirado, L.J., et al., 2007) y (Estuardo, P., 2004). Si el foco de este profesional está en la gestión de sistemas y en la búsqueda de soluciones sería factible

pensar, trabajando interdisciplinariamente con otros profesionales en su desempeño en sistemas naturales, donde es necesaria una gestión eficiente de recursos e imprescindible el desarrollo de soluciones integrales para los conflictos sociedad-naturaleza. Un primer acercamiento es pensar en que el Ingeniero Industrial es el responsable de gestionar eficientemente la cadena de suministros (Anaya A. y Acosta, M., 2010), sin embargo hace falta un cambio de escala de aplicación.

El objetivo de este trabajo es analizar las posibilidades que poseen los ingenieros industriales para desempeñarse en la planificación ambiental de ciudades, extrapolando los conocimientos adquiridos de la escala industrial a la escala regional, y proponer así mejoras para su integración interdisciplinaria y expansión del campo laboral.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Competencias

A partir de la revisión crítica de los planes de estudios de las facultades de ingeniería de tres universidades argentinas: la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), se analizaron los conocimientos que adquiere un ingeniero industrial y se puntualizaron los campos de aplicación actuales y los potenciales al ampliar la escala de acción del ingeniero del ámbito industrial al regional (Tabla 1). Se observó que los conocimientos que adquiere un ingeniero industrial son directamente aplicables a las problemáticas relacionadas con la planificación urbana. La importante formación en Matemática y Diseño espacial, permitirían el desempeño en análisis espaciales, generación de indicadores y modelado matemático. Además, la currícula en términos generales otorga al profesional la capacidad de obtener una visión integral de un sistema, dado que analiza inputs y outputs y deriva tendencias, por lo cual puede intervenir en el desarrollo de escenarios futuros.

**Tabla 1. Competencias adquiridas por un Ingeniero Industrial y sus implicancias en temáticas ambientales**

Conocimiento	Aplicación Actual	Aplicación Futura
Estadística	Estadística de fallas.	Análisis multivariados para zonificación territorial.
Procesos lógicos	Proceso de producción.	Proceso de intercambio de energía en cuencas hídricas.
Herramientas de Planificación	Desarrollo de plan de producción.	Desarrollo del plan de ordenamiento ambiental.
Herramientas de Diseño	Diseño de plantas industriales en Auto CAD.	Generación de mapas temáticos en SIG/GIS.
Lay outs	Ordenamiento de equipamientos en una planta.	Ordenamiento de usos en el territorio.
Generación de Indicadores	Indicadores de calidad.	Indices de calidad ambiental.
Logística	Red de transporte de materiales.	Modelos de transporte inter e intra ciudades.
Ingeniería Ambiental	Estudio de impacto ambiental.	Estudio de impacto ambiental.
Innovación	Investigación y desarrollo para generar nuevos productos.	Soluciones territoriales innovadoras ante escenarios de alta complejidad socio-ambiental.
Investigación operativa	Necesidad de personal de atención al cliente.	Necesidades de espacio para usos particulares en la ciudad, como por ejemplo para aparcamiento vehicular.

## 2.2. Incumbencias profesionales e inserción laboral

Se realizó una revisión crítica de las incumbencias de los ingenieros industriales presentes en los planes de estudios. Se observa que las acciones propuestas son adaptables a las acciones necesarias para el desarrollo de planes que tiendan hacia ciudades más sustentables ambientalmente (Tabla 2). Esto es posible debido a la compatibilidad de los conocimientos adquiridos con los necesarios para la investigación de soluciones territoriales.

**Tabla 2. Incumbencias profesionales actuales y su adaptación a la planificación de ciudades, basado en planes de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de tres universidades Argentinas: UBA, UNLZ, UTN**

Actual	Adaptadas
Estudio, factibilidad, proyecto, inspección y mantenimiento de industrias e instalaciones complementarias.	Estudio, factibilidad, proyecto, monitoreo, implementación de planes de ordenamiento ambiental territorial.
Factibilidad del aprovechamiento e industrialización de los recursos naturales y materias primas que sufran transformación y elaboración de nuevos productos.	Estudios de capacidad de carga, calidad ambiental, zonificación de usos antrópicos.
Programación, dirección, organización, planificación, control, en industrias y otras formas de empresas industriales y de servicio.	Intervención en la programación, planificación, investigación, monitoreo de ciudades tendientes a la sustentabilidad ambiental.

Se observa que los profesionales pueden integrar equipos de trabajo tanto en el ámbito privado como en el público y académico y ampliar el objeto de trabajo del graduado desde una industria hacia un sistema. Con este nuevo punto de vista es factible la

modificación del campo de acción desde lo privado (industria) a lo público-académico (sistema natural como las cuencas hidrológicas, o sistemas antrópicos como las ciudades) (Tabla 3). Esta incorporación a grupos interdisciplinarios debe estar acompañada con una real aplicación de otra competencia adquirida por el profesional: el trabajo en equipo.

**Tabla 3. Ámbitos de desarrollo profesional del ingeniero industrial**

Actual	Proyectada
Industrias de bienes	Gobierno
Empresas de servicios	Grupos de investigación
Consultoras técnicas	ONG's

## 2.3. Casos de aplicación

Existen algunos ejemplos en los cuales Ingenieros Industriales han participado de proyectos relacionados con la planificación de ciudades. En este trabajo se analizaron las ponencias del X Congreso Latinoamericano del IIE (Institute of Industrial Engineer), cuyo lema fue "Ciudades en crecimiento".

En este evento, se abordó la problemática de las ciudades de la actualidad. En la programación se dio lugar a 38 ponencias (Uniandes, 2012). Estos trabajos fueron analizados mediante dos preguntas:

- qué temas fueron abordados por los profesionales (Figura 1), y
- qué metodologías fueron empleadas (Figura 2).

Se observó que la temática abordada en el mayor número de ponencias fue el de Movilidad y Transporte, un problema que afecta a las ciudades latinoamericanas. Otros temas analizados fueron Respuesta ante emergencias naturales y Saneamiento. En el primer caso, los desastres naturales son fenómenos que afectan a varias ciudades latinoamericanas debido a los asentamientos en zonas con alto riesgo. Si bien el 79% de los trabajos trataron temas relacionados con la planificación de ciudades, sólo el 3% de los mismos tuvo un enfoque integral.

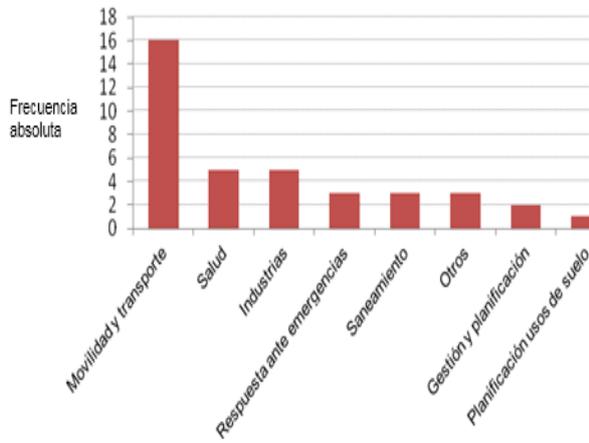


Figura 1 Temáticas tratadas en las 38 ponencias del IX Congreso Latinoamericano del IIE realizado en Bogotá, Colombia

La herramienta aplicada en la mayor proporción de trabajos fue la Modelización y Simulación que evidencia la fuerte formación matemática de los ingenieros industriales. Se observa un incipiente manejo de metodologías fundamentales para la planificación de ciudades de manera integral e interdisciplinaria: Análisis multivariados y Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS).

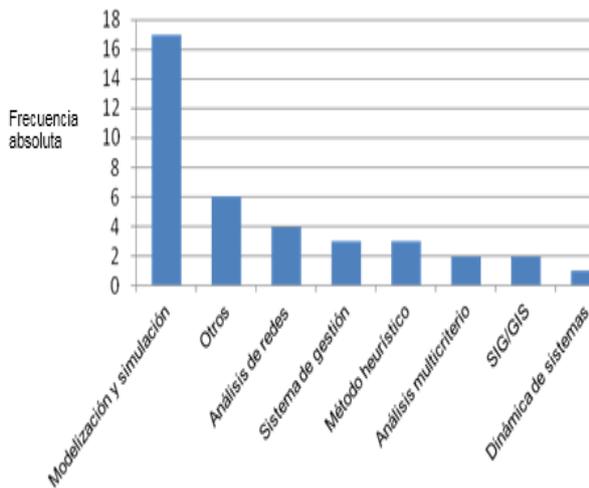


Figura 2. Métodos utilizados en los 38 trabajos presentados en el IX Congreso latinoamericano del IEE realizado en Bogotá, Colombia

### 3. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

#### 3.1. Ingeniería industrial e inter-disciplina

En la presente era post-industrial, en la cual el ingeniero industrial ha pasado de ser el especialista en construcción y puesta en marcha de una planta in-

dustrial al profesional que gestiona una unidad empresarial, la preocupación por adecuar esta disciplina para los nuevos escenarios es mundial (Lima, R., et al., 20012), (Eskandari, H. et al., 2007) y (Gómez-Bgethun, E. & de Groot, R., 2007). Es por ello un momento importante para tomar decisiones que actualicen y expandan los campos de acción de los ingenieros industriales. En esta oportunidad es posible incluir entre sus ámbitos de desempeño a la planificación de ciudades. Además, visto desde la ética profesional, es un deber fomentar la participación de estos graduados en grupos interdisciplinarios. La búsqueda de sustentabilidad en las ciudades es un tema que traspasa las barreras de preconceptos antiguos que limitan las especialidades de sus áreas de base.

Para aproximarse a soluciones eficientes, es necesario que el ingeniero industrial acepte que su función constituye un eslabón más de la cadena de especialistas necesarios para resolver los complejos problemas que presentan las ciudades de la actualidad. Es fundamental que comprenda que el trabajo en equipo, el consenso y la participación son las herramientas claves para lograr soluciones innovadoras. Justamente, es bajo este último concepto de "innovación", que el ingeniero industrial puede ofrecer valiosos aportes. En la Figura 3 se propone un modelo conceptual de un grupo de trabajo compuesto, entre otros profesionales, por ingenieros industriales.

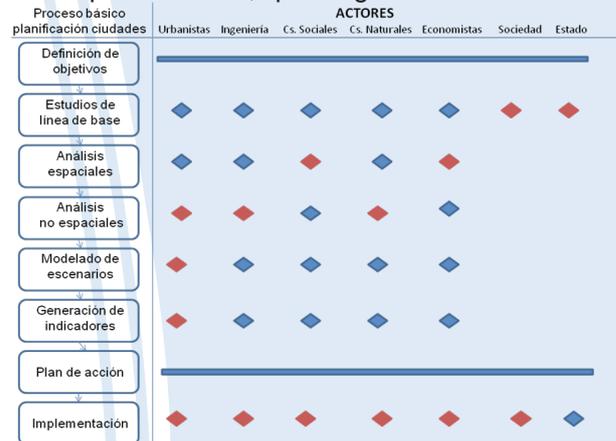


Figura 3. Responsabilidades e interacciones entre diferentes actores en un proceso de planificación ambiental de ciudades

**Referencias:**

- Responsabilidad de todos los actores, participación y consenso.
- ◆ Responsable: debe realizar un trabajo específico, interactuar con otros responsables y colaboradores, así como lograr consenso;
- ◆ Colaborador: debe interactuar con los responsables y aportar datos de entrada, ideas, observaciones.

### 3.2. Desafíos: cambio de paradigma

Este nuevo punto de vista presenta grandes desafíos para el ámbito académico, en especial para las universidades que dictan esta formación de grado. Es imprescindible el cambio de paradigma: debe dejarse atrás la visión del ingeniero industrial como un profesional basado en la técnica para verlo como un profesional integral capaz de generar conocimiento.

Si bien el método científico es abordado en la currícula, debe considerarse como una herramienta que debe ser aplicada durante el proceso de formación. En este sentido, es relevante la inserción de los estudiantes en proyectos de investigación para que aprendan a desenvolverse en este ámbito eficazmente. Sería conveniente generar una red de centros de investigación entre universidades para que los estudiantes puedan participar de grupos interdisciplinarios y adquirir así una visión holística de los problemas. Debería ser obligatoria la realización de una tesis de grado, tanto en aspectos clásicos de Ingeniería Industrial como orientados a la investigación aplicada, ya sea tecnológica y/o científica. La resolución de problemas y la generación de conocimientos deben reforzarse en la formación de los ingenieros industriales.

Estas modificaciones ampliarán la visión analítica del graduado, posibilitando un mejor desempeño en trabajos tradicionales, así como una apertura hacia la aplicación de sus conocimientos en pos de contribuir a la resolución de conflictos ciudad-naturaleza. Es aquí donde debe focalizarse en el bien común que será la generación/creación de una ciudad compatible con el ambiente con un entorno que posea usos compatibles con las capacidades naturales del área. Por otra parte, debe debatirse cuál es el punto de convergencia entre las necesidades reales de consumo y la bio-capacidad del ambiente en el que vivimos (Gómez-Bgethun, E. & de Groot, R., 2007).

Por último, a partir del uso de una herramienta conocida por los ingenieros industriales, se presentan consideraciones a tener en cuenta al re-pensar el futuro de la Ingeniería Industrial en Latinoamérica (Tabla 4).

Fortalezas	Debilidades
Alto dominio de herramientas de planificación	Baja interacción con otras ramas del conocimiento
Alto manejo de sistemas y variables	Escasa intervención en proyectos de investigación
Oportunidades	Amenazas
Alta necesidad de planificación eficiente en la temática socio-ambiental	Mayores beneficios en el ámbito privado
Alta necesidad de soluciones innovadoras para el desarrollo sustentable de las ciudades	Visión de contraposición de intereses entre los problemas ambientales y el ámbito industrial

Tabla 4 Análisis FODA del rol de los ingenieros industriales en la planificación de ciudades

## BIBLIOGRAFÍA

- \_\_\_\_\_. 2008. *El Ingeniero Industrial en la era post-industrial*. Universidad de Antioquia, Colombia.
- \_\_\_\_\_. 2011. Entrevista a Rodolfo Bertonecello. Población Año 4 N° 7, 13-16.
- “Competencias Profesionales: una estrategia para el desempeño exitoso de los ingenieros industriales”. Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Número 40, 123-139. Medellín, Colombia.
- Anaya, Ángela Patricia; Acosta, Mario Fernando. (2010). “El ingeniero industrial impactando el ambiente”. Revista Educación en Ingeniería. Número 9, 179-189. Colombia.
- Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., Rabelo, L., Crumpton-Young, L. and Williams, K. (2007), “Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics”, Education + Training, Vol. 49, No. 1, pp.45–55.
- Estuardo Padilla. 2004. *La pregunta inicial de un estudiante: ¿por qué debo estudiar ingeniería industrial?* Boletín electrónico N°2, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar.
- Gómez-Baggethun, E & de Groot, R. 2007. *Capital natural y funciones de los ecosistemas explorando las bases ecológicas de la economía*. Ecosistemas 16 (3): 4-14.  
<http://www.utn.edu.ar/downPlanEst.aspx/Ingenier%C3%ADa%20Industrial?id=616> Consultado el 15/07/2012.
- Lima, R., Mesquita, D., Amorim, M., Jonker, G., Flores, M. 2012. *Analysis of Knowledge Areas in Industrial Engineering and Management Curriculum*. International Journal of Industrial Engineering and Management (IJEM) 3 (2): pp. 75-82.
- Tirado, Luis Javier; Estrada, Jairo; Ortiz Raúl; Solano, Hernando; González Jeimy; Alfonso, Diego; Restrepo, Guillermo; Delgado, Juan Felipe; Ortiz, Delfin. (2007).
- UN-Habitat. 2011. Global report on human settlements 2011. *Cities and the climate change*. Earthscan. 300 pp.
- Uniandes. 2012. Ponencias. Memorias de IX Congreso de la IIE. Bogotá, Colombia.
- Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. 2008. Ingeniería Industrial, plan de estudios, p. 9.
- Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ingeniería Industrial. Perfil del Graduado. Disponible en:<http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/proyecto/carreras/grado/industrial/> Consultado el 15/07/2012
- Universidad Tecnológica Nacional. Plan de estudios de Ingeniería Industrial. Disponible en:
- Wackernagel, M. & Rees, W. 2007. *Our Ecological Footprint. Reducing human impact on the earth*. New Society Publishers. 159 pp.
- Zuleta, G.A. 2012. Restoration and/or prevention: are we doing our best? A critical review of paradigms and approaches. 8th European Conference of Ecological Restoration. České Budějovice, República Checa.
- Zuleta, G.A., B. Guida Johnson, C.M. Lafflito, A.M. Faggi, A.A. De Magistris, P. Tchilinguirian, M. Weissel y A.G. Zarrilli. 2012. Rehabilitación de ambientes perdidos en megaciudades: el caso de la cuenca Matanza-Riachuelo. Capítulo XX. En: Paisajes perdidos (J. Athor, Ed.). Fundación Azara (en prensa).