



Recuperación de la ingeniería venezolana para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas

(Informe final, primera etapa)

Equipo de redacción

Alexis Mercado

Isabelle Sánchez Rose

María Antonia Cervilla

María Sonsiré López

Caracas, septiembre de 2021

PROYECTO

La recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en Ingeniería para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas.

Instituciones y profesionales participantes

Área de desarrollo científico y tecnológico. Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES) – Universidad Central de Venezuela (UCV)	Alexis Mercado (Coordinador del proyecto) Isabelle Sánchez Rose Pablo Testa (responsable del manejo estadístico) Zulay Poggi
Facultad de Ingeniería (UCV)	Rebeca Sánchez Griselda Ferrara de Giner María Virginia Najul
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) FAU – UCV	Geovanni Siem
Centro de Gestión de la Tecnología y la Innovación (CeGesTec+i) Universidad Simón Bolívar (USB)	María Antonia Cervilla
Centro de Estudios de la Ciencia. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)	María Sonsiré López
Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA)	Concetta Esposito de Díaz
Universidad del Zulia	Belinda Colina Arenas
Fundación Instituto de Ingeniería (FII)	Luís Rodríguez

Instituciones Patrocinantes y/o colaboradoras

Institución	Representante
Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat	Griselda Ferrara de Giner
Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos	Juvenal Arveláez (Presidente Ejecutivo)
Cámara Venezolana de Empresas de Consultoría (CAVECON)	Ninoska Cilento

Contenido

Introducción	4
Capítulo 1	8
Transformaciones tecnoeconómicas y cambios en las ingenierías	8
Profundas transformaciones tecnoeconómicas	9
Las vulnerabilidades tecnoeconómicas que revela el COVID-19	12
Transformaciones en las ingenierías	13
1. <i>Cambios en la formación y la práctica de la disciplina</i>	13
2. <i>Transformando la ingeniería para el desarrollo sustentable</i>	16
3. <i>La práctica profesional.</i>	18
Capítulo 2	22
Crisis del SNCTI venezolano y situación de las ingenierías	22
Masa crítica de investigación y la importancia de las ingenierías	23
Situación de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES) venezolanas	28
Pérdida de capacidades de ingeniería y tecnología en industria y servicios	32
<i>La diáspora de ingenieros</i>	33
Los desafíos	36
Capítulo 3	38
El proyecto	38
Antecedentes	39
Objetivos y fases del proyecto	42
Metodología	42
<i>La consulta a expertos</i>	43
<i>Las respuestas a los cuestionarios</i>	44
<i>Identificación de dimensiones de análisis y de las variables</i>	53
<i>Jerarquización de las variables relevantes</i>	55
<i>El análisis estructural (TAE)</i>	59
Capítulo 4	62
Variables clave y enunciados de política y estrategias institucionales para la recuperación y transformación de las ingenierías	62
El análisis estructural	63

Algunos datos sobre el Análisis Estructural	63
El gráfico de resultados del Análisis Estructural (plano de influencia – dependencia)	64
<i>Variables de influencia</i>	64
<i>Variables Relé o de Conflicto</i>	65
<i>Variables dependientes</i>	66
<i>Variables autónomas</i>	66
<i>Variables reguladoras</i>	66
<i>Grado de determinación del sistema</i>	66
Resultados del análisis estructural	67
Enunciados de políticas y estrategias institucionales	76
Avanzar en la segunda etapa	88
Referencias	89

Introducción

Venezuela enfrenta una crisis de una gravedad sin precedentes. Siete años de continua contracción económica acabaron con tres cuartas partes de su PIB desde 2013 (CEPAL, 2021)¹. Para 2020, un 55% de la población se ubicaba en el nivel de pobreza crítica y 76 % por debajo de la línea de pobreza (ENCOVI, 2020), y apenas 9% de la población garantizaba una plena seguridad alimentaria². De acuerdo a cifras oficiales de la Agencia de la ONU para los Refugiados (ACNUR), hasta abril de 2021 más de cinco millones seiscientos mil personas habían emigrado³, configurando una crisis humanitaria de dimensiones descomunales, la más grave del continente americano de los últimos 50 años. La raíz de esta situación es fundamentalmente política. La instauración de un gobierno autoritario que ha arremetido contra la sociedad. Directamente contra la población procurando su sujeción mediante diversos mecanismos de control social, contra la economía, por su aquiescencia en la destrucción del aparato productivo y los servicios, y contra el Estado mediante el sojuzgamiento, y en algunos casos, del desmantelamiento de las instituciones.

La situación se ha agravado debido a la pandemia del COVID-19. Las precarias condiciones del sistema de salud, la lentitud en la inmunización de la población – Para el 19 de septiembre de 2021, Venezuela se ubicaba entre los tres países de América Latina con el menor porcentaje de población vacunada (15% la pauta completa y 8,9% una dosis)⁴ - no permiten avizorar alguna normalización de las actividades socioeconómicas en el corto plazo. A esto se añade el pésimo estado de las tecnologías de la información y la comunicación, fundamentales para el funcionamiento de la sociedad en la realidad impuesta por la pandemia en ámbitos como el laboral y el educativo, que están experimentando cambios inéditos, que se acentuarán de manera irreversible una vez superada esta situación.

A ello habría que agregar que algunas sanciones económicas impuestas al gobierno debido a la violación de derechos humanos, han incidido en la disminución del ya mermado ingreso petrolero y dificultado la adquisición de equipos y repuestos, complicando aún más la situación, sobre todo de las posibilidades de recuperación de las industrias y los servicios en manos del Estado.

¹ https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46501/115/BP2020_Venezuela_es.pdf

² <https://www.ovsan.org/actualidad/encuesta-a-los-hogares-del-ovsan-solo-el-9-de-los-venezolanos-tiene-seguridad-alimentaria-plena/>

³ <https://r4v.info/es/situations/platform>

⁴ <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations?country=>

La educación, no escapa a la catastrófica situación. En el ámbito que nos ocupa, la educación superior - las capacidades de formación e investigación y desarrollo tecnológico han mermado drásticamente, consecuencia tanto de una enorme emigración de profesores, como de un desmantelamiento de la infraestructura, lo cual ha incidido dramáticamente en la posibilidad misma de la formación y de la producción de conocimiento. Tal es el daño generado que su reversión, al menos a la situación que presentaba a finales del siglo pasado, probablemente trascenderá una generación.

La nueva realidad impuesta por el COVID-19 complejiza más la situación, sobre todo al acelerar globalmente cambios sociotécnicos sin precedentes impulsados por la disrupción de las denominadas “tecnologías convergentes” y la difusión de la cuarta revolución industrial (4i), que generan impactos profundos en lo social, en lo económico y lo personal (Avalos y Mercado, 2019). Estas cuestiones, aunadas a otras, tan o más acuciantes, como la agudización de los eventos ambientales extremos - consecuencia del cambio climático- y la exclusión social, constituyen enormes desafíos que difícilmente pueden abordarse adecuadamente por las instituciones de educación superior (IES) venezolanas debido a la gravedad de los problemas que confrontan y la inmediatez de la gestión que de ella se deriva. Sin embargo, no deben dejarse por fuera de la agenda de recuperación del país.

El proyecto “Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas” se formuló para, partiendo de diagnósticos tanto de la oferta (Instituciones de Educación Superior (IES)) como de la demanda (industria y servicios) de conocimientos, proponer políticas y estrategias institucionales que contribuyan a la recuperación y transformación de esta disciplina, que resultan fundamentales para incrementar las capacidades tecnológicas del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con la pertinencia de contribuir a la superación de la crisis del país y afrontar los desafíos globales citados.

En una primera etapa, se identificaron de forma amplia variables (65) que permiten la caracterización del sistema, concebido este como las ingenierías en las instituciones de educación y centros de investigación, considerando tanto sus componentes internos (capacidades de formación y producción de conocimientos, infraestructura etc.) como externos (redes de conocimiento, interacción con usuarios, estructuras de apoyo, etc.) A partir de este listado, mediante un proceso de consultas e intercambio de ideas con miembros tanto de la academia como de la industria y de los servicios, se seleccionaron las más relevantes (22) para el funcionamiento del sistema y se definieron de manera concisa.

Con estas 22 variables se realizó un análisis estructural que permitió identificar las más importantes para la evolución del sistema (Arcade y otros, 2004). A saber: dos variables de entrada, altamente influyentes y poco dependientes y, por lo tanto, determinantes de

funcionamiento del sistema (Gestión universitaria flexible y eficiente y Gestión del conocimiento), tres variables clave, muy influyentes y altamente dependientes, condicionan de manera importante el funcionamiento del sistema, ya que acciones sobre ellas impactan al resto de las variables (Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación y formación en la frontera tecnológica y Gestión de conocimiento), una variable de riesgo, muy influyente y muy dependiente, inestable, que puede constituir una discontinuidad del sistema (Pasantías en la industria), y cinco variables blanco u objetivo, muy dependientes pero medianamente influyentes, sobre las que es posible actuar para que evolucionen en la forma deseada (Formación integral y capacitación en temas del desarrollo sustentable, Perfil de formación transdisciplinario, Asistencia técnica e I+D+i en tecnologías maduras). El significado de estos resultados se discute ampliamente en el capítulo 4 del informe.

Para avanzar en la recuperación y la transformación de las ingenierías se debe prestar atención especial a este grupo de variables. Un dato relevante es que, aun reconociendo la gravedad de la crisis que confrontan las IES, y que gran parte de la solución pasa por una recuperación muy importante del soporte financiero y material, este proceso dependerá en gran medida de la formulación de políticas y estrategias acertadas de las propias instituciones. Y esto coincide con un clamor de diversas comunidades académicas, y más allá, que desde hace algunos años destacan la necesidad de una transformación de la universidad venezolana.

Es por ello que, a partir de estas variables, así como de las consultas a la academia, la industria y los servicios, y talleres de trabajo realizados, se esboza un conjunto de enunciados de políticas y estrategias pensadas para diferentes niveles de decisión: Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, Instituciones de educación superior (IES) e instancias de ingeniería de las IES. Por las posibilidades de proponerlas y hacerlas viables desde las propias instituciones se coloca el énfasis en las dos últimas. Para la segunda etapa del proyecto, se ha propuesto realizar diagnósticos por áreas de conocimiento (Agronomía y Agroindustria, Ambiente, infraestructura y servicios, Eléctrica, Electrónica y TICs, Ciencias de la tierra, Ciencias de los materiales y mecánica, y Química, Petróleo y gas). Estos diagnósticos, conjuntamente con los citados enunciados constituirán un insumo importante para su adecuada formulación e implementación.

El presente informe se ha estructurado en cuatro capítulos. En el primero, se hace una breve presentación de los cambios en la estructura tecnoeconómica y de las dinámicas cambiantes en las ingenierías, destacando los principales desafíos en la formación, la investigación y el desarrollo tecnológico, y el ejercicio profesional. Estas deberán ser consideradas en la formulación de las políticas y estrategias institucionales, en especial para la redefinición de la formación, la producción de conocimiento y la práctica profesional.

El segundo presenta una breve descripción de la crítica situación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) venezolano debida, principalmente, a la abismal pérdida de

profesionales que se han visto forzados a abandonar el país, agudizando un déficit histórico de masa crítica, muy importante en las áreas de ingeniería y tecnología. Ello se ha reflejado en la crisis que presentan tanto las instancias de producción y transmisión de conocimientos como la industria y los servicios. En estas últimas, se registra una pérdida apreciable de capacidades tecnológicas que llevó décadas construir. Las capacidades nacionales de ingeniería han resultado tremendamente afectadas, reconociéndose que, históricamente, no fue un área priorizada en la política científica y tecnológica.

En el tercero, se destacan algunos elementos del proyecto útiles para comprender su alcance. Se describe la conformación del equipo de trabajo (interinstitucional y multidisciplinario), la formulación de la propuesta metodológica que incluyó el desarrollo de instrumentos de recolección de información aplicados a miembros de la industria, la academia y los servicios cuyos resultados generales permiten tener una primera aproximación al problema. Seguidamente, se detalla la aplicación de algunas metodologías que sirven para identificación y jerarquización de las variables que sirven para caracterizar el sistema y la identificación de aquellas que son determinantes para su evolución.

En el último capítulo, se presenta una breve explicación del Análisis Estructural, destacando la clasificación que genera de las 22 variables seleccionadas previamente. Con base a ello, se analiza la importancia de estas en el funcionamiento del sistema, en especial de las que ejercen mayor influencia en su evolución y se proponen algunos enunciados de las políticas y estrategias institucionales. Se plantea que las diferentes IES, trabajen en su formulación e instrumentación, en función de sus problemas y necesidades específicas, pero haciéndolo en forma articulada y colaborativa con otras IES, asociaciones empresariales y académicas, organismos técnicos y gremios profesionales, y tomando en cuenta los diagnósticos de las diferentes áreas de conocimiento.

En un momento de aceleradas transiciones sociotécnicas, la gravedad de la crisis que confronta Venezuela puede constituir una oportunidad para repensar la recuperación y transformación de las ingenierías. Se requieren cambios en las formas de producir conocimientos y en la formación. La complejidad de la situación nacional y las incertidumbres civilizatorias, requieren superar anacronismos disciplinarios. Debe aceptarse que las soluciones a los grandes problemas del país requieren múltiples enfoques basados en las competencias existentes y por desarrollar. La ingeniería debe trascender el ámbito de lo técnico, co-crear conocimiento con las ciencias sociales, las ciencias básicas y la política, y transmitirlo y aplicarlo en forma amplia y adecuada a los particulares contextos de aplicación.

Capítulo 1

Transformaciones tecnoeconómicas y cambios en las ingenierías

Las innovaciones tecnocientíficas disruptivas que están dando cauce a la cuarta revolución industrial trastocan todos los ámbitos del quehacer humano. Están transformando las formas habituales de organización de la producción, la distribución y el consumo. Transforman la generación, trasmisión y uso del conocimiento, las formas de recreación y ocio e, incluso, a nivel personal, las formas de relacionarnos y hasta la percepción de la realidad.

La ingeniería, como área de conocimiento, es de las más impactadas por dichas innovaciones, provenientes en cuantiosa medida de su mismo seno. Muchos de sus fundamentos y procedimientos son abalados y sujetos a cambios. Las concepciones disciplinarias por área (e.g química, petrolera, eléctrica, mecánica, etc.) ven cada vez más complicado mantener estas estructuras compartimentalizadas, dando paso a estructuras multidisciplinarias (e.g energética, ambiental, electroquímica, aeroespacial, biomédica, industrial, etc.). A su vez, las tecnologías convergentes, áreas multidisciplinariamente conformadas, inciden transversalmente sobre los diversos ámbitos de la industria y los servicios desdibujando límites en la división del trabajo y la producción que derivan en formas híbridas en las que se fusionan culturas técnicas económicas y sociales (Kamp, 2016). Es por esta razón que se sostiene que la crisis de la ingeniería venezolana puede constituir una oportunidad para su reconstrucción, casi desde sus cimientos, si se consideran e incorporan de manera efectiva estas prácticas e innovaciones.

Profundas transformaciones tecnoeconómicas

En el anterior paradigma tecnoeconómico, intensivo en el uso de materiales y energía (Pérez, 2009), se establecía una precisa caracterización de las diferentes actividades económico-productivas. Económicamente, esto se explicitaba en la clasificación por sectores: el primario, orientado a la obtención y primera transformación de recursos naturales. El sector secundario, considera la transformación industrial de los insumos o materias primas provenientes del sector primario y, hasta hace poco, el sector terciario, que considera la provisión de servicios en una vasta constelación de actividades de competencia de los ámbitos público y privado. Se indica que hasta hace poco, porque ya algunas clasificaciones incluyen un sector cuaternario, relativo a la producción intelectual de bienes intangibles que redimensionan la organización y funcionamiento de las actividades de todos los otros sectores, constituyendo elemento fundamental de la llamada "economía del conocimiento"⁵.

La organización establecía delimitaciones claras entre los espacios y sus funciones. La transformación de los bienes primarios (producción industrial) se realizaba en la fábrica. Sus

⁵ https://www.academia.edu/38349049/Los_5_sectores_econ%C3%B3micos_de_la_econom%C3%ADa

productos se distribuían a través de canales de comercialización cuyo espacio fundamental era el establecimiento comercial, en tanto que el consumo se verificaba en los espacios públicos y los hogares. Por su parte, los grandes sistemas tecnológicos (Hughes, 1987) estaban claramente definidos y delimitados, y aunque incluían una constelación de artefactos, infraestructuras, conocimientos, estructuras legales, entre otros, en ellos prevalecía un claro predominio disciplinario. Véase por ejemplo el sistema tecnológico de luz y energía eléctrica. Se trataba fundamentalmente de sistemas físicos cuyo funcionamiento y control se realizaban desde su interior. La energía para la producción de electricidad provenía casi en su totalidad de tres fuentes precisas (fósil, hidroelectricidad y nuclear) que se caracterizan por ser muy intensivas en capital y, por lo tanto, muy concentradas, y a las que se les asocia un alto riesgo e impacto ambiental. Por lo general, estas formas de organización implicaban altos costos de transacción (Figura1).

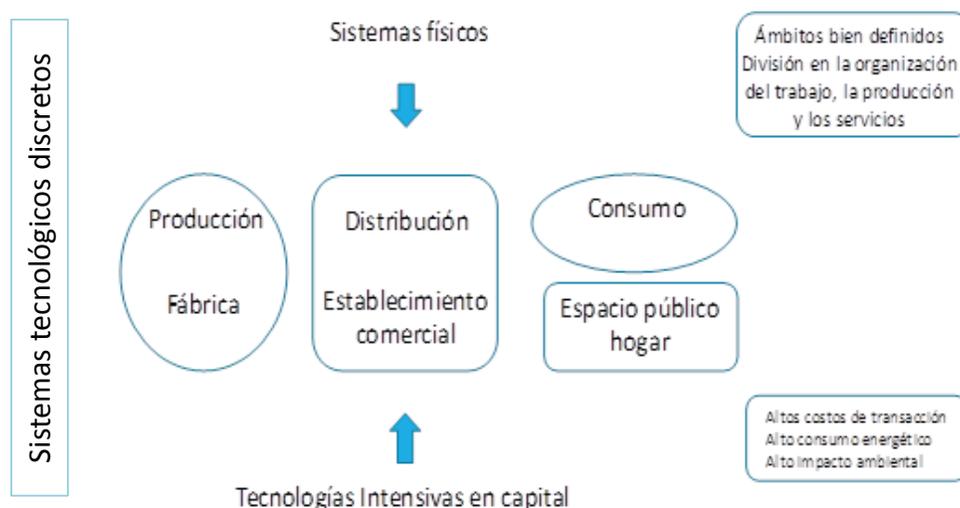


Figura 1. Estructura económico-productiva del paradigma tecno-económico.
 Organización tradicional
 Fuente: Elaboración propia

Las disrupciones tecnológicas propician el surgimiento de nuevas industrias y profundas transformaciones en las tradicionales. De hecho, la clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU) reconoce que cada vez surgen más problemas para organizar la información debido a que el desarrollo de nuevas tecnologías replantea la división del trabajo, impulsa el surgimiento de nuevas actividades y de industrias, planteando todo un desafío para la generación y uso de la información estadística. Esto resulta muy claro en las tecnologías de la información y la comunicación, donde se procura, más bien, una clasificación por las características de los productos, continuamente en cambio, que por industrias⁶.

⁶https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-guide-to-measuring-the-information-society-2011_9789264113541-en#page22

En la organización de la estructura tecnoeconómica emergente se desdibujan los límites entre los espacios de las actividades económicas y varían notablemente sus funciones. Ya la fábrica - la planta industrial - no es el espacio exclusivo para la manufactura. Como se vio, este puede ocurrir en la infraestructura de producción primaria, incluso en el ámbito mismo del usuario o el consumo (e.g. la impresión digital). La comercialización se realiza, cada vez más, desde un gran centro de almacenamiento directamente al consumidor, en la que gran parte de la transacción se realiza por medios virtuales, llevando a la desaparición de las cadenas de distribución y los establecimientos de comercialización. Esto genera cambios radicales en la organización del trabajo y sus funciones (Figura2).

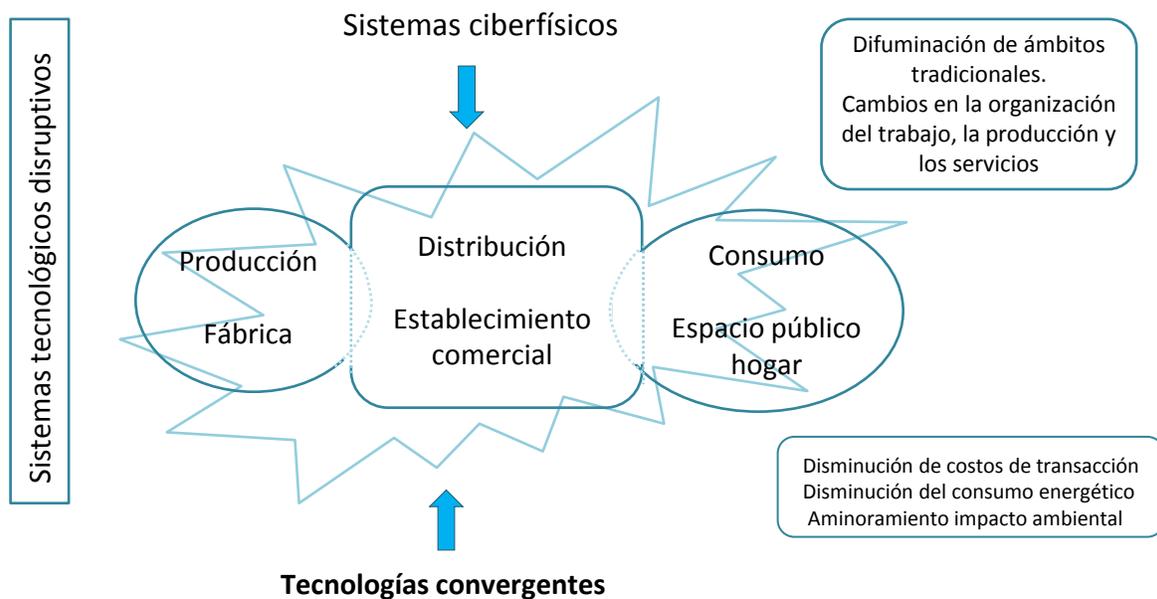


Figura 2. Estructura económico-productiva emergente. Cuarta Revolución industrial

Fuente: elaboración propia

Los sistemas tecnológicos ya no se aprecian claramente definidos y delimitados. Se trata ahora de sistemas ciberfísicos⁷ en los que confluyen múltiples disciplinas, cuyo funcionamiento y control se realizan en forma descentralizada e, incluso, desde lugares diversos, planteando nuevos desafíos y riesgos⁸. En el caso del ya citado sistema tecnológico de luz y energía eléctrica, las

⁷Acogemos una de las tantas definiciones "Los sistemas ciberfísicos (CPS) comprenden componentes digitales, analógicos, físicos y humanos interactivos diseñados para funcionar a través de la física y la lógica integradas (Grifford y otros, según Greer y otros, 2019).

⁸ Entre los riesgos que confrontan estos sistemas están los ataques cibernéticos. Ejemplo reciente es el sufrido por el sistema de Oleoductos Colonial de la costa Este de EE.UU en mayo de 2021 el cuál paralizó el transporte de 2,5 millones de barriles de combustible diarios por más de una semana, y un mes después no había sido recuperado totalmente. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57033536>.

fuentes para la generación de electricidad se han diversificado, y aun cuando las fuentes tradicionales continúan respondiendo por un porcentaje mayoritario del suministro total, van siendo reemplazados por fuentes alternativas (e.g eólica, solar) y nuevos sistemas de almacenamiento. Estas últimas, si bien son intensivas en conocimientos, presentan ciertos atributos de flexibilidad que hacen que, no necesariamente, lo sean en capital. De manera general, presentan menores riesgos y potencial de impacto ambiental (Mercado y Córdova, 2020).

Las vulnerabilidades tecnoeconómicas que revela el COVID-19

Estas transformaciones se han acelerado debido a la pandemia del Covid-19. Pero como suele suceder en situaciones de crisis, avanzan en un marco de estructuras cognitivas e institucionales del anterior paradigma tecnoeconómico, que tienden a mantener las trayectorias de la innovación dentro de sus lógicas de producción y consumo. Por esta razón es que, aun cuando se experimentan cambios tecnológicos disruptivos, no hay avances realmente claros hacia la sustentabilidad. La demostración más evidente es que el desacoplamiento entre el consumo de recursos y el crecimiento económico, que sería el indicador más concluyente de la transición, sólo se da parcialmente en algunos de los países más desarrollados. Pero, como lo revela la evolución global de la explotación de recursos naturales, esta se mantiene en niveles muy altos, tanto de los asociados al antiguo paradigma tecnoeconómico (e.g hierro, cobre, aluminio hidrocarburos, minerales no metálicos) que crecen a ritmo similar e, incluso, algo superior al de la economía, como la de los asociados a las tecnologías disruptivas (Niobio, Tántalo, Tierras raras, etc.) que, en este caso, crece a ritmos, incluso, muy superiores (Mercado y Córdova, 2018).

Adicionalmente, la pandemia ha desnudado una serie de problemas derivados de la excesiva subordinación de los planes y políticas del desarrollo a los imperativos económicos del crecimiento y la competitividad. Aparte del excesivo consumo de recursos que este conlleva, en muchos países el abandono de actividades intermedias de la manufactura ha provocado vulnerabilidades estratégicas en su estructura económica-productiva. La Unión Europea, como bloque, y algunos países han reconocido la gravedad de esta situación. Puede citarse el caso de Alemania, cuya industria farmacéutica, indiscutible líder mundial hasta finales del siglo XX, que, en medio de la pandemia, afrontó una severa escasez de medicamentos para su tratamiento. EL problema derivó de la interrupción de la cadena de suministros por parte de China que en la actualidad provee más del 90% de los principios activos usados en la elaboración de los medicamentos genéricos, y del 50% de los protegidos por patentes de la industria farmacéutica

Un grupo de piratas informáticos desconectó por completo y robó más de 100 GB de información del Oleoducto Colonial, que transporta más de 2,5 millones de barriles por día, el 45% del suministro de diésel, gasolina y combustible que consumen los aviones de la costa este.

alemana⁹.

Está también el caso de los semiconductores, en la que este espacio económico pasó de detentar el 44% de la producción mundial en 1990 a apenas 10% en la actualidad. Esto ha generado paralizaciones y cuellos de botella en importantes áreas de la actividad industrial, desde la fabricación de automóviles hasta las actividades energéticas¹⁰. En respuesta a esto, la UE aprobó a finales de 2020 la declaración de la Iniciativa europea de tecnologías de semiconductores y procesadores, que propone un extraordinario esfuerzo de desarrollo tecnológico intracomunitario. De hecho, el Plan de recuperación y resiliencia (*Recovery and Resilience Facility*) coloca en sus prioridades la creación de capacidades de producción de conocimientos técnicos y el desarrollo de la infraestructura en tecnologías avanzadas de procesamiento y fabricación de semiconductores¹¹.

Transformaciones en las ingenierías

Estos acelerados cambios conllevan profundas modificaciones en la generación, transferencia y uso del conocimiento. Las ingenierías, impulsoras de estas transformaciones, a su vez se transforman significativamente. Los cambios trascienden claramente lo técnico. Los graves problemas socioambientales presionan no sólo la incorporación de estos temas en la formación y la actividad profesional, sino que plantean una redefinición de su papel en los diferentes ámbitos de la vida social. La ingeniería debe trascender más allá de las propuestas técnicas a la solución de problemas, promoviendo un abordaje transdisciplinario mediante la co-creación de conocimientos con otras disciplinas e, incluso, involucrarse activamente en la discusión y la elaboración de las propuestas sobre el desarrollo.

Se han identificado importantes fuerzas transformadoras que presionan los cambios en la ingeniería entre las que destacan la globalización-digitalización, la horizontalización de la economía y la fusión de culturas técnicas, económicas y sociales (Kamp, 2016). A ello se agregan las presiones que desde diversos ámbitos (global, regional, nacional y local), se generan para atenuar los impactos ambientales y sociales de las actividades económicas productivas.

1. Cambios en la formación y la práctica de la disciplina

Como se indicó, las ingenierías están siendo fuertemente impactadas por las transformaciones tecnológicas disruptivas. Pero demandas sociales, económicas y ambientales globales impulsan también modificaciones tanto en la formación como en el ejercicio profesional. En algunos ámbitos académicos (Kamp, 2016), se indica que para 2030 la formación se fundamentará en 8

⁹ <https://www.dw.com/en/will-covid-19-exacerbate-drugs-shortage-in-germany/a-52620461>

¹⁰ <https://www.milenio.com/negocios/financiamiento/plan-plazo-vital-exito-ue-sector-chip>

¹¹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/joint-declaration-processors-and-semiconductor-technologies>

elementos clave que cambiarán notablemente el perfil profesional (Cuadro 1).

Cuadro 1

Elementos clave para la formación en ingeniería en 2030

1. Rigor en el conocimiento de la ingeniería
2. Pensamiento crítico y no estructurado en la resolución de problemas
3. Pensamiento multidisciplinario y sistémico
4. Imaginación, creatividad e iniciativa
5. Comunicación y colaboración
6. Mentalidad: diversidad y movilidad
7. Aprendizaje cultural amplio: compromiso profesional con las diversas comunidades de aprendizaje
8. Aprendizaje a lo largo de la vida

Fuente: Kamp (2016)

Como se aprecia, una premisa inamovible es la sólida base de formación (rigor en el conocimiento de la ingeniería). Sin embargo, esto constituye una parte del nuevo paradigma de formación en el que se adicionan nuevas competencias y se procura generar nuevas actitudes. Se destaca la necesidad de adoptar formas de pensar más amplias que promuevan la creatividad y la iniciativa con sentido crítico (no estructuradas fundamentalmente en la resolución de problemas) y de carácter multidisciplinario - más bien transdisciplinario - que se adecue a los contextos de aplicación de los conocimientos (compromiso profesional con las diversas comunidades de aprendizaje y otros *stakeholders* (Cuadro 1). Se requiere, por tanto, cambiar el actual enfoque de la formación, basado en el conocimiento técnico académico, hacia uno interdisciplinario más amplio – se insiste, más bien transdisciplinario- que combine estos conocimientos con el análisis de problemas sociales, de sustentabilidad y el aporte a sus soluciones (UNESCO, 2021).

Pero una cuestión cardinal es ¿cómo se incorporan estos elementos en la actividad formativa? En estudio elaborado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se destaca que los programas de formación en ingeniería deben pensarse extramuros, y aquí la interacción con actores externos es crucial a objeto de explicitar requerimientos e, incluso, participar en la discusión y elaboración de los programas a objeto de alcanzar una mayor pertinencia social. Para ello se deberá enfatizar en el aprendizaje transdisciplinario.

Esto debe hacerse en momentos en el que el conocimiento y la tecnología se transforman rápidamente y se hacen más complejos, algo a tomar muy en cuenta para el aprendizaje. Se deberá estimular a los estudiantes para que adquieran una visión integral 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 los

conocimientos y las habilidades técnicas adquiridas para su abordaje. Ello supone, ampliar y transformar los espacios de formación, por lo que parte importante de estos deberán ubicarse fuera de las aulas y de las nociones disciplinarias tradicionales de la ingeniería (MIT, 2018).

Lo anterior, constituye un elemento clave de la transformación curricular de las instituciones exitosas, que contemplan el aprendizaje basado en el trabajo y la participación en proyectos de diseño relevantes para la sociedad en sus programas de formación. Posibilita dotar al estudiante de una sólida base de conocimientos, pero promueve el desarrollo de capacidad de reflexión que le permitirá contextualizar la aplicación del conocimiento y las habilidades adquiridas en lugares y situaciones diversas (MIT, 2018).

Esto supone, también, el desarrollo de capacidades de trabajo colaborativo. La habilidad para participar y conformar equipos de trabajo multidisciplinarios eficaces, emerge como un atributo fundamental del aprendizaje de los estudiantes de ingeniería. Tal es su importancia, que es identificada por empleadores como un factor clave para el desempeño de las organizaciones. A tal punto que, carecer de personal que posea esta habilidad puede poner en riesgo, incluso, la supervivencia de las mismas (Hussein y otros, 2018).

En el estudio del MIT se citan algunos ejemplos relevantes de estos nuevos modos de organización de la formación. Está el de la Universidad de Tecnología y Diseño de Singapur, cuyo currículo de ingeniería se conforma en torno a proyectos de diseño multidisciplinarios, que contextualizan e integran el aprendizaje en los diferentes cursos durante, prácticamente, todos los años de estudio. Se cita también el de la Facultad de Ciencias de la ingeniería de la UCL (*University College of London*), cuyo currículo durante los dos años iniciales de la carrera, se organiza en ciclos de cinco semanas en los que se combina la impartición de conocimientos y habilidades (cuatro semanas) que, seguidamente, se contextualizan y aplican en proyectos intensivos de diseño de una semana (MIT, 2018)¹².

Llama la atención el énfasis en promover nuevas formas de pensar y actitudes desde el inicio mismo de la formación. Véase el caso de la de la Escuela de ingeniería (*School of Engineering and built Environment*) de la Universidad de Griffith (Australia). Esta institución introdujo la materia “ingeniería creativa” como electiva para el tercer o cuarto año de la carrera en 2014. Posteriormente se introdujo como obligatoria en el primer año. Su objetivo es presentar a los estudiantes que se inician en la carrera la contextualización de problemas, con los riesgos e incertidumbres asociados, propiciar el pensamiento divergente, el proceso de diseño iterativo y las prácticas convergentes, (Loy y Canning, 2017). Todas estas experiencias evidencian el énfasis en el aprendizaje por la experiencia, y que ya es un hecho la superación de las concepciones que

¹² Se destaca que varias de las instituciones que lideran estos procesos se localizan en países emergentes, desplazando un poco el centro de gravedad del liderazgo mundial de los programas de ingeniería desde los países desarrollados a algunos emergentes (MIT, 2018).

establecían la formación en la ingeniería por áreas disciplinarias.

Lo anterior plantea grandes desafíos para las ingenierías en las IES venezolanas. Debe recordarse que nuestras universidades se han caracterizado por presentar estructuras muy conservadoras, compartimentalizadas en las que ha prevalecido claramente la organización disciplinaria (Mercado, 2005). Pero la severa crisis que confrontan puede constituir una oportunidad, ya que en su recuperación se puede avanzar en la implementación de estos nuevos modelos de formación y de producción y difusión del conocimiento. Las precarias condiciones tanto de la oferta (las IES) como de la demanda (la industria y los servicios), extremadamente difíciles de superar individualmente por las severas restricciones económicas, puede constituir un espacio de convergencia para transformaciones curriculares que propicien, colaborativamente, un aprendizaje basado en el trabajo y la participación en proyectos de diseño útiles para las empresas u otras instituciones externas.

La conjunción de necesidades de ambos sectores puede propiciar la interacción. Es imperativo la renovación y flexibilización de los programas de formación para procurar tener en las unidades productivas espacios para el trabajo práctico en función de los problemas que confronten. Cómo se verá en los dos últimos capítulos, algunos hallazgos de este estudio comprueban que esto es identificado por ambos sectores como una prioridad, y se enuncian algunas políticas y estrategias institucionales para avanzar en tal fin.

2. Transformando la ingeniería para el desarrollo sustentable

Es evidente que la ingeniería contribuyó a conformar el perfil insustentable que presenta la actual estructura tecnoeconómica. A inicios del presente siglo, se planteó corregir el rumbo. En el MIT, se preguntaba si esta, en tanto actividad como profesión, se podía reorientar hacia el logro de la sustentabilidad. Una preocupación importante en ese momento se relacionaba con la introducción de estos temas en la formación, lo que requería un fuerte apoyo institucional para crear espacio propio, so pena de ser marginado al intentar introducirlo en todo el currículo y las disciplinas tradicionales (Ashford, 2004). En otras palabras, como abrirse espacio en estructuras disciplinarias estancas, basadas fundamentalmente en el conocimiento técnico académico. Cómo avanzar, en un primer momento, a la interdisciplinariedad.

Recientemente la UNESCO publicó el informe sobre la educación en ingeniería para el futuro, según el cual esta debe ser pensada, y es crucial, para el desarrollo sustentable. Coloca una vara alta a la profesión al destacar que su papel es vital para la satisfacción de necesidades humanas básicas como la disminución de la pobreza, la provisión de servicios esenciales y energía, respuestas a desastres naturales, la construcción de infraestructuras resilientes y la disminución de las brechas del desarrollo (UNESCO, 2021).

Esto plantea desafíos importantes en lo formativo, que deberá enfocarse en que los estudiantes aprendan como analizar y resolver problemas que confronta la sociedad y para el desarrollo de tecnologías que mejoren la calidad de vida en forma sustentable (UNESCO, 2021). Se trata, claramente, de una perspectiva transdisciplinaria. Avanzar en esta dirección requiere de los cambios en la enseñanza de la disciplina presentados en el acápite anterior, probablemente necesarios, pero no suficientes, si se pretenden transformaciones sociotécnicas para avanzar efectivamente hacia el desarrollo sustentable. En tal sentido, las siguientes preguntas resultan procedentes: ¿Por qué los ingenieros deben formarse para la sustentabilidad? ¿Qué deben aprender los ingenieros en las universidades con relación a la sustentabilidad? ¿Cómo pueden los ingenieros aprender las competencias requeridas para convertirse en agentes impulsores de la sustentabilidad? (Segalás, 2008)

El por qué tiene que ver con la necesidad de una formación integral para que el ejercicio profesional, en sentido amplio, genere resultados acordes con la sustentabilidad y que contribuyan a mejorar la salud y el bienestar humano¹³. En tal sentido, la sustentabilidad no es algo que se agrega a un currículo, seguramente ya muy recargado, sino una manera diferente asumir la pedagogía, el cambio organizacional, la política y, principalmente el *Ethos* (Sterling, 2005, según Segalás, 2008).

El qué, con las cualidades que debe tener el ingeniero para asumir la sustentabilidad. En la Declaración de Barcelona de la Conferencia sobre Educación en ingeniería para el desarrollo sustentable (2004), se establece que los ingenieros deben ser capaces de:

- Comprender como la ingeniería interactúa con la sociedad y el ambiente, local y global, a fin de identificar desafíos, riesgos e impactos
- Comprender el aporte de la actividad en diferentes contextos culturales, políticos y sociales
- Trabajo en equipos multidisciplinarios a fin de modificar la tecnología actual para hacer posible un uso más eficiente de recursos, la prevención de la contaminación y gestión de residuos.
- Enfoque holístico y sistémico para resolver problemas y trascender visiones compartimentalizadas
- Participar activamente en la discusión y definición de políticas, económicas, sociales y tecnológicas que ayuden a reorientar la sociedad hacia la sustentabilidad (Segalás, 2008).

En cuanto a las competencias requeridas en los tres dominios del aprendizaje para actuar en

¹³ Una experiencia importante se pudo constatar por uno de los autores del estudio en la Universidad de Toronto en 2003. Ya en ese momento, las carreras no sólo de ingeniería, sino de ciencias básicas y sociales, debían incorporar en el currículo al menos un 25% de contenidos relacionadas con temas ambientales, bien fueran de conocimientos científico técnicos, económicos, de legislación y éticos.

consonancia con el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior, parece haber un consenso respecto a las siguientes (Cuadro 2).

Cuadro 2.

Competencias requeridas por dominios de aprendizaje en las instituciones de educación superior para actuar en consonancia con el desarrollo sustentable

Dominio del aprendizaje	Competencias
Comprensión y conocimiento	Situación global, crisis socioambiental Causas de la insustentabilidad Fundamentos de la sustentabilidad Herramientas para el desarrollo sustentable Ciencia, tecnología y sociedad
Habilidades y destrezas	Autoaprendizaje Cooperación y transdisciplinariedad Pensamiento sistémico Pensamiento crítico Participación social
Actitudes	Responsabilidad y compromiso con el DS Respeto, sentido ético y cultura de paz Preocupación y conciencia del riesgo

Fuente: Segalás, 2008

Se trata entonces de una transformación radical de la formación, que dé como resultado un ingeniero con una visión mucho más amplia y, sobre todo, consciente del alcance e impacto de su actividad. Esta, deberá estar guiada por criterios sólidos de responsabilidad y ética. En otras palabras, la nueva formación lleva implícita la conformación de un *Ethos* de la sustentabilidad.

3. *La práctica profesional.*

El ingeniero debe afrontar una realidad compleja, en la que las profundas transformaciones tecnológicas y los grandes desafíos socioambientales trastocan lo que hasta ahora fue el ejercicio profesional.

En lo concerniente a los conocimientos técnico-académicos, aparte del dominio de los fundamentos básicos de la disciplina en áreas específicas, el ingeniero deberá manejar importantes herramientas de las tecnologías convergentes. Debe tenerse en cuenta que en el ámbito de las TICs, la Inteligencia artificial (IA), la *Big data* y la Internet de las Cosas (IOT) son impulsores transversales de la innovación en prácticamente, todas las industrias y los servicios¹⁴. Pueden citarse algunos ejemplos: en arquitectura y construcción, el Modelado de Información de

¹⁴ Estos progresivamente se van convirtiendo en sistemas ciber-físicos.

Construcción (*Building Information Modelling, BIM*) ha multiplicado su alcance y eficacia gracias a la Inteligencia Artificial, pudiendo materializar ideas que eran apenas imaginables dos décadas atrás. Su integración con la robótica provee las bases para sistemas de construcción completamente nuevos que están creando un ecosistema de innovación inédito, con participación importante de empresas especializadas en la aplicación de tecnologías de información y automatización desarrolladas en otras industrias, denominado “*Construction Tech*” (Sacks y otros, 2020).

En las industrias de procesos, su adopción e implementación, incrementa las posibilidades de óptimos desempeños funcionales, que pueden alargar el tiempo de vida útil de los equipos y disminuir las inversiones de capital, lo que genera beneficios de ahorro adicionales a las atribuibles a las ganancias de productividad. Por otra parte, la nanotecnología y la automatización avanzada pueden contribuir con el rediseño y la integración de procesos, modificando la complejidad y las escalas de producción (Görner y otros, 2020) y la diversificación de la producción, factores que pueden traducirse en incrementos en la eficiencia en el uso de los recursos y la disminución del impacto ambiental. Justamente aquí, es donde resulta imprescindible el poseer conocimientos técnicos y capacidades de trabajo colaborativo que permitan participar y conformar equipos de trabajo multidisciplinarios.

Las competencias y actitudes que determinan el desempeño del ingeniero, están inducidas, en gran medida, por los imperativos de la sustentabilidad, a tal punto que se han establecido principios de actuación para una ingeniería sustentable. Un ejemplo es la Guía para la sustentabilidad del *Engineering Council (2021)* de Gran Bretaña, elaborada para aquellos que se desempeñan en todos los amplios roles de la ingeniería, sectores y etapas de la vida profesional. Se declaran seis principios fundamentales, en los que se establece claramente que la actuación y la responsabilidad del ingeniero va mucho más allá del proyecto y del transcurso temporal de su desarrollo. En una perspectiva amplia, su trabajo debe ajustarse a los principios del desarrollo sustentable, por lo que deberá tener amplio conocimiento de los mismos, así como de elementos mínimos científico-técnicos, normativos y de regulación. Esto demanda asumir una actitud proactiva y responsable, que, considerando los múltiples elementos del contexto, le permita abordar problemas y proponer soluciones que, incluso, vayan más allá del cumplimiento de lo establecido en la legislación y las normativas (Cuadro 3) (Engineering Council, 2021).

Desde el punto de vista técnico y del ejercicio profesional, 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, evaluación del ciclo de vida, adopción de prácticas de reúso y reciclaje y adopción de los principios de economía circular (Cuadro 3).

Cuadro 3. Guía para la sustentabilidad (*Engineering Council- UK*)

Principios	Requerimientos para cumplimiento
Contribuir a la construcción de una sociedad sustentable en el presente y el en 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: Elaboración propia con base en Engineering Council (2021)

Y esto trasciende los ámbitos usuales de la ingeniería, debiéndose 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, del desarrollo tecnológico. Como se indicó, tener la habilidad para participar y conformar redes multidisciplinares que incluyan ecologistas, activistas ambientales, promotores sociales, agencias gubernamentales, miembros de la opinión pública y eventuales usuarios o afectados por su actividad (Adanowski, 2012). Esto puede abrir oportunidades para ampliar los enfoques en la exploración de problemas y sus soluciones, y de alcanzar formas consensuadas de gerenciamiento de los riesgos y minimización de los impactos sobre las personas, demás seres vivos y el ambiente (Cuadro 3).

Capítulo 2

Crisis del SNCTI venezolano y situación de las ingenierías

Al revisar la actividad productiva y de los servicios generalmente, y justificadamente, se concentra la atención en los indicadores socioeconómicos. Por ejemplo, cuanto varió la producción y el consumo, cuál fue el impacto en el nivel y la calidad de vida de la población, etc. Tiende a verse las consecuencias, y las causas, que sobre estas variables tienen las acciones generadas en el ámbito político que, al final son determinantes de primer orden. Sin embargo, pocas veces se tienden a analizar elementos estructurales que condicionan y determinan el funcionamiento de los sistemas en el largo plazo. Es inusual que se priorice el análisis de las políticas destinadas a impulsar capacidades tecnológicas y científicas que, al final, son factores fundamentales del desarrollo integral de un país. De modo similar, en situaciones de crisis, se tiende a ver en primer lugar las consecuencias sobre los indicadores económicos y sociales. Los impactos sobre las capacidades tecnológicas y científicas son preocupaciones de segundo orden. Y dentro de estas, en países de menor desarrollo como Venezuela, tienden a concentrarse más en la investigación, en las comunidades científicas que en el desarrollo tecnológico, vale decir en las ingenierías.

Históricamente, el país presentó un déficit de tecnólogos e investigadores, que se agravó notablemente en los últimos años. Esto constituye una severa limitación para la recuperación de la industria y los servicios, como para afrontar los desafíos de las transformaciones tecnológicas disruptivas que impulsan la 4i, y los acuciantes problemas socioambientales.

Avanzar en ello, contando apenas con las menguadas capacidades existentes resulta sumamente difícil, resultando inevitable plantearse cuáles son las áreas o actividades que deben priorizarse en el impulso de la recuperación. Esta, no hay duda, deberá contar con importante apoyo financiero y técnico por parte de la cooperación internacional, así como de posibles contribuciones que puedan aportar los profesionales venezolanos que se encuentra fuera, aprovechando las redes y espacios que ofrecen los avances en las TICs.

Masa crítica de investigación y la importancia de las ingenierías

La masa crítica (cantidad mínima de personas dedicadas a una actividad) es fundamental para el desarrollo de capacidades tecnológicas y científicas. En Venezuela, históricamente el número de investigadores ha sido bajo, sin alcanzar siquiera el mínimo necesario fijado por la UNESCO de 1 investigador por cada 1.000 habitantes. Tomando en cuenta este criterio, el país debería contar con, al menos, unos 30.000 investigadores y tecnólogos (Avalos y Mercado, 2019). Las últimas cifras oficiales disponibles, del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI) para 2015, daban cuenta de un total de 13.233 personas postuladas en sus programas de apoyo a la investigación, de las cuales 10.824 habían sido acreditadas (ONCTI, 2017). De ellas, 9.708 en

áreas específicas de conocimiento determinadas por la UNESCO. A saber: Ciencias naturales y exactas, Ingeniería y tecnología, Ciencias médicas, Ciencias agrícolas, Ciencias sociales y humanidades¹⁵. Considerando, incluso como válida la cifra total de postulados, se tendría un déficit de unos 17.000 investigadores. Sin embargo, si se consideran los criterios establecidos en los reglamentos del anterior Programa de Promoción al Investigador (PPI)¹⁶, el número se reduciría a 6.830 (Requena y Caputo, 2016). Para empeorar la situación, para fines de 2018, 1.670 investigadores más (13%) habían emigrado. Así, el déficit sería superior a los 25.000 investigadores.

Las consecuencias en la producción científica han sido devastadoras. Un indicador de ello es la pronunciada caída en el número de publicaciones experimentada en los últimos años, en contracorriente a lo que ha sucedido en el resto de los países latinoamericanos que, en su mayoría experimentaron aumentos en su producción científica, algunos, incluso, de manera muy importante (Cuadro 4).

Cuadro 4

Numero de Publicaciones registradas en el *Science Citation Index* (SCI) 2009 -2017

País	2009	2017	% 2017 / 2009
Argentina	8.412	11.698	39,1%
Brasil	37.066	57.213	54,4%
Chile	5.565	10.964	97,0%
Colombia	2.860	6.591	130,5%
Costa Rica	479	874	82,5%
Cuba	998	908	-9,0%
Ecuador	417	1.768	324,0%
México	10.916	18.623	70,6%
Panamá	293	580	98,0%
Perú	885	2.004	126,4%
Uruguay	727	1.399	92,4%
Venezuela	1.548	1.063	-31,3%

Fuente: elaboración propia a partir de: <http://www.ricyt.org/2010/07/porpais/>

¹⁵ 816 de las personas acreditadas aparecen bajo la categoría "otras"

¹⁶ <https://docplayer.es/12845692-Reglamento-del-programa-de-promocion-del-investigador-ppi-titulo-i-del-programa-de-promocion-del-investigador.html>

Una comparación del número de investigadores, indicador fundamental de capacidad científica y tecnológica de 3 países (Brasil, Corea del Sur y Venezuela), es útil para visualizar la magnitud del déficit de investigadores, y el desafío que significa su recuperación y fortalecimiento en el país. Pero, también, para identificar factores más estructurales que determinan diferencias en el avance tecnológico y científico, y sus implicaciones en el desarrollo social y económico-productivo.

Corea del Sur es un caso paradigmático de desarrollo científico y tecnológico impulsado por sólidas políticas públicas. Son extraordinarios los avances, considerando que su Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-SNCTI comenzó a conformarse hace poco más de seis décadas (Mercado y otros, 2002). Brasil por su parte presenta una trayectoria más amplia de conformación de capacidades científicas, incluso, de conformación de la institucionalidad de la política científica y tecnológica (PCT), que se inicia en 1950 con la creación del Consejo Nacional de Investigaciones (CNPq en el original portugués). En Venezuela, los primeros esfuerzos de institucionalización de la PCT datan de 1968 con la creación del CONICIT, aunque existían algunos esfuerzos por crear la institucionalidad de la ciencia, incluso antes de Corea¹⁷.

En el Cuadro 5, se presentan datos del personal dedicado a I+D por áreas de conocimiento. En primer lugar, destaca la notable diferencia en el total de Corea del Sur respecto a Venezuela e, incluso, a Brasil. En 2014, este país contaba con algo más de 437.000 investigadores, aproximadamente 7,2 por cada 1.000 habitantes, similar al promedio de la OCDE (7,8 por 1.000 habitantes)¹⁸. Por su parte, Venezuela en 2015, aceptando las cifras oficiales, contaba con 9.798 investigadores acreditados (0,3 por cada 1.000 habitantes) **una proporción veintiséis veces menor**, en tanto que Brasil para 2010 contaba en 149.000 investigadores (aproximadamente 0,8 por 1.000 habitantes), una proporción casi diez veces menor que la de Corea del Sur.

Debe señalarse que tanto Brasil como Corea del Sur hubo un incremento significativo de investigadores durante la primera década de este siglo. En Corea entre 2000 y 2014 el número de investigadores se incrementó 3,5 veces, en tanto que en Brasil casi se duplicó entre 2000 y 2010 (1,6 veces), resultados que, aun cuando muestran importantes diferencias, evidencian el interés que se le prestó al desarrollo de estas capacidades en ambos países durante este período.

En Venezuela, a inicios de la década pasada, se incrementó el número de investigadores, pasando de 4.343 investigadores en el año 2000 a 6.999 en 2005 (ONCTI, 2017). Pero producto de la crisis, de acuerdo al estudio indicado arriba esto se revirtió notablemente en los últimos años. Esta

¹⁷ Es notable el esfuerzo y el interés por el desarrollo de capacidades científicas de los pocos investigadores existentes en el país para 1950, traducido en la creación de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (ASOVAC)

¹⁸ https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/main-science-and-technology-indicators/volume-2015/issue-2_msti-v2015-2-en#page29

situación se agrava porque parte del personal que emigró estaba en pleno desarrollo de su carrera profesional o poseían amplia trayectoria, varios de ellos líderes de grupos de investigación.

Pero tan importante como las diferencias en el número de investigadores, lo es su distribución en las diferentes áreas de conocimiento. En Corea, la fracción de personas que se desempeñan en el área de ingeniería y tecnología es claramente mayoritaria, poco más dos tercios del total (298.4236 investigadores, un 68,2%) cifra que es aproximadamente ¡dieciséis veces mayor que la de Brasil!, cuyo porcentaje de personas en esta área constituye el 12,4% del total (18.453 investigadores). En Venezuela, el número de investigadores en ingeniería y tecnología era de apenas 950 en 2016, constituyendo menos del 10 % de los acreditados en el Programa de Estímulo a la Investigación y la innovación del ONCTI para 2015. Esto constituye apenas el 0.3 % de los investigadores que poseía Corea del Sur en esta área. En otras palabras, era **doscientos treinta y ocho veces menor** (Cuadro 5).

Cuadro 5

Personal dedicado a I+D por área de conocimiento								
País	Corea del Sur		Brasil			Venezuela		
Área de conocimiento	2014		2014			2015		
	Número	%	Número	%	% Brasil/Corea	Número	%	% Ven/Corea
Ciencias naturales y exactas	54.772	12,5%	43575	24,2%	79,6%	2189	22,3%	4,0%
Ingeniería y tecnología	298.436	68,2%	28394	15,8%	9,5%	950	9,7%	0,3%
Ciencias medicas	23.522	5,4%	27458	15,2%	116,7%	948	9,7%	4,0%
Ciencias agricolas	10.662	2,4%	21715	12,0%	203,7%	1199	12,2%	11,2%
Ciencias sociales y humanidades	50.065	11,4%	59120	32,8%	118,1%	4512	46,1%	9,0%
TOTAL	437.457	100,0%	180262	100,0%	41,2%	9798	100,0%	2,2%

Fuentes: CNPQ <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/censo-atual/>; STEPI <http://www.stepi.re.kr/app/eReport/list.jsp?currPg=4&cmsCd=CM0129&src=&srcTemp=Koreanreports>; ONCTI (2017)

En Corea del Sur, mucho de este personal de investigación y desarrollo, se ubica en una importante red de institutos que trabajan estrechamente con empresas nacionales e internacionales. Este país, casi desde el inicio de la conformación de su sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, creó una cantidad importante de centros de desarrollo tecnológico a la par de centros de investigación científica. En otras palabras, fue capaz de crear una estructura en la que se producía tanto conocimiento básico como tecnológico. Los centros de I+D interactuaban con las empresas para producir y transferir conocimiento de base que les

permitiera a estas últimas desarrollar sus capacidades tecnológicas. Pero, paralelamente, interactuaban con los centros de investigación científica a objeto de nutrirse de nuevo conocimiento. Es por esta razón, que se ha destacado que fue un caso muy exitoso de políticas ofertistas amplias, a diferencia de Venezuela, y de otros países de similar desarrollo, que se concentraron en fortalecer fundamentalmente capacidades de investigación científica, descrito esto como un modelo ofertista limitado (Mercado y otros, 1999)

Corea en los últimos años ha prestado también mayor respaldo a la investigación básica a objeto mantenerse en la frontera del conocimiento científico y consolidar su liderazgo en tecnologías disruptivas. En Ciencias Naturales y Exactas el número de investigadores pasó de 18.348 a 54.772 investigadores (incremento cercano al 130%). En Brasil, la participación porcentual de investigadores en esta área es superior al de Corea, un 20,64 %, aunque en términos absolutos es menor, evidenciando mayor apoyo a esta actividad que a las actividades de ingeniería y tecnología (Cuadro 5). Cabe destacar que la productividad en estas áreas, medidas por el número de publicaciones científicas, no difiere mucho entre ambos países. De hecho, entre 2011 y 2016, a nivel global ocuparon las posiciones 12 y 13 respectivamente (Clarivate Analytics, 2017).

En Venezuela, la participación porcentual de investigadores en ciencias básicas era similar a la de Brasil, aunque en términos absolutos mucho menor, unas doce veces. Además, esta área ha sido profundamente afectada en los últimos años, siendo una de las que experimentó importante disminución de producción científica. Se cita como ejemplo el caso de las publicaciones en la base de datos bibliográficas SCOPUS, donde se pasó de 807 publicaciones en 2009 a 564 en 2017 (merma de 30%)¹⁹. Aunque no se dispone de cifras oficiales, información obtenida en algunos Consejos de Desarrollo de universidades indica que la caída no se detuvo en los últimos tres años.

A diferencia de Corea, el mayor porcentaje de investigadores en Brasil y Venezuela se concentran en ciencias sociales y humanidades (33% % y 46,1% respectivamente), muy superior al de Corea, (11,7 %). Esto no quiere decir que esta no sea un área importante en este último, lo cual se constata al observar que en términos absolutos el número de investigadores (50.065) se aproxime al de Brasil (59.120) y sea muy superior al de Venezuela (4.512). En otras palabras, el SNCTI de Corea del Sur consolida capacidades para responder a las demandas actuales de producción del conocimiento con una perspectiva transdisciplinaria.

Ciencias agrícolas tiene la menor proporción de investigadores en Corea (2,4%), similar al promedio de la OCDE, aunque experimentó una sensible disminución en el total desde inicios de siglo. En Brasil, la proporción de investigadores en esta área es muy superior a la de Corea del Sur, comparable con las áreas de ingeniería y tecnología, mostrando la importancia que ha

¹⁹ Información obtenida a partir de cálculos propios de:

http://app.rieyt.org/ui/v3/bycountry.html?country=VE&subfamily=CTI_BIB&start_year=2009&end_year=2018

adquirido como soporte del agro-negocio, que constituye un componente fundamental de sus exportaciones²⁰. En Venezuela, constituía el 12 %. Aun así, en términos absolutos es casi siete veces menor que en Corea, agregándose que ha registrado una merma significativa de sus capacidades, comprometiendo la seguridad alimentaria.

Evidentemente, urge recuperar capacidades en todas las áreas de conocimiento. No obstante, los datos aportados son muy sugestivos en cuanto a las prioridades que deben darse para contribuir de manera efectiva a la recuperación de la industria y los servicios y afrontar los desafíos de la cuarta revolución industrial. En la medida que esto vaya ocurriendo, se podrán generar recursos para fortalecer todo el SNCTI venezolano.

Situación de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES) venezolanas

Es alarmante el desmantelamiento de las capacidades de docencia e investigación en las IES. Para el primer trimestre de 2019, Víctor Márquez, Presidente de la Asociación de Profesores de la Universidad Central de Venezuela, señalaba que 10.000 profesores, alrededor del 50% de la planta docente ordinaria de la educación superior habían emigrado²¹. Se estima que, entre renuncias y jubilaciones, las universidades nacionales autónomas han registrado una merma superior al 60% de su nómina profesoral. Algunos datos específicos de varias universidades permiten tener un panorama más preciso de la situación.

Entre 2008 y 2018, la Universidad Simón Bolívar registró un total de 868 renuncias de docentes, cifra superior a la nómina en 2018 que era de apenas 604 profesores²², registrando una merma de 49 % respecto a 2001 cuando esta contaba con 1.180 profesores (Fuenmayor, 2003). Adicionado a esto, está el problema de la pérdida de la figura del profesor investigador, pues para cubrir las necesidades de docencia, se incrementó notablemente la figura del profesor contratado.

La Universidad Central de Venezuela (UCV) para 2017 había perdido un tercio de su base profesoral respecto a 2010, pasando de 5.800 a 4.300 personas²³, situación que se agravó notablemente en los últimos años. A finales de 2018, la rectora Carmen García Arocha, afirmaba que firmaba unas 10 renuncias diarias²⁴. Para ese año el Rector de la Universidad de Los Andes (ULA), Mario Bonucci, informaba que la renuncia de profesores–investigadores era menor que en

²⁰ Por estar fuera del alcance de este trabajo, no se consideran las severas implicaciones socioambientales de esta actividad que, no obstante, deben tenerse en cuenta en las consideraciones éticas para el ejercicio de las profesiones. Cfr, *supra*, capítulo 1

²¹ <https://www.eluniversal.com/politica/36182/marquez-aseguro-que-aproximadamente-10-mil-profesores-han-emigrado>

²² <http://factor.prodavinci.com/usbanatomiadeunacrisis/index.html>

²³ <https://segundoenfoque.com/venezuela-universidades-se-quedan-sin-profesores-falta-presupuesto-2017-11-27>

²⁴ <http://efectococuyo.com/la-humanidad/rectora-de-la-ucv-estoy-firmando-un-promedio-de-10-renuncias-diarias/>

otras universidades nacionales, ubicándose en alrededor del 10% de la nómina profesoral, en su mayoría profesionales con carrera académica intermedia y estudios de cuarto nivel. Pero en los últimos años, debido al deterioro de las condiciones socioeconómicas de los profesores y al deterioro extraordinario de los servicios en la región, se aceleró significativamente. Para inicios de 2021 la planta profesoral ascendía a 2.321 personas²⁵, una merma de 16% respecto a 2001 cuando estaba conformada por 2.734 personas (Fuenmayor, 2003).

En los últimos años se agravó notablemente la situación de las instituciones de educación superior debido, en gran medida, a la carencia de recursos. En los últimos 10 años, los aportes financieros otorgados por el estado vienen reduciéndose continuamente, situación que se agravó a partir de 2015. Entre ese año y 2018, los déficits crecieron significativamente (Cuadro 6) generando, aparte de la disminución del personal, la desaparición de programas de becas, cierre de postgrados, deterioro y obsolescencia de instalaciones y equipos, desmejora de los servicios estudiantiles, factores que, al final, se traducen en una pérdida importante de capacidades de investigación y de la posibilidad de ofrecer formación académica de calidad (Mercado y otros, 2020).

Cuadro 6
Déficits presupuestarios de algunas universidades nacionales

Institución	Año					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Univ de los Andes	62,2%	70,4%	46,0%	75,0%	80,0%	97,78
Central de Venezuela	67,3%	68,0%	70,0%	80,0%	68,1%	90,2%
Univ del Zulia	67,8%	--	58,0%	70,0%	99,8%	97,8%
Univ de Oriente	72,0%	71,1%	70,0%	89,2%	89,2%	--

Fuente: Aula Abierta (2021)

La situación empeoró en los dos años siguientes a tal punto que ya ni siquiera se puede hablar de déficit, si nos ajustamos a una de sus definiciones: “Cantidad que falta a los ingresos para que se equilibren con los gastos”²⁶. Se está ante una asfixia presupuestaria que alcanza una media del 95% en las citadas instituciones (Aula Abierta, 2021), condenándolas literalmente a su paralización.

²⁵ <https://diariodelosandes.com/site/educacion-superior-en-venezuela-una-muerte-lenta-que-puede-evitarse-y-ii-parte/>

²⁶ <https://www.lexico.com/es/definicion/deficit>

Situación de las ingenierías

Específicamente en las áreas de las ingenierías, para 2019 se estimaba que alrededor de un 50% de los profesores de las universidades nacionales autónomas había renunciado o jubilado. En tanto que la merma de la matrícula estudiantil a nivel nacional superaba el 40% respecto a 2015 (Mercado y Ávalos, 2019). Aparte de ello, la infraestructura, tanto de investigación como de docencia, se encuentra en condiciones deplorables. Las actividades de I+D, han disminuido en forma significativa porque, además de las condiciones descritas, no existe financiamiento alguno por parte de los entes del Estado destinados para ello. Se describen los casos de algunas universidades.

En la Facultad de ingeniería (FI) de la UCV es visible el desmantelamiento de las capacidades de investigación y docencia. Información suministrada por la Coordinación de Investigaciones a finales de 2019, destaca que en sus nueve escuelas y cuatro centros de investigación se ha registrado una merma importante del personal. Un tercio de los profesores, la mayoría con una situación de carrera académica intermedia, renunció, y un porcentaje algo menor se jubiló, por lo que la descapitalización de la planta de docencia-investigación supera el 55 %. Como consecuencia, la investigación y la docencia de la Facultad se vienen soportando en un reducido grupo de profesores que, **en** su mayoría, ya tiene el tiempo acumulado para solicitar su jubilación (Mercado y Ávalos 2019).

Otra de las universidades que ha sido afectada de manera importante es la Universidad Simón Bolívar (USB), institución de educación superior con fuerte énfasis en la investigación científica y tecnológica y cuya oferta académica está orientada principalmente, aunque no únicamente, a las carreras en el campo de la ingeniería y la tecnología. Para el período 2013-2019 el personal académico activo de esa institución se redujo en un 20%. Esta disminución en el personal académico activo, se debió principalmente a la salida de miembros del denominado personal “ordinario”, el cual además de docencia lleva a cabo actividades de investigación y extensión, que disminuyó 27% entre los años 2013 y 2017.

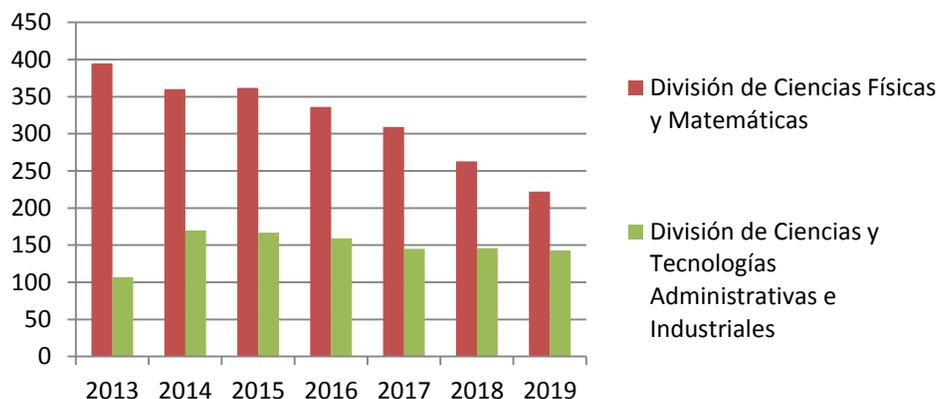


Figura 3. USB: Personal académico activo por División (2013-2019)

Fuentes: USB (2018a) Boletín Estadístico 2013-2017; USB (2018b), USB (2019)

En la Figura3 se presenta el comportamiento del personal académico activo (ordinario más contratado) para las Divisiones de Ciencias Físicas y Matemáticas (sede de Sartenejas) y Ciencias y Tecnologías Administrativas e Industriales (sede del Litoral), notándose que la que presentó la mayor disminución en el personal académico activo entre los años 2013 y 2019 fue la División de de Ciencias Físicas y Matemáticas (36,3).Ésta, además de ser la de mayor tamaño de las cuatro divisiones de la universidad, concentra las capacidades en ingeniería y tecnología en doce departamentos que atienden las disciplinas medulares del conocimiento en las carreras de ciencias e ingeniería.²⁷ El funcionamiento de los laboratorios y sus actividades de investigación se han visto seriamente afectados, por numerosas renuncias y jubilaciones en todos los niveles del personal y por las dificultades para conseguir financiamiento.

La docencia, consecuentemente acusa la crisis. Pero tratando de superar las deficiencias y los rezagos se adelantan acciones importantes, como la internacionalización de los postgrados dado el reconocimiento de su calidad académica, lo cual ha permitido abrir posgrados en otros países de la región, con movilidad de profesores y alumnos, con un carácter semi-presencial. Esto puede constituir una herramienta que permita frenar el vaciamiento profesoral y mantener el intercambio académico. Incluso, puede contribuir a atraer exprofesores, al menos con participación virtual. Ello demanda modernizar las plataformas para las modalidades a distancia y semi-presencial (Ávalos y Mercado, 2019).

En el caso de la ULA, la situación es también crítica. Un porcentaje importante de los investigadores que han renunciado se encontraban en los niveles de Asociado o Titular y eran

²⁷ Departamentos de: Matemáticas Puras y Aplicadas; Física; Química; Mecánica; Termodinámica y Fenómenos de Transferencia; Electrónica y Circuitos; y Transporte de Energía; Procesos y Sistemas; Ciencia de los Materiales; Computación y Tecnología de Información; Ciencias de la Tierra; Científico y Estadística.

cabezas de grupos de investigación. Para 2016, se estimaba que las renunciadas contabilizadas desde 2010 estaban en torno a los 110 profesores, siendo la Facultad de Ingeniería la más afectada (32% del total), seguida de Arquitectura y Diseño (18%). Recientemente, se pudo conocer que una de las áreas más críticas es la del Departamento de Ingeniería de Sistemas. Para agosto de este año habían renunciado 11 de los 14 profesores que constituían la base profesoral para el año 2014. En 2020 está se integraba por 3 profesores aun en condición ordinaria y la reincorporación de tres profesores jubilados que colaboran para poder dar continuidad a la docencia de posgrado. Al día de hoy, el posgrado está paralizado²⁸.

Pérdida de capacidades de ingeniería y tecnología en industria y servicios

Para diciembre de 2002, cuando se inicia el paro petrolero, la nómina de Petróleos de Venezuela (PDVSA) estaba constituida por 40.000 trabajadores. Superado el paro, se produjo el despido 18.000 trabajadores, 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). A partir de ese momento comienza a experimentarse una ampliación desproporcionada de la nómina, creciendo hasta llegar a 154 mil trabajadores en el año 2014. Iván Freites, secretario general del Sindicato de Trabajadores Petroleros y Gasíferos del estado Falcón, afirmaba que ese proceso conllevó a una desprofesionalización en la industria petrolera. Desde 2007, cuando se inició la expropiación de las empresas de servicios conexas a PDVSA, se incorporó personal que no tenía experiencia en el campo petrolero. Este proceso comienza a revertirse en 2014, cuando muchos trabajadores comienzan a abandonar la industria. Para 2018 la nómina 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 Palito²⁹.

En las industrias básicas, la caída abismal de los salarios y la paralización de la producción ha causado una fuga de trabajadores muy grande. Aunque no se poseen cifras precisas del número de ingenieros que han abandonado las empresas, fuentes consultadas del Colegio de Ingenieros de Venezuela estiman que más del 80 % de estos profesionales han abandonado las empresas³⁰.

Las empresas del sector privado también se han visto severamente afectadas. Al finalizar el primer semestre de 2018, el 38 % de las empresas habían perdido entre el 20 y el 30 % de sus

²⁸ Información suministrada por una de los profesores jubilados reincorporados perteneciente al Departamento de Ingeniería de Sistemas,.

²⁹ <https://talcualdigital.com/index.php/2019/04/12/la-produccion-victima-de-la-renuncia-masiva-de-los-trabajadores/>

³⁰ Entrevista con un directivo del Colegio de Ingenieros de Venezuela, agosto de 2019.

nóminas, siendo las más afectadas las pequeñas empresas, entre 40 y 50% de su nómina, y las medianas, entre 30 y 40 %³¹.

El problema tiende a ser particularmente grave en el estrato del personal especializado. En la encuesta de Coyuntura de CONINDUSTRIA del segundo trimestre de 2020, se reporta que, sólo en el segundo semestre de 2019, 86% de las empresas consultadas reportaron pérdida de personal altamente calificado, 49% de ellas en porcentajes superiores al 10%. Pero, más aun, casi un tercio de las empresas, perdió un quinto de su personal calificado en apenas tres meses.

En los servicios, la situación se presenta igual de compleja. Un exgerente del sector público en el área de comunicaciones informó que entre 2014 y 2018 la merma de personal técnico en la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) fue superior al 50%, en tanto que en las telefónicas CANTV y MOVILNET superó el 45%. La mayoría de estos eran ingenieros. En el sector eléctrico el deterioro es aún mayor. Cifras estimadas indicaban que, para octubre de 2018, algo más del 40% de los cincuenta mil trabajadores con los que contaba la empresa habían dejado la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC). La mayoría de ellos profesionales de la ingeniería eléctrica, ingenieros y/o técnicos que en gran proporción se marcharon al exterior³². Esta situación se tornaba más compleja en el occidente del país, justamente donde se presentan los mayores problemas con el servicio. De acuerdo a fuentes de prensa, el éxodo masivo comenzó en 2016, estimándose que, para mediados de 2018, habían dejado la filial de la región Occidente el 70% del personal calificado (Mercado y Avalos, 2019):

La descapitalización de los recursos humanos de alta calificación, será probablemente el mayor obstáculo que se tendrá que afrontar para avanzar en una expedita recuperación de la actividad productiva y de servicios.

La diáspora de ingenieros

No se dispone de cifras precisas debido a la dificultad para obtener información de organismos del Estado y directamente de las empresas. Se presentan algunos datos generales que tienen como fuentes artículos de prensa, algunos artículos académicos, entrevistas e información suministrada por un investigador del tema que, no obstante, permiten mostrar la magnitud del problema (Mercado y Avalos, 2019).

Un porcentaje importante de las personas con altos niveles de educación formal que han emigrado son ingenieros. Según el presidente del Colegio de Ingenieros de Venezuela, Enzo Betancourt, más de cincuenta mil ingenieros y arquitectos abandonaron el país entre 2013 y

³¹ <https://www.fedecamarasradio.com/encuesta-coyuntura-industrial-demuestra-crisis-en-empresas-del-sector/>

³² <http://cronica.uno/la-diaspora-le-resta-energia-humana-a-corpoelec/>

2018³³. Los factores son diversos, pero destaca la caída de la actividad económica, que ha generado una pérdida muy importante de las fuentes de empleo de estos profesionales. Por ejemplo, la construcción, una actividad en la que el libre ejercicio profesional es característico, ha registrado una caída del 90% de la actividad. En consecuencia, un número importante de ingenieros civiles se encuentra en el exterior. En el caso de la industria, los sectores básicos han resultado los más afectados. Como se indicó, al menos del 80% de los ingenieros que trabajaban en las empresas de la CVG, o bien renunciaron o abandonaron sus cargos, muchos de ellos para marcharse al exterior.

El caso de la industria petrolera es notable. Más del 40% del personal despedido por el paro petrolero, eran ingenieros. Se estima que fueron alrededor de nueve mil. Muchos de ellos fueron a trabajar mayoritariamente en las industrias petroleras de Canadá, Oriente Medio y Colombia. En este último país, en 2011 se estimaba en más de un millar el número de técnicos venezolanos trabajando en esta industria, siendo responsables directos por el aumento de la producción petrolera de ese país³⁴. En la actualidad, aunque no se dispone de información precisa, Transparencia Venezuela reporta que entre 2016 y 2018 renunció un número importante de personal capacitado de PDVSA para ir a trabajar en otros países petroleros o gasíferos como Colombia, Perú, México, Argentina, Arabia Saudita (Guevara y González, 2018).

A ello hay que agregar que muchos de los jóvenes que se gradúan de ingenieros, abandonan el país sin haber tenido alguna experiencia laboral. Una estimación por rango de tiempo de graduado de los ingenieros que han emigrado, revela que el 80% del total son jóvenes que egresaron en los últimos seis años, cuya edad se ubica entre los 24 y 30 años, lo que significa que el país está perdiendo las generaciones de relevo en ingeniería³⁵.

Considerando esta situación, es de suponer la cantidad de ingenieros que ha emigrado supera con creces la cifra de más de cincuenta mil ingenieros que se marcharon entre 2013 y 2018 señalada por el presidente del CIV. Los países suramericanos representan los destinos principales de estos profesionales. Sólo en el primer semestre de 2018 emigraron con la intención de trabajar en el exterior, cerca de 1.000 ingenieros inscritos en el CIV hacia 24 países, destacando el caso de Chile adónde se fueron 386 profesionales, siguiéndole Perú con 178, Argentina, con 155 y Colombia con 100³⁶.

Estudio que adelanta el Sociólogo Iván de la Vega, ofrece cifras contundentes en este sentido. En levantamiento realizado en seis países, a saber: Argentina, Colombia, Chile, Perú, España y

³³ <http://www.civ.net.ve/noticia/ing-enzo-betancourt-mas-de-ingenieros-y-arquitectos-han-migrado-del-pais-en-los-ultimos>

³⁴ https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110607_colombia_venezuela_petroleo_fp

³⁵ Entrevista con un directivo del Colegio de Ingenieros de Venezuela, agosto de 2019

³⁶ <http://www.civ.net.ve/noticia/a-paises-del-sur-se-dirige-mayor-numero-de-agremiados-dijo-arg-jose-gregorio-chacon>

Estados Unidos, consigue que para el año 2018 residían en esos países casi dos millones ochocientos mil venezolanos. Cerca de cuarenta por ciento de estos, más de un millón sesenta mil, eran profesionales (Cuadro 7) (Mercado y Avalos, 2019).

Cuadro 7

Diáspora de profesionales venezolanos (residentes en 2018)

Países	Total de venezolanos Residentes	Profesionales	% sobre total residentes	Ingenieros	% sobre total profesionales
Argentina	117.519	42337	36,0%	16.234	38,3%
Colombia	1032016	500197	48,5%	90.036	18,0%
Chile	288233	123940	43,0%	12.395	10,0%
Perú	607503	200032	32,9%	42.814	21,4%
España	274357	140773	51,3%		
Estados Unidos	418366	54291	13,0%		
Total 6 países	2.737.994	1061570	38,8%	161.479*	

*Total de Argentina, Colombia, Chile y Perú

Fuente: Mercado y Avalos (2019)

Revisando específicamente el tema de los ingenieros, el estudio citado consiguió recopilar información en 4 de los 6 países mencionados (Argentina, Colombia, Chile y Perú). Sólo en estos, para 2018 residían algo más de ciento sesenta mil ingenieros (Cuadro 7), cifra que demuestra la extraordinaria pérdida de capacidades tecnológicas que ha sufrido el país.

Una de las consecuencias más graves y directas sobre la industria y los servicios, es la desestructuración de las capacidades productivas y el consecuente des-aprendizaje tecnológico, que ha acabado con importantes capacidades tecnológicas construidas a lo largo de al menos cinco décadas³⁷. En el sector privado, el gran número de empresas que se han cerrado conlleva una pérdida inestimable de acervos de conocimiento (des-aprendizaje). Por su parte, las empresas en manos del Estado presentan un nivel tan grande de deterioro y una pérdida de recursos humanos tal, que demandará grandes esfuerzos para su recuperación (Mercado y Ávalos, 2019).

³⁷ El des-aprendizaje puede entenderse como pérdida de conocimientos sin que haya una intención explícita de eliminarlo por parte de la organización (Quintero y otros, 2015). Diversos autores (Argote y otros, 1990; Darr y otros, 1995; Argote, (1999)

Paradójicamente, esta importante masa de profesionales ha contribuido a fortalecer capacidades tecnológicas y productivas de otros países, cubriendo demandas insatisfechas en diversas áreas, algunas estratégicas. Se cita el caso de Argentina, donde, por ejemplo, existía déficit de profesionales de ingenieros industriales en las regiones de Neuquén y Buenos Aires. En ingeniería mecánica, petróleo y química en la industria petrolera en el sur del país (Rio Gallegos y Neuquén) y en ingeniería en sistemas e informática en general, con una procura alta de programadores/desarrolladores de aplicaciones. Al revisar la composición de los ingenieros venezolanos ya radicados en ese país, se consiguió que los mayores porcentajes correspondían a las áreas de Mecánica, Mantenimiento, Civil y de la Construcción Civil, Industrial, Petróleo, Química e Ingeniería y Licenciatura en Informática y similares (OIM, 2019).

Los desafíos

La importante pérdida de profesionales en todo el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) determina que la actual línea base de capacidades de la ingeniería venezolana es muy precaria, por lo que es procedente indagar sobre los problemas–desafíos más apremiantes sobre los que deben pensarse acciones específicas para avanzar en su recuperación y transformación. De manera general se identifican cuatro grandes temas, tres globales, cuyo abordaje, desde ya, requiere de una perspectiva de mediano plazo, y uno local, inmediato, de corto plazo (Figura4)

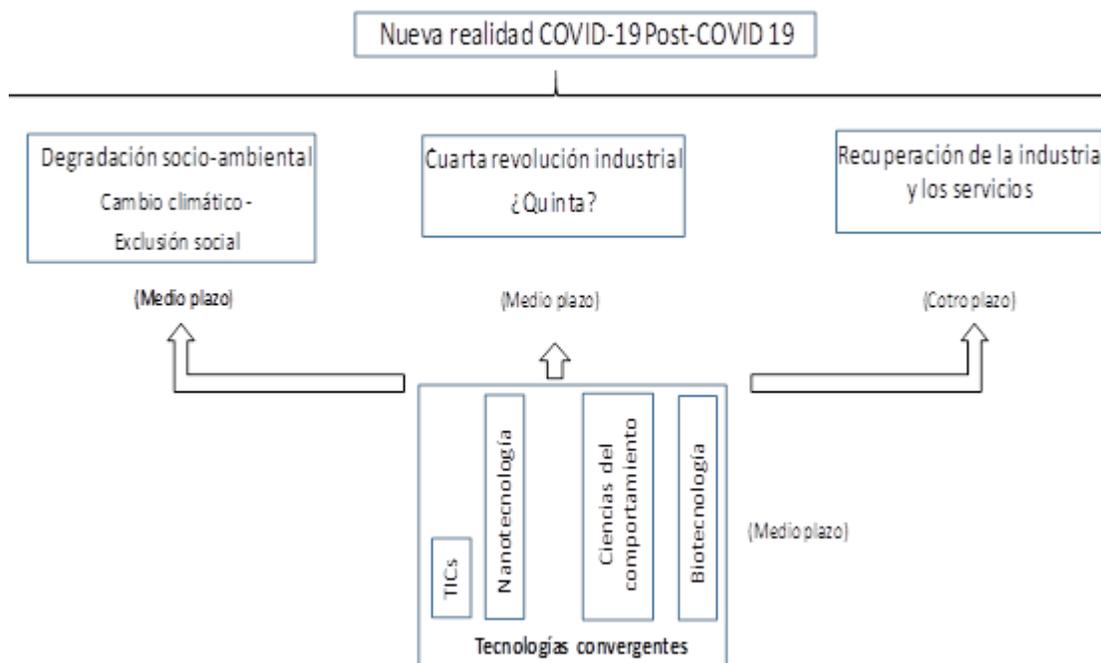


Figura 4. Recuperación y transformación de la ingeniería venezolana (desafíos)

Fuente: Elaboración propia

Las tecnologías convergentes, su absorción y desarrollo por parte de los diversos actores o componentes del SNCTI, es un tema ineludible pues como se ha indicado, no sólo inciden transversalmente sobre los diversos ámbitos de la industria y los servicios, potenciando la cuarta revolución industrial, o ya la quinta como sugieren algunos autores (George y Hovan George, 2020), sino que son fundamentales para el abordaje de los graves problemas de degradación socioambiental (cambio climático, exclusión social). Incluso, en lo inmediato, pueden contribuir a la recuperación de la industria y los servicios mediante la automatización e implementación de sistemas de control en el reinicio y puesta en marcha de plantas, o para aumentar la eficiencia de las que estén funcionando (Figura4).

Se requerirá de una nueva práctica profesional de la ingeniería para responder a todos estos desafíos. La consideración y el abordaje de los problemas socioambientales, exigirá que el perfil del ingeniero permita tener una comprensión clara de la interacción de su actividad con la sociedad y el ambiente, habilitándolo para el abordaje holístico y sistémico de los problemas, lo cual trasciende lo meramente técnico³⁸.

Pero, para complejizar aún más la situación, estos cuatro grandes temas están siendo fuertemente abalados por la nueva realidad impuesta por el COVID-19, cuestión que acelerará las transformaciones, llegando incluso a plantear la necesidad de producir cambios más profundos a nivel civilizatorio.

Ante tamaños desafíos, y desde la actual precariedad, es inevitable pensar acerca de la enorme dificultad que afronta la recuperación y transformación de la ingeniería venezolana. Como se colocó, es indudable que esto deberá contar con apoyos muy importantes, financieros, técnicos, e institucionales, en los que la cooperación internacional jugará un papel decisivo. Pero es indudable que se debe repensar, y plantear cambios significativos, en contenido y forma, de la formación, la investigación y desarrollo y la práctica profesional. Además de una revisión profunda de la gestión institucional, que permita llevar adelante estos cambios. Este es el planteamiento fundamental de este proyecto.

³⁸ Cfr, supra, capítulo 1

Capítulo 3

El proyecto

Antecedentes

El proyecto “Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las Ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas” tiene como antecedente el Foro “Facultad de ingeniería de la UCV: el emprendimiento para afrontar la crisis y las disrupciones tecnológicas”, realizado el 23 de octubre de 2018, como parte de las actividades centrales de las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería y el Encuentro Académico Industrial (JIFI-EAI 2018). Dicho evento, organizado por la Coordinación de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, tenía como objetivo discutir las transformaciones que está experimentando globalmente la disciplina como resultado del extraordinario avance de las tecnologías convergentes (Tecnologías de la información y la comunicación, Nanotecnología, Biotecnología y Ciencias del conocimiento) y la difusión de la Cuarta Revolución Industrial (4i), y para visualizar los desafíos que esto planteaba a la institución.

El foro se articuló en torno a la presentación intitulada “Investigación y desarrollo en las ingenierías: los desafíos frente a la crisis y las disrupciones tecnológicas”, focalizada en la segunda misión de la universidad –la investigación- y en la se amplió el alcance del problema planteado al destacar, no sólo los retos de las disrupciones tecnológicas, sino también los planteados por la severa crisis que confronta la estructura industrial y de servicio del país, uno de los factores que ha contribuido al agravamiento de la crisis humanitaria y a lo que la universidad debe contribuir para su superación. Todo ello, afrontando su propio reto de recuperar sus mermadas capacidades de formación, investigación y extensión.

En este marco se realizó un breve ejercicio para identificar fortalezas y debilidades de las facultades de ingeniería de cara a los desafíos planteados. Una rápida aproximación identificaba pocas pero importantes fortalezas, destacando la sobrevivencia de un grupo de profesores-investigadores con capacidad y calidad para generar conocimientos —se evidenciaba una importante resiliencia— y con disposición para participar en programas de recuperación institucional y de reactivación industrial. Las debilidades eran muchas, resaltando la notable pérdida de capacidades en diversas disciplinas de la ingeniería, por lo que la masa crítica existente podría ser insuficiente para avanzar en la recuperación.

Ante la necesidad de recomponer todo el tejido institucional, industrial y de servicios, las oportunidades eran múltiples, en tanto que en las amenazas destacaban el estancamiento del país, situación en la que no podían esperarse respuestas proactivas de los diferentes actores, y el cerco político y económico por parte del gobierno a las universidades.

Como resultado de la discusión generada, las autoridades decanales destacaron la conveniencia de realizar un taller para discutir estos temas con el equipo directivo de la institución (el Consejo de Directores, integrado por los directores de Escuelas e Institutos) a objeto de considerar estos temas en su funcionamiento. Los representantes de la industria y de la Cámara Venezolana de Alimentos (CAVIDEA) que asistieron al evento, señalaron la necesidad de, al menos, tomar en cuenta la opinión de la industria con relación a sus necesidades y sus consideraciones para una agenda de recuperación de la ingeniería.

Posteriormente, a inicios de 2019, un pequeño grupo de profesores de la Facultad de Ingeniería y del Área de Desarrollo Científico y Tecnológico del CENDES, se reunió a objeto de pensar en una propuesta. Vista la crítica situación de las universidades, de la industria y de los servicios, se estimó que resultaba inviable mantener el enfoque tradicional, según el cual, cada ámbito por separado realiza esfuerzos de recuperación de manera aislada, pensando las soluciones desde y para sí, de manera independiente. Ello implica que, en el ámbito académico debe superarse la idea de aspirar exclusivamente a un aumento del presupuesto para mejorar las condiciones de la docencia y la investigación, con la tradicional perspectiva intramuros; y desde el ámbito de la demanda, superarse la visión de recuperarse mediante la adquisición de tecnología, sin prestar mayor atención al desarrollo tecnológico (Figura 5). Al respecto es pertinente recalcar que, aun en los mejores tiempos, estas soluciones demostraron no ser las más efectivas para desarrollar capacidades tecnológicas (Bell, 2007). Además, en las actuales circunstancias, la severa escasez de recursos es una variable inamovible que deberá considerarse en los próximos años, restándole toda posibilidad a este tipo de soluciones.



Figura 5. ¿Cómo recuperar y transformar las ingenierías, y cómo recuperar y transformar la industria y los servicios dando cuenta de **todos** estos requerimientos?

Fuente: Elaboración propia

Así, es imprescindible procurar alternativas que dinamicen de manera diferente a las instituciones (e.g. con Instrumentos de política de reactivación industrial que consideren la participación de las Escuelas de Ingeniería). Las soluciones deben apuntar hacia la recuperación y desarrollo de capacidades tecnológicas de todo el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, construyendo sinergias para la recuperación de la totalidad ³⁹

De allí que se acordase proponer un ejercicio dirigido a identificar, a través de la consulta a profesores y a personal de la industria y los servicios, acciones efectivas y pertinentes que permitan avanzar en la recuperación de capacidades de formación e investigación y desarrollo de la Facultad de Ingeniería, así como contribuir a la resolución de la crisis y acompañar las transformaciones tecnológicas disruptivas.

En torno a esta idea inicial se inició un proceso de consulta que se extendió a otras instancias de la UCV y de otras Instituciones de Educación Superior (IES), captando el interés de otras instituciones de sumarse a la iniciativa. Como resultado se amplió el equipo de trabajo⁴⁰ con la incorporación de investigadores y profesionales del Centro de Estudio de la Ciencia del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), el Centro de Gestión de la Tecnología y la Innovación de la Universidad Simón Bolívar (CeGesTec+i, USB), el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV y de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII). En consecuencia, se reestimó el alcance de la actividad, procurando pensar en acciones que contribuyeran a la recuperación y la transformación de las capacidades de formación e investigación y desarrollo de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior (IES) del país. Se contactaron, además, gremios profesionales (Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV), Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat (ANIH)) y empresariales (Cámara Venezolana de la Industria de los Alimentos (CAVIDEA) y la Cámara Venezolana de Empresas de Consultoría (CAVECON)), los cuales se mostraron dispuestos a apoyar la iniciativa.

³⁹ cfr. Supra capítulo 2

⁴⁰ En el proyecto participa un equipo de investigación interdisciplinario e insterinstitutional integrado por Alexis Mercado (coordinador), Isabelle Sánchez Rose, Pablo Testa, Zulay Poggi (Área de Desarrollo Científico y Tecnológico del CENDES-UCV), Rebeca Sánchez (Facultad de Ingeniería de la UCV), Geovanni Siem (Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC de la Facultad de Arquitectura de la UCV), María Antonia Cervilla (Centro de Gestión de la Tecnología y la Innovación (CeGesTec+i) de la USB), María Sonsiré López (Centro de Estudios de la Ciencia del IVIC), Concetta Esposito de Díaz (UCLA), Belinda Colina Arenas (LUZ), Griselda Ferrara de Giner (Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat) y Luís Rodríguez (Fundación Instituto de Ingeniería, FII). El equipo cuenta, además, con la colaboración y el patrocinio de la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat, de la Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (a través de su Presidente Ejecutivo, Juvenal Arveláez) y de la Cámara Venezolana de Empresas de Consultoría, CAVECON (Ninoska Cilento).

Cabe resaltar que la participación de diversidad de instituciones y profesionales de varias disciplinas procura dar respuestas a las significativas transformaciones que está experimentando la disciplina, ajustadas al “modo 2” de producción de conocimiento que se caracteriza por ser transdisciplinario, producido en un contexto de aplicación y en respuesta a problemas concretos de la sociedad (Gibbons y otros, 1997)⁴¹.

A partir de las consultas a todos estos actores, se formuló, entonces, el proyecto.

Objetivos y fases del proyecto

El objetivo del proyecto es proponer políticas y estrategias institucionales para recuperar e impulsar capacidades de formación y de I+D de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior con pertinencia para contribuir a la recuperación de la industria y los servicios del país, y afrontar las transformaciones tecnológicas inherentes al despliegue de la cuarta revolución industrial con una perspectiva de sustentabilidad.

El proyecto se estructura en dos etapas. La primera, contempla diagnósticos de las instancias de ingeniería de la educación superior y los centros de I+D+i, la identificación de problemas y requerimientos de la industria y los servicios, y la identificación de variables clave para el funcionamiento del sistema.

La segunda etapa contempla la presentación de las variables esenciales para la evolución del sistema (las IES), a partir de las cuales proponer acciones para el diseño de las estrategias institucionales de formación e I+D+i, la vinculación y la elaboración de políticas de Estado en CTI.

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos en la primera etapa del proyecto, así como los derivados de un ejercicio de enunciación de políticas y estrategias institucionales que deberán discutirse y formularse en el seno de las propias instituciones de educación superior.

Metodología

Elaborar nuevas propuestas de gestión del conocimiento requiere, aparte de diagnosticar la situación, identificar variables o acciones que, trabajando sobre ellas, permitan modificar positivamente y acelerar la evolución del sistema, en este caso las Instituciones de Educación Superior, concibiéndolas como una estructura en red que trasciende lo académico y comparte espacios con otros importantes ámbitos de la sociedad (la industria, los servicios y las comunidades).

⁴¹ cfr. Supra, capítulo 1

Existen diversas técnicas que ayudan a identificar estas variables, que varían en cuanto a su complejidad, objetivos y alcances. Para el ejercicio propuesto se adoptó la combinación de tres de ellas: la consulta a expertos, la tormenta de ideas y el análisis estructural.

El ejercicio se inició con una consulta a expertos y actores relevantes (profesores e investigadores universitarios, academias, empresas, asociaciones empresariales) mediante cuestionarios abiertos. Seguidamente las respuestas obtenidas fueron procesadas y analizadas lo que permitió identificar 6 dimensiones de análisis y 65 variables que permiten hacer una aproximación a la situación del sistema. Posteriormente, en talleres de trabajo con participación de actores de todos los ámbitos citados, estas variables se clasificaron en orden de importancia y se seleccionaron las 22 más importantes para el funcionamiento del sistema, las cuales una vez conceptualizadas, fueron objeto de análisis estructural realizado en varias sesiones de trabajo. Finalmente se procedió a la identificación de las variables clave mediante la aplicación del método MICMAC. Posteriormente, con base a los resultados obtenidos, se hizo un ejercicio de enunciación de políticas y estrategias institucionales como insumo para la segunda fase del proyecto. En el siguiente apartado se presenta con mayor detalle la metodología empleada y los resultados obtenidos.

La consulta a expertos

En primer lugar, se realizó una consulta a expertos y actores relevantes de la academia, la industria y los servicios mediante cuestionarios abiertos dirigidos a recopilar la mayor cantidad de información y para la definición de un conjunto de dimensiones y variables relativas a las tres grandes temáticas:

- 1) Situación de la industria y los servicios y de las demandas y requerimientos de ingeniería y servicios a las instituciones de educación superior (IES).
- 2) Los desafíos de las tecnologías convergentes, la cuarta revolución industrial y el desarrollo sustentable.
- 3) La Gestión institucional (enfocada en las Instituciones de Educación Superior)

Siguiendo esta pauta general, se elaboraron dos cuestionarios diferentes que, aun cuando abordaban temas en común, tomaban en cuenta las particularidades, tanto de la academia como de la industria y los servicios.

Las consultas en el ámbito académico se dirigieron a profesores e investigadores de las facultades de ingeniería de universidades y centros de investigación nacionales, obteniéndose respuestas de las siguientes IES: UCV, USB, LUZ, UNEXPO, ULA y de la UCLA. Los cuestionarios dirigidos a la industria y los servicios se enviaron a personal de la industria y asociaciones empresariales, tales como CAVIDEA, ASOQUIM, CAVECOM, AIMM; a especialistas de las áreas de servicios y al Colegio de Ingenieros de Venezuela.

En total se distribuyeron más de 80 cuestionarios, lográndose obtener un total de 35 respuestas, 22 correspondientes a la academia y 13 a la industria y los servicios. A partir de las respuestas obtenidas, se elaboró una base de datos. Mediante análisis de frecuencias se identificaron los principales problemas que se confrontan tanto en las universidades como en la industria y los servicios, los requerimientos en términos de I+D+i, la situación de la vinculación entre ambos sectores y las implicaciones que tendrán las tecnologías disruptivas y la difusión de la 4i sobre la generación, transmisión y uso del conocimiento en las ingenierías en el país. Los resultados obtenidos permiten tener una primera visión sobre la situación del sistema y permite identificar las variables que determinan su funcionamiento. Los resultados se presentan a continuación.

Las respuestas a los cuestionarios

Sección 1. Situación de la industria y los servicios y de las demandas y requerimientos de ingeniería y servicios a las IESs.

El objetivo era conocer directamente de los actores los problemas que confronta el aparato productivo, en el caso de los actores de la industria y los servicios, y de su percepción, en el caso de la academia. Para abordar el tema de la contribución de las universidades a la reactivación y recuperación de la actividad industrial, a los dos grupos se les consultó acerca de los problemas más severos de carácter tecnológico y productivo. En el Cuadro 8 se presentan las respuestas y su frecuencia en uno y otro caso.

Cuadro 8
Problemas tecnológicos y productivos que enfrenta la industria

Problema	Respuestas desde la Industria (a)	Respuestas desde la Universidad (b)
Acceso a tecnología y conocimiento	19,6%	9,1%
Calificación del capital Humano	17,6%	15,9%
Obsolescencia tecnológica	17,6%	15,9%
Acceso a materia prima	11,8%	18,2%
Inversión y capital	9,8%	11,4%
Mantenimiento	9,8%	9,1%
Infraestructura y servicios	5,9%	9,1%
Dependencia tecnológica	5,9%	4,5%
Calidad y control	2,0%	4,5%
Ambientales	0,0%	2,3%

Base: 18 respuestas de la universidad y 14 de industria-servicios

Notas: (a) Pregunta: ¿Cuáles son los problemas tecnológicos y productivos más severos que confronta su sector?; (b) Pregunta: ¿Conoce los problemas tecnológicos y productivos más severos que confrontan la industria y/o los servicios?

Como puede verse en la información presentada el Cuadro 8, no existe una visión compartida por los dos sectores acerca de la problemática de la industria y los servicios que afecta su productividad y desempeño. En el caso de las empresas, la respuesta más frecuente se refirió al acceso a tecnología y conocimiento, mientras que las universidades se inclinaron hacia el acceso a la materia prima, dada la dependencia excesiva de suministros extranjeros por la escasa o nula producción de los mismos en el país. Sin embargo, aunque con diferencias en la prioridad asignada, en el segundo lugar y tercer lugar coinciden para ambos casos; la “calificación del capital humano” y la “obsolescencia tecnológica”. Para las empresas consultadas el problema del talento en las universidades tiene dos aristas que lo agravan: la fuga de talento y el envejecimiento de la plantilla profesoral.

Es importante destacar las señalizaciones de la industria centradas en necesidades de conocimiento, lo cual plantea, de entrada, desafíos importantes a las IES, constituyendo un elemento importante para trabajar en las posibilidades de establecer “*match*” entre oferta y demanda y ver posibles acciones a implementar (cuadro 9).

Al consultarle a la industria si las facultades de ingeniería de las universidades venezolanas están en capacidad de ofrecer soluciones a estos problemas, la mayoría (64 por ciento) respondió de manera afirmativa. Sin embargo, entre las respuestas se destacó que estas capacidades se orientan principalmente a dar solución a problemas operativos, de mantenimiento, monitoreo y control en diversas disciplinas, considerándose que no poseen fortalezas suficientes para desarrollar nuevas tecnologías, apalancándose por lo general en tecnologías existentes.

Asimismo, los empresarios señalaron que es importante profundizar en el conocimiento de las tecnologías al nivel mundial para adecuarlas al contexto local, así como en el análisis del mercado y los costos de producción, considerándose que las universidades podrían aportar en algunos campos más orientados a las áreas de diseño por disciplinas y mejoras en operación y mantenimiento, pero en materia de selección y diseño de nuevas tecnologías consideran que hay limitaciones importantes. Por ello, las facultades de ingeniería deben profundizar en conocimiento y elementos de diseño de tecnologías según las áreas productivas. Otra manera de contribuir sería mediante la asistencia técnica especializada.

Cuadro 9

Requerimientos tecnológicos necesarios para reactivar la industria y/o servicios: vistos desde las empresas

Requerimiento	Frecuencia
Tecnologías de información y comunicación	42,90%
Tecnología de procesos	28,60%
Servicios de datos y comunicación	28,60%
Tecnología de equipos	28,60%

Gestión ambiental	28,60%
Tecnologías blandas	21,40%
Tecnología de productos	14,30%
Servicios públicos	14,30%
Transferencia de tecnología	14,30%
Ingeniería básica, conceptual y de detalle	14,30%
Tecnologías ambientales	7,10%

Al ser consultados acerca de si el perfil profesional de los ingenieros satisface los requerimientos de la industria y/o servicios, los representantes de la industria y/o servicios consultados indicaron que éste satisface principalmente habilidades necesarias para realizar de adaptaciones y mejoras en el proceso productivo, seguida de los requerimientos para la operación. Pero pocos consideran que posean las capacidades para asumir actividades de investigación y desarrollo (Figura 6).

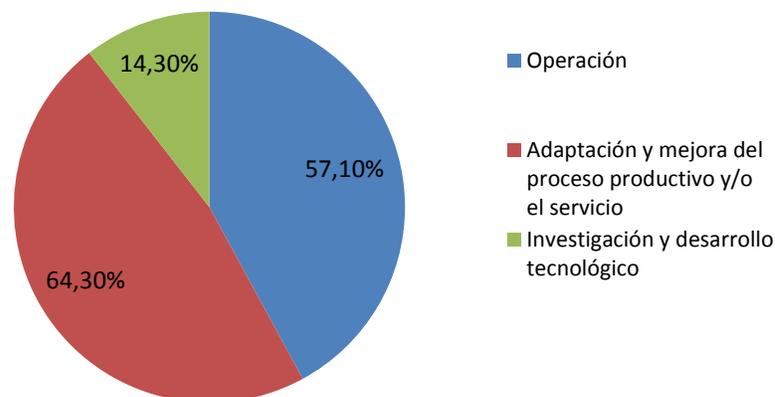


Figura 6. Orientación de perfil profesional de los ingenieros: visto desde la industria

En este sentido, en general, se reconoció por parte de la industria que los ingenieros formados en nuestras universidades tienen los conocimientos suficientes para participar en cualquier proceso operativo, así como la capacidad para diseñar e incorporar mejoras al proceso productivo según la disciplina de su especialidad; pero que, sin embargo, se encuentran rezagados en lo concerniente los conocimientos y habilidades en nuevas tecnologías de aplicación en la industria.

En cuanto a los elementos que se considera deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios (Cuadro 10), destacó la necesidad de una “formación integral”, aspecto que fue señalado como el más importante tanto por las empresas como por las universidades, mencionándose al respecto

aspectos asociados a principios y valores como, por ejemplo, la ética, el rescate del compromiso y una cultura de trabajo honesto.

Sin embargo, para los otros elementos se observan diferencias en las prioridades asignadas por uno y otro grupo. Así, para la industria son considerados como los segundos aspectos en importancia a incluir o fortalecer en los programas de formación: a) optimización y procesos de mejora continua; b) elementos relacionados con normas técnicas en materia de calidad, seguridad industrial y laboral y ambiente, y c) el aspecto de la sustentabilidad.

Por otra parte, para las universidades el segundo y tercer aspecto en orden de importancia fueron: a) elementos de gestión empresarial, y b) el desarrollo y aplicación de tecnologías de información y comunicación, respectivamente. Entre los elementos de gestión empresarial señalados destacaron: competencias para el emprendimiento, liderazgo y trabajo en equipo con profesionales de otras disciplinas, aspecto que también fue mencionado por los empresarios, junto a los conocimientos para la formulación y evaluación de proyectos.

Cuadro 10

Elementos que se considera deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios

Elemento o aspecto	Industria (a)	Universidad (b)
Formación integral	42,90%	50,00%
Optimización y mejora continua	28,60%	11,10%
Normas técnicas (calidad, seguridad, ambiente)	28,60%	5,60%
Sustentabilidad	28,60%	11,10%
Formación ingenieril	21,40%	22,20%
Investigación y desarrollo	21,40%	5,60%
Gestión empresarial	21,40%	38,90%
Trabajo colaborativo e interdisciplinario	14,30%	11,10%
Desarrollo y aplicación de TICs	14,30%	27,80%
Tecnologías disruptivas	14,30%	11,10%

Nota: (a) Pregunta: ¿Qué elementos considera deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios?; (b) Pregunta: ¿Qué aspectos del perfil de ingenieros y tecnólogos deberían desarrollarse para contribuir al desarrollo tecnológico de la industria y /o de los servicios?

Las empresas encuestadas destacaron que las capacidades de las universidades para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios pudieran ser fortalecidas a través del establecimiento de alianzas con los sectores industriales y gubernamentales, así como del trabajo conjunto en proyectos de investigación para desarrollar soluciones replicables, mejorar la

productividad, implantar programas de mejora continua, instalar sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo en las unidades de producción, entre otros aspectos, destacándose la importancia de las relaciones industria-universidad.

En este sentido es importante conocer la visión de los actores con relación a cuáles son los obstáculos principales que impiden o limitan el establecimiento de vínculos con la universidad para solicitar servicios y adelantar proyectos conjuntos, los cuales se presentan en el cuadro siguiente (Cuadro 11)

Cuadro 11

Obstáculos que impiden el establecimiento de vínculos Industria-Universidad

Obstáculo	Industria (a)	Universidad (b)
Desconocimiento de las capacidades y oferta de servicios de las universidades de parte de las empresas, por la falta de confianza y de canales de comunicación	36%	30%
Universidad aislada de su entorno y con falta de foco en las necesidades de la industria	18%	36%
Ausencia de políticas públicas, incentivos y estrategias de desarrollo industrial (LOCTI)	14%	9%
Recursos económicos limitados en las empresas para acometer nuevos proyectos	11%	11%
Fuga de talento	7%	3%
Deterioro y obsolescencia de los equipos e infraestructura de las universidades	-	11%
Incertidumbre que impide o limita las inversiones en materia tecnológica	5%	-
Manejo de aspectos legales (PI)	5%	-
Desactualización de las universidades	4%	-

Nota: (a) Pregunta: En su opinión, ¿Cuáles mecanismos podrían propiciar una efectiva vinculación de la Facultad de Ingeniería con la industria nacional?; (b) Pregunta: ¿Cuáles son los principales obstáculos que considera impiden el establecimiento de vínculos con la industria y/o servicios para ofrecer servicios y adelantar proyectos conjuntos? (máximo 3 en orden de importancia)

Como puede notarse a partir de la información presentada en el Cuadro 11, desde ambos lados se destaca tanto el desconocimiento de las capacidades de las universidades por parte de las empresas y de la oferta de servicios que éstas podrían ofrecer a la industria y/o servicios, como la falta de interés de las universidades en los problemas de la industria. Se considera que la universidad está aislada de su entorno y de la problemática de las empresas, pero lo más grave

es que no se acerca a ellas para conocer sus necesidades, sumado a que los empresarios consideran que en muchos de los casos en los que se llega a dar la interacción “las soluciones que la universidad ha logrado desarrollar son de poca trascendencia”. Según la industria, el vínculo con la universidad siempre será proporcional a la aplicabilidad y la concreción de las propuestas tecnológicas que se planteen y, sobre todo, que se desarrollen.

Lo más notorio es que los obstáculos más citados son, en gran medida, producto de la gestión universitaria, siendo prioritario el diseño e implementación de estrategias y mecanismos que propicien una vinculación efectiva y que contribuyan al desarrollo de confianza mutua, entre los cuales se mencionó la necesidad de repensar el objetivo y enfoque de las pasantías y las prácticas empresariales, así como de crear nuevos canales de comunicación entre las universidades y las empresas y de fortalecer los existentes.

Por otra parte, también se destacó la necesidad de políticas públicas e incentivos que promuevan el acercamiento entre la industria y las universidades y, en general, la articulación del sistema de CTI; haciendo referencia en uno y otro caso a la LOCTI como un mecanismo a rescatar para estimular la vinculación entre la industria y la universidad.

Sección 2. Los desafíos de las tecnologías convergentes, la cuarta revolución industrial y el desarrollo sustentable

Las respuestas a la pregunta: “¿de qué manera considera que las tecnologías convergentes y la Industria 4.0 afectarán la actividad de su sector?”, fueron variadas dada la diversidad de sectores a los que pertenecen las empresas que participaron en la encuesta. Sin embargo, los empresarios estuvieron de acuerdo en que, de cara a la cuarta revolución industrial, casi ninguna de las tecnologías señaladas dejará de tener efecto en cualquier sector de la industria y los servicios, siendo un asunto de tiempo y de oportunidades particulares, tanto por parte de las propias tecnologías como de quienes requieran aplicarlas para mantenerse competitivos. Con esto en mente, se destacó la importancia de los análisis prospectivos, en los que las universidades podrían brindar una importante orientación y apoyo, para lo cual deben tener un conocimiento preciso de las capacidades de la industria venezolana.

En este sentido, los empresarios consultados consideraron que a escala global todas las actividades industriales y productivas cambiarán significativamente tanto por las tecnologías convergentes como por la 4i, destacándose a continuación aquéllas que se consideraron de mayor impacto:

- La integración de los servicios de internet móvil e inteligencia artificial a los procesos productivos.
- *Big Data*, Internet de las cosas y *cloud computing*.

- Las nuevas tecnologías para la obtención, almacenamiento, distribución y uso de energía, alternas a la extracción de combustibles fósiles (solar, eólica, entre otras)
- Los biocombustibles.

Dado el dinamismo del cambio tecnológico, que plantea grandes retos y tendrá repercusión en nuestros entornos, resulta imprescindible incursionar en el desarrollo, asimilación y la formación-capacitación en esas tecnologías, de manera de mitigar sus efectos y no quedar desplazados de los mercados. Por ello, opinan que es fundamental y urgente la revisión de los planes de las diferentes carreras que en la actualidad ofrecen las universidades nacionales, para lo cual se debe investigar acerca de las tendencias en la enseñanza de las ingenierías a escala global y prepararse para la modernización de las IES en función a las nuevas realidades⁴². Además, se considera que este proceso se debería desarrollar tanto en el ámbito industrial y empresarial como en el académico, con la participación conjunta de profesores, estudiantes y profesionales en ejercicio.

Con relación al tema del desarrollo sustentable, se señaló que las facultades de ingeniería podrían contribuir a afrontar los problemas ambientales asociados a la actividad de la industria y los servicios, a través de la formación de profesionales bajo los postulados de la sustentabilidad, con capacidad para gestionar problemas ambientales y desarrollar tecnologías limpias y ambientalmente amigables, así como mediante asistencia técnica especializada y la consolidación de un centro de información de datos relevantes sobre los procesos que impactan al ambiente y cuáles son las iniciativas que apuntan hacia un desarrollo sustentable. Otras formas en que las universidades podrían aportar sería apoyando en el diagnóstico de los problemas ambientales asociados con la actividad productiva y de servicios, en la identificación de lineamientos y políticas acordes con el cambio climático a nivel mundial e interpretando y adecuando las normativas al entorno local del país. Por último, entre los desarrollos tecnológicos sugeridos por las empresas en material ambiental destacan:

- Desarrollo de tecnologías propias de plantas compactas de tratamiento de aguas que permitan dar soluciones al sector de infraestructura.
- Diseño de software nacional para simulación de emisiones atmosféricas, y efluentes en medios marinos y lacustres.
- Tecnologías nacionales para el control de derrames de hidrocarburos.
- Producción de aditivos para distintos procesos (tratamiento de aguas, producción de medicinas, alimentos), entre otros.

Continuando con el tema de los desafíos de las tecnologías convergentes y la 4i, pero ahora visto desde las universidades, al consultar a los profesores sobre su conocimiento acerca de si las

⁴² Cfr, supra capítulo 1

tecnologías convergentes están siendo consideradas en las líneas de investigación y formación de las áreas de ingeniería, ciencia y tecnología de su institución, destacaron las siguientes:

- Ciencias del conocimiento: Cursos masivos abiertos on line (MOOCs)
- TICs: Internet de las cosas (IoT)
- TICs: Big Data.
- TICs: Realidad virtual.
- TICs: Cloud Computing
- Biotecnología: Biocombustibles.

También fueron mencionadas las tecnologías convergentes siguientes: *deep learning*; robótica; biomecatrónica; energías renovables; agentes inteligentes; *blockchain*; sistemas ciber-físicos; Big Data; utilización de imágenes satelitales para cartografía a escalas medianas y pequeñas; nanomateriales; modelado computacional de materiales nanoestructurados, entre otras.

En particular los profesores de las áreas de las ingenierías eléctrica y electrónica y las TICs, mostraron un conocimiento amplio de las transformaciones y alcances de la 4i, así como de los impactos en sus áreas disciplinarias, indicando que algunos grupos de investigación están trabajando en varias de las tecnologías de la llamada 4ta revolución industrial, desde varios ángulos. Sin embargo, debido a la restricción de recursos para el desarrollo de la investigación y desarrollo tecnológico, se señaló que los alcances son limitados, así como las posibilidades de implementación en la industria local. Por lo cual, entre los mecanismos propuestos para su incorporación se sugirió la realización un arqueo de habilidades y capacidades para contrastarlo con las necesidades y potencialidades de la I+D+i para la industria 4.0, a fin de promover la conformación de laboratorios de innovación en diferentes áreas con la participación de socios nacionales e internacionales tanto de la academia como de la industria. También se sugirió la elaboración y puesta en operación de cursos masivos de formación en línea (MOOCs) sobre tecnologías digitales emergentes, dictados por especialistas en cada área, para formar y actualizar de forma acelerada los conocimientos de los docentes, estudiantes y profesionales de la ingeniería. Pero, dada la situación precaria de las IESs, para incorporar estos mecanismos en primer lugar habría que asegurar la implantación y funcionamiento de la infraestructura de telecomunicaciones, equipos y servidores de última generación.

Por otra parte, al mismo tiempo, es imperativo que se aligere la aprobación e inclusión de estos nuevos cursos en los diferentes pensum y programas de estudios, siendo necesario para lograrlo eliminar la burocracia que en la actualidad caracteriza a la gestión universitaria, así como promover un pensamiento interdisciplinario, que es una de las competencias que debe caracterizar a los ingenieros de la 4i.

Sección 3. Gestión institucional

En el caso de los cuestionarios dirigidos al sector académico se incluyó una tercera sección para abordar el tema la Gestión Institucional en las IESs.

Lo relativo a los aspectos de la gestión universitaria que se considera constituyen obstáculos para una adecuada articulación de las universidades en general, y las facultades de ingeniería en particular, con la industria y/o los servicios, fue incorporado en la primera sección anteriormente expuesta, la cual trató sobre la contribución de las universidades a la reactivación y recuperación de la actividad Industrial. Por ello, en este apartado se compartirá la visión de los académicos encuestados sobre qué papel juegan en la actualidad las actividades de extensión como medio de vinculación con la sociedad.

Al respecto, la mayoría de los profesores consultados estuvo de acuerdo de en las IESs hay una falta de conocimiento generalizada con respecto a su importancia y al papel que juega la extensión universitaria en el acercamiento a la sociedad que las universidades deberían promover a través de esas actividades; señalándose que se debe masificar la extensión orientada a la producción de conocimientos aplicables directamente a la industria, en particular, y a la sociedad en general.

Sin embargo, si bien se indicó que las actividades de extensión realizadas por las universidades nacionales puede considerarse moderadas, considerándose que en la actualidad se han reducido sustancialmente, algunos profesores destacaron que si han realizado proyectos a través de las coordinaciones de extensión y las fundaciones de las IESs que han tenido impacto tanto en la producción y los servicios como en las comunidades, considerándose un mecanismo clave para la vinculación del mundo académico con los sectores de producción y servicios, siempre y cuando se tenga como objetivo resolver problemas concretos propuestos por estos sectores. Entre los aspectos mencionados, se destacó la necesidad de realizar una mayor difusión y comunicación de las actividades y capacidades que tienen las universidades, y en particular las facultades y escuelas de ingeniería, para atender las necesidades y resolver los problemas de la sociedad.

En cuanto al papel de la extensión para el empoderamiento de las comunidades y la inclusión social, se señaló que el esfuerzo realizado en "servicio comunitario" va en ese sentido, aunque se reconoció la necesidad de reorientarlo para incrementar el interés, el compromiso y la participación conjunta en la resolución de los problemas de las comunidades. Con relación a los mecanismos para promover la inclusión social, se destacaron algunas experiencias exitosas que valdría la pena replicar y analizar como son los casos del "Programa de Igualdad de Oportunidades" (PIO) de la USB y el Samuel Robinson de la UCV, cuyos propósitos son nivelar los conocimientos de los estudiantes (y profesores) de educación media, con miras a aumentar sus probabilidades de éxito para el ingreso y la prosecución de estudios universitarios.

Con respecto al papel de la extensión para la preservación del ambiente y desarrollo sustentable, así como en el caso de los pensum de estudios, se señaló que el tema de la sustentabilidad debe ser un aspecto a considerar de manera transversal en los proyectos de extensión, destacándose la importancia de incorporar la variable ambiental como parte de la toma de decisiones en los proyectos realizados por los estudiantes. Un mecanismo para ello sería, por ejemplo, el plantear que todos los proyectos deban incorporar un estudio de impacto ambiental.

Por último, entre los consultados hubo acuerdos acerca de que se requiere promover entre la comunidad universitaria en general, la importancia de su participación en esas actividades, tanto desde el punto de vista de su crecimiento profesional como de la posibilidad de obtener beneficios económicos, siendo necesario al mismo tiempo agilizar los procedimientos administrativos y garantizar su eficiencia y transparencia, de forma que se genere confianza entre las partes involucradas. Así, para el éxito de la extensión universitaria, además de los incentivos adecuados, se requiere de una gestión universitaria eficiente y efectiva que garantice y facilite la ejecución de los proyectos de extensión, a fines de que estos puedan lograr los objetivos e impactos esperados.

Identificación de dimensiones de análisis y de las variables

Después de haber realizado el proceso de codificación de las preguntas del cuestionario, se procedió a identificar las dimensiones de análisis y las variables que permiten caracterizar adecuadamente el sistema. Como resultado de lo cual se identificaron seis (6) dimensiones de análisis y sesenta y cinco (65) variables que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 12
Variables destacadas por los expertos consultados

Dimensiones	Variables destacadas por los consultados
1. Formación y Capacitación	1. Capacitación para operación y uso (mantenimiento, actividades de rutina, resolución de problemas) 2. Formación en ingeniería y diseño (ingeniería conceptual, básica, de detalle, optimización, control de procesos) 3. Formación en investigación y desarrollo (desarrollo de productos, diseño de equipos) 4. Capacitación de gestión para la operación (control de calidad, mejora continua) 5. Formación y capacitación gerencial y administrativa (formulación y evaluación de proyectos, análisis de sistemas, estadística, finanzas, mercadeo, manejo de personal) 6. Formación en nuevas tecnologías. 7. Pasantías industriales.

	8. Atributos profesionales. 9. Sólida formación básica. 10. Trabajo en equipo. 11. Multidisciplinariedad. 12. Ética. 13. Emprendimiento. 14. Iniciativa. 15. Liderazgo. 16. Creatividad. 17. Dominio de temas ambientales y desarrollo sustentable.
2. Investigación, desarrollo tecnológico e innovación	18. Nuevas tecnologías convergentes y disruptivas. 19. Conocimiento y manejo. 20. Tecnologías de información y comunicación. 21. Impacto y magnitud. 22. Tecnologías maduras. 23. Desarrollo de nuevos productos, desarrollo de nuevos materiales. 24. Diseño, control y automatización de procesos. 25. Diseño y fabricación de partes y equipos. 26. Desarrollo de prototipos. 27. Escalamiento industrial. 28. Infraestructura de investigación.
3. Desarrollo sustentable	29. Evaluación de impacto ambiental. 30. Contaminación de suelos y fuentes de agua. 31. Gestión urbana de residuos sólidos. 32. Tratamiento y disposición de residuos industriales. 33. Tecnologías limpias y energías renovables. 34. Ahorro de energía. 35. Formación y capacitación ambiental.
4. Políticas y estrategias	36. Política institucional en la educación superior 37. Financiamiento de actividades de investigación y desarrollo tecnológico. 38. Equipamiento de laboratorios y centros de investigación. 39. Financiamiento de la formación de postgrado. 40. Dotación de bibliotecas y centros de documentación. 41. Sistemas de evaluación de la carrera universitaria. 42. Burocracia universitaria. 43. Política científica y tecnológica. 44. LOCTI en su versión original como política de financiamiento. 45. Articulación del sistema de CyT. 46. Política industrial.

	<p>47. Planes reactivación de los sectores industriales.</p> <p>48. Falta de inversión.</p> <p>49. Sistema de regulación y normas técnicas.</p> <p>50. Burocracia gubernamental.</p>
5. Industria y servicios	<p>51. Asistencia técnica.</p> <p>52. Ensayos y evaluación de materiales.</p> <p>53. Dinámica diferenciada de los sectores industriales y de servicios.</p> <p>54. Personal especializado.</p> <p>55. Talento humano.</p> <p>56. Materia prima.</p> <p>57. Obsolescencia tecnológica.</p> <p>58. Servicios básicos.</p> <p>59. Tecnologías de información y comunicación.</p>
6. Vinculación Universidad-Industria	<p>60. Cursos de capacitación.</p> <p>61. Asesorías y asistencia técnica.</p> <p>62. Servicios de laboratorio.</p> <p>63. Pasantías industriales.</p> <p>64. Problemas de comunicación.</p> <p>65. Desconocimiento y desconfianza.</p>

Jerarquización de las variables relevantes

Una vez conformada la lista de variables, se realizaron dos talleres de expertos para, mediante tormenta de ideas, hacer una selección de las más importantes para el funcionamiento del sistema en cada uno de las dimensiones de análisis, y clasificarlas en orden de importancia. Ambos talleres tuvieron una duración de seis horas y se realizaron en la sede de la Cámara Venezolana de Alimentos (CAVIDEA), con la participación de expertos de la academia y de la industria y los servicios.

El primer taller denominado “Identificación de variables relevantes para la recuperación de capacidades de formación e I+D en las ingenierías (Reunión de expertos)”, en el que participaron 14 personas, tuvo lugar el 24 de octubre de 2019. La sesión de trabajo se articuló en torno a las dimensiones de análisis y de las variables identificadas en la fase anterior, e intentando responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué capacidades de formación e investigación y desarrollo en las ingenierías se requieren para afrontar la situación de la actividad productiva y los servicios y afrontar los desafíos de las transformaciones tecnológicas disruptivas?
- ¿Cuáles son las variables más importantes para afrontar estos temas relevantes?

Como resultado del intenso y rico intercambio de ideas y reflexiones, los participantes seleccionaron 26 de las 65 variables de la fase anterior, como las más relevantes para el funcionamiento del sistema, manteniendo el mismo número de dimensiones de análisis. El cuadro siguiente muestra los resultados de la selección y jerarquización de variables obtenidas en este primer taller para cada una de las dimensiones:

Cuadro 13

Identificación de variables relevantes para la recuperación de capacidades de formación e I+D en las ingenierías (Primera reunión de expertos)

Dimensión	Selección y jerarquización de variables
Formación y capacitación	<u>Variables Medulares</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación para operación y uso 2. Ingeniería y Diseño 3. Investigación y desarrollo (capacitación técnica) <u>Variables Transversales:</u> <ol style="list-style-type: none"> 4. Capacitación de gestión para la operación 5. Formación y capacitación gerencial y administrativa 6. Formación en nuevas tecnologías 7. Formación en temas ambientales y de desarrollo sustentable
Investigación, desarrollo tecnológico e innovación	<u>Jerarquización de Variables</u> <ol style="list-style-type: none"> 8. Tecnologías maduras 9. Diseño y fabricación de partes y equipos 10. Diseño, control y automatización de procesos
Desarrollo sustentable	<u>Jerarquización de Variables</u> <ol style="list-style-type: none"> 11. Formación integral y capacitación en temas específicos 12. Oferta de servicios (Evaluación de impacto ambiental, Contaminación de suelos y fuentes de agua, Gestión urbana de residuos sólidos, Tratamiento y disposición de residuos industriales) 13. Investigación (tecnologías limpias y energías renovables)
Políticas y estrategias	<u>Jerarquización de Variables</u> <ol style="list-style-type: none"> 14. Gestión de conocimiento 15. Sostenibilidad de la universidad pública venezolana 16. LOCTI como medio de inversión (2005) 17. Sistemas de regulación y normas técnicas 18. Incorporación en programas de reactivación de los sectores industriales y los servicios (a partir del inventario de capacidades que posee la universidad)
Industria y servicios	<u>Jerarquización de Variables</u> <ol style="list-style-type: none"> 19. Recursos Humanos (debilidad de la planta docente)

	<p>20. Cuál es el papel de los diferentes actores (los egresados, los gremios, etc.) en los planes de formación y capacitación</p> <p>21. Obsolescencia tecnológica como espacio de oportunidad para la vinculación universidad-industria: Auditoría de sistemas, solución de problemas inmediatos</p> <p>22. Cambio de la cultura universidad para adaptarse a las necesidades y tiempos de respuesta que requiere el sector industrial</p>
Universidad-industria	<p><u>Jerarquización de Variables</u></p> <p>23. Repensar las pasantías industriales</p> <p>24. Asesoría y asistencia técnica</p> <p>25. Alianzas e intercambios</p> <p>26. Oferta de las capacidades de la universidad (desarrollar capacidades para saber divulgar sus servicios)</p>

Dos semanas después, el 7 de noviembre de 2019, se realizó el segundo taller llamado: “Clasificación de las variables relevantes para la recuperación de capacidades de formación e investigación y desarrollo en las ingenierías”. En este taller, en el que participaron 9 expertos, se redujo a 5 el número de dimensiones de análisis (el carácter transversal del desarrollo sustentable en las demás dimensiones fue el argumento que justificó esta decisión). Igualmente se redujo el número de variables, al priorizar 22 de las 26 variables previamente seleccionadas.

Los resultados del proceso de clasificación y selección de las variables más relevantes para la recuperación de las capacidades de formación e I+D en las ingenierías, cuyas definiciones se fueron sistematizando mediante aproximaciones sucesivas para alcanzar consensos, se presentan a continuación en el Cuadro 14.

Cuadro 14

Identificación y conceptualización de las variables relevantes para la recuperación de capacidades de formación e investigación y Desarrollo en las ingenierías.

Dimensión	V _i	Variable	Definición
Formación y capacitación	V ₁	Formación y capacitación para uso y operación	Proveer conocimientos y herramientas para realizar actividades de rutina, mantenimiento, resolución de problemas, gestión de la operación, mejora continua, aseguramiento de la calidad, normas técnicas. Tanto para los cursantes de la carrera formal como para personal que se desenvuelve en el ámbito productivo y de servicios.

	V ₂	Formación en ingeniería y diseño e I+D	Proveer conocimientos para involucrarse en: a) ingeniería conceptual, básica, de detalle e ingeniería de reversa; b) desarrollo de productos, diseño de procesos, diseño de equipos e instalaciones industriales.
	V ₃	Formación y capacitación en temas del desarrollo sustentable	Proveer conocimientos que permitan al ingeniero la consideración efectiva de la sustentabilidad en su actividad. Tanto para los cursantes de la carrera formal como para personal que se desenvuelve en el ámbito productivo y de servicios.
	V ₄	Formación en la frontera tecnológica	Incorporar en el currículo las tecnologías convergentes y 4i con enfoque transdisciplinario.
	V ₅	Perfil de formación transdisciplinario	Nuevas formas de transmisión de conocimientos que aborden los sistemas de forma integral y transdisciplinaria, con pensamiento crítico y trabajo en equipo en el marco de la sustentabilidad.
Producción, tecnología e Investigación	V ₆	Asistencia técnica	Para dominio de la tecnología, abordaje de problemas de obsolescencia tecnológica; implantación de sistemas de calidad y control de procesos.
	V ₇	Servicios ambientales	Para participar en evaluación de impacto ambiental, desarrollo de medidas para reducir impacto ambiental, contaminación de suelos y fuentes de agua, gestión urbana de residuos sólidos.
	V ₈	I+D+i en tecnologías maduras	Diseño de equipos; adecuación de materia prima; diseño de procesos (banco, escalamiento industrial, etétera)
	V ₉	I+D+i en control y automatización de procesos	Adaptación y diseño y de equipos y de software para control y automatización.
	V ₁₀	I+D+i en tecnologías convergentes y disruptivas	Presentan diferencias ostensibles con las existentes, alta capacidad de imbricarse e incidir disruptivamente en diferentes áreas del conocimiento, la producción y los servicios
	V ₁₁	I+D+i en desarrollo sustentable	Desarrollo y adaptación de tecnologías limpias y energías renovables. Impacto del cambio climático (atenuación y adaptación). Gestión ambiental urbana.
	V ₁₂	Problemas en la industria y los servicios	Ameritan atención importante para la búsqueda de soluciones mediante la asistencia técnica y/o la I+D+i (destacan la obsolescencia tecnológica, acceso a materia prima, dificultades de inversión y acceso a la tecnología).

	V ₁₃	Vigilancia tecnológica	Monitoreo de las grandes transformaciones tecnológicas y los desafíos socio-ambientales globales (tecnologías disruptivas y 4i, cambio climático)
Políticas y estrategias	V ₁₄	Gestión del talento humano	Recuperación y capacitación de la planta profesoral y técnica (preservación del personal existente, interacción con profesores emigrados, captación de generación de relevo).
	V ₁₅	Gestión de conocimiento	Generación, transmisión (en la formación) y transferencia (de resultados a la sociedad) del conocimiento.
	V ₁₆	Gestión universitaria eficiente y flexible	Que haga posible la sustentabilidad de la universidad dinamizando el financiamiento de actividades de investigación y desarrollo tecnológico, equipamiento de laboratorios y centros de investigación, formación de pre y postgrado) y creando las condiciones adecuadas para la vinculación de las IES con la sociedad.
	V ₁₇	LOCTI 2005	Modalidades de financiamiento de actividades de I+D+i y la vinculación de las IES con la industria y los servicios.
	V ₁₈	Sistema de regulación y normas técnicas	Adecuación de las actividades universitarias a las normas y participación en su elaboración e implementación en la sociedad.
	V ₁₉	Programas de recuperación de la industria y los servicios	Incorporación de la universidad en programas de reactivación de los sectores industriales y los servicios de acuerdo a sus capacidades.
	Vinculación universidad — industria y servicios	V ₂₀	Gestión de la vinculación
V ₂₁		Pasantías industriales	Intensificación de la actividad mediante el desarrollo de nuevas modalidades en los niveles de pregrado y postgrado.
V ₂₂		Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación	Papel de los diferentes actores (egresados, gremios, industria, etc.) en la discusión y conformación de los planes de formación y capacitación.

El análisis estructural (TAE)

El análisis estructural es una herramienta de reflexión colectiva diseñada para vincular ideas. Permite describir un sistema con el apoyo de una matriz que interconecta todos sus componentes

constitutivos. El método permite estudiar estas relaciones e identificar las variables esenciales para comprender la evolución futura del sistema objeto de estudio (Godet, 1993).

El análisis estructural comprende tres etapas: inventario de las variables; descripción de las relaciones de las variables; e identificación de las variables esenciales. La primera fase consiste en identificar el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y que fue el resultado de los talleres de expertos referidos anteriormente.

La segunda fase, relativa a la descripción de las relaciones entre las variables, consiste en vincular las variables previamente identificadas en una tabla de doble entrada, la matriz de análisis estructural. Esto se realiza en talleres con grupos de expertos que deben caracterizarse por ser lo más multidisciplinario e interinstitucional posible⁴³. Se deben generar discusiones abiertas cuyo objetivo sea establecer las influencias y dependencias entre las variables llegando, deseablemente, a un consenso. Los autores reconocen que pueden cometerse errores, pero justamente al ser un método colectivo y participativo reduce significativamente los riesgos de incoherencia y, sobre todo, ofrece una oportunidad invaluable de desarrollar una experiencia colectiva y construir un conocimiento común con perspectivas no visualizadas anteriormente (Arcade y otros, 2004).

El llenado de la matriz fue el objetivo del taller de análisis estructural, el cual se llevó a cabo en cuatro sesiones de trabajo. Las dos primeras se realizaron de manera presencial en la sede de CAVIDEA, el 11 de diciembre de 2019 y el 30 de enero de 2020, respectivamente; mientras que las dos últimas se hicieron de forma virtual el 18 y el 27 de marzo de 2020, respectivamente.

Una vez completada la matriz de impactos cruzados se pasa a la tercera y última fase del análisis estructural que consiste en identificar las variables clave mediante la aplicación del método MICMC, el cual permite identificar las variables más motrices (M) y más dependientes (D) (variables claves) y construir una tipología de las variables en términos de sus interrelaciones (Arcade y otros, 2004).

El desarrollo de esta fase se llevó a cabo entre los meses de junio y julio de 2020, a través de cinco reuniones de trabajo virtuales⁴⁴ en las que participaron todos los integrantes del equipo de investigación. Posteriormente, partiendo de los resultados del análisis estructural, se realizaron una serie de reuniones de trabajo⁴⁵ dirigidas a esbozar un conjunto de políticas y estrategias a tres niveles de decisión: del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, de las

⁴³ Es deseable que este grupo sea de tamaño medio, que no sea superior a 12 personas. Si es superior a esta cifra, la dinámica se puede tornar difícil y pesada lo que puede influir en la calidad del trabajo, e incluso, de los resultados (Arcade y otros, 2004).

⁴⁴ Dichas reuniones de trabajo tuvieron lugar los días 13, 18 y 26 de junio 2020 y los días 3 y 17 de julio 2020.

⁴⁵ Las sesiones de trabajo se realizaron los días 3, 6, 12, 17, 20 y 28 de agosto 2020 y concluyeron el 7 de septiembre 2020.

instituciones de educación superior en su conjunto y el de las instancias de ingeniería de las IES. Los resultados de este ejercicio, junto con los del análisis estructural y la identificación de las variables clave de las instancias de ingeniería de las IES son el objeto del capítulo siguiente.

Capítulo 4

Variables clave y enunciados de política y estrategias institucionales para la recuperación y transformación de las ingenierías

El análisis estructural

Se presentan los resultados del Análisis Estructural. En primer lugar, se exponen brevemente los fundamentos de esta metodología con la finalidad de que el lector tenga una idea acerca de su utilidad para describir un sistema, en este caso las ingenierías en la educación superior en Venezuela⁴⁶, e identificar las variables clave de su funcionamiento que incluyen: i- elementos del entorno (el ámbito más general que considera los diferentes componentes del Sistema Nacional de Ciencia, tecnología e Innovación (SNCTI)); ii- contexto específico (las instituciones de educación superior, en especial su estructuras de gobierno y administración centrales); iii- sistema interno (las instancias de ingeniería).

Seguidamente se exponen los resultados, a partir de los cuales se presentarán un conjunto de enunciados de políticas y estrategias institucionales que deberían discutirse, formularse e implementarse en las IES para avanzar en su recuperación y transformación.

Algunos datos sobre el Análisis Estructural

El análisis estructural, fundamentado en un enfoque sistémico, es un método bastante usado para estimar escenarios y, con base a ello, tomar decisiones. Se basa en el análisis de las relaciones influencia-dependencia de una serie de variables previamente identificadas y conceptualizadas en una matriz con el propósito identificar aquellas que sean esenciales para el funcionamiento de un sistema (Arcade y otros, 2004). El ejercicio, consiste en que un grupo de trabajo, altamente conocedor del tema, y preferiblemente desde varias perspectivas, vaya analizando la influencia directa que tiene cada variable sobre las demás de manera independiente, tomadas por pares (V1-V2), (V1-V3)... (V1-VN) de modo unidireccional, sin observar la influencia que pudiera ejercer una tercera variable (Figura7).

Se le asigna a cada relación un valor discreto. La sumatoria sobre las filas permite identificar el grado de influencia de la variable (M) sobre el resto y, por ende, sobre el sistema. La sumatoria sobre las columnas arrojará el grado de dependencia.

⁴⁶ Concebido como las ingenierías en las instituciones de educación y centros de investigación, considerando tanto sus componentes internos como externos. Cfr, supra, Introducción

	v1	v2	v3	v4	v5	<u>vn</u>	Motricidad
v1									
v2									
v3									
v4									
v5									
.....									
.....									
<u>vn</u>									
Dependencia									

Figura 7. Matriz de Análisis Estructural

Un elemento a tomar en cuenta es que una variable puede tener influencia sobre determinado número de variables que, a su vez, inciden sobre otra cantidad importante. En el caso de variables de poder, si bien su influencia directa sobre otra variable puede ser débil, pueden a través de esta aumentar su influencia considerablemente sobre el funcionamiento del sistema. Para estimar esto, además evaluar las relaciones directas, se deben analizar las relaciones que permiten la propagación indirecta de la influencia de la variable. Esto se obtiene al normalizar la matriz de análisis estructural elevándola a una potencia de valores sucesivos (de 1, 2... hasta n), estimándose así las influencias directas e indirectas. Esto se puede realizar automáticamente mediante el uso del programa MICMAC desarrollado por el grupo de Michel Godet (Arcade y otros, 2004).

El gráfico de resultados del Análisis Estructural (plano de influencia – dependencia)

Las variables se proyectan sobre un gráfico (plano de influencia – dependencia). La ubicación de estas dependerá del grado de influencia, desplazamiento desde el origen en la ordenada (Y), y del valor de dependencia, desplazamiento desde el origen en la abscisa (X). De esta manera, se visualizan mejor los resultados. La ubicación en el plano definirá la cualidad de la variable (Figura8).

Variables de influencia

Se ubican en la parte superior izquierda del plano. También denominadas de poder o de entrada del sistema. Son muy influyentes y poco dependientes por lo que el sistema depende, en gran medida, del comportamiento de estas. Se puede incidir favorablemente sobre la evolución dependiendo de cuánto se puedan controlar como un factor de inercia o de movimiento. Pero una limitación es que muchas veces resultan ser variables del entorno que condicionan

fuertemente el sistema, pero no pueden ser controladas por este. En consecuencia, suelen actuar más bien como un factor de inercia al que hay que prestar gran atención (Figura8) (Arcade y otros, 2004).

Variables Relé o de Conflicto

Ubicadas en el cuadro superior derecho del gráfico son, al mismo tiempo, bastante influyentes y muy dependientes por lo que suelen resultar factores de inestabilidad del sistema. Cualquier acción sobre ellas tiene consecuencias sobre las otras variables. En el caso que se controlen ciertas condiciones sobre otras variables influyentes, pueden favorecer la evolución del sistema. Pero si no son bien controladas, pueden constituirse en obstáculos. Dentro de estas, se establece una distinción: i- variables de riesgo, situadas a lo largo de la bisectriz, inestables, que pueden introducir discontinuidades en el sistema. Por lo tanto, se debe ser muy cuidadoso al procurar incidir sobre estas; ii- variables blanco, ubicadas por debajo de la bisectriz, próximas a la abscisa, en consecuencia, más dependientes que influyentes. Se consideran un resultado de la evolución del sistema, por lo que se puede actuar específicamente para que evolucionen en la forma deseada (Arcade y otros, 2004). Como se verá para del sistema bajo estudio, son elementos importantes para la elaboración de políticas y estrategias en los propios espacios institucionales de las ingenierías (Figura8).

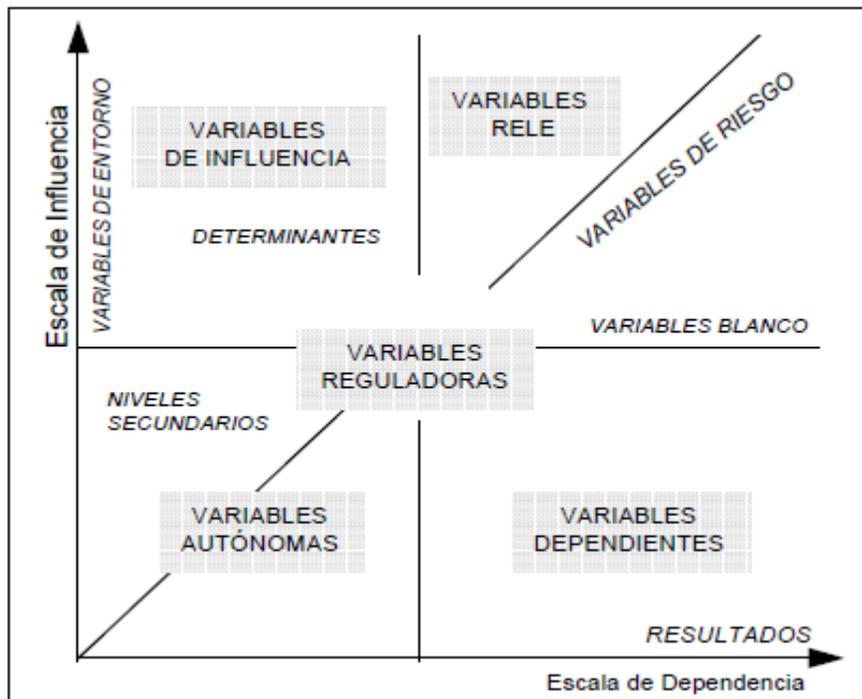


Figura 8. Análisis en función de la distribución de las variables en el plano Dependencia – motricidad

Fuente: Arcade y otros, 2004

Variables dependientes

Ubicadas en el cuadro inferior derecho. Su grado de influencia es bajo y presentan alta dependencia. Así, su comportamiento dependerá sensiblemente de la evolución de las variables influyentes y/o de las variables relé. En ese sentido, incidir deliberadamente sobre ellas, no tiene impactos importantes sobre la evolución del sistema.

Variables autónomas.

Ubicadas en la parte inferior izquierda del plano. Son poco influyentes y poco dependientes. Así, actuar sobre ellas no tiene incidencia significativa en la evolución del sistema. Sin embargo, debe acotarse una excepción: variables que se ubican por encima de la bisectriz, próximas al eje de ordenadas, son bastante autónomas y ejercen alguna influencia (nivel secundario). Pueden servir, si se puede incidir sobre ellas, para aplicar medidas adicionales que contribuyan positivamente a la evolución del sistema.

Variables reguladoras.

Ubicadas en el centro de gravedad del sistema, pueden actuar como variables secundarias, aunque con objetivos más débiles, y como secundarias de riesgo, pudiendo tener alguna incidencia en el funcionamiento de sistemas, en particular si son estables. Por lo tanto, aplicar medidas directas sobre ellas, no ejerce mayor incidencia en la evolución del sistema (Arcade y otros, 2004).

Grado de determinación del sistema

La forma en que se distribuyan las variables en el plano de influencia – dependencia permite inferir el grado de determinación (estabilidad) del sistema. Si las variables se asocian en forma paralela a los ejes (forma de L) el sistema tenderá a ser estable, y su evolución estará marcadamente condicionada por las variables de influencia (Figura9). Si las variables tienden a ubicarse alrededor de la bisectriz, el sistema tenderá a ser indeterminado (inestable), sobre todo, si las variables tienden a concentrarse en el cuadro superior derecho del plano (Arcade y otros, 2004). Al tener estas variables influencia y dependencia muy altas resulta difícil prever su evolución, por lo que hay que prestar particular atención a las variables influyentes, y tener especial cuidado en la implementación de las acciones para incidir en su evolución.

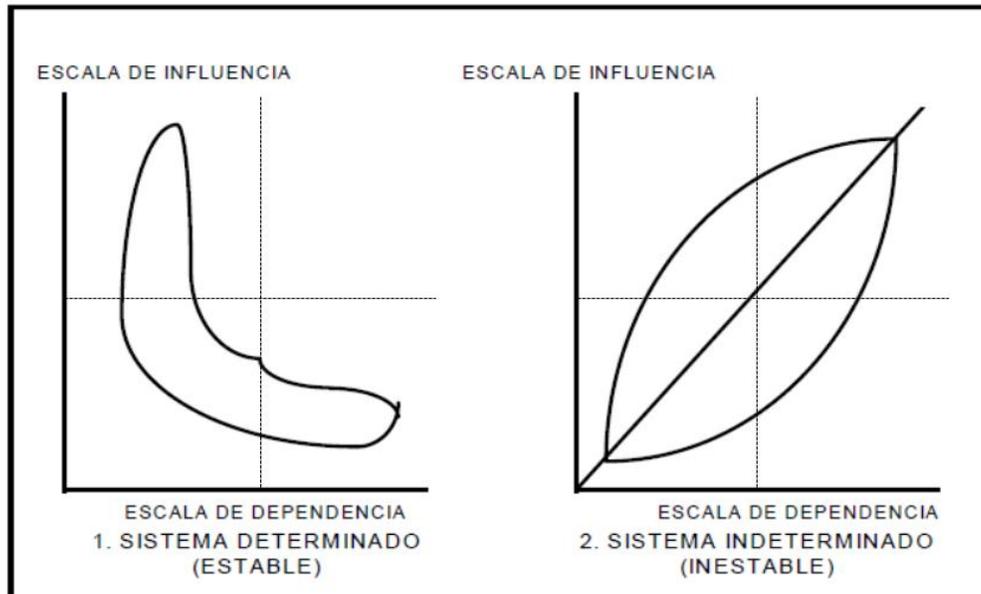


Figura 9. Grado de determinación del sistema

Fuente: Arcade y otros, 2004

Resultados del análisis estructural

Una primera mirada al plano de influencia-dependencia del Análisis Estructural evidencia una distribución en la que las variables se tienden a agrupar en los dos cuadros (superior e inferior) de la derecha, una prevalencia de variables relé y dependientes, y escaso número de variables autónomas (cuadro inferior izquierdo) (Figura10). Esto sugiere un sistema altamente interrelacionado e indeterminado (inestable). En el cuadro superior izquierdo, es posible ubicar dos variables bastante influyentes (Gestión universitaria eficiente y flexible y Gestión del talento humano) cuyo comportamiento es determinante para la evolución del sistema. La inestabilidad, debida al número de variables relé, determina que el impacto de las variables influyentes sobre sus dinámicas será menos predecible, razón por la que hay que prestar atención a las posibilidades de controlar y/o incidir sobre las primeras, y a las acciones específicas a adoptar sobre las segundas, para influir positivamente en evolución del sistema.

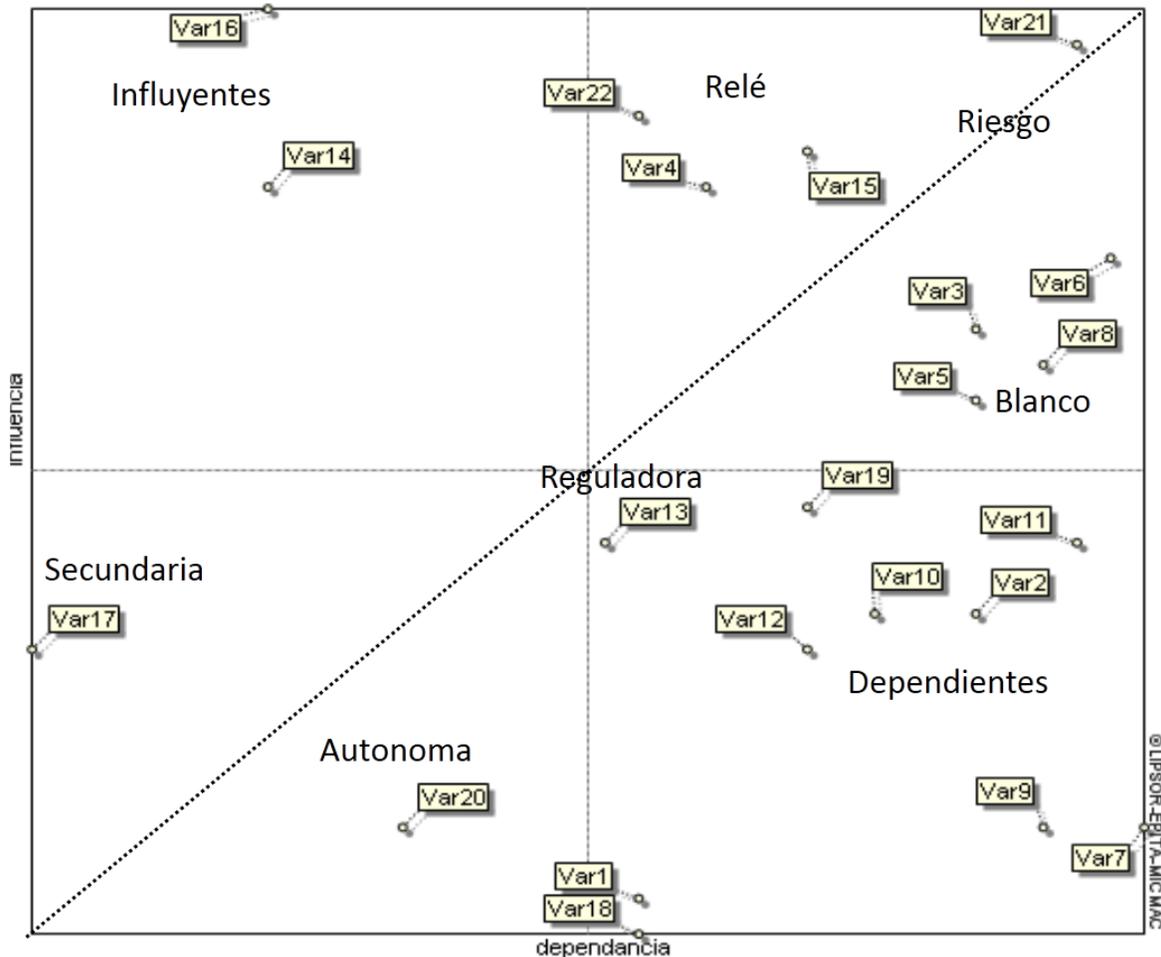


Figura 10. Plano de influencias /dependencias directas (sistema: ingenierías en la educación superior en Venezuela)

El resultado proyectado en el plano influencia–dependencia arroja entonces dos variables influyentes (poder), ocho relés, nueve dependientes, dos autónomas, una de ellas secundaria, y una reguladora (Cuadro 15). El significado de esta distribución para el funcionamiento del sistema, es fundamental para identificar las acciones a tomar para impulsar positivamente su evolución. Se analizan a continuación.

Variables de influencia (poder)

Se señaló que las variables de influencia suelen ser factores del entorno que condicionan fuertemente el sistema, pero sobre las cuales suelen existir pocas posibilidades de incidir o controlar. En el caso del sistema bajo estudio las dos obtenidas (Gestión Universitaria Eficiente y Flexible y Gestión del Talento Humano), se circunscriben más bien al contexto específico (el

ámbito universitario, considerando particularmente los niveles altos de dirección (e.g. gobierno universitario y estructuras generales de administración) (Figura10 y Cuadro 15).

Cuadro 15

Clasificación de las Variables producto de TAE

Tipo	Sub-Tipo	Variable	Nombre de la variable
Influyentes o de poder		Var16	Gestión universitaria eficiente y flexible
		Var14	Gestión del talento humano
Relé o de Conflicto	Riesgo	Var22	Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación
		Var4	Formación en la Frontera Tecnológica
		Var15	Gestión de conocimiento
		Var21	Pasantías industriales
	Blanco	Var3	Formación integral y capacitación en desarrollo sustentable
		Var5	Perfil de formación transdisciplinario
		Var6	Asistencia técnica
		Var8	I+D+i en tecnologías maduras
Dependientes		Var1	Formación y capacitación para uso y operación
		Var2	Formación en ingeniería y diseño e I+D
		Var7	Servicios ambientales
		Var9	I+D+i en control y automatización de procesos
		Var10	I+D+i en tecnologías convergentes y disruptivas
		Var11	I+D+i en desarrollo sustentable
		Var12	Problemas en la industria y los servicios
		Var18	Participación en el sistema de regulación y normas técnicas
		Var19	Programas de recuperación de la industria y los servicios
Autónomas o excluidas	Secundaria	Var17	LOCTI
	Autónoma	Var20	Gestión de la vinculación
Reguladora		Var13	Vigilancia tecnológica (tecnologías disruptivas y 4i, cambio climático)

Este resultado tiene implicaciones muy importantes pues, aun reconociendo que la gravedad de la situación de las IES requiere de buena cantidad de recursos y apoyos externos para la recuperación, las acciones en términos de políticas y estrategias para avanzar en esta dirección recaen fundamentalmente en las propias instituciones, planteando, como bien lo estipula la conceptualización de la variable 16 (la más influyente), la necesidad de una profunda

transformación de muchas estructuras de dirección y gestión de la universidad venezolana, algo que es un clamor de diversas comunidades académicas, y amplios actores de la sociedad (Cuadro 16)⁴⁷.

Cuadro 16
Variables de poder del sistema de las ingenierías en las IES

Nro	Variable	Definición
V16	Gestión universitaria flexible y eficiente	Organización que posibilite la sostenibilidad de la universidad dinamizando el financiamiento de la investigación y el desarrollo tecnológico, el mantenimiento de la infraestructura y dotación de equipos para la óptima formación de pre y postgrado, y cree las condiciones adecuadas para la vinculación con la sociedad.
V14	Gestión del talento humano	Recuperación de la planta profesoral y técnica (preservación del personal existente, interacción con profesores emigrados, captación de generación de relevo).

Es evidente que las universidades nacionales han carecido de una gestión eficiente del talento humano. Más allá de las devastadoras consecuencias que ha tenido la desintegración del salario y el deterioro de las condiciones laborales, antes que esto ocurriera ya se observaban problemas importantes relacionados, por ejemplo, con el envejecimiento del cuerpo docente, la renovación de la planta profesoral y la rigidez de las reglas de la carrera académica, en particular de los mecanismos de ascenso que, en el caso de las ingenierías, han imposibilitado interacciones útiles con los ámbitos industrial y de servicios.

Para afrontar estos problemas, muy relacionados con V16, se requerirá formular políticas que estimen de forma precisa, áreas prioritarias, mecanismos de estímulo al personal (tanto al existente como a la generación de relevo) que permitan interactuar con diversos ámbitos de la sociedad, propiciando espacios colaborativos que promuevan soluciones y generen recursos que permitan el fortalecimiento institucional. Se ha insistido que, para la recuperación, la cooperación internacional será muy importante. En ese sentido, contar instrumentos precisos de política, puede constituir un aval para la negociación de apoyo internacional. Organismos de cooperación, recomiendan impulsar acuerdos entre el sector privado y universidades para recuperar capacidades tecnológicas y de investigación⁴⁸. Adicionalmente, el personal que emigró en los últimos años, podría hacer contribuciones importantes en esta dirección.

⁴⁷ Cfr. *Supra* Introducción

⁴⁸ https://www.gdn.int/sites/default/files/u115/Venezuela%20Policy%20Brief%20_Spanish.pdf

Variables Relé o de Conflicto

El alto número de variables en esta categoría dice de la complejidad del sistema. La distribución muestra: i- cuatro variables de riesgo, situadas por encima de la bisectriz o sobre esta. ii- cuatro variables blanco, ubicadas por debajo de la bisectriz, próximas a la abscisa.

Riesgo

Dos variables están próximas al eje de ordenadas que divide el plano (Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación (V16), y Formación en la frontera tecnológica (V4)), presentando muy alta influencia y relativamente alta dependencia, por lo que son importantes para la evolución del sistema, y la actuación sobre ellas puede favorecer su evolución. Las otras dos se ubican sobre la bisectriz bastante alejadas del origen (Gestión del Conocimiento (V15) y pasantías industriales (V21)) (Figura10), por lo que presentan muy alta influencia y dependencia, en consecuencia, muy inestables (Figura9). Son clave para la evolución del sistema. Pero, como se indicó, tratar de incidir directamente sobre ellas, debe hacerse con precaución, siendo mejor hacerlo a través de las variables de poder, a objeto de minimizar la inestabilidad que afecte el comportamiento del sistema.

Es sugerente la señalización de los cambios de estos resultados. Se indicó que las instituciones de ingeniería exitosas globalmente promueven un aprendizaje basado en el trabajo y la participación en proyectos extramuros relevantes para la sociedad, por lo que la interacción con actores externos es crucial para explicitar requerimientos y contribuir a direccionar la formación, algo muy necesario para el país en la actualidad⁴⁹. La ubicación de V22 (participación de diferentes actores en la formación y la capacitación) (Figura10) destaca la claridad que tienen los actores locales sobre lo imperativo de esta transformación, importante por las implicaciones que tiene sobre muchas otras variables, pero puntualizando que las posibilidades de incorporar estos actores están determinadas por el comportamiento de V16.

Si bien es imperativo afrontar la crisis, emerge paralelamente la necesidad de abordar las disrupciones tecnológicas que transforman la producción y el consumo, y revolucionan la ingeniería. La práctica profesional requerirá del manejo de muchos de estos conocimientos y habilidades que, a su vez, pueden coadyuvar a la superación de la crisis. De allí la necesidad de incorporar en el currículo las tecnologías convergentes y los fundamentos de la 4i (V4) muchas de ellas herramientas transversales de la práctica emergente de la disciplina⁵⁰.

Las dos variables más inestables, por lo tanto, más difíciles de controlar (V15 y V21) son clave en la transformación del sistema. La gestión del conocimiento (V15), tema harto complejo, en una

⁴⁹ Cfr, supra capítulo 1

⁵⁰ Cfr. capítulo 1

situación tan precaria como la que confronta la universidad venezolana comporta importantes desafíos no exentos de responsabilidades (Cuadro 17). Las grandes transformaciones y avances que se experimentan en todas las áreas de conocimiento plantea importantes retos epistemológicos en medio de grandes incertidumbres. Estos pueden ser mejor afrontados mediante enfoques transdisciplinarios en ámbitos tan disímiles como el personal, social, ambiental y económico, y deberán estar fundamentados en rigurosas valoraciones éticas (Tobón y Núñez Rojas 2006). Pero, sin duda, está condicionada por la recuperación y renovación de la planta de docencia e investigación (V14).

La segunda (pasantías industriales (V21)) evidencia ser una actividad mucho más concreta, pero, en importante medida, es reflejo de la necesidad de adoptar nuevas formas de gestión del conocimiento. Como lo explicita la definición (Cuadro 17), se requieren de nuevas maneras de interactuar con la industria, de enfocar problemas y temas de investigación y desarrollo, nuevas prácticas integradas a la formación. Las posibilidades de manejar adecuadamente estas dos variables, están supeditadas a dinámicas mucho más flexibles y eficientes de la gestión universitaria (V16).

Cuadro 17
Variables Relé

Riesgo		
	Variable	Definición
V22	Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación	Incorporación de egresados, gremios, industria, etc. en la discusión y la elaboración de los planes de formación y capacitación.
V ₄	Formación en la frontera tecnológica	Incorporar en el currículo las tecnologías convergentes y la 4i.
V15	Gestión de conocimiento	Generación, transmisión (en la formación y la capacitación) y transferencia (de resultados a la sociedad) de los conocimientos
V21	Pasantías industriales	Diversificación de la actividad mediante el desarrollo de nuevas modalidades en los niveles de pregrado y postgrado.
Blanco		
	Variable	Definición
V3	Formación y capacitación en temas del desarrollo sustentable	Proveer conocimientos que permitan al ingeniero la consideración efectiva de la sustentabilidad en su actividad. Tanto para los cursantes de la carrera formal como para personal que se desenvuelve en la industria y los servicios.
V5	Perfil transdisciplinario	Capacidades y competencias que permitan abordar los sistemas de forma integral y transdisciplinaria, con pensamiento crítico y trabajo en equipo en el marco de la sustentabilidad.
V6	Asistencia técnica	Para dominio de la tecnología de procesos y equipos, abordaje de problemas de obsolescencia tecnológica; implantación de sistemas de calidad y control de procesos
V8	I+D+i en tecnologías maduras	Diseño de equipos; diseño de procesos (banco, escalamiento industrial, etc.), adecuación de materia prima, procesos energéticos.

Blanco

Se destacó que estas variables son más dependientes que influyentes, considerándose resultados de la evolución del sistema. Por esta razón, se puede actuar directamente sobre ellas para modificar su comportamiento, lo que puede ser de gran utilidad en el nivel de las estrategias institucionales y redundar en el mejoramiento del funcionamiento del sistema.

Como puede observarse en las definiciones, muchas de los aspectos contemplados se pueden incorporar progresivamente en las actuales dinámicas institucionales. Por ejemplo, en la formación, en algunas materias de los planes de estudios vigentes se pueden introducir temas de sustentabilidad. Incluso, en algunas instituciones, existe experiencia para capacitar en estos temas (Ferrara y otros, 2001), lo que, de hecho, ya viene ocurriendo. Igualmente, se puede adelantar la discusión de la transformación de los planes de estudios y contenidos para incorporar perspectivas transdisciplinarias. El enfoque de formación por competencias que promueven algunas instituciones (e.g. Facultad de Ingeniería de la UCV), y el enfoque matricial con participación de varias áreas disciplinarias en la formación del ingeniero (e.g. UNIMET), constituyen experiencias para avanzar en esta dirección.

Las otras dos variables (Asistencia técnica (V6) e I+D+i en tecnologías maduras (V8)), evidencian la importancia de recuperar e impulsar actividades que se vienen realizando, aunque hayan disminuido considerablemente. Tienen mucho sentido para la coyuntura de crisis que, entre sus prioridades, coloca énfasis en la recuperación de la industria y los servicios. Son acciones que, además, se pueden entrelazar y reforzar mutuamente. En el análisis por áreas de conocimiento⁵¹, se observó que, a pesar del deterioro de la infraestructura de investigación de las IES, algunos profesores se están vinculando a la industria ofreciendo asistencia técnica, fundamentalmente con sus conocimientos (*know how*). Los problemas identificados, y sus soluciones, pueden plantear agendas de I+D concretas para las IES que reactiven estos espacios, algo en lo que se ha insistido en este proyecto.

Variables dependientes

Están presentes dos variables de formación (formación y capacitación para uso y operación (V1) y formación en ingeniería y diseño e I+D y (V2)). Constituyen un claro ejemplo de variables cuyo comportamiento tiene alta dependencia respecto a la evolución de variables influyentes del sistema. Si bien en cuanto a los tópicos que consideran son muy importantes, estarán supeditadas justamente a las demandas y requerimientos externos, una alta influencia de V22, y del fortalecimiento y la adaptación del talento humano a dichos requerimientos (V14).

Se ubican, también, un importante grupo de actividades de I+D y servicios “no usuales” vinculados

⁵¹ Correspondientes a la segunda fase de este estudio, en elaboración.

a las nuevas demandas (sustentabilidad y disrupciones tecnológicas), sugiriendo que estas se irán incorporando en la medida que se registren avances en las variables de influencia del sistema. Es evidente que las posibilidades de avanzar en estas dependerán, en primer lugar, de la recuperación y el fortalecimiento del talento humano, pero también deberán contar con una capacidad de gestión eficiente y flexible (V16), que permita una renovada y efectiva gestión del conocimiento (V14).

Finalmente, se consiguen tres variables que se ubican en el ámbito del entorno (V12, V18 y V19). Si bien no dependen directamente de la gestión de las IES, la participación de estas (V12 y V19) o su adecuación (V19), dependerán de la evolución misma del sistema. Hay que recordar que tratar de incidir sobre estas variables directamente parece no tener influencia en la evolución del sistema.

Cuadro 18
Variables dependientes

V_i	Variable	Definición
V ₁	Formación y capacitación para uso y operación	Proveer conocimientos y herramientas para realizar actividades de rutina, mantenimiento, resolución de problemas, gestión de la operación, mejora continua, aseguramiento de la calidad, normas técnicas. Tanto para cursantes de la carrera formal como para personal que se desenvuelve en el ámbito productivo y de servicios.
V ₂	Formación en ingeniería y diseño e I+D	Proveer conocimientos para involucrarse en: ingeniería conceptual, básica, de detalle e ingeniería de reversa; desarrollo de productos, diseño de procesos, diseño de equipos e instalaciones industriales.
V ₇	Servicios ambientales	Evaluación de impacto ambiental, desarrollo de medidas para reducir impacto ambiental, contaminación de suelos y fuentes de agua, gestión urbana de residuos sólidos.
V ₉	I+D+i en control y automatización de procesos	Diseño y adaptación de equipos y de software para control y automatización.
V ₁₀	I+D+i en tecnologías convergentes	Presentan diferencias ostensibles con las existentes, alta capacidad de imbricarse e incidir disruptivamente en diferentes áreas del conocimiento, la producción y los servicios
V ₁₁	I+D+i en desarrollo sustentable	Desarrollo y adaptación de tecnologías limpias y energías renovables. Impacto del cambio climático (atenuación y adaptación), Gestión ambiental urbana.
V ₁₂	Problemas en la industria y los servicios	Problemas que enfrentan la industria y los servicios que afectan su desempeño, entre los que destacan la obsolescencia tecnológica, acceso a materia prima, dificultades de inversión y acceso a la tecnología.
V ₁₈	Sistema de regulación y normas técnicas	Adecuación de las actividades universitarias a las normas y participación en su elaboración e implementación en la sociedad.
V ₁₉	Programas de recuperación de la industria y los servicios	Incorporación de la universidad en programas de reactivación de los sectores industriales y los servicios de acuerdo a sus capacidades.

Variables autónomas

Dos variables se clasifican como autónomas (independientes del funcionamiento del sistema): gestión de la vinculación (V20) y LOCTI (V17). Esta última, presenta media influencia, y prácticamente ninguna dependencia, cayendo en la categoría de secundaria.

En el caso de V20 hay experiencias externas que han procurado manejar la vinculación, pero están limitadas por las posibilidades de incidir sobre los actores de la oferta y la demanda. Está, por ejemplo el caso de la Fundación Educación – Industria (FUNDEI) que durante muchos años ha impulsado las pasantías, pero supeditada al programa de la institución educativa. En I+D+i, está la experiencia del Centro Nacional de Tecnología Química que, en sus inicios, procuró impulsar vínculos identificando necesidades de la industria y capacidades de las IES para responder a estas mediante proyectos conjuntos.

V17 presenta media influencia y ninguna dependencia, siendo claramente secundaria. Este resultado es importante, pues siendo una variable de entorno, la aplicación de medidas adicionales puede ser útil para la evolución del sistema como lo estipula la metodología. Está hartamente demostrado, como la versión original de la LOCTI de 2005, a pesar de diversas fallas y el poco tiempo de implementación, contribuyó a fortalecer capacidades tanto de investigación en las IES como tecnológicas en las empresas.

Cuadro 19
Variables autónomas (secundaria)

V20	Gestión de la vinculación	Divulgación de los servicios y capacidades de I+D+i de la universidad y desarrollo de mecanismos para impulsar vínculos e intercambios.
Secundaria		
V17	LOCTI	Instrumento de financiamiento (aporte y/o inversión) de actividades de I+D+i, y de vinculación de las IES con la industria y los servicios.

Variable reguladoras.

Finalmente, la clasificación arrojó una variable reguladora (Vigilancia tecnológica (V13)), ubicada en el centro del plano (Figura10). Como se indicó, estas pueden actuar como variables secundarias, con objetivos más débiles, y como secundarias de riesgo. En este caso, pudiera incidirse sobre ella, mediante acciones que puedan ser útiles para potenciar el impacto de algunas variables influyentes. Por ejemplo, V14, V4 y V15.

Cuadro 20
Variable reguladora

V _i	Variable	Definición
V ₁₃	Vigilancia tecnológica	Monitoreo de tecnologías clave para la recuperación de la industria y los servicios, las grandes transformaciones tecnológicas y los desafíos socio-ambientales globales.

Los resultados del análisis estructural, dan una visión bastante completa del sistema de las ingenierías en la educación superior. Ha permitido identificar las variables que, desde los diferentes ámbitos (entorno, contexto específico y componente interno) son las más influyentes en su evolución. Como se evidenció, la mayoría de estas se ubican en los dos últimos, lo que significa que puede influirse sobre ellas desde las propias instituciones de educación superior, colocando extraordinarios desafíos y oportunidades para avanzar en la recuperación y en la transformación de las ingenierías.

Enunciados de políticas y estrategias institucionales

Se presentan un conjunto de enunciados de políticas y estrategias que competen a instancias de diferentes niveles de decisión, factor que determina las posibilidades de participar en su formulación e implementación:

1. Políticas tecnológicas y científicas generales. Asociadas al entorno, siendo competencia principal de las instituciones rectoras del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación).
2. Políticas institucionales. Asociadas al contexto específico, competencia de las Instituciones de educación superior (IES).
3. Estrategias institucionales. Asociadas al componente interno, competencia de las instancias de ingeniería de las IES.

Por las posibilidades de incidir desde las propias instancias de ingeniería, y de las IES, se coloca el énfasis en los dos últimos tipos de política. Debe recordarse que todo el proceso (desde la identificación y selección de variables a la realización del Análisis Estructural, contó con participación de miembros de diferentes universidades y actores de la industria y los servicios, por lo que los resultados son una descripción bien aproximada de la realidad del sistema. No obstante, en las diferentes instituciones puede haber matices o diferencias que determinen que una variable adquiera importancia o influencia más que en otra. Por esta razón, no se ha descartado sugerir algunas acciones sobre las variables blanco, secundaria y reguladora, quedando de parte de cada institución hacer las valoraciones correspondientes.

Variables determinantes o influyentes

Se insiste en la importancia que tiene la estructura de gestión de la universidad para diseñar las políticas y soportar las estrategias institucionales que conlleven a la recuperación y transformación de las ingenierías. Si estas mantienen un carácter altamente conservador, rigidez y poca disposición a los cambios, harán inefectivos muchos de los esfuerzos que se hagan desde el sistema interno de las ingenierías.

Gestión universitaria eficiente y flexible (V16)

Las políticas a formular para esta variable, fundamental para la evolución del sistema, son competencia principalmente de las instancias de alto gobierno universitario y administrativas centrales. Se propone, en primer lugar, implementar un sistema de gestión universitaria eficiente, flexible y transparente, que proponga e implemente acciones conducentes a una transformación tanto académica como administrativa. Esto conlleva a una revisión de los fines y funciones de las IES, para renovar su contrato social a objeto de responder a las ingentes demandas que impone la crisis nacional, las profundas transformaciones tecnológico-científicas y la crisis socioambiental.

En lo académico, en lo inmediato, es prioritario:

- Adecuación de los procesos de aprobación de programas de formación (actualización y nuevas propuestas) para responder ágil y eficientemente a las demandas de la sociedad.
- Redefinición de la carrera académica para establecer otros mecanismos de ascenso que reconozcan otras formas de generación de conocimientos y des-individualicen los criterios para incluir mecanismos de vinculación intra e inter institucional (Cuadro 21).

Es imperativa una renovación de la gestión del conocimiento, de su concepción y estructura, aspecto que se aborda en la discusión de las acciones de la variable específica (V15), pero insistiendo que es responsabilidad fundamental del contexto específico (las IES) y parte esencial del esfuerzo para avanzar hacia una gestión integral, más eficiente y flexible.

En lo administrativo, urge revisar las estructuras de gestión a objeto de identificar trabas y cuellos de botella cuya superación permita:

- Diversificación y mayor acceso a financiamiento externo (sector privado e internacional) con sus respectivos controles.
- Establecer normativas y procedimientos precisos (ej. ingresos propios y políticas para captación y/o generación de fondos / *Fundraising* estratégico)

La profesionalización de la gerencia es imperativa para implementar la gestión de la calidad, referidas a normas de laboratorios, laborales, ambientales, etc. (Cuadro 21). La capacitación del personal para responder a nuevas demandas y transformaciones, es imperativa.

Se aconsejan algunas estrategias institucionales (Instancias de ingeniería) con doble propósito: crear instrumentos de intervención, pero, a la vez, presionar por una gestión universitaria que permita darles viabilidad. Se destacan:

- Impulsar espacios colaborativos mediante la conformación de redes inter-facultades (de ingeniería y otras disciplinas) de distintas universidades, para formación conjunta y actividades de investigación y desarrollo.
- Programas para optimizar el uso de recursos Ejm: uso compartido de infraestructura y equipos de laboratorios (interlaboratorio o interfacultad).
- Impulsar programas tipo egresados embajadores, para procurar alianzas estratégicas, fondos, y la identificación de oportunidades de negocio (transferencia de tecnología).

Se identifican incluso algunas actividades concretas: levantamiento estratégico de fondos; identificación de estructuras activas de conocimiento, actuales y potenciales, que permitan construir sinergias en las diferentes áreas de la ingeniería.

Gestión del talento humano (V14)

En este tema neurálgico se sugieren acciones para los tres ámbitos: entorno (SNCTI), contexto específico (IES) y sistema interno (Instancias de ingeniería). Pero se destaca que recaen fundamentalmente en el contexto específico, con contribución del sistema interno, presionando por eficiencia y flexibilidad de la estructura universitaria (Cuadro 21).

En el primer ámbito, las IES deben ejercer presión pública para que se garantice una remuneración acorde con lo establecido en la Constitución Nacional y, también, por el restablecimiento de los programas de estímulo que contribuyan a recuperar la investigación, pero, adicionalmente, a esfuerzos colaborativos para impulsar el desarrollo tecnológico. A esto último, se pueden agregar estímulos (directos o indirectos) a las empresas para desarrollar proyectos conjuntos con las IES (Cuadro 21).

Para el contexto específico, es prioritario el establecimiento de una política institucional para la recuperación y mantenimiento de la planta profesoral y técnica que considere, entre otros:

- Restablecimiento de programas propios de estímulo a la investigación y la docencia en todos los niveles y modalidades
- Recuperación de la seguridad social.

Deben instrumentarse programas para garantizar la generación de relevo que incluyan:

- Planes de formación de cuarto y quinto nivel que identifiquen programas de excelencia y posibilidades de becas
- Pasantías en centros de alto nivel.

- Programa de contacto con investigadores venezolanos en el exterior

En este sentido, se hace necesaria una revisión de las políticas de convenios con universidades del exterior para el intercambio de docencia e investigación. Por último, se sugiere diseñar un programa de contacto con investigadores venezolanos en el exterior para su cooperación con la docencia y la investigación (Cuadro 21).

En el nivel sistema interno apoyar al personal existente creando estímulos para la realización de actividades de investigación y desarrollo:

- Capacitación y acompañamiento para la formulación y ejecución de proyectos
- Creación de registro de egresados y banco de proyectos
- Promoción y difusión de sus actividades y logros.

Para contribuir a la formación de generación de relevo:

- Sensibilizar a los mejores estudiantes a ingresar en la carrera académica
- Promover ante las autoridades universitarias un programa de becas para los mejores estudiantes de pregrado.

Las instancias de ingeniería deberán jugar un papel importante en el establecimiento de convenios mediante la identificación de mejores opciones de cooperación e intercambio (nacionales e internacionales) para apoyar el desarrollo de los programas de docencia, investigación y extensión. Se deberán coordinar estas acciones con las que adelante el contexto específico para su establecimiento.

Cuadro 21

Políticas y estrategias (Variables determinantes o influyentes)

Variable	Políticas tecnológicas y científicas (SNCTI)	Políticas institucionales (Instituciones de educación Superior)	Estrategias institucionales
Gestión universitaria eficiente y flexible (V16)		<p>Implementar un sistema de gestión universitaria eficiente, transparente y flexible</p> <p>Académico</p> <ul style="list-style-type: none"> •Adecuación de los programas de formación para responder eficientemente a las demandas de la sociedad. •Redefinición de los criterios de la carrera académica y del escalafón docente <p>Administrativo</p> <ul style="list-style-type: none"> •Revisión de las estructuras de gestión, normas, procedimientos •Modernización y Flexibilización de los mecanismos administrativos para diversificar financiamiento •Gestión de la calidad universitaria (referido a normas laboratorios etc,) •Profesionalización de la gestión <p>Política de vinculación con la sociedad que considere diversos mecanismos para poder dar respuestas a amplia variedad de demandas</p> <p>Rediseño de la política de cooperación nacional e internacional</p>	<p>Propiciar la conformación de redes inter-facultades (ingeniería) para ofrecer programas de formación conjuntos y desarrollar proyectos colaborativos.</p> <p>Programas institucionales para optimizar el aprovechamiento de recursos.</p> <p>Programa de egresados embajadores, tanto para el levantamiento de fondos como para la búsqueda de oportunidades de “negocios” en el exterior, tanto para la TT como para el desarrollo de alianzas estratégicas.</p> <p>Formular y mantener actualizado un plan estratégico en línea con el de la Universidad</p> <p>Definición de estrategias para búsqueda de financiamiento.</p>
Gestión del talento humano (V14)	<p>Restablecer Programas de estímulo a la investigación y la Innovación.</p> <p>Remuneración acorde a lo establecido en la CRBV.</p> <p>Mecanismos de estímulos a las empresas para establecer vínculos con la universidad para desarrollo tecnológico.</p>	<p>Política para recuperar y mantener la planta profesoral y técnica</p> <p>Políticas para garantizar las generaciones de relevo</p> <p>Revisión de las políticas de convenios con universidades del exterior en docencia e investigación.</p> <p>Programa de contacto con investigadores venezolanos en el exterior para integrarlos mediante acuerdos colaborativos.</p>	<p>Estímulos al personal existente</p> <p>Contribuir a la formación de la generación de relevo.</p> <p>Promoción de acuerdos de cooperación (nacionales e internacionales) para apoyar el desarrollo de la docencia, investigación y extensión</p>

Variables relé

Riesgo

Las acciones sobre estas variables competen fundamentalmente al contexto específico (IES) y al sistema interno (instancias de ingeniería). Se insiste sobre la importancia que tienen sobre la evolución del sistema, y el cuidado que se debe tener en la intervención, sobre todo en el caso de las variables Gestión del Conocimiento (V15) y Pasantías Industriales V21), por la alta inestabilidad que presentan.

Participación de Diferentes Actores en la Formación y la Capacitación (V22)

El alto grado de influencia y media dependencia de esta variable, determina prestarle especial atención. Se proponen algunas acciones concretas que pueden tener alta incidencia sobre la evolución del sistema, siempre que se cumplan ciertas condiciones en las variables de poder, en especial de V16.

Una única acción institucional puede impulsar transformaciones importantes: el establecimiento de una normativa precisa para que miembros de la industria, los servicios, el Estado y otros ámbitos de la sociedad participen en el diseño e implementación de los programas de formación y capacitación. En función de las demandas, deben posibilitarse cambios en la formación (aprendizaje transdisciplinario, basado en el trabajo y la participación en proyectos útiles para la demanda)⁵², reconociendo que la universidad debe compartir su espacio privilegiado de generación y transmisión de conocimientos.

La normativa, debe dar pie a la implementación de una serie de estrategias institucionales, de las instancias de ingeniería, que permitan operativizar novedosas formas de gestión del conocimiento:

- Incorporación de personal de la industria y los servicios, técnicos del Estado y miembros de las comunidades en la discusión, elaboración y actualización de los planes de estudio
- Colaboración de actores de la industria y los servicios en la formación y la capacitación
- Participación de actores de la industria, los servicios y las comunidades en la capacitación

Desde el punto de vista práctico es necesario realizar actividades que permitan mantener un flujo continuo e intercambio de información entre los diversos actores. Entre ellas destacan las consultas periódicas a “empleadores” en su acepción más amplia.

⁵² Cfr, *supra* capítulo 1

Formación en la frontera tecnológica (Var4)

Resulta muy indicativo que en el grupo de variables de formación (Cuadro 15) sea esta la que tiene mayor influencia sobre la evolución del sistema. Ello en la medida que resulta fundamental para la transformación del perfil del ingeniero para adecuarse a las aceleradas transformaciones tecnológicas. Pero debe señalarse que depende de manera importante de V14. Difícilmente se puedan adelantar acciones institucionales efectivas, si no hay una recuperación de la planta de docencia e investigación de las IES.

En este caso, puede haber una contribución importante del entorno (SNCTI), mediante:

- Explicitación de los requerimientos del Estado para la capacitación de su planta profesional y técnica en tecnologías convergentes.
- Política de formación de personal para Investigación y desarrollo en tecnologías convergentes en centros internacionales de alto nivel

En el contexto específico, las IES deben proponer políticas de fortalecimiento (formación y capacitación) no sólo del personal de docencia e investigación en las diferentes áreas tecnológicas convergentes sino, también, del resto del personal docente, técnico y administrativo para el uso y aplicación de estas tecnologías. Ello en pos de un funcionamiento adecuado a las grandes transformaciones de la educación superior.

En el nivel de las estrategias institucionales (instancias específicas de Ingeniería) se pueden adelantar diversas acciones circunscritas a las citadas políticas del entorno específico:

- Monitorear tendencias y brechas de conocimiento en tecnologías convergentes y 4i
- Revisión y actualización de los contenidos de los pensa (pre y post grado) para incorporar contenidos de punta, en especial de las tecnologías convergentes.
- Formación de competencias para la transformación digital en todas las carreras
- Estimular el desarrollo de líneas de investigación en tecnologías convergentes y 4i.
- Alianzas con empresas para la formación y la dotación de laboratorios (e.g. Intel Labs).

El conocimiento de los avances y disrupciones en el conocimiento tecnológico y científico serán fundamentales para poder formular las políticas y estrategias institucionales, de allí que la vigilancia tecnológica (V13), constituya una herramienta de apoyo fundamental para las acciones de esta variable.

Gestión del conocimiento (V15)

Siendo una variable inestable (alta influencia y dependencia) resulta más apropiado abordarla, principalmente, a través de acciones en el ámbito del contexto específico (IES). Concretamente mediante el desarrollo de una política integral y eficiente que incluya:

- Revisión e impulso de experiencias existentes (e.g Programa de Cooperación institucional – PCI) para estimular nuevas formas de generación, transmisión y aplicación de conocimientos.
- Crear o fortalecer estructuras de manejo de conocimientos e información (e.g. crear oficinas de transferencia de resultados de investigación, vigilancia tecnológica y fortalecimiento de repositorios institucionales).
- Redefinición de la extensión como mecanismo de transmisión e intercambio de conocimientos para posibilitar nuevas agendas de proyecto (Mercado, 2018).
- Fomentar prácticas de Ciencia Abierta, Ciencia Ciudadana, investigación Participativa, etc., para promover la circulación de conocimientos fuera de la IES y generar diálogo de conocimientos.
- Política sobre propiedad intelectual (DPI) que promueva un modelo de circulación abierta del conocimiento científico, en equilibrio con los derechos de propiedad intelectual.

Estrategias institucionales (instancias específicas de Ingeniería)

- Promover grupos y redes de investigación, nacionales e internacionales, que generen y compartan conocimiento que sea aplicable y transferible (e.g. estructuras activas del conocimiento en el caso de la FI-UCV)

Pasantías industriales (V21)

La variable más inestable del sistema, de allí que se sugiera su abordaje apoyándose en acciones de las variables V22 (Participación de Diferentes actores en la formación y la capacitación) y V16 (gestión universitaria eficiente y flexible). De hecho, su definición (diversificación de la actividad mediante el desarrollo de nuevas modalidades en pregrado y postgrado), evidencia claramente que su avance depende de estas.

Políticas institucionales (IES)

Priorizar el rol de las pasantías y prácticas industriales/empresariales en la(s) normativa(s) para que miembros de la industria y los servicios participen en el diseño e implementación de los programas de formación y capacitación (V22).

Estrategias institucionales (instancias específicas de ingeniería)

- Diseñar los programas de pasantías y prácticas industriales conjuntamente con las cámaras de industriales, colegio de ingenieros, FII y FUNDEI, de manera que se ajusten a los requerimientos del sector productivo, servicios y comunidades.
- Fortalecer las instancias de coordinación de pasantías y de servicios comunitarios en las instancias de ingeniería.

Cuadro 22
Variables Relé (riesgo)

Variable	Políticas tecnológicas y científicas (SNCTI)	Políticas institucionales (universidad)	Estrategias institucionales
Participación diferentes actores en la formación y la capacitación (V22)		Establecer normativa para el diseño de programas de formación y capacitación conjuntamente con la industria y otros sectores de la sociedad.	Incorporación de la industria, los servicios y el Estado en la discusión, elaboración y actualización de los planes de estudio Participación activa de la industria, los servicios en la formación. Participación activa de la industria, los servicios y las comunidades en la capacitación
Formación en la Frontera Tecnológica (V14)	Plan de capacitación de técnicos del Estado Política de formación de personal para I+D en centros internacionales de alto nivel	Plan de fortalecimiento de las capacidades de docencia e investigación en las diferentes áreas tecnológicas convergentes Capacitación del resto del personal docente, técnico y administrativo para el uso y aplicación de estas tecnologías	Monitoreo de tendencias tecnológicas y brechas de conocimiento Revisión y actualización de programas de estudio Formación de competencias para la transformación digital Estimular investigación en la frontera del conocimiento Alianzas con empresas para la formación y la dotación
Gestión de conocimiento (V15)		Política que establezca mecanismos de promoción, fijación de normas e impulso a instancias para la gestión del conocimiento	Promover grupos y redes de investigación, nacionales e internacionales, que generen y compartan conocimiento
Pasantías industriales (V21)		Priorizar el rol de las pasantías y prácticas industriales en el diseño conjunto de programas de formación y capacitación	Diseñar programas de pasantías y prácticas industriales conjuntamente miembros de la industria, los servicios y gremios empresariales y académicos Fortalecer las instancias de coordinación de pasantías y servicio comunitario

Variable relé blanco

Al ser resultado de la evolución del sistema, se puede actuar directamente sobre ellas para modificar su comportamiento. En consecuencia, la mayoría de las acciones competen al sistema

interno (las propias instancias de ingeniería)⁵³.

Formación y capacitación en temas del desarrollo sustentable (V3)

Diversas universidades en el ámbito internacional fijan en sus carreras un mínimo de contenidos obligatorios sobre la sustentabilidad⁵⁴. Es necesario, además, proveer conocimientos a personal graduado y trabajadores de las propias instituciones. Las exigencias globales en la materia, y de legislación local, señalizan algunas acciones a adelantar desde el contexto específico:

- Promoción de la inserción de los ODS en la formación, la investigación, la extensión, así como en el funcionamiento general de la propia universidad.
- Fortalecer proyectos existentes (e.g. campus sustentable, Comisión para la investigación de riesgo, etc.) y promover su articulación intra e inter institucional.

Las estrategias institucionales (instancias específicas de ingeniería) son fundamentales para impulsar estos cambios *bottom-up*:

- Incluir la sustentabilidad como un eje transversal y transdisciplinario en los pensa.
- Implementar actividades de formación y sensibilización de los docentes en esta área.
- Incorporar a los miembros de la comunidad universitaria en actividades de solución de problemas del mismo campus a través de pasantías, servicio comunitario y tesis de grado para hacer del campus un LABORATORIO VIVIENTE DE LA SOSTENIBILIDAD.

Perfil transdisciplinario (V5)

Constituye elemento esencial de la formación y la praxis del ingeniero de 2030⁵⁵. En varias universidades nacionales vienen adelantando algunos esfuerzos para adoptar esta perspectiva en la formación y la investigación que se deben potenciar. Para el contexto específico se sugiere:

- Promover espacios de producción de conocimiento que trasciendan límites disciplinarios (e.g. fortaleciendo y transformando iniciativas como el Programa de Cooperación Inter-facultades (PCI) de la UCV.
- Repensar la política de extensión universitaria desde una perspectiva transdisciplinaria que considere la responsabilidad y la inclusión social.

En el nivel de las instancias de ingeniería (estrategias institucionales):

- Avanzar en la formación por competencias (e.g. Experiencia IPI) vinculado a proyectos.
- Promover proyectos de investigación interinstitucionales y transdisciplinarios y

⁵³ Cfr. *Supra* capítulo 1

⁵⁴ Cfr. *Supra* capítulo 1

⁵⁵ Cfr. *Supra* capítulo 1

articularlos con la formación.

- Utilizar la extensión como mecanismo de atención de demandas e intercambio de conocimientos con otros actores de la sociedad para promover la producción de conocimiento transdisciplinario.

Asistencia técnica (V6)

Actividad que, aun en las actuales condiciones, puede generar interacciones importantes con la industria y los servicios en la medida que se fundamenta en los conocimientos de los profesores-investigadores. Se puede potenciar su impacto a través de:

- Adecuación o elaboración de una normativa donde se establezcan incentivos claros para el desarrollo eficiente de estas actividades
- Fortalecer la extensión universitaria incorporando la asistencia técnica

Con este marco institucional se pueden adelantar importantes estrategias institucionales:

- Diseñar una oferta de Servicios de Asistencia Técnica (SAT) a partir de identificación de demandas del entorno (e.g. problemas de la industria y los servicios y soluciones)
- Identificar las brechas de capacidades que se requieren reforzar o crear para responder a las diversas demandas de asistencia técnica
- Vincular las pasantías industriales a la asistencia técnica.

I+D+i en tecnologías maduras (V8)

Se puede incidir directamente sobre esta variable desde las propias instancias de ingeniería. A pesar de experimentar una caída importante, hay experiencia en la actividad, especialmente de investigación aplicada. Pero debe colocarse mayor énfasis en el desarrollo tecnológico, razón por la que debe vincularse a V6 (Asistencia Técnica) a objeto de identificar agendas. Se propone:

- A partir de la identificación e problemas mediante la asistencia técnica (e.g. diagnósticos de condiciones de equipos y plantas, *layout* de procesos) proponer proyectos de I+DT.
- Establecimiento de acuerdos universidad industria para recuperación fortalecimiento y uso compartido de equipos de diseño de procesos⁵⁶.

⁵⁶ En el informe diagnóstico del área de petróleo, gas y química, se muestran algunas experiencias interesantes de cooperación pública – privada que vale la pena revisar y promover.

Cuadro 23
Variables Relé (blanco)

Variable	Política CyT (SNCTI)	Políticas institucionales (universidad)	Estrategias institucionales
Formación integral y capacitación en temas del desarrollo sustentable		Promover la inserción de los ODS en las tres misiones de la universidad Fortalecer proyectos existentes y el marco institucional normativo	Incluir la sustentabilidad en los pensa. Formación y sensibilización de los docentes en esta área. Incorporar a la comunidad en programas para hacer los campus sustentables
Perfil de formación transdisciplinario		Promover espacios de producción de conocimiento transdisciplinario Repensar la política de extensión	Instituir la formación por competencias Promover investigación transdisciplinaria y articularla a la formación. Uso de la extensión para conocer necesidades y promover conocimiento transdisciplinario.
Asistencia técnica		Elaborar o adecuar normativa para establezcan incentivos a la asistencia técnica Vincular la asistencia técnica a la extensión	Diseñar una oferta de Servicios de Asistencia Técnica Identificar brechas de capacidades para responder a las demandas de asistencia técnica Vincular las pasantías industriales a la asistencia técnica.
I+D+i en tecnologías maduras			Proponer proyectos de I+DT a partir de la identificación de problemas mediante la asistencia técnica Acuerdos con la industria para recuperar y compartir equipos para diseño de procesos

Variable autónoma secundaria

LOCTI (V17)

Lo recomendable en este caso, considerando que estas variables pueden ser útiles para la evolución del sistema, desde el contexto específico, y como parte de los desafíos y tareas de una gestión universitaria flexible y eficiente, se presione por una ley que efectivamente promueva la recuperación y el fortalecimiento tanto de las capacidades de la academia como de la industria y los servicios, fundamentada en:

- Esfuerzos colaborativos que promuevan el desarrollo de proyectos conjuntos
- Estímulos para orientar la inversión de las empresas en proyectos que tenga como objetivo el incremento de su capacidad tecnológica (e.g. programas sectoriales, instrumentos de política tecnológica).
- Destinar una fracción de la obligatoriedad de destinar fondos a actividades CTI a aportes a las universidades y centros de investigación (se propone un 20%).

Variable Reguladora

Vigilancia tecnológica (V13)

Como se indicó, esta variable debe impulsarse como acciones de apoyo a la variable V4 (formación en la frontera tecnológica) y de consolidación de nuevos espacios y formas de gestión del conocimiento (V15).

Avanzar en la segunda etapa

Este conjunto de enunciados de políticas y estrategias institucionales es el resultado de la conjunción de un riguroso análisis del Estado del Arte en la formación, la investigación y desarrollo y el ejercicio profesional de las ingenierías a nivel global y de la situación de las ingenierías en el país, a partir de los cuales, mediante un amplio proceso de consultas e intercambio de ideas entre miembros de la academia, la industria y los servicios identificó las variables que determinan el funcionamiento del sistema (las ingenierías en la educación superior, considerando tanto sus componentes internos y externos) y la identificación de aquellas que son clave para incidir positivamente en su evolución.

Como se apuntó en la introducción, la segunda etapa del proyecto, ya en ejecución, considera la realización de diagnósticos por áreas de conocimiento (Agronomía y Agroindustria, Ambiente, infraestructura y servicios, Eléctrica, Electrónica y TICs, Ciencias de la tierra, Ciencias de los materiales y mecánica, y Química, Petróleo y gas). Esos permitirán conocer con más detalle, los problemas específicos que se confrontan en las instancias de ingeniería de las IES en cuanto a capacidades de formación e Investigación y desarrollo, así como la situación de los vínculos con la industria y los servicios. Los resultados, constituyen un insumo valioso para avanzar en la formulación e implementación de las políticas y estrategias institucionales esbozadas en este informe.

Queda de parte de las Instituciones de educación superior, sus organismos de dirección y sus instancias de ingeniería, trabajando de manera colaborativa con la industria, los servicios y organismos técnicos del Estado, la identificación de aquellas que sean más importantes para avanzar en su recuperación y transformación, procediendo a su formulación e implementación.

Referencias

- Adamowski, J (2012). Operationalizing Sustainability Principles in the Engineering Profession. *Natural Resources*, 2012, 3, 180-183
- Arcade, J; Godet M y Meunier; F (2004). *Análisis estructural con el método MICMAC, y estrategia de los actores con el método MACTOR*. Metodología de Investigación de Futuros. Buenos Aires.
- Argote, L. 1999. *Organizational learning: Creating, retaining, and transferring knowledge*. Kluwer. Academic Publishers, Boston, MA
- Argote, L., S.L. Beckman y D. Epple. 1990. The persistence and transfer of learning in industrial settings. *Management Sci.* 36. 140–154.
- Ashford, N (2004). Major Challenges Engineering Education for Sustainable Development: What Has to Change To Make it Creative, Effective, and Disciplines Acceptable to The Established. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 5(3). 239-250.
- Aula Abierta (2020). *Informe preliminar: afectaciones a la educación de calidad en las universidades públicas venezolanas en el marco del COVID-19*. Disponible en: <http://aulaabiertavenezuela.org/wp-content/uploads/2020/04/AFECTACIONES-A-LA-EDUCACION-DE-CALIDAD-EN-LAS-UNIVERSIDADES-PUBLICAS-VENEZOLANAS-EN-EL-MARCO-DEL-COVID-19-1.pdf>
- Aula Abierta (2021). *Libertad Académica y autonomía en la Educación Superior Referencias a la salud y otros derechos humanos*. Informe preliminar. <http://aulaabiertavenezuela.org/wp-content/uploads/2021/06/INFORME-PRELIMINAR-LIBERTAD-ACAD-MICA-Y-AUTONOMIA-UNIVERSITARIA-EN-LA-EDUCACION-SUPERIOR-EN-VENEZUELA.pdf>
- Ávalos, I. y Mercado, A. (2019). *Capacidades Nacionales de Ingeniería (Entre la coyuntura y la Sociedad del Conocimiento)*. Informe sin publicar. Agosto
- 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.
- Clarivate Analytics (2017). *Research in Brazil A report for CAPES* by Clarivate Analytics. <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/17012018-capes-incitesreport-final-pdf>
- CONINDUSTRIA (2020). *Encuesta cualitativa de coyuntura industrial. I Trimestre 2020*. Confederación Venezolana de Industriales. Disponible en: <https://www.conindustria.org/?p=5768>
- Darr, E. D., L. Argote. y D. Epple. 1995. The acquisition, transfer and depreciation of knowledge in service organizations: Productivity in franchises. *Management Sci.* 41. 1750-1762.

- ENCOVI (2020). *Encuesta Nacional sobre Condiciones de Vida 2019-2020*. Disponible en: <https://www.proyectoencovi.com/informe-interactivo-2019>
- Ferrara de Giner, G. y Williams, M (2001). *Elementos y Gestión Ambiental para la Industria*. CIDIAT, Mérida.
- Fuenmayor, L (2003). Diferencias entre universidades privadas y oficiales venezolanas: algunos ajustes necesarios en el sector privado. *Revista Venezolana de Gerencia*. 8(22).
- George, S. y Hovan George, A.S (2020) Industrial Revolution 5.0: the Transformation of the Modern Manufacturing Process to Enable Man and Machine to Work Hand In Hand. *Journal of Seybold Report*. 15(9).
- Gibbons, M; Limoges, C; Nowotny, H; Schwartzman, S; Scott, P y Trow, M (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Ediciones Pomares – Corredor S.A, Barcelona.
- Godet, Michel (1993). *De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia*. Barcelona: Marcombo
- Görner, S. Luse, A. Maheshwari, N. Malladi, R. Mori y L. Samek, R (2020). *The potential of advanced process controls in energy and materials*. McKinsey and Company.
- Greer, C. Burns, M. Wollman y D. Edward Griffor (2019) *Cyber-Physical Systems and Internet of Things*. NIST Special Publication 1900-202. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1900-202>
- Guevara, M. y González De León, M (2018). *Estudio Empresas Propiedad del Estado en Venezuela. Un modelo de control del Estado. INFORME FINAL Sector Hidrocarburos*. Transparencia Venezuela.
- Engineering Council (2021). *Guidance on Sustainability for the Engineering Profession*. Reino Unido. Disponible en: https://www.engc.org.uk/media/3555/sustainability-a5-leaflet-2021-web_pages.pdf
- Hughes, TP (1987). The Evolution of Large Technological Systems. En: WE Bijker, T Hugues and TJ Pinch (edit). *The Social Construction of Technological Systems. NEW Directions in the Sociology and History of Technology*, The MIT Press, Massachusetts. 51-82
- Hussein, S. Daud, S. Mantoro, T. Shariff S.y Hasan, M (2018). Modelling Team Effectiveness and its Determinants Among Multidisciplinary Engineering Students: A Case of Malaysian Public University. *International Journal of Engineering & Technology*, 7. 2.29. 642-645
- 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>
- Lander, L (2004). La Insurrección de los gerentes: Pdvsa y el gobierno de Chávez. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 10(2), mayo-agosto, 2004, 13-32

- Loy, J. y Canning, S (2017) The Creative Engineering Education Imperative for Twenty-First Century Living. *International Conference on Engineering and Product Design Education*. Norway
- Mercado, A (2018). A cien años de Córdoba: entre imperativos tecno-económicos y la reelaboración de conocimientos. *Universitas*, 29 pp
- Mercado, A (2011). Integración Universidad – Industria Mediante la Conformación de Redes Tecnoproductivas. *Gestión y Gerencia*. 5(1). Abril 2011.
- Mercado, A (2005). El papel de la universidad en la conformación de un modelo productivo sustentable en Venezuela. *Cuadernos del Cendes*, 22(58). 23-45
- Mercado, A; Ávalos, I; Sánchez-Rose, I; Cervilla, M.A.; López, M. S y Vessuri, H (2020). *Investigando en Venezuela. Capacidades de ciencia, tecnología e innovación para superar la crisis en Venezuela*. Informe elaborado para el International Development Research Center (IDRC) y el Global Development Network (GDN). Octubre 2020.
- Mercado, A. Testa, P. Rengifo, R, Gómez, N. y Patruyo, T (1999). El Ofertismo limitado: Una aproximación al Sistema nacional de Innovación Venezolano. *Revista Espacios*, 20(2), Caracas.
- Mercado, A. Testa, P. Vessuri, H. y Sánchez, I (2002). Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología: Experiencias y aprendizaje de cuatro países de medio desarrollo, *Boletín de ASOVAC*, Nro 41. 45p.
- Mercado, A. y Ávalos, I (2019). *Capacidades Nacionales de Ingeniería (entre la Coyuntura y la Sociedad Del Conocimiento)*. Informe Técnico, Caracas.
- Mercado A y Cordova K (2020) Sustainability: Socio-Technological Transformations to Overcome the Paradigm of Continuous Growth. *Environment Pollution and Climate Change*, 4: 182
- Mercado, A. y Córdoba, K (2018). Universidad latinoamericana: ciencia, tecnología e innovación para afrontar los imperativos de la sustentabilidad, pp 129-181.en: Ramirez, R (Coord). *La investigación científica y tecnológica y la innovación como motores del desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe*.
- OIM (2019). *Ingenieros Venezolanos Residentes en la República Argentina*. Editorial: Organización Internacional para las Migraciones. Buenos Aires
- ONCTI (2017). *Indicadores Venezolanos de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Boletín año 2017. Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Ediciones ONCTI.
- Pérez, C (2009). Technological Revolutions and Techno-Economica Paradigms. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics no. 20. <http://hum.ttu.ee/wp/paper20.pdf>
- Quintero, S. Lugo y 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.
- Requena, J. y Caputo, C. (2016). Pérdida de talento en Venezuela: migración de sus investigadores”. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 41(7). 444-453.

Ruesga, S. da Silva y Bichara, J (2008). Deslocalización industrial en la globalización: el caso de España. *Economía UNAM*, 5(13).

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2008000100006

Sacks, R. Girolami, M. y Brilakis, J (2020). Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. *Developments in the Built Environment*, 4.

Segalàs, J (2008). *Educating Engineers for Sustainability. Why? What? How?* 10, 117-132.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099/7109>

Tobón, S. y Núñez Rojas, A (2006). La gestión del conocimiento desde el pensamiento complejo: un compromiso ético con el desarrollo humano. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 58. 27-39

UNESCO (2021). *Engineering for Sustainable Development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – International Centre for Engineering Education (ICEE) - Central Compilation and Translation Press (CCTP).

USB (2018a). *Boletín Estadístico 2013-2017*. Comisión de Planificación y Desarrollo. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1-ND6imKh9VlB0JHi0VRkEoMdeprndXzH/view>

USB (2018b). *Informe sobre la marcha de la Universidad Simón Bolívar*, Trimestre Octubre – Diciembre 2018. Disponible

en: https://drive.google.com/file/d/1UmsEiD4MEvPHr_MUw_RCU19njsqswwxU/view

USB (2019). *Informe sobre la marcha de la Universidad Simón Bolívar*, Trimestre Octubre – Diciembre 2019. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/14lel6bZAphZ9ew_d4Xszgxmfc3TJkhm/view