



Enunciados de políticas y estrategias institucionales para contribuir a la recuperación y transformación de la ingeniería venezolana.

Resumen ejecutivo

Octubre 2021

Venezuela enfrenta una crisis sin precedentes, configurando la crisis humanitaria más grave del continente americano de los últimos 50 años. Esta situación se agravó debido a la pandemia del COVID-19, que encontró al país con un precario sistema de salud. La nueva realidad impuesta por el COVID-19, acelera globalmente cambios sociotécnicos impulsados por las denominadas “tecnologías convergentes” y la difusión de la cuarta revolución industrial (4i). Estos, aunados a problemas 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.

Transformaciones tecnoeconómicas y cambios en las ingenierías. Las disrupciones tecnológicas propician el surgimiento de nuevas industrias y profundas transformaciones en las tradicionales. En la estructura tecnoeconómica emergente se desdibujan los límites entre las actividades económicas y varían notablemente sus funciones. Los sistemas tecnológicos, se estructuran como sistemas ciberfísicos integrados por múltiples disciplinas, que se caracterizan por ser intensivos en conocimiento

El presente resumen recoge los principales resultados del Informe del proyecto *Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en Ingeniería para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas* (primera etapa) formulada para proponer políticas y estrategias institucionales que contribuyan a la recuperación y transformación de esta disciplina, con la pertinencia de contribuir a la superación de la crisis del país y afrontar los desafíos socioambientales globales. Equipo de redacción: Alexis Mercado, Isabelle Sánchez Rose, María Antonia Cervilla, María Sonsiré López.

La investigación ha sido desarrollada por un equipo de trabajo interinstitucional integrado por Alexis Mercado (Coord.), Isabelle Sánchez Rose, Pablo Testa y Zulay Poggi del Centro de Estudios del Desarrollo, CENDES-UCV; Rebeca Sánchez, Griselda Ferrara de Giner y María Virginia Najul de la Facultad de Ingeniería-UCV; Giovanni Siem del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC/FAU-UCV; María Antonia Cervilla del Centro de Gestión de la Tecnología y la Innovación (CeGestTEC+i) de la USB; María Sonsiré López del Centro de Estudios de la Ciencia del IVIC; Concetta Esposito de Díaz de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA); Belinda Colina Arenas de La Universidad del Zulia; Luís Rodríguez de la Fundación Instituto de Ingeniería. Instituciones patrocinantes y/o colaboradoras: Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat, Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (CAVIDEA) y la Cámara Venezolana de empresas de Consultoría (CAVECON).

y presentan, de manera general, menores riesgos e impacto ambiental.

Las ingenierías, tanto la formación como el ejercicio profesional, además de ser presionadas por las transformaciones tecnológicas, son influenciadas por las demandas sociales, económicas y ambientales globales. En lo académico, hay cambios importantes en la generación, trasmisión y uso del conocimiento. Muchos de los fundamentos y procedimientos de la ingeniería, son sujetos a cambios. Las concepciones disciplinarias por área (e.g química, petrolera, eléctrica, mecánica, etc.) dan paso a programas multidisciplinarios (e.g energética, ambiental, electroquímica, aeroespacial, biomédica, industrial, etc.).

El nuevo paradigma requiere un enfoque de formación de la ingeniería más amplio en el que, además de una rigurosa formación básica, se incorporen nuevas competencias mediante enfoques multidisciplinarios, promoviendo la creatividad y la iniciativa con sentido crítico, para la solución de los problemas sociales y el desarrollo sustentable. Se trata de una transformación de la formación, que dé como resultado un ingeniero con una visión más amplia y, sobre todo, consciente del alcance e impacto de su actividad, guiada por criterios de ética y responsabilidad. La nueva formación lleva implícito un *Ethos* de la sustentabilidad.

Crisis del SNCTI y de las ingenierías en Venezuela. Históricamente, Venezuela presentó un déficit de tecnólogos e investigadores, que se agravó en los últimos años. La masa crítica (cantidad mínima de personas dedicadas a una actividad) no ha alcanzado 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, 30.000 investigadores y tecnólogos.

Es alarmante el desmantelamiento de las capacidades de docencia e investigación en las Instituciones de Educación Superior (IES) venezolanas. En las áreas específicas de ingeniería, para 2019 se estimaba que alrededor de un 50% de los profesores de las universidades nacionales autónomas había renunciado o jubilado. Un porcentaje importante de ellos se encontraba en los niveles medios y altos de la carrera académica y eran cabezas de grupos de investigación. Por su parte, la merma de la matrícula estudiantil a nivel nacional superaba el 40% respecto a 2015. Las actividades de I+D, han disminuido significativamente porque, además, no existe financiamiento alguno por parte de los entes del Estado, lo que ha llevado a un deterioro creciente de la infraestructura de investigación y docencia

Hay una pérdida de capacidades de ingeniería y tecnología en industria y servicios. Venezuela viene experimentando una progresiva pérdida de sus capacidades de ingeniería debida, entre otros, a la precarización de las condiciones laborales que ha dado como resultado una desprofesionalización en la industria petrolera y en las industrias básicas. Fuentes consultadas del Colegio de Ingenieros de Venezuela estiman que más del 80% de estos profesionales dejaron las empresas. El sector privado también se ha visto severamente afectado. Al finalizar el primer semestre de 2018, 38 % de las empresas habían perdido entre el 20 y el 30 % de sus nóminas, siendo las más afectadas las pequeñas, entre 40 y 50% de su nómina, y las medianas, entre 30 y 40 %.

A la par se ha producido una diáspora de ingenieros. Para 2018 más de un millón cien mil profesionales habían abandonado el país. Un alto porcentaje de estos son ingenieros. Según el

CIV, más de cincuenta mil ingenieros y arquitectos emigraron entre 2013 y 2018. Una de las consecuencias más graves es la desestructuración de las capacidades productivas y el consecuente des-aprendizaje tecnológico, que ha acabado con importantes capacidades tecnológicas.

El Proyecto. Identificación de variables relevantes. 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 la Educación Superior a objeto de 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. Ello requiere identificar variables clave de su funcionamiento.

Para ello, se usaron diversas técnicas de recolección y procesamiento de información. En primer lugar, consultas mediante cuestionarios a actores relevantes de la academia y la industria sobre: a) problemas de la industria y los servicios y requerimientos de I+D a las instituciones de educación superior (IES), b) Desafíos que plantean las tecnologías convergentes, la 4i y el desarrollo sustentable y c) gestión institucional. A través de una serie de talleres con expertos de ambos ámbitos se seleccionaron y conceptualizaron las 22 variables más importantes para el funcionamiento del sistema, concebido como las ingenierías en las instituciones de educación y centros de investigación. Estas fueron empleadas en un análisis estructural que mediante la aplicación del método MICMAC permitió identificar las más influyentes para la evolución del sistema. Con base a estos resultados, se hizo un ejercicio para enunciar las políticas y estrategias institucionales.

El análisis estructural arrojó la existencia de dos variables de poder, altamente influyentes y poco dependientes, en consecuencia, determinantes en la evolución del sistema. Ellas son gestión universitaria flexible y gestión del talento humano; Cuatro variables de riesgo, muy influyentes y algo dependientes, a las que hay que prestar gran atención en el diseño de políticas y estrategias (Participación de diferentes actores en la formación y la capacitación, Formación en la frontera tecnológica, Gestión del conocimiento y Pasantías industriales); y cuatro variables blanco, sobre las que se puede actuar para optimizar su desempeño (Formación integral y capacitación en desarrollo sustentable, Perfil de formación transdisciplinario, Asistencia técnica y I+D+i en tecnologías maduras). El resto de las variables (dependientes, autónomas o reguladoras) no tienen alta incidencia en la evolución del sistema o dependen sustancialmente de su evolución.

Enunciados de políticas y estrategias institucionales. Sobre los tres primeros grupos de variables, se enuncia un conjunto de políticas y estrategias que competen a instancias de diferentes niveles de decisión a saber: generales, competencia de órganos de política del Sistema Nacional de Ciencia, tecnología e Innovación (SNCTI); institucionales (entorno específico y ámbito interno), competencia de las instancias rectoras y de las instancias de ingeniería de las IES.

Variables influyentes

Gestión eficiente y flexible. Tienen como principal responsable a las instancias rectoras de las

IES. Se propone implementar un sistema de gestión eficiente, flexible y transparente, capaz de implementar acciones conducentes a una transformación tanto académica como administrativa. Esto conlleva a una revisión de los fines y funciones de las IES a objeto de responder a las ingentes demandas que impone la crisis nacional, las profundas transformaciones tecnológicas y la crisis socioambiental.

En lo académico, es prioritaria la adecuación de los procesos académicos para responder eficientemente a las demandas de la sociedad, y la redefinición de la carrera académica para establecer diversos mecanismos de ascenso que reconozcan otras formas de producción y uso del conocimiento. En lo administrativo revisar las estructuras de gestión a objeto de diversificar el acceso a financiamiento y establecer nuevas normativas y procedimientos.

En las instancias de ingeniería, deben impulsarse espacios colaborativos conformando redes inter-facultades (no solo de ingeniería), programas para optimizar el uso de recursos y contactos con el personal emigrado a objeto de procurar alianzas estratégicas, fondos, y la identificación de oportunidades de negocio (transferencia de tecnología).

Gestión del talento humano. Las IES deben ejercer presión para garantizar al personal una remuneración acorde con lo establecido en la Constitución Nacional, y el restablecimiento de los programas de estímulo que contribuyan a recuperar la investigación. En el contexto específico, es prioritario establecer una política institucional para recuperar y mantener la planta profesoral y técnica que considere programas propios de estímulo a la investigación y la docencia, planes de formación y pasantías en centros de alto nivel.

En las instancias de ingeniería, apoyar al personal existente creando estímulos para la I+D como la capacitación y acompañamiento para la formulación y ejecución de proyectos, y la creación de un registro de egresados y banco de proyectos.

Variables de Riesgo

Las acciones sobre estas variables competen al contexto específico (IES) y al sistema interno (instancias de ingeniería).

Participación de Diferentes Actores en la Formación y la Capacitación. Una acción institucional es determinante: 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. Esta debe dar pie a la implementación de una serie de estrategias institucionales que permitan operativizar novedosas formas de gestión del conocimiento: incorporación de *stakeholders* en la discusión, elaboración y actualización de los planes de estudio; colaboración en la formación y la capacitación

Formación en la frontera tecnológica. En el grupo de variables de formación es la que tiene mayor influencia sobre la evolución del sistema. Ello porque es fundamental para transformar el perfil del ingeniero para adecuarlo a las aceleradas transformaciones tecnológicas. Depende

fuertemente de la *Gestión del talento humano*. Difícilmente se puedan adelantar acciones institucionales efectivas, si no hay una recuperación de la planta de docencia e investigación de las IES. En el contexto específico, las IES deben proponer políticas de fortalecimiento del personal docente, técnico y administrativo para el desarrollo, uso y aplicación de las tecnologías convergentes.

Entre las estrategias institucionales (instancias de Ingeniería) se destaca el monitoreo de tendencias y brechas de conocimiento en tecnologías convergentes y 4i, a objeto de actualizar los pensa (pre y post grado) para incorporar contenidos de las tecnologías convergentes, en especial la formación de competencias para la transformación digital, y estimular el desarrollo de líneas de investigación en tecnologías convergentes y 4i que le sustenten.

Gestión del conocimiento. Debe abordarse a través de acciones del contexto específico (IES). Concretamente mediante el desarrollo de una política integral y eficiente que considere: revisión e impulso de experiencias existentes, la creación de instancias de manejo de conocimientos e información (e.g. oficinas de transferencia y vigilancia tecnológica). Es necesario, también, redefinir la extensión como mecanismo de transmisión e intercambio de conocimientos para posibilitar nuevas agendas de investigación y desarrollo tecnológico. Dentro de las estrategias (instancias específicas de Ingeniería) se debe promover grupos y redes de investigación, nacionales e internacionales, que generen y compartan conocimiento aplicable y transferible

Pasantías industriales. Variable crítica del sistema, por lo que se debe abordar a través de acciones de las variables gestión universitaria eficiente y flexible y participación de diferentes actores en la formación y la capacitación. Las políticas institucionales deben priorizar el rol de esta actividad en la normativa para que la industria y los servicios participen en su diseño e implementación. Las estrategias, competencia del sistema interno, deben diseñar e instrumentar los programas conjuntamente con cámaras de industriales, colegio de ingenieros y FUNDEI, de manera que se ajusten a los requerimientos del sector productivo y los servicios.

Variables blanco

Como se indicó, se puede actuar directamente sobre ellas para modificar su comportamiento. En consecuencia, la mayoría de las acciones competen al sistema interno.

Formación y capacitación en temas del desarrollo sustentable. Se debe establecer un mínimo de contenidos sobre la sustentabilidad. Las exigencias globales en la materia, y de legislación local, señalizan algunas acciones a adelantar desde el contexto específico: La promoción de la inserción de los ODS en la formación, la investigación y la extensión. El fortalecimiento de proyectos existentes (e.g. campus sustentable, Comisión para la investigación de riesgo, etc.) y promover su articulación intra e inter institucional. Las estrategias consideran incluir la sustentabilidad como un eje transversal y transdisciplinario en los pensa, la formación y sensibilización de los docentes en esta área y la incorporación de miembros de la comunidad universitaria en actividades de solución de problemas de los propios campus universitarios.

Perfil transdisciplinario. Elemento esencial de la formación y la praxis del ingeniero de 2030. En

varias universidades nacionales se 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, repensar la política de extensión universitaria desde una perspectiva transdisciplinaria que considere la responsabilidad y la inclusión social. Para las estrategias institucionales: avanzar en la formación por competencias vinculado a proyectos, promover proyectos de investigación interinstitucionales y transdisciplinarios y articularlos con la formación y utilizar la extensión como mecanismo de atención de demandas e intercambio de conocimientos con otros actores de la sociedad.

Asistencia técnica. Esta actividad, aun en las actuales condiciones, puede generar interacciones importantes con la industria y los servicios. Se puede potenciar su impacto con políticas institucionales (contexto específico) a través de la adecuación o elaboración de una normativa donde se establezcan incentivos claros para el desarrollo eficiente de la actividad y su consideración en la extensión universitaria. Con este marco institucional se pueden adelantar importantes estrategias institucionales: oferta de Servicios de Asistencia Técnica a partir de demandas del entorno, identificar brechas de capacidades que se requieren reforzar o crear para responder a las diversas demandas y vincular las pasantías industriales a la asistencia técnica.

I+D+i en tecnologías maduras. Se debe abordar directamente con estrategias desde el sistema interno. A pesar de experimentar una caída importante, en el país hay experiencia en la actividad, especialmente de investigación aplicada. Colocar el énfasis en el desarrollo tecnológico, vinculándolo a la Asistencia Técnica a objeto de establecer agendas a partir de la identificación de problemas. Además, establecer acuerdos universidad industria para la recuperación y uso compartido de equipos para el diseño de procesos.

Segunda etapa. La segunda etapa del proyecto, en ejecución, considera 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) que 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 el 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.