



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **¿CÓMO SE DEBE CONCEBIR LA ENSEÑANZA EN LA INGENIERÍA?; EN LA INGENIERÍA QUÍMICA Y DE PETRÓLEO. IEST UN MODELO DE ÉXITO**

**José Luis Vargas Pérez**

**Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas  
Altamira, México**

## **Resumen**

La enseñanza de la ingeniería Química e Ingeniería del Petróleo en la experiencia del IEST, comienza con la persona centrada en valores, que además debe despertar inquietudes de ordenes distintas a sus propias formaciones. No solo porque la vida es interdisciplinaria, sino porque el ingeniero debe tener como capacidad, reunir el trabajo de los otros en un solo resultado.

La evolución de la ciencia de la ingeniería ha comenzado con problemas de producción de trabajo con una máquina y ha evolucionado a problemas en donde la termodinámica, en especial la primera y segunda ley – han sido fundamentales para poder gobernar los procesos naturales en la química.

Este principio que se aprende en los procesos de transformación de la materia y la energía se deben de vincular a una diversidad de industrias. Por eso el ingeniero de hoy requiere una base sólida de las ciencias duras junto con el trabajo de laboratorio. Y por otro lado requiere una serie de conocimientos suaves, como el manejo de software de simulación que le permita interactuar con la inteligencia artificial para auxiliarse en el diseño, operación y administración de las plantas químicas.

La vinculación con la industria es vital para el proyecto, porque no solamente se retroalimenta el proceso con el usuario final del proceso, que es el profesional capacitado para integrarse a las demandas laborales. Y por otro lado es, los servicios que se van de la capacitación al análisis y la consultoría sobre procesos y buenas practicas, con un sentido de científico y humanista.

**Palabras clave:** enseñanza; ingeniería; valores; vinculación industrial; química

## Abstract

*The teaching of Chemical Engineering and Petroleum Engineering in the IEST experience begins with the person focused on values, which must also arouse concerns of orders other than their own formations. Not only because life is interdisciplinary, but because the engineer must have the ability to gather the work of others in a single result.*

*The evolution of engineering science has begun with problems of production of work with a machine and has evolved into problems where thermodynamics, especially the first and second laws - have been fundamental to be able to govern the natural processes in chemistry.*

*This principle that is learned in the transformation processes of matter and energy must be linked to a variety of industries. That's why today's engineer requires a solid foundation of hard sciences along with laboratory work. And on the other hand it requires a series of soft knowledge, such as the management of simulation software that allows it to interact with artificial intelligence to assist in the design, operation and administration of chemical plants.*

*The link with the industry is vital for the project, because not only is the process fed back to the final user of the process, who is the trained professional to be integrated to the labor demands. And on the other hand, services that go from training to analysis and consulting on processes and good practices, with a sense of scientific and humanistic.*

**Keywords:** teaching; engineering; values; industrial linkage; chemistry

## Introducción

La Ingeniería Química (IQ) y la ingeniería de Petróleo (IP), las cuales se imparten en el **IEST** (Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas) son un vínculo para ejercer la humanidad formando ingenieros. Estas ingenierías se forman en los valores humanos que se ejercen en el centro de trabajo, en la familia y en la vida. Transmitir conocimiento a los estudiantes y formarlos de manera integral, pero con un sustento teórico práctico que hagan que el egresado pueda integrarse a las plantas industriales y a la economía en general del siglo XXI. Esa es la primera función didáctica y la base del éxito de nuestra academia.

La IQ-IP, son carreras que, en su retrospectiva histórica, comparten un origen, ya que entre ellas existe un tronco común más profundo. La termodinámica, por ejemplo, es un concepto que las une, sobre todo la aplicada a las corrientes de proceso en los balances de materia y energía, vitales para la simulación de procesos.

La termodinámica hoy en día está de moda, esto debido a estar en la explicación de todas partes del universo natural conocido. Desde lo más pequeño hasta lo más grande. Pero son la Matemática, la modelación de los fenómenos físicos y la experimentación, las mejores herramientas para comprender el mundo físico, orgánico, y es por eso que el ingeniero químico esté ligado a la planta

y al laboratorio – aunque estas habilidades lo proyecten a los puestos directivos en la operación y las finanzas, la visión prevalece.

Existen ingenierías como Ingeniería Civil, ingeniería Mecánica que son ante todo las iniciadoras de este camino, al ver con ojos científicos los problemas de orden práctico. Su tronco común se hereda a las otras ramas de la ingeniería y de pronto la diversidad de industrias va poniendo retos de naturaleza tales que se hace una nueva disciplina. Así nace el ingeniero químico y de petróleo. Y así existen otras ingenierías que han nacido desde la ingeniería química. La farmacéutica, Alimentos, Ambiental y Biotecnológicas. Esto es natural y deseable pero no significa que las ingenierías raíces pierdan sentido. Al contrario, toman un papel importantísimo en el desarrollo de las otras ingenierías y deben de estar listas a trabajar de manera interdisciplinaria.

La ingeniería presenta los mismos retos que deben satisfacer a una diversidad de industrias. Que tienen que ver con restricciones termodinámicas, económicas, logísticas y ambientales. Ahora se les requiere para el siglo XXI la sustentabilidad. ¿Cómo será ese ingeniero del Siglo XXI? En este trabajo se describe este esfuerzo. Se sustenta la formación en valores para que los profesionales enseñados con excelencia alcancen las expectativas que la industria demanda.

### **La institución, hablando de valores**

En la medida en la que el hombre está en el centro de la sociedad y la civilización, es en el hombre con valores, el que traiga estrategias sustentables y viables para las cadenas de valor.

El Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas (**iest**), es una institución del Sistema Anáhuac – que tiene como lema VINCE IN BONO MALUM y tiene que destacarse que en los valores humanos de la institución "Vence al Mal con el Bien", es la síntesis de la filosofía institucional. Desterrar actitudes negativas, como un programa. Un programa de acción positiva para vencer el mal de la ignorancia con el bien de la ciencia; el mal de la improvisación con el bien del profesionalismo apoyado en la moderna técnica; el mal del materialismo práctico con el bien del humanismo que reconoce la naturaleza espiritual de la persona humana; el mal de los antagonismos sociales con el bien de la concordia y la armonía; el mal de la injusticia con el bien de la caridad; el mal del desenfreno egoísta con el bien de la apertura y fe en Dios.

Contribuir a la formación integral de líderes de acción positiva y promover institucionalmente el desarrollo de la persona y de la sociedad inspirados en los valores del humanismo cristiano, es una misión que exige el 110 %. Pues los objetivos de mediano plazo del **iest** es que la institución debe ser reconocida por su calidad académica y su excelencia institucional, por ser referente en la formación integral y personalizada de líderes de acción positiva, y por ser protagonista en la construcción de una sociedad.

Así; es como además de las asignaturas que permitirán desarrollar las competencias propias de cada profesión con contenidos de vanguardia y con enfoque regional existen las asignaturas de emprendimiento e innovación y cátedras de responsabilidad social y sustentabilidad.

Existe un bloque Anáhuac con asignaturas que realizan una profunda reflexión sobre la situación actual del mundo y la sociedad a partir de la dignidad y centralidad de la persona humana; sobre la existencia de la verdad y el bien, el compromiso ético y social de la profesión, así como del sentido último de tu propia existencia. Adicionalmente contiene asignaturas de estudios generales que buscan aportar una formación complementaria en áreas como ética, liderazgo arte y cultura, deporte, idiomas, familia, compromiso social y formación espiritual.

## La Evolución de la ingeniería Química y de Petróleo

*"Most people agree that life is better than death. Health is better than sickness. Sustenance is better than hunger. Abundance is better than poverty. Peace is better than war. Safety is better than danger. Freedom is better than Tyranny. Equals rights are better than bigotry and discrimination. Literacy is better than illiteracy. Knowledge is better than ignorance. Intelligence is better than dull-wittedness. Happiness is better than misery. Opportunities to enjoy family, friends, culture, and nature are better than drudgery and monotony. All these things can be measured. If they have increased over time, that is progress "*<sup>1</sup>

Pensando en los conjuntos arquitectónicos y escultóricos, que agregadas se nombran en las 7 maravillas del mundo antiguo arcaico y reciente (Jardines de Babilonia, el faro de Alejandría) y del mundo moderno (Coliseo, la Muralla China) son ejemplos de ingeniería. Sin embargo, muchas cosas cambian con respecto a los grandes proyectos que hoy emprende la humanidad, a manera regional una carretera, una refinería, una presa o un pozo petrolero. A nivel global un laboratorio en el espacio, un telescopio en la tierra y en la órbita terrestre. Estos programas de infraestructura que son vitales para la humanidad son al mismo tiempo los que más exigen sustentabilidad y protección ambiental, pero que promueven económicamente a los países y a su gente.

La ingeniería en occidente con un sustento científico e ilustrado; puede decirse que tiene su inicio con el nacimiento de los programas de ingeniería en Francia de la escuela del Rey. Fue en el año de 1747, la Escuela nacional de puentes y caminos (ENPC -École royale des ponts et chaussées), con el nacimiento de la ilustración se plantea el problema de utilizar la ciencia para el desarrollo de la sociedad a través de una institución en este caso la ingeniería- que mejora la vida de la sociedad en su conjunto. Estos programas de Ingeniería Civil, les seguirá el nacimiento de la ingeniería mecánica. Así es que en el siglo XIX nacen formalmente la Ingeniería eléctrica y hacia finales de ese siglo la ingeniería química e ingeniería en alimentos, finalmente en el principio del siglo XX la ingeniería Ambiental, Aeronáutica, robótica, biotecnológica y demás que no logro mencionar. Nosotros somos los herederos de esa filosofía, cada uno de los decanos en ingeniería carga con una tradición centenaria que ha cambiado y seguirá cambiando al mundo para bien.

Después del siglo XVIII la inteligencia humana comenzaría un cambio que puede fecharse con la ilustración. La ingeniera que comenzó con la ingeniera Civil, se expandió a la ingeniería mecánica que es la que plantea el problema de la máquina-freno. La máquina-trabajo a un costo energético-eficiente que se modifica sobre este y otros paradigmas. Primero visto como el calor, que utiliza la

máquina de vapor para hacer movimiento. Luego la máquina de combustión que utiliza una reacción química – universalmente conocida- para generar ese movimiento. Entonces fue el nacimiento de la termodinámica, que desde la ingeniería mecánica se desarrolló el conocimiento a través de los procesos de intercambio de calor y eventualmente la ingeniería química como parte fundamental de los balances de materia y energía y sus factores de movimiento de masa utilizando las restricciones de la primera y segunda ley de la termodinámica, conformaron un espacio del saber.

La ciencia de la ingeniería se presenta al mundo con un concepto que permite conocer al universo a través de sus restricciones termodinámicas, que finalmente estas se expresan a través de variables fisicoquímicas propias de su naturaleza. La suma de los cambios de las Energías (Interna, potencial, cinética,) en un sistema es igual a cero. El calor menos el trabajo es la diferencia de Energía, - primer paradigma cognitivo de la ingeniería y La segunda ley de la termodinámica, que establece el segundo paradigma cognitivo de la ingeniería, la entropía total del sistema y de los alrededores siempre es mayor que cero. Con este conocimiento se diseñaron las máquinas que se ven trabajando en todos lados, han pasado 300 años desde entonces y ha habido una explosión en el consumo de BTU per cápita, que habla del acceso al trabajo de las máquinas para el hombre común.

Las leyes termodinámicas, dos aportes de la ingeniería al mundo, son equivalente a la revolución descartiana, o a la revolución newtoniana, pero con implicaciones extraordinarias. Por un lado, sirve para explicar el orden planetario y por otro para comprender el mundo molecular.

“Nature is configured to flow and move as a conglomerate of “enginge and Breake” Designs”

Por ejemplo la teoría contractual del Dr. Adrian Bejan<sup>2</sup>, que hace ley aplicable a todo el universo estos principios de la configuración dinámica de las estructuras naturales que comienza con el análisis máquina-freno y que llega a la explicación de muchos de los procesos físicos, el flujo determina la forma, los sistemas deben de estar diseñados para el crecimiento y otros paradigmas se configuran en una nueva ley – cuyo origen es la termodinámica..

El proceso de conocimiento requiere la visión propositiva del mundo y con la aportación de soluciones a nivel global con alcance para toda la humanidad. Este es el espíritu de las ingenieras. La evolución de la ciencia de la ingeniería y de Petróleo como una pareja que nacieron juntas y que no han visto aun el producto más refinado de sus aportaciones para la humanidad, han empujado el siglo XX a condiciones de prosperidad, este siglo XXI deben de reinventarse, rejuvenecerse, expandirse en su alcance y para tener un papel importante en la configuración de la solución de los retos que se le presentan a la humanidad

Es cierto que el campo de la ingeniería química se extiende a la industria alimenticia, farmacéutica, bioquímica, de Petróleo, conversión de energía y manejo de agua. Y que la ingeniería de Petróleo, comienza en la geología y termina en los procesos industrial de generación de energéticos y de

producción de cadenas industriales completas. Los retos sin embargo van a la generación de productos, plantas, trabajo, bienestar y sustentabilidad.

### **La vinculación con la industria comienza con una visión**

La industria química, la del azufre y ácido sulfúrico, la del carbonato y la sosa, la del petróleo y las gasolinas, que comenzó con la tarea de producir petróleo, separar las gasolinas y antes sosa, carbonatos, ácido sulfúrico, y otros productos químicos, ahora presenta un reto en tres ejes; seguridad en el trabajo y medio ambiente el primero, el segundo es la Sustentabilidad en los productos y servicios. El tercero es la energía y la eficiencia económica. Estos tres ejes estarán gobernando todos los procesos de las plantas futuras.

En un modelo de generación de conocimiento, datos y relación de datos relevantes, son parte ya del desarrollo de la inteligencia artificial. La universidad debe contribuir a cerrar esta cadena de valor. Haciendo útil para si mismos a distintos niveles de la cadena de mando y útil para futuras plantas que sean diseñadas con mejoras aprendidas de los procesos productivos mismos. Este reto es un punto estratégico en la vinculación del IEST con la industria.

Las empresas en la industria química buscan no solo es realizar las operaciones unitarias y las reacciones catalíticas adecuadas, es necesario realizar los procesos productivos de manera eficaz y eficiente, ser capaces de comprenderlos y de dominarlos para poder modificarlos de acuerdo al mercado y a los precios de las materias primas, se ha convertido en una capacidad más de las industrias inteligentes. Sostenidas con una base de procesos integrados en un DNS, todas las variables de la planta son capaces de ser registradas por una base de datos, esa base de datos es el alimento a la mezcla de aplicaciones de ingeniería para resolver problemas de proceso, orden y volumen de productos, mantenimiento y costos de operación. Toda una serie de información que ahora debe de estar en manos de la dirección de la planta en tiempo real, que integran la inteligencia y la memoria de una planta y la utiliza para producir datos relevantes al mercado (producción y materias primas), a la dirección de operaciones de la planta (productos y procesos, mantenimiento y logística).

Las empresas están integrando los procesos y el conocimiento de los mismos para negociar y pactar precios. ¿Quién transforma las materias primas - conoce los mercados y sus precios? Es capaz de generar valor agregado para sus accionistas, para el gobierno, para la sociedad, para los usuarios finales.

La simulación de procesos en el IEST ha sido fundamental y ahora sabemos que no solo para la simulación de las reacciones y las operaciones unitarias en planta, para las cuales el ingeniero del siglo XXI no puede prescindir. Sino sobre todo para aquellas que hoy resultan necesarias en las plantas de empresas globales y que son aplicaciones que utilizan la memoria de 10 años de las plantas para mejorar el mantenimiento y la operación.

Por otra parte, el diseño de los equipos con transformación química y el reconocimiento de los procesos para la preparación y obtención de las materias primas, su preparación para la reacción,

la transformación química misma y la posterior separación de los productos. Esto obliga al ingeniero químico y de petróleo a tener una base indestructible de matemáticas, profunda de dinámica de fluidos y operaciones unitarias, elevada en simulación y control de procesos. Así como materias en el laboratorio que lleven a una experiencia multidisciplinaria de todo este proceso.

Para que con base en la termodinámica y el equilibrio de fases –transferencia de masa- pueda determinar modelos que le permitan comprender y simular un determinado proceso. Así la catálisis y los reactores químicos deben de ser el espacio de integración de sus habilidades centrales. Y estas habilidades centrales deberán complementar con una buena base de desarrollo en teoría de control y optimización para alanzar el modelado y la simulación de los procesos. No solo como una herramienta prospectiva, sino como vemos hoy en día como una herramienta cotidiana para abordar los problemas de las plantas productivas con procesos inteligentes que, con la ayuda de la inteligencia artificial, plantean los retos de las plantas productivas del futuro.

Así Ingeniería de Petróleo, reconoce que los retos que hicieron a estas ingenierías tales como la identificación de los sitios de exploración y los métodos de perforación y producción de petróleo, así como la identificación y comprensión del comportamiento de los componentes del petróleo y sus derivados. La comprensión de los procesos de estos productos en grandes volúmenes, presentan hoy en día los mismos retos que hace más de un siglo, pero ahora se tienen mayores restricciones.

Entendamos que las primeras restricciones para aquellos ingenieros del siglo pasado eran producir combustibles y productos químicos, restricciones termodinámicas después de complicado adicionando restricciones económicas con medidores como la rentabilidad. Pasaría con el tiempo a adicionar una importante restricción: la ambiental – que exige producir de manera controlada y finalmente la restricción de hoy recae, no solo sobre los productos, sino también en los procesos, la exigencia de la sustentabilidad. Esta nueva restricción se extiende más allá de las meras restricciones ambientales, sino en que la práctica productiva y los no deseables del producto, tengan una manera de reintegrarse sanamente al ambiente.

Peter Turchin en su ensayo sobre la cooperación humana<sup>3</sup> calcula que la estación espacial Internacional, con un costo 150 mil millones de dólares, si estimamos que el ingreso anual medio en los USA es de 50 mil dólares anuales, esto significa que se han requerido 3 millones de personas, en este caso de al menos 15 nacionalidades para poder realizarla. Significa un esfuerzo que un solo país no podría realizar. Que una sola ingeniería no podría realizar.

No podemos olvidar que hoy como siempre, las ingenierías son interdisciplinarias, y su enseñanza es de forma temática. Sin embargo, sobre el tronco común fisicomatemático, hoy en día se exige además una mirada particular sobre la actitud frente al otro y frente al medio ambiente. De modo que debemos integrar en sus planes de estudios una actitud (y no una materia) sobre toda la carrera, un modo de ejercer la ingeniería y la vida misma:

- Sustentabilidad; productos y servicios.
- Salud, seguridad y medio ambiente

- Energía y recursos naturales.
- Biotecnologías, su integración a la industria
- Experimentación y generación de conocimiento

Por último, se enfatizará el laboratorio, ya se ha dicho del laboratorio de simulación que es vital y que está en el caso del IEST ligado a la suite de ASPENTECH. El laboratorio de operaciones unitarias que cuenta con equipamiento desarrollado en la propia escuela también cuenta con una infraestructura comprada que a nivel piloto permite que los alumnos de grupos de 10 o 15 personas puedan establecer un proceso de laboratorio, relativo al intercambio de calor, reacciones químicas, destilación y extracción, así como la destilación de naftas y corte de productos de petróleo. Este proceso de laboratorio es ligado con el proceso de simulación y los efectos son muy positivos para los alumnos.

Regresando al laboratorio, el alumno se enfrenta a la seguridad e higiene de una planta química; se enfrenta igualmente a la expresión verbal y escrita de un fenómeno científico, como es la división de un gasóleo con un diesel o de la obtención de aceite esencial de naranja, o la esterificación de la grasa hacia la producción de un biodiesel. El alumno se enfrenta también al hecho de que la ingeniería es interdisciplinaria, que el trabajo en equipo no significa hacer todo el proceso, sino hacer bien la parte que te toca y reflexionar en grupo sobre los resultados.

### **Vinculación de tres niveles**

Para explicar porque el IEST ha tenido éxito

El primer factor fundamental para el éxito, es la vinculación con la industria y la sociedad. Por un lado, la industria es la que motiva en alguna parte relevante el perfil del egresado, porque es quien contrata al egresado y los servicios de la universidad. En el caso del IEST; su ubicación es óptima, ya que en Altamira hay una amplia diversidad de industria química, petroquímica y de Petróleo.

¿Cómo se mide el grado de vinculación con la industria? A través de:

- El número de estudiantes que salen con empleo, el sueldo de estos estudiantes, el número de estudiantes que regresa a la IEST, ya sea para contratar personal, o para continuar su formación.
- El número de empresas vinculadas con el IEST, a través de convenios de colaboración donde no solo obtienen recursos humanos, sino capacitación en distintos niveles para sus empleados activos.
- Altamira con sus 5 millones de toneladas al año de productos químicos, metalmecánicos y de la industria plástica. Cuenta con 17 posiciones de atraque (y gran capacidad de crecimiento). Hace de sus empresas expertas en manufactura, Plataformas de petróleo, extracción de petróleo, Industria de Petróleos y derivados. Además de las empresas de servicios, que incluyen los 2600 Mega Watts que se producen en Altamira I a IV corresponde al 12 % del país.

## ¿CÓMO SE DEBE CONCEBIR LA ENSEÑANZA EN LA INGENIERÍA?; EN LA INGENIERÍA QUÍMICA Y DE PETRÓLEO. IEST UN MODELO DE ÉXITO

- Recibe del IEST no solo a través de los egresados, sino capacitando a obreros y mandos medios –transmitiendo no solo conocimientos- sino una manera de ser, una manera de ejercer la ingeniería y la vida.

El segundo factor es por la manera que el IEST se ha involucrado con cada una de estas industrias, cubriendo las necesidades sino sirviendo de puente entre las distintas actividades económicas:

- Vincula los laboratorios pesados con los laboratorios de simulación.
- Capacitar al personal de la industria
- Ayuda a desarrollar estrategias a la industria de cómo se deben administrar los procesos productivos y operativos en las plantas.
- Ofrece servicio de laboratorio, El IEST es capaz de dar servicio básico de análisis y caracterización de diversos productos de la industria Química y de Petróleo, gracias a su infraestructura y capacidad de su personal académico.

El más importante es la actitud positiva que tiene el IEST en todo su personal, frente a sus estudiantes, a sus académicos, a su personal en general y al sector industrial en su conjunto. El IEST es una casa abierta a todos ustedes y quiero compartir estos éxitos con ustedes, hacer puentes con Colombia. Gracias.

### Referencias

#### Libros

- <sup>1</sup> Steven Pinker (2018) Enlightenment Now: The Case for Reason, Science, Humanism, and Progress Penguin Random House. pp 15
- <sup>3</sup> Peter Turchin, (2016) Ultrasociety: How 10,000 Years of War Made Humans the Greatest Cooperators on Earth Brest Books USA Capitulo 1

#### Artículos de revistas

- <sup>2</sup> The Constructal Law of Design and evolution in Nature. Adrian Bejan and Sylvie Lorente The Royal Society The Journal 2010 pp 1335 a 1347

#### Sobre los autores

- **José Luis Vargas Pérez** Ingeniero Químico, Master en Administración Financiera, Director División de Ciencias Exactas. [jose.vargas@iest.edu.mx](mailto:jose.vargas@iest.edu.mx)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)