

# RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LAS INGENIERÍAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR VENEZOLANA

Hidrocarburos, petroquímica y química



Academia Nacional  
de la Ingeniería y el Hábitat

**Alexis Alberto Mercado Suárez**



# RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LAS INGENIERÍAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR VENEZOLANA Hidrocarburos, petroquímica y química

Alexis Alberto Mercado Suárez

Octubre, 2025

Profesor emérito del Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES) de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Licenciado en Química (UCV); M.Sc. en Política Científica y tecnológica - Universidad de Campinas (Brasil). Ph.D. en Estudios de la Ciencia del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Presidente fundador del Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) (2006–2011). Consultor para varios organismos nacionales e internacionales. Líneas de Investigación: Política Científica y Tecnológica; Gestión de la innovación; sustentabilidad.

<https://orcid.org/0000-0003-3984-8992>



**Título:**  
RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LAS  
INGENIERÍAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR VENEZOLANA  
Hidrocarburos, petroquímica y química

**Autor:**  
Alexis Alberto Mercado Suárez

**Depósito Legal:**  
DC2025001659

**ISBN:**  
978-980-7106-17-7

Ediciones de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH

**Diagramación y Diseño de portada:**  
Alexis Alberto Mercado Suárez

©2025. Alexis Alberto Mercado Suárez  
Reservados todos los derechos.  
Prohibida la reproducción total  
o parcial de esta obra en cualquier medio  
de impresión electrónico o tipográfico,  
sin la autorización por escrito del autor.

**ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT DE VENEZUELA, ANIH**  
Palacio de las Academias, Av. Universidad, con esquina La Bolsa a San Francisco, Zona Postal  
1012, Caracas, Venezuela. Teléfono: +58 0414 378 44 41  
Correo-e: [acadingven@gmail.com](mailto:acadingven@gmail.com) / url: [www.acading.org.ve](http://www.acading.org.ve)

Caracas, Venezuela

LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, HACE CONSTAR QUE LAS PUBLICACIONES QUE PROPICIA ESTA CORPORACIÓN SE REALIZAN RESPETANDO EL DERECHO CONSTITUCIONAL A LA LIBRE EXPRESIÓN DEL PENSAMIENTO Y MANIFIESTA EXPRESAMENTE QUE NO SE HACE SOLIDARIA DEL CONTENIDO GENERAL DE LAS OBRAS O TRABAJOS PUBLICADOS, NI DE LAS IDEAS Y OPINIONES QUE EN ELLOS SE EMITAN, LAS CUALES SON DE RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES, CUANTO EN DERECHO SE REFIERE.

ISBN: 978-980-7106-17-7



El autor manifiesta su compromiso con los derechos establecidos en el marco legal vigente y las normativas internacionales sobre propiedad intelectual, por lo cual, para cualquier solicitud o sugerencia, pone a disposición su dirección de correo electrónico: [alexisms60@gmail.com](mailto:alexisms60@gmail.com)

## Contenido

Personas consultadas para el estudio .....	6
Índice de cuadros y figuras .....	7
Prólogo .....	8
Introducción.....	11
CAPÍTULO 1 .....	15
Situación global de los hidrocarburos y sus industrias .....	15
Consumo de energía- Tendencias para 2050 .....	15
<i>Tendencias al 2050</i> .....	16
Nuevas realidades globales de las industrias de petróleo, gas, petroquímica y química .....	19
<i>Cambios en la composición de la demanda del petróleo a medio plazo</i> .....	19
<i>El gas natural en la transición energética</i> .....	21
Innovaciones relevantes en estas industrias.....	22
<i>Hidrocarburos: integración refinación-petroquímica</i> .....	23
<i>Gas natural: mayor Industrialización y aumentos de la eficiencia como combustible</i> .....	24
<i>Industria química</i> .....	25
CAPÍTULO 2 .....	27
Cambios disruptivos en la formación y el ejercicio de las ingenierías .....	27
Cambios en la formación.....	27
La práctica profesional .....	29
CAPÍTULO 3 .....	32
Las industrias de petróleo, gas, petroquímica y química en Venezuela .....	32
Petróleo.....	32
Petroquímica y química - industrialización del gas natural .....	34
Situación económico-productiva de estas industrias .....	37
<i>Petróleo y gas</i> .....	37
<i>Petroquímica</i> .....	39
<i>Química</i> .....	41
CAPÍTULO 4 .....	43
La situación de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES) .....	43
Situación de las ingenierías de petróleo, gas y química .....	44
<i>Instituciones participantes en el grupo de discusión:</i> .....	45
Metodología.....	45

El diagnóstico .....	47
<i>Infraestructura y equipamiento</i> .....	47
<i>Servicios básicos y de TIC</i> .....	50
<i>Recursos Humanos</i> .....	50
<i>Matricula estudiantil</i> .....	53
Situación de la Investigación y el Desarrollo tecnológico (I+DT) .....	55
La vinculación para la I+DT.....	63
CAPÍTULO V.....	65
Recuperación y transformación fundamentadas en la vinculación.....	65
<i>Capacitación y entrenamiento – Recursos humanos</i> .....	65
<i>Pasantías – nuevas habilidades y perfiles profesionales</i> .....	66
<i>Prestación de Servicios – operatividad de la industria</i> .....	67
<i>Investigación y Desarrollo – oportunidades de mejoras y cambios en la producción</i> .....	70
<i>Factores a considerar para impulsar y estrechar la vinculación</i> .....	72
Adopción y desarrollo de las Tecnologías convergentes.....	73
Conclusiones.....	77
Referencias .....	80
Glosario .....	87

## Personas consultadas para el estudio

### **Academia:**

María Alejandra Rodríguez (Ingeniería Química – UCV)

Jesús Quintero (Ingeniería de Petróleo – LUZ)

Charles Gutiérrez (Ingeniería Química - LUZ)

Johnny Bullón (Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos (FIRP) – ULA)

María Eugenia Álvarez (Ingeniería Química -UNIMET)

### **Industria:**

Cesar Martin (Consultor, Exgerente de Investigación y Desarrollo – Grupo INTEQUIM)

Ricardo Barreto (Expresidente de Industrias Venoco)

## Índice de cuadros y figuras

Cuadros		
Cuadro 1	Escenarios de consumo energético proyectados por la IEA para 2050	17
Cuadro 2	Demanda global de petróleo por derivado/producto (2023-2050) (MMb/d)	20
Cuadro 3	Emisiones directas de CO <sub>2</sub> de varios combustibles orgánicos	21
Cuadro 4	Elementos clave para la formación en ingeniería en 2030	27
Cuadro 5	Guía para la sustentabilidad (Engineering Council- UK)	30
Cuadro 6	PIB petrolero y de la manufactura (Millones de Bolívares 1984)	32
Cuadro 7	Plantas industriales del complejo petroquímico y químico venezolano (año 1989)	36
Cuadro 8	Industria Petroquímica (situación tecnoproductiva)	41
Cuadro 9	Industria Química (situación tecnoproductiva)	42
Cuadro 10	Instituciones de Educación superior con carreras de ingeniería en hidrocarburos y química	44
Cuadro 11	Clasificación de las Variables producto del Análisis Estructural	45
Cuadro 12	Políticas y estrategias relevantes para avanzar en la recuperación y transformación de las ingenierías en las IES	46
Cuadro 13	Déficits presupuestarios de algunas universidades nacionales autónomas	47
Cuadro 14	Variación matrícula en las carreras de ingeniería de petróleo y química (universidades públicas)	54
Cuadro 15	Actividades de investigación y desarrollo, y afines según el Manual de Frascati	56
Cuadro 16	Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Petróleo La Universidad del Zulia	57
Cuadro 17	Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería Química La Universidad del Zulia	58
Cuadro 18	Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Petróleo UCV	59
Cuadro 19	Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería Química Universidad Central de Venezuela	60
Cuadro 20	Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Química – Laboratorio FIRP ULA	61
Cuadro 21	Trabajos técnicos presentados en las JIFI 2018 (áreas energía, petróleo y gas)	62

Figuras		
Figura 1	Consumo primario de energía por tipos (exajolues)	16
Figura 2	Producción de petróleo y gas natural (2012-2021)	38
Figura 3	Producción consolidada de PEQUIVEN (MTM)	40
Figura 4	Situación de la carrera académica en las universidades	52

## Prólogo

El presente libro tiene su origen en el proyecto “Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas” que, partiendo de diagnósticos tanto de la academia (universidades y otras Instituciones de Educación Superior (IES)) como de la industria y los servicios, se propuso como objetivo proponer políticas y estrategias institucionales que contribuyeran a la recuperación y transformación de esta disciplina, algo imprescindible para la recomposición y el incremento de las capacidades tecnológicas del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) venezolano con la pertinencia de contribuir a la superación de la crisis del país y afrontar los enormes desafíos que plantean las disrupciones tecnológicas y los problemas socio- ambientales globales. la parte correspondiente a la recopilación de información y conversatorios se realizó en el período 2019-2022, en medio de la agudización de la crisis del país y el confinamiento por la pandemia del COVID-19.

El grupo de trabajo de dicho proyecto contó con la participación de profesores-investigadores de las universidades Central de Venezuela (UCV), Simón Bolívar (USB), de Los Andes (ULA), Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO) y del Zulia (LUZ). y centros de investigación nacionales (LUZ, UCV, USB, UCLA ULA), profesionales de empresas de ingeniería y el respaldo de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH) y de las asociaciones empresariales: Cámara Venezolana de la Industria de alimentos (CAVIDEA), la Cámara Venezolana de Empresas Consultoras (CAVECON) y la Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica (ASOQUIM).

Como se expone en la metodología, a partir de amplias consultas y reuniones de trabajo en las que se emplearon diversas técnicas de recolección de información y análisis (e.g. aplicación de cuestionarios, consultas a expertos, tormenta de ideas y análisis estructural), se identificó un importante número de variables que hacen consideración tanto del entorno (el Sistema Nacional de Ciencia, tecnología e Innovación) como de la esfera universitaria y, a partir de su clasificación, se seleccionaron las que ejercían mayor influencia en el funcionamiento del sistema, a partir de las cuales se enunciaron dos políticas y cuatro estrategias institucionales clave para avanzar en el proceso de recuperación y transformación de las ingenierías en las IES.

Culminada dicha fase del proyecto, se propuso la realización de una segunda etapa que consistiría en la formulación detallada de estas políticas y la implementación de las estrategias en las universidades. Pero, para ello, se consideró necesario conocer con mayor profundidad la situación de las diferentes áreas de la disciplina. La pérdida de recursos humanos, el deterioro de la planta física y de la infraestructura para la docencia y la investigación, entre otros, afectaron indistintamente a todas. Pero en función de las posibilidades que surgen con la amplia difusión de innovaciones disruptivas en las tecnologías de Información y comunicación (TIC), y su accesibilidad, surgía la interrogante de si algunas áreas podían afrontar mejor la crisis. Por ejemplo ¿posibilitó que las áreas de TIC y microelectrónica mantuvieran un mejor desempeño respecto a otras que requieren más inversión para realizar actividades en la investigación y el desarrollo tecnológico, por ejemplo, ingeniería química y petróleo? Se plantea esto porque, por ejemplo, los recursos para desarrollar un nuevo producto de software se concentran fundamentalmente en la capacidad de los diseñadores, son intensivos en conocimiento, por lo que suelen ser

ostensiblemente menores que los requeridos para desarrollar un nuevo producto o un nuevo proceso en petróleo y/o química que, además de ser intensivas en conocimiento, requieren gran cantidad de recursos físicos e infraestructura. Además, interesaba conocer cómo se vieron afectadas las carreras de estas últimas áreas que, tradicionalmente, mantenían vínculos para algunas actividades de investigación y desarrollo, y afines, de acuerdo a la clasificación del Manual de Frascati, con industrias estratégicas del Estado que literalmente se paralizaron.

Se conformaron entonces grupos de trabajo por grandes áreas disciplinarias que son presentadas en el aparte metodológico. En este trabajo se muestra específicamente el diagnóstico de las áreas de petróleo, gas y química, estratégicas para el desarrollo económico del país y que, al menos en el mediano plazo, seguirán constituyendo la espina dorsal de la actividad productiva, siempre y cuando sean capaces de responder a los imperativos del desarrollo sustentable, cuestión que requiere de grandes esfuerzos de innovación y desarrollo tecnológico, fundamentados en las denominadas tecnologías convergentes (TIC, Nanotecnología, Biotecnología, Ciencias del comportamiento). En los dos primeros capítulos, el lector encontrará información sobre los cambios disruptivos que estas generan en la estructura productiva, y como las industrias de las áreas analizadas las van incorporando para su transformación y sobrevivencia. En consecuencia, la producción de conocimiento, en el que los aportes de las IES y centros de investigación son fundamentales, adquieren mayor relevancia.

Se consideró necesario hacer una breve exposición del desarrollo productivo de estos sectores en el país, en el entendido que la adquisición y desarrollo de capacidades tecnológicas es fundamental para su funcionamiento y competitividad. Con algunos ejemplos e indicadores, se evidencia que, si bien la Investigación y Desarrollo (I+D) no estaba internalizada en la cultura tecnológica de la mayoría de las empresas (Pírela, 1996), hubo experiencias de aprendizaje tecnológico e innovación que contribuyeron a la conformación de una estructura industrial aceptablemente integrada, que a finales del siglo XX era capaz de proveer una proporción importante de los bienes y servicios que requería el país. Ello permite entender el tipo de interacciones que establecieron las industrias con las instancias de ingeniería en las IES, mostradas en el cuarto capítulo dedicado al diagnóstico de estas instituciones. Pero muchas de estas capacidades se perdieron, sobre todo en los últimos tres lustros, comprometiendo seriamente la formación de profesionales e, incluso, el funcionamiento de estas industrias.

El diagnóstico evidencia el desmantelamiento que, literalmente, han sufrido las universidades y, específicamente las áreas de la ingeniería analizadas. Aparte de algunos indicadores cuantitativos sobre recursos humanos y matrícula, se destacan situaciones de escuelas y laboratorios descritas directamente por los participantes en las consultas. Además, a partir de sus perspectivas, se muestra la disminución y los cambios experimentados en las actividades de I+D. A partir de ello, se plantea la importancia de la vinculación con la industria y los servicios como elemento dinamizador para avanzar en la recuperación y la transformación de las ingenierías, reflexionando sobre los alcances y las implicaciones que tendrá el acelerado desarrollo de las tecnologías convergentes y la necesidad de adquirir y desarrollar capacidades en las mismas.

Quiero agradecer profundamente la colaboración de las personas consultadas para la realización de este estudio, así como también a los profesores investigadores y profesionales

que han participado en el desarrollo del proyecto ““Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas” que paso a mencionar:

Universidad Central de Venezuela: Rebeca Sánchez, Griselda Ferrara de Giner y María Virginia Najul (Facultad de ingeniería); Isabelle Sánchez, Pablo Testa, Zulay Poggi (Centro de Estudios del Desarrollo-CENDES); Geovanni Siem (Facultad de Arquitectura); Universidad Simón Bolívar: María Antonia Cervilla; Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC): María Sonsiré López; Universidad Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA): Concetta Esposito de Díaz; La Universidad del Zulia (LUZ): Belinda Colina Arenas: Fundación Instituto de Ingeniería para Investigación y Desarrollo Tecnológico -(FIIDT): Luis Rodríguez; Venezolana de Proyectos Integrados (VEPICA): Ninoska Cilento; ANIH: José Manuel Martínez.

Igualmente, nuestro agradecimiento a Juvenal Arvelález, Presidente Ejecutivo de la Cámara Venezolana de la Industria de los Alimentos (CAVIDEA), por su continuo apoyo, así como a Geraldina Palm de Pulido, Directora Ejecutiva de la Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica (ASOQUIM) y Víctor Hugo Rodríguez de la Cámara Venezolana de Empresas Consultoras (CAVECOM).

## Introducción

La crítica situación socioambiental global evidencia la necesidad de realizar cambios profundos en las formas de producción, distribución y consumo. Le compete a la ingeniería, disciplina medular de la estructura sociotécnica, desempeñar un papel relevante en esta transformación. El mundo se debate entre un sostenido consumo de energía y recursos, y la necesidad de aminorar los factores causantes del calentamiento global y la contaminación. La imperativa reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) presiona para el abandono de los combustibles fósiles, impulsando el desarrollo de tecnologías que hacen aprovechables otras fuentes de generación de energía con baja o nula emisión de estos gases. Estas, no obstante, generan nuevos, y graves, impactos socio-ambientales.

Innovaciones disruptivas están permitiendo diversificar las fuentes de energía y aumentar la eficiencia en su uso. Sin embargo, la matriz energética global mantiene un perfil de generación y consumo intensivo, por lo que el aumento de las fuentes alternas ha servido para aumentar de manera complementaria la disponibilidad energética. Es por ello que, aun cuando se observan cambios tecnológicos radicales, estos no se traducen, necesariamente, en una sustitución de los combustibles fósiles. Consecuentemente, no se registra la necesaria disminución de las emisiones que permitan mantener el calentamiento global por debajo de los 1,5° centígrados para 2050, nivel que permite estimar con precisión los impactos de los eventos climáticos extremos y limitar los riesgos sobre la biodiversidad y los ecosistemas (Córdova y Mercado, 2024). Pero, incluso, el escenario de calentamiento de 2° C, que incrementaría sustancialmente los riesgos, también sería un objetivo inalcanzable aun en los escenarios de baja generación de emisiones (Hansen, et al, 2023). De hecho, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), informó que en 2024 el incremento medio global de la temperatura fue de 1,55° centígrados.<sup>1</sup>

Esto coloca importantes desafíos a nuestro país cuya economía ha descansado - y en importante medida continuará descansando - en las industrias de los hidrocarburos. Pero que, además, confronta su más severa crisis del último siglo. La recuperación se torna más cuesta arriba al constatar niveles históricamente bajos de producción, obsolescencia y pérdida de capacidades tecnológicas, y severos problemas de afectación ambiental, situación que, en una realidad en la que la que la Agencia Internacional de Energía (IEA en su original inglés) estima un pico en la demanda mundial de petróleo para 2029 - la OPEP lo sitúa irrealmente en 2045 - y con una oferta abundante de los productores tradicionales (OPEP+, no OPEP) y nuevos entrantes - sólo en la región Guyana y Argentina emergen con fuerza en el mercado- dificultarán la captación de inversiones. Y, a menos que cambie la situación política, estas se acordarán en condiciones extremadamente desfavorables, como ocurre actualmente con la licencia otorgada a CHEVRON para producción de petróleo y los acuerdos con SHELL y la Compañía Nacional de Gas (NGC) de Trinidad y Tobago para la extracción del gas no asociado del campo de Dragón, que nos retrotraen a la época de las concesiones de Juan Vicente Gómez.

---

<sup>1</sup> <https://wmo.int/es/media/news/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-2024-fue-el-ano-mas-calido-jamas-registrado-al>

A pesar de ello, en muchos especialistas de las áreas técnicas y de la economía prevalece la opinión de que las posibilidades de recuperación del país continuarán dependiendo fundamentalmente de los hidrocarburos. El debate explicitado al comienzo adquiere especial relevancia para el país ya que, sin duda, continúa presentando ventajas comparativas importantes. Poseer las mayores reservas de crudo del planeta, y el 3% de las de gas natural, que constituyen el 71% de las reservas de América Latina y el Caribe,<sup>2</sup> continúan confiriendo importante peso internacional. Pero los enfoques sobre el qué hacer no parecen ser los más apropiados, pues se concentran en el aumento de la extracción de los recursos naturales, diciéndose poco en cuanto a la necesidad de agregación de valor y la diversificación mediante una mayor integración de estas industrias aguas abajo.

Las decisiones sobre producción, inversión y propiedad de la industria deberán fundamentarse en un exhaustivo y dinámico análisis de las tendencias de un mercado declinante con exceso de oferta en las próximas décadas, la regulación de los GEI - estudios recientes recomiendan limitar el uso de combustibles fósiles imponiendo altas tasas a las emisiones, a fin de mitigar el calentamiento global (Hansen., et al 2023) – y, por último pero no por ello menos importante, de los acelerados cambios tecnológicos, en especial lo concerniente a la descarbonización de sus actividades y cambios en los procesos para optimizar la eficiencia y flexibilizar la producción de combustibles vis a vis con la de materias primas para integrar aguas abajo algunos los segmentos de la petroquímica y química. Dichos cambios se fundamentan en gran medida en innovaciones en las denominadas tecnologías convergentes (biotecnología, nanotecnología, ciencias del comportamiento y las TIC).

Pero deben, además, tomar en cuenta la precaria situación de nuestro Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación (SNCTI). Por una parte, de la alarmante pérdida de capacidades de producción de conocimiento y de formación, que en el caso de las ingenierías son desoladoras. Específicamente en las relacionadas en mayor o menor medida con las industrias de los hidrocarburos, las universidades y otras instituciones de educación superior (IES) públicas han registrado una considerable pérdida de recursos humanos, aunado a un grave deterioro de la infraestructura y del equipamiento científico e informático. Ello compromete las posibilidades de proveer una formación integral y de realizar investigación y desarrollo tecnológico (I+DT), actividades que, cada vez más, resultan medulares para responder a los desafíos planteados. No obstante, vale acotar que, a pesar de las condiciones adversas, estas instituciones continúan proveyendo formación en todos los niveles y, dificultosamente, realizando alguna investigación.

Por la otra, de las condiciones del sector productivo que, similarmente, ha sufrido una disminución significativa de capacidades tecnológicas debido a una cuantiosa pérdida de recursos humanos calificados, estimándose que para 2020 poco más de 200.000 ingenieros habían abandonado el país desde inicios de siglo, en tanto que el total de profesionales supera el millón doscientos mil (Ávalos y Mercado 2019). Muchas de las plantas industriales muestran deterioro debido a la falta de inversión, muy notable en las que están en manos del Estado en las que, en general, ha prevalecido una pésima gestión que ha acrecentado la obsolescencia tecnológica o, incluso, ha provocado su achatarramiento. Los servicios, en general, presentan similares condiciones ubicándose en los últimos lugares de América

---

2 <https://www.worldometers.info/gas/gas-reserves-by-country/>

Latina en cuanto a alcance y calidad (Mercado et al., 2020). En consecuencia, se dificulta garantizar la adecuada provisión de bienes y servicios, cuestión que afecta la eficiencia de toda la estructura económico-productiva.

La recuperación de las industrias de los hidrocarburos, la petroquímica y la química, requerirá mucho más que las imperativas inversiones. Son necesarios esfuerzos de recuperación y creación de capacidades de formación y de I+DT con enfoques radicalmente diferentes. Ello demandará que las IES formen profesionales que posean alta creatividad, sentido crítico y perfiles transdisciplinarios, que les permitan afrontar las disrupciones tecnológicas y los graves problemas socioambientales con alto sentido de responsabilidad (Mercado et al., 2022).

Este trabajo analiza la situación de las ingenierías en las áreas citadas en las IES venezolanas haciendo un diagnóstico en cinco universidades públicas y una privada. Se desarrolló a partir de intercambios de ideas con directores de Escuela y Centros de investigación, y dos figuras relevantes de la industria química y petroquímica venezolana. Cabe señalar que el abordaje, marcadamente disciplinario, es reflejo de los enfoques tradicionales de la disciplina. Se advierte que, globalmente, en muchas universidades las concepciones por área (e.g. civil, química, petrolera, eléctrica, mecánica, etc.) dan paso a programas multidisciplinarios (e.g. energética, ambiental, aeroespacial, biomédica, industrial, etc.) revolucionando la formación y la producción de conocimiento (Ibíd. ant).

El problema más grave que enfrentan las IES públicas, que les dificulta cumplir con las tres misiones de la universidad (formación, investigación y extensión) es la pérdida de recursos humanos, de profesores-investigadores. Pero a ello se agregan problemas de infraestructura y equipamiento que en el contexto de un país en crisis incide negativamente sobre la formación y las actividades de I+DT. Se determina una importante caída en la matrícula estudiantil y la desestructuración de la carrera académica, comprometiendo la continuidad de la formación, la ejecución de proyectos y la producción académica, y una disminución de las capacidades de prestación de servicios y asistencia técnica a la industria y a otros ámbitos de la sociedad.

El libro se estructura en cuatro capítulos. En el primero, se describe la realidad global de los hidrocarburos y las industrias química y petroquímica. Se analiza el consumo de energía y las proyecciones hasta el 2050, en el entendido que esta será la variable que más afectará la demanda de petróleo y gas, y la producción de derivados. Seguidamente se presenta un breve “estado del arte” de las transformaciones globales de estas industrias, destacando tendencias productivas e innovaciones tecnológicas, la mayoría en el seno de las llamadas tecnologías convergentes, que permiten extender su vigencia temporal al poder responder a los imperativos del desarrollo sustentable. Estos cambios no pueden ser entendidos sin conocer las profundas transformaciones observadas en las ingenierías, en lo concerniente a la formación y la práctica profesional, presentado en el segundo capítulo.

En el tercer capítulo se discute brevemente el desarrollo de estas industrias en el país, donde hubo importantes experiencias de adquisición de capacidades tecnoproductivas, y como muchas de ellas se perdieron en los últimos tres lustros, comprometiendo su continuidad. Con este marco, en el capítulo 4 se analiza la situación de las ingenierías en la educación superior en las áreas de hidrocarburos, la petroquímica y la química - objeto central

del estudio - colocando énfasis en las capacidades de formación y la producción y difusión de conocimientos. Ello lleva a una revisión exhaustiva de la situación de los recursos humanos, la infraestructura de investigación y docencia y de las formas en que se han desarrollado las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (I+DT) y su actual desestructuración. Para cerrar, en el capítulo 5, se revisa y discuten las vinculaciones con la industria, evidenciando con algunos ejemplos el impacto positivo que llegaron a tener y, aunque debido a la crisis muchas de estas experiencias no tuvieron continuidad, se plantea que en la actualidad resultan de vital importancia para la recuperación y transformación de las ingenierías. Para ello, deberá tenerse en cuenta la necesidad de adoptar enfoques colaborativos que tomen en cuenta las necesidades técnicas de la industria, y de recursos y agendas de proyectos de las IES que, en lo posible, adopten, hagan uso y desarrollen las tecnologías convergentes, y hagan consideración de los grandes desafíos socioambientales.

# CAPÍTULO 1

## Situación global de los hidrocarburos y sus industrias

El cambio climático consecuencia del calentamiento global constituye una de las amenazas más importantes para el bienestar de la humanidad y el equilibrio del planeta. Una de las principales causas radica en el uso de combustibles fósiles, por lo que la disminución de su uso es imperativa. Su sustitución por otras energías modificará sensiblemente la industria energética global e impulsará una reconversión importante de las industrias de los hidrocarburos. Ello a pesar de algunas resistencias políticas que en el corto plazo podrán ralentizar este proceso.<sup>3</sup>

### Consumo de energía- Tendencias para 2050

Entre 2000 y 2022 el consumo primario global de energía creció 50,2%, sustentando un crecimiento de 85,7% del PIB mundial. Mejoras en el uso de la energía en algunos países de la OCDE se tradujeron en una disminución de la intensidad energética, definida como la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de PIB<sup>4</sup>. No obstante, la desindustrialización y la tercerización de actividades energo-intensivas también influyeron en este desempeño. De esta forma, si la contabilidad general incluyese la energía utilizada en la producción de bienes y servicios importados por estas economías, en muchos casos de países que no prestan atención a la eficiencia energética y al impacto ambiental de sus actividades, se probaría que la mejora es más virtual que real (Moreau y Vuille, 2018).

Globalmente, se observa que en los últimos años una ralentización en la disminución de la intensidad energética. En 2022 fue de -1,2 %, inferior a la media registrada en el período 2010-2019, que fue de -1,9 %, y en 2023 apenas del -1%. Viendo estas cifras de forma estrictamente cuantitativa puede avalarse una mejora sostenida. Sin embargo, este ritmo es claramente insuficiente respecto a la reducción de más del 3,5 % anual, necesaria para lograr el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de los 2 °C. (Enerdata, 2023).

El consumo por tipo de energía evidencia que los combustibles fósiles continúan respondiendo por el grueso del consumo mundial de energía. En 2022 la contribución combinada del petróleo, el gas natural y el carbón fue de 82% lo que representa una disminución de su participación en el consumo alrededor de 6% respecto a 2003 cuando respondió por el 87,5%. Nótese, sin embargo, que aun cuando disminuyó el ritmo de crecimiento, se registró un incremento neto de la producción de 42%. Individualmente, fue notable el incremento del carbón (59,3%) y del gas natural (52,7%). En el caso del petróleo alcanzó el 24,9% manteniendo, no obstante, la contribución mayoritaria al consumo global (31,8%,) seguido de cerca el gas natural - considerado combustible clave para la transición energética por generar menos emisiones por unidad de energía producida que los otros fósiles

---

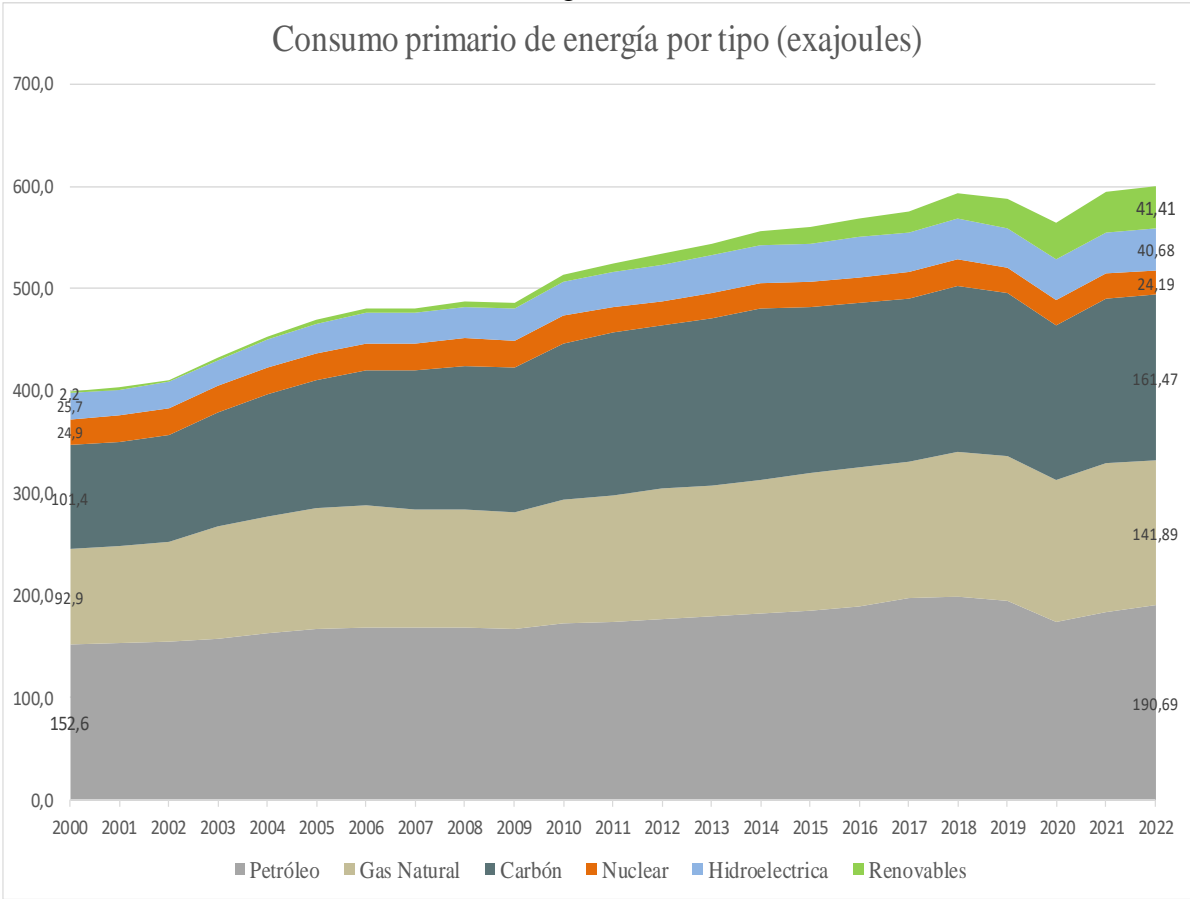
<sup>3</sup> Un claro ejemplo, es la medida Ejecutiva dictada por el gobierno de Donald Trump en enero de 2025 que declaró la Emergencia Energética Nacional en Estados Unidos para impulsar la producción de petróleo y gas del país. <https://www.aa.com.tr/en/energy/oil/trumps-energy-plan-expected-to-have-limited-impact-on-oil-prices/47112>

<sup>4</sup> <https://es.weforum.org/agenda/2023/06/que-es-la-intensidad-energetica-y-por-que-es-vital-para-nuestros-objetivos-de-balance-cero/>

por el carbón (27%), en tanto que la contribución del carbón fue de 24% (Figura 1). Estas cifras son preocupantes porque, contrario a lo que debería esperarse, aumento de manera importante el consumo,

En el presente siglo las energías alternas registraron un notable incremento en el consumo primario global (1.775%), aun así, su participación en el consumo total en 2022 alcanzó apenas el 8%. Aparte de las fósiles, este incremento fue seguido, en proporción bastante menor, por la hidroelectricidad (+58,5%), que mantiene su participación en torno al 6,8% del consumo global. La única fuente que registró una disminución en este período fue la nuclear (-2,7%) por causa de la progresiva disminución de la generación en Alemania que, finalmente, cerró su última central nuclear en 2023 (Córdova y Mercado, 2024) (Figura 1).

Figura 1



Fuente: Córdova y Mercado (2024).

*Tendencias al 2050*

Las proyecciones de consumo de la IEA en 2023 muestran tres escenarios para 2050. La probabilidad de ocurrencia dependerá fundamentalmente de la disposición de los países para cumplir las medidas para afrontar el cambio climático. El fracaso, hasta ahora, en recortar emisiones evidencia el bajo compromiso de la mayoría de estos, generando muchas dudas sobre la posibilidad de alcanzar la neutralidad de carbono en 2050 (UNEP, 2023).

Los escenarios más probables serían, en primer lugar, el de políticas declaradas, en el que el comportamiento del sistema energético obedecería al cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN). Se estima una tasa de crecimiento medio del consumo (TMCA) de energía de 0,48% con un moderado decrecimiento en la tasa de las energías fósiles (la producción de gas natural se mantiene igual y la de petróleo y carbón disminuyen alrededor del 2% (IEA, 2023) (cuadro 1).

Las energías renovables, incluidas aquí las alternas y la hidroeléctrica, experimentarían un crecimiento sostenido, estimándose que se multiplicarán por tres respecto a 2022, con una TMCA cercana al 4%. Le seguiría la energía nuclear con TMCA de 1,75% (cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**Escenarios de consumo energético proyectados por la IEA para 2050**

Escenario de políticas declaradas (STEPS) (Exajoules)								
	Proyección de consumo			%			TMCA (%) respecto a	
	2022	2030	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Renovables	75	120	227	11,90%	17,99%	31,40%	3,00%	3,90%
Biomasa tradicional	24	19	16	3,81%	2,85%	2,21%	-1,00%	-1,39%
Nuclear	29	37	48	4,60%	5,55%	6,64%	1,37%	1,75%
Gas natural	145	149	145	23,02%	22,34%	20,06%	0,00%	0,00%
Petróleo	187	195	186	29,68%	29,24%	25,73%	0,00%	-2,00%
Carbón	170	147	101	26,98%	22,04%	13,97%	-1,19%	-1,78%
Suministro total de energía	630	667	723	100%	100%	100%	0,32%	0,48%
Escenario de promesas anunciadas ((Exajoules)								
	Proyección de consumo			%			TMCA (%) respecto a	
Year	2022	2030	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Renovables	75	142	327	13,91%	23,13%	53,52%	4,17%	5,21%
Biomasa tradicional	24	8	5	4,45%	1,30%	0,82%	-4,67%	-5,27%
Nuclear	29	38	59	5,38%	6,19%	9,66%	2,03%	2,48%
Gas natural	145	133	84	26,90%	21,66%	13,75%	-1,14%	-1,86%
Petróleo	187	177	102	34,69%	28,83%	16,69%	-1,17%	-2,07%
Carbón	170	131	34	31,54%	21,34%	5,56%	-2,78%	-5,40%
Suministro total de energía	630	629	611	100%	100%	100%	-0,08%	-0,11%
Escenario cero emisiones (Exajoules)								
	Proyección de consumo			%			TMCA (%) respecto a	
	2022	2030	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Renovables	75	166	385	11,90%	29,07%	71,16%	4,97%	5,80%
Biomasa tradicional	24	0	0	3,81%	0,00%	0,00%	NA	NA
Nuclear	29	43	67	4,60%	7,53%	12,38%	2,71%	2,93%
Gas natural	145	119	32	23,02%	20,84%	5,91%	-3,41%	-5,08%
Petróleo	187	148	42	29,68%	25,92%	7,76%	-2,93%	-5,02%
Carbón	170	95	15	26,98%	16,64%	2,77%	-6,27%	-8,03%
Suministro total de energía	630	571	541	100%	100%	100%	-0,61%	-0,52%

Fuente: Córdova y Mercado (2024).

En segundo lugar, se ubica el escenario de promesas anunciadas, fundamentado en que los países cumplirán totalmente, y a tiempo, los compromisos asumidos con el clima, incluidos los objetivos de cero de emisiones a largo plazo. El consumo total de energía presentaría un leve decrecimiento (TMCA -0,11%) que consideraría una disminución

progresiva del consumo de gas natural y petróleo (en torno del 2%) y significativo del carbón, cercana al 5,5% (cuadro 1). Se acentúa el crecimiento de las energías renovables (5,5%), lo que supondrá implementar enormes proyectos que demandarán extraordinarias cantidades de los llamados minerales críticos para la transición energética limpia generando nuevos impactos ambientales. La energía nuclear deberá crecer también de manera importante (2,48%) algo que dependerá del desarrollo de las tecnologías de fisión nuclear donde se observan grandes esfuerzos de I+D (Córdova y Mercado, 2024). Finalmente, el escenario de cero emisiones contempla una disminución importante del consumo total de energía respecto a 2022 (-15%), que exigiría una reducción significativa de la demanda de combustibles fósiles, apenas una sexta parte de lo consumido en 2022, además de un aumento significativo de las renovables. Hablamos de una cantidad cinco veces mayor.

La probabilidad de ocurrencia de estos escenarios dependerá de múltiples factores entre los que destacan el ritmo de crecimiento económico, el peso de los diferentes actores – contrapuestos - de la energía y el cambio climático, y los intereses geopolíticos. En función de esto, la proyección de cero emisiones quedaría prácticamente descartada. A corto plazo (2035), factores coyunturales tienden a impulsar el consumo de hidrocarburos. La invasión a Ucrania en 2022, aunada paralización de la energía nuclear en Alemania en 2023, generó un aumento inusitado de la demanda de carbón alterando la caída de la demanda. En medio de un mercado muy convulso, varias transnacionales, a contrapelo de la necesidad de racionalizar la producción y el consumo de petróleo, adelantan grandes proyectos,<sup>5</sup> parte de estos en países que no tenían peso en el mercado mundial de los hidrocarburos. Sólo en Latinoamérica, destacan Guyana, cuya producción, incluso en zonas no delimitadas con Venezuela, podría alcanzar a 1,5 MMBD en 2028, siendo tal su capacidad de producción que Exxon-Mobil tiene como meta extraer 1,2 MMBD en apenas unos de sus bloques de exploración, el Stabroek, en 2027,<sup>6</sup> y de Argentina, cuya producción de hidrocarburos no convencionales (*Shale Oil*), reconocida como de muy alto impacto ambiental, alcanzaría el 1 MMBD en 2030 con importante aumento de generación de gas asociado.<sup>7</sup>

Este incremento de la oferta tendrá incidencia en los precios, a la baja, pudiendo aplazar los compromisos de disminución de emisiones. Es probable que muchos países en desarrollo, con escasa capacidad técnica y financiera para avanzar hacia una “transición energética limpia”, tiendan a mantener los combustibles fósiles como fuente principal de sus matrices energéticas. De hecho, Arabia Saudita, en forma irresponsable, impulsa planes de inversión para mantener y crear demandas de su petróleo y gas en varias regiones del planeta.<sup>8</sup>

Pero la constatación de que el problema del calentamiento global es más serio de lo estimado (Hansen, et al, 2023) está obligando a la adopción de regulaciones más estrictas. La Unión Europea (UE) aprobó En 2023 nuevas regulaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> para vehículos pesados y medios, a objeto de reducir un 45% de reducción de emisiones a partir

---

<sup>5</sup> <https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/2022/may/11/fossil-fuel-carbon-bombs-climate-breakdown-oil-gas>

<sup>6</sup> <https://mase.lmneuquen.com/petroleo/exxon-empieza-producir-un-gran-yacimiento-guyana-n1073121>

<sup>7</sup> <https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/argentina/petroleo-de-vaca-muerta-alcanza-record-y-en-el-sector-ven-beneficios-para-toda-la-region/>

<sup>8</sup> <https://www.theguardian.com/environment/2023/nov/27/revealed-saudi-arabia-plan-poor-countries-oil>

de 2030, 65% a partir 2035 y 90% a partir de 2040, en tanto que es Estados Unidos la EPA aprobó estándares de emisiones para este tipo de vehículos fabricados a partir de 2027 a objeto de disminuir 56% para 2032. (Córdova y Mercado, 2024).

Es evidente, entonces, la confrontación entre estas dos estrategias. La imperativa difusión y ampliación de las regulaciones para disminuir emisiones de GEI, aunada al crecimiento del uso de otras energías y su abaratamiento, presionará una disminución de la demanda de combustibles fósiles, lo que, en un escenario de sobreproducción en la que se procura estimular más el consumo, podrá generar una importante caída de los precios.

### Nuevas realidades globales de las industrias de petróleo, gas, petroquímica y química

Las industrias de los hidrocarburos, en especial petróleo, gas y petroquímica, icónicas del paradigma tecno-económico intensivo en el uso de materiales y energía (Pérez, 2009) se caracterizan por presentar escalas muy grandes de producción, ser intensivas en capital y tener potenciales muy altos de impacto ambiental. Tecnológicamente se reconocen como sectores maduros donde las posibilidades de que surjan innovaciones radicales es decreciente (Jasso, 2016). La mayoría de las que se introducen, se asocian a los cambios incorporados en los equipos de producción (*embodied technologies*) y a mejoras de los procesos, y de las operaciones en general, mediante el uso de la inteligencia artificial, en especial el aprendizaje automático (*Machine Learning*) (Lee et al., 2023), y el control avanzado de procesos. Se procura incrementar eficiencia y flexibilizar la producción, lo que, de hecho, está contribuyendo a la ampliación de la vigencia temporal de estas industrias.

#### *Cambios en la composición de la demanda del petróleo a medio plazo*

La mayoría de las grandes empresas petroleras, ante la eventual disminución de la demanda de crudo y combustibles, procuran integrarse aguas abajo en la petroquímica. Un ejemplo reciente es la adquisición de la empresa química alemana COVESTRO, líder mundial en la manufactura de materiales poliméricos de alta calidad por la empresa ADNOC (Estatual petrolera de Emiratos Árabes Unidos).<sup>9</sup> Ello supone, para esta última la integración de cadenas productivas, lo que conlleva a la necesaria adquisición y desarrollo de nuevas capacidades tecnológicas.

Esto forma parte de un proceso más general en el que muchas empresas petroleras vienen disminuyendo sus activos en combustibles fósiles, diversificando sus inversiones hacia proyectos de energías renovables (EY, 2024). Esto permite entender, en parte, los esfuerzos de innovación de procesos en las refinerías que se explican más adelante.

Dando por descontado estos cambios en la demanda de los combustibles fósiles, se estima que las refinerías de petróleo tiendan a diversificar la obtención de derivados, en especial aumentando la oferta de materias primas para otras industrias, pero introduciendo, también, modificaciones en los procesos para el aprovechamiento de la infraestructura y las instalaciones existentes para el uso de otras materias primas (e.g. biomasa e hidrogeno)

---

<sup>9</sup> <https://es.marketscreener.com/cotizacion/accion/COVESTRO-AG-24239914/noticia/ADNOC-de-Abu-Dhabi-comprar-la-empresa-quimica-alemana-Covestro-por-16-400-millones-de-d-lares-47971443/>

teniendo, en todos los casos, la premisa de descarbonización mediante mejoras en la intensidad energética y la disminución de emisiones.

Sin considerar el impacto de las regulaciones señaladas en los párrafos precedentes, las proyecciones de la Organización de los países Exportadores de Petróleo (OPEP) indican que para 2045, habrá un incremento en la producción de prácticamente todos los derivados, en total un 5,9% respecto a 2023. En forma discriminada, el consumo de combustibles tendrá comportamiento desigual. Por una parte, la demanda global de gasolina se ubicaría en 27,1 MMBD, un ligero incremento de 1,9%, pero registrando una ligera reducción de -2,2% respecto a 2030 año en el que se estima se alcance el pico de la demanda, en tanto que el consumo de Gasoil/Diesel alcanzaría 29,6 MMBD, incremento de 4,2%, sugiriéndose una mínima reducción (1%) respecto a 2035, año estimado en que se verifique su pico de la demanda. Contrario a esto, para el consumo de combustibles para la aviación (Jet/querosén) se proyecta un acelerado incremento (35,6%) consecuencia del importante aumento esperado del tráfico aéreo (cuadro 2).

Se estima que la demanda proyectada de etano, empleado fundamentalmente para la producción de olefinas, aunque también con potencial para elaborar combustibles líquidos (Departamento de Energía, EEUU, 2015), y de gas licuado de petróleo (GLP), de uso polifuncional, aumente cerca de 6%, en tanto que la nafta, de amplio uso en las industrias petroquímica y química lo haga en un 17%. No obstante, debe advertirse que nuevas regulaciones podrán limitar la demanda de estos commodities, sobre todo en el caso del etano, como consecuencia de restricciones a la producción de termoplásticos, el uso de materia prima renovable (bioetanol) para producir etileno, y un aumento del reciclaje en respuesta a la alta contaminación (cuadro 2).

Cuadro 2

Demanda global de petróleo por derivado/producto (2023-2050) (MMb/d)							
Derivado/producto	2023	2025	2030	2035	2040	2045	Variación 2023–2045
Etano/GLP	14,4	13,7	14,7	15,1	15,3	15,2	5,6%
Nafta	7,0	6,8	7,2	7,6	7,9	8,2	17,1%
Gasolina	26,6	27,6	27,7	27,4	27,2	27,1	1,9%
Jet/querosén	7,3	7,9	8,4	9	9,5	9,9	35,6%
Gasoil/diésel	28,4	29	29,5	29,8	29,7	29,6	4,2%
Combustible residual de petróleo	6,7	7,2	7,4	7,3	7,2	7	4,5%
Otros	11,8	11,4	11,6	11,7	11,4	11,2	-5,1%
Total Global	102,2	103,6	106,6	107,9	108,1	108,2	5,9%

Fuente: OPEC (2022); IEA (2023)

El mayor crecimiento de la demanda se proyecta para los combustibles de aviación. Sin embargo, esta se verá afectada a la baja, por nuevas regulaciones ambientales y la innovación tecnológica. Un claro ejemplo del impacto combinado de estos dos factores lo constituye el desarrollo de los denominados combustibles sustentables para la aviación, en el

que destaca el e-querosén, producido a partir de CO<sub>2</sub>, capturado de la atmósfera, e hidrógeno verde (producido a partir de hidrólisis de H<sub>2</sub>O). Esto, conjuntamente con la aprobación de la *ReFuelEU Aviation Regulation* (ReFuelEU) por la Unión Europea en 2023 que obligará a la sustitución progresiva de fósiles por este combustible a partir de 2030, año en que deberá constituir 1.2% de la mezcla, e irá creciendo progresivamente hasta alcanzar el 35% en 2050.<sup>10</sup> De manera general, como se verá en el análisis de las tendencias tecnológicas, el desarrollo de los llamados e-combustibles incidirá en la demanda de combustibles fósiles.

### *El gas natural en la transición energética*

En tanto combustible fósil, el gas natural es considerado clave para la transición energética en el mediano plazo. Ello porque genera apreciablemente menos emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía producida (cuadro 3) y de material particulado que los otros combustibles fósiles, tener la versatilidad para sustituir a algunos de estos en la generación de energía, integrarse en procesos de cogeneración y hasta para producir combustibles más limpios. Esto tiene implicaciones importantes para Venezuela, que ocupa el octavo lugar en reservas mundiales (2,8%) cifra que, relativamente, puede parecer baja, pero que en términos absolutos (quinientos cincuenta y ocho mil ciento treinta millones de metros cúbicos) constituyen cerca del 60% de las reservas totales de América Latina.<sup>11</sup>

Cuadro 3

Emisiones directas de CO <sub>2</sub> de varios combustibles orgánicos		
Fuel	Emisiones de g CO <sub>2</sub> /MJ <sub>PE</sub>	Diferencia respecto al gas natural
Lignito (carbón mineral)	110,8	99%
Antracita (carbón mineral)	93,9	68%
Gasolina	73,3	31%
Fuel oil	74	33%
Diésel	74	33%
Petróleo crudo	73,3	31%
Kerosene	73,3	31%
Gas licuado de petróleo	66,3	19%
Natural Gas	55,8	/

fuelle: Elaboración propia a partir de [https://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index\\_e.php](https://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index_e.php)

Su uso en la producción de electricidad puede, a corto plazo, disminuir de manera importante las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ejemplo, en Estados Unidos, 20% de la electricidad todavía es generada por carbón. Este puede ser inmediatamente sustituido por gas natural disminuyendo la generación de emisiones hasta en un 18% (Holland et al., 2024). La IEA (2020) señala que, en promedio, la sustitución de carbón por gas reduce las emisiones en un

<sup>10</sup> <https://www.transportenvironment.org/articles/how-is-e-kerosene-developing-in-europe>

<sup>11</sup> <https://www.worldometers.info/gas/gas-reserves-by-country/>

50% en generación de electricidad y 33% en el suministro de calor. Otra contribución importante se relaciona con el papel complementario que puede jugar en respaldo de las energías renovables para garantizar el suministro ininterrumpido de energía (electricidad y/o calor) en respaldo de las energías renovables (Ranney y Mukati, 2021).

El hidrogeno se proyecta como uno de los combustibles clave para la transición energética (IN4climate.NRW, 2019) especialmente por su alto poder calorífico, que hace que pueda utilizarse en motores de combustión interna, su versatilidad para producir electricidad (celdas de combustible) y la posibilidad de almacenamiento seguro. Adquiere importancia en el transporte, en especial para vehículos pesados, en tanto que su aplicación en procesos térmicos en la industria se vislumbra como una de las innovaciones tecnológicas más importantes en este sector durante el presente siglo (Córdova y Mercado, 2024). De allí que se trabaje intensamente en las tecnologías para producirlo en grandes escalas de forma económicamente viable. El hidrogeno puede ser obtenido mediante electrolisis empleando energías renovables (solar y/o fotovoltaica) denominado hidrogeno verde, y a partir de gas natural vía reformación catalítica con vapor de agua y captura de CO<sub>2</sub>, denominado hidrogeno azul.<sup>12</sup>

Se realizan importantes esfuerzos para el desarrollo de tecnologías de electrólisis para hacer más eficiente y rentable la producción de hidrógeno verde. Se estima que para 2030 la producción global alcance las 64.000 TD. La disponibilidad de gas natural para la producción de hidrogeno azul emerge como opción viable, pudiendo contribuir con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Pero para ello se requieren avances tecnológicos significativos, tanto de eficiencia en la producción como en la captura de CO<sub>2</sub> (Tetteh y Salehi, 2023). La adaptación de las instalaciones para una posible integración con la producción de ReFuelEU puede ampliar el horizonte temporal de la utilización del gas natural.

### Innovaciones relevantes en estas industrias

Los graves problemas ambientales asociados al cambio climático, así como las disrupciones tecnológicas que han consolidado la cuarta revolución industrial (4i) están impulsando cambios trascendentales en la producción y en los servicios. Las industrias energéticas y las actividades industriales energo-intensivas están sometidas a grandes presiones para ajustarse a la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y, en general, de la contaminación. La descarbonización, fundamentada en un aumento en la eficiencia productiva y captura de CO<sub>2</sub>, la diversificación de las fuentes de materia prima a objeto de conjugar un *mix* de renovables y no renovables incluyendo el reciclaje y, de forma concomitante, la disminución de descargas y desechos, serán determinantes para mantener la vigencia de estas industrias.

El extraordinario desarrollo que experimentan las tecnologías convergentes tendrá una influencia decisiva en el devenir de las industrias de los hidrocarburos y la química. Por ejemplo, la Inteligencia artificial (IA) y la Big data incrementan las posibilidades de óptimos desempeños funcionales que pueden alargar el tiempo de uso de los equipos y disminuir las inversiones de capital, lo que repercute en beneficios por ganancias de la productividad

---

<sup>12</sup> Existe también el Hidrogeno marrón, obtenido a partir del carbón mineral. Sin embargo, su producción es altamente contaminante, descartándose su utilidad en la transición energética.

resultante. La nanotecnología y la automatización puede contribuir con el rediseño de equipos de producción y plantas, y la integración de procesos, modificando la complejidad, la flexibilidad y las escalas de producción (Görner et al., 2020).

A seguir, se presenta un breve panorama de las tendencias innovadoras más relevantes en estas industrias.

### *Hidrocarburos: integración refinación-petroquímica*

En la industria petrolera la integración de la inteligencia artificial (IA) a las diversas actividades está contribuyendo a optimizar la producción. En aquellas relacionadas con la exploración, está aumentando la probabilidad de identificar áreas con mayor probabilidad de contener reservas de petróleo gracias al procesamiento de datos de múltiples fuentes y realización de análisis complejos. En perforación, la IA está posibilitando una identificación más precisa y rápida de los lugares adecuados para la perforación, y apoyándose en técnicas minería de datos y aprendizaje automático, está permitiendo identificar puntos de alto potencial productivo reduciendo las incertidumbres inherentes a la actividad. En la producción, la IA se está convirtiendo en una herramienta de gran utilidad para prevenir fallas y optimizar la producción de los pozos (Hanif, 2024).

En la refinación la IA es clave para incrementar la flexibilidad, lo que permitiría a los complejos refinadores trabajar con diferentes tipos de crudos. La inteligencia artificial (IA) mediante el uso de algoritmos avanzados puede determinar combinaciones de mezclas de crudo, lo cual permitiría ajustarse a eventuales cambios en la disponibilidad de la materia prima (PETROPUNTO, 2024).

En aras de adaptarse a los cambios en la demanda, se adelantan importantes modificaciones en la actividad misma de refinación que apuntan a disminuir la producción de combustibles para favorecer la conversión directa del crudo a productos químicos (*crude oil-to-chemicals*) conocida como integración refinación-petroquímica. Este cambio disruptivo tiene importantes implicaciones técnico-económicas demandando esfuerzos de conocimiento e inversión en procesos y equipos entre los que destacan, en primer lugar, nuevas tecnologías de craqueo catalítico fluidizado (FCC) e hidrocraqueo para variar el mix de derivados del gasóleo (componente del crudo de alta densidad y bajo valor) en productos más valiosos. La reconfiguración de las operaciones unitarias apunta a incrementar la proporción de derivados para la petroquímica desde el rango tradicional de 15% a 25%, a un rango de 40% a 80%, especialmente olefinas ligeras (Cui, 2020), componentes críticos en muchas ramas de la industria química.

En tecnología de equipos destaca el desarrollo de reactores multifuncionales que acoplan a los procesos de transformación química procesos de transferencia de calor o de separación, pasar de producción por lote (*batch*) a procesos continuos. Esta innovación ha contribuido con la intensificación de procesos, entendida como mejoras sustanciales en la eficiencia productiva y energética (Dautzenberg y Mukherjee (2001).

En segundo lugar, cambios en la configuración actual de las refinerías. El manejo de las diferentes técnicas procurando, además de la maximización en la obtención de derivados su diversificación, se ha ampliado significativamente gracias a la digitalización (en especial la IA y la IOT) y el control avanzado de procesos.

Estas tecnologías posibilitan reprogramar el funcionamiento de la planta en función de cambios en la demanda. Por ejemplo, para incrementar la producción de derivados petroquímicos se puede aumentar la alimentación a los hidrocraqueadores -disminuyéndola al reactor de FCC - programándola para un aumento del rendimiento en la obtención de productos ligeros (olefinas, GLP e, incluso de nafta). El proceso de reformado catalítico se puede cambiar para incrementar la producción de compuestos aromáticos en lugar de gasolina (Fitzgibbon et al., 2022).

Se consideran, también, innovaciones para la reconversión de las refinerías a objeto de producir diésel renovable a partir biomasa, en especial de desechos orgánicos renovables, y combustibles para aviación (e-querosén). Ello requiere modificar las instalaciones y los procesos que, en general, puede efectuarse más rápido y de forma más rentable que la construcción de nuevas plantas para la producción de estos combustibles. Refinerías con grandes tamaños y escalas presentan mayores ventajas para adelantar estos cambios. Sin embargo, deben tomarse en cuenta otros factores entre los que destacan la accesibilidad y proximidad de fuentes de materia prima y la intensidad de los procesos globales de descarbonización (Fitzgibbon et al., 2023).

#### *Gas natural: mayor Industrialización y aumentos de la eficiencia como combustible*

El gas natural presenta potencial importante como materia prima. Ello es posible gracias al desarrollo de tecnologías que permiten en forma económicamente factible su transformación en intermediarios químicos de gran utilidad en la petroquímica, además de la generación de hidrógeno. Su implementación es atractiva, pues aparte de obtener estos commodities, contribuiría a disminuir la generación de emisiones producto del venteo del recurso. Las opciones más relevantes son la conversión de gas en olefinas (*Gas to Olefins - GTO*) y de gas en polímeros (*Gas to Polymers-GTP*). Una ruta tradicional es la conversión de gas natural en gas de síntesis, que se utiliza para producir metanol que, posteriormente puede convertirse en olefinas (etileno y propileno), bases para la producción de polietileno y polipropileno. Las múltiples etapas que considera este proceso inciden en la estructura de costos y en su factibilidad económica.

El desarrollo reciente de técnicas de acoplamiento oxidativo para producir Etileno directamente de Metano (*Oxidative coupling of methane -OCM*), a nivel de laboratorio, y su conversión en compuestos C3 mediante hidroformilación emerge como uno de los cambios tecnológicos disruptivos más prometedores e importantes en la petroquímica básica al prescindir de algunos pasos de síntesis de la GTO. Ello incrementaría la factibilidad económica del aprovechamiento industrial del gas natural (Fonseca et al., 2021).

Los avances tecnológicos en el uso del gas natural como combustible apuntan a mejorar la eficiencia en la generación de energía y la optimización del consumo contribuyendo a aumentar su importancia en la transición energética. Esto contribuirá a ampliar la vigencia temporal de esta industria. Los mayores esfuerzos, aparte del sector de la energía, se identifican en la manufactura y la construcción. Innovaciones como el desarrollo de calderas de gas y de tecnologías de cogeneración (CHP) -electricidad y calor- más eficientes y flexibles, están mejorando la eficiencia del consumo de gas hasta en un 20%, disminuyendo la generación de GEI al tiempo que reducen los costos de capital de los equipos hasta en un 10%. A esto se aúna el desarrollo de nuevas aplicaciones, como la generación

distribuida y el uso del GNL a pequeñas escalas que muestran un potencial significativo de reducción de costos hasta de un 50% (Kang y Thomson, 2020).

### *Industria química*

Muchas de las innovaciones descritas para la refinación y la petroquímica se están implementando en los sectores intermedio y final del complejo químico industrial y otras industrias de procesos orientadas al consumo (e.g. alimentos, pulpa y papel, farmacéutica, entre otras). Las TIC disruptivas (IA, IOT, LM), la nanotecnología y la biotecnología, están transformando, de forma convergente diversos sectores de la industria, incluso aquellos que se consideraban maduros tecnológicamente. La confluencia de avances en estas áreas es el rasgo distintivo que eleva la innovación a niveles antes poco imaginados en la denominada cuarta y, para algunos, ya quinta revolución industrial.

La IA está revolucionando la automatización al ofrecer la posibilidad de procesamiento de grandes conjuntos de datos a escala de planta, tales como funcionamiento de máquinas, sensores y tablas de producción, a objeto de optimizar operaciones que mejoren sustancialmente la seguridad y la eficiencia y, mediante el aprendizaje automático, predecir procesos de fabricación óptimos (ICI, s.f.)

En la investigación, la IA abre nuevos enfoques al contribuir a identificar relaciones fisicoquímicas que posibilitan el desarrollo de nuevo catalizadores, nuevas entidades químicas y nuevas rutas de síntesis. Ello está ampliando notablemente los campos de la ciencia de los materiales y de la computación. Consecuentemente se impulsa un mayor desarrollo tecnológico al ampliarse las posibilidades de crear novedosas tecnologías de procesos mucho más eficientes y de menor impacto ambiental, y el desarrollo de nuevos productos que hacen consideración explícita de los imperativos de la sustentabilidad.

Un ejemplo claro del carácter convergente de esta ola de innovaciones se identifica en la llamada bio-revolución en la 4i en la que confluyen avances en la ciencia biológica, específicamente en la biotecnología industrial moderna, que utiliza organismos, sistemas y procesos biológicos naturales, emulados o diseñados para la producción. Ello considera un numeroso empleo de tecnologías, tanto propias de la disciplina como la edición genética, la ingeniería metabólica y epigenómica, como de las otras áreas convergentes: TIC: IA, aprendizaje automático y control avanzado de procesos), y la nanotecnología en bioaplicaciones (BIA, 2024).

Con relación a la nanotecnología, destaca su importancia en la posibilidad de introducir cambios estructurales y funcionales en los compuestos químicos, permitiendo producir materiales y sustancias con amplias aplicaciones en industrias de procesos (e.g. la propia química, papel, materiales) y otras áreas industriales como farmacia (desarrollo de nuevos principios activos), medicina (nuevas formas de tratamiento), alimentos (detección de patógenos y toxinas y nuevas formas de envasado), Textil (nuevas fibras), la electrónica y la óptica. Además, Pueden contribuir con el saneamiento y remediación ambiental proveyendo materiales que permiten desarrollar técnicas avanzadas de purificación de agua (Malik et al., 2023) y el desarrollo de catalizadores y adsorbentes para el tratamiento de contaminantes orgánicos y biológicos (Lu y Astruc, 2020).

Toda esta ola de transformaciones evidencia el papel determinante de las tecnologías convergentes, en especial de las TIC, en el devenir de la actividad productiva. De allí la imperativa necesidad de incorporarlas en las agendas nacionales de ciencia, tecnología e innovación. Es importante destacar que estas tecnologías presentan atributos de flexibilidad que pueden abrir ventanas de oportunidad a países de desarrollo intermedio. Esto porque, aunque sean intensivas en conocimiento, no lo son, necesariamente, en capital. Y como se mostró, pueden contribuir a modernizar las industrias existentes y ofrecer nuevas oportunidades de desarrollo productivo en el que las escalas de producción no sean determinantes para su implementación,<sup>13</sup> lo que determina que su adopción y desarrollo sean, en diversos aspectos, más accesibles (Córdova y Mercado, 2024).

Y una gran impulsora de todas estas disrupciones tecnológicas es la ingeniería, en medio de un proceso que también le transforma e incrementa las interacciones y complementariedades con las ciencias básicas y sociales. A seguir se presentan algunos rasgos de estas transformaciones en la formación y el ejercicio de la disciplina.

---

<sup>13</sup> Cfr. Supra Pág 19

## CAPÍTULO 2

### Cambios disruptivos en la formación y el ejercicio de las ingenierías

El desarrollo de las ingenierías basadas en la ciencia, ha generado mayores interdependencias entre la ciencia y la tecnología desdibujando los límites entre estas actividades y contribuyendo al desarrollo de la tecnociencia (Channell, 2019). Gran parte de las innovaciones disruptivas se generan en el seno de las ingenierías que, a su vez, experimentan transformaciones significativas en sus formas de generar, transmitir y aplicar los conocimientos. Estas transformaciones trascienden el ámbito tecnocientífico. Los graves problemas socioambientales globales presionan no sólo la incorporación de estos temas en la formación y la actividad profesional, sino que plantean una redefinición del papel de la ingeniería en la sociedad que vaya más allá de las propuestas técnicas a la solución de problemas. Se asumen enfoques transdisciplinarios que consideran la co-creación de conocimientos con otras disciplinas e, incluso, la ingeniería se involucra activamente en la discusión acerca de los problemas éticos del desarrollo tecnológico y de las políticas públicas (Mercado et al., 2022).

#### Cambios en la formación

La globalización-digitalización, la horizontalización de la economía y la fusión de culturas técnicas, económicas y sociales presionan los cambios en la ingeniería (Kamp, 2016). A ello se agregan las presiones que en los ámbitos global, regional, nacional y local se generan para atenuar los impactos ambientales y sociales de las actividades económico-productivas. Esto plantea nuevos acuerdos y formas de relacionamiento entre los actores vinculados a la formación, la investigación, el desarrollo tecnológico y la actividad productiva.

Para 2030 la formación en la ingeniería se fundamentará en 8 elementos que modificarán notablemente el perfil profesional (Cuadro 4).

Cuadro 4

#### Elementos clave para la formación en ingeniería en 2030

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Rigor en el conocimiento de la ingeniería</li><li>2. Pensamiento crítico y no estructurado en la resolución de problemas</li><li>3. Pensamiento multidisciplinario y sistémico</li><li>4. Imaginación, creatividad e iniciativa</li><li>5. Comunicación y colaboración</li><li>6. Mentalidad: diversidad y movilidad</li><li>7. Aprendizaje cultural amplio: compromiso profesional con las diversas comunidades de aprendizaje</li><li>8. Aprendizaje a lo largo de la vida</li></ol> |
|---|

Fuente: Kamp (2016)

La rigurosidad del conocimiento de los fundamentos básicos de la disciplina continuará siendo el eje fundamental de la formación. Sin embargo, el nuevo paradigma va incorporando nuevas competencias y procura generar nuevas actitudes en los estudiantes. El propósito es inducir formas de pensar que promuevan la creatividad y la iniciativa con sentido crítico, no estructuradas fundamentalmente en función de la resolución de problemas, y de carácter multidisciplinario que se adecuen a los contextos de aplicación de los conocimientos (compromiso profesional con las diversas comunidades de aprendizaje y otros *stakeholders*). Se requiere, por tanto, cambiar el actual enfoque de la formación, basado fundamentalmente en el conocimiento técnico-académico, hacia uno que combine estos conocimientos con el análisis de problemas sociales y ambientales y el aporte a sus soluciones (UNESCO, 2021).

La rápida transformación y la complejización de las tecnologías inherentes a la difusión de la cuarta revolución industrial (4i) debe ser tomada en cuenta para el aprendizaje. Debe estimularse al estudiante para que adquiera una visión integral que, a partir de la comprensión de problemas sobre los que generalmente hay escaso conocimiento, y la búsqueda de soluciones, se aprovechen los conocimientos técnicos adquiridos. Ello demanda ampliar los ámbitos de formación. Parte importante de estos ya se están desarrollando fuera de las aulas, directamente en los espacios de producción, y trascendiendo las nociones disciplinarias tradicionales de la ingeniería (Graham, 2018).

Una cuestión esencial es cómo se incorporan estos elementos en la actividad educativa. Para ello, es necesario que la formación en ingeniería se piense extramuros, siendo que la interacción con actores externos, a objeto de integrar sus perspectivas, es crucial para que los programas adquieran una mayor pertinencia social. Se enfatiza en el carácter transdisciplinario del aprendizaje. Debe estimularse a los estudiantes para que sean capaces de adoptar enfoques amplios que, partiendo de la comprensión de problemas complejos sobre los que generalmente hay escaso o ningún conocimiento, y la búsqueda de soluciones tampoco conocidas, les permita aprovechar y aplicar las habilidades técnicas adquiridas para su abordaje. (Graham, 2018).

Mahlmann Kipper et al., (2021) destacan que las principales competencias que deben adquirir los ingenieros en su formación para su desempeño en la industria 4.0, otra acepción de la 4i, son:

- visión estratégica del conocimiento, autoorganización, proactividad, creatividad, resolución de problemas, multidisciplinariedad, trabajo colaborativo, comunicación, innovación, adaptabilidad, flexibilidad y autogestión.
- conocimiento de temas contemporáneos tales como tecnologías de la información y la comunicación y sus impactos, algoritmos, automatización, desarrollo y seguridad de software, análisis de datos, teoría general de sistemas y teoría del desarrollo sostenible.
- competencias técnicas en conocimientos de frontera, habilidades para la comprensión de procesos, alfabetización digital y de la seguridad de TI
- competencias sociales como habilidades interculturales, lingüísticas y de comunicación. Capacidad para establecer contactos, trabajar en equipo y transferir conocimientos; habilidades de negociación.

- competencias personales como flexibilidad, tolerancia a la ambigüedad, motivación para aprender, capacidad para trabajar bajo presión, compromiso con la sustentabilidad.

Estando, según la estimación de algunos, en una transición a la industria 5.0, en la que el foco de interés se desplaza desde el valor económico al valor social, y se procura un cambio en el enfoque del bienestar, procurando concebirlo como un estado positivo que experimentan los individuos y las sociedades,<sup>14</sup> estas habilidades adquirirán creciente importancia para el ingeniero, para su trabajo responsable. En especial porque en el centro de las preocupaciones está el impacto de la tecnología, los inminentes peligros que colocan las tecnologías convergentes, en especial la IA, sobre los individuos y la sociedad. En el ámbito laboral destacan el desplazamiento de la mano de obra, la pérdida de la participación humana en los procesos productivos y su subordinación a la máquina, cuestión que coloca la necesidad de replantear la relación del ser humano con estos artefactos, partiendo de un enfoque más colaborativo en el que se aumenten las capacidades humanas en vez de sustituirlas.<sup>15</sup>

### La práctica profesional

Frente a esta realidad compleja el ingeniero, aparte del dominio de los fundamentos básicos de la disciplina, deberá manejar importantes herramientas de las tecnologías convergentes. Debe tenerse en cuenta que la Inteligencia artificial (IA), la *Big data* y la Internet de las Cosas (IOT) son impulsores transversales de la innovación en la industria y los servicios, replanteando las funciones de la ingeniería. Por ejemplo, en la arquitectura y la construcción el modelado de Información de Construcción (*Building Information Modelling, BIM*) ha multiplicado su alcance y eficacia gracias a la IA haciendo posible materializar ideas que eran apenas imaginables dos décadas atrás. Las industrias de procesos, en las que su incrementa el desempeño funcional generando ahorros que se adicionan a los beneficios atribuibles a las mejoras de la productividad. Por otra parte, la nanotecnología y la automatización avanzada pueden contribuir con el rediseño y la integración de procesos, modificar las escalas y diversificar la producción (Görner et al., 2020), factores que pueden traducirse en incrementos en la eficiencia en el uso de los recursos y la disminución del impacto ambiental (Mercado et al., 2022).

Finalmente, el desempeño del ingeniero debe ajustarse a los imperativos de la sustentabilidad. Esto ha llevado a establecer principios de actuación. Un ejemplo es la Guía para la sustentabilidad del *Engineering Council (2021)* de Gran Bretaña, elaborada para aquellos que se desempeñan en todos los roles de la ingeniería, en los diferentes sectores e, incluso, para las diferentes etapas de la vida profesional. En seis principios fundamentales se establece que la actuación y la responsabilidad del ingeniero va mucho más allá del proyecto y del transcurso temporal de su desarrollo. Su trabajo debe ajustarse a los principios del desarrollo sustentable, lo que requiere amplio conocimiento de los mismos, así como de elementos científico-técnicos y normativos mínimos. (Cuadro 5)

---

<sup>14</sup> <https://www.forbes.com/sites/jeroenkraaijenbrink/2022/05/24/what-is-industry-50-and-how-it-will-radically-change-your-business-strategy/>

<sup>15</sup> <https://atriainnovation.com/blog/industria-5-0-que-es/>

Desde el punto de vista técnico un gran desafío es el uso eficiente de los recursos, de allí la importancia de formarse dentro de los postulados de la sustentabilidad. Ello implica una actuación responsable que procure minimizar los impactos adversos a la salud y al ambiente durante todas las etapas de un proyecto, el diseño y uso de productos ecológicos, la evaluación del ciclo de vida, la adopción de prácticas de reúso y reciclaje, y la adopción de los principios de economía circular (Cuadro 5).

### Cuadro 5

#### Guía para la sustentabilidad (*Engineering Council- UK*)

Principios	Requerimientos para cumplimiento
Contribuir a la construcción de una sociedad sustentable en el presente y en el futuro	Aunque su actividad sea local e inmediata, reconocer que sus impactos potenciales pueden ser globales y duraderos. Comprender todas las implicaciones de la sustentabilidad a lo largo del ciclo de vida de productos, procesos o sistemas. Comprender otras estructuras sociales y culturales relevantes fuera de la propia comunidad de practicantes Ser proactivo, contribuir e influir positivamente en el desarrollo sustentable de las comunidades, locales o globales
Aplicar un juicio profesional y responsable y asumir un papel de liderazgo	Considerar el contexto amplio de su trabajo Estar consciente de que existen aspectos inherentemente conflictivos y no mensurables de la sustentabilidad Enfoque de pensamiento sistémico Presentar problemas, opciones y soluciones a decisores que permitan decisiones acertadas, congruentes con la sustentabilidad Liderar con el ejemplo, influir en otros para mejorar su desempeño en función de la sustentabilidad
Cumplir más allá de lo establecido en la legislación y las normas. Estar preparado para cambios en el statu quo	Esforzarse por ir más allá del mínimo siempre que sea posible, anticipándose a legislaciones futuras que puede ser más estricta Cuestionar los estándares actuales y procurar mejoras Impulsar el desarrollo de legislación y normas futuras en consonancia con los principios del desarrollo sostenible Alertar a las autoridades si cambios regulatorios pueden generar nuevos problemas que afecten la práctica de la ingeniería sostenible
Uso efectivo y eficiente de los recursos	Minimizar cualquier impacto adverso en la sostenibilidad en la etapa de diseño Diseñar y utilizar productos, procesos y servicios con el menor consumo posible de materias primas, agua, energía y otros recursos Evaluación del ciclo de vida como práctica normal en la cadena de suministro, para estimar las implicaciones ambientales de los proyectos Aplicar los principios de economía circular promoviendo la eliminación de residuos y contaminación, y el uso continuo y seguro de los recursos durante el mayor tiempo posible Adoptar estrategias de reúso y reciclaje, el desmantelamiento y la eliminación segura de componentes y materiales. Promover la remediación de daños y afectaciones pasados
Procurar múltiples visiones para asumir los desafíos de la sustentabilidad	Compromiso proactivo con todos aquellos que puedan verse afectados, positiva o negativamente, por las soluciones propuestas Incorporar a quienes tradicionalmente no tienen voz en el desarrollo de soluciones de ingeniería. Escuchar y reconocer el valor de otras perspectivas Emplear conocimientos y experiencia interdisciplinaria, así como diversas habilidades en todas las etapas de un proyecto Considerar los potenciales impactos de los proyectos para las futuras generaciones Procurar un enfoque equilibrado de los problemas
Gerenciar el riesgo para minimizar los impactos adversos y maximizar beneficios para las personas y el ambiente	Realizar una evaluación integral de riesgos y beneficios antes de comenzar un proyecto y después de su finalización. Incluir los riesgos y beneficios de los impactos ambientales, económicos y sociales más allá de la vida útil del proyecto, producto o servicio Esforzarse por garantizar un suministro responsable y ético Considerar los riesgos potenciales del uso del producto o servicio, para prever la mitigación en la etapa de diseño Priorizar los objetivos de sostenibilidad, aun cuando el conocimiento científico no sea concluyente, aplicando el principio de precaución Promover la adopción de sistemas de monitoreo para que todos los impactos del proyecto se identifiquen en una etapa temprana

Fuente: Mercado y otros (2022)

Y esto trasciende los ámbitos usuales de la ingeniería. El ingeniero debe interactuar activamente con otras comunidades de conocimiento y actores sociales que tradicionalmente han sido visto ajenos al desarrollo del proyecto o, de manera más general, de la tecnología. Debe tener las habilidades para participar y conformar redes de trabajo multidisciplinarias que incluyan ecologistas, economistas, activistas ambientales, promotores sociales, personal de agencias gubernamentales, miembros de la opinión pública y eventuales usuarios o afectados por su actividad (UNESCO, 2021). Esto puede abrir oportunidades para ampliar los enfoques en la exploración de problemas y sus soluciones y, de esta forma, alcanzar formas consensuadas de gerenciamiento de los riesgos y minimización de los impactos sobre las personas, los demás seres vivos y el ambiente (Cuadro 5).

## CAPÍTULO 3

### Las industrias de petróleo, gas, petroquímica y química en Venezuela

Hasta finales del siglo XX, Venezuela constituía un ejemplo de país con niveles de desarrollo intermedio. Aunque su economía se basaba fundamentalmente en el petróleo, constituyó una estructura industrial diversificada, con importante capacidad en la manufactura, cuya contribución al PIB durante los años ochenta llegó a ser comparable a la petrolera. Sin embargo, la conflictividad sociopolítica de los noventa, aunado al escaso interés en las políticas sectoriales por parte del Estado, afectó considerablemente su desempeño (cuadro 6). A pesar de ello, a inicios del presente siglo, además de los hidrocarburos, se contaba con una estructura industrial consolidada en los segmentos básicos (e.g. aluminio, siderurgia, cemento) y en los finales, destinados a la elaboración de productos de consumo (e.g. alimentos, metalmecánica, productos químicos finales). No obstante, se reconoce que presentaba carencias en el segmento intermedio (e.g. química intermedia, bienes de capital,) lo que determinaba una débil integración de muchas cadenas productivas.

Cuadro 6

PIB petrolero y de la manufactura (Millones de Bolívares 1984)

año	Petróleo	Crecimiento anual	Manufactura	Crecimiento anual	% manufactura respecto al petróleo
1984	85522		71218		83,3%
1986	86476	1,12%	79960	12,27%	92,5%
1988	94298	9,05%	87993	10,05%	93,3%
1990	108524	15,09%	78925	-10,31%	72,7%
1992	119361	9,99%	92429	17,11%	77,4%
1994	130203	9,08%	88029	-4,76%	67,6%
1996	150139	15,31%	89186	1,31%	59,4%
1998	167035	11,25%	87863	-1,48%	52,6%
2000	159054	-4,78%	82862	-5,69%	52,1%

Fuente: elaboración propia basada en Baptista (2004)

#### Petróleo

El desarrollo de la industria petrolera se inicia a mediados de la década de los veinte del siglo pasado por cuenta de algunas de las grandes transnacionales del sector, prolongándose durante cinco décadas hasta su nacionalización 1976 y la creación de Petróleos de Venezuela S.S (PDVSA). En el entretanto, y hasta mediados de los cincuenta, el Estado venezolano se concentró en desarrollar capacidades institucionales para apropiarse de la renta, conformando buenos equipos técnicos a nivel ministerial (Darwich, 2015). El conocimiento de estos sobre la visión del negocio, les permitió exigir en las concesiones otorgadas en 1944 el desarrollo de actividades de refinación en el país, lo que llevó a la instalación de dos grandes refinerías a finales de los años 40: la de Punto Fijo, responsabilidad de la Shell, y la de Amuay por cuenta de SONJ (Melcher, 1995). Importante

cantidad de trabajadores venezolanos, recibieron formación “*in house*” en estos complejos. quienes posteriormente contribuyeron a dar continuidad al funcionamiento de esta industria e, incluso, la instalación y puesta en marcha de otras en el sector petroquímico (Mercado, 2003). Además de la producción de combustibles, la actividad de refinación producía derivados para la industria de grasas y lubricantes, y solventes alifáticos y aromáticos para diversas ramas de la industria.

Las empresas multinacionales mantuvieron altas inversiones hasta finales de los sesenta, alcanzando un pico récord de producción de tres millones setecientos mil barriles diarios en 1970. Ante la aprobación de la ley de reversión petrolera en 1971, prelude de la nacionalización, paralizan las inversiones. En consecuencia, la producción declinó rápidamente hasta llegar a dos millones trescientos cuarenta mil barriles diarios en 1975, año anterior a la nacionalización. De esta manera, la naciente PDVSA encuentra a la industria con bajas inversiones operativas. Aparte de la caída de la producción, las reservas probadas se ubicaban en dieciocho mil trescientos millones de barriles, que se traducían en un horizonte temporal de apenas 17 años.

Durante los primeros tres años de gestión nacional la producción continuó decayendo (Ministerio de Energía y Minas, 1980). Se implementó un plan de inversiones para recuperar las reservas y la producción que conllevó importantes aprendizajes gerenciales y técnicos que comienzan a revertir la situación en 1979. Pero durante la mayor parte de la década de los ochenta la producción se mantuvo estancada debido al cumplimiento de las cuotas de producción acordadas por la OPEP dentro de la estrategia de defensa de precios por producción. El dominio tecnológico en prospección permitió un aumento considerable de las reservas probadas que en 1989 se ubicaban en cincuenta y nueve mil millones de barriles, un incremento de 3,5 veces respecto a 1974 (Ministerio de Energía y Minas, 1989).

En refinación, a partir de 1979, se introdujeron modificaciones en los procesos de refinación de los complejos de Cardón y Amuay, a objeto de disminuir la cantidad de azufre en los combustibles para responder a normas internacionales, y para la utilización de crudos pesados. Se amplió, además, la capacidad de refinación algo más de cuarenta mil barriles diarios (Nolff, 1981). En 1982, se inicia un proceso de internacionalización que llevó a la adquisición parcial de dos refinerías en Europa (50% de Nynas en Reino Unido, Bélgica y Suecia, y 50% de Ruhr Oel en Alemania) y la participación en ocho en Estados Unidos, seis con control total (Savanah, Paulsboro, Lemont, Sweeny, Lake Charles, Corpus Christi), y dos parcial (Lyondell (42%), Chalmette 50%)). El objetivo principal de esta estrategia era garantizar canales de comercialización del crudo venezolano e incrementar valor a las exportaciones. Para 1998, la capacidad total de refinación de PDVSA ascendía a dos millones novecientos mil barriles diarios, un millón seiscientos mil en el exterior (Sánchez y Esqueda, 2000).

Tecnológicamente, parte del desarrollo de capacidades de prospección y producción se apoyaron en Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (INTEVEP) creado en 1976 a raíz de la nacionalización petrolera. Sin embargo, externamente persistía la crítica de que el instituto no se integraba orgánicamente con las áreas operativas de la industria, evidenciando una diferencia respecto a centros tecnológicos de esta industria en otros países (e.g. CENPES de la PETROBRAS en Brasil), cuestión que limitaba el impacto de sus actividades de I+D. Más allá de esto, su aporte más notable fue el desarrollo de la Orimulsión,

combustible elaborado a partir de una emulsión de crudos pesados y agua que en la década de los noventa, previo al desarrollo de nuevas técnicas de conversión profunda que permitieron aumentar la obtención de derivados de estos hidrocarburos, posibilitó al país la comercialización de importantes volúmenes de crudo fuera de las cuotas de la OPEP.

En pocos años, PDVSA adquirió capacidades gerenciales y técnicas que le colocaron en lugar prominente en el mercado petrolero mundial. Además de conformar sus propias capacidades en las diferentes áreas operativas, tuvo papel clave en el impulso de la ingeniería venezolana. Prueba de ello es que para inicios de la década de los ochenta la participación de la ingeniería nacional en los proyectos d PDVSA alcanzaba 16%. Para 1988 se había ampliado hasta 89%. Debe reconocerse, sin embargo, que no se desarrollaron capacidades importantes en un área clave de la producción - los servicios a pozos - reconocida como de alta complejidad tecnológica que, hasta hoy, ha estado en manos de las multinacionales dominantes de la actividad (Sánchez y Esqueda, 2000).

### Petroquímica y química - industrialización del gas natural

En 1954, el Estado asumirá la participación activa en el desarrollo de la petroquímica creando el Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP). reservándose para sí esta actividad. La participación nacional privada no se permitió sino más de una década después, a partir de 1967, mediante la figura de empresas mixtas. La conformación de los primeros dos complejos petroquímicos: Morón (1954) y El Tablazo (1969), actualmente Ana María Campos, se fundamentó en la adquisición de tecnología llave en mano, algo prácticamente inevitable, pues en el país no existía experiencia productiva y tecnológica alguna. De hecho, para 1960 ni siquiera existían carreras universitarias de ingeniería en estas áreas.

En medio de un acelerado intento de industrialización, esta insuficiencia contribuyó a que la adquisición de tecnología, –en realidad en la mayoría de los casos se trataba más bien de «la adquisición de "capacidad de producción" (bienes tangibles, físicos) y no de “capacidad tecnológica” (bienes intangibles, conocimientos)» (Ávalos, 1991) – se constituyera practica rutinaria, conformándose con lograr, en algunos caso de manera poco eficiente, el manejo de la tecnología (capacidad de uso y operación, de acuerdo a la clasificación de Bell (2007). Cabe destacar que otros países tuvieron similar comportamiento en la fase de montaje de los primeros complejos petroquímicos, pudiéndose citar el caso de Brasil que, a finales de los cuarenta, momento en el que tan siquiera contaba con reservas probadas de hidrocarburos, da inicio a esta industria también bajo la figura de empresas mixtas. Sin embargo, progresivamente mediante políticas industriales acertadas, y esfuerzos de aprendizaje a partir de la adquisición, las empresas fueron dominando buena parte de la tecnología, permitiendo en posteriores negociaciones desagregar paquetes tecnológicos e incorporar activamente capacidades nacionales (universidades, centros de I+D y otras empresas) en la instalación y puesta en marcha de los nuevos complejos petroquímicos (Mercado, 2004).

Adicionalmente, la visión del negocio en Venezuela fue muy restrictiva. En clara alineación con la política de sustitución de importaciones, los complejos petroquímicos centraron su producción en la producción de fertilizantes y termoplásticos para satisfacer las demandas del mercado interno. Plantas con pequeñas escalas y/o alta subutilización, y poco diversificadas, determinaban una baja eficiencia productiva y escasa competitividad. Cabe

señalar que hasta finales de los setenta, muchas de las plantas del IVP arrastraban importantes problemas operativos desde su puesta en marcha con importantes déficits financieros (Mercado, 2004).

Un hito positivo fue la aprobación del programa de financiamiento de la petroquímica en 1966 que estableció las competencias que tendría el Estado - se reservaba para sí el manejo de los procesos de primera transformación del segmento básico - y del sector privado, que podría participar en los procesos de segunda transformación y ulteriores a través de empresas mixtas. En 1969 ya se habían instalado dos: Química Venoco, productora de alquilbenceno, intermediario fundamental para la elaboración de detergentes, y Oxidor, productora de Anhídrido Ftalico, intermediario fundamental para la producción de resinas. La participación privada en estos casos corrió por cuenta de Grupo Venoco y Corporación Industrial Montana (CORIMON). Se iniciaba entonces una discreta integración del complejo industrial.

Estos dos grupos tuvieron peso importante en el desarrollo del segmento final de la industria. Desde finales de los cuarenta, con la creación de la empresa pinturas Montana, CORIMON se había afianzado como un productor importante de bienes finales. En 1959 inicia un proceso de integración aguas arriba con la instalación de la empresa RESIMON, para la elaboración de resinas diversas para la industria de pinturas y otras agrupaciones del segmento final. VENOCO, inició operaciones en 1960 con una fábrica de grasas lubricantes aprovechando algunas fracciones de las refinerías (Mercado, 2004). Por su parte la creación de Química Venoco (1968), fue un interesante esfuerzo de industrialización para garantizar la producción de un intermediario petroquímico (alquilbenceno) insumo fundamental para la elaboración de un importante bien de consumo final (detergentes). Esta empresa, posteriormente queda bajo control accionario absoluto del Grupo Venoco (1972), y a partir de ese momento inicia un esfuerzo de innovación que permitió modificar radicalmente la tecnología a tal punto que para 1990 había incrementado diez veces su capacidad de producción con nuevas rutas de síntesis, es decir un diseño de procesos nuevo, en la que es, probablemente, la innovación más importante en la historia de la industria petroquímica en Venezuela (Mercado, 2003).

Estas iniciativas, si bien no eran abundantes, tampoco eran excepciones. En estos años se conformó una constelación de empresas con actuación en diversas ramas del complejo químico (Cuadro 7) que, aparte de garantizar la provisión de múltiples insumos industriales y productos de consumo, evidenciaban interesantes procesos de aprendizaje tecnológico tal como lo evidenciaron los estudios sobre Conducta Empresarial elaborados entre 1988 y 1996 por un grupo de investigadores de la Universidad Central de Venezuela con colaboración de instituciones internacionales de investigación (Pírela, 1996).

Cuadro 7

## Plantas industriales del complejo petroquímico y químico venezolano (año 1989)

Agrupación industrial	Número de empresas
Sustancias Químicas básicas	86
Abonos y Plaguicidas	12
Resinas sintéticas, materiales plásticos y fibras artificiales	27
Pinturas, Barnices y lacas	39
Productos farmacéuticos	69
Jabones y detergentes	83
Productos Químicos N.E.P.	97
Otros químicos	317
Total_	730

Fuente: Pírela y otros (1996)

La creación de la Petroquímica Venezolana (PEQUIVEN) en 1977 como una empresa filial de PDVSA supuso el inicio de una nueva etapa de este sector. Se propuso impulsar mejoras operativas en los complejos petroquímicos existentes y la industrialización del gas natural. En 1979 se inicia la construcción del complejo Criogénico de Oriente en el Estado Anzoátegui, que garantizaría el suministro de materia prima para el futuro complejo petroquímico de Jose, hoy Complejo Industrial Petroquímico y Petrolero General de División José Antonio Anzoátegui (Mercado, 2004). La construcción de este complejo se inició en los ochenta y se inaugura en 1990, manteniéndose la modalidad de empresas mixtas para su desarrollo. Al año siguiente entra en operación la empresa Supermetanol y en 1992 Metanol de Oriente, que producirían inicialmente metanol con escalas de producción de clase mundial (800.000 TMA), posteriormente diversificarían la producción incorporando la elaboración de productos oxigenados para gasolinas (metil terbutil éter (MTBE) y terc-amil éter de metilo (TAME). En 1998 inicia operaciones la empresa Fertinitro dedicada a la producción de Amoniaco (1.300.000 TMA) y Urea (1.450.000 TMA). La meta a medio plazo era que la petroquímica venezolana alcanzase capacidades competitivas en el ámbito global.

La apertura en los noventa supuso desafíos importantes para las empresas de los primeros complejos petroquímicos. En El Tablazo se adelantaron algunos proyectos para mejorar la productividad y aumentar las escalas de producción de las plantas de olefinas y termoplásticos a objeto de cubrir el incremento de la demanda, pero continuaron presentando importantes rezagos de competitividad respecto al mercado internacional debido, sobre todo, a factores de escala. Para inicios del presente siglo, la producción de resinas termoplásticas (poliolefinas y cloruro de polivinilo), mayoritariamente en manos de PEQUIVEN, cubría una fracción importante de la demanda nacional de la industria transformadora (procesamiento del plástico), compuesta por importante número de empresas que incluso exportaban a algunos mercados regionales, y de otros sectores de la industria como el automovilístico y la construcción. Así, el clúster evidenciaba alguna capacidad competitiva (Ávalos y Mercado, 2019).

Como se indicó, la petroquímica se concentró en la producción de resinas termoplásticas, fertilizantes y aditivos oxigenados, cuestión que dificultó la integración aguas abajo y el desarrollo de la química intermedia para lo que era necesario producir básicos petroquímicos que permitieran la elaboración de intermediarios precursores (e.g. Cumeno (Isopropilbenceno, Fenol, Acetona) (Mercado, 2004). Tecnológicamente, en la generalidad de los casos las empresas alcanzaron capacidad de uso y operación, aunque se desarrollaron algunas capacidades innovadoras para realizar modificaciones en productos (grades petroquímicos) y nuevos usos y aplicaciones a través de su empresa Investigación y Desarrollo C.A. (INDESCA).

La industria química tuvo su desarrollo más notable en el segmento final (elaboración de productos de consumo) alcanzando muchas empresas capacidades tecnológicas de uso u operación y, en buen número de casos de ingeniería y diseño (Bell, 2007). Estas dinámicas tecnoproductivas generaban demandas de formación y capacitación, servicios y asistencia técnica a las IES y, en menor medida de investigación y desarrollo.

Sin embargo, en los últimos veinte años estas industrias registraron una pérdida importante de capacidades tecnológicas que afectó notablemente la producción, muy notable en la petrolera y la petroquímica.

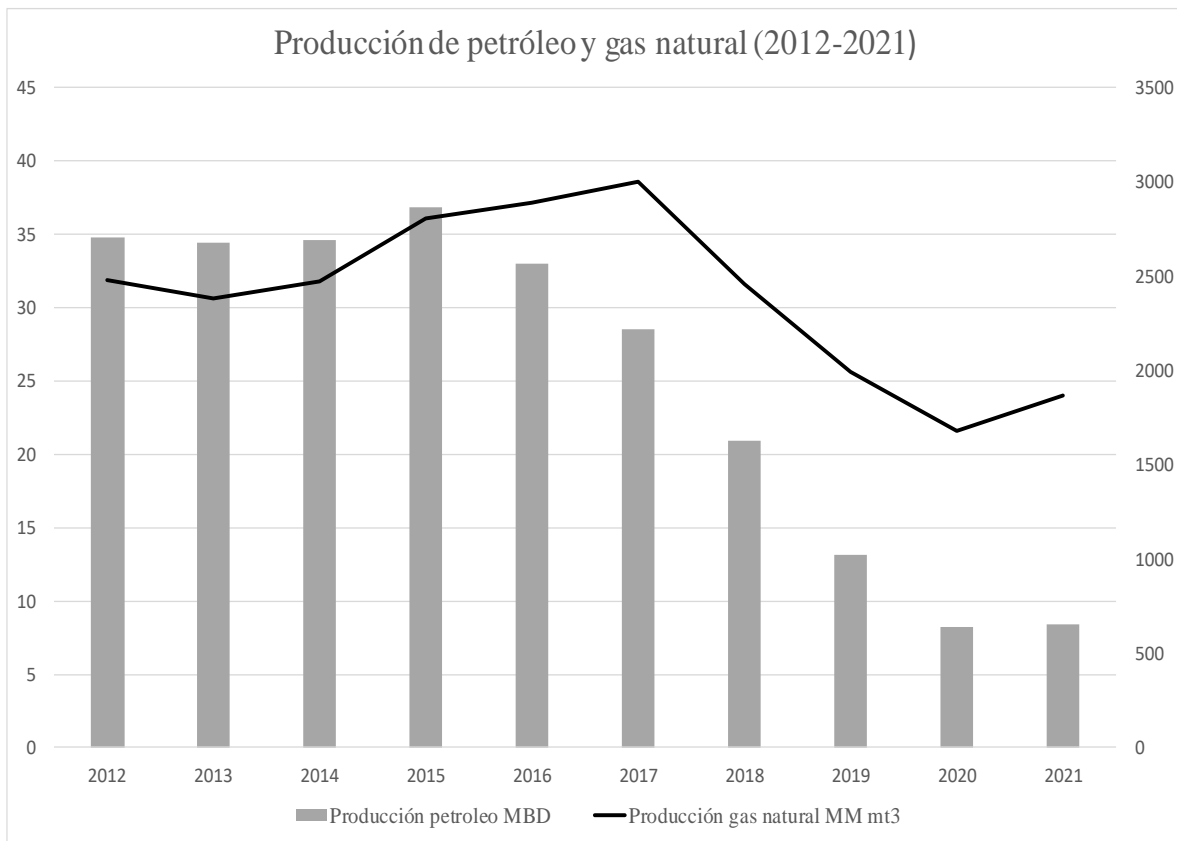
#### Situación económico-productiva de estas industrias

Entre 2013 y 2020, la economía venezolana, experimentó una caída de más del 75%. Esta fue aún más pronunciada en la actividad industrial cuyo PIB se estima que disminuyó más del 80% (Mercado et al., 2020) En los años subsiguientes ha mostrado un crecimiento bastante discreto debido básicamente a actividades informales, incluso ilegales que, entre otros impactos, ha generado una impactante degradación ambiental. Pero la consecuencia más dramática de este descalabro es la crisis humanitaria que confronta el país, la más severa del continente en el presente siglo. Años de pérdida de libertades políticas y económicas, expropiaciones y degradación gerencial en las empresas en manos del Estado están entre las principales causas de este desastre.

#### *Petróleo y gas*

El colapso de la industria de los hidrocarburos, principal fuente de ingresos del país, arrastró la economía. En el caso de la industria petrolera, la agudización de la crisis se observa a partir de 2015, año en que se observa un pico en la producción (dos millones ochocientos sesenta mil barriles diarios). Estos niveles de producción se habían mantenido en torno a los 2,7 MMBD desde 2004 año en que se observa una ligera recuperación respecto a 2003 donde se alcanzó un mínimo de 2,5 MMBD debido a los efectos del paro petrolero. En apenas cuatro años la producción disminuye dos tercios hasta alcanzar apenas seiscientos cuarenta mil barriles en 2019. La caída de producción de gas natural se observa a partir de 2017, mostrando un descenso de 44% entre 2017 y 2022 (Figura 2). En el caso del petróleo, esto significó retroceder a los niveles de producción de la década del cuarenta del siglo pasado. El deterioro de la actividad de refinación fue más severo, registrando una caída de 90 % desde el año 2012 (Mercado et al., 2020). Las consecuencias: caída del ingreso del país por exportaciones y la imposibilidad de garantizar, siquiera, el suministro de combustibles para el mercado interno y la provisión de materias primas para las industrias petroquímica y química.

Figura 2



Fuente: BP (2022)

Esto obedece fundamentalmente a un empobrecimiento de la estructura profesional y laboral a causa de las malas políticas, aunque desde hace algunos años el gobierno se empeña en atribuir las sanciones económicas internacionales implementadas a partir de 2018. Pero, como lo evidencia el Figura, el colapso se había producido antes. Se inició en 2002 con el despido de 18.000 de los 40.000 trabajadores de la industria, la mayoría con altos niveles de calificación, por lo que se perdieron conocimientos producto de muchos años de formación y acumulación de experiencia (Lander, 2004). Desde entonces, una práctica institucionalizada por el segundo gobierno de Hugo Chávez y los de Nicolás Maduro ha sido la privilegiar decididamente el compromiso político sobre las capacidades técnicas y gerenciales.

Superado el paro, comienza a experimentarse una ampliación desproporcionada de la nómina. En 2009, Rafael Ramírez, entonces presidente de PDVSA, declaraba que esta alcanzaba 80.000 trabajadores, un incremento de más del 300% respecto a 2002. Hubo alguna recomposición de los cuadros técnicos que permitieron mantener la producción, pero, en general, esto conllevó a una desprofesionalización en la industria. La nómina continuó expandiéndose exorbitantemente hasta llegar a 154 mil trabajadores en el año 2014. Desde 2007, cuando se inició la expropiación de las empresas de servicios conexas a PDVSA, se incorporó personal con escasa calificación. Además, la creación de empresas y la dedicación a actividades que no tenían relación alguna con la industria (e.g. PDVAL, Misión Vivienda) contribuyeron a agravar la situación y aumentaron la corrupción. Este proceso expansivo de

la nómina comienza a revertirse en 2014. Muchos trabajadores, en especial de calificación alta y media, comienzan a abandonar la industria debido a la precarización de sus condiciones laborales. Incluso, miembros de la alta dirección de la empresa fueron objeto de persecución política y prisión. Para 2018 la planta laboral se había reducido a cincuenta y cuatro mil trabajadores, siendo las áreas operativas las más afectadas. De acuerdo a la información de los sindicatos, en abril de 2019, quedaban unos 2.500 trabajadores en la refinería de Cardón-Bajo Grande (Zulia), mientras que en la Faja Petrolífera del Orinoco unos 3.000, en el estado Falcón unos 500, 200 en Monagas y apenas 100 en la refinería de El Palito.<sup>16</sup> (Mercado y Ávalos, 2019).

### *Petroquímica*

Se advierte, que desde 2011 no hay información oficial sobre la producción petroquímica del país por lo que se trabaja con esa información y consultas a algunas fuentes de esta industria. Para 1999, la capacidad instalada de la industria petroquímica era de ocho millones quinientas mil TMA, cuatro millones cien mil correspondientes a las plantas de PEQUIVEN y el restante a las empresas mixtas. Desde inicio del siglo la producción decayó, observándose una caída abrupta en 2002-2003. El paro petrolero afectó la significativamente la operatividad de la petroquímica por la caída de suministro de materia prima y por pérdida de personal gerencial y técnico. A partir de ese año, se recuperó operatividad alcanzándose en 2008 los niveles de producción previos al paro. A partir de ese momento comienza nuevamente una caída continua de la producción, producto de la politización, la falta de inversión y la disminución de beneficios salariales una merma de personal calificado. En 2011, último año en que hay cifras oficiales disponibles, la producción de PEQUIVEN se ubicaba en poco más de dos millones doscientas mil toneladas (Figura 3).

En 2010 el sector es objeto de expropiaciones. Se confisca la empresa Aceites y Solventes Venezolanos (VASSA S.A) en Falcón.<sup>17</sup> seguidamente, son expropiadas las empresas del Grupo industrial VENOCO (C.A. Nacional de Grasas Lubricantes, Química Venoco y Aditivos Orinoco, poniendo fin a uno de los grupos corporativos nacionales más exitosos del país. Se adquieren de manera forzosa las acciones de las multinacionales Koch *Minerals Sarl* (USA) y Saipen, Subsidiaria de la Petrolera Eni (Italia) en la empresa Fertinitro, acción que fue sometida a un arbitraje internacional en el CIADI que, en 2022 condenó al Estado Venezolano a pagar 409 millones de dólares.<sup>18</sup> La toma por parte del gobierno de estas empresas conllevó cambios sustanciales en las estructuras directivas y gerenciales que, rápidamente, comenzaron a reflejarse en un deterioro de su funcionamiento.

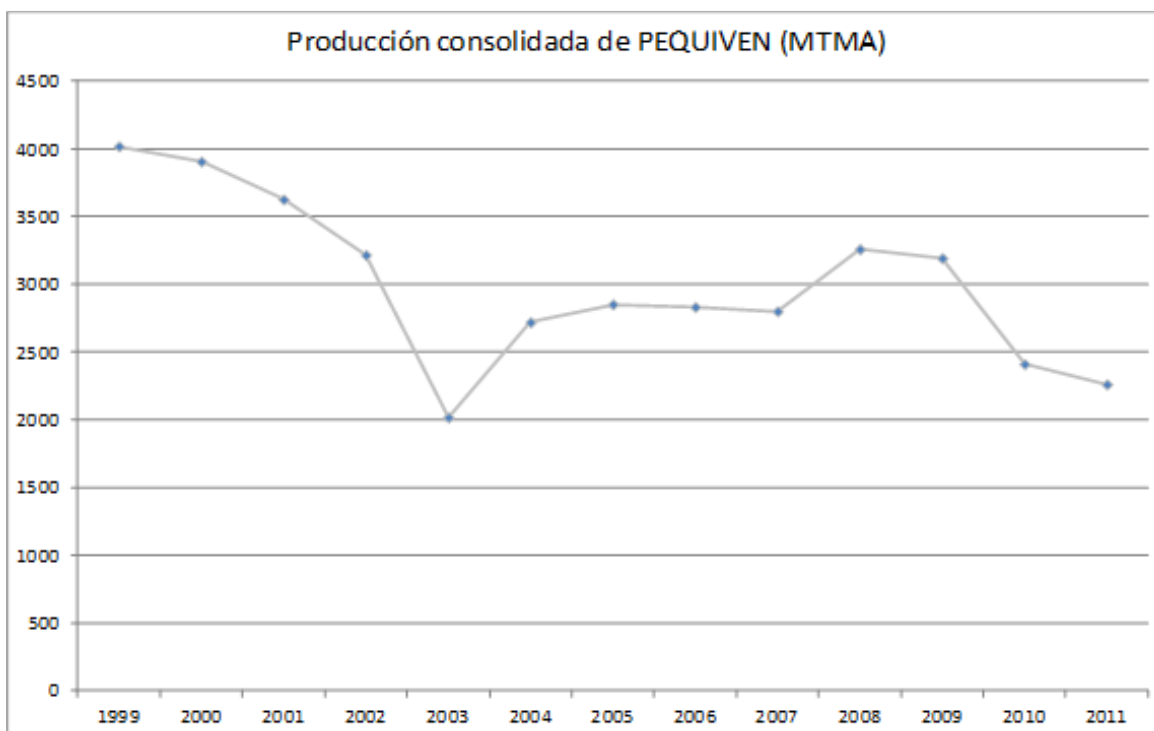
---

<sup>16</sup> <https://talcualdigital.com/index.php/2019/04/12/la-produccion-victima-de-la-renuncia-masiva-de-los-trabajadores/>

<sup>17</sup> <https://vendata.org/site/empresas-publicas/>

<sup>18</sup> <https://ciarglobal.com/concluido-arbitraje-de-koch-v-venezuela-tras-11-anos-el-pais-debe-pagar/>

Figura 3



Fuente: Ávalos y Mercado (2019).

En el año 2020 la situación se había deteriorado bastante más. Fuentes allegadas a la industria señalaron que la falta de suministro de etano y propano al complejo Ana María Campos tenía prácticamente paralizada la producción de olefinas y termoplásticos. La planta de Óxido de etileno y glicoles en Santa Rita trabajaba empleando una fracción muy pequeña de su capacidad, inferior al 20%, en tanto que la planta de Estireno de la, para entonces, empresa mixta Estirenos del Zulia, llevaba dos años paralizada por la falta de suministro de benceno<sup>19</sup>. La falta de suministro de bases para lubricantes por parte de las refinerías llevó a la casi paralización de la planta de Lubricantes de Vassa (Ex lubricantes Venoco). Sin embargo, en octubre de 2023 fuentes del gobierno anunciaban un reinicio de operaciones.<sup>20</sup> La producción de alquilbenceno lineal presentaba una situación similar, experimentando caída vertiginosa de la producción por falta de materia prima e inoperatividad de la planta. Consecuentemente las plantas de sulfonación para la producción de detergentes (dos) se paralizaron obligando a la importación del producto terminado. Por último, se señala que la falta de inversión en la mayoría de estas instalaciones ha imposibilitado la actualización de las plantas acentuando la obsolescencia, cuando no, llevándolas a su total inoperatividad (ibíd. ant).

A modo de síntesis se presenta una breve descripción de la situación tecnoproductiva de la industria petroquímica a inicios de la segunda década del presente siglo (cuadro 8).

<sup>19</sup> Un informe de ASOQUIM sobre la industria química venezolana, indica que le actualmente es 100% privada. <https://asoquim.com/index.php/2024/04/20/industria-quimica-venezolana/>

<sup>20</sup> <https://www.ciip.com.ve/pdvsa-se-posiciona-nuevamente-en-mercado-nacional-de-aceites-y-lubricantes/>

## Cuadro 8

### Industria Petroquímica (situación tecnoproductiva)

Situación de materias primas, insumos y suministros	Producción	Condición de los equipos y Capacidad tecnológica	Situación laboral y ambiental
<p>Deficiente suministro de etano y propano para producción de olefinas.</p> <p>Sin suministro de olefinas para la producción de PE, PP y de Óxido de Etileno</p> <p>Caída significativa de la producción de bases para Lubricantes de las refinerías de Cardón y Amuay</p> <p>Caída de la producción de aromáticos de la planta Benceno, Tolueno, Xileno (BTX) de El Palito)</p> <p>Paralización de la planta de alquilbenceno lineal</p> <p>Dificultad para la adquisición de partes y equipos</p>	<p>Termoplásticos: caída severa de la producción por la falta de materia prima</p> <p>Sin Óxido de etileno, se paraliza la producción de alcoholes hidratados</p> <p>Paralización de elaboración de grasas y lubricantes automotrices.</p> <p>Paralización de la producción de estireno - poliestireno</p> <p>Paralización de la producción de solventes</p>	<p>Parálisis de las plantas incide en una pérdida de capacidad de uso y operación.</p> <p>Perdida de capacidades de ingeniería y diseño por paralización de las actividades de investigación y desarrollo en las empresas (claro des-aprendizaje). Ejm. Caso Química Venoco: Desestructuración del grupo de I+D</p> <p>Deterioro de la planta industrial.</p> <p>Obsolescencia de los equipos de control de emisiones (sólidas, líquidas y gaesosas)</p> <p>Perdida y deterioro de equipamiento adquirido para la instalación de nuevas plantas</p>	<p>Deterioro de las condiciones de trabajo /seguridad y salud laboral).</p> <p>Caída estrepitosa del ingreso y la calificación de los trabajadores</p> <p>Problemas de mantenimiento en los sistemas de tratamiento de emisiones.</p> <p>Acumulación de pasivos ambientales</p>

Fuente: Ávalos y Mercado (2019)

### *Química*

La industria química se contrajo significativamente en las últimas dos décadas. Ante la imposibilidad de obtener datos oficiales se revisó la página web de ASOQUIM que reporta un total de 150 empresas afiliadas cifra que constituye el 85% del sector, por lo que puede inferirse que el universo de empresas del sector estaría en torno a las 175 empresas, menos de un cuarto de las existentes en 1999. Debe señalarse, además, que un porcentaje importante de ellas ahora son distribuidoras.

El sector confronta problemas diversos en los que destacan la caída pronunciada de las ventas (94%) y la dificultad para obtener financiamiento (50%). Señala además la encuesta que para el segundo trimestre de 2023, 31% de las empresas funcionaba a menos del 20% de la capacidad instalada, y 44% entre 21% y 40%.<sup>21</sup> Fuentes del sector señalaron

<sup>21</sup> <https://asoquim.com/>

que esta agrupación también se ha visto seriamente afectada por la emigración de personal calificado lo cual perjudica a las empresas de todos los estratos. Aunque no se precisaron datos concretos, algunas firmas indicaron la dificultad que esto significaría para una eventual recuperación de la actividad industrial. Adicionalmente, destacan que la obsolescencia de equipos y maquinarias es grave, ello debido a que desde hace más de diez años las inversiones se orientan a adquisición de materia prima y al mantenimiento, lo cual se complica por la paralización de muchas de las líneas de producción. Al respecto señalan que será necesarias inversiones mayores en reposición de equipos de producción y de control de procesos.<sup>22</sup> Técnicamente, la semiparalización de muchas líneas de producción, aunada a la pérdida de personal calificado se traduce en una reducción de sus capacidades tecnológicas, un desaprendizaje tecnológico, entendido como como pérdida de conocimientos sin que haya una intención explícita de eliminarlo de la organización (Quintero et al., 2015). En el cuadro 9 se presenta una síntesis de la situación tecnoeconómica del subsector.

Cuadro 9  
Industria Química (situación tecnoproductiva)

Situación de materias primas, insumos y suministros	Producción	Condición de los equipos y Capacidad tecnológica	Situación laboral y ambiental
<p>Semi-paralización de la provisión de solventes e insumos químicos de la petroquímica nacional.</p> <p>Dificultad para la importación de insumos químicos intermediarios</p> <p>Dificultades para la adquisición de piezas y partes de equipos</p>	<p>Desaparición de algunas ramas de la química intermediaria (e.g. pigmentos y colorantes) y semiparalización de otras (e.g. resinas alquídicas y fenólicas)</p> <p>Semiparalización de elaboración de productos de caucho,</p> <p>Semiparalización de diversas ramas del segmento final (detergentes, tintas entre otras)</p>	<p>Parálisis de las plantas incide en una pérdida de capacidad de uso y operación.</p> <p>Perdida de capacidades tecnológicas.</p> <p>Paralización de la investigación y desarrollo en las empresas (evidente desaprendizaje).</p> <p>Deterioro de la planta industrial y marcada obsolescencia tecnológica</p>	<p>Deterioro de las condiciones de trabajo /seguridad y salud laboral).</p> <p>Caída estrepitosa del ingreso y la calificación de los trabajadores</p> <p>Problemas de mantenimiento en los sistemas de tratamiento de emisiones.</p>

Fuente: Ávalos y Mercado (2019)

En conclusión, nos encontramos con una industria muy afectada productivamente, en medio de profundas transformaciones tecnológicas globales que procuran responder a los crecientes requerimientos ambientales, cuestión que tornará más difícil su recuperación.

<sup>22</sup> Conversación con la presidenta ejecutiva de ASOQUIM, junio de 2020.

## CAPÍTULO 4

### La situación de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES)

Los temas abordados en los dos capítulos anteriores plantean importantes desafíos para el desarrollo y funcionamiento de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES) del país. Estas, particularmente en las universidades nacionales, se han caracterizado por presentar estructuras académicas muy conservadoras, disciplinariamente compartimentalizadas y con escasa disposición para vincularse con otros actores y ámbitos de la sociedad. Esto ha sido un obstáculo para implantar formas de producción, transmisión y uso del conocimiento multidisciplinarias (Mercado, 2005). A ello habría que agregar que el deterioro experimentado por estas instituciones en los últimos años perjudicó, notablemente, los contados esfuerzos que se realizaban en esta dirección.

La severidad de la crisis que confrontan las IES venezolanas, no obstante, puede abrir algunas ventanas de oportunidad para el devenir de la disciplina. Los esfuerzos de recuperación, incluso debe hablarse ya de transformación, pueden, y deben, considerar la implementación de las citadas prácticas de formación y de producción y difusión del conocimiento.<sup>23</sup> Las precarias condiciones tanto del lado de la oferta (las IES) como de la demanda (la industria y los servicios), serán extremadamente difíciles de superar si se pretende hacerlo de la manera tradicional (cada uno por su lado). Es imperativo conformar espacios colaborativos en los que se adelanten transformaciones curriculares que propicien un aprendizaje basado en el trabajo y la participación en proyectos de innovación útiles para las empresas u otras instituciones externas.

La conjunción de necesidades de ambos sectores puede propiciar esta interacción, teniendo en mente la renovación y flexibilización de los programas de formación, procurando tener en las unidades productivas espacios para el trabajo práctico en función de los requerimientos y problemas que estas confronten. Estudios realizados como parte del proyecto en el que se enmarca de este estudio, comprobaron que esto es identificado como una prioridad tanto por la academia como por el sector empresarial por lo que, a partir de ello, se enunciaron algunas políticas y estrategias institucionales para avanzar en tal fin (Cervilla et al., 2022; Sánchez et al., 2022)<sup>24</sup>.

Estos resultados llevaron a una profundización del análisis en ámbitos más específicos de la disciplina, a objeto de tener un conocimiento más completo de la realidad sectorial e institucional, y poder proponer acciones para la implementación de estas estrategias. En función de las estructuras marcadamente disciplinarias existentes en nuestras universidades y a objeto de operacionalizar el análisis se organizaron seis grandes áreas:

---

<sup>23</sup> Cfr. Supra Pág 27.

<sup>24</sup> Realizados en el marco proyecto: Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas". [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_cc/article/view/20057](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_cc/article/view/20057)

- Agronomía y Agroindustria
- Ambiente, infraestructura y servicios
- Eléctrica, Electrónica y TIC
- Ciencias de la tierra
- Ciencias de los materiales y mecánica
- Petróleo, gas y química

Sin dejar de reconocer las restricciones que imponen estos límites disciplinarios estancos, se propuso analizar la situación de la docencia y la investigación, haciendo énfasis en los recursos humanos (planta profesoral y matrícula estudiantil), de la producción científico-técnica (tipo de actividad, resultados), infraestructura para su ejecución (planta física y equipamiento de investigación y computación) y vinculaciones con la industria y los servicios. Específicamente, este estudio pretende dar cuenta de las áreas más relacionadas directamente con las industrias los hidrocarburos, petroquímica y química, dorsales en la economía del país.

#### Situación de las ingenierías de petróleo, gas y química

Para fines del Estudio se hizo una revisión de las carreras de ingeniería en las áreas de hidrocarburos y química. Estas se dictan principalmente en las universidades nacionales autónomas, en las experimentales, incluidas aquí la USB, UNEXPO y UBV, y en una privada (cuadro 10).

Cuadro 10

Instituciones de Educación superior con carreras de ingeniería en hidrocarburos y química

<b>Institución</b>	<b>Carreras</b>
UCV	Ingeniería de petróleo; Ingeniería Química
LUZ	Ingeniería del petróleo; Ingeniería Química
UDO	Ingeniería de petróleo; Ingeniería Química
ULA	Ingeniería Química
UC	Ingeniería Química
USB	Ingeniería Química
UNEXPO	Ingeniería Química
UNIMET	Ingeniería Química
UBV	Ingeniería de petróleo y gas

Fuente: páginas web de las universidades

### *Instituciones participantes en el grupo de discusión:*

Se procuró establecer comunicación con todas estas instituciones. Sin embargo, sólo se pudo contactar a cinco universidades nacionales públicas y una privada. Al final, en los grupos de discusión se contó con la participación de la UCV, LUZ, ULA y la UNIMET, considerándose que por su peso en la formación, la matrícula estudiantil, y en la realización de actividades de investigación, tienen buena representatividad.

### Metodología

Evaluaciones previas, basados en cuestionarios enviados a miembros de la universidad y la industria, y reuniones de trabajo con actores de estos ámbitos, permitieron tener una primera visión del sistema de estudio- las ingenierías en las IES - que consideraba elementos del entorno (el ámbito más general que incluye los diferentes componentes del SNCTI); el contexto específico de las IES, en especial su estructuras de gobierno y administración centrales, y del sistema interno que comprende las propias instancias de ingeniería. A partir de seis dimensiones de análisis, a saber (1- Formación y capacitación; 2- Investigación, desarrollo tecnológico e innovación; 3- Desarrollo sustentable; 4- Políticas y estrategias; 5- Industria y servicios) se identificaron 65 variables que daban cuenta de la realidad de la formación, la investigación y las vinculaciones, entendidas en una perspectiva amplia que trasciende la extensión. En una segunda fase que consideró nuevos talleres de trabajo se realizó una clasificación que permitió seleccionar las 22 variables más importantes para el funcionamiento del sistema (Sánchez et al., 2022). Finalmente, mediante el empleo de un análisis estructural se identificaron las más determinantes para su evolución (cuadro 11):

Cuadro 11

#### Clasificación de las Variables producto del Análisis Estructural

Tipo	Nombre de la variable
Influyentes o de poder (independientes del comportamiento de otros factores del sistema; el sistema depende, en gran medida, del comportamiento de estas)	Gestión universitaria eficiente y flexible
	Gestión del talento humano
Relé o de conflicto (influyentes y muy dependientes. Acciones sobre ellas tiene incidencia sobre las otras variables. Controlando ciertas condiciones pueden favorecer la evolución del sistema	Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación
	Formación en la Frontera tecnológica
	Gestión de conocimiento
	Pasantías industriales
	Formación integral y capacitación en desarrollo sustentable
	Perfil de formación transdisciplinario
	Asistencia técnica
I+D+i en tecnologías maduras	

Fuente: Sánchez y otros (2022)

A partir de estos resultados, y mediante nuevas reuniones de trabajo en las que se emplearon métodos de jerarquización de variables, se enunciaron políticas y estrategias institucionales más relevantes para comenzar a avanzar en la recuperación y la transformación de las ingenierías en las IES (cuadro 12).

Cuadro 12

Políticas y estrategias relevantes para avanzar en la recuperación y transformación de las ingenierías en las IES

POLÍTICAS	ESTRATEGIAS
Política para recuperar y mantener la planta profesoral y técnica	Búsqueda de diversas y novedosas fuentes de financiamiento
Política de promoción de la vinculación con la industria y los servicios que considere diversos mecanismos	Incorporación de la industria, los servicios y otros actores de la sociedad en la discusión, elaboración y actualización de los planes de estudio
	Alianzas con empresas para la formación y la dotación
	Diseño de programas de pasantías y prácticas industriales conjuntamente con miembros de la industria, los servicios y gremios empresariales y académicos

Se planteó como segunda etapa del proyecto actividades de implementación en las universidades. Inicialmente, consideraría la realización de un proyecto piloto de implementación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Para ello, era conveniente tener un conocimiento más detallado de la situación de las diferentes áreas disciplinarias en estas instituciones y, de allí, la necesidad de realizar los diagnósticos más a profundidad.

En reuniones de trabajo se definieron los temas para la realización de los diagnósticos:

- Problemas: infraestructura y equipamiento; recursos humanos de investigación y docencia, matrícula estudiantil.
- Situación de la investigación y el desarrollo tecnológico
- Vinculación con la industria y los servicios para la realización de diferentes actividades de Investigación y desarrollo tecnológico.
- Capacidad actual y disposición para responder a demandas de la industria y los servicios y avanzar en la superación de la crisis
- Tecnologías convergentes y la cuarta revolución industrial

La recolección e intercambio de información se realizó fundamentalmente a través de reuniones de discusión con participación de personas representativas de la academia, los servicios y la industria. Para el caso específico del área de petróleo, gas y química se contó con los aportes de directores de escuela y de un centro de investigación, profesores de las áreas y dos representantes de la industria (un ex gerente corporativo de I+D de un grupo

corporativo de la química del país, y un expresidente de uno de los grupos corporativos más importantes del país con vasta experiencia gerencial y técnica). Debe aclararse que estas actividades se realizaron en la situación de confinamiento por la pandemia del COVID-19. Dadas las restricciones existentes, la dificultad de trasladarse y hacer reuniones presenciales, pues la mayoría de los participantes estaba en diferentes regiones del país y algunos en el exterior, se optó por realizar reuniones virtuales, grupales e individuales, consultas por WhatsApp y se distribuyó un breve cuestionario por vía electrónica.

Esta información se complementó con la solicitud de información directamente a algunas de estas instituciones y, en algunos casos, obtenidas de sus páginas web.

### El diagnóstico

Desde 2012, las universidades públicas vienen confrontando un sostenido deterioro presupuestario que se agudizó a partir de 2015. En ese año los déficits alcanzaban el 67%, situación que fue empeorando progresivamente hasta llegar a una asfixia presupuestaria en 2020 que, en media, alcanzaba el 95% (Cuadro 13).

Cuadro 13

Institución	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ULA	62,2 %	70,4%	46,0%	75,0%	72,9%	97,5%	76,9%	63,4%	51,9%	82,5%
UCV	67,3 %	68,0%	70,0%	80,0%	68,1%	90,2%	97,7%	98,7	--	96,4%
LUZ	67,8 %	--	58,0%	70,0%	99,8%	97,8%	90,0	--	--	--

Fuentes: Aula Abierta, 2017 y 2019; Observatorio ULA.DDHH (2024); NotiAdmin, 2022. Ramírez, 2023.

Esto ha tenido consecuencias devastadoras para el funcionamiento de estas instituciones, llegando incluso a sorprender cómo ha sido posible que se hayan mantenido funcionando. Veamos ahora los principales problemas acarreados.

### *Infraestructura y equipamiento*

#### Planta física

La planta física de las instancias de ingeniería en las IES públicas presenta un deterioro importante debido a la falta de mantenimiento y años de desinversión. Edificaciones, laboratorios, salas de aula, oficinas y áreas comunes carecen de mantenimiento, y el poco que se hace, en la mayoría de los casos, es apenas correctivo. Muchas de las instalaciones y laboratorios no presentan condiciones mínimas de seguridad, entre las que destacan campanas de extracción inservibles, elementos de protección (e.g. duchas de seguridad y fuentes lavaojos, extintores) inservibles o fuera de funcionamiento. Ausencia de equipos de protección personal (lentes y guantes protectores) y deficiencias en la dotación de primeros auxilios. A continuación, se presentan casos específicos mencionados por algunos de los participantes en el grupo de discusión.

“el alumbrado externo dejó de funcionar hace mucho tiempo. Con recursos propios hemos podido reponer el circundante a nuestro laboratorio. Esto es fundamental para la seguridad. En otras dependencias, este problema ha facilitado que hayan sido víctimas de ataques a las instalaciones y hurtos” (Laboratorio FIRP, ULA)

“El galpón de Operaciones, está prácticamente inutilizable. Presenta problemas serios de impermeabilización y de iluminación” (Ingeniería Química, UCV).

“Hace algún tiempo, el apoyo de la industria petrolera fue fundamental. MARAVEN y la Gobernación construyeron la infraestructura de las Escuelas de Petróleo y química, hoy profundamente afectada por las fallas eléctricas y la inseguridad” (Ingeniería petróleo LUZ)

“La Escuela de Ingeniería Química, desde los apagones del año 2019 sufrió de robos de los cables eléctricos que se encontraban subterráneos y algunos equipos, esto no ha sido solucionado por ningún ente público ni privado” (ingeniería Química, LUZ)

La recuperación y mantenimiento de la infraestructura es imperativa, debiendo acometerse a la brevedad so pena de que sea tal el deterioro que se requiera su completa reconstrucción. Pero se debe estar consciente acerca de la inversión requerida, ciertamente muy importante. Es imprescindible elaborar planes integrales para procurar eventuales fuentes de financiamiento nacional y/o internacional. En este sentido, debe reconocerse, que desde 2022, el gobierno inició la recuperación de la planta física de la Universidad Central de Venezuela y, más recientemente, de la Universidad de los Andes.<sup>25</sup>

#### Equipamiento de investigación y de TIC

Todos los participantes de las universidades públicas manifestaron presentar problemas serios de obsolescencia y deterioro del instrumental científico y de docencia. En general la adquisición de equipos para la investigación se realizó por última vez hace aproximadamente veinte años.<sup>26</sup> Esto, aun en una en casos excepcionales en los que estuvieran en buenas condiciones de operatividad, colocaría a los investigadores del país en situación desventajosa respecto a pares en otros países, por las diferencias en las mediciones, mucho menos precisas, frente a aparatos de reciente generación. Pero se nos indicó que los baremos para publicaciones científicas en revistas indexadas están exigiendo que las mediciones se realicen con equipamiento actualizado. Cabe señalar que esto afecta más allá de la investigación, ya que la mayoría del instrumental presenta severo deterioro o no está en condiciones de funcionamiento para poder prestar, tan siquiera, servicios de análisis requeridos por la industria y otras actividades económicas.<sup>27</sup>

<sup>25</sup> <https://comisionpresidencialucv.gob.ve/comision-presidencial-para-la-recuperacion-de-la-ucv/>

<https://oci.merida.gob.ve/2024/05/14/gobierno-bolivariano-rehabilita-espacios-de-la-facultad-de-medicina/>

<sup>26</sup> En la mayoría de los casos, se indicó, fueron realizados a través de los programas BID-CONICIT en los años noventa.

<sup>27</sup> En muchos casos, estos equipos ya cumplieron su período de vida útil, lo cual hace prácticamente imposible su mantenimiento. A ello se añade que las empresas que los distribuían se fueron del país haciendo más difícil la adquisición de repuestos, asistencia técnica y mantenimiento (Ávalos y Mercado, 2019).

Las situaciones de vandalismo agravan aún más esta situación. Un ejemplo palpable es la destrucción del Microscopio Electrónico en la Facultad de Ingeniería del Núcleo Guayana de la Universidad de Oriente (UDO) a inicios de 2021.<sup>28</sup>

Esto genera importantes restricciones a la docencia y la investigación. Los proyectos y las pocas tesis de postgrado que se desarrollan en la actualidad, trabajan con insumos de proyectos anteriores y/o emplean frecuentemente metadata (información generada anteriormente o disponible de otras fuentes a la que se tenga acceso por vías diferentes a la experimentación).

“Muchos de los laboratorios, centros e institutos de investigación de la Escuela de Ingeniería Química, lograban mantener o adquirir sus equipos mediante los proyectos de investigación Condes, Fundadesarrollo e incluso PEII, sin embargo, desde el año 2013 los presupuestos asignados para dichos proyectos solo alcanzan para insumos o alguna reparación. Así mismo, la asistencia técnica especializada de los equipos ha sido escasa debido a que muchas empresas se fueron del país ..... Por otra parte, gran parte de los equipos de polímeros y corrosión, han sufrido mutilaciones por múltiples robos, y en otras áreas como catálisis, operaciones unitarias, entre otras, muchos equipos han quedado inutilizables por reparaciones múltiples” Ingeniería química, LUZ).

“La tecnología en esta área se mueve muy rápido, lo que acelera la obsolescencia. La última vez que se adquirieron equipos ni la recuerdo. Hace al menos veinte años” (Ingeniería Química, UCV).

“La última adquisición de equipos se hizo hace 20 años. En el área de análisis instrumental la obsolescencia es absoluta” (Ingeniería química, ULA)

Esto, a su vez, incide en la calidad de la docencia, tanto de pregrado como de postgrado. Estas deficiencias limitan el dictado de las materias prácticas y de laboratorio, fundamentales para la formación del ingeniero. La gravedad llega a ser tal que, antes de iniciarse la pandemia, algunas materias de laboratorio en el pregrado de algunas de estas universidades no se estaban dictando o, en el mejor de los casos, se dictaban ilustrativamente.

La obsolescencia y pérdida de equipamiento de TIC es otro problema que afecta significativamente la investigación y la docencia. Estos equipos son uno de los blancos principales de los hurtos en las instalaciones universitarias. La situación llega a ser de tal gravedad que en muchos casos tan siquiera se puede llevar a cabo la gestión administrativa (Coalición de Cátedras y Centros Universitarios de Derechos Humanos, 2017).

“Por otra parte la sala de simulación de la escuela sufrió de robos, entre ellos equipos de computación de buena capacidad de procesamiento que donaron las empresas Polinter y Propilven, en el año 2017” (Ingeniería Química, LUZ).

<sup>28</sup> <https://ladeshu.org/2021/01/06/destruyen-microscopio-udo/>

“los diferentes laboratorios han sufrido muchos robos de materiales e instrumental de laboratorio, esto complica mucho más realizar investigación” (Ingeniería Petróleo, LUZ)

En la universidad Metropolitana, la creación de la carrera de ingeniería química es más reciente (primera década del presente siglo). En tal sentido, la actividad de investigación comenzó a estructurarse hace poco tiempo. En cuanto a la infraestructura y el equipamiento, desde 2022 se trabaja en un plan de inversión para la adecuación de laboratorios, adquisición de equipos y contratación de personal.

### *Servicios básicos y de TIC*

Este es un problema que afecta notablemente las actividades de la educación superior en el ámbito nacional. El más severo es el de la electricidad, que adquiere dimensiones de calamidad en el interior del país, donde las ciudades sufren cortes de electricidad a diario por espacio de varias horas. Esto, aparte de afectar físicamente a los equipos, paraliza las plataformas digitales, dejando prácticamente incomunicadas a las instituciones.<sup>29</sup> Esto ha llevado a algunas instancias que generan ingresos propios a contratar servicios de Internet particulares.

El servicio de agua también es un problema severo, quizás el ejemplo más notable es el de la Universidad Simón Bolívar, que entre 2019 y 2022 se vio en la circunstancia de suspender continuamente actividades por la falta de suministro.<sup>30</sup>

### *Recursos Humanos*

La pérdida de recursos humanos es el problema más grave que confrontan las instituciones de educación superior en Venezuela. En los últimos 10 años se produjo literalmente un deslave del personal docencia e investigación, generando el mayor y más grave desmantelamiento de capacidades de investigación y formación en la educación superior de la historia reciente de América Latina (Ávalos y Mercado, 2019). Tal situación compromete seriamente no sólo la posibilidad de continuar con la formación y la investigación con niveles de calidad y excelencia, sino las posibilidades mismas del país para recuperar su industria y los servicios, restablecer su operatividad y hacer frente a los desafíos que plantean las profundas transformaciones tecnológicas y los problemas socioambientales globales.

Para el año 2019, las universidades autónomas registraban, en promedio, una merma de aproximadamente 50% de su planta profesoral en las áreas de las ingenierías (Ávalos y Mercado, 2019). La paralización de actividades producto de la pandemia del COVID-19, y un mayor deterioro de las condiciones salariales, agravaron mucho más esta situación en 2020-2021.

En las carreras de petróleo gas y química se constata la gravedad de esta situación, reconociéndose que en el ámbito de las universidades analizadas se detectan algunas

---

<sup>29</sup> <https://comunicacioncontinua.com/ula-sin-plataformas-digitales-por-cortes-electricos/>

<sup>30</sup> <http://www.usb.ve/home/node/5436>

diferencias importantes. Sin duda, las instituciones del interior del país se han visto mucho más afectadas en gran medida por la conjunción y la gravedad de los problemas aludidos, especialmente con los servicios públicos. A finales de 2020, los dos departamentos de la Escuela de Ingeniería Química de la ULA (operaciones unitarias y química industrial, registraban una merma de su planta profesoral superior al 50%. El primero, pasó de tener más de 60 profesores en 2014 a 30 en 2020. En el segundo, ocurrió una merma similar, contando en la actualidad con apenas 13 profesores. Pero lo más grave es la incertidumbre alrededor de la continuidad y permanencia de este grupo remanente. De los 13 profesores, 3 son jubilados que regresaron a la universidad para contribuir con el dictado de materias, 4 cuentan con más de 30 años de servicios, por lo tanto, pueden optar por la jubilación, y los restantes, son 6 jóvenes que intentaban desarrollar carrera académica, y permanecen porque complementan sustancialmente su salario trabajando a destajo en otras actividades extrauniversitarias.

Las escuelas de Ingeniería de Petróleo e ingeniería química de la Universidad del Zulia, confrontan problemas tan o de mayor gravedad. En 2010, la escuela de ingeniería química presentaba una nómina de 55 profesores-investigadores de los cuales 89% tenían formación de postgrado (51% Ph.D). Para 2019, esta se había reducido a apenas 20 (80% con postgrado) lo que representa una merma de dos terceras partes. En ingeniería del petróleo la nómina de profesores investigadores también se redujo considerablemente, más del 50%, estando compuesta en enero de 2021 por apenas 17 profesores, tres de los cuales están en proceso de formación (becarios) por lo que no deberían participar en la docencia, y lo hacen, en tanto que cuatro se encontraban en el exterior.

En cuanto a la evolución de la nómina para 2021, en la LUZ, se presenta una situación similar a la de ULA, ya que la paralización de las actividades por el confinamiento y la mayor precarización de las condiciones laborales y salariales generan incertidumbre con relación a la permanencia de los docentes, en especial los más jóvenes.

“No se sabe cuántos profesores van a regresar cuando se reinicien actividades...Tengo más de 6 cargos que ya no llamamos a concurso, pues nadie se inscribe. Ningún joven quiere trabajar por el sueldo que ofrecen y sin una buena seguridad social” (Ingeniería Química ULA).

“Serían 10 profesores para casi 30 materias de la carrera, lo cual es complejo, ya que, en mi caso particular por ser director, no debería tener más de 2 cursos y tengo hasta 4 o 5 materias (que me gusta, pero el trabajo es mayor), y por categorías y dedicación del personal no todos deben tener carga horaria máxima, porque muchos poseen algunos cargos administrativos” (Ingeniería de Petróleo, LUZ)

En la Escuela de ingeniería química de la UCV, la reducción de la nómina ha sido menos drástica. Para 2014, la planta profesoral estaba integrada por 31 profesores, la mayoría, veinticinco, con alta dedicación (Dedicación exclusiva o tiempo completo) y 6 a tiempo convencional. Para enero de 2021 se componía de 25 profesores, quince de ellos con alta dedicación y diez a tiempo convencional. En este caso, el problema fundamental es el desplazamiento de la estructura Académica.

Una práctica que se viene consolidando en las universidades ya desde hace unos años es que, ante la no reposición de cargos, las pocas partidas vacantes a dedicación exclusiva se reorganizan para procurar una mayor contratación de personal en niveles inferiores del escalafón, en algunos casos, a tiempo parcial, para suplir fundamentalmente necesidades de docencia. Esto dificulta, aún más, la posibilidad de poder avanzar en la carrera académica y realizar investigación. Para enero de 2021, la mayoría de los profesores de la escuela se encontraba en la categoría de instructores y asistentes (diecisiete), en tanto que en los escalafones medios y superiores apenas se contaba con dos profesores agregados y uno titular.

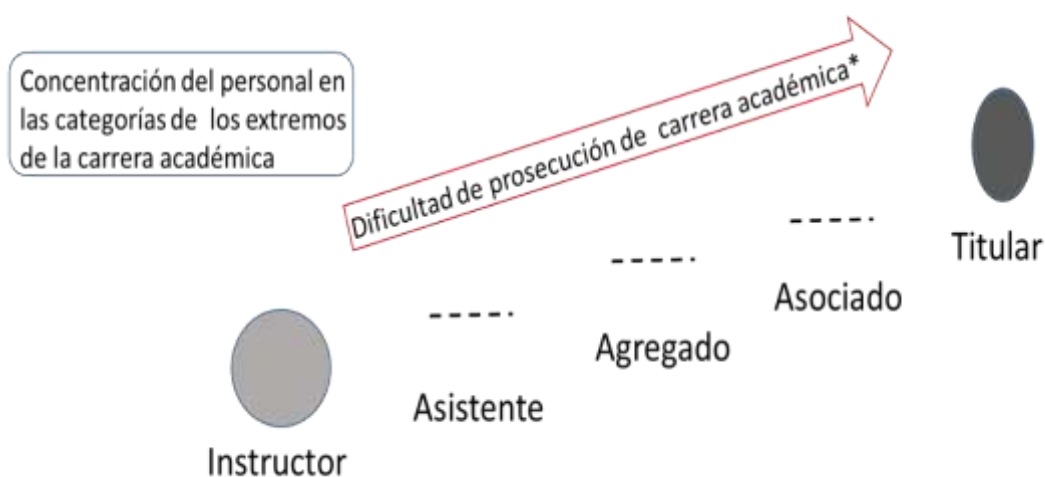
Aparte de las debilidades que esta situación genera en la docencia, afecta la organización y la producción de conocimientos. La mayoría de los profesores que ha dejado las universidades se encontraban en niveles intermedios de la carrera académica (categoría de asistente y agregado), habían adquirido experiencia en investigación y, en algunos casos, lideraban proyectos. Ello produjo desarticulación de los grupos y dificultades para la prosecución de la carrera académica: el famoso tránsito en el escalafón. La merma de nómina tiende a concentrarse en las categorías de los extremos de la carrera académica. Así, hay profesores que se estarían iniciando, o deberían estar iniciando la carrera académica, y profesores en los escalafones más altos que, en su mayoría, ya cumplieron el tiempo para solicitar la jubilación (Figura 4)

Se afronta, por una parte, un envejecimiento del cuerpo docente, con la incertidumbre de que en cualquier momento este personal se retire. De esto ocurrir, y al no existir profesores en los niveles intermedios, se haría difícil la prosecución de la carrera académica y el mantenimiento de la investigación. De hecho, suelen constatarse retrasos en las carreras porque no se cuenta con profesores para el dictado de algunas cátedras, y en otros casos porque hay pocos alumnos.

Figura 4

Situación de la carrera académica en las universidades

### Composición actual de la disminuida capacidad de investigación y docencia



Fuente: elaboración propia

En la UNIMET, se observa un comportamiento diferente. Como se indicó, la implantación de la ingeniería química es reciente. La nómina de la Escuela es pequeña, cuatro profesores. Pero debe señalarse que las carreras de ingeniería han sido concebidas con una estructura matricial. De esta manera, las diferentes áreas disciplinarias participan en la formación del ingeniero.

Sin dejar de reconocer la gravedad de la crisis en las universidades públicas, deben vislumbrarse algunas oportunidades que pueden derivar de esta situación, en el eventual proceso de recuperación y transformación de las ingenierías. En las actuales condiciones económicas, los requerimientos que emanarán de la recuperación de la industria y los servicios, pueden propiciar condiciones para el rediseño de la carrera del profesor – investigador. Debe destacarse que en la etapa inicial de este estudio, un análisis estructural permitió identificar las variables que determinaban la condición y evolución del sistema (las ingenierías en la educación superior). Las dos variables clave, sobre las cuales debía trabajarse para avanzar en una efectiva transformación son: **Gestión Universitaria flexible y eficiente** y **Gestión del Talento Humano** (Sánchez et al., 2022).

Un planteamiento concreto sería flexibilizar – quizás sea más apropiado decir transformar – la carrera académica. Pensar en la pertinencia de que existan dos orientaciones: una tradicional (orientada a la investigación), en la que el docente haga la carrera de acuerdo a los cánones clásicos de ascender por los criterios tradicionales de publicaciones o presentar un trabajo de investigación, y una orientada a la innovación tecnológica, que se base en la realización de proyectos en la industria, cuyos baremos se fundamenten en la innovación y el desarrollo tecnológico.

### *Matricula estudiantil*

Los niveles de deserción estudiantil alcanzan cifras alarmantes: Aula Abierta, ONG que trabaja por la defensa de las universidades promoviendo y defendiendo los derechos humanos en el ámbito universitario, reportaba que durante 2019 esta superaba el 50 % en las universidades más importantes del país.<sup>31</sup> Esta situación se ha mantenido o se ha agravado. Evidencia de ellos es que para 2021 la UCV, aun siendo la más importante del país y que, comparativamente con las universidades de interior confronta menos problemas con los servicios, había sufrido una merma en la matrícula de 54,23% respecto a 2016 (pasó de 44.735 a 20.476 estudiantes), siendo la carrera de ingeniería la que mostró la mayor deserción registrando una merma de 71% (pasó de 5.803 a 1689) de sus estudiantes.<sup>32</sup>

En las ingenierías de hidrocarburos y química, las cifras evidencian una situación más grave. En las universidades públicas, se estima que, entre 2010 y 2020, la matrícula se redujo en, al menos, 60% basándonos en cifras reportadas directamente por la UCV, ULA y LUZ. Individualmente, resalta la caída en ingeniería química de LUZ que alcanzó un alarmante 82% (cuadro 14).

---

<sup>31</sup> <http://aulaabiertavenezuela.org/index.php/2019/12/26/universidades-vacias-el-drama-de-la-desercion-estudiantil/>

<sup>32</sup> <https://ultimasnoticias.com.ve/noticias/mas-vida/en-5423-cayo-matricula-estudiantil-de-la-ucv/>

Cuadro 14  
Variación matrícula en las carreras de ingeniería de petróleo y química (universidades públicas)

Universidad/Escuela	2010	2014	2020	Variación 2010-2020
LUZ – Ingeniería química	1100	700	194	-82%
LUZ – Ingeniería Petróleo		788	280	-65%*
UCV - Ingeniería química	500	250	130	-74%
ULA - Ingeniería química	1048	982	548	-48%

\*variación entre 2014 y 2020

Fuente: suministrada directamente por las universidades

Pero algo más preocupante es que, aun cuando no se dispongan de cifras oficiales, de acuerdo con los profesores consultados se constata que la situación empeoró a partir de la pandemia.

“solo quedan 280 estudiantes regulares de los cuales aproximadamente 100 tienen cero materias inscritas” (Ingeniería de Petróleo, LUZ).

“no sabemos los índices de deserción estudiantil del último año, pues no se ha llamado a inscripciones desde septiembre del 2019. Pero la disminución de la matrícula es importante” (Ingeniería Química ULA)

En la UNIMET, la matrícula ha evolucionado de forma diferente. Evidenciándose un progresivo aumento desde 2015, momento en que se agudiza la crisis en las universidades públicas, contando en la actualidad con 390 estudiantes. La paralización en las universidades públicas ha originado que algunos estudiantes migren a esta institución.

Las cifras resultan desalentadoras. Retrotraen a una situación previa a la masificación de la educación superior que experimentó el país a partir de los años sesenta, con implicaciones muy negativas para la ya diezmada capacidad tecnológica y científica nacional, y para la posibilidad de garantizar las generaciones de relevo en las IES y la formación del personal que requerirán las industrias y los servicios en medio de grandes transformaciones tecnológicas. A la pérdida del Bono demográfico de treinta años señalado por la encuesta de ENCOVI (2020), se agrega está brutal pérdida de calificación de la población, comprometiendo seriamente las posibilidades de recuperación de las capacidades productivas y los servicios.

## Situación de la Investigación y el Desarrollo tecnológico (I+DT)

Reconociendo que las universidades durante la segunda mitad del siglo XX lograron conformar una sólida estructura académica en las diferentes áreas de la ingeniería, la cual garantizó la formación de una cantidad importante de profesionales de alto nivel que hizo posible la construcción de una de las infraestructuras civiles más modernas de Latinoamérica, contribuyó a garantizar el funcionamiento de las grandes industrias y los servicios del país, y lograron conformar capacidades de investigación, no tuvieron igual éxito en la construcción de capacidades para generar conocimiento tecnológico.

Entre las causas de este desigual resultado, destacaba que las demandas por parte de la industria que se conformaba al abrigo de la sustitución de importaciones, se concentraban en ingenieros que tuvieran los conocimientos y habilidades que les permitieran asumir la operación de las tecnologías adquiridas. En las universidades, esto se reflejaba, incluso, en la creación de los primeros postgrados orientados a adquirir estas habilidades. En contraposición, eran muy escasas las demandas de conocimiento tecnológico (Mercado y Testa, 1998). Además, en la Universidad, prevalecía una cultura que privilegiaba la investigación sobre el desarrollo tecnológico, estableciendo baremos marcadamente académicos para la evaluación del desempeño, medidos fundamentalmente por la publicación científica y la evaluación por pares. Esto alejaba la posibilidad de vincularse a la industria y los servicios y envolverse en actividades de desarrollo tecnológico.

Cabe señalar que esta fue una importante limitación de la política científica y tecnológica venezolana, que con una perspectiva fundamentalmente ofertista, centraba sus esfuerzos en promover la investigación en las universidades. Las políticas de vinculación comenzarán a pensarse apenas en la segunda mitad de la década de los ochenta, pero los instrumentos diseñados, o fueron muy limitados o eran esfuerzos de implantación de modelos de otras realidades, poco adaptados a las necesidades locales (Mercado, 2013) por lo que no se generó una efectiva interacción de oferta y demanda de conocimientos.

De esta forma, si se ciñe a las clasificaciones de estas actividades establecidas en el Manual de Frascati de la OCDE, en las instancias de ingeniería del país se ha venido realizando principalmente investigación aplicada, con base a una agenda fundamentalmente concebida internamente, y otras actividades científicas y tecnológicas afines (más relacionadas con prestación de algunos servicios) para satisfacer algunos requerimientos de la industria, (Cuadro 15).

Cuadro 15

Actividades de investigación y desarrollo, y afines según el Manual de Frascati

Tipo de investigación	Características (establecidas en el manual de Frascati, OCDE)
Básica	Trabajos experimentales y teóricos que se emprenden para obtener nuevos conocimientos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
Aplicada	Trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos. Sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.
Desarrollo experimental	Trabajos sistemáticos que aprovechan conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica. Está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos y dispositivos, a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios y a la mejora sustancial de los existentes.
Otras actividades científicas y tecnológicas afines (ACT)	Ensayos, análisis y normalización*
	Estudios de viabilidad
	Trabajos de patentes y licencias

\* Considera actualización de normas nacionales, calibración de normas, ensayos y análisis rutinarios de control de calidad, materiales, componentes, productos, procesos, suelos, atmósfera, etc.

Fuente: OCDE (2015)

Evidentemente, no todo es blanco y negro. En un número apreciable de empresas de la industria venezolana hubo experiencias que llevaron a un progresivo dominio de la tecnología, que les permitió adquirir capacidades de uso y operación, y en algunos casos de ingeniería y diseño (Bell, 2007). Por ejemplo, en la industria química se identificaron interesantes casos de aprendizaje tecnológico durante los ochenta (Pírela et al., 1996). Adecuaciones para cumplir con regulaciones, requerimientos de mejoras en los procesos, adaptación de materias primas, entre otras actividades, indujeron a un progresivo acercamiento a las universidades. En la medida que aumentaba la capacidad tecnológica de la empresa, podía aumentar las demandas y las exigencias de conocimiento. Es de hacer notar, que factores de localización - compartir los mismos espacios geográficos - favoreció el establecimiento de vínculos de algunas escuelas de ingeniería. Tal es el caso de la Universidad del Zulia, ubicada cerca de la producción petrolera y de un complejo petroquímico, y de la Universidad de Carabobo, ubicada en medio del eje industrial más importante del país (Tejerías – Puerto Cabello). No obstante, algunas instituciones, ubicadas lejos de las áreas industriales, lograron también establecer vínculos efectivos, basados en sus capacidades de I+D y acertadas estrategias de promoción y divulgación.

Se analizó la experiencia de algunas de las universidades nacionales. Ello mediante un abordaje que diera cuenta del tipo de actividades que se realizó, al menos hasta la primera década de este siglo, y las que se puedan estar realizando en la actualidad, habida cuenta de la crítica situación descrita anteriormente.

Históricamente, la Universidad del Zulia estableció nexos importantes con las industrias petrolera y petroquímica. Incluso, las empresas contribuyeron a la edificación de parte de la infraestructura y la creación de laboratorios en algunas áreas de la ingeniería.

“Maraven y la Gobernación del Zulia construyeron parte de la infraestructura física de las escuelas de petróleo y de química, hoy fuertemente afectadas por las fallas eléctricas y la inseguridad”

Con relación a las actividades de I+DT desarrolladas por la escuela de ingeniería de petróleo, se estima que corresponden fundamentalmente a investigación aplicada, realizada mediante proyectos conjuntos con PDVSA bajo responsabilidad de los institutos de investigación de la Facultad de ingeniería y a otras actividades científicas y tecnológicas afines, principalmente ensayos de procesos. Se realizaba también una importante actividad de prestación de servicios de análisis y ensayos

No obstante, estas actividades decayeron notablemente en los últimos siete años. En la actualidad la poca investigación que se está realizando son proyectos propios de la universidad, sin vinculación con la industria.

Cuadro 16

Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Petróleo La Universidad del Zulia		
Actividad	Qué se hacía	Qué se hace en la actualidad
Investigación básica		
Investigación aplicada	Líneas de investigación que respondían a requerimientos de la industria (e.g. caracterización de crudos, deshidratación de gases. Proyectos conjuntos a través del Instituto de Investigaciones petroleras y el Instituto de cálculo aplicado “Incluían visitas de campo, pasantías y trabajos de tesis, que eran un lazo muy efectivo”	Disminución notable en los últimos cinco años. A finales de 2020 sólo había tres profesores con pequeños proyectos, no vinculados a la industria.
Desarrollo experimental	----	-----
Otras actividades (ACT)	A través de la Fundación del servicio de laboratorios técnicos, por diversas técnicas. Análisis PVT (petróleo).	Las solicitudes de la industria disminuyeron considerablemente

La escuela de Ingeniería química de esta universidad, al tener un abanico de usuarios más amplio (industrias de procesos en general), pudo desarrollar una agenda más diversificada de actividades de investigación y desarrollo y otras actividades ACT. Destacan, en particular, los proyectos y servicios establecidos con la industria petroquímica, especialmente con la empresa de investigación y desarrollo (INDESCA), filial de PEQUIVEN ubicada en el complejo petroquímico Ana María Campos.

Para el año 2010, estaban en ejecución 28 proyectos de investigación y desarrollo. Para el año 2014 la cantidad se redujo a 20 y en 2019 apenas se contabilizaban 8. En una década se registró una merma de 72%. Con relación al tipo de actividad que ha ido desarrollada, se indicó que realizaban tanto investigación (básica: 37%; aplicada; 20%) como desarrollo experimental (43%). las características y las variaciones experimentadas se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17

Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería Química La Universidad del Zulia		
Actividad	Qué se hacía	Qué se hace en la actualidad
Investigación básica		
Investigación aplicada	Control de corrosión en estructuras de concreto armado. Tratamiento biológico y fisicoquímico de aguas residuales; Aprovechamiento y utilización de residuos agroindustriales y municipales; Caracterización y evaluación de propiedades catalíticas de compuestos en la catálisis heterogénea; Modificación de catalizadores para pruebas de actividad	Caída significativa de estas actividades debido a la disminución de los RRHH y daños significativos en los equipos destinados a la investigación.
Desarrollo experimental	Diseño, Simulación y Modelos de sistemas y procesos Pruebas de catalizadores de las empresas en planta piloto.	
Otras actividades (ACT)	Pruebas de polímeros	

El grueso de la actividad se ha realizado para responder a demandas de la industria con el objetivo de procurar la resolución de un problema (e.g. de corrosión e impacto ambiental) u obtener algún resultado práctico (e.g. modificar y probar actividad de los catalizadores). El desarrollo experimental se orienta más a los procesos, mediante actividades de simulación para el diseño. En el caso de los polímeros, las pruebas corresponderían más a otras actividades ACT.

Con relación a lo que se hace actualmente, se observa una caída apreciable de las diferentes actividades, debido principalmente a la pérdida de RRHH, pero también por la ausencia de demandas de la industria y la dificultad de obtener financiamiento de organismos de promoción de la CyT públicos (e.g. Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación - FONACIT).

“la pérdida de personal formado y capacitado en las diversas áreas nos está llevando a quedarnos sin investigadores en áreas específicas. Polímeros, control de procesos y carboquímica se encuentran principalmente desiertas, así mismo, áreas como catálisis, corrosión, ambiente y procesos petroquímicos están muy afectadas. Todo esto impacta en la formación en maestría y doctorado” (Ingeniería química, LUZ)

En la escuela de Ingeniería de petróleo de la UCV las actividades de investigación han sido fundamentalmente de carácter aplicado, apoyada en intercambios importantes con la industria petrolera. Dentro de ellas han destacado los proyectos de estudios de yacimientos y caracterización y tratamiento de pozos. Hace algún tiempo se realizó una investigación sobre deshidratación de gases. Para el desarrollo de estas actividades han resultado de gran apoyo la elaboración de trabajos de grado.

Similarmente, la actividad se ha visto seriamente afectada por la disminución del financiamiento, la notable disminución de vínculos con la industria y los problemas de infraestructura y equipamiento. Se realizan esfuerzos por mantener la actividad, especialmente en el área de simulación, con una importante labor que se integra a la formación mediante la realización de un número importante de trabajos de grado (cuadro 18).

Cuadro 18

Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Petróleo UCV		
Actividad	Qué se hacía	Qué se hace en la actualidad
Investigación básica		
Investigación aplicada	Estudios de yacimientos y tratamiento de pozos Caracterización y mejoramiento de crudos Deshidratación de gases	Decayó significativamente. A pesar de las dificultades se continúa realizando alguna investigación basada en simulación numérica
Desarrollo experimental		
Otras actividades (ACT)		

En ingeniería química, se observa igualmente que ha prevalecido el desarrollo de investigación aplicada contando con un espectro más amplio de interlocutores, que incluye las industrias petrolera, química y petroquímica y la industria de alimentos. Se indica experiencia de investigación en emulsiones para la industria petrolera, gas natural, simulación y optimización de procesos y una línea de investigación en Bioquímica, que trabaja en procesos de extracción y separación de productos naturales. En desarrollo experimental, se destacan algunas asesorías a empresas para desarrollo de procesos y el diseño de equipos para escalamiento de emulsiones. Finalmente, en otras actividades ACT se reportó experiencia en Asistencia técnica a la producción y para seguridad industrial (cuadro 19).

Las actividades disminuyeron significativamente en los últimos seis años a consecuencia de la caída del financiamiento por parte de los organismos promotores y de las demandas de la industria petrolera. Una excepción a esta dinámica se observa en el grupo de bioquímica que ha mantenido proyectos gracias a vínculos con las industrias de alimentos y cosméticos, que se traducen en los últimos años en trabajos de apoyo a empresas en el área de procesos e, igualmente, se ha logrado mantener una importante integración de esta actividad a la formación con la realización de una algunos trabajos de grado.

Cuadro 19

Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería Química Universidad Central de Venezuela		
Actividad	Qué se hacía	Qué se hace en la actualidad
Investigación básica		
Investigación aplicada	Procesos de separación Emulsiones en crudos venezolanos procesamiento y valorización de gas natural Simulación y optimización de procesos Bioquímica- Extracción de aceites esenciales	En la actualidad decayó mucho el trabajo con la industria. En Bioquímica han logrado mantener vínculos con la industria de alimentos y cosméticos permitiendo dar alguna continuidad a la investigación
Desarrollo experimental	Asesorías de proyectos a una empresa para desarrollo tecnológico Diseño de equipo de escalamiento para pruebas de emulsiones	
Otras actividades (ACT)	Asesorías a empresas para asistencia técnica Seguridad industrial	Han surgido oportunidades de asistencia técnica debido a la crisis

La Universidad de los Andes, ha resultado severamente afectada por la crisis de los servicios e igualmente ha sufrido el descalabro por la pérdida de Recursos Humanos y el

deterioro de infraestructura. El área de ingeniería química de esta universidad se consolidó como una de las más dinámicas del país por su vinculación con el Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos (FIRP) que se constituyó en uno de los centros de investigación y desarrollo tecnológico de mayor impacto en las industrias de procesos, incluso más allá de las fronteras de Venezuela. Sus líneas de investigación han tenido su mayor fortaleza en el desarrollo de tensoactivos y formulación de emulsiones, técnicas de separación. Adicionalmente, ha realizado una importante actividad de desarrollo experimental. Por ejemplo, tuvo un papel clave en el desarrollo de la ORIMULSION, y una amplia experiencia de desarrollo de productos junto a empresas de diversas agrupaciones industriales. Destaca también el diseño y fabricación de equipos de medición para sus proyectos, realizado conjuntamente con el Centro de Innovación Tecnológica (CITEC-ULA) (Cuadro 20).

Cuadro 20

Actividades de investigación y desarrollo, y afines Escuela de Ingeniería de Química – Laboratorio FIRP ULA		
Actividad	Qué se hacía	Qué se hace en la actualidad
Investigación básica	Fenómenos superficiales e interfaciales, sistemas coloidales	Se procura mantener la actividad trabajando con equipos e insumos remanentes de proyectos anteriores
Investigación aplicada	Surfactantes; propiedades de las emulsiones, Tensoactivos; Tratamiento de residuos industriales; separación con membranas; tratamiento de aguas; Química atmosférica	Disminución importante por pérdida de RRHH y la caída de la demanda de la industria, en especial la petrolera
Desarrollo experimental	Formulaciones Desarrollo de la Orimulsión junto a INTEVEP. Desarrollo de productos tensoactivos para la industria química. Proyecto desarrollo de preservantes de madera, dimensionamiento de la planta. Diseño y construcción de equipos con el CITEC ULA (deshidratadores, tensiómetros, etc.)	Interfases - micro/nano-estructuras. Se concluyó a finales de 2020 un proyecto de optimización y transferencia de know-how para la fabricación y estabilización de nanoemulsiones con una empresa argentina Se están desarrollando productos para algunas empresas nacionales privadas en química y alimentos.
Otras actividades (ACT)	Asesorías a empresas para asistencia técnica Evaluación de impacto ambiental	

En la Escuela de ingeniería química, la pérdida de recursos humanos, el deterioro de la infraestructura y equipos, y la terrible situación de los servicios públicos, han paralizado literalmente la investigación. El FIRP ha sufrido también una importante pérdida de recursos humanos, pero continúa realizando proyectos para la industria. en 2020 concluyeron uno para una empresa argentina donde se realizó transferencia de tecnología. En el ámbito nacional, están desarrollando algunos productos para emprendimientos nacionales privados que contribuyen a sustituir productos de consumo importados.

De la información precedente, puede aseverarse que en las áreas de hidrocarburos y química de las ingenierías en las IES del país, se desarrolló una importante capacidad de investigación aplicada. Pero en sucedió así en lo concerniente al desarrollo experimental que fue más bien limitado. La conjunción de baja capacidad tecnológica de la industria y la prevalencia de una cultura de investigación universitaria intramuros, fomentada por rígidos baremos de producción científica y evaluación fue, en buena medida, determinante de esta situación.

Una revisión de las ponencias presentadas en las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería (JIFI) de 2018 - por cierto, las últimas que se realizaron - en las áreas bajo estudio parece corroborarlo.<sup>33</sup> Se clasificaron con base a las características descritas en el manual de Frascati (cuadro 4). De un total de once ponencias, nueve (82%) correspondían a investigación aplicada, dos tercios de ellas presentadas por universidades, específicamente por la UCV, la USB y el IVIC (tres individualmente y tres en colaboración institucional). El tercio restante se hizo en forma colaborativa entre la UCV y un centro tecnológico de empresa (INTEVEP). Finalmente, las dos ponencias correspondientes a desarrollo experimental fueron presentadas por el INTEVEP (cuadro 21).

Cuadro 21

Trabajos técnicos presentados en las JIFI 2018 (áreas energía, petróleo y gas)

Tipo de investigación	Universidad	Universidad- CT empresa	CT Empresa	%
Básica	----	----	----	0
Aplicada	6	3	0	82%
Desarrollo experimental	0	0	2	18%

Fuente: Elaboración propia, basada en información del Libro de Memorias JIFI-EAI 2018

Podría argumentarse que a las universidades les compete realizar la investigación y a las empresas el desarrollo experimental, apreciación parcialmente cierta si se hace referencia a las carreras de ciencias, que, incluso, se envuelven también en desarrollo experimental. Pero en el caso de la ingeniería es imperativo que las instancias de la oferta provean el conocimiento de base que haga posible el desarrollo tecnológico; producir y transferir conocimientos que contribuyan entre otras cosas al diseño de equipos, el escalamiento de procesos y el desarrollo de nuevos sistemas de producción y/o de servicios.

<sup>33</sup> Después de una interrupción de seis años, esta actividad ha sido retomada, se realizó en noviembre de 2024.

Desafortunadamente, en la actualidad se afronta una paralización casi total de ambas actividades debido al severo deterioro institucional, la disminución de la demanda por la caída de la actividad en las industrias petrolera y petroquímica, y el hostigamiento político. Pero en contraposición, algunas empresas del sector privado se están aproximando a las IES. Este puede ser un nuevo punto de partida. Estos dos actores se están percibiendo como interlocutores válidos y necesarios, lo que puede abrir posibilidades de colaboración para resolver problemas de funcionamiento y adelantar esfuerzos de innovación, lo que puede contribuir a avanzar en la recuperación de ambos espacios.

Por último, sin dejar de reconocer las limitaciones existentes, y adelantando desde ya una agenda a mediano plazo, las escuelas de ingeniería deben comenzar a explorar las disrupciones producidas por el acelerado desarrollo de las tecnologías convergentes. La vigilancia tecnológica también fue identificada como una variable a considerar para la recuperación y transformación de la ingeniería, e incorporarlas progresivamente en sus agendas de formación y como temas a desarrollar en investigación. Como se indicó en el capítulo I, muchas de estas tecnologías poseen atributos de flexibilidad que les hace accesibles porque, siendo intensivas en conocimiento, no lo son, necesariamente, en capital.

### La vinculación para la I+DT

En el capítulo anterior se mostró que al menos hasta la primera década de este siglo, las instancias de petróleo y química de las IES establecieron vínculos con empresas de diferentes agrupaciones industriales, lo que contribuyó a conformar capacidades de investigación aplicada y prestación de otras actividades ACT. El desarrollo experimental fue más limitado. Por ejemplo. En actividades como el *Scale-Up* en planta piloto y el diseño de procesos, hubo pocas experiencias, entre otras cosas por las altas demandas de infraestructura, equipamiento y recursos humanos que estas requieren, que resultaban muy difíciles de cubrir por parte de las propias instituciones.

En este sentido, se identifica una carencia del lado de la demanda, en especial de la industria petrolera y petroquímica, en manos del Estado, cuyos requerimientos eventualmente hubiesen podido contribuir más a crear estas capacidades. Aunque efectivamente contribuyeron con las IES con demandas de otras actividades ACT e investigación aplicada, su aproximación, como se indicó, contribuyó poco al desarrollo experimental.

Esto contrasta con otras experiencias de empresas estatales petroleras de otros países que, actuando como clientes competentes (Lundvall, 1988), fueron capaces de impulsar el desarrollo de estas capacidades en el lado de la oferta. Se citan ejemplos como el de STATOIL en Noruega, que impulsó activamente la I+DT en universidades y centros de investigación (Engen, 2007), y de PETROBRAS, en Brasil, cuyos esfuerzos de aprendizaje a partir de tecnologías importadas, y con amplia participación de centros de I+D y universidades, permitió a la empresa alcanzar capacidades tecnológicas de I+D (Bell, 2007) dándole al país liderazgo mundial en la producción de petróleo en aguas profundas (Furtado, 1996) y autosuficiencia en la producción de catalizadores. Un caso concreto de esta inducción de capacidades lo encontramos en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Federal de Rio de Janeiro. En 2009, se constató que PETROBRAS financió la instalación de 8 plantas piloto para el desarrollo de catalizadores sólidos para la producción de biodiesel,

obtención de biocombustibles a partir de diferentes fuentes de materia prima (e.g. biodiesel a partir de residuos de celulosa, algas y diversas especies vegetales) y la optimización y producción de combustibles a partir de hidrocarburos fósiles.<sup>34</sup>

En el país, aunque en escalas mucho menores, hubo experiencias de colaboración que evidencian que es posible impulsar el desarrollo experimental, bien sea desde el lado de la iniciativa privada como desde entes promotores públicos.

“En INTEQUIM había un acuerdo con la Facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo. Teníamos dos plantas piloto, una de 100 kilogramos comprada llave en mano y una de 1.500 kilogramos que en realidad era un reactor desincorporado por limitaciones de escala. Trabajando conjuntamente con la Escuela de Química, que a su vez se apoyó en la de Electricidad y Electrónica, se automatizó completamente el reactor. Estas dos plantas eran utilizadas frecuentemente por los estudiantes y profesores de la universidad para formación e investigación” (Cesar Martín, Ex -director de I+D de INTEQUIM).

“El proyecto del CNTQ de los simuladores con las universidades venezolanas (2011 -2012) – su provisión - fue muy bueno. Tuvimos dos años con los simuladores. Eso lo debió haber hecho PEQUIVEN, pero nunca se logró un convenio a pesar de proveerles los recursos humanos. “¡Qué no aprovechamos con esos dos años de uso de licencia para desarrollar proyectos con la asesoría de Aspen Tech !” (Ingeniería Química LUZ).

Desafortunadamente la mayoría de estas experiencias desapareció. En las actuales circunstancias ciertamente es difícil pensar en la posibilidad de restituir los vínculos para actividades de desarrollo experimental. Pero la imperiosa necesidad de mejoras productivas en la industria, puede abrir oportunidades para recomponer vínculos que, mediante la asistencia técnica, desarrollen otras actividades ACT que progresivamente puedan evolucionar y plantear a futuro demandas de I+D (Arvanitis y Mercado, 1996).

---

<sup>34</sup> Visita efectuada por el autor en funciones de presidente del Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ) (2006-2011)

## CAPÍTULO V

### Recuperación y transformación fundamentadas en la vinculación

Se evidencia que tanto los instrumentos de política pública (*policies*) como los acuerdos entre actores de la oferta y la demanda, pueden jugar un papel importante en el estímulo a la I+DT en las IES. Así, considerando los problemas y limitaciones descritos hasta ahora,<sup>35</sup> pero tomando en cuenta las necesidades técnicas y de recursos humanos de la industria, y de recursos en general y agendas de proyectos de las IES, se analizaron las posibilidades de establecer vínculos entre estos actores (match oferta-demanda). Básicamente, se indagó sobre que conocimientos y servicios pueden ofrecer las universidades, incluso en un escenario de reactivación de la actividad productiva. Desde el lado de la industria, se indagó sobre cuáles son los principales problemas y cuáles serían sus requerimientos más importantes en una eventual recuperación. Los ítems considerados fueron:

Oferta (IES)	Demanda (Empresas – industrias petrolera, gas y químicas)
Capacitación y entrenamiento Pasantías	Recursos Humanos- nuevas habilidades - perfiles profesionales
Servicios Asistencia Técnica	Mejoras de operatividad - capacidad utilizada Obsolescencia tecnológica Impacto ambiental de la producción
I+D para diseño de procesos (banco, apoyo técnico para <i>scale up</i> y diseños de planta) I+D para desarrollo de productos (mejoras, nuevo producto)	Oportunidades de mejoras y cambios en la producción

Sin pretender ser exhaustivos, se muestran en forma desagregada algunas posibles aproximaciones entre oferta y demanda que consideran, sobre todo, “Otras actividades científicas y tecnológicas afines” de acuerdo a la clasificación del manual de Frascati, sin descartar la posibilidad de que se pueda realizar investigación aplicada y desarrollo experimental.

#### *Capacitación y entrenamiento – Recursos humanos*

Visto desde la oferta, las instituciones consultadas indican poseer experiencia en la capacitación y el entrenamiento de personal para responder a demandas de las industrias, actividades que podrían realizarse tanto en la universidad como directamente en las plantas.

---

<sup>35</sup> Se insistirá en que, desde la oferta, la pérdida de personal calificado será una limitación para la vinculación que deberá atenderse prioritariamente. Contarse con masa crítica suficiente para afrontar demandas, en especial las que supondrá la recuperación de la industria.

Hay experiencias formalizadas como la del FIRP, que diseñó un programa de cursos “*in house*” para la industria petrolera y química.<sup>36</sup>

De forma general, las diferentes IES afirman que actualmente pueden contribuir de forma importante para satisfacer requerimientos en temas fundamentales para el funcionamiento de la industria tales como cursos de mantenimiento, procesos (manejo, control, simulación y diseño), gestión de proyectos y seguridad industrial y calidad. El desarrollo de cursos de capacitación en gestión de I+D que, partiendo de la identificación de problemas de la empresa propongan proyectos para su abordaje conjunto, es un instrumento de gran utilidad como lo evidenció la experiencia desarrollada por el Centro Nacional de Tecnología Química entre 2007 y 2010 en el ámbito de la Ley Orgánica de Ciencia y Tecnología (LOCTI) de 2005 (Mercado, 2013).

Desde la demanda, destaca la necesidad de abordar el problema de la pérdida de Recursos Humanos calificados que afecta la operatividad de las empresas que aun funcionan. 41 % de las empresas consultadas en la encuesta de coyuntura de ASOQUIM del III trimestre de 2019 destacaba que la falta de personal calificado era un factor importante que limitaba su producción. En la encuesta del IV trimestre de 2021, este factor cae en la percepción, pero debido al aumento de importancia que adquirió la caída de la demanda y la agudización de problemas financieros en ese momento.

Así, un programa para elevar la capacitación del personal de la industria sería muy útil para restablecer y fortalecer vínculos. Temas relacionados con la automatización y control de procesos, optimización y aumento de la eficiencia productiva, fundamentados en las TIC disruptivas abren un espacio importante de colaboración. Pero, incluso, los contenidos deben pensarse dentro de una perspectiva más integral que tome en cuenta los grandes cambios en la formación y la práctica de la ingeniería.

Esto debe ser visto como oportunidad, y es algo que no debe ser abordado fundamentalmente desde la oferta (IES), si no que deberá contar con la “participación activa de la industria en la formación y capacitación”. Se insiste en que esta fue la tercera variable clave para impulsar la modificación del sistema (la ingeniería en las IES) identificada en el análisis estructural del proyecto “Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas”.

### *Pasantías – nuevas habilidades y perfiles profesionales*

Relacionado con la formación, se destacó también la necesidad de mantener e incrementar las pasantías en las empresas. Históricamente estas se incluyeron como contenido obligatorio de los programas de estudio de las ingenierías, pero rara vez, o nunca, se articulaban a las estrategias de I+D. En general, los esfuerzos adelantados por las diferentes instituciones concebían la pasantía como un requisito que debía cumplir el estudiante, pero se veía poco como una oportunidad para establecer vínculos para identificar proyectos a desarrollar con la industria. Por su parte, la empresa generalmente le veía como algo con lo que debían colaborar para la formación del estudiante, pero, raramente, como una

---

<sup>36</sup> <http://www.firp.ula.ve/site/es/productos-y-servicios/productos-empresariales/a-la-medida>

oportunidad para abordar un problema o requerimientos técnicos propio. Cabe destacar, que esta fue una de las cuatro estrategias clave, identificadas para avanzar en la recuperación y transformación de las ingenierías del estudio de recuperación de la ingeniería citado (cuadro 12).

Procurando implementar acciones para darle viabilidad a la estrategia se conformó un grupo de trabajo con participación de miembros de la academia y la industria. Se hizo una revisión del programa de pasantías de la Facultad de Ingeniería, vigente desde inicios de siglo y se presentó una propuesta de modificación en la que se incrementa la relevancia de esta actividad en la carrera, y se propone una mayor incumbencia de las empresas en la actividad y cambios de orientación en los que se haga mayor énfasis en las actividades productivas, de desarrollo tecnológico e innovación,<sup>37</sup> incentivando en el estudiante las competencias necesarias para la industria 4.0.<sup>38</sup>

En las actuales circunstancias las pasantías, con una adopción de los debidos incentivos, pueden jugar un papel importante en la recuperación de los vínculos de las IES y la industria. Requiere, sí, nuevas formas de organización. En tal sentido, resulta interesante la manera como la Escuela de Ingeniería Química de LUZ, ha procurado mantener contacto con el sector empresarial mediante una modalidad de pasantía multidisciplinaria, que consiste en conformar pequeños grupos de estudiantes de diferentes carreras para poder afrontar requerimientos de las empresas que precisan del concurso de varias áreas de conocimiento. Como se verá, dadas las limitaciones que presentan las IES, el enfoque multidisciplinario es una opción casi obligada de enfocar problemas y tener capacidad para formular y desarrollar proyectos.

#### *Prestación de Servicios – operatividad de la industria*

Como se indicó, la prestación de servicios de análisis la situación se ve bastante complicada por los problemas de los equipos de laboratorio referidos anteriormente (deterioro y obsolescencia) y la caída de la demanda por parte de algunas industrias, en especial la petrolera y la petroquímica. Algunos centros, sin embargo, mantienen cierta operatividad en algunas áreas satisfaciendo demandas de la industria.

“El Centro de Investigaciones del Agua (CIA) ha logrado mantener sus servicios de análisis físico-químico de muestras, tanto para entes públicos como para privados. Esto gracias a que pueden manejar recursos propios para su administración” (ingeniería química LUZ).

“Estamos en capacidad de prestar servicios para certificación” (ingeniería química UCV).

La regulación y la normalización en temas de calidad, impacto ambiental, salud y seguridad industrial, se ha relajado por el desmantelamiento institucional de los organismos técnicos del Estado. Pero una recuperación de la producción deberá considerar la adecuación

---

<sup>37</sup> La redacción del borrador del reglamento corrió por cuenta de la Licenciada Ninoska Cilento (VEPICA), la ingeniera María Laura Caldera (INELECTRA) y el autor de este estudio.

<sup>38</sup> Cfr. Supra Pág 28.

de la industria y contar con la correspondiente recuperación de estas capacidades públicas. Las IES deberán jugar un papel importante en esta reconstrucción, siendo doble el desafío porque esta contribución deberá darse simultáneamente con los esfuerzos para su propia recuperación<sup>39</sup>.

Muchas empresas requieren adecuarse a las normas en los temas de calidad, seguridad industrial y ambiente. Experiencias concretas evidencian la efectividad de elaborar propuestas de adecuación que consideren diagnósticos y planes de implantación que incluyan cursos de capacitación. Estos deberían elaborarse consultando a la unidades o grupos técnicos de asociaciones empresariales (Mercado, 2013).

#### *Asistencia Técnica - Capacidad utilizada, operatividad y obsolescencia tecnológica*

La asistencia técnica presenta más regularidad. En ingeniería química de la UCV, indicaron que en los últimos años los contactos con algunas ramas industriales (alimentos y cosméticos) aumentaron debido a la dificultad que tienen las empresas para acceder a fuentes externas ha induciéndolas a buscar opciones en la universidad. La prestación es posible porque, en buena medida, se fundamenta en los conocimientos de los profesores investigadores constituyendo, además, una de las pocas fuentes de ingreso que les permite mantenerse en las instituciones y contribuir a su funcionamiento.

“Mediante algunas oficinas técnicas se han brindado asesorías técnicas en diversas áreas como: polímeros, catálisis, simulación e investigación experimental en algunos laboratorios” (ingeniería química LUZ).

“Algunas pequeñas empresas locales nos solicitan asesorías y eso nos está permitiendo pagar un bono al personal, que incluye a los vigilantes para que sobrevivan a los pobres salarios universitarios” (FIRP, ULA).

“Podemos prestar asesorías para identificar puntos críticos operativos, simulación en cualquier tipo de planta y para adecuación de laboratorios” (ingeniería química, UCV).

Es notable que aun en una situación tan crítica como la que confrontan las universidades y la industria se hayan mantenido vínculos. Algunos profesores destacan estar conscientes de los desfases respecto al avance de la tecnología porque, entre otras cosas, hoy día no tienen la posibilidad de actualizarse en el exterior. Sin embargo, frente a los desafíos que imponen problemas planteados por las empresas hacen un esfuerzo para responder a los mismos procurando además conocimientos a través de medios virtuales.

La recuperación de la industria precisa, entre otras cosas, el reinicio o puesta en marcha de unidades paralizadas, y el incremento de la eficiencia productiva de otras que hoy trabajan a muy baja capacidad constituyen oportunidades potenciales de proyectos. Muy

---

<sup>39</sup> En este sentido, serían muy útiles iniciativas como la que presentó la Directiva del ONCTI de 2014 que, conjuntamente con una empresa francesa, elaboró un proyecto para mantenimiento de equipos, que consideraba la reparación de equipos del IVIC y de la USB, pero se incluía la formación de personal técnico en Francia, buscando conformar un equipo trabajo que pudiera atender las necesidades de reparación y mantenimiento de otras instituciones del país (Ávalos y Mercado, 2019).

ligado a esto, también está el problema de la obsolescencia tecnológica. En la fase inicial del estudio, en consulta realizada a 34 miembros de la industria y las IES, 44% señaló que este constituía uno de los principales problemas que afrontaba la industria. De manera general, puede decirse que la falta de inversión en equipamiento para la producción tiene al menos diez años. Si a ello se añade las dificultades para realizar mantenimiento, estamos ante una situación grave. Una de las preocupaciones es el desfase que experimentan las unidades productivas en lo relativo al control y la digitalización.

“Hoy en día es muy difícil encontrar una fábrica que no esté al menos 10 años retrasada en cuanto a los medios de producción actuales”

“poca digitalización de las empresas. Cuando hablo de digitalización lo hago en el sentido amplio, es decir todas y cada una de las operaciones de la empresa”

También está el problema de las fábricas inconclusas; infraestructura y multiplicidad de equipamientos industriales que fueron adquiridos para el montaje de empresas por parte del Estado y hoy corren riesgo de perderse. En la petroquímica, por citar un ejemplo, estarían los proyectos para las nuevas plantas de ácido fosfórico, roca fosfática y ácido sulfúrico del Complejo Morón que no se concluyeron. En tal sentido, las Facultades de ingeniería deberían preguntarse ¿Qué posibilidades hay de recuperarlas? ¿Qué utilidad se puede dar a los equipos? ¿cuáles pueden ser las oportunidades de participación nacional en una eventual recuperación de estos activos?

El tema ambiental no es menos importante. La situación de las descargas (sólidas, líquidas y gaseosas) al ambiente, es otro problema que requiere atención especial. El deterioro de las capacidades de gestión y de la infraestructura de tratamiento ambiental es grave, sobre todo en empresas en manos del Estado, requiriendo de un abordaje urgente. Un claro ejemplo es el aumento de los derrames petroleros en el país. En 2022, se registró un total de 86 incidentes, un incremento considerable respecto al año anterior cuando se registraron 73 (OEP, 2022). Resultados del proyecto sobre Recuperación y Transformación de la Ingeniería en las IES, y de este estudio muestran que las universidades siguen contando con capacidades para contribuir a solucionar estos problemas.

Para acometer estas acciones, sería útil contar con diagnósticos de la infraestructura, de la condición y obsolescencia de los equipos, de los “*layout* de procesos” y de la condición de los sistemas de control ambiental en las diferentes unidades industriales. Un programa de auditorías tecnológicas que incorpore instancias de ingeniería de las IES, empresas nacionales de ingeniería y consultoría y organismos técnicos, con apoyo de las cámaras industriales sería de gran utilidad para diseñar una estrategia de mejora tecnológica de la estructura industrial y que, a su vez, contribuiría a recuperar e incrementar capacidades tecnológicas de los otros actores del SNCTI venezolano.

Se indagó como en las actuales condiciones, las IES podrían participar en un programa de estas características. De modo general, se destaca que, aun con las limitadas capacidades de recursos humanos, poseen conocimientos que permitan hacerlo y que pueden resultar de gran utilidad.

“La escuela de Ingeniería podría contribuir capacitando al personal de la industria. En cuanto a las auditorías, revisión de los equipos, los procesos, la Escuela de ingeniería química sola no estaría en capacidad de hacerlo, pero conjuntamente con otras escuelas, metalúrgica, mecánica, sí” (ingeniería química, UCV).

“se podría contar con la amplia experiencia y conocimiento de cuatro profesores jubilados que están en la condición de activos” (ingeniería química, ULA).

Hay personal con capacidades en diversas áreas para participar. Muchos de los profesores, activos y jubilados, pasaron por esta industria, tienen conocimientos de la tecnología, de los procesos.... Es mucho de los que podrían aportar en procesos, corrosión, simulación entre otros. Si se ofrecen los incentivos adecuados estarían dispuestos a participar (Ingeniería química, LUZ).

Esto evidencia la importancia de adoptar enfoques transdisciplinarios (colaboración e integración de diferentes disciplinas e instituciones) para el desarrollo de estas actividades que, incluso, trasciendan las ingenierías. Esto puede tener un efecto movilizador importante en las IES. Se destaca, además, el importante papel que está jugando, y jugará, el personal jubilado con amplios conocimientos y experiencia, algo de inestimable valor en las actuales circunstancias.

En síntesis, las universidades cuentan con capacidades para aportar soluciones a los diferentes problemas que confronta la industria mediante la asistencia técnica. Esta actividad, conjuntamente con la capacitación y el entrenamiento pueden constituir actividades fundamentales para avanzar en la recuperación de las capacidades tecnológicas del SNCTI.

#### *Investigación y Desarrollo – oportunidades de mejoras y cambios en la producción*

Como se expuso en el análisis de las actividades de investigación y desarrollo adelantadas en las IES, la escasa dotación que tienen en equipamiento necesario para la actividad, limita las posibilidades de participar en proyectos avanzados, por ejemplo, de diseño de nuevos procesos. Los pocos existentes (banco, reactores pequeños, instrumental de medición, etc.) no están en las mejores condiciones. Pueden, sí, aportar bastante en lo relativo a modificación y mejoras en el equipamiento (e.g. adaptación de equipos del control) y del *layout* de procesos, aprovechando los conocimientos de los profesores y las capacidades de simulación, que podrían ser de utilidad para la revisión de las condiciones de operatividad con miras a lograr aumentos en la eficiencia productiva e, incluso, optimización y mejoras en las rutas de síntesis.

“En los diversos laboratorios, centros e institutos, muchos equipos del tipo planta piloto se han dañado, dificultando la realización de esta actividad (Ingeniería Química, LUZ).

“En procesos, en la parte de equipos están las transformaciones que deberían hacerse para poder introducir cambios en el diseño. Un ejemplo fue lo que se hizo en la planta de la empresa para producir solventes en Barranquilla.... los problemas de disponibilidad de materia prima para obtener los productos para la

que fue diseñada, obligaron a modificarla. Se hizo necesario usar la planta para elaborar otro tipo de productos. Se modificaron los procesos, se hicieron cambios en la ingeniería y hoy se está elaborando productos para uso agrícola” ..... ¿Qué hacer en este ámbito? Enfocarse en la mejor utilización posible de los equipos existentes. Han cambiado mucho las condiciones del mercado (Ricardo Barreto, Química Venoco).

## Procesos y equipos

Es claro, que esta actividad debe pensarse desde y para la empresa, y aquí el personal de las universidades debe adecuarse a sus requerimientos y a las nuevas circunstancias. En la intervención en el equipamiento y los procesos (modificaciones), el personal de las universidades puede asesorar en temas como las condiciones y variables físicas y químicas y la incorporación de control avanzado de procesos, actividades que pueden ayudar a una mejora en la eficiencia productiva. Los profesores deben trasladar el locus de los proyectos a la planta industrial, que esta sea su laboratorio (Arvanitis y Mercado, 1996). Sin embargo, no debe descartarse la exploración mediante vigilancia tecnológica de los avances en las tecnologías digitales, especialmente de la IA y la IOT, y las posibilidades de incorporarlas como instrumentos de I+D que contribuyan a la recuperación de las refinerías y otras plantas industriales.

## Desarrollo de productos (mejoras, nuevo producto)

En primer lugar, se destaca que aún existe una buena base de conocimientos en las universidades, y si bien las demandas en la industria petrolera y petroquímica en las actuales circunstancias son prácticamente nulas, su eventual recuperación requerirá de manera importante de diversos conocimientos. Pero en el corto plazo, más importantes pueden resultar las demandas de otras industrias de procesos (e.g. química, alimentos, pulpa y papel) que igualmente requerirán de importante apoyo en fuentes externas.

“La química de formulación sigue siendo una oportunidad para la elaboración de productos para ciertos segmentos del mercado donde los conocimientos actuales podrían ser suficientes para introducir mejoras” ..... muchos productos que no se fabricaban localmente cuando estábamos sobre 3 MBD y la demanda era muy grande, por ejemplo, demulsificantes. En nuestra empresa (VENOCO) teníamos un proceso de integración de tecnologías, donde se usaba la planta de MONSANTO para hacer resinas, la planta de Etoxyl para etoxilarlas y elaborar los productos para la deshidratación de crudos. Estas demandas de la industria están aún muy presentes, y sigue existiendo la capacidad en la ULA en tensoactivos - el FIRP - También en la parte de síntesis donde tengo entendido queda gente muy capacitada. El problema es que el receptor, la empresa, no está disponible De reactivarse la industria, en esta actividad hay una oportunidad .... en alquiler no es mucho lo que se puede hacer por la precariedad en el suministro de materias primas. Al no haber producción de petróleo no hay posibilidad de obtener los básicos para la petroquímica... En sulfonación, esterificación, para nuevos productos para el agro... biocombustibles hay muchos trabajos que se pueden

hacer y que se pueden optimizar usando los recursos actualmente existentes (Ricardo Barreto, Venoco).

“Mucha gente en Venezuela se ha comunicado para ver cómo se usa lo poco que se consigue en el mercado (insumos disponibles localmente). Se han hecho pruebas. .... Estamos haciendo lo que se hacía en la década del 50, pero es lo que hay. Llegar a actualizarnos será muy complicado, el desfase es muy grande. Por ejemplo., entre lo que se hacía en INTEQUIM en 2008 y lo que se hace hoy hay un rezago muy grande. Por ejemplo, la cantidad de Resina por galón de pintura para que esta sea eficiente. Trabajábamos con 1 Kilogramo por galón. Hoy a nivel internacional hay empresas que trabajan con 500 gramos. Eso en Venezuela hoy es imposible ....., además, el mercado no te lo va a exigir. Sobre esto hay que trabajar, todo dependerá como vaya mejorando la situación de la población y del país” (Cesar Martín)

“Podemos aportar en evaluación de productos competitivos ante el mercado "verde" que permita que el país ofrezca algo más que derivados del petróleo (Química Verde y Desarrollo sustentable)” (Ingeniería química, UCV).

Como se aprecia, en una eventual recuperación de estas industrias, se señalizan, desde ya, cuáles pueden ser las oportunidades de colaboración. Pero, incluso, en las actuales circunstancias fuentes de ASOQUIM indican que, aunado al ligero repunte económico registrado desde el segundo semestre de 2020, se realizan algunas actividades de innovación en desarrollo de productos. Un factor que impulsa a las empresas a realizar estos esfuerzos es la reducción de la disponibilidad de empaques. He aquí una clara señalización de la demanda a ser analizada por las universidades.

En forma similar al diseño de procesos, en esta actividad no es mucho lo que se pueda realizar en las IES con los recursos técnicos existentes (instrumental y equipos). Pero como lo indican las opiniones, pueden surgir oportunidades derivadas de demandas por parte de la industria. De hecho, en la encuesta de coyuntura del III trimestre de ASOQUIM de 2019, 82% de las empresas encuestada destacó que el acceso a materias primas nacionales, o a divisas para importarlas, constituían un factor que limitaba la producción. Aunque este porcentaje ha disminuido, continúa siendo señalado en la encuesta de coyuntura del I trimestre de 2023. En otras palabras, plantea un espacio de trabajo conjunto y la generación de oportunidades. A ello, se agrega la necesidad de adecuarse a los requerimientos de sustentabilidad que implica el desarrollo y elaboración de productos que minimicen el impacto ambiental.

### *Factores a considerar para impulsar y estrechar la vinculación*

La situación impone romper con esquemas tradicionales de funcionamiento tanto de la oferta como la demanda. En la fase inicial del proyecto, se estableció que en las estrategias institucionales para transformar la gestión del talento humano (variable clave) de las IES, destacaban la divulgación de la producción universitaria y la oferta académica, para lo cual sería necesario visibilizar un inventario de capacidades, productos y servicios de las facultades de ingeniería.

Pero adicionalmente, se plantea la necesidad de recomponer o crear redes que, aparte de las IES y la industria, procuren incorporar o contar con la colaboración de la masa crítica de profesores y profesionales que forman parte de la diáspora. Por ejemplo, ver cómo estos podrían contribuir de forma activa en la formación, más ahora que por la nueva realidad que impuso la pandemia del COVID-19 se ha masificado el uso de los medios virtuales. ¿Cómo podrían contribuir a intercambios o asistencia para la investigación, y qué podría explorarse en términos de fortalecer capacidades tecnológicas de la industria? Se insistirá en que ello demanda una gestión universitaria eficiente y flexible.

“Hay profesores que se fueron por ejemplo a Estados Unidos, que pueden dictar materias, se han ofrecido. Pero el reglamento universitario lo impide porque no son profesores de la universidad y, por lo tanto, no pueden realizar la evaluación” (Ingeniería Química ULA)

“Gran parte de la industria desconoce que existan grupos en las líneas de operaciones y procesos ..... Es necesario un esfuerzo de mercadeo de capacidades (de las IES) que no ha existido y, el otro asunto también, de educación del usuario que tampoco ha existido” (Ricardo Barreto, VENOCO)

He conversado con muchas personas que se vinieron (a Europa), Muchos de ellos dicen que regresar no. Pero estarían dispuestos a colaborar con las IES e, incluso, con la industria, si estuviera interesada en realizar investigación (Cesar Martín).

Como se puede apreciar, es necesario superar criterios de gestión conservadores que, sin menoscabar la calidad académica, amplíen notablemente el alcance de formación, la investigación y el desarrollo tecnológico. En el primer caso, reconociendo que los contenidos académicos que pueden ser dictados virtualmente tienen sus límites, sobre todo en una disciplina con altos contenidos prácticos como la ingeniería, serán fundamentales para la iniciar la recuperación de las capacidades académicas y su adecuación a las nuevas realidades. Una discusión impostergable es el empleo - y las implicaciones - de la Inteligencia Artificial en la formación en la ingeniería (Pham et al. 2023) explorando sus beneficios y desafíos, sobre todo en la circunstancia tan compleja que afrontan las IES venezolanas.

En actividades de investigación y desarrollo tecnológico y otras actividades CTA, vistas las posibilidades, y las limitaciones, de las IES de proveerlas, y de la necesidad de la industria para acceder a servicios y conocimientos que permitan su reactivación y adquisición de capacidad tecnológica, las primeras deberán implementar políticas institucionales que, entre otras cosas, promuevan la asistencia técnica como una actividad que abra la posibilidad de proponer proyectos colaborativos que apunten a la solución de problemas con mayor contenido tecnológico (Sánchez et al., 2022).

### Adopción y desarrollo de las Tecnologías convergentes

Las profundas transformaciones tecnológicas impulsan cambios en la formación, la investigación y el desarrollo tecnológico, y el ejercicio de la disciplina (Mercado et al., 2022). Esto llevó a discutir como las instancias de ingeniería de las IES del país están afrontando dichas transformaciones y las limitaciones para su incorporación en los programas de formación y en las pocas agendas de la investigación y desarrollo. La crisis dificulta que en

lo inmediato se puedan involucrar activamente en la investigación y el desarrollo tecnológico, y en la formación en estas tecnologías. Cabe destacar, no obstante, que se identifican algunas experiencias, y que algunos profesores están conscientes de las transformaciones en marcha y, sobre todo, de los desfases, que se agrandan a consecuencia de la crisis.

“El enorme avance de la tecnología ha venido anulando los alcances que puede desarrollar la Escuela, debido a que desde poco más de 7 años no se han adquirido equipos de nueva generación, y no se han reparado los actuales..... Aunque se han realizado algunas investigaciones en aprovechamiento de desechos para beneficios energéticos o investigaciones en bioprocesos, esto actualmente se encuentra casi desactivado por los robos y daños a los centros de investigación” (Ingeniería Química, LUZ).

Tenemos dificultad para actualizarnos en las nuevas tecnologías por la ausencia de contactos con el exterior. Procuramos acceder a información por medios virtuales” (ingeniería química UCV).

A pesar de ello, se identifican algunos esfuerzos en estas tecnologías. Como se indicó, el FIRP posee experiencia en técnicas nanotecnológicas de emulsiones. La universidad del Zulia, indicó también realizar algunos esfuerzos en esta dirección.

“Dentro de la transformación de currículo para el año 2010 se establecieron algunas líneas relacionadas con las tecnologías convergentes que con los recursos adecuados se pudieran reactivar: i- Bioconversión de Sustratos no convencionales provenientes de la Agroindustria. ii- Predicción de nivel de corrosión atmosférica usando redes neuronales.” (Ingeniería Química, LUZ).

“recientemente concluimos un proyecto con una empresa argentina empleando métodos de nanotecnología. Este incluyó, incluso, un proceso de transferencia de tecnología” (Laboratorio FIRP. ULA).

“ En mis trabajos se usan Técnicas no Convencionales, como Microondas y Ultrasonido, lo cual genera un impacto mejor en el consumo de la energía, y los extractos obtenidos son fundamentales para la obtención de productos amigables con la naturaleza” (ingeniería Química) UCV

Considerando la incidencia de las TIC y la microelectrónica sobre las actividades productivas, se revisó información obtenida por el grupo de trabajo responsable del diagnóstico de las áreas Eléctrica, Electrónica y TIC acerca de las capacidades y proyectos en varias universidades nacionales.<sup>40</sup> Se halló que, aun en las condiciones actuales, varias de estas instituciones están en capacidad de responder a necesidades de las unidades productivas aportando soluciones a importantes requerimientos y problemas:

1. Investigación en automatización y control aplicada a problemas de la industria.
2. Recuperación del sistema eléctrico y del sistema de telecomunicaciones e Internet.

---

<sup>40</sup> Cfr. Supra Pág 44

3. Automatización e integración de procesos de producción (Hay experiencias importantes de trabajos realizados en el pasado con la industria petrolera y las industrias básicas que se han comenzado a extrapolar a otros sectores).
4. Aplicaciones de la I4.0 en infraestructura y manufactura. Sistema autodiagnóstico para la Pyme.
5. Aplicaciones de *Machine learning* y redes neuronales al procesamiento de imágenes, señales y robótica.
6. Procesos de transformación digital de las empresas.

Es evidente que la gran mayoría de estas actividades son de utilidad para mejorar el desempeño de las deterioradas industrias de petróleo, gas, petroquímica y química nacionales. Lo que se plantea, entonces, es como preservar e impulsar las capacidades existentes en las IES, y como aprovecharlas para trabajar en la recuperación y transformación de estas industrias.

Para ello, la IA abre interesantes oportunidades. Debe prestarse particular atención a su incorporación para contribuir tanto en las actividades de formación como de investigación y desarrollo tecnológico estableciendo, eso sí, alcances y límites. Como se mostró, puede ampliar notablemente el alcance de la investigación sugiriendo nuevas rutas de síntesis, optimizando relaciones fisicoquímicas y nuevas entidades químicas. Esto puede ser muy útil para renovar agendas y el funcionamiento de los debilitados grupos de investigación de las IES ya que abre la oportunidad de trabajar aun contando con pocos recursos. A su vez, abren oportunidades de una mayor interacción con la industria mediante la posibilidad de proveer asistencia técnica para la aplicación de algunas de estas tecnologías con la finalidad de identificar e implementar mejoras en los procesos.<sup>41</sup>

Esto obliga a repensar las estructuras de I+DT, hoy marcadamente compartimentalizadas ampliando la incorporación de las TIC. Los graves problemas de estas industrias en el país demandan enfoques amplios, algo urgente al observar la transformación y la complejización de las tecnologías y su carácter convergente, y de los cambios que se observan en las formas de organización de la producción, la distribución y el consumo que se difunden con la 4i. Es imprescindible adoptar enfoques multidisciplinarios. Como bien lo señaló una de las participantes en el estudio, su área, individualmente, no estaría en capacidad de participar en programas o proyectos en la industria<sup>42</sup>.

Finalmente, a pesar de las oportunidades que se abren, y de la voluntad y los esfuerzos que se realizan en algunas IES, es evidente un aumento de la brecha con relación a la frontera tecnológica. Pero, como se indicó, un elemento notable de estas tecnologías, que las diferencian de las asociadas al paradigma tecnoeconómico intensivo en el uso de materiales y energía, es que poseen atributos de flexibilidad, sobre todo en términos de escalas<sup>43</sup>. De esta manera, aunque son intensivas en conocimiento, no lo son necesariamente en capital (Córdova y Mercado, 2024). Esto abre algunas oportunidades para incorporarlas en las agendas de I+D no sólo de las IES sino, también, en el funcionamiento de las empresas

---

<sup>41</sup> Cfr. Supra pág 22

<sup>42</sup> Cfr. Supra Pág 70

<sup>43</sup> Cfr. Supra Pág 26

ampliando las posibilidades de interacción. Por ello, es imperativo crear espacios colaborativos en los que puedan formularse proyectos conjuntos.

Paralelamente a los esfuerzos de las propias instancias de ingeniería para su recuperación, deberán revisarse las estructuras y prácticas universitarias que dificultan adelantar una gestión flexible y eficiente, algo necesario para implementar agendas para desarrollar y fortalecer capacidades en estas tecnologías. Es imperativo contar con mecanismos institucionales que posibiliten elaborar acciones de trabajo conjuntas con miembros de las industrias, y los servicios, incluyendo aquí las empresas de ingeniería. Incluso, deben diseñarse programas colaborativos que bien podrían resultar de interés para otros actores nacionales e internacionales y obtener el respaldo de la cooperación internacional (Mercado et al., 2020).

## Conclusiones

Venezuela afronta una crisis estructural, sin precedentes desde finales del siglo XIX, que afecta todos los ámbitos de la sociedad. Desinstitucionalización, exclusión política y autoritarismo, caída extraordinaria en la cobertura y la calidad de la educación en todos los niveles, desmantelamiento de la investigación y de las capacidades productivas, entre otros, han terminado por producir una crisis humanitaria inimaginable para un país que, hace cuarenta años, presentaba condiciones socioeconómicas superiores a la mayoría de los países de la América Latina. Frente a esta situación, aparte de procurarse los imprescindibles cambios políticos, todos los ámbitos de la sociedad deben repensarse, entendiendo que no se trata de reconstruir sino de construir sobre la base de las nuevas realidades locales y globales.

La imprescindible recuperación económica, al menos en los próximos diez años, continuará dependiendo de forma importante en los hidrocarburos. Poseer las mayores reservas mundiales de crudo, y las octavas de gas natural, mantendrán la importancia del país en la escena energética internacional. Pero deberá prestarse atención a los cambios declinantes del mercado de los combustibles fósiles, las conversiones de la actividad de refinación que apuntan a la flexibilización en la obtención de derivados, la complementariedad de las operaciones para producir e-combustibles (*e-fuels*) y el aprovechamiento de las instalaciones para usar insumos renovables y la producción y distribución de hidrogeno verde. Muchas de estas innovaciones son impulsadas por innovaciones disruptivas en las tecnologías convergentes.

Desafortunadamente, se observa que los enfoques que se vislumbran en el país para la recuperación de estas industrias continúan concentrándose en el aumento de la extracción de los recursos fósiles, diciéndose poco en cuanto a la agregación de valor y a la diversificación industrial que presionan las transformaciones citadas.

Y esta recuperación, se hace más difícil al constatar la abismal pérdida de capacidades tecnológicas y de gestión que experimentan estas industrias, construidas y acumuladas durante varias décadas mediante esfuerzos de dominio de la tecnología con los que alcanzaron efectivos niveles de uso y operación y, posteriormente en algunos casos, de ingeniería y diseño. Incluso, en contadas excepciones algunas firmas alcanzaron capacidad de investigación y desarrollo de acuerdo a la clasificación de Bell (2007).

Esta pérdida es especialmente crítica en las empresas bajo control del Estado, lo que se traduce en niveles históricamente bajos de producción. En los casos del petróleo y del gas apenas se ubican, cuando mucho, en 20% de lo producido en 2015, se ha reducido drásticamente la provisión de combustibles y de insumos a la petroquímica - etano y propano - llevando a la casi absoluta paralización de la producción de termoplásticos, óxido de etileno y glicoles. También cayó la producción de aromáticos (BTX) y bases para lubricantes afectando la industria química. Esto ha resultado en una desestructuración de las pocas cadenas de producción que existían.

Aparte de los severos problemas en la producción, hay una pérdida de capacidades de gestión en las áreas de seguridad industrial y ambiente, lo que se constata con el aumento de accidentes laborales el aumento de la generación de descargas y los derrames petroleros con una gran afectación ambiental (OEP, 2022).

En el lado de la oferta - la academia - en la que las actividades en estas áreas se inician a comienzos de la década de los sesenta con la creación de las primeras carreras de ingeniería química y petróleo, se desarrolló una destacada actividad en la formación de profesionales necesarios para el funcionamiento de estas industrias. En términos de investigación, ajustándose a las definiciones del Manual de Frascati, se determina que, hasta la primera década del presente siglo, lograron consolidar capacidad para realizar investigación aplicada. No así de desarrollo experimental que, con contadas excepciones, fue más limitada. Las pocas experiencias en esta última actividad surgían de los pocos proyectos que se concertaban con la industria, en especial con la petrolera y la petroquímica. Estos consideraban la innovación en procesos participando en el diseño de equipos de escalamiento para pruebas, simulación y modelos de sistemas y pruebas de catalizadores empleados por las empresas en planta piloto. En productos fundamentalmente mediante el desarrollo de formulaciones, cabiendo destacar aquí el desarrollo de la Orimulsión por parte del Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos (FIRP) de la ULA conjuntamente con el INTEVEP. En la química hubo también el desarrollo experimental, citando como ejemplos el desarrollo de productos con procesos nanotecnológicos en este instituto con empresas del exterior, así como experiencias colaborativas entre la empresa INTEQUIM y la Universidad de Carabobo para adecuación de planta piloto, pruebas de automatización y desarrollo de formulaciones.

Esta limitación obedeció a diversos factores entre los que destacan la prevalencia de una visión ofertista en la conformación de los programas de formación, las agendas de investigación y los baremos con criterios de evaluación académicos muy tradicionales. Del lado de la demanda – la industria - el modelo de industrialización basado fuertemente en la adquisición de tecnología, determinaba que, en la mayoría de los casos, no fuese necesario procurar conocimientos en las universidades u otras instancias de investigación. Los problemas generalmente se resolvían mediante la contratación de asistencia técnica con los oferentes de la tecnología. Aquí se identifica una clara debilidad de la política científica y tecnológica del Estado que, durante mucho tiempo, promovió estos modelos y prestó poca atención a la promoción de vínculos y el desarrollo de capacidades de producción de tecnología (Mercado, 2013).

El diagnóstico de la situación de las ingenierías en las áreas de petróleo, gas y química evidencia una importante pérdida de capacidades de formación, e investigación y desarrollo originada por una sustancial disminución de los recursos humanos, el deterioro de la infraestructura física y del equipamiento para la investigación. Las causas de esto radican fundamentalmente en abismal disminución presupuestaria por parte del Estado a las universidades, que parece obedecer a una estrategia deliberada para su desmantelamiento. El deterioro se agudizó en los últimos diez años. Muchas de las actividades de investigación aplicada, de las pocas de desarrollo experimental, y de otras actividades científicas y tecnológicas afines (Según la definición de Frascati) disminuyeron o dejaron de realizarse en las instituciones analizadas.

El deterioro experimentado en la industria petrolera y petroquímica en los últimos quince años, así como las diferencias políticas del Estado con las universidades, contribuyeron a la casi desaparición de los vínculos con las empresas en el sector petrolero y

del gas. La devastadora crisis económica limitó también las posibilidades de vínculos con la industria química y otras industrias de procesos (e.g. pulpa y papel y alimentos).

Sin embargo, en los últimos años, se observa un progresivo acercamiento de las empresas a las universidades a objeto de obtener asistencia técnica y servicios, lo que llevó a explorar sobre las actividades que las IES están en capacidad de ofrecer y como comenzar a recuperar capacidades de I+DT con las limitaciones de recursos existentes. Esto requiere modificar las formas tradicionales de gestión, para lo cual se identificaron políticas y estrategias institucionales concretas (Sánchez et al., 2022).

Con base al diagnóstico, basados en las fortalezas y debilidades identificadas y en las necesidades se proponen posibles aproximaciones entre oferta y demanda que consideren:

- Capacitación y entrenamiento – mejora de recurso humano de la empresa.
- Prestación de Servicios – apoyo a la producción
- Asistencia Técnica – para mejora de capacidad utilizada, operatividad y abordar problemas de obsolescencia tecnológica
- Investigación y Desarrollo – oportunidades de producción (Diseño de procesos y desarrollo de productos).

Se señalan claras oportunidades de trabajo colaborativo. Pero por la viabilidad de implementación y las urgencias de abordaje de problemas en los dos sectores, se propone impulsar en lo inmediato actividades de capacitación y entrenamiento, y la prestación de asistencia técnica bajo enfoques que tomen en cuenta las transformaciones en la formación y la práctica de la ingeniería.

A medio plazo, las IES afrontan el gran desafío de llevar adelante estas transformaciones considerando los impactos de las tecnologías disruptivas y el abordaje de los graves problemas socioambientales. Se observó como las instancias de ingeniería están afrontando dichas transformaciones y las limitaciones para su incorporación en los programas de formación y en las pocas agendas de la investigación y desarrollo. Se identificaron algunas experiencias de trabajo en algunas de las tecnologías convergentes y, algo importante, consciencia de la importancia de abocarse a la adquisición de capacidades y su desarrollo.

Se plantea entonces preservar e impulsar las pocas capacidades que aún persisten y como aprovecharlas para contribuir a la recuperación de la industria. En vista de la transformación y la complejización de las tecnologías y su carácter convergente, y de los cambios en las formas de organización de la producción, la distribución y el consumo generados en la 4i deben adoptarse enfoques multidisciplinarios.

Finalmente, en forma imperativa debe discutirse y acordarse como será el uso - y las implicaciones - de la Inteligencia Artificial en la formación y la práctica de la ingeniería en Venezuela. Dada la crítica situación de las IES por la pérdida de buena parte de su planta profesoral, puede resultar una herramienta útil en el corto plazo, para apoyar y dar continuidad a la docencia, sobre todo en la circunstancia tan compleja en cuanto a la preservación de la planta docente y la reposición de cargos. Pero deberán conformarse grupos de reflexión que permitan establecer el alcance y los límites de su utilización.

## Referencias

- Arvanitis, R. Mercado, A (1996). Los retos para la Investigación y desarrollo en la industria química de los países latinoamericanos. En: Pirela, A (edit). Cultura empresarial en Venezuela la industria química y petroquímica. Fundación Polar. Caracas
- Aryanasl, A. Ghoddousi, J. Mansouri, N (2017). Components of sustainability considerations in management of petrochemical industries. Environmental Monitoring and Assessment. DOI: 10.1007/s10661-017-5962-y
- ASOQUIM. Encuestas de Coyuntura I trimestre (2018); III trimestre (2019); IV Trimestre 2021; I Trimestre (2023).
- Aula Abierta (2017). Informe preliminar: Deserción universitaria en Venezuela. [en línea]. Disponible en <<https://aulaabiertavenezuela.org/wp-content/uploads/2017/12/AULA-ABIERTA-VENEZUELA-INFORME-PRELIMINAR-DESERCION-UNIVERSITARIA-EN-VENEZUELA.pdf>> (consulta: 23 de abril de 2020)
- Aula Abierta (2021). Informe Preliminar Libertad Académica y Autonomía Universitaria en la Educación Superior Venezolana. Referencias a la Salud y Otros Derechos Humanos. [en línea]. Disponible en <<https://aulaabiertavenezuela.org/wp->
- Ávalos, I (1991). La Política Tecnológica Venezolana: de la Economía Protegida a la Economía Abierta. Revista Espacios. Caracas. 12. 2
- Ávalos, I. y Mercado, A. (2019). Capacidades Nacionales de Ingeniería (Entre la coyuntura y la Sociedad del Conocimiento). Informe técnico, Caracas.
- Bell, M. (2007) “Technological learning and the development of production and innovative capacities in the industry and infrastructure sectors of least developed countries: what roles for ODA?” SPRU-Science and Technology Policy Research, University of Sussex.
- Bellone, D. Hall, S. Kar, J. Olufon, D (2021) The big choices for oil and gas in navigating the energy transition. McKinsey and Company.
- BIA (2024). Deep Biotech: Disruptive innovation for global sustainability. deepbiotech.org. Disponible en <<https://www.bioindustry.org/resource/deep-biotech-disruptive-innovation-for-global-sustainability.html>>
- Cervilla, M. Mercado, A. Sánchez-Rose, I. Ferrara, G. Cilento, N. Esposito, C (2022). La crisis del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) venezolano y la situación de las ingenierías. Revista Espacios, Caracas. 43, 6. DOI: 10.48082/espacios-a22v43n06p06
- Coalición de Cátedras y Centros Universitarios de Derechos Humanos (2017). El pensamiento bajo amenaza Situación de la libertad académica y la autonomía universitaria en Venezuela. Disponible en <<http://aulaabierta.org>>2018/01>informe>
- Córdova, k. Mercado, A (2024). Energía: disrupciones tecnológicas sin avances en la transición ecológica. Cuadernos del CENDES. 41, 116, pp 1-37.
- Cui, K (2020). Why crude-to-chemicals is the obvious way forward. Wood Mckenzie. Disponible en <<https://www.woodmac.com/news/opinion/why-crude-to-chemicals-is-the-obvious-way-forward/>>

- Channell, D. (2019). From Engineering Science to Technoscience. In: The Rise of Engineering Science. History of Mechanism and Machine Science, vol 35. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95606-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95606-0_11)
- Darwich, G (2015). Petróleo en Venezuela en el siglo XX. De la inexperiencia institucional a la pericia. Cuadernos del CENDES, 32, 88, pp. 159-167. Disponible en <[http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_cc/article/view/29313](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_cc/article/view/29313)>
- Das, N. Langhelle, O. Roy. J (2019) gas: A transition fuel for sustainable energy system transformation? Energy Science and Engineering 7(4). DOI: 10.1002/ese3.380
- Dautzenberg, F. Mukherjee, M (2001). Process intensification using multifunctional reactors. Chemical Engineering Science, 56, pp 251-267. DOI: 10.1016/j.ces.2018.07.048
- Departamento de Energía-EEUU (2015). Los investigadores convierten el etano en etanol con una eficiencia que podría reducir los costos de refinación del gas natural. PHIS-ORG. Disponible en: [https://phys-org.translate.google/news/2015-04-ethane-ethanol-efficiency-natural-gas-refining.html?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc#google\\_vignette](https://phys-org.translate.google/news/2015-04-ethane-ethanol-efficiency-natural-gas-refining.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc#google_vignette)
- Dutrenit, G. Corona, J (2015). Transferencia de conocimiento de la investigación hacia la formulación de política en ciencia, tecnología e innovación. Evidencia de países latinoamericanos. En: Casas, R y Mercado, A (coordinadores). Mirada Iberoamericana a las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: perspectivas comparadas CLACSO. Buenos Aires. Madrid. CYTED.
- ENCOVI (2020). Encuesta Nacional sobre Condiciones de Vida 2019-2020. Disponible en <<https://www.proyectoencovi.com/informe-interactivo-2019>>
- ENERDATA (2023). Global Energy Trends 2022 A troubled, yet promising year for energy transition? Disponible en <<https://www.enerdata.net/about-us/events/webinar-global-energy-trends-2023-edition.html>>
- Engen, O (2007). The development of the Norwegian Petroleum Innovation System: A historical overview. TIK Working paper on Innovation Studies No. 20070605, University of Stavanger
- EY (2024). Four trends driving the oil and gas in 2022 and beyond. Ernst & Young LLP. USA. Disponible en <<https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-us/insights/oil-gas/documents/ey-four-trends-driving-the-oil-and-gas-in-2022-and-beyond.pdf&ved=2ahUKEwjMloPky4aJAXWdSDABHdHkAJ8QFnoECBMQAAQ&usq=AOvVaw0AT12-xGm4an4td7s7T1-5>>
- Federal Register (2023). 29184 Federal Register / Vol. 88, No. 87 / Friday, May 5, 2023 / Proposed Rules. Disponible en <<https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/proposed-rule-multi-pollutant-emissions-standards-model>>
- Fitzgibbon, T. Jan Simons, T. Szarek, G. Varpa, S (2022). From crude oil to chemicals: How refineries can adapt to shifting demand. Mckinsey & Company. Disponible en <<https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/from-crude-oil-to-chemicals-how-refineries-can-adapt-to-shifting-demand>>

- Fitzgibbon, T. Nariman, K. Roth, B (2023). Converting refineries to renewable fuels: No simple switch. McKinsey & Company. Disponible en < <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/converting-refineries-to-renewable-fuels-no-simple-switch#/> >
- Fonseca, A. Heyn, R. Froseth, M. Thybaut, J. Poissonnier, J. Meiswinkel, A. Zander, H. Canivet, J (2021). A Disruptive Innovation for Upgrading Methane to C3 Commodity Chemicals. Johnson Matthey Technol. Rev, 65, 2, pp 311–329. <https://doi.org/10.1595/205651321X16051060155762>
- Furtado, A (1996). A Trajetória tecnológica da Petrobrás na produção Offshore. Espacios, Caracas, Venezuela:17, .3, pp 31-66,
- Görner, S. Luse, A. Maheshwari, N. Malladi, R. Mori, L. Samek, R (2020). The potential of advanced process controls in energy and materials. McKinsey and Company.
- Graham, R (2018). The global state of the art in engineering education. MIT. Disponible en [https://jwel.mit.edu/sites/mitjwel/files/assets/files/neet\\_global\\_state\\_of\\_eng\\_edu\\_180330.pdf](https://jwel.mit.edu/sites/mitjwel/files/assets/files/neet_global_state_of_eng_edu_180330.pdf)
- Hanif, H (2024). The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Oil Exploration and Production. The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Oil Exploration and Production. Eurasian Journal of Chemical, Medicinal and Petroleum Research. 3, 5. pp 176-190. <https://doi.org/EJCMPR/2024124442>
- Hansen, J.E. M. Sato, L. Simons, L S. Nazarenko, I. Sangha, P. Kharecha, J C. Zachos, K. von Schuckmann, N G. Loeb, M.B. Osman, Q. Jin, G. Tselioudis, E. Jeong, A. Lacis, R. Ruedy, G. Russell, J. Cao. Li , J (2023). Global warming in the pipeline. Oxford Open Climate Change. <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008>.
- Holland, S. Kotchen, M. Mansur, E. Yates, A (2024). On the Feasibility, Costs, and Benefits of an Immediate Phasedown of Coal for U.S. Electricity Generation. NBER, Working Paper. Disponible en < <https://www.nber.org/papers/w32235>>
- ICIS (S.f.). How chemical companies are implementing AI. Disponible en <[https://www.icis.com/explore/resources/how-chemical-companies-are-implementing-ai/?cmpid=EMP%7CICIS%7CCHLEG-2025-0325-GLOBAL-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&sfid=701dP00000FhG2XQAV&utm\\_campaign=CHLEG-2025-0325-GLOBAL-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&utm\\_content=CHLEG-2025-0325-AMER%20-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&utm\\_medium=email&utm\\_source=Eloqua#group-section-AIs-transformative-role-in-the-chemical-sector-32U9B2bXOA](https://www.icis.com/explore/resources/how-chemical-companies-are-implementing-ai/?cmpid=EMP%7CICIS%7CCHLEG-2025-0325-GLOBAL-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&sfid=701dP00000FhG2XQAV&utm_campaign=CHLEG-2025-0325-GLOBAL-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&utm_content=CHLEG-2025-0325-AMER%20-%20Monthly%20newsletter%20-%20March&utm_medium=email&utm_source=Eloqua#group-section-AIs-transformative-role-in-the-chemical-sector-32U9B2bXOA)>
- IEA (2020). The Oil and Gas Industry in Energy Transitions Insights from IEA analysis. Disponible en <<https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions>>
- IEA (2023). Oil 2023 Analysis and forecast to 2028. Disponible en <<https://miningpress.com/pdfjs/web/viewer.php?file=/public/archivos/pYFzvqQG3fhM9UOWkc0A49k9nfypr6esfyMR5p2.pdf&title=IEA%3A+OIL+2023+ANALYSIS+AND+FORECAST+TO+2028>>

- IN4climate.NRW (2019). Hydrogen as the key to a successful energy transition: setting the course now. Disponible en <<https://www.energy4climate.nrw/en/hydrogen-office-h2nrw>>
- IRENA (2020). GREEN HYDROGEN COST REDUCTION Scaling Up Electrolysers yo Meet the 1.5°C Climate Goal. Disponible en <[https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA\\_Green\\_hydrogen\\_cost\\_2020.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf)>
- Johnston, R. Blakemore, R. Bell, R (2020). The Role of Oil and Gas Companies in the Energy Transition. Atlantic Council. Washington
- Kamp, A (2016). Engineering Education in a Rapidly Changing World Rethinking the Vision for Higher Engineering Education, TU Delft, Faculty of Aerospace Engineering, Delft. ISBN 978-94-6186-609-7. Disponible en <<http://resolver.tudelft.nl/uuid/ae.3b30e3-5380-4a07-afb5-daf30b7b433>>
- Kang, J. Thomson, A (2020). Gas Technology and Innovation for a Sustainable Future. Intenational Gas Union – Boston Consulting Group. Disponible en <Gás<https://www.apeg.pt> > documento >Ficheiro>51>
- Lander, L (2004). La Insurrección de los gerentes: Pdvsa y el gobierno de Chávez. Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales. 10, 2. pp. 13-32
- Lee, M. Yu, Y. Cheon, Y. Baek, S. Kim, Y. Kim, K. Jung. H. Lim, D. Byun, H. Lee, C. Jeong. J (2023). Machine Learning-Based Prediction of Controlled Variables of APC Systems Using Time-Series Data in the Petrochemical Industry. Processes, 11, 2091. <https://doi.org/10.3390/pr11072091>
- Lu, F. Astruc, D (2020). Nanocatalysts and other nanomaterials for water remediation from organic pollutants. Coordination Chemistry Reviews. 408. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213180>. Disponible en <[https://www.researchgate.net/publication/340355856\\_Nanocatalysts\\_and\\_other\\_nanomaaterials\\_for\\_water\\_remediation\\_from\\_organic\\_pollutants](https://www.researchgate.net/publication/340355856_Nanocatalysts_and_other_nanomaaterials_for_water_remediation_from_organic_pollutants)>
- Lundvall, B. (1988), 'Innovation as an Interactive Process: From User-producer Interaction to the National System of Innovation', in G. Dosi et al., Technical Change an Economic Theory. London: Pinter Publishers, pp. 349-69.
- Mahlmann Kipper, L. Dal Forno, A. Frozza, R. Furstenau, L. Agnes, J. Cossul, D (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. Technology in Society, 64, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Malik, S. Muhammad, K. Waheed, Y (2023). Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. Molecules. 3, 28, 661. <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>
- Melcher, D. (1992). «La industrialización de Venezuela». Revista Economía. 10. ULA. pp 57-87
- Mercado, A (2013). Conformación de redes tecnoproductivas como mecanismo de Integración universidad – industria. La experiencia del Centro Nacional de Tecnología Química (2006-2011). Revista Espacios, Caracas. Volumen 34, 8.
- Mercado, A (2005). El papel de la universidad en la conformación de un modelo productivo sustentable en Venezuela. Cuadernos del Cendes, 22, 58. pp 23-45

- Mercado, A. (2004) Aprendizaje tecnológico y desarrollo socio-institucional: la industria química y petroquímica en Brasil y Venezuela. CENDES - Fundación POLAR, Caracas.
- Mercado, A (2003). ¿Innovaciones incrementales o desarrollo tecnológico nuevo?: la planta del alquilbenceno de química Venoco. En: Arnoldo Pirela (ed). Venezuela el desafío de innovar. Fundación Polar CENDES. Caracas.
- Mercado, A. Sánchez-Rose, I. Cervilla, María A. Sánchez, R. Siem, G. Colina, B (2022). Disrupciones tecnológicas y crisis socioambiental: Los grandes desafíos de las ingenierías en Venezuela. Revista Espacios, Caracas. 43, 6. DOI: 10.48082/espacios-a22v43n06p05
- Mercado, A. Ávalos, I. (2019). Capacidades Nacionales de Ingeniería (entre la Coyuntura y la Sociedad del Conocimiento). Informe Técnico, Caracas.
- Mercado, A. Ávalos, I. Sánchez-Rose, I. Cervilla, M. López, S. Vessuri, H (2020). CAPACIDADES DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION PARA SUPERAR LA CRISIS EN VENEZUELA. Technical Report Prepared for the International Development Research Center (IDRC) and the Global Development Network (GDN).
- Mercado, A. Testa, P. (1998). «La Universidad Central de Venezuela», en Vessuri, Hebe, coord., La investigación y desarrollo (I+D) en las universidades de América Latina, Caracas, Fondo Editorial Fintec.
- Ministerio de Energía y Minas (1980). Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE). Caracas
- Ministerio de Energía y Minas (1989). Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE). Caracas
- Moreau, V. Vuille, F. (2018) Decoupling energy use and economic growth: Counter evidence from structural effects and embodied energy in trade. Applied Energy, 215, pp. 54–62.
- Nolff, M (1981). Las perspectivas de la industria venezolana en la década de los 80. NUEVA SOCIEDAD, 53, pp. 79-96
- NotiAdmin (2022). “Presupuesto 2022 no cubre funcionamiento de universidades autónomas”, 22 de enero. Disponible en <<http://notiadmin.ucv.ve/?p=11874>> (consulta: 19 de agosto de 2024).
- Observatorio ULA.DDHH (2024, 15 de junio). “Régimen de Maduro ha recortado al menos 237,6 millones de dólares al presupuesto solicitado por la ULA en los últimos seis años”. Observatorio de Derechos Humanos de la Universidad de Los Andes. Disponible en <<https://www.uladdhh.org.ve/regimen-de-maduro-ha-recortado-al-menos-2376-millones-de-dolares-al-presupuesto-solicitado-por-la-ula-en-los-ultimos-seis-anos/>> (consulta: 19 de agosto de 2024).
- OCDE (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- OEP (2022). Reporte: Derrames petroleros (2022). Disponible en: <<https://ecopoliticavenezuela.org/2023/01/04/reporte-derrames-petroleros-2022/>>
- OPEC (2022). World Oil Outlook 2045. Vienna. www.opec.org. ISBN 978-3-9504890-4-0

- OPEP PETROPUNTO (2024). Tecnologías Emergentes en el Refinado de Petróleo. Disponible en < <https://petropunto.com/tecnologias-emergentes-en-el-refinado-de-petroleo/>>
- Ostadi, M. Gunnar Paso, k. Rodriguez-Fabia, S. Lars, E. Manenti, F. Hillestad, M (2020). Process Integration of Green Hydrogen: Decarbonization of Chemical Industries. *Energies*. 13, 4859; doi:10.3390/en13184859.
- Pérez, C (2009). Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics no. 20. Disponible an <<http://hum.ttu.ee/wp/paper20.pdf>>
- Pham, T. Nguyen, B. Ha, S. Nguyen Ngoc, T (2023)- Digital transformation in engineering education: Exploring the potential of AI-assisted learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 2023, 39(5). <https://doi.org/10.14742/ajet.8825>
- Pirela, A (1996). *Cultura Empresarial en Venezuela La Industria Química y Petroquímica*. Fundación Polar-CENDES. Caracas
- Pirela, A. Rengifo, R. Arvanitis, R. Mercado, A (1996). Aprendizaje Tecnológico y Conducta Empresarial: la Taxonomía Estadística de la Industria Química Venezolana Antes del Ajuste Estructural. En: Pirela Arnoldo (Editor). *Cultura Empresarial en Venezuela La Industria Química y Petroquímica*. Fundación Polar-CENDES. Caracas
- Plastic Technologies (2018). Disruptive Technologies to Have Significant Impact on Chemical Industry. Disponible en <<https://www.ptonline.com/blog/post/disruptive-technologies-to-have-significant-impact-on-chemical-industry>>
- Ranney, K. Mukati, M (2021). The Role of Natural Gas in the Energy Transition. *Sustainalytics*. Disponible en <<https://connect.sustainalytics.com>>
- Rissman, J. Bataille, C. Masanet, E. Aden, N. Morrow , W. Zhou, N. Elliott, N. Dell, R. Heeren, N. Huckestein, B. Cresko, J. Miller, S. Roy, J. Fennell, P. Cremmins, B. Koch Blank, T. Hone, D. Williams. E D. de la Rue du Can, S. Sisson, B. Helseth, H (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied Energy*. 266. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114848>.
- Sánchez-Rose, I. Mercado, A. Cervilla, M. Testa, P. López, María S. Ferrara, G. Sánchez, R. Poggi, Z. Rodríguez Quiroz, L (2022). Políticas y estrategias institucionales para la recuperación y transformación de la ingeniería venezolana. *Revista Espacios*, Caracas. 43, 6. DOI: 10.48082/espacios-a22v43n06p04
- Sánchez, B. Baena, C. Esqueda, P (2001). La competitividad de la industria petrolera Venezolana. *Serie Desarrollo Productivo*, 71. CEPAL. Santiago de Chile.
- Quintero, S. Castañeda, W. Robledo, J (2015). El Des-Aprendizaje En Un Sistema De Innovación: Una Perspectiva Desde la Interacción Entre Agentes. XVI Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC, Porto Alegre

Ramírez, L (2023). "Ley de Presupuesto 2024 no aprobó “ni 5%” de lo solicitado por la universidad según FCU-UCV". Crónica Uno. 20 de diciembre. Disponible en <<https://cronica.uno/ley-de-presupuesto-2024-no-aprobo-ni-5-de-lo-solicitado-por-la-universidad-segun-fcu-ucv/>>

Tetteh, D. Salehi, S (2023). The Blue Hydrogen Economy: A Promising Option for the Near-to-Mid-Term Energy Transition. Journal of Energy Resources Technology. 145, 4 Disponible en <[https://www.researchgate.net/publication/362637225\\_The\\_Blue\\_Hydrogen\\_Economy\\_A\\_Promising\\_Option\\_for\\_the\\_Near-To-Mid-Term\\_Energy\\_Transition](https://www.researchgate.net/publication/362637225_The_Blue_Hydrogen_Economy_A_Promising_Option_for_the_Near-To-Mid-Term_Energy_Transition)>

UNESCO (2021). Engineering for Sustainable Development. International Centre for Engineering Education under the auspices of UNESCO (ICEE). Disponible en <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634>>

## Glosario

ACT	Otras actividades científicas y tecnológicas (Manual de Frascati)
AIE-IEA	Agencia Internacional de Energía – Internacional Energy Agency
ANIH	Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat
ASOQUIM	Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BTX	Benceno, Tolueno, Xileno
CAVECON	Cámara Venezolana de Empresas Consultoras
CAVIDEA	Cámara Venezolana de la Industria de alimentos
CDN	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
CENPES	Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello
CITEC-ULA	Centro de Innovación Tecnológica de La Universidad de Los Andes
CNTQ	Centro Nacional de Tecnología Química
CONICIT	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
CORIMON	Corporación Industrial Montana
CyT	Ciencia y Tecnología
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
FIIDT	Fundación Instituto de Ingeniería para la Investigación y Desarrollo
FIRP	Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos
FONACIT	Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas licuado de petróleo
IES	Instituciones de Educación Superior (IES)
INDESCA	Investigación y Desarrollo C.A.
INTEQUIM	C.A. Química Integrada
INTEVEP	Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo
IVIC	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
IVP	Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP)
I+D	Investigación y Desarrollo
I+DT	Investigación y Desarrollo Tecnológico
LUZ	Universidad del Zulia
MMBD	Millones de barriles diarios

PDVAL	Productora y Distribuidora Venezolana de Alimentos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PDVSA	Petróleos de Venezuela, S.A.
PEQUIVEN	Petroquímica de Venezuela S.A
SONJ	Standard Oil of New Jersey
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación
TMCA	Tasa de crecimiento medio del consumo
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
UBV	Universidad Bolivariana de Venezuela UC Universidad de Carabobo
UCLA	Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado
UDO	Universidad de Oriente
UE	Unión Europea
ULA	Universidad de Los Andes
UCV	Universidad Central de Venezuela
USB	Universidad Simón Bolívar
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNEXPO	Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre
UNIMET	Universidad Metropolitana
VENOCO	Química Venoco, C.A
VEPICA	Vepica Venezolana de Proyectos Integrados, Vepica C.A.

El calentamiento global y la contaminación constituyen los problemas más severos que enfrenta el planeta. Los hidrocarburos, que continúan respondiendo por el 80% del consumo energético global, son los principales responsables de esta situación. Se procuran alternativas en otras fuentes de energía, pero su crecimiento vertiginoso está generando nuevos y preocupantes impactos ambientales.

Las industrias de los hidrocarburos (petróleo, gas natural y petroquímica), y la industria química en general, afrontan el tremendo desafío de cambiar radicalmente sus procesos y sus productos y, de manera general la sociedad, sus formas de consumo a objeto de disminuir radicalmente el impacto ambiental para lograr la transición ecológica. Las soluciones trascienden ampliamente lo tecnológico, lo que demanda nuevas formas integradas de conocimiento en los que la ingeniería, transformándose, es clave para esta transformación. Su papel fundamental en el desarrollo y uso de las tecnologías disruptivas, en especial de la Inteligencia Artificial, debe responder a los imperativos de la sustentabilidad y prestar atención a sus consecuencias sociales y políticas.

Estos desafíos, clave para un país que durante algún tiempo continuará dependiendo de manera importante de los hidrocarburos, deben ser afrontados por una debilitada ingeniería nacional cuyas capacidades de formación, investigación y desarrollo tecnológico en la educación superior han sido mermadas. En este trabajo, a partir de un crudo diagnóstico, se proponen acciones para su recuperación y transformación. Estas no pueden provenir exclusivamente de lo interno de las instituciones, siendo necesario hacer sinergias con las industrias, los servicios y las comunidades. Se trata de un esfuerzo colaborativo para ir construyendo el nuevo paradigma de la ingeniería venezolana.