



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

HOJA DE RUTA PROPUESTA PARA LA EVOLUCIÓN DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA

CASO - FACULTAD DE MINAS

JUAN MANUEL VELEZ RESTREPO
PhD en Ingeniería
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia
Sede Medellín
Facultad de Minas
Colombia
2024

INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
2. METODOLOGÍAS UTILIZADAS	10
2.1. VISIÓN SISTÉMICA DE LA EDUCACIÓN	10
2.2. METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES	14
2.3. EL CICLO DE APRENDIZAJE	16
3. CONSIDERACIONES SOBRE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA	17
3.2. LA INGENIERÍA COMO PILAR DEL DESARROLLO	17
3.3. UNA VISIÓN RENOVADA DE LA INGENIERÍA	19
3.4. EL PERFIL DEL FUTURO PROFESIONAL DE INGENIERÍA	22
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	27
4.1. IMAGEN CORPORATIVA DE LA FACULTAD DE MINAS	27
4.1.1. <i>Presentación – Antecedentes históricos</i>	27
4.1.2. <i>Descripción de la Facultad y su entorno</i>	28
4.1.3. <i>Datos y tendencias de la Facultad de Minas</i>	34
4.2. PROPUESTA PARA LA INNOVACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN LA INGENIERÍA PARA LA FACULTAD DE MINAS.....	40
4.2.1. <i>Expresión de la situación problema no estructurada -diagnostico general</i>	40
4.2.2. <i>La situación problema expresada – identificación de problemas</i>	42
4.2.3. <i>Definiciones raíz y modelos mentales propuestos - formulación de propósitos fundamentales en los sistemas relevantes.</i>	53
4.3. RUTA SUGERIDA PARA SOCIALIZAR E IMPLEMENTAR LA TRANSFORMACIÓN	65
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
6. BIBLIOGRAFÍA.....	68

Lista de Figuras

Figura 1-1 Síntesis de la problemática de la formación en ingeniería. Elaboración propia a partir de: (Duderstadt, 2008).....	8
Figura 2-1 Los modelos (lentes) propuestos para analizar una actividad de educación. Adaptado de (Banathy B. , 1992)	10
Figura 2-2 Ciclo dinámico de la definición de la estructura de una Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.....	12
Figura 2-3 El proceso de Formación de Profesionales en Ingeniería. Elaboración propia.	14
Figura 2-4 Siete pasos de la Metodología de Sistemas Suaves de Checkland. Adaptado de (Checkland, 2000).	15
Figura 3-1 Elementos clave en la transición de la U2G hacia la U3G. Elaboración propia.	18
Figura 3-2 Perfil profesional de Ingeniería en forma de T. Adaptado de (Rogers & Freuler, 2015)	24
Figura 3-3 Cambios previstos en el panorama futuro del profesional de ingeniería. Adaptado de Kourosh Kayvani, citado por (Crosthwaite, y otros, 2019) (Crosthwaite, 2021).....	25
Figura 3-4 Descripción del proceso de innovación. Adaptada de (Craig & Nagurka, 2010).....	26
Figura 4-1 Detalles históricos dentro de la evolución de la facultad de minas. Elaboración propia.	28
Figura 4-2 Diagrama que ilustra la Médula del departamento de Antioquia. Conocida como “Ciudad larga de Cuatro Corazones”. Tomado de Agenda Antioquia 2040	31
Figura 4-3 Ambientes de múltiple nivel que impactan la gestión de la formación de profesionales. Elaboración propia.....	32
Figura 4-4 El proceso de Formación de Profesionales en Ingeniería, en el contexto regional de la Facultad de Minas. Elaboración propia.	34
Figura 4-5 Diagrama global de la Facultad de Minas información del 2023-2S. Elaboración propia.	35
Figura 4-6 Población estudiantil de la Facultad por estrato socioeconómico para los años 2018-2S y 2023-2S.....	36
Figura 4-7 Recurso docente para el 2023-2S de acuerdo con el máximo grado obtenido.	36
Figura 4-8 Distribución de los grupos de investigación de la Facultad de Minas de acuerdo con la categorización de MinCiencias. Tomada de la presentación de la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas.	37
Figura 4-9 Organigrama de la Facultad de Minas.	38
Figura 4-10 Proceso de formación de profesionales desde el punto de vista institucional. Elaboración propia.....	41
Figura 4-11 Imagen enriquecida de una expresión de lo que acontece en la Facultad de acuerdo con la interpretación del analista o facilitador. Elaboración propia.	42
Figura 4-12 Diagrama de problemas de la Facultad de Minas. Elaboración propia.	44
Figura 4-13 Variación población estudiantil de pregrado entre 1980 y 2023. Datos tomados de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional de la sede Medellín.....	45

Figura 4-14 Variación del número de estudiantes matriculados para cada uno de los programas curriculares entre los años 2010 y 2023. Datos tomados de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional de la sede Medellín.	46
Figura 4-15 Indicador de demanda global para la Facultad de Minas entre los años 2010 y 2023. Elaboración propia.....	47
Figura 4-16 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Control. Elaboración propia.....	47
Figura 4-17 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Petróleos. Elaboración propia.....	48
Figura 4-18 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Sistemas e Informática. Elaboración propia.	48
Figura 4-19 Variación de la región de origen de los estudiantes matriculados en el programa de Ingeniería de Sistemas e Informática a lo largo de 13 años (2011 a 2023). Elaboración propia. ...	49
Figura 4-20 Deserción acumulada SPADIES. Consulta septiembre 2023.....	50
Figura 4-21 Índices de permanencia cohorte 2010. Elaboración propia.....	50
Figura 4-22 Componentes de la estructura organizacional de la Facultad. Elaboración propia. ...	52
Figura 4-23 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 1. Elaboración propia.....	55
Figura 4-24 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 2. Elaboración propia.....	58
Figura 4-25 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 3. Elaboración propia.....	61
Figura 4-26 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 4. Elaboración propia.....	64

Lista de Tablas

Tabla 4-1 Procedencia geográfica estudiantes de la Facultad para los años 2018 y 2023. Elaboración propia.....	35
Tabla 4-2 Composición y características de las UAB de la Facultad de Minas. Elaboración propia.	40
Tabla 4-3 Sistemas relevantes priorizados y la transformación esperada. Elaboración propia....	54
Tabla 4-4 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 1. Elaboración propia.....	55
Tabla 4-5 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 1. Elaboración propia.	56
Tabla 4-6 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 2. Elaboración propia.....	57
Tabla 4-7 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 2. Elaboración propia.	58
Tabla 4-8 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 3. Elaboración propia.....	61
Tabla 4-9 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 3. Elaboración propia.	62
Tabla 4-10 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 4. Elaboración propia.....	63
Tabla 4-11 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 4. Elaboración propia.	64

INTRODUCCIÓN

En la década de los 90 se inició un proceso de reforma académica en la Universidad Nacional de Colombia, bajo la dirección de Antanas Mockus, que partió de reconocer la enfermedad grave de la universidad era la existencia de las “pedagogías extensivas en pregrado”, entendida como aquella en la que se gastaba muchas horas en la comunicación verbal entre estudiante y profesor, donde las disciplinas de lectura y escritura no eran muy altas. Se propuso un cambio hacia “pedagogías intensivas”, reduciendo el currículo (el enciclopedismo) para promover una mayor profundidad en menos temas; la estrategia suponía “mucho trabajo del profesor sobre el trabajo del estudiante, y menos horas de docencia directa”. Una segunda estrategia fue la implementación de cursos de “contexto” como parte de la formación integral, no profesional.

Otras semillas generadas en ese proceso de reforma académica fueron la instauración de las líneas de profundización y la flexibilidad del currículo. Las primeras consistieron un grupo de asignaturas tomadas con un profesor o grupo de investigación durante dos o tres semestres, para que fuera una experiencia de profundización, definida por el estudiante. El segundo elemento, la flexibilidad, pretendía que los programas tuvieran un núcleo curricular, esencial, reducido; un máximo de 50% de obligatoriedad le permitiría al estudiante construir su propio perfil profesional. La estructura académica derivada de este proceso se plasmó en el Acuerdo 14 de 1990, del Consejo Académico, en el cual se aprueban criterios generales para la organización de los programas de pregrado en la Universidad Nacional de Colombia.

La nueva estructura académica logró una reducción importante del número de cursos (aproximadamente 20%), dejando un espacio interesante para el trabajo autónomo de los estudiantes y mayor tiempo dedicado por el profesor a las asesorías y tutorías, estrategia denominada pedagogías intensivas. Esta estrategia ha tenido un éxito relativamente aceptable si se tiene en cuenta que la comunidad universitaria es conservadora en sus pedagogías y metodologías de enseñanza.

En el período comprendido entre los años 2004 y 2007 la Universidad Nacional retomó la discusión de la estructura académica del pregrado. En resultado final de ese proceso, plasmado en el Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, consideró dentro de sus principios la formación integral, la interdisciplinariedad, la formación investigativa, la flexibilidad y la internacionalización, entre otras. Como elementos importantes considerados en el acuerdo se destacan el reconocimiento de diferentes niveles de formación en el ingreso al pregrado, las múltiples posibilidades de formación, articulación entre niveles de formación (pregrado y postgrado, por ejemplo), la posibilidad de doble titulación, entre otras

Sin embargo, en la educación en ingeniería quedaron vacíos y restricciones que hoy tienen los programas en una crisis que puede ser sintetizada en tres grandes aspectos: a) la matemática como componente central de la formación se mantiene desde hace cuatro décadas, tanto en sus contenidos como en su forma de impartirlas; b) la formación en diseño, considerado el núcleo central de la ingeniería para generar competencias de creatividad y liderazgo, quedó reducido a una concepción disciplinar, de normas o códigos; c) la poca flexibilidad del currículo en el campo disciplinar, que he denominado “formación

tubular”, y en la extensa duración de los mismos ha conducido a los programas a su agotamiento frente a una generación que demanda una formación más dinámica en los diferentes aspectos.

Es urgente generar cambios en la estructura curricular de los programas, en las metodologías de enseñanza aprendizaje, en las estrategias de gestión académico-administrativa y las formas de gobierno y gobernanza del sistema.

El presente documento hace una revisión de la situación general de la educación en ingeniería a nivel global, explora y recoge puntos de vista sobre tres grandes líneas de acción institucional que hacen parte de la formación en ingeniería: la estructura curricular, el modelo de gestión académico y administrativo y las estrategias de relacionamiento con el entorno, sobre las cuales se deben realizar cambios a la luz de la mirada sistémica de la formación de talento humano y la generación de conocimiento en ingeniería. El documento propone una ruta de acción para promover una cultura de actualización y transformación organizacional permanente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en la ciudad de Medellín.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La construcción de muros de protección en las ciudades, las primeras edificaciones, los sistemas de riego, el tratamiento de suelos, los sistemas mecánicos utilizados en la minería y el transporte son precursores de la ingeniería, ejercida inicialmente por los militares encargados de defender las zonas de cosecha y las ciudades. El surgimiento de la ingeniería civil en el siglo XVIII se da una vez las obras de utilidad y financiación pública dejan de ser proyectadas y ejecutadas por los ingenieros militares. Todo este conocimiento empírico hace parte integral del surgimiento de las escuelas de formación en ingeniería.

La ingeniería ha sido considerada como una profesión desde el surgimiento hace cerca de 200 años, en su forma visible y organizada, dotada de un cuerpo de conocimientos teóricos y prácticos. A partir de entonces ha evolucionado en la difusión de conocimientos técnicos, la normalización y regulación de su práctica, la sistematización de la enseñanza y la proyección hacia la sociedad (Harms, Baetz, & Volti, 2004). Al final del siglo XIX se consolidó la educación técnica, así como la organización profesional, principalmente en cuatro especialidades del conocimiento aplicado: ingeniería civil (canales, ferrocarriles, infraestructura), ingeniería de minas y metalurgia (minas, acerías), ingeniería mecánica (construcción y operación de máquinas y manufactura) e ingeniería eléctrica (telecomunicación y manufactura eléctrica). Algunos autores incluyen la ingeniería química en ese grupo pionero de ingenierías. (Lundgreen, 1990)

Los drásticos y rápidos cambios generados por las tecnologías de comunicación, automatización, robótica, inteligencia artificial, nano-biotecnología, entre otras, sumados al acelerado cambio climático y al convulsionado panorama geopolítico en algunas regiones del planeta le han conferido al escenario global las características propias de los entornos “VUCA” (por sus siglas en inglés), término que advierte sobre la influencia de factores como volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad en la toma de decisiones. Es utilizado con frecuencia desde los años 90s en los campos de la estrategia empresarial, aplicándose a todo tipo de organizaciones, el concepto aplica a la caracterización de la situación actual de las universidades e instituciones de educación superior, ahora inmersas en este entorno (Kamp, 2016; Rouvrais, Lebris, & Stewart, junio 2018).

Las facultades de ciencias, ingeniería y tecnología tienen un papel protagónico en el desarrollo tecnológico nacional y global por su rol como formadores de profesionales e investigadores en el ámbito de ciencia, tecnología e innovación. En consecuencia, deberían generar en sus egresados la capacidad de adaptarse al cambio permanente, propio de un entorno VUCA. Esto implica reconocer los factores de riesgo para la sostenibilidad del planeta como el límite de los recursos naturales, el uso de combustibles fósiles, el desequilibrio ambiental, la inequidad y desigualdad y el consumo acelerado, entre otros, que generan inestabilidad política, económica y social. El desempeño exitoso del profesional en este escenario exige la integración de habilidades técnicas, expresadas como conocimiento tácito (know-How), capacidades para la gestión de riesgos (técnicos, financieros y ambientales), dirección y gestión de proyectos y procesos; además de la necesaria interpretación holística del panorama económico y social. En resumen, el ingeniero debe ser un pensador integral (Sheppard, Macatangay, Colby, Sullivan, &

Shulman, 2008; Trevelyan, 2009) que se desempeña en un sistema sociotécnico inmerso dentro de la sociedad.

Sin embargo, estas inquietudes y planteamientos no son nuevos. Durante los últimos cien años se ha producido un considerable número de estudios sobre la educación en ingeniería, prácticamente uno cada década, incluyendo diagnóstico y prospectiva, a cargo de paneles de expertos utilizando diferentes metodologías, descrito por Duderstadt como “una cacofonía de informes, un coro de preocupaciones” (Duderstadt, *Engineering for a Changing World A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research and Education*, 2008). Un diagrama que sintetiza esos numerosos diagnósticos se presenta en la Figura 1-1. Las estrategias para atender esos retos han recorrido caminos separados, reforma curricular, reforma académico-administrativa o reforma pedagógica, con los resultados conocidos y advertidos por los innumerables estudios sobre la educación en ingeniería (Duderstadt, *the Millenium Project.*, 2008; ASME, 2008; ASCE, 2007; Killgore, 2014).

Algunas acciones recomendadas en todos esos estudios son: promover el reconocimiento de la ingeniería como activo de la sociedad para la generación de desarrollo (CEBR, 2016); replantear los procesos de enseñanza y aprendizaje, incluyendo la práctica de la ingeniería como componente esencial (Trevelyan, 2019; Buckley, Trevelyan, & Winberg, 2022); vincular el currículo con la investigación y la gestión, son campos de acción importantes para el profesional y, por último superar la visión reducida que identifica la ingeniería con una disciplina técnica o una ocupación.

La profesión se encuentra en una encrucijada (Kamp, 2014), no logra acompañar los cambios socioeconómicos, culturales y tecnológicos que ocurren con gran rapidez; a pesar de la consciencia de que se requiere un nuevo norte para la educación en ingeniería, evidenciada en los estudios mencionados, la estructura de la formación en ingeniería ha permanecido inalterada en las últimas décadas. Varias son las razones que pueden explicar este estancamiento: 1) las reformas realizadas han tenido enfoques particulares, caracterizados por el apego a los contenidos técnicos disciplinares; 2) el dominio de los contenidos de ciencias y matemáticas y el abandono casi absoluto de la formación en los campos de la humanística y la gestión; 3) aunque se habla de la transformación de las universidades hacia la tercera y cuarta generación (Wissemma, *Towards the third generation university: Managing the university in transition*, 2009), la estructura departamental disciplinar de las facultades de ingeniería se mantiene prácticamente intacta.

En resumen, la ingeniería es una actividad de gran impacto social y requiere una visión holística, la Universidad debería ser dinámica como parte de un sistema que debe responder de manera oportuna a los retos de la sociedad actual, que a su vez es una superestructura dinámica.



Figura 1-1 Síntesis de la problemática de la formación en ingeniería. Elaboración propia a partir de: (Duderstadt, 2008)

Un factor adicional determinante de la cultura organizacional es la naturaleza de la institución de educación en ingeniería y la universidad u organización a que pertenece. En Colombia esa gama es amplia, comprende universidades, públicas y privadas, instituciones de educación del orden departamental y municipal, el sector defensa del Estado, organizaciones confesionales religiosas, corporaciones o fundaciones del sector solidario y empresas particulares, así mismo del ámbito técnico y tecnológico. Esta gran variedad puede significar al mismo tiempo una gran fortaleza y una dificultad potencial para la modernización de la educación en ingeniería en el país; diferentes características implican diferentes necesidades y diferentes capacidades para gestionar el cambio. Una característica que comparten los expertos del tema es que en general, los modelos de gobierno de las instituciones académicas tienen niveles de autoridad descentralizados en la universidad, la facultad, el departamento y el individuo. Una característica muy importante de las instituciones académicas es que son alineadas verticalmente, lo que significa que la facultad o unidad académica opera de forma independiente del resto de la universidad; esto genera dificultades fuertes para la colaboración entre una escuela de ingeniería y una facultad de ciencias humanas, arquitectura o negocios (National Research Council., 1995).

En Colombia, las universidades y la industria han operado en dominios separados durante más de un siglo de coexistencia; pero el escenario de la sociedad del conocimiento demanda un relacionamiento cercano para crear sinergias que impulsen el desarrollo regional. En el modelo de las universidades hacia una "tercera generación" (U3G), las interfaces universidad – industria se conciben como acuerdos de trabajo colaborativo entre instituciones académicas y corporaciones para desarrollar proyectos con objetivos comunes; son ambientes compartidos entre investigadores y empresarios para compartir metodologías, intercambiar conocimientos y formular proyectos para la solución de problemas y el desarrollo de oportunidades de negocio.

Es entonces necesario tener en cuenta tres grandes líneas de acción institucional que definen la formación en ingeniería: la estructura curricular, el modelo de gestión académico y administrativo y las estrategias de relacionamiento con el entorno. Un enfoque sistémico de la formación de talento humano y la generación de conocimiento en ingeniería permite proponer una ruta de acción para promover una cultura de actualización y evolución organizacional permanente de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en la ciudad de Medellín. La sociedad en el momento actual debe entenderse como un entorno en permanente cambio en todos los niveles local, regional, nacional y global.

La Facultad debe considerarse como un componente de múltiples sistemas con los cuales interactúa: educación en ingeniería, educación nacional, ciencia y tecnología, todos dentro de un ambiente económico nacional, pero fuertemente afectados por el sistema socioeconómico y cultural global que envían señales permanentes de cambio.

2. METODOLOGÍAS UTILIZADAS

La educación en ingeniería es un sistema de actividad humana (SHA), muy diferente de los sistemas naturales y de ingeniería en los que la investigación de operaciones y la ingeniería de sistemas ofrecen soluciones estables, predecibles (Banathy B. , 1992). Los SAH se manifiestan a través de la percepción de seres humanos que son libres de atribuir significados a lo que perciben. Nunca habrá una explicación única (comprobable) de los sistemas de actividad humana, será siempre un conjunto de posibles interpretaciones, todas válidas según determinadas visiones (Checkland, 2000). Así, los problemas o “problemáticas” relacionados con campos de actividad humana organizada, pública y privada, en los que las personas son quienes tienen a cargo las decisiones sobre la gestión y operación del sistema son entendidos como problemas complejos, no-estructurados; este tipo de problema es conocido como “blandos”.

2.1. VISIÓN SISTÉMICA DE LA EDUCACIÓN

Banathy y coautores en la “Visión Sistémica de la Educación” proponen como metodología para el estudio o el diseño de una de una institución de educación; o para el análisis de un programa académico, entre otras actividades, la elaboración de tres modelos, también denominados lentes, que permiten identificar los componentes del sistema y analizar la dinámica de interacción entre ellos y el ambiente, las funciones y su estructura organizacional y, finalmente, los procesos y el desempeño en términos de la calidad de la transformación que produce. Esta metodología es útil para el estudio de la estructura y el funcionamiento de una facultad de ingeniería, ya que permite hacer una radiografía de la estructura de la institución, sus relaciones con el ambiente sociopolítico y organizacional y sus procesos de transformación de talento humano como se describe en la Figura 2-1. Esto será útil para el diagnóstico en el caso Facultad de Minas, en complemento con otras metodologías que serán descritas oportunamente.

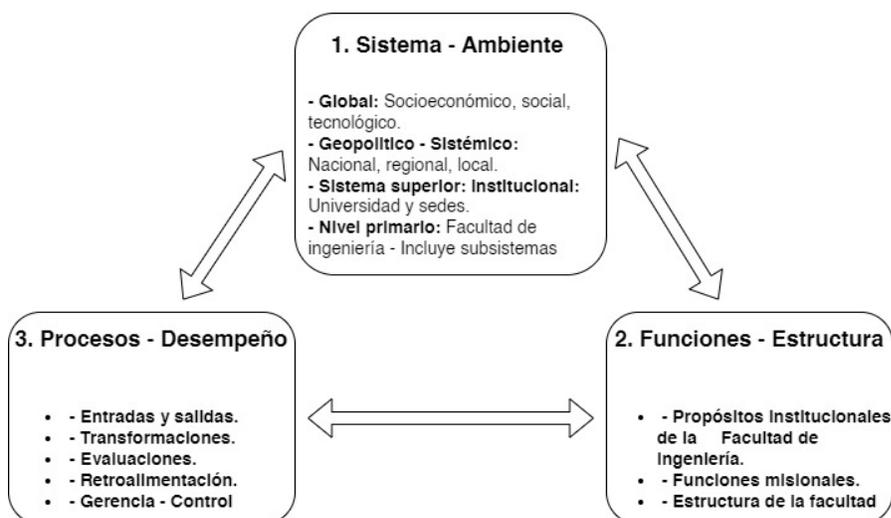


Figura 2-1 Los modelos (lentes) propuestos para analizar una actividad de educación. Adaptado de (Banathy B. , 1992)

A) LA RELACIÓN CON LOS AMBIENTES GLOBAL, NACIONAL, LOCAL E INSTITUCIONAL

El sistema socioeconómico global marca tendencias en economía, política, ambiente, cultura, tecnología. La rapidez del cambio tecnológico evidenciado en las últimas décadas ha aumentado la dificultad de predicción de los escenarios políticos y socioeconómicos; los entornos VUCA se ha convertido en los escenarios permanentes para la toma de decisiones. Específicamente, los avances logrados en las últimas décadas en los campos de la digitalización, la inteligencia artificial y las comunicaciones, han generado cambios fundamentales en la sociedad: la tecnología ahora juega un papel muy importante (y activo) en la vida privada de las personas; las redes sociales permiten influenciar el pensamiento individual y el ambiente social; y, la inteligencia artificial promete resultados sorprendentes sobre el aprendizaje automático en equipos y procesos. La educación en ingeniería necesita desarrollar capacidades para adaptarse a estos cambios.

El entorno nacional, regional y municipal tienen una fuerte influencia en el desarrollo del sistema de educación en ingeniería (SEI); en esos ambientes se definen las políticas de educación y la salud que son factores clave en la construcción del capital humano de una nación. Las políticas públicas de educación superior, el flujo de recursos, las normativas que rigen la formación de profesionales, el ecosistema de ciencia y tecnología y el tejido empresarial, entre otros factores, son determinantes del avance de la formación en ingeniería, en todos los niveles: pregrado, maestría y doctorado. En el mismo escenario se encuentran los actores no gubernamentales como son el parque industrial y empresarial corporativo, las PYMES y MIPYMES y las organizaciones de sectores cooperativo, solidario, ONGs y asociaciones de profesionales, entre otros. Todos constituyen el escenario final para la práctica de la ingeniería y deben operar como los agentes que den la retroalimentación a los procesos enseñanza aprendizaje propios de la educación en ingeniería. Sin embargo, esto no ocurre con frecuencia; esa no es una preocupación “estructural” de ninguno de los actores del sistema. Creo que la razón fundamental es descrita por Serna y Serna en su artículo “Crisis de la Ingeniería en Colombia: estado de la cuestión”. Los autores, de acuerdo con su investigación, ponen la causa en la inadecuada interpretación del concepto de ingeniería por parte de la industria, la academia, el Estado y la sociedad en general (Serna & Serna, 2015).

B) FUNCIONES Y ESTRUCTURA DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA.

El modelo Funciones-Estructura, propuesto por Banathy es una guía para desarrollar un mapa organizacional de la Facultad, una lente que permite identificar sus componentes y correlacionarlos con las funciones que desempeña. Es una pintura o fotografía de su estructura organizacional en un momento dado de su historia. Los elementos principales del modelo son la imagen institucional, representada en la misión y la visión; los propósitos generales y específicos de la facultad; las funciones propias del sistema; los componentes que realizan esas funciones y las interacciones entre los actores y las funciones, o sea la estructura. Esos cinco componentes se unen a través de relaciones e interacciones sistémicas, es decir no al azar, que constituyen el modelo de funciones - estructura, con el sello de cada institución (Banathy B. , 1992) (Botin & Børsen, 2015), como se aprecia en la Figura 2-2.



Figura 2-2 Ciclo dinámico de la definición de la estructura de una Facultad de Ingeniería. Elaboración propia.

Una parte fundamental de la definición de identidad de una facultad son las características o especificaciones de la institución. Su naturaleza y el marco legal de gestión y operación; la población atendida; que visión tiene la facultad del mundo, entre otras. La comunidad beneficiaria, la naturaleza y régimen de la organización, el relacionamiento institucional, las restricciones del entorno y la visión del mundo son algunas características esenciales en la definición del ADN de la institución. Otro aspecto vital es la formulación de los propósitos que interpretan la misión y la visión; es una imagen con mayor nivel de resolución que permite proyectar el futuro del sistema de actividad educativa, la facultad. A partir de las especificaciones e identidad de la institución y sus propósitos se plantea el desarrollo o análisis de la estructura organizacional. Las funciones constituyen las actividades necesarias para realizar los propósitos de la organización educativa; a partir de éstas se definen o seleccionan los componentes, ya sean individuos, grupos o instancias, que tienen los atributos y las responsabilidades para mantener en marcha la facultad y lograr sus propósitos.

Un propósito y su función o funciones correspondientes, puede ser desplegado por varios actores o instancias administrativas. A través de las siguientes preguntas orientadoras se puede llegar a establecer el encadenamiento de propósitos, funciones y componentes, elementos básicos de la estructura: ¿quién gestiona las políticas de relacionamiento con los diferentes ambientes del sistema? ¿Quién está a cargo de las gestiones académicas (funciones) que generan la formación de profesionales?; ¿quién está al cargo de promover la formulación de proyectos de investigación, asesoría, consultoría, asistencia a la comunidad?; ¿Quién lidera los programas de bienestar universitario de la comunidad?, y así para cada propósito y función o funciones. Los elementos del modelo estructura/funciones, o sea imagen (visión y misión), propósitos, funciones y componentes se articulan en una relación sistémica que da origen a la estructura organizacional de la institución, facultad de ingeniería en este caso.

C) LOS PROCESOS – DESEMPEÑO DEL SISTEMA

La educación en ingeniería es un sistema abierto, dinámico en el tiempo, su comportamiento frente a los objetivos trazados se facilita a través del análisis de los procesos; el modelo de procesos revela cómo funciona el sistema en durante su operación. Los bloques esenciales para considerar en el análisis de un sistema existente, o, aún, el diseño de uno nuevo, son las entradas o insumos, las transformaciones necesarias para generar los resultados deseados y las salidas o productos obtenidos y sus características; finalmente, un cuarto módulo se refiere a gestión del funcionamiento del sistema, consistente en análisis de los resultados y la retroalimentación que conduce a realizar los ajustes necesarios para el mejoramiento continuo. Esta es una mirada de “baja resolución” ya que cada etapa o macroproceso, de formación de ingenieros en este caso, tiene un grupo de subprocesos que al considerarlos permiten mirar con mayor detalle la gestión del proceso educativo. Los modelos anteriores no permiten ver como los sistemas realizan las acciones que conducen a cumplir sus propósitos. Entre las entradas o insumos (propósitos, información, recursos) a partir de los cuales generan los resultados y las salidas interviene una “caja negra”, que es la estructura de la institución; es necesario, entonces, introducir la mirada de los procesos para entrar a esa caja negra. De eso trata el tercer modelo o lente denominado los procesos del sistema. La formación de ingenieros es un proceso de transformación que opera sobre unas entradas o insumos, y produce unos resultados o salidas, como puede verse en la Figura 2-3.

La gestión de los insumos o entradas se generan procesos muy importantes de interacción de la facultad con su entorno sistémico formado por la universidad que alberga la facultad y la comunidad de donde provienen los aspirantes a ingresar a un programa de ingeniería, ya sea de pregrado o posgrado.

La segunda etapa es la transformación. No hay tarea más importante que esta y no puede haber una empresa más noble por parte de las personas que trabajar con el alumno para lograr estos resultados. El proceso de transformación educativo y de formación en diferentes competencias ciudadanas incluye un grupo de procesos y actividades necesarios para generar el dominio del conocimiento, la comprensión, las habilidades, las disposiciones, los valores y las actitudes propuestas por el alumno y la institución; esto es, el desarrollo del pleno potencial mental, físico, espiritual y social del alumno. La transformación tiene tres procesos principales interdependientes, interactivos e integrados que comprenden: a) Los procesos académicos de enseñanza/aprendizaje orientado a la formación de profesionales. Una visión sistémica conduce a considerar al estudiante en el ámbito su vida, con las ilimitadas oportunidades, recursos y situaciones que están disponibles para el aprendizaje y el desarrollo humano; esto es ingeniería para la vida. b) la Cultura organizacional (compromiso con los procesos). Los resultados de la transformación dependen en gran medida de la sinergia entre la motivación y el empoderamiento que los miembros y estamentos de la institución tengan para gestionar los procesos de enseñanza aprendizaje propios de la formación de profesionales en ingeniería y c) la gestión (dirección) de la transformación. Sirve a los dos procesos descritos anteriormente; todos los componentes, recursos, información y conocimiento requeridos para la formación de profesionales deben estar disponibles en el momento y lugar necesarios con las capacidades apropiadas y atributos. La dirección supervisa y lidera los procedimientos y actividades de transformación, monitorea y analiza sus resultados; este subproceso genera indicadores que soportan el diseño de cambios en el sistema, si fuere necesario.



Figura 2-3 El proceso de Formación de Profesionales en Ingeniería. Elaboración propia.

Finalmente, el profesional graduado es el resultado buscado. El procesamiento de los resultados obtenidos es el seguimiento a los egresados de los programas de formación en ingeniería, es una de las acciones vitales para la gestión de la facultad en su conjunto; el análisis arroja los datos necesarios para retroalimentar el sistema. El desempeño del egresado en las pruebas que realizan instituciones o agencias de acreditación, el grado de satisfacción personal del egresado, los indicadores de empleabilidad, tipo de empleo, área de desempeño del egresado, ubicación geográfica, nivel de remuneración, entre otros. Los datos obtenidos de esta gestión, convertidos en indicadores de monitoreo, generan insumos para que la facultad gestione procesos de cambio en sus estructuras curriculares, los modelos de gestión académica y administrativas, la relación con el entorno, entre otras.

2.2. METODOLOGÍA DE SISTEMAS SUAVES

La Metodología de Sistema Blandos (SSM Soft Systems Methodology) fue desarrollada por Checkland en Lancaster University (Checkland, 2000) como herramienta para la investigación y la solución de problemas complejos en organizaciones privadas y públicas donde la participación social, política y humana es elevada. Estas metodologías se han desarrollado a partir de la teoría general de los sistemas (TGS) (Bertalanffy, 1968; Skyttner, 1996; Calvo-Amodio, 2019). La metodología sistémica se fundamenta en el concepto de perspectiva o en el lenguaje de un observador, o un grupo de ellos, sobre un problema de estudio; una decisión sobre el problema estará mediada por la visión que el o los observadores tengan sobre el mismo. Dado que, en esencia, la educación es una actividad humana y sus problemáticas pueden ser atacadas a través de estos métodos como lo han propuesto varios autores (Patel, 1995) (Banathy B. , 1992; Banathy & Jenlink, 2003; Walton, 2004; Checkland & Poulter, 2010).

La aplicación de SSM en educación es conveniente dado que demanda una fuerte actividad intelectual tanto para identificar o elaborar el problema, como para el modelado conceptual; es una herramienta de autoanálisis para los involucrados en problemáticas de una facultad de ingeniería. En SSM se cree que en una situación compleja no hay una solución única o final al problema, como resultado se espera que se origine un proceso continuo de mejora de la problemática. Adicionalmente, los problemas organizacionales son dinámicos así que una reconceptualización o redefinición de la problemática ayuda a mejorar la metodología, en lugar de aplicar un conjunto de métodos prescritos. En otras palabras, es un

proceso de aprendizaje organizacional cíclico tanto sobre la situación en cuestión como sobre la metodología utilizada.

Esta metodología se basa en la creencia de que la realidad no es un hecho dado sino una construcción social; nuestra realidad es solo nuestro modelo de la realidad, altamente influenciado por el contexto social en el que vivimos (Checkland, 2000). Basándose en esta creencia, considera dos reinos, el reino del mundo abstracto y el reino del mundo real; es necesario viajar entre estos dos reinos de manera consciente e iterativa. En el mundo real, los participantes expresan y argumentan sus inquietudes sobre la situación que desean cambiar; la exploración de la realidad a través de observaciones y experiencias directas permite al participante moverse al mundo abstracto para construir algunos modelos conceptuales a partir de la realidad, luego los compara con el mundo real, con las iteraciones que sean necesarias. Sin embargo, la aplicación de las modificaciones debe ser aplicada como solución al problema para evaluar los resultados. La Figura 2-4 muestra el ciclo completo ampliado en los dos ámbitos y las diferentes etapas del SSM. Checkland y Poulter (2006) y Wilson y Morren (1990) describen las etapas como sigue:

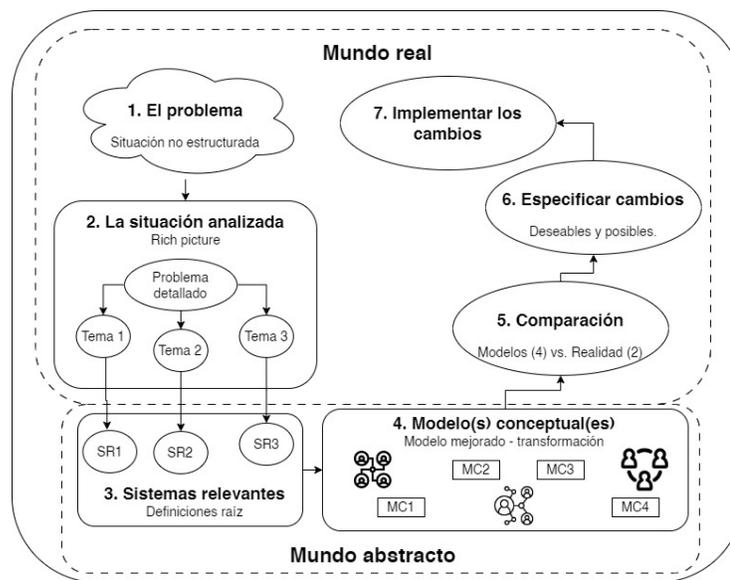


Figura 2-4 Siete pasos de la Metodología de Sistemas Suaves de Checkland. Adaptado de (Checkland, 2000).

Basado en esto y con fines de la ruta propuesta para la evolución de las facultades de ingeniería se proponen, como ejemplos, algunos subsistemas que pueden ser considerados sistemas relevantes:

- Gestión de la admisión
- Estructura curricular
- Estructura académico - administrativa
- Gestión de la investigación
- Bienestar Universitario

- Gestión de Talento Humano

2.3. EL CICLO DE APRENDIZAJE

La aplicación de la metodología de los sistemas blandos (SSM) en la solución de problemáticas complejas en sistemas de actividad humana, normalmente requiere de iteraciones; los modelos definidos o propuestos deben ser confrontados con la realidad para verificar su efectividad. Es decir, es un proceso de aprendizaje que tiene lugar durante las iteraciones. La idea de clasificación de diferentes estilos de aprendizaje está tomada de la teoría del aprendizaje experiencial del teórico de la educación estadounidense, David Kolb. Kolb cree que “el aprendizaje es el proceso mediante el cual se crea conocimiento a través de la transformación de la experiencia” (Kolb, 1976). Este proceso se denomina aprendizaje efectividad de la experiencial e implica cuatro habilidades de aprendizaje distintas, a saber, habilidades de experiencia concreta (CE), habilidades de observación reflexiva (RO), habilidades de conceptualización abstracta (AC) y habilidades de experimentación activa (AE). Para Kolb, el aprendizaje eficaz significa pasar por estas cuatro fases. Un alumno exitoso comienza por involucrarse voluntariamente en las nuevas experiencias y obtener la mayor cantidad posible de aportes de su entorno (CE). Él / ella también debe poder reflexionar sobre los aportes obtenidos y mirarlos desde varias perspectivas (AC).

Las tres metodologías tienen su aporte específico a la ruta propuesta en este documento para la evolución permanente de la estructura organizacional de las facultades de ingeniería, como se presenta a continuación:

Componente metodológico	Descripción del uso o apropiación
1. Visión sistémica de la Educación. Tres lentes. Banathy	Diagnóstico de una facultad de ingeniería como sistema
2. SSM Soft Systems Methodology (Checkland)	Análisis de la problemática y generación de propuestas para la evolución
3. El Ciclo del Aprendizaje (Kolb's)	Dinámica del cambio organizacional como un aprendizaje continuo

3. CONSIDERACIONES SOBRE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

3.2. LA INGENIERÍA COMO PILAR DEL DESARROLLO

El nivel de desarrollo de los países está directamente relacionado con el progreso tecnológico; las naciones que reportan una mejor calidad de vida y mayores ingresos poseen capacidades tecnológicas complejas apoyadas en el uso intensivo del conocimiento, científico y tecnológico (OECD, 1996). Estas capacidades permiten a las empresas asimilar, emplear, adaptar y modificar las tecnologías existentes, así como crear tecnologías propias y desarrollar nuevos productos y métodos de fabricación que respondan al cambiante entorno económico; son clave para la consolidación de la cultura de la innovación en un sector de la economía o en un país (Kim, 2001; Kim, 2005). Según Kim, en los países avanzados, la capacidad tecnológica se acumula en gran parte gracias al proceso de “aprender investigando”, son los que amplían la frontera tecnológica ya existente, mientras que, en los países en desarrollo, la capacidad tecnológica se crea principalmente mediante el proceso de imitación que supone el “aprender haciendo”. El mismo autor afirma que “algunas economías recientemente industrializadas han llevado a cabo una rápida transición del “aprender haciendo” al “aprender investigando”. La República de Corea, Taiwan y Singapur constituyen buenos ejemplos de ello” (Kim, 2001). El término aprendizaje Tecnológico ha sido utilizado para describir el proceso de adquisición y gestión de las capacidades tecnológicas. El avance en el aprendizaje tecnológico depende de las estrategias y las acciones que se desplieguen desde el estado (políticas), las organizaciones promotoras de la tecnología y la innovación y desde la empresa misma.

La ingeniería desempeña un papel fundamental en el desarrollo tecnológico y económico de la sociedad, es un sistema vital para alcanzar la madurez en múltiples sectores de la actividad empresarial, gubernamental y de la comunidad en general. Algunos campos específicos para destacar son la participación en la cadena de innovación, en el desarrollo de nuevas tecnologías, productos y procesos, o en el mejoramiento de la eficiencia en sectores, como comunicaciones, energía, medicina, manufactura y construcción. Estos aportes tecnológicos generan un ciclo virtuoso de crecimiento económico, al aumentar la productividad, la calidad de vida y la competitividad de las industrias. En el campo de las infraestructuras físicas fundamentales para la actividad económica, como aeropuertos, carreteras, puentes, edificios, sistemas de agua y energía, entre otros, la ingeniería juega un papel clave en el diseño, construcción y mantenimiento. Además, la ingeniería tiene como reto la optimización, esto es producir más con menos recursos, reducir costos y mejorar la calidad de los productos y servicios; esto redundará en mayor eficiencia y competitividad del país.

El progreso tecnológico demanda el desarrollo de capital humano, determinado por el conjunto de habilidades y conocimientos que respaldan la capacidad de producir bienes o servicios que generan valor económico; es el capital acumulado por la inversión en conocimiento en empresas, sectores económicos, regiones o países (Kwon, 2009; Cardona & et al, 2007). El capital humano ejerce mayor influencia en el

crecimiento económico que el capital natural o físico ya que aumenta las capacidades de absorción de nuevo conocimiento. (Birdsall, Pinckney, & Sabot, 2001)

Por su naturaleza y estructura la universidad es una organización intensiva en conocimiento, dadas sus características principales: a) disponen, normalmente, de infraestructura y acceso a información actualizada; b) la adquisición de conocimiento es un deseo natural de estudiantes, profesores y administradores; c) es una comunidad que comparte información de forma natural y d) constituye un ambiente de confianza para la difusión del conocimiento a través de publicaciones y otros canales (Ozmen, 2010). En este sentido y en el actual ambiente socioeconómico de la industria 4.0, las facultades de ingeniería tienen como desafío principal impulsar la competitividad de las economías regionales, a través de la formación de capital humano que genere capacidad de absorción, adaptación y creación de tecnologías locales de proyección global.

Sin embargo, el aporte de las facultades de ingeniería a los retos del desarrollo regional depende de su adaptabilidad al nuevo entorno socioeconómico global y local. La concepción de la ingeniería, la estructura organizacional, académica y administrativa, la visión clásica de las funciones misionales, entre otras, son propias de la universidad de “segunda generación” (U2G) que emergió a comienzos del siglo XIX y mantuvo su vigencia hasta finales del siglo XX cuando se consolida la revolución del conocimiento soportada en las nuevas tecnologías: biotecnología, informática y sistemas y nanotecnología (Wissema, 2009) (Youtie & Shapira, 2008). Esta visión concibe las universidades de investigación como “fábricas de conocimiento” que reciben estudiantes y fondos para funcionamiento (inputs) y entregan profesionales y publicaciones (outputs) y almacenan conocimiento comercializable, a la espera de que las empresas lo tomen y lo apliquen (Bramwell & Wolfe, 2008). Esta concepción lineal unidireccional de la transformación de la investigación científica en productos y tecnologías le resta potencia al impacto de las universidades en el actual escenario en el que la ciencia y tecnología son las claves en el desarrollo regional. Los actores involucrados en el ambiente regional, nacional y global presionan por la evolución de las universidades hacia las U3G (Wissema, 2009), las cuales están más conectada con el sistema económico y tecnológico local y global; concebida como un “centro de conocimiento” que buscan impulsar el desarrollo a través de nuevas capacidades para la innovación, especialmente en la región de influencia (Youtie & Shapira, 2008), esta evolución se puede visualizar a continuación en la Figura 3-1.

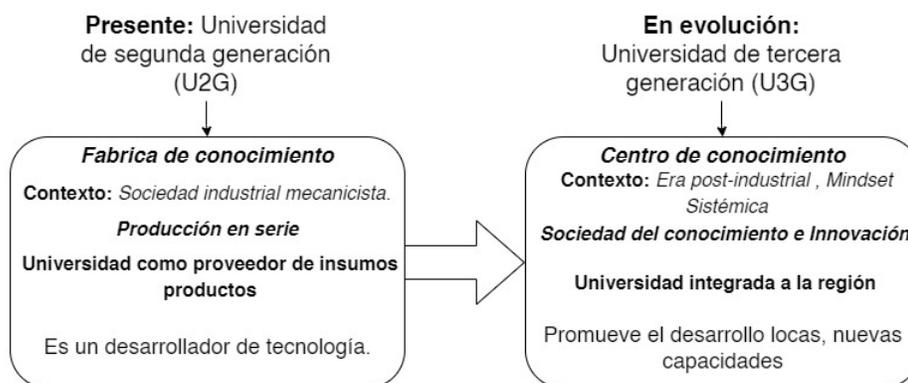


Figura 3-1 Elementos clave en la transición de la U2G hacia la U3G. Elaboración propia.

La dinámica actual demanda modelos multidireccionales abiertos, de “intercambio de conocimiento” o de “integración de conocimiento” que se construyen con la participación colaborativa de los actores involucrados en el sistema de innovación regional, en un proceso fluido, complejo e iterativo (Acworth, 2008). Esta inclusión de la universidad en el tejido innovador de las regiones también demanda transformaciones internas, en sus diferentes campos de acción, a saber: impulsar el trabajo colaborativo e interdisciplinario en el desarrollo de las funciones misionales; adoptar estructuras curriculares orientadas al aprendizaje activo, preferiblemente en entornos reales; incorporar la gestión del conocimiento como una herramienta importante en la dirección, lo que permite entender los diversos modos de negociación alternativos a la transferencia de resultados de investigación; y, finalmente, revisar la estructura organizacional disciplinar que rige desde hace cien años.

3.3. UNA VISIÓN RENOVADA DE LA INGENIERÍA

En este contexto, se hacen llamados para realizar cambios “evolucionarios” en la educación en ingeniería para garantizar el futuro de la profesión, en un contexto global y cambiante. The Royal Academy of Engineering (RAENG) 2007, afirma que los límites disciplinarios heredados del siglo XIX están siendo trasgredidos por nuevas industrias y disciplinas, tales como la ingeniería médica, la nanotecnología, la biotecnología y, obviamente, por los rápidos desarrollos en tecnologías de información. Las tecnologías emergentes exigen perfiles, interdisciplinarios (King, 2007). El liderazgo, la sostenibilidad, el aprendizaje para toda la vida, el enfoque global, las habilidades de comunicación, entre otras competencias aparecen como esenciales en esos estudios prospectivos (Duderstadt, 2008; ASME, 2008; ASCE, 2007; Killgore, 2014). Basado en estas consideraciones, se exhorta a las instituciones para que desarrollen sus propias fortalezas y replanteen la estructura curricular y los métodos utilizados en la formación para contribuir a la consolidación de la educación en ingeniería como un sistema flexible (Pister, 1995). A continuación, se enumeran algunas de ellas:

- Se requiere un currículo flexible, que ofrezca opciones: formarse en una disciplina en particular; obtener una formación general que le permita realizar estudios de posgrado; o una opción de investigación, que le permita ingresar a un programa doctoral.
- Los métodos de enseñanza y aprendizaje utilizados en ingeniería son considerados críticos en ese estudio: la adopción de métodos de aprendizaje activo, trabajo en equipo, seminarios, estudio de casos, aprendizaje basado en proyectos, entre otros son más motivadores que la tradicional clase magistral.
- La estructura de las instituciones es un aspecto que dificulta la adaptación de las facultades de ingeniería a los fuertes y rápidos cambios económicos y sociales. El trabajo interdisciplinario se dificulta por las barreras creadas por las unidades de la organización basadas en disciplinas: escuelas, departamentos o facultades.
- La necesidad de alcanzar un equilibrio entre las actividades realizadas por los profesores: docencia, investigación y consultoría; la actividad docente tiene riesgos de pasar a un

segundo plano debido a que los incentivos estimulan la generación de productos académicos como publicaciones indexadas e informes de asesorías y consultorías.

- La enseñanza del diseño en ingeniería también es un tema crítico. La educación en diseño desde el punto de vista disciplinar (química, mecánica, eléctrica, civil, etc.) a través de la aplicación de métodos analíticos que relacionan la teoría y la práctica en campos específicos, restringe el desarrollo de habilidades transversales como la síntesis, el diseño, la planeación, la innovación, la gestión, entre otras, no presentes en las metodologías convencionales de ingeniería (Yoshikawa, 2004).

De acuerdo con lo anterior, se hace necesario construir nuevas visiones de la ingeniería, basada no solamente en la formación de profesionales para un campo disciplinar, equipados con conocimientos, habilidades y actitudes; sino que también contemple los grandes retos del siglo XXI que demandan ingenieros con visión sistémica, holística y liderazgo.

En las definiciones y conceptos más generales de la ingeniería, originados en la tradición del ejercicio profesional y en la normatividad propia de los entes reguladores, se destacan tres visiones generales: 1) la aplicación de las ciencias naturales y la matemática al desarrollo de tecnologías en beneficio de la humanidad; 2) el diseño sistemático de objetos, procesos y sistemas para resolver necesidades y deseos de la humanidad y 3) la ingeniería como instrumento para la solución de problemas reales (Duderstadt, 2008; Wright, 2004; Anderson, 2019). Las tres expresiones se refieren a ideales sobre la práctica profesional de la ingeniería que cumplen un papel importante en la estructuración de los currículos, y en los procesos de acreditación de programas académicos; sin embargo, no describen el papel de la ingeniería en el actual escenario de la economía del conocimiento y la innovación, ni su rol esencial en el desarrollo de la tecnología; tampoco da cuenta del diverso grupo de profesiones con las que debe interactuar el profesional de ingeniería, ni el profundo impacto de sus acciones en la sociedad. En Colombia el panorama no ha sido diferente, según la Ley 842 de 2003 “se entiende por ingeniería toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas; de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia”¹.

El llamado es a superar las definiciones y visiones que se limitan a establecer las competencias exigidas para el ejercicio profesional en un determinado entorno y para un estrecho campo de acción disciplinar. Los continuos debates de expertos acerca del futuro de la ingeniería realizados en las últimas décadas permiten identificar objetivos comunes: proyectar una imagen de la ingeniería ante la sociedad que destaque la estrecha relación con la ciencia y la tecnología, así como su alto contenido técnico y social. El conocimiento tecnológico, factor clave en la generación de capacidades tecnológicas de empresas y naciones, reside principalmente en las disciplinas de la ciencia natural y la ingeniería y es soportado en la gestión del conocimiento. A continuación, se presentan algunos puntos de vista de investigadores y autores destacados:

Robert Malpas asocia el desconocimiento de los beneficios de la ingeniería para la sociedad y la economía con el limitado papel reconocido a la profesión en el ecosistema de ciencia tecnología e

¹ (https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf)

innovación (CTel); se concibe como operador de tecnologías de procesos de manufactura, construcción, instalación, etc. (Malpas, 2000). Según el autor, la ingeniería es compuesta por un conocimiento explícito (know-what) constituido por las ciencias de la ingeniería y un saber hacer (know-how), que asocia a los procesos de ingeniería. Sheppard et al clasifican el conocimiento dentro ingeniería en tres categorías: Saber Qué (conocimiento declarativo), importante cuando el ingeniero se desempeña en el campo científico; Saber Cómo (conocimiento procedimental) de importancia cuando el ingeniero se desempeña en labores tecnológicas; y Saber Por qué (conocimiento estratégico) que es necesario cuando el ingeniero actúa en la solución de problemas y en la toma de decisiones, incluyendo aspectos sociales, económicos y éticos. (Sheppard, Macatangay, Colby, Sullivan, & Shulman, 2008).

Figuereido propone la construcción de una epistemología de la ingeniería a partir de cuatro preguntas clave de la filosofía del conocimiento: ontológica, epistemológica, metodológica y axiológica. La pregunta ontológica es acerca de que realidad puede conocer la ingeniería; la cuestión epistemológica mira que es el conocimiento en ingeniería; la metodológica plantea como se construye el conocimiento en ingeniería y, la pregunta axiológica es sobre los valores asociados a la ingeniería (ética y estética). El mismo autor introduce cuatro dimensiones de la ingeniería: ciencias básicas, actividades sociales y de negocios, diseño y trabajo práctico. De acuerdo con este concepto, el ingeniero puede ser visto como un profesional que combina, en proporciones variables, las cualidades de científico, experto de negocios, diseñador y ejecutor práctico. (Figueiredo, 2008).

Callaos expresa la necesidad de construir una nueva noción de ingeniería, que asimile su evolución permanente como profesión, institución y concepto. Propone una noción integral denominada MetaIngeniería (Meta-Engineering) que contempla tres dimensiones y tipos de conocimiento: el proposicional (know-what) asociado con la ciencia (Scientia) relacionada con el desarrollo de nuevo conocimiento, se origina principalmente en el mundo académico; el procedimental (know-how) asociado a la técnica (techné), dirigida a producir artefactos y es practicada principalmente en la industria, en la generación de innovaciones tecnológicas; el conocimiento tácito o personal, relacionado con la práctica de la ingeniería (praxis) se lleva a cabo en muchas organizaciones técnicas y no técnicas, como soporte de actividades de gestión e implementación de procedimientos técnicos o metodológicos (Callaos, 2010).

Para la investigadora Sunny Auyang, la ingeniería moderna se entrelaza con la ciencia y la tecnología. La ciencia con sus leyes, fenómenos y modelos es el insumo básico para modificar la naturaleza; la aplicación de criterios socioeconómicos, ambientales y humanos para determinar el impacto de los cambios generados requiere de capacidad de gestión. En este sentido la ingeniería tiene dos dimensiones que denomina tecnología física y tecnología organizacional. En la primera se combinan las ciencias de ingeniería y el diseño para el desarrollo de productos y procesos; la segunda hace referencia a la gestión que permite proyectar, analizar objetivos, negociar con los interesados y dirigir equipos humanos, entre otras funciones. Las actividades físicas y humanas se deben complementar y reforzar entre sí para producir bienestar social (Auyang S. Y., 2004). La autora expone, además, que el conocimiento tecnológico reside esencialmente en las diversas disciplinas de la ingeniería y la ciencia. El conocimiento científico tiene una articulación clara con la tecnología, se identifica, explica y difunde fácilmente; de otro

lado, la mayor parte del conocimiento en ingeniería y tecnología no es explícito, no está escrito, corresponde al conocimiento tácito que se encuentra embebido en los siguientes componentes:

- Capital humano: habilidades, experiencias y prácticas en los diferentes campos de acción técnico, científico y de gestión
- Capital social: organización del trabajo y estructura institucional
- Capital físico: Plantas, máquinas y sus planes de operación

En la misma línea, James Trevelyan define la ingeniería como una disciplina en la que confluyen simultáneamente los componentes técnico y social, con una fuerte interrelación entre ellos. Sin embargo, a pesar de la importancia del componente social, este normalmente se deja de lado; la práctica de la ingeniería rara vez se ha estudiado como un sistema social por derecho propio, en parte porque el lenguaje del discurso es técnico y difícil de entender desde fuera (Trevelyan, 2009).

A modo de resumen, las realizaciones de la ingeniería -diseños, productos, procesos, métodos, estrategias de gestión - tienen como base la combinación de conocimientos de diferente naturaleza: explícito, tácito y estratégico. Las ciencias naturales permiten la comprensión de las teorías y leyes que rigen los fenómenos naturales, son el insumo principal en la actividad de ingeniería; son la base de las denominadas ciencias de la ingeniería que constituyen el conocimiento explícito (know-what, know-why) y que respaldan las decisiones y ejecuciones en ingeniería (Dettmer, 2003). De otro lado, hay un conocimiento orientado a la acción, asociado a la práctica profesional y experiencia individual o grupal, que es en esencia conocimiento tácito (know-how). Pero la práctica de la ingeniería también requiere del conocimiento estratégico para la toma de decisiones en aspectos económicos, sociales y éticos (know-who, know-why). En síntesis, la ingeniería está cimentada en una estructura compleja de saberes de diferentes categorías calificadas como estratégicas para el desarrollo tecnológico y la innovación (Lundvall, 2000; OECD, 1996).

Es posible describir la ingeniería como un sistema formado por componentes sociales y técnicos (Spinks, Silburn, & Birchall, 2006). Los artefactos, productos, procesos, software, entre muchos otros resultados, forman el componente técnico o tecnológico tangible; el componente social se refiere al recurso humano que constituyen una organización, sus valores, relaciones y la estructura organizacional, manifestada en la gestión del conocimiento y el liderazgo del personal. El impacto positivo de la ingeniería dependerá de la exitosa integración de los subsistemas (Abbas & Michael, 2023). Entonces, la ingeniería puede definirse como: Un sistema técnico social que sirve al desarrollo de capacidades tecnológicas y capital intelectual fundamentado en el diseño bajo restricciones y en la gestión del conocimiento.

3.4. EL PERFIL DEL FUTURO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

Después de la segunda mitad del siglo XX, la humanidad ha vivido un constante y acelerado proceso de transformaciones. El rápido crecimiento de la población mundial, que alcanzó los 8000

millones en 2022, triplicando los habitantes de 1950, desató un consumo intensivo de los recursos naturales no renovables² que, sumado a los grandes desarrollos científicos y tecnológicos, han producido un aumento de la tasa metabólica de la sociedad, con el consecuente deterioro del medio ambiente. Este proceso ha generado transformaciones importantes en los órdenes social, económico, tecnológico, cultural y político, entre otros. Según Kamp, durante el siglo XX, la educación en ingeniería se centró en el contenido científico y técnico subyacente, descuidando los aspectos socioeconómicos de la ingeniería; la ingeniería parecía tener vida propia. Muchas de las tareas de la ingeniería actual, y del currículo de los programas de educación en ingeniería, se enfocan en actividades operativas asociadas a productos, diseños, servicios, manufactura y soporte del siglo XX.

La rapidez del cambio tecnológico evidenciado en las últimas décadas ha aumentado la dificultad de predicción de los escenarios políticos y socioeconómicos; los entornos VUCA se ha convertido en los escenarios permanentes para la toma de decisiones. Específicamente, los avances logrados en las últimas décadas en los campos de la digitalización, la inteligencia artificial y las comunicaciones, han generado cambios fundamentales en la sociedad: la tecnología ahora juega un papel muy importante (y activo) en la vida privada de las personas; las redes sociales permiten influenciar el pensamiento individual y el ambiente social; y, la inteligencia artificial promete resultados sorprendentes sobre el aprendizaje automático en equipos y procesos. (Kamp, 2014)

En el escenario actual y futuro, el ingeniero debe enfrentar una diversidad mayor de funciones profesionales, interactuar intensamente con expertos de múltiples áreas, dirigir equipos de trabajo y desarrollar una actitud emprendedora y gerencial. Esto es, el nuevo mundo laboral exige un enfoque más holístico de la educación en ingeniería, que complemente las competencias disciplinares del profesional, sin sacrificar la capacidad técnica (Kamp, 2016). Como respuesta a esa demanda han surgido diversas propuestas de modificación del currículo que incluyen competencias “blandas” o transversales, con sus respectivas métricas y estrategias metodológicas, tanto en entornos académicos (Saviano, Polese, & Caputo, 2016) como empresariales³. Entre ellas ha tomado fuerza el denominado perfil T, una combinación de conocimiento profundo en un campo disciplinar (parte vertical) acompañado de un fuerte grupo de habilidades y actitudes (línea Horizontal) que le permite al profesional comunicarse con otras disciplinas, e incluso cruzar sus límites, trabajar en equipo, etc. (Rogers & Freuler, 2015; Tranquillo, 2017). La Figura 3-2 ilustra un perfil profesional de ingeniería en forma de T.

² Fondo de Población de las Naciones Unidas <https://www.unfpa.org/es/swp2023>

³ <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/operations-blog/ops-40-the-human-factor-a-class-size-of-1>

Competencias transversales Trabajo en equipo, perspectiva, redes, pensamiento crítico, mirada global, gestión de proyectos, etc.	
Muchas disciplinas Entendimiento y comunicaciones	Muchos sistemas Entendimiento y comunicaciones
Profundidad en al menos una disciplina Pensamiento analítico y solución de problemas	Profundidad en al menos un sistema Pensamiento analítico y solución de problemas

Figura 3-2 Perfil profesional de Ingeniería en forma de T. Adaptado de (Rogers & Freuler, 2015)

La propuesta del perfil T tiene reconocimiento en la literatura por su aporte a la formación del recurso humano en las organizaciones para enfrentar las actuales condiciones de cambio constante e incertidumbre en múltiples aspectos de la evolución de la sociedad (Oskam, 2009). A partir de ella se pueden estructurar capacidades y perfiles de acuerdo con áreas específicas del conocimiento y funciones a desarrollar. En el caso de la ingeniería se requiere investigación adicional para insertar la estrategia en los currículos y metodologías utilizadas en los procesos de enseñanza / aprendizaje. La Figura 3-3, adaptada de Kourosh Kayvani, citado por Crosthwaite en el estudio sobre el futuro de la ingeniería en 2035, muestra la complejidad de la demanda, los contextos y las capacidades necesarias para responder en el futuro (Crosthwaite, 2021)



Figura 3-3 Cambios previstos en el panorama futuro del profesional de ingeniería. Adaptado de Kourosh Kayvani, citado por (Crosthwaite, y otros, 2019) (Crosthwaite, 2021)

Finalmente, se plantean algunos elementos sobre la necesidad de transformar la enseñanza de la ingeniería de cara al desarrollo tecnológico y socioeconómico. Los problemas de la sociedad son cada vez más difíciles, amplios y profundos, se requiere un enfoque de sistemas multidisciplinarios para resolverlos y la educación en ingeniería actual no está preparando adecuadamente a los jóvenes ingenieros para ese desafío. Las habilidades de ingeniería se han convertido en productos básicos (commodities) en áreas o disciplinas específicas, en todo el mundo. Para ser competitivos, los ingenieros deben aportar un alto valor a su entorno o región, siendo innovadores, integradores, conceptuales y multidisciplinarios.

Craig, en varios de sus trabajos, afirma que la innovación, la invención de algo nuevo, deseable, útil y sostenible, es el resultado de varios procesos que ocurren en la intersección de la tecnología, los negocios, los factores humanos y la complejidad, como se ilustra en el diagrama de la Figura 3-4 (Craig & Nagurka, 2010). Llevar el profesional de ingeniería a la comprensión de esta complejidad demanda la superación de la estrategia de enseñanza denominada STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), STEAM (incluye artes), e incluso la STEAMH (que incluye humanidades) que recorre las instituciones de educación media y superior desde hace algunas décadas, deben renovar su enfoque hacia el ser humano: los científicos, ingenieros y matemáticos deben identificar y resolver problemas sociales que benefician a las personas, su salud y calidad de vida, y al medio ambiente (Craig K. , 2015).



Figura 3-4 Descripción del proceso de innovación. Adaptada de (Craig & Nagurka, 2010)

El noventa por ciento de la ingeniería en el mundo hoy aborda las necesidades del diez por ciento más rico de la población. ¿Qué pasa con el otro 90%? Los estudiantes de STEM, así como los estudiantes de humanidades, artes, ciencias sociales y negocios, deben darse cuenta de que son socios para resolver la crisis de la innovación. Cada uno de ellos desempeña un papel vital y debe ser capaz de identificar las necesidades de las personas, pensar críticamente y resolver problemas, generar ideas centradas en el ser humano y crear rápidamente prototipos de conceptos, integrar los valores humanos y los negocios en los conceptos, gestionar la complejidad, trabajar en equipos multidisciplinarios, y comunicar eficazmente los resultados. La calidad de la educación STEM en innovación, tanto en K-12 como en las universidades, tiene un impacto directo en nuestra capacidad para competir en el ámbito global cada vez más competitivo en la práctica de la ingeniería, y es necesario fortalecer estas estrategias STEM más allá de las artes y humanidades, que, si bien son valiosas, deben estar conectadas a problemas reales.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. IMAGEN CORPORATIVA DE LA FACULTAD DE MINAS

4.1.1. PRESENTACIÓN – ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Escuela Nacional de Minas, fundada por los hermanos Pedro Nel y Tulio Ospina, adaptando el currículo de la Escuela de Minas de la Universidad de California en Berkeley, ocupa un lugar vital en la historia de educación superior en Colombia. La consolidación del papel protagónico de la institución en el desarrollo de la región se sustenta en varios aspectos de la gestión académica y administrativa realizada en el periodo 1906-1921. La Escuela inició actividades con el objetivo de hacer contribuciones prácticas al desarrollo de la industria minera de la región; sin embargo, la fuerte interacción con la industria ferroviaria regional impulsó el desarrollo de nuevas capacidades académicas que le permitieron ofrecer el programa de ingeniería civil (1911) y otras áreas del conocimiento como termodinámica, mecánica, contabilidad, administración e higiene industrial. La Escuela promovió la formación de líderes para el desarrollo nacional y regional, bajo el lema “Trabajo y Rectitud” (Murray, 1994). Como resultado de esta estrategia, los graduados tuvieron rol clave en la industrialización de la región y el país en la primera mitad del siglo XX. La educación en la Escuela de Minas conjugó en un código de conocimiento y valores culturales orientados al desarrollo técnico, de negocios y fortalecimiento del sector privado (Murray, 1995).

El surgimiento de otras disciplinas de la ingeniería como geología, petróleo, mecánica, eléctrica, química y aeronáutica en las escuelas europeas y americanas desde la década de 1930, impulsó el establecimiento de nuevas ramas de la ingeniería en el país, de acuerdo con las necesidades del desarrollo.

El presidente Alfonso López Pumarejo (1934-1938) promovió un extenso programa de educación superior de alcance nacional financiado por el estado, que se materializó en la consolidación de la Universidad Nacional de Colombia. Para tal fin, la Escuela Nacional de Minas fue anexada a esta a partir del primero de enero de 1940, con el nombre Facultad Nacional de Minas y, en conjunto con la Escuela de Agricultura Tropical y Veterinaria, anexada en 1937 sientan las bases de la Sede Medellín de la Universidad Nacional de Colombia. En 1941 se inició el programa de ingeniería geológica y de petróleo, en la misma década se inició el programa de arquitectura, que dio lugar a la creación de la Facultad de Arquitectura. La Ingeniería Administrativa fue un programa académico novedoso creado en 1960; en el año 1967 se crearon los programas de Ingeniería Industrial, Mecánica, Eléctrica y Química, y se separó el programa de Geología y Petróleos en dos carreras que atendieran cada especialidad; en 1997 se aprobaron por parte del Consejo Superior los programas de ingeniería de Sistemas e Informática y de Ingeniería de Control. En el año 2010 se dio inicio al programa de Ingeniería Ambiental. En el año 1975 se crean la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Humanas. Este vigoroso proceso de ampliación de capacidades y transformación académico-administrativa constituyó un impacto positivo en la generación de conocimiento y formación de talento humano para la región y el país.

Las décadas de 1980 a 2000 fue un periodo de transformaciones que representó la consolidación de las actividades de investigación y de formación de posgrados, en todos sus niveles: especialización, maestría y doctorado. En la actualidad la Facultad es reconocida por su amplio espectro de formación en pregrado, posgrado, investigación y proyección social, a través de consultoría, apoyo a las comunidades. El nuevo milenio trajo transformaciones importantes para la Universidad y la Facultad. Nuevas estructuras académicas para los programas de pregrado y posgrado, expresadas en créditos; la agrupación de los programas en áreas curriculares; la apertura de nuevos programas de doctorado; el desarrollo de nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje, como las asignaturas de Proyectos en Ingeniería, la incorporación del diseño y la innovación como componentes vitales de los procesos de desarrollo tecnológico y de la solución de los problemas reales de los diferentes sectores. Mayores detalles históricos de esta evolución se pueden encontrar en la publicación La Facultad de Minas 1970-2012 (Villegas, 2015).



Figura 4-1 Detalles históricos dentro de la evolución de la facultad de minas. Elaboración propia.

4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA FACULTAD Y SU ENTORNO

4.1.2.1. LA FACULTAD EN EL ENTORNO LOCAL – VALLE DE ABURRÁ

Entre los años 1990 y 2000 se desplegaron estrategias clave para reorientar el eje de desarrollo de la ciudad; los elementos clave fueron la generación de liderazgos desde los actores principales del impulso a la economía: empresarios, la academia y el gobierno. Es así como la ciudad le apuntó a una autonomía regional, enmarcada dentro de las nuevas políticas de descentralización, sin perder de vista las estrategias nacionales que promovían la competitividad (Mejía-Jervis, 2022). En el año 2006 la Alcaldía definió el desarrollo de clúster⁴ como la mejor alternativa para fortalecimiento del tejido empresarial y factor determinante de la internacionalización de la ciudad. El posicionamiento de la estrategia clúster ha sido un proceso continuo, que incluye estructuración de políticas públicas, instituciones y visión estratégica de ciudad, donde la premisa central es la generación de fuentes de ventaja competitiva, lo que ha conllevado a una inserción de discursos empresariales en la esfera de lo público (Pineda-Gomez, 2019).

La etapa siguiente, entonces, fue la definición de una política de desarrollo económico que profundizara en áreas intensivas en conocimiento e innovación, una estrategia denominada especialización productiva inteligente de Medellín y el Valle de Aburrá, en las que fueron seleccionadas cinco áreas: territorio verde y sostenible; región inteligente; medicina avanzada y bienestar; industria sostenible e

⁴ <https://www.camamedellin.com.co/comunidad-cluster/que-es-la-estrategia-cluster>

inclusiva, y región emprendedora. Cada una de ellas con unos nichos específicos de especialización (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2020). Como áreas de oportunidad se consideraron las actividades culturales y creativas, mientras que en el programa de fortalecimiento se consideraron el comercio, el turismo y la agroindustria. Durante este proceso, de más de dos décadas, han ocurrido reorientaciones de las políticas públicas según las orientaciones de cada gobierno, materializadas en sus planes de desarrollo. El impulso a las diferentes áreas de transformación y clústeres no ha sido uniforme; esto resulta en el rezago de ciertos renglones de la industria con respecto a otros. Sin embargo, esto se considera normal dentro de la compleja tarea de transformar la ciudad; hay muchos retos por atender, pero el camino está trazado. Algunas áreas estratégicas que caracterizan a la ciudad región son:

A) TECNOLOGÍAS DE COMPUTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES.

Medellín avanza de manera efectiva en la implementación de herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar la calidad de vida en seis dimensiones: personas, calidad de vida, hábitat, desarrollo económico, gobernanza y medio ambiente. Otro componente importante es la capacidad de formación de talento humano TI. Medellín y el área metropolitana cuentan con 50 instituciones de educación superior, en las cuales se matriculan en promedio más de 5.500 personas anualmente en carreras de pregrado relacionadas con el sector, en los últimos años. El sector software y servicios TI ha encontrado en Medellín un ecosistema propicio para desarrollar negocios y apostarle a la innovación y la tecnología, por ello, el acceso a una abundante y calificada fuerza laboral es esencial para lograr que Medellín sea vista como una plataforma de exportación de servicios al mercado norteamericano y latino⁵. Un tercer elemento para considerar en la estructuración de Medellín como una ciudad competitiva en tecnologías de computación, información y comunicaciones es el emprendimiento. Para el año 2022 el sector de software y servicios de Tecnología de la Información (TI) representa el 6% del total de los montos de inversión extranjera y ha permitido generar más de 10.800 empleos en la ciudad, provenientes de 98 proyectos de inversión. Sin embargo, es necesario que estrategias como Medellín Valle del software se materialicen en iniciativas empresariales, para lo cual se requiere mejorar la calidad del ecosistema de startups. Una acción recomendada para mejorar la calidad de los emprendimientos es la alianza con grupos de investigación que estudien problemas en áreas de la frontera del conocimiento y la creación de Centros o Institutos de Investigación que enfrenten problemáticas de la ciudad.

B) LAS NUEVAS INDUSTRIAS: TURISMO, CULTURA, GASTRONOMÍA E INDUSTRIA MUSICAL

En el sector del turismo, Medellín ha avanzado hasta convertirse en un importante destino turístico para los visitantes extranjeros que llegan a Colombia. Se han identificado cuatro potenciales fortalezas turísticas: negocios, cultura, naturaleza y salud (Gonzalez & Ospina, 2016). El negocio del turismo en Medellín ha impulsado el crecimiento de toda la economía de la región, pues jalona otras actividades y servicios relacionadas con el sector, pero demanda atención de factores colaterales de gran impacto como: transporte, oferta gastronómica, el ordenamiento territorial y el mejoramiento de la seguridad personal e institucional (Brida, Rodríguez, & Mejía-Alzate, 2021). La gastronomía es una de las industrias que más impacto puede tener en el turismo local, nacional e internacional; las manifestaciones culturales y los platos típicos de una región tiene una estrecha relación y le dan al visitante una imagen global de la ciudad

⁵ <https://acimedellin.org/medellin-se-perfila-como-la-capital-de-desarrollo-ti-en-america-latina/>

que visita. La extensa ampliación de la oferta gastronómica⁶ de Medellín ha sido uno de los factores clave para posicionarse como destino turístico. Medellín es un «laboratorio turístico en construcción», lo que debe impulsar el trabajo en el desarrollo económico, social y cultural, con sostenibilidad. Se debe ir más allá de los conceptos tradicionales, tener una mirada más amplia y complementaria, que permite potencializar la oferta en función de la cultura y la naturaleza con la vinculación de actividades humanas al territorio con generación de valor (Bejarano, Arroyave, Saldarriaga, Urrego, & González, 2017)

Otro renglón muy destacado de la economía de la ciudad es la realización de eventos, en diferentes áreas de la industria, la tecnología, la cultura y la academia. Denominado turismo MICE (Meetings, Incentives, Conventions and Exhibitions) hace referencia al segmento del turismo de negocios y eventos, el cual tiene como cliente principal las empresas, que es un generador de ingreso para otros sectores como lo son restaurantes, hoteles, transportes y tiendas debido al consumo que tienen estas personas en las visitas realizadas.

4.1.2.2. LA FACULTAD EN EL ENTORNO REGIONAL

La actividad académica e investigativa la Facultad de Minas traspasa los límites geográficos del Valle de Aburrá para concurrir a la solución de problemáticas complejas nacionales y regionales, así como para participar en el desarrollo de oportunidades de negocios, desarrollo tecnológico e innovación. Su trayectoria académica y científica es reconocida en el ámbito nacional, con mayor interacción con los departamentos vecinos de Chocó y Córdoba. Es por eso importante tener en el mapa de interrelaciones de la Facultad los departamentos de Antioquia Córdoba y Chocó, dada su cercanía histórica con esas regiones y el conocimiento de sus geografías y sus problemáticas.

Antioquia tejió una ruta de acción en su Agenda Antioquia 2040, enfocada en abordar al departamento desde tres divisiones, Antioquia Central o Médula, Antioquia Pacífica y Antioquia Caribe, para la identificación de macroproyectos territoriales y como mecanismo de construcción colectiva de los planes de desarrollo de esas macro-regiones a cargo de los actores sociales, con del liderazgo local. Las principales demandas de la sociedad antioqueña, comunes a las macro-regiones se encuentran en educación, capacitación, agricultura y desarrollo rural, protección social, salud y vivienda, desarrollo económico, emprendimiento y empleo, y protección del medio ambiente. Los Nodos Urabá, Oriente, Occidente y Valle de Aburrá son vistos como impulsores del desarrollo con base en potencialidades diferenciadas de cada macro-región de acuerdo con la geografía, los recursos naturales, sus ecosistemas, entre otros.

⁶ <https://www.elcolombiano.com/negocios/el-numero-de-restaurantes-y-bares-en-medellin-crecio-entre-2018-y-2022-AL20812561>



Figura 4-2 Diagrama que ilustra la Médula del departamento de Antioquia. Conocida como “Ciudad larga de Cuatro Corazones”. Tomado de Agenda Antioquia 2040⁷

En conclusión, la Facultad está inmersa en un ambiente regional con el que tiene lazos históricos, y le asiste la responsabilidad institucional de participar en la solución de los principales retos de la región y sus vecinos, con miras a cumplir los objetivos del milenio, sobre todo desde las capacidades en ciencia y tecnología, así como de la formación de talento humano.

4.1.2.3. LA FACULTAD EN EL ENTORNO NACIONAL

A) LAS POLÍTICAS NACIONALES

El entorno nacional es determinante en el desarrollo del sistema de educación en ingeniería; en ese ambiente se pueden identificar varios componentes que determinan las estrategias de desarrollo y el accionar de la Facultad de Minas en el relacionamiento con la comunidad y la Nación. Entre estos se encuentran:

Las políticas públicas definidas por el Estado para la promoción de la educación superior determinan el flujo de recursos, los lineamientos de ampliación de cobertura y las normativas bajo las cuales esas políticas se implementan. Es importante destacar que el Ministerio de Educación Nacional también regula el sistema de Educación Media que es requisito para el ingreso a un programa de ingeniería⁸.

⁷ https://www.ani.gov.co/sites/default/files/u949/direccion_de_planeacion_gob_antioquia_-_claudia_garcia.pdf

⁸ <https://www.mineducacion.gov.co/portal/Educacion-superior/Sistema-de-Educacion-Superior/231235:Sistema-Educativo-Colombiano>

El Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación, cuya política y recursos (una parte) depende de los gobiernos nacional y regional. En este sistema la Facultad busca recursos para investigación a través de su participación en convocatorias.

El tejido empresarial, entendido como el parque industrial, comercial, tecnológico, agrícola, entre otros, con el que interactúa el cuerpo docente e investigador ya que esto define la ruta de la práctica de la ingeniería desde el proceso formativo. En la Figura 4-3 se sintetiza los ambientes de múltiple nivel que impactan la gestión de la formación de profesionales, así como la creación, transmisión y transferencia de conocimiento.

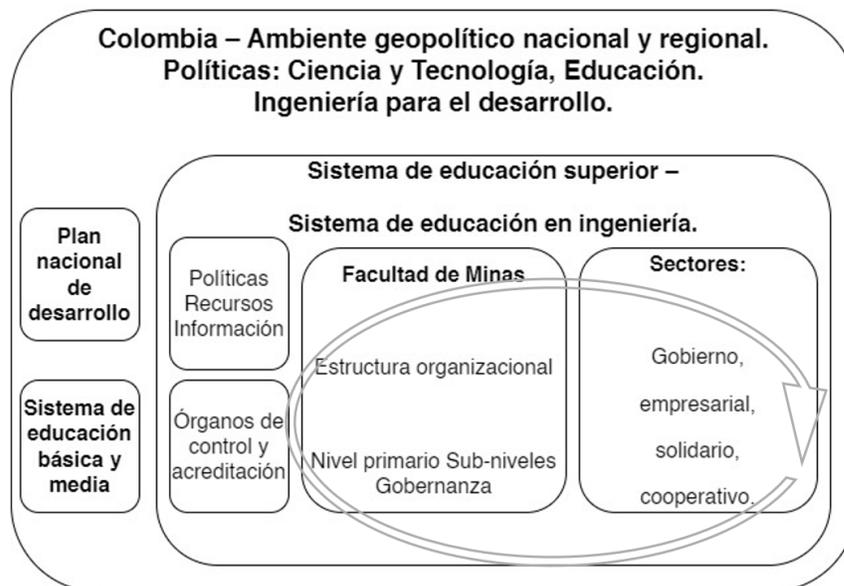


Figura 4-3 Ambientes de múltiple nivel que impactan la gestión de la formación de profesionales. Elaboración propia.

B) LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – EL SISTEMA SUPERIOR

De acuerdo con la visión sistémica de la educación, expresada por algunos autores, es importante considerar el ambiente en el cual al Facultad de Minas se encuentra “embebida”. La dirección superior jerárquica de la institución es ejercida por la Universidad Nacional, que cumple el papel de suprasistema; de otro lado, en un sentido horizontal figurado, la relación directa de la facultad es con la comunidad o sociedad de donde provienen los alumnos de pregrado y posgrado admitidos en proceso de formación. La relación de la Facultad con la Universidad y la comunidad es sistémica, lo cual quiere decir que es regulada, no al azar. La Facultad debe reconocer al interior de la Universidad un grupo de actores pares como son facultades, institutos y centros entre otros. Bela H. Banathy. “A Systems View of Education”. Apple Books.

La Universidad Nacional fue creada por la Ley 66 de 22 de septiembre de 1867 del Congreso; se creó como la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia. En 1935 centralizó las facultades en un solo campus, antes eran una colección de escuelas distribuidas por toda la ciudad de Bogotá, y se

promulgó la Ley Orgánica para modernizarla, abrirla y situarla en la realidad del país. El presidente López Pumarejo decide darle un carácter de “universidad nacional” al anexar la Escuela de Agricultura Tropical y Veterinaria en 1937, la Escuela Nacional de Minas se incorpora en el año de 1939; la Escuela Superior de Agricultura Tropical de Palmira, Valle del Cauca, fue anexada en 1964. La creación de la Sede Manizales se remonta al año de 1946 cuando fue aprobada una Ley que creaba la Facultad de Ingeniería, impulsada por líderes de la ciudad y el apoyo del Rector de la Universidad Nacional Gerardo Molina.

La Universidad Nacional de Colombia fue conformada hasta la década del 90 por las sedes de Bogotá, Medellín, Palmira y Manizales; en 1997, bajo el liderazgo del rector Guillermo Páramo, la Universidad inició la ampliación de su presencia en el territorio nacional a través de institutos y centros que luego constituyeron de Sedes de Frontera, con ubicaciones en las zonas limítrofes del país como lo son San Andrés, Leticia, Arauca y Tumaco⁹. Recientemente fue creada la sede la Paz, cerca de la ciudad de Valledupar. Este proyecto de ampliación de cobertura ha constituido una estrategia de regionalización universitaria bajo un modelo de desconcentración administrativa, que promueve nuevas sedes y filiales de la universidad, pero con altísima dependencia del nivel nacional.

En el último quinquenio la Universidad Nacional ha gestionado proyectos para ampliar su cobertura y apoyo a las regiones a partir del año 2024, acogiéndose a las políticas del estado en sus programas de gobierno de la actual administración. El primero hace referencia a la oferta de programas de formación de talento humano en salud (THS), fuera del campus de la sede Bogotá, a través de la creación de la Facultad de Ciencias de la Vida en el Municipio de Rionegro en el oriente de Antioquia, con proyección de atención a las poblaciones vulnerables de los departamentos de Antioquia, Chocó y Córdoba. También se contempla una ampliación de cobertura en educación superior en las regiones donde se encuentran las sedes de presencia nacional a través de los Planes Integrales de Cobertura (PIC) propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN).

La Universidad Nacional de Colombia (UNAL) ha implementado acciones de ingreso diferenciado por más de 30 años, representados en dos programas especiales de admisión: el Programa de Admisión Especial (PAES) y el Programa Especial de Admisión y Movilidad Académica (PEAMA). Los objetivos principales de estos programas son: 1) Permitir el acceso a la educación superior de calidad a bachilleres pertenecientes a comunidades o territorios con bajas oportunidades de acceso; 2) Contribuir al desarrollo territorial del país por medio de la formación de estudiantes provenientes de los territorios priorizados por los programas. 3) Promover un acompañamiento integral para evitar al máximo la deserción; 4) generar una política de inclusión y equidad para fortalecer los procesos y resultados de la formación académica de los estudiantes de los programas especiales de admisión. En el semestre 01 de 2023 la matrícula de los programas representó el 22% del total de la admisión en la Universidad Nacional. (Gómez, Leal, & Mendivelso, 2023)

La Universidad Nacional de Colombia, en términos de la mirada sistémica de la educación propuesta por Banathy, opera como el Sistema Superior o Suprasistema que contiene la Facultad de Minas; en conjunto con ella la Facultad interactúa institucionalmente con la sociedad colombiana y el resto del

⁹ <https://gestiondocumental.unal.edu.co/sedes-de-frontera-conexion-real-con-la-nacion/>

mundo, en todas las funciones misionales, investigación, formación y proyección social. Así, la Facultad de Minas, como otras sedes y facultades de la Universidad Nacional de Colombia, tienen una componente significativa de la población estudiantil de sus matriculados en pregrado que proceden de diversas regiones, muchas de las cuales están muy lejanas de los campus ubicados en la zona andina del territorio nacional. Es importante puntualizar los canales de contacto entre la Facultad y cada uno de los ecosistemas con que interactúa como se observa en la Figura 4-4, por ejemplo, las direcciones de programas de pre y posgrado, dirección académica, dirección de innovación académica, dirección de registro, entre otros.



Figura 4-4 El proceso de Formación de Profesionales en Ingeniería, en el contexto regional de la Facultad de Minas. Elaboración propia.

4.1.3. DATOS Y TENDENCIAS DE LA FACULTAD DE MINAS

4.1.3.1. OFERTA ACADEMICA Y RECURSOS

La Figura 4-5 es un diagrama global que describe la Facultad de Minas en sus componentes y aporta datos correspondientes al segundo semestre de 2023, obtenidos de la base de datos de la Oficina de Planeación y Desarrollo institucional, de la Sede Medellín de la Universidad Nacional¹⁰. Se harán algunos comentarios generales para mejor ilustración, con el fin de presentar una “radiografía” lo más completa posible de la Facultad de Minas.

¹⁰ (<https://planeacion.medellin.unal.edu.co/estadisticas.html>)

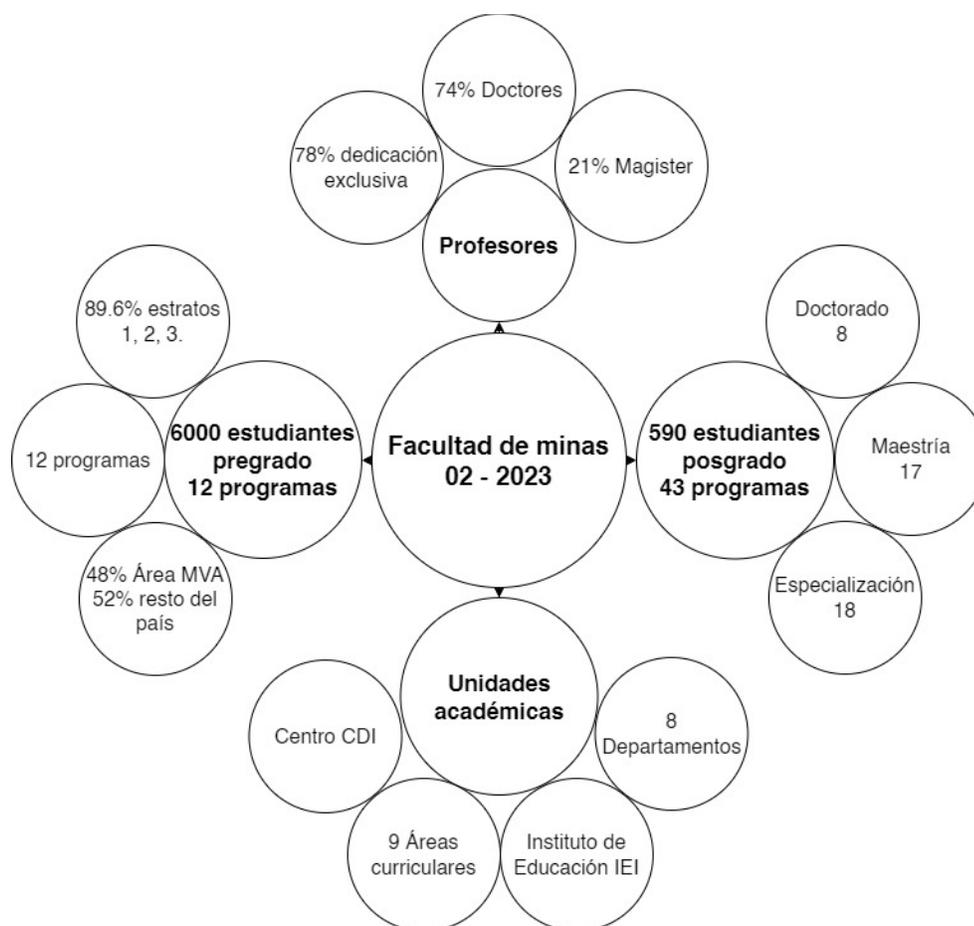


Figura 4-5 Diagrama global de la Facultad de Minas información del 2023-2S. Elaboración propia.

Es de gran interés analizar los datos relacionados con la procedencia geográfica de los alumnos que ingresan a la Facultad, así como su estrato socioeconómico y la distribución de género. La Tabla 4-1 muestra que para el segundo semestre de 2023 el 52% de los estudiantes matriculados proviene de regiones diferentes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Vale anotar que esos valores globales no cambian sustancialmente para las demás facultades de la Sede Medellín y para la propia Sede, sin embargo, se observan variaciones importantes entre programas curriculares¹¹.

Procedencia	Periodo	Estudiantes	%
Resto país	2023-2	3.099	51,8 %
Medellín y Área Metropolitana VA		2.888	48,2 %
Resto país	2018-2	2743	46,32 %
Medellín y Área Metropolitana VA		3.179	53,68 %

Tabla 4-1 Procedencia geográfica estudiantes de la Facultad para los años 2018 y 2023. Elaboración propia.

Otra variable importante que caracteriza la población estudiantil de la Facultad es el estrato socioeconómico al que pertenece cada estudiante. La Figura 4-6 ilustra la composición de la población universitaria para los periodos 2018-2S y 2023-2S, según esa variable para el segundo semestre de 2023 aproximadamente el 90% de los estudiantes se encuentran en las franjas de estrato 1 a 3. Este comportamiento global se observa también en los periodos anteriores, con la diferencia de que el estrato 1 aumenta desde 8,54% en 2010-1 hasta 2023-2S¹².

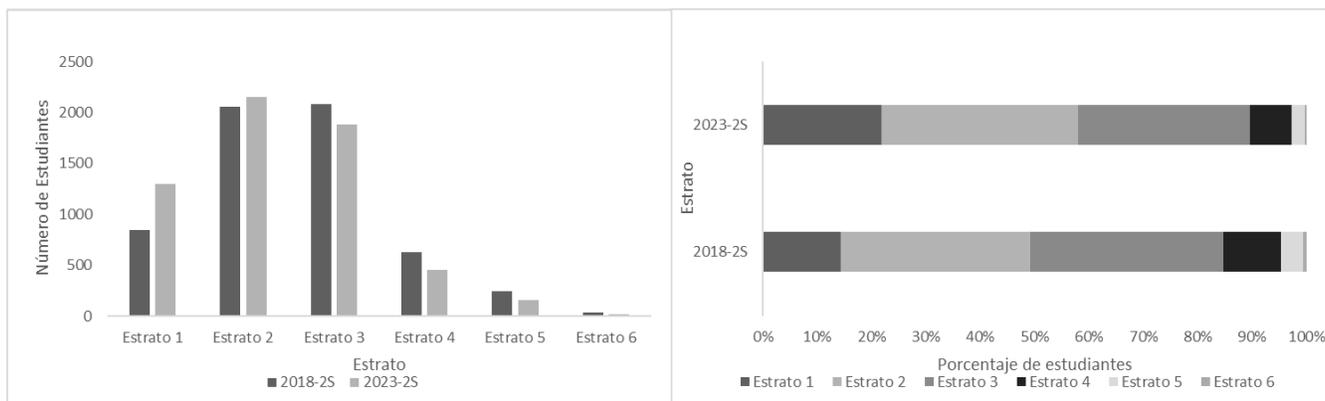


Figura 4-6 Población estudiantil de la Facultad por estrato socioeconómico para los años 2018-2S y 2023-2S

La Figura 4-7 presenta los recursos docentes para el semestre 2023-2S, de acuerdo con su máximo título obtenido.

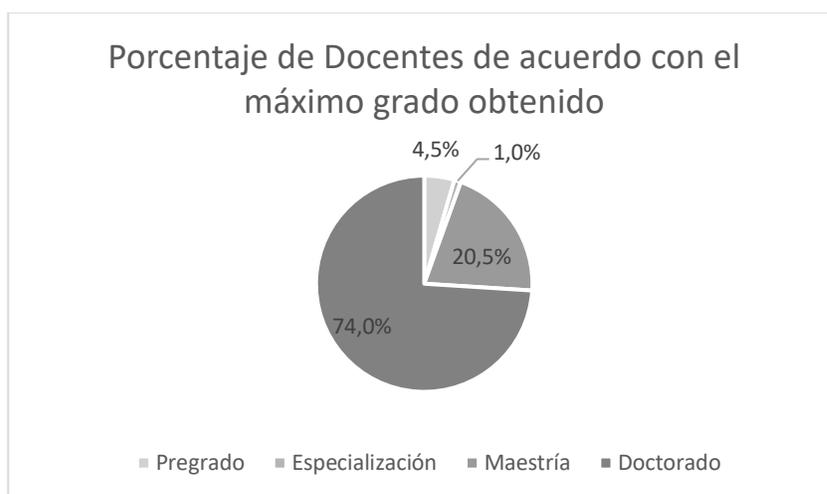


Figura 4-7 Recurso docente para el 2023-2S de acuerdo con el máximo grado obtenido.

¹² Datos tomados de https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/f08986e3-37f8-448e-9d17-330fef76b6c/page/p_zyl6kd05c

4.1.3.2. GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

La Facultad de Minas cuenta con un total de 72 grupos de investigación, de los cuales 55 están categorizados de acuerdo con la última convocatoria 894 de medición de grupos del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación realizada en el año 2021. 17 grupos no están categorizados.

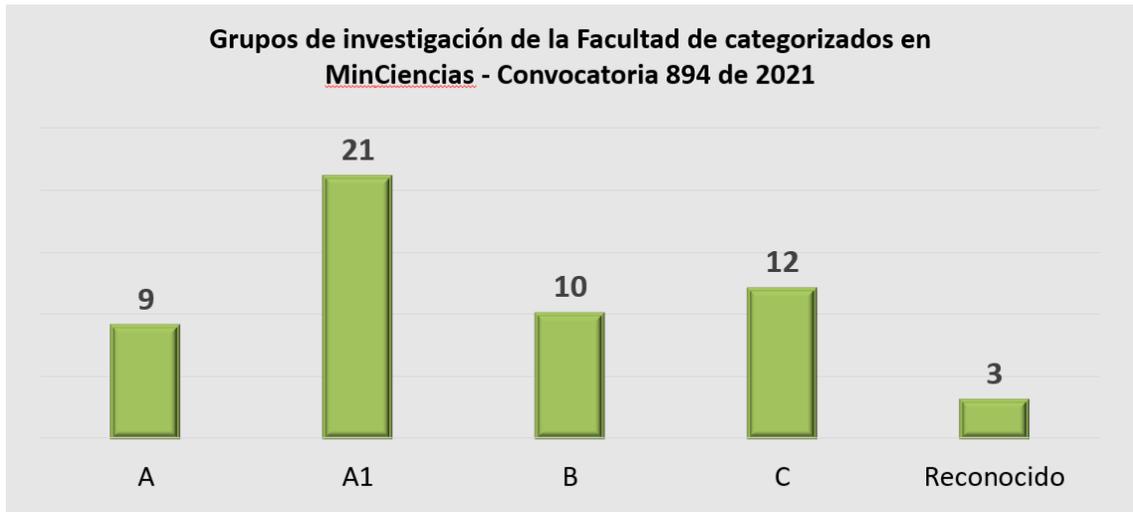


Figura 4-8 Distribución de los grupos de investigación de la Facultad de Minas de acuerdo con la categorización de MinCiencias. Tomada de la presentación de la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas.

4.1.3.3. ORGANIGRAMA DE LA FACULTAD DE MINAS -INDICADORES

La estructura interna académico administrativa de la Facultad de Minas fue definida por el ACUERDO 263 DE 2017 (Acta 12 del 12 de diciembre) del Consejo Superior Universitario (CSU) de la Universidad Nacional de Colombia. El organigrama reportado en la página web de la Facultad¹³ y de acuerdo con el acuerdo mencionado se presenta a en la Figura 4-9.

¹³ <https://minas.medellin.unal.edu.co/lafacultad/organigrama>

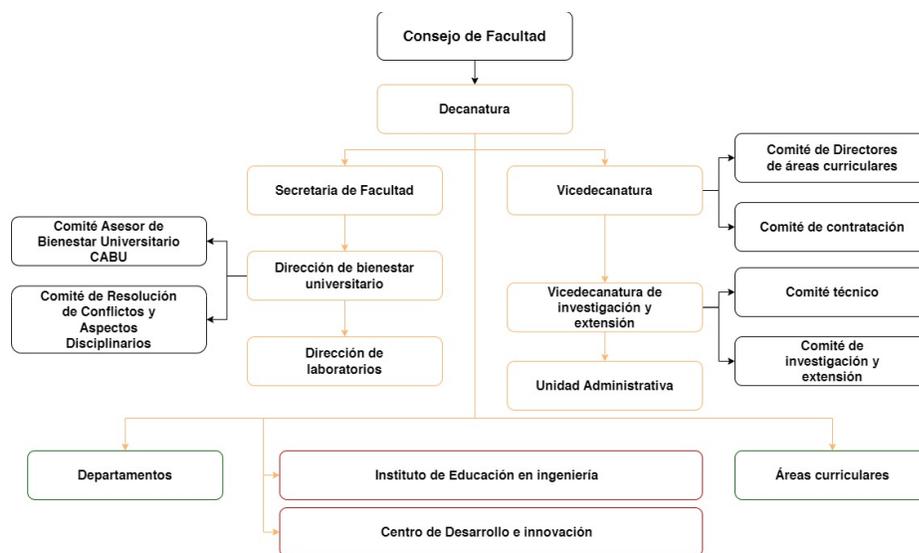


Figura 4-9 Organigrama de la Facultad de Minas.

Sobre esa estructura jerárquica vertical surgen observaciones tanto para las directivas como para la comunidad académica de la Facultad. En primer lugar, se plantea si ella representa la realidad de la gestión académica y administrativa de la institución, de acuerdo con lo aprobado por el CSU en el acuerdo 263 de 2017. En segundo lugar, esa estructura jerárquica no permite una visualización de los procesos de transformación académica, de acuerdo con una visión sistémica de la educación. Como se menciona allí, el modelo que reúne funciones y estructura representa una imagen estática de la Facultad; la visión organizacional por procesos, en cambio, permitirá un análisis constante de la operación y la eficiencia de la organización.

Dentro de las Unidades Académicas Básicas (UAB) que pueden existir en la Universidad Nacional de Colombia¹⁴, se encuentran las siguientes:

“Departamento. El Departamento es la comunidad natural de los docentes donde conciben y programan las actividades propias de la profesión académica, como la docencia, la investigación y la extensión. Podrá tener secciones a cargo de un coordinador, que deben corresponder a campos de especialización dentro de la disciplina. El Consejo Académico propondrá al Consejo Superior Universitario los criterios que regulen la creación, modificación o supresión de las secciones dentro de los Departamentos. Bajo la dirección de las autoridades académicas de la Facultad, el Departamento está obligado a atender las necesidades docentes de la Universidad, contribuye a definir la estructura de los programas curriculares de pregrado y posgrado, promueve el desarrollo estratégico de la investigación en su campo y coordina los grupos de investigación y difusión que formen sus docentes.”

¹⁴ ACUERDO 011 DE 2005 del Consejo Superior Universitario, "Por el cual se adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia"

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=84580>

Áreas Curriculares. “Programas Curriculares. Programa curricular es el conjunto de actividades académicas orientadas a la formación del estudiante y conducente a la obtención de un título. Cada Facultad tendrá los directores de programas curriculares por áreas que apruebe el Consejo Superior Universitario a solicitud del respectivo Consejo de Facultad. En cada Facultad funcionará con carácter permanente un Comité de Directores de Programas Curriculares como instancia consultiva y asesora del Consejo de Facultad.”

“Instituto. Su función principal es gestionar, coordinar y promover la actividad investigativa disciplinaria o interdisciplinaria en un campo específico, común a las disciplinas del área correspondiente a la Facultad y proyectar a la universidad en un campo estratégico para el país. En coordinación con la Facultad, el Instituto podrá proponer programas curriculares y asignaturas de pregrado y posgrado.”

“Centro. Su función principal es gestionar, coordinar y promover la actividad de extensión, ya sea disciplinaria o interdisciplinaria de la Facultad.”

En la Facultad de Minas se encuentran las siguientes UAB:

UNIDADES ACADÉMICAS BÁSICAS	CARACTERÍSTICA			
Departamentos, Instituto y Centro	Profesores Adscritos			
Departamento de Geociencias y Medio Ambiente	31			
Departamento de Ingeniería Civil	29			
Departamento de Ingeniería de la Organización	26			
Departamento de Energía Eléctrica y Automática	22			
Departamento de Procesos y Energía	33			
Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión	26			
Departamento de Materiales y Minerales	21			
Departamento de Ingeniería Mecánica	11			
Instituto de Educación en Ingeniería	1			
Centro de Desarrollo e Innovación en Ingeniería de la Facultad de Minas	0			
Áreas curriculares	Programas			
	Pre	Esp	MsC	PhD
Área Curricular de Medio Ambiente	1	2	2	2
Área Curricular de Ingeniería Civil	1	3	3	1
Área Curricular de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial	2	2	2	1
Área Curricular de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Control	2		2	
Área Curricular de Ingeniería Química e Ingeniería de Petróleos	2	2	2	1

Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática	1	5	3	1
Área Curricular de Recursos Minerales	2	2	1	
Área Curricular de Ingeniería Mecánica	1	1	1	1
Área Curricular de Materiales y Nanotecnología	0	1	1	1

Tabla 4-2 Composición y características de las UAB de la Facultad de Minas. Elaboración propia.

4.2. PROPUESTA PARA LA INNOVACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN LA INGENIERÍA PARA LA FACULTAD DE MINAS

4.2.1. EXPRESIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA NO ESTRUCTURADA -DIAGNOSTICO GENERAL

La Facultad de Minas forma parte del universo de facultades de ingeniería existentes en Colombia y en otros países que tienen diferentes imágenes institucionales con respecto a la educación superior, pero tienen en común diversos aspectos de la estructura organizacional que imponen fuertes barreras a los procesos de evolución e innovación de sus modelos de gestión administrativa, académica y curricular, necesarios para el acompañamiento de las rápidas y drásticas transformaciones impuestas por los cambios en: tecnologías, dinámicas socioeconómicas globales y locales, y el impulso hacia la modernización del país.

La Figura 4-10 ilustra elementos presentes en el proceso de formación de profesionales desde el punto de vista institucional: 1) el sistema de educación media provee la entrada principal al sistema, moldeada por las políticas públicas del Estado y las normativas definidas por la Universidad Nacional de Colombia en sus políticas de admisión; 2) la Facultad gestiona el proceso de transformación académica, curricular, pedagógica, humanística y técnica; y 3) el producto entregado a la sociedad, el egresado, requiere de estrategias de gestión y seguimiento para determinar los niveles de cumplimiento de las expectativas y recoger elementos de mejoramiento continuo del proceso transformador de vidas humanas, misión esencial de la Facultad.



Figura 4-10 Proceso de formación de profesionales desde el punto de vista institucional. Elaboración propia.

La metodología SSM utiliza diagramas o pinturas ilustrativas de la situación, descrita como “Rich Picture” por Checkland (Checkland, 2000). La imagen enriquecida es un ejercicio de identificación de relaciones entre factores, variables, acciones, actores, entre otros; la imagen enriquecida es una expresión integral de lo que realmente está sucediendo en la Facultad según la interpretación del facilitador o líder del estudio, o quien elabore la imagen, que desde luego se deberá presentar para ponerla en discusión en la comunidad y los diferentes grupos de interés, como una guía de acción.

Para la identificación de los campos de acción en los cuales se debe actuar para mejorar los procesos académicos involucrados en la formación del talento humano se procede a expresar los problemas específicos sobre los cuales se debe actuar. Adicionalmente, se aclara que no hay juicios de valor en lo expresado en la imagen, ver Figura 4-11.

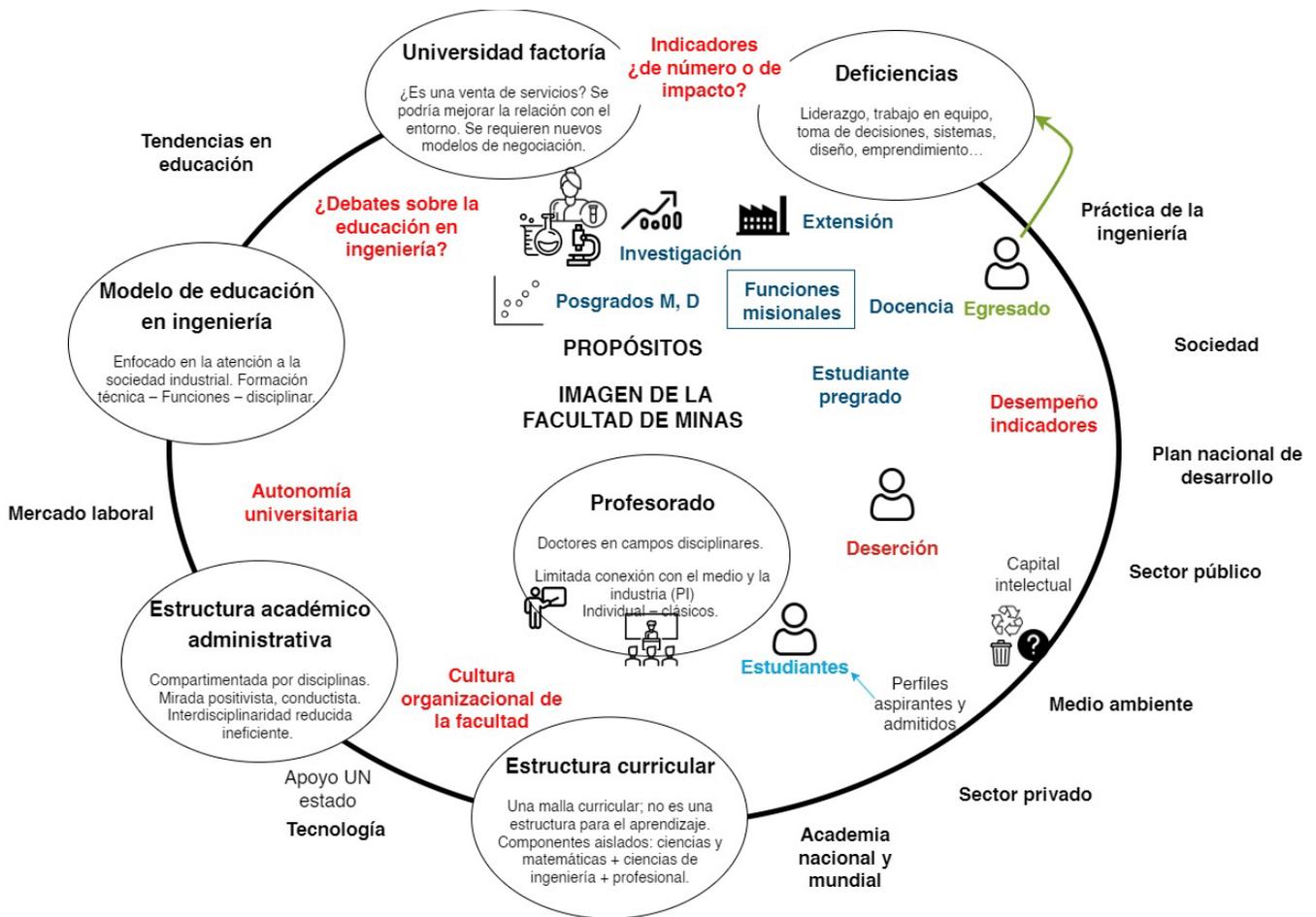


Figura 4-11 Imagen enriquecida de una expresión de lo que acontece en la Facultad de acuerdo con la interpretación del analista o facilitador. Elaboración propia.

4.2.2. LA SITUACIÓN PROBLEMA EXPRESADA – IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

A partir de la pintura que describe la situación global compleja, “rich picture” Figura 4-12, es necesario determinar los campos de acción relevantes en los cuales la comunidad y las directivas de la Facultad tiene capacidad de gestión. Como orientación, se retoma el dictamen expresado por varios autores sobre la enseñanza de la ingeniería en las últimas décadas: "estamos intentando educar ingenieros del siglo XXI, con currículos del siglo XX a través de instituciones del siglo XIX". (Duderstadt, 2008)

Es claro, de acuerdo con la metodología descrita, que la planeación estratégica y las propuestas de transformación o mejoramiento de la gestión de una facultad de ingeniería no se pueden limitar a un solo sistema relevante, o línea de acción. La cultura organizacional de las instituciones dedicadas a la educación superior, en específico las facultades de ingeniería, tienden a asumir que su modernización se logra a través de estrategias que actúan de forma independiente en algunos de los componentes descritos en la imagen que muestra la problemática global. Es común encontrar programas de transformación como:

reforma o armonización curriculares; reforma académico- administrativa; o transformación o innovación pedagógica, entre otras.

En esta radiografía se identifican los elementos críticos del modelo de educación en ingeniería, mostrados en el diagrama de la Figura 4-12. Los grandes componentes, denominados sistemas relevantes, son identificados en esta hoja ruta propuesta como prioritarios para impulsar la modernización de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia:

- La población estudiantil de la Facultad en todas sus dimensiones, esto permite mejorar la gestión de la entrada, o sea el conocimiento de los nuevos estudiantes;
- Tradiciones curriculares, reúne los aspectos importantes del diseño curricular, metodologías asociadas a los procesos enseñanza aprendizaje, estrategias pedagógicas, entre otros;
- El modelo de gobernabilidad y gobernanza de la facultad, representado en la estructura académico-administrativa pero que va más allá de la estructura jerárquica u organigrama, y que, a su vez, está fuertemente ligada al modelo curricular.
- La relación de la Facultad con el medio, sus formas de negociación y la efectiva participación en el desarrollo regional y nacional. La Figura 4-12 describe esos campos principales de acción (numerados 2, 3 y 4 en la figura),

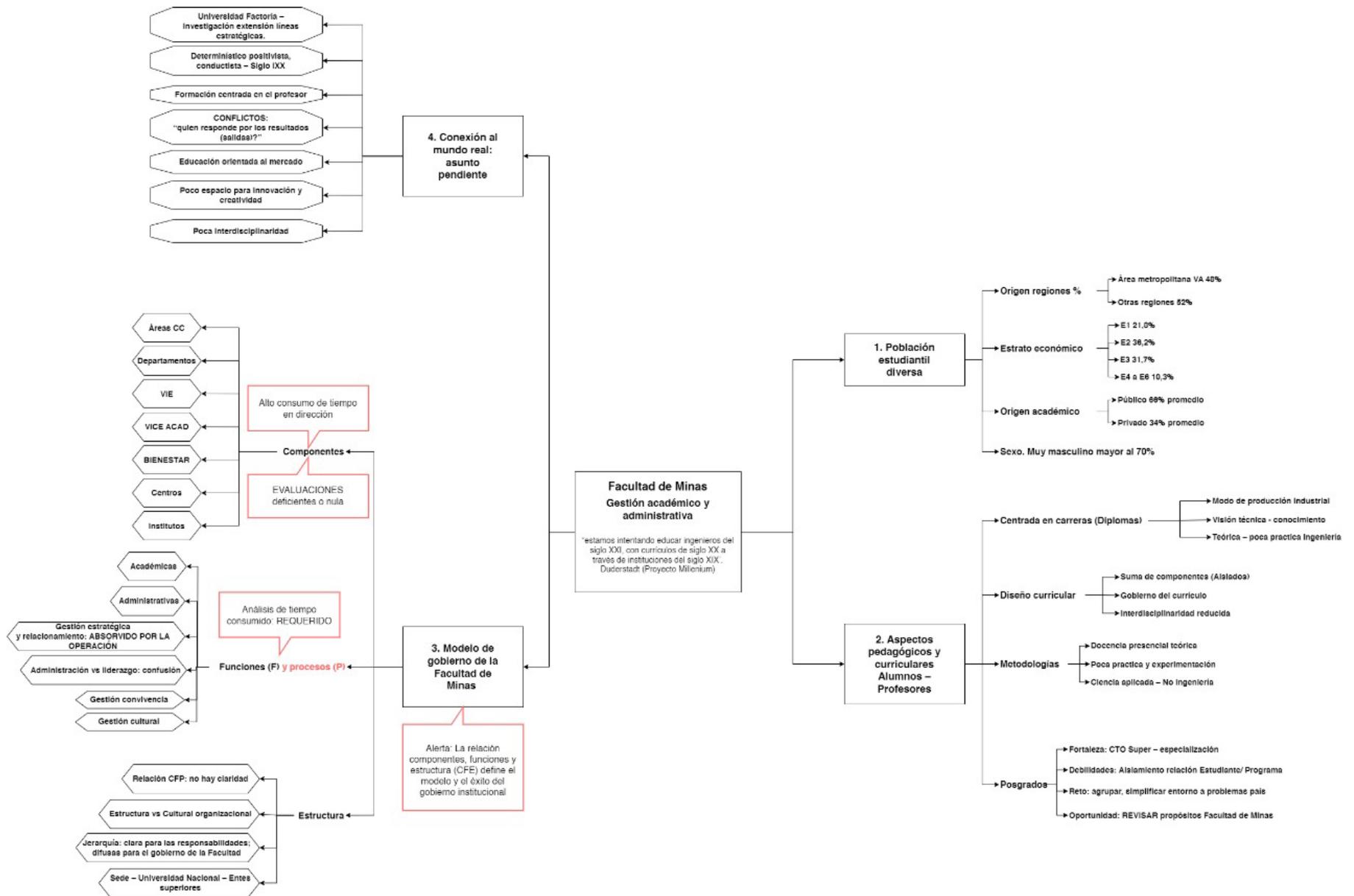


Figura 4-12 Diagrama de problemas de la Facultad de Minas. Elaboración propia.

4.2.2.1. SISTEMA RELEVANTE 1: ASPECTOS RELACIONADOS CON LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL- ASPIRANTES Y ALUMNOS

La Facultad de Minas cuenta con una población de 6000 estudiantes de pregrado, estabilizada desde hace una década; y aproximadamente 600 estudiantes de posgrado, población que viene en descenso continuo desde el semestre 2016-2 cuando alcanzó su máximo de 1062 estudiantes. En los dos casos se requiere un análisis de oferta y demanda de cada programa curricular ofertado, su historia y su proyección para determinar su continuidad. Iniciemos con la revisión de algunos programas de pregrado. Los datos presentados sobre oferta y demanda académica invitan a reflexiones importantes, útiles para la gestión estratégica.

La Figura 4-13 muestra la variación del número de estudiantes matriculados en programas de pregrado desde el año 1980 hasta el segundo semestre del año 2023. Este indicador de cobertura registra un aumento de población estudiantil hasta su estabilización alrededor de 6000 estudiantes. El incremento en los años 2020 a 2021, con un pico de 6799 en el semestre 2021-1, se asocia al impacto de la pandemia causada por COVID 19, periodo en el cual la universidad flexibilizó las normas académicas, aumentando así la retención; se observa una caída posterior de la población estudiantil que para 2023-2 fue de 5994 estudiantes.

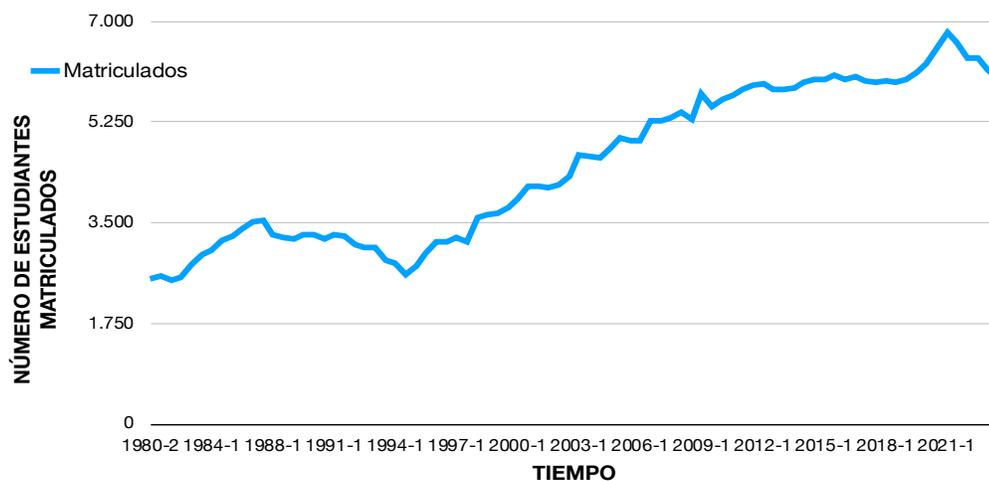


Figura 4-13 Variación población estudiantil de pregrado entre 1980 y 2023. Datos tomados de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional de la sede Medellín.

La variación del número de estudiantes matriculados para cada uno de los programas curriculares entre los años 2010 y 2023 se muestra en la Figura 4-14. Las tendencias mostradas por esas curvas permiten plantear algunos puntos de análisis. Todos los programas académicos, excepto sistemas e informática, muestran tendencia a la disminución del número de estudiantes a partir del primer semestre de 2021. Estas variaciones confrontadas con el indicador de demanda, entendido como el cociente entre número de inscritos a cada programa y los cupos disponibles, puede brindar información para la Facultad.

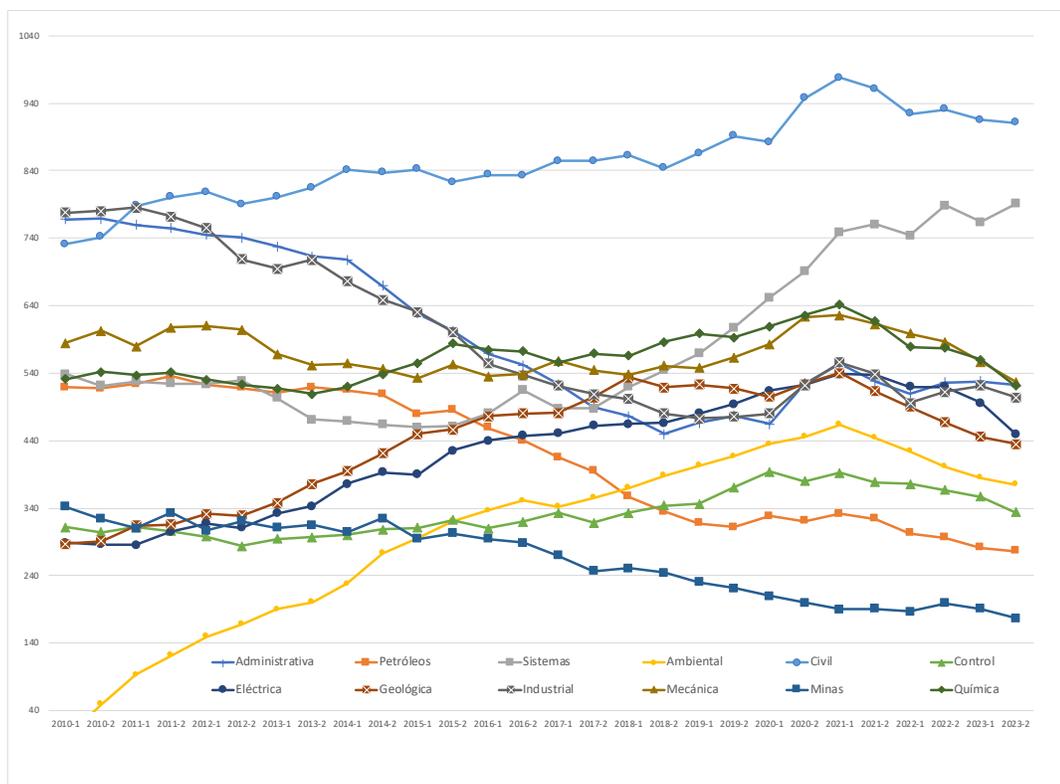


Figura 4-14 Variación del número de estudiantes matriculados para cada uno de los programas curriculares entre los años 2010 y 2023. Datos tomados de la Oficina de Planeación y Desarrollo Institucional de la sede Medellín.

La Figura 4-15 muestra el indicador de demanda global para la Facultad de Minas entre los años 2010 y 2023, cociente entre el número de inscritos con respecto al número de cupos. A partir de 2019 se observa una tendencia global a la disminución para la Facultad, que debe ser analizada con cuidado, ver gráfica de la figura izquierda. El gráfico de la derecha muestra la variación del número de cupos, admitidos y efectivamente matriculados desde el año 2010; la variación de cupos permanece aproximadamente constante en la última década, pero se observa una tendencia a la baja en los matriculados, con aumento del número de admitidos que desisten de la matrícula.

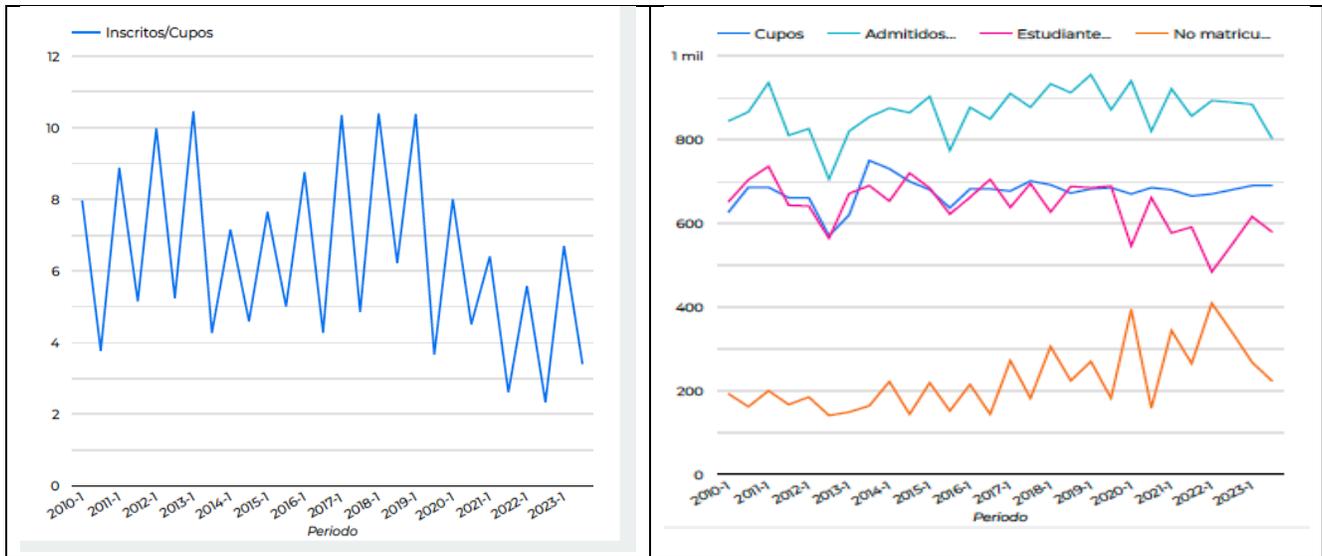


Figura 4-15 Indicador de demanda global para la Facultad de Minas entre los años 2010 y 2023. Elaboración propia.

El indicador de demanda se convierte en estratégico cuando se analiza su variación en el tiempo para algunos programas curriculares; a manera de ejemplo, se presenta la variación para algunos programas académicos entre los años 2010 y 2023. Hay dos resultados a analizar: el valor del coeficiente puede referenciar la intención o preferencia de la comunidad (juventud) hacia un programa determinado; este valor puede relacionarse con las diferentes regiones del país donde mida ese coeficiente. El segundo resultado es la variación del indicador en el tiempo, que se considera crítico para programas como Ingeniería de Petróleos y de Ingeniería de Control, citados en la Figura 4-16 y Figura 4-17; los ejemplos de sistemas y mecánica son más constantes en el tiempo, pero con una leve caída al final. El programa de ingeniería de sistemas se muestra en la Figura 4-18, de otro lado, mantiene un indicador de demanda relativamente alto. Se recomienda que cada comité hacer realice un haga un análisis de la demanda del programa curricular correspondiente.

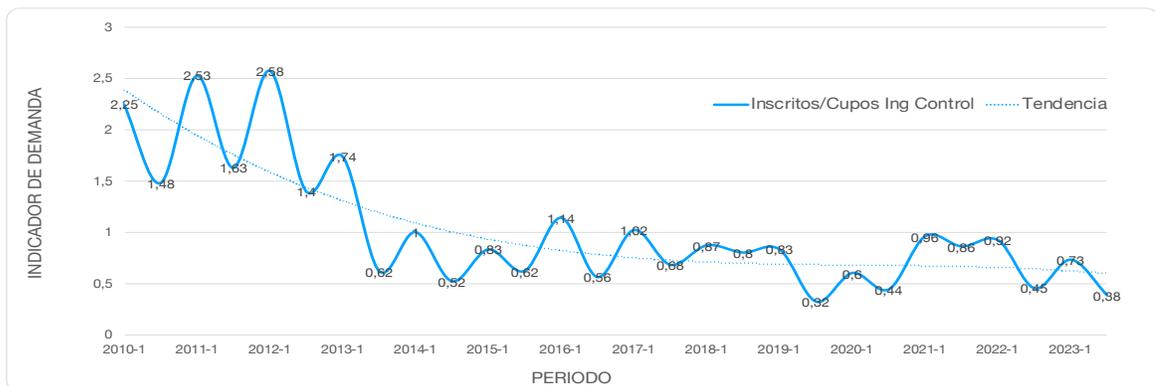


Figura 4-16 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Control. Elaboración propia.

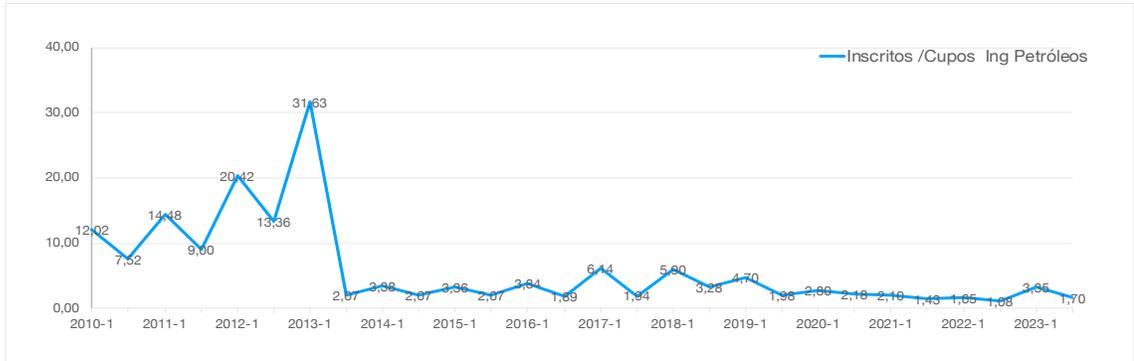


Figura 4-17 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Petróleos. Elaboración propia.

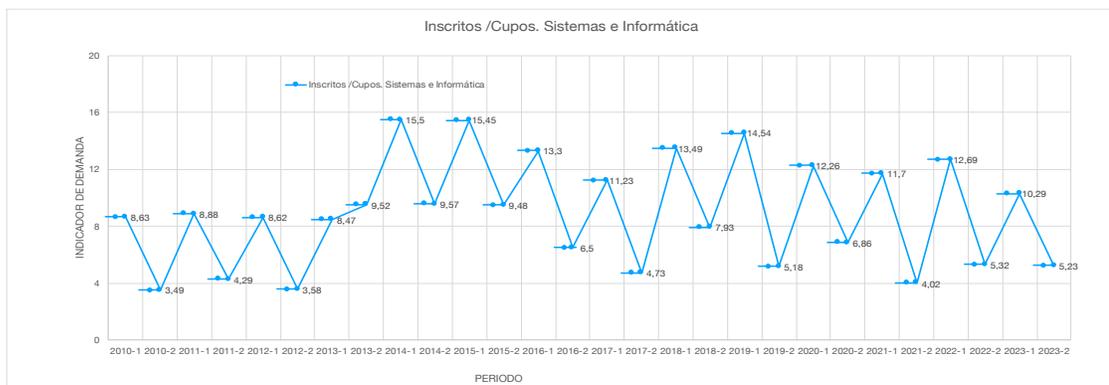


Figura 4-18 Ejemplo de indicador de demanda para el programa de Ingeniería de Sistemas e Informática. Elaboración propia.

Es relevante la información presentada sobre la procedencia de los admitidos a los programas de pregrado. Para el periodo 2023-2, el 52% de los alumnos matriculados eran provenientes de fuera del Valle de Aburrá, lo cual da un alcance más nacional a la Facultad, pero demanda una atención mayor en el acompañamiento, tanto académico como socioeconómico, dado que aproximadamente el 90% es de ingresos bajos.

La Figura 4-19 ilustra, a manera de ejemplo, la variación de la región de origen de los estudiantes matriculados en el programa de ingeniería de sistemas e informática a lo largo de 13 años (2011 a 2023). Se observa un aumento sostenido de la participación de estudiantes procedentes de fuera del área metropolitana del Valle de Aburrá, con un decrecimiento de la población local. Este cambio de comportamiento es importante si se relaciona con procesos de migración, cobertura y regionalización de la educación superior, además de las preferencias o vocaciones de las (os) aspirantes en las regiones. Un comportamiento similar se observa para Ingeniería administrativa; en cambio, para ingeniería de Minas y Metalurgia el mayor número de alumnos es de fuera del área de influencia directa de la Facultad.

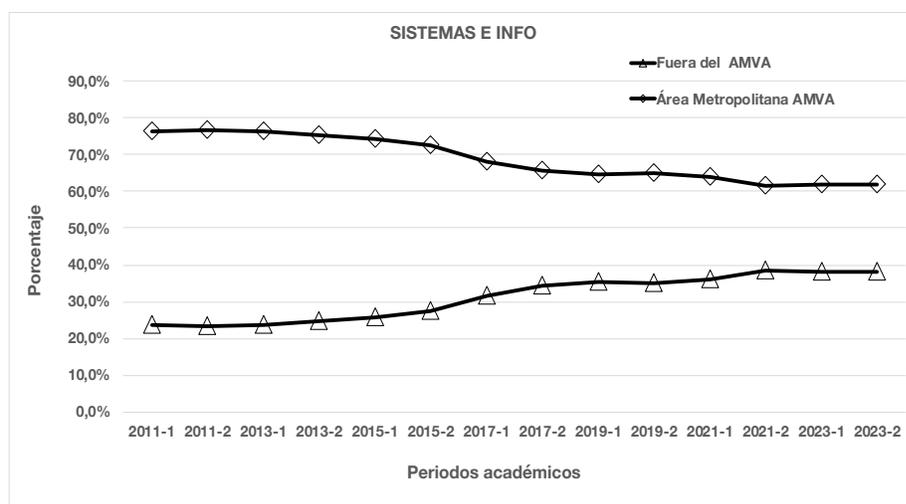


Figura 4-19 Variación de la región de origen de los estudiantes matriculados en el programa de Ingeniería de Sistemas e Informática a lo largo de 13 años (2011 a 2023). Elaboración propia.

4.2.2.2. SISTEMA RELEVANTE 2: ASPECTOS CURRICULARES Y METODOLÓGICOS - DIAGNÓSTICO

Los programas curriculares, permanecen “cuasi estáticos” desde hace varias décadas, no son estructuras curriculares flexibles, aunque la universidad en su Proyecto Educativo Institucional (PEI) y en el Acuerdo del CSU 033 de 2007 contemplan la flexibilidad, entendida solo como componente de libre elección y algunas asignatura optativas del componente disciplinar. Es un currículo único, rígido que no deja alternativas al estudiante para descubrir otros campos de saber, diferentes al que se inscribió, por opción u obligación; es lo que he denominado “formación tubular”; personas que a muy temprana edad se involucran en una carrera sin mayores posibilidades de movilidad entre áreas.

Se observa una gran resistencia al cambio en los métodos de enseñanza aprendizaje, tanto por parte de los docentes como los estudiantes y la forma misma de evaluarlo a través de la plataforma Edificando, sistema utilizado por la Universidad Nacional de Colombia para la evaluación del desempeño docente por parte de los estudiantes. La docencia magistral sigue dominando sobre las alternativas de aprendizaje activo, trabajo en equipo, seminarios, estudio de casos, aprendizaje basado en proyectos, entre otros, más motivadores que la tradicional clase magistral; son programas muy teóricos, con poca componente práctica y experimental, además que las actualizaciones necesarias de los contenidos no son realizadas con la rapidez que los cambios tecnológicos y sociales lo demandan.

Se destaca como parte de la problemática la enseñanza del diseño en un ambiente unidisciplinar, con enfoques a problemas particulares de un campo técnico (mecánica o eléctrica, por ejemplo); esta concepción restringe el desarrollo de habilidades transversales como la síntesis, el diseño, la planeación, la innovación, la gestión, trabajo en equipo, pensamiento crítico, resolución de conflictos, toma de decisiones informadas y bajo incertidumbre, entre otras, no presentes en las metodologías convencionales de ingeniería (Yoshikawa, 2004).

Por otro lado, la enseñanza de la matemática en los cursos de ingeniería se encuentra en el mismo estado de desarrollo desde hace 40 años, cuando la formación previa en ciencias y matemáticas desplazó el núcleo central del diseño, la formación humanística la gestión empresarial y el liderazgo. En general, se reconocen tres puntos críticos en la enseñanza de la matemática y la ciencia, a saber: poca relación de los contenidos y métodos con la realidad que trata de enfrentar la ingeniería; normalmente son dictados como cursos de servicio en otras facultades por docentes que no se conectan con la enseñanza de la ingeniería. Todo esto tiene incidencias en la repitencia y la deserción que alcanza su máximo en la mitad del programa como se ilustra en la Figura 4-20 y Figura 4-21.

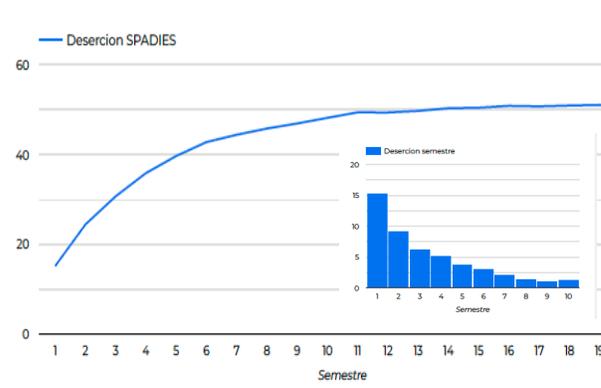


Figura 4-20 Deserción acumulada SPADIES. Consulta septiembre 2023.

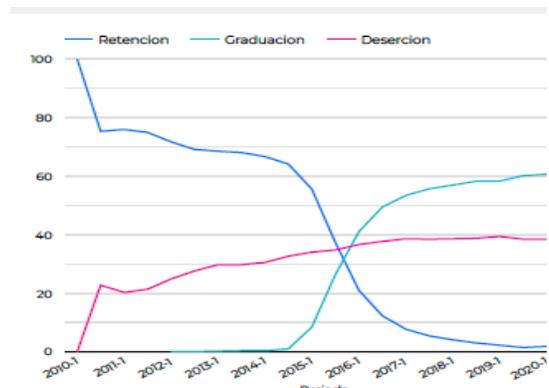


Figura 4-21 Índices de permanencia cohorte 2010. Elaboración propia.

4.2.2.3. SISTEMA RELEVANTE 3: MODELO DE GOBIERNO DE LA FACULTAD

La gobernanza de las instituciones de educación superior en Colombia enfrenta desafíos significativos. La politización de la educación superior, la falta de autonomía universitaria y la interferencia política en la toma de decisiones afectan la calidad académica, la gestión institucional y la capacidad de las universidades para responder a las necesidades de la sociedad. La presencia de los actores políticos en los órganos superiores de gestión de las universidades es un indicador de la falta de autonomía universitaria real. En el caso específico de la Facultad de Minas se enumeran algunos puntos específicos en los cuales se pueden hacer mejoras sustanciales en la eficiencia de los procesos y procedimientos académico - administrativos, la toma de decisiones, la definición de funciones de los cuerpos colegiados, es decir, el modelo mismo de gobierno que debe revisarse para lograr las actualizaciones necesarias en el estatuto de la Universidad.

La estructura organizacional universitaria debería ser un arreglo estructural que relaciona la distribución del trabajo y la forma de cooperación entre los miembros de la universidad para realizar las actividades, lo que se refleja principalmente en deberes, responsabilidades, poder, etc. Este arreglo define la distribución del trabajo y la modalidad de coordinación de la docencia, la investigación científica y otras misiones, y decide el estado de funcionamiento del modelo de gestión interna, el poder académico y el poder administrativo.

Las universidades enfrentan una crisis de su modelo organizacional para enfrentar los acelerados cambios del escenario socioeconómico, tecnológico, geopolítico y cultural. El diagnóstico de la educación en ingeniería descrito en términos de los alumnos del siglo XXI, que llegan a estudiar con currículos del siglo XX en facultades de ingeniería que tienen estructuras de gobierno del siglo XIX, tiene un sentido de reflexión para la evolución que se propone en este documento. Se destaca la enorme influencia que ejerce la estructura organizacional de la facultad de ingeniería, normalmente dejadas de lado en las comunes reformas curriculares o pedagógicas.

A continuación, se hace una corta descripción de los modelos organizacionales corrientes y posibles para una facultad de ingeniería y, en general, para una universidad, con algunas observaciones específicas para la Facultad que permitirán construir una propuesta en el marco de una estrategia de evolución:

Se considera que para una Facultad de 200 profesores la carga administrativa que debe soportar con su personal docente es bastante elevada y está representada en nueve (9) áreas curriculares, ocho (8) departamentos, un (1) centro (CDI) y un (1) instituto (IEI). Adicionalmente, existen tres (3) vicedecanaturas y una (1) dirección de laboratorios. Este cuadro de dirección es acompañado por un importante número de comités de diferente nivel jerárquico. Se hace necesario realizar un balance de cargas y tiempos dedicados a la administración.

La Facultad de Minas debe realizar un ejercicio (taller) de análisis de Funciones, Componentes, Procesos y Estructura (FCPE) para clarificar los roles de dependencias, con el objetivo de simplificar la estructura Académico - Administrativa que ha tomado un tono de autonomía universitaria individual, departamental, etc. La jerarquía es clara para las responsabilidades, pero difusa en la toma de decisiones.

En la Figura 4-22 se presenta un diagrama que agrupa procesos correspondientes a las funciones misionales y evidencia diversos comités que dan apoyo a la gestión. Varios aspectos que se sugiere revisar con base en la gestión por procesos, pues es duplicidad, o falta de claridad, en las funciones de los departamentos y las áreas curriculares. Para fines de la discusión, se transcribe a continuación la definición de departamento y de área curricular, según el acuerdo 263 de 2017 del CSU. La imagen de la derecha la figura plantea la discusión alrededor de la gobernanza real de la Facultad que se centra si el subsistema de Unidades académicas, áreas curriculares, direcciones, entre otros, tienen un nivel de autogobierno (autonomía) que dificulta la dirección estratégica y la toma de decisiones.

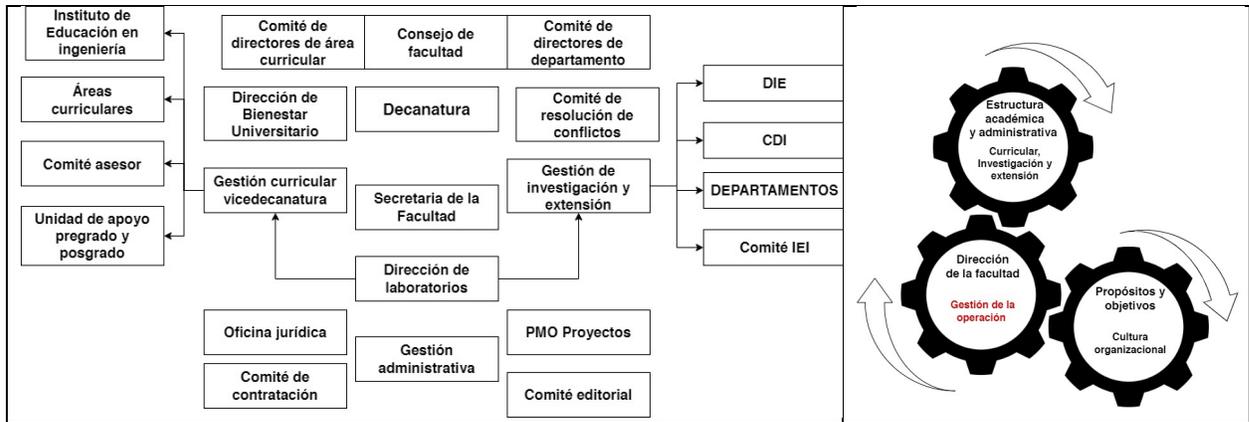


Figura 4-22 Componentes de la estructura organizacional de la Facultad. Elaboración propia.

El concepto del departamento disciplinar (de carrera) va en contravía de las tendencias globales de pensamiento sistémico y trabajo en equipos interdisciplinarios, necesarios para afrontar los retos del milenio y los problemas complejos que existe en el país. Esto es más crítico aún si existe un área curricular con el mismo nombre de programa. En todo sentido estratégico, la agrupación de profesores alrededor de un programa académico dificulta la proyección multidimensional que requiere una facultad de ingeniería para enfrentar los retos de la nueva sociedad.

Algunas ideas relativas a la modernización de la actual estructura pueden ser:

- 1) Mantener las áreas curriculares con el apoyo de un departamento de gestión de talento humano en docencia.
- 2) Crear una escuela de Posgrados que realice la gestión unificada de todos los programas de posgrado.
- 3) Crear un área curricular de pregrado única (Escuela de Pregrado) que agrupe todos los programas académicos.
- 4) El Instituto de Educación en Ingeniería debe contar con la participación de personal docente de planta.
- 5) En cuanto a los programas de trabajo académico. Debe advertirse sobre la necesidad de alcanzar un equilibrio entre las actividades de docencia, investigación y proyección social realizadas por el personal académico; la docencia tiene riesgos de perder importancia dados los incentivos que estimulan la generación de publicaciones informes de asesorías y consultorías.

4.2.2.4. SISTEMA EELEVANTE 4: LAS RELACIONES CON EL MUNDO REAL -LA PRÁCTICA DE LA INGENIERÍA

El impacto positivo de la Facultad en la región debe medirse por la participación en su desarrollo económico, tecnológico y social. Los indicadores de impacto que representan el número de egresados, los servicios vendidos, los artículos publicados, las asesorías prestadas a la sociedad, ya sean remuneradas o gratuitas, son muy limitados puesto que se entienden como transferencia de conocimiento, un término

muy asociado a la U2G. Un avance hacia la U3G demanda de la Facultad de Minas una participación efectiva, asociativa, en el desarrollo local y regional. Algunos puntos para desarrollar en el marco de la estrategia de evolución son:

Relacionamiento. Mejorar la conexión entre las instituciones educativas y sector productivo; las habilidades y competencias que demanda el mercado laboral son difíciles de cumplir desde la dinámica de enseñanza aprendizaje convencional. La concepción de universidad de qué limita sus logros al suministro de profesionales y a la prestación de servicios al medio sigue vigente. Se requiere de una dinámica de relacionamiento de carácter asociativo con los diferentes actores de la sociedad que genere la integración de conocimientos en la región; esto es, superar el modelo de U2G (Wissema, Towards the third generation university: Managing the university in transition, 2009).

Innovación. Estos aportes tecnológicos generan un ciclo virtuoso de crecimiento económico, al aumentar la productividad, la calidad de vida y la competitividad de las industrias. Con el desarrollo nuevas tecnologías, productos y procesos; en el mejoramiento de la eficiencia en sectores, como comunicaciones, energía, medicina, manufactura y construcción.

Investigación y desarrollo. Participar en el desarrollo de nuevas tecnologías, en optimización de los procesos y productos existentes, con la participación de los actores involucrados en el mercado y la ciudadanía misma.

Colaboración con la industria. Asociarse con empresas y organizaciones industriales locales para el intercambio de conocimientos, la transferencia de tecnología y la colaboración en proyectos de investigación conjuntos; esto permite alinear la investigación y programas académicos con las necesidades y demandas del sector empresarial local.

Participación en incubadoras y parques tecnológicos. La participación en estos escenarios complejos fomenta en estudiantes y profesores el espíritu empresarial, impulsa la creación de nuevas empresas de base tecnológica en la región y jalona recursos para las actividades de I+D+i.

4.2.3. DEFINICIONES RAÍZ Y MODELOS MENTALES PROPUESTOS - FORMULACIÓN DE PROPÓSITOS FUNDAMENTALES EN LOS SISTEMAS RELEVANTES.

A cada tema o problema identificado le corresponde, dentro del “mundo mental”, una definición raíz y un modelo conceptual propuesto para darle solución a cada parte del problema identificado. Así, a cada una de las cuatro áreas problema o sistemas relevantes priorizados por el analista le corresponde una definición raíz, o propósito fundamental, para resolverlo a través de un modelo conceptual. La decisión de priorización de las cuatro (4) sistemas relevantes aquí presentados se debe a que son la base esencial de la formación en Ingeniería y son elementos clave para el éxito de esta. La Tabla 4-3 muestra los componentes o sistemas relevantes identificados para enfrentar.

Sistemas Relevantes del Sistema de educación FM	Horizonte de tiempo CP, MP, LP	Cambios Organizacionales Generados	Cambios esperados en la educación
Gestión de la Población de aspirantes y alumno(as)	Corto Plazo (CP)= 6 meses MP Un programa a 5 años	Primer orden Refuerza tareas primarias	Disminución en la deserción (%)
Aspectos curriculares y pedagógicos	Corto Plazo = 1 año Medio plazo= 5 años	Primer orden –Refuerza tareas primarias	Evolución de currículos y metodologías acordes a las necesidades
Modelo de Gobierno de la Facultad de Minas	Acción temprana = 1 año Medio plazo= 5 años	Cambios de 2º orden- Evolucionarios y organizacionales	Evolución en el gobierno y en la gobernanza
Relacionamiento con el medio externo.	Corto plazo 6 meses Mediano plazo= 5 años	Cambios de 2º orden. De una facultad U2G a U3G	Relacionamiento dinámico con el ambiente local y nacional.

Tabla 4-3 Sistemas relevantes priorizados y la transformación esperada. Elaboración propia.

4.2.3.1. SUBSISTEMA RELEVANTE 1: GESTIÓN DE ASPIRANTES Y POBLACIÓN ESTUDIANTIL

El componente relacionado con los aspirantes y estudiantes nuevos, que incluye datos importantes de su perfil socioeconómico y demográfico, es el primer punto de la problemática que se propone abordar en esta propuesta; es decir, la entrada principal al sistema. La diversidad de procedencia genera un carácter multicultural a la población estudiantil, además de las diferencias que puedan aparecer en términos de preparación académica y capacidades económicas. Así, la caracterización de la población, la gestión de su ingreso a la facultad y la guía a través del primer año del programa tendrá efecto para disminuir la deserción académica, que a la postre mejorará el resultado global de la Facultad.

A) Propósito fundamental Subsistema Relevante 1: Gestionar el ingreso de los (las) estudiantes a la Facultad

Conectar la Facultad de Minas con el sistema de educación básica y media. Este propósito tiene como objeto cambiar la concepción de la ingeniería como la aplicación de las ciencias y la matemática; este estigma genera una imagen teórica y aburrida del estudio de la ingeniería y es responsable en parte de la reducción de la vocación de los y las jóvenes hacia las ingenierías, apoyado por estudiantes de último año o de posgrado y por educadores de colegios, para promover la ingeniería como campo de formación profesional. La estrategia de difusión debe orientarse a la importancia de la ingeniería en el desarrollo económico, social y tecnológico; a la formación de ciudadanos que ejerzan liderazgo en los escenarios de desempeño profesional. En especial, el espíritu creativo y emprendedor del ingeniero(a) diseñador (a) y la capacidad de gestión de proyectos sostenibles debe sobresalir sobre la presentación de campos específicos o disciplinares. Debe promoverse el respeto y la valoración de la formación de tecnólogos como una estrategia de la misma importancia de la ingeniería.

B) Lista de Involucrados, Transformaciones esperadas y Restricciones (CATWOE)

	Involucrados	Explicación del rol
C	Beneficiarios (consumidores)	Nuevos estudiantes y educadores del primer año que recibirán una formación amplia en ingeniería y en estudios generales.
A	Actores	Colegios, Estudiantes, profesores y directivos.
T	Transformación	Cambiar la forma de admisión y gestión de los nuevos estudiantes en la facultad.
W	Visión Global	La ingeniería como un sistema técnico social que sirve al desarrollo de capacidades tecnológicas y capital intelectual; no la simple visión de “el uso de la matemática y la ciencia para la solución de problemas”.
O	Gestores (directivos)	La Vicedecanatura académica y los gestores responsables de los programas curriculares
E	Restricciones Ambientales	- Tiempos de implementación, normativas de la UN (sistema superior), resistencia de las comunidades (se requiere comunicación efectiva)

Tabla 4-4 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 1. Elaboración propia.

En la Tabla 4-5 se despliegan los elementos del modelo conceptual que aportan a una nueva forma de gestionar la profesión de ingeniería ante la población estudiantil de la educación media y la sociedad en general. Las actividades propuestas son mostradas en la primera columna. La segunda columna ilustra la justificación de la actividad, mientras que la tercera confronta el modelo conceptual con la realidad. Se considera que este primer modelo genera cambios de primer orden que buscan mejorar los procesos relacionados con las tareas primarias (misionales) de la Facultad. La Figura 4-23 muestra un diagrama ilustrativo del modelo conceptual para el Subsistema Relevante 1.

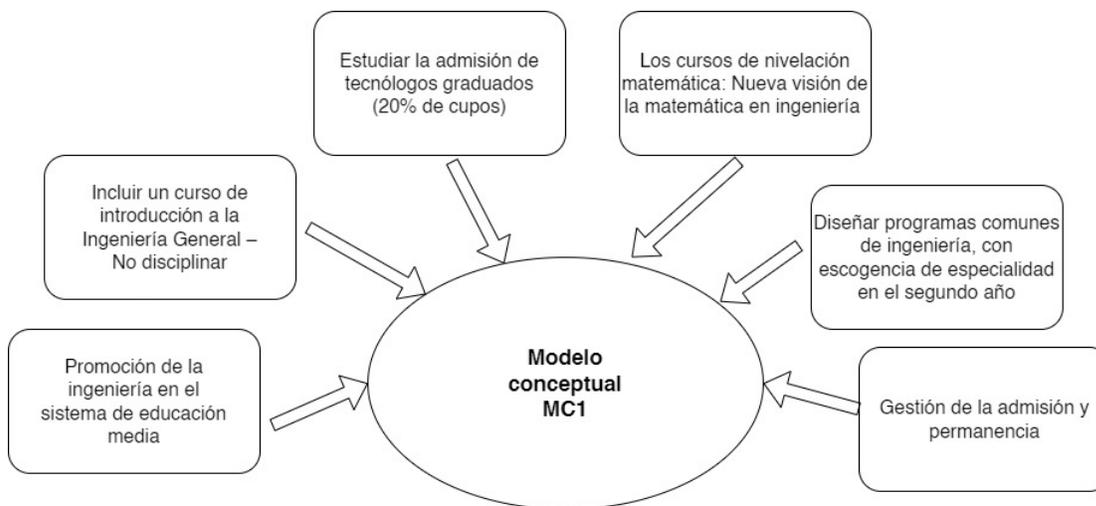


Figura 4-23 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 1. Elaboración propia.

Lista de actividades propuestas para gestionar al estudiante desde los procesos de admisión e ingreso al Facultad (año1):

Modelo conceptual – Elementos Actividades Propuestas	Justificación	¿Qué se hace hoy? Comparación con la realidad	¿Como se mide el éxito?
Promoción de la ingeniería en el sistema de educación media	Se debe iniciar la difusión de una nueva concepción de la ingeniería	NO	
Incluir un curso de introducción a la ingeniería General – No disciplinar	Se necesita visión sistémica, no disciplinar. Sunny Auyang Ref	SI. Hay cursos de Introducción a cada carrera de ingeniería	
Estudiar la Admisión de Tecnólogos graduados (20% de cupos)	Establece una ruta nueva de formación UN	NO	
Los cursos de nivelación matemática Nueva visión de la Mat en Ing	Mejorar la adaptación del estudiante a la UN	NO	
Diseñar programas comunes de ingeniería, con escogencia de especialidad en el segundo año	Facilita la decisión de quienes no tienen certeza sobre el área de aplicación	NO	
Gestión de la admisión y permanencia		Existe: Unidad de Acceso, Permanencia y Egreso en IEI	

Tabla 4-5 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 1. Elaboración propia.

C) Recursos

Para financiar actividades de discusión, tipo taller, con expertos, exdecanos (as), líderes y líderes que impulsen en la comunidad la consciencia de la imperativa urgencia del cambio de concepción de la ingeniería, para generar empatía con las nuevas generaciones.

4.2.3.2. SUBSISTEMA RELEVANTE 2: TRANSFORMACIÓN CURRICULAR Y METODOLÓGICA

Los programas curriculares de la Facultad de Minas, salvo pequeñas modificaciones impulsadas por las reformas curriculares globales de la Universidad Nacional de Colombia, mantienen las mismas estructuras fundamentadas en cursos de matemáticas y ciencias, conectados con áreas técnicas o disciplinares a través de los cursos de ciencias de la ingeniería. Cada carrera es un currículo único que no deja alternativas al estudiante para explorar otras áreas del conocimiento a la seleccionada para su ingreso a la Facultad; también hace parte de lo que he denominado “formación tubular”. Las habilidades necesarias para enfrentar los retos de la sociedad actual quedan en un segundo plano. Un planeta con crecimiento exponencial de la población y gran fragilidad ambiental, un contexto laboral caracterizado por la alta competitividad y una economía regida por el conocimiento y la innovación no constituyen un ambiente propicio para un egresado de nuestros programas clásicos disciplinares de ingeniería.

La formación profesional basada en las ciencias de la ingeniería y en los cursos propios de una especialidad es un modelo limitado para la formación del ingeniero del siglo XXI; no confiere al egresado las actitudes y habilidades que el actual escenario mundial exige en la práctica de la ingeniería.

No obstante, en las dos últimas décadas la Facultad ha dado los pasos iniciales en un largo camino para alcanzar la transformación de la educación en ingeniería, terreno en el cual ha sido reconocida desde hace 10 décadas en el país. Estrategias como el aprendizaje basado en Proyectos (Asignaturas de Proyectos en Ingeniería, año 2009), la creación del Instituto de Educación en Ingeniería (año 2017), las Cátedras de ingeniería, entre otras propuestas, constituyen esfuerzos iniciales que es necesario consolidar.

A) Propósito fundamental Subsistema Relevante 2: Hacia una visión sistémica de la Ingeniería – Innovación Curricular y Pedagógica

Constituir a la Facultad de Minas en una plataforma flexible de enseñanza de la ingeniería en la que coexisten dos componentes fuertemente desarrollados, utilizando estrategias pedagógicas activas, centradas en el estudiante. Una formación en competencias como sistemas, diseño, gestión, liderazgo y responsabilidad social, trabajo en equipo, pensamiento crítico, tomada de decisiones basadas en la información y bajo incertidumbre, entre otras, combinada con una sólida formación técnica disciplinar en algún campo de la ingeniería, que el estudiante decida.

B) Lista de Involucrados, Transformaciones esperadas y Restricciones (CATWOE)

	Involucrados	Explicación del rol
C	Beneficiarios (consumidores)	Estudiantes, egresados y profesores y directivos de la Facultad.
A	Actores	Directivo de facultad y de programas, profesores y estudiantes.
T	Transformación	Creación de un ambiente diferente de formación general en ingeniería centrada en liderazgo, pensamiento sistémico y responsabilidad social, con una formación técnica sólida.
W	Visión Global	La ingeniería como un sistema técnico social que sirve al desarrollo de capacidades tecnológicas y capital intelectual fundamentado en el diseño bajo restricciones, en la creación de conocimiento y en la gestión social.
O	Gestores (directivos)	La Vicedecanatura académica y las áreas curriculares responsables de cada programa
E	Restricciones Ambientales	- Tiempos de implementación, normativas de la UN (sistema superior), resistencia de las comunidades (se requiere comunicación efectiva)

Tabla 4-6 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 2. Elaboración propia.

En la Tabla 4-7 se despliegan los elementos del modelo conceptual que describe una facultad concebida como un sistema de formación de líderes y lideresas en ingeniería, no solamente de profesionales en campos de la técnica. Las actividades propuestas, mostradas en la primera columna, representan el modelo conceptual construido; la segunda columna ilustra la justificación de los desarrollos imaginados, mientras que la tercera confronta el modelo conceptual con la realidad. Se considera que este segundo subsistema puede demandar una combinación de cambio de primer y segundo orden, ya que se puede lograr parcialmente con cambios en las tareas básicas, pero su consolidación demandará modificaciones organizacionales. La Figura 4-24 muestra un diagrama ilustrativo del modelo conceptual para el Subsistema Relevante 2.

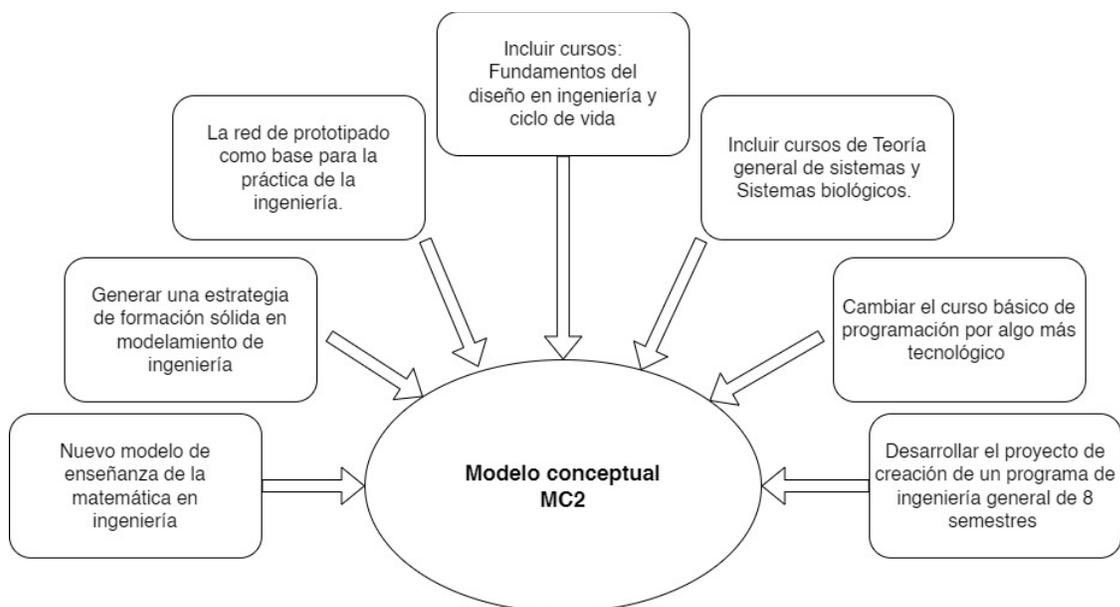


Figura 4-24 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 2. Elaboración propia.

Lista de actividades propuestas para producir una transformación curricular y pedagógica en la Facultad.

Modelo conceptual – Elementos Actividades Propuesta	Justificación	¿Qué se hace hoy? Comparación con la realidad	¿Como se mide el éxito?
Nuevo modelo de enseñanza de la Matemática en Ingeniería	El modelo de facultades de servicios se ha agotado. No hay pertenencia	NO	
Generar una estrategia formación sólida en modelamiento en ingeniería	Forma de conectar las ciencias, con la ing a través de la matemática.	NO	
La Red de prototipado como base para la práctica de la Ingeniería-	Un soporte de la estrategia Proyectos de ingeniería	NO	
Incluir un curso de Fundamentos del Diseño en ingeniería y ciclo de vida	Formación Fundamental /general	NO	
Introducir un curso de teoría General de sistemas	Pensamiento sistémico necesario para interpretar la complejidad	No	
Introducir un curso sobre Sistemas Biológicos.	Fundamentación para la sostenibilidad – Ing para la Vida	NO	
Cambiar el curso de principios de programación por algo más integral	Actualización tecnológica de los jóvenes	NO	
Desarrollar el proyecto de creación de un programa de ingeniería general de 8 semestres.	Renovación de la oferta de formación en Ingeniería	Propuesta presentada por el profesor Oscar Jaime Restrepo	

Tabla 4-7 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 2. Elaboración propia.

C) Recursos

Para financiar actividades de discusión, tipo taller, con expertos, exdecanos (as), líderes y líderes que impulsen en la comunidad la consciencia de la imperativa urgencia del cambio del currículo en ingeniería, para la formación de profesionales idóneos.

4.2.3.3. SUBSISTEMA RELEVANTE 3: GOBERNABILIDAD Y GOBERNANZA DE LA FACULTAD DE MINAS

La estructura organizacional universitaria es una relación estructural que relaciona la distribución del trabajo y la forma de cooperación entre los miembros de la universidad para realizar el trabajo, lo que se refleja principalmente en deberes, responsabilidades, poder, etc. Este arreglo define la distribución del trabajo y la modalidad de coordinación de la docencia, la investigación científica y otras misiones, y decide el estado de funcionamiento del modelo de gestión interna, el poder académico y el poder administrativo.

Las universidades enfrentan una crisis de su modelo organizacional para enfrentar los acelerados cambios del escenario socioeconómico, tecnológico, geopolítico y cultural. El diagnóstico de la educación en ingeniería descrito en términos de los alumnos del siglo XXI, que llegan a estudiar con currículos del siglo XX en facultades de ingeniería que tienen estructuras de gobierno del siglo XIX, tiene un mérito relevante en este punto del estudio en curso. Se destaca la enorme influencia que ejerce la estructura organizacional de la facultad de ingeniería, normalmente dejada de lado en las comunes reformas curriculares o pedagógicas.

A continuación, se hace una corta descripción del modelo organizacional corriente y otros posibles para una facultad de ingeniería y, en general, para una universidad.

El *modelo gremial* es el modelo organizacional presente en la mayoría de las universidades y está profundamente enraizado en los principios gremiales de las profesiones artesanales y no ha cambiado mucho desde su institucionalización en agrupaciones artesanales medievales. Los académicos han mantenido unos vínculos disciplinarios muy fuertes, gobernados por la lógica grupal y gremial, y han reivindicado ser los únicos legítimamente capaces de juzgar la calidad y el valor de su labor burocráticas de gestión de las tareas académicas esenciales, docencia e investigación. Esto genera resistencia entre los académicos ante el menor asomo de propuestas de modelos de administración formal y de gestión de sus actividades y productos, a menudo considerados un mal necesario; pero el modelo está en crisis, los académicos junto con los abogados y los médicos constituyen los últimos representantes significativos de los antiguos oficios autogobernados. (Heckscher & Martin-Rios, 2014)

Existen fuertes presiones sociales sobre las universidades, principalmente las públicas, en función de los resultados. El origen de las presiones es diverso, las comunidades tienen reclamos sobre la alta deserción y la empleabilidad, los empleadores cuestionan la aplicabilidad de los conocimientos impartidos y el Estado presiona sobre la efectividad de la inversión realizada en el sistema, entre otros. Esto ha impulsado propuestas de implementación de algunos modelos de gestión empresarial, desarrollados en las grandes corporaciones, en el ámbito académico con el objetivo de obtener un mayor control a través de indicadores de eficiencia y a responder de forma más ágil a las necesidades de la sociedad. Este modelo de gestión, denominado *administrativo-burocrático* empieza a impactar las universidades, a pesar de la resistencia de las comunidades académicas. Los procesos de acreditación, los índices de publicaciones, las evaluaciones de los estudiantes, los rankings universitarios, etc., son un claro reflejo de su aplicación en el sector académico.

Las comunidades académicas tienen una oportunidad para salir al paso de estos embates del modelo de mercado; se trata de sistemas colaborativos originados en las mismas grandes corporaciones (IBM, Apple, GM, entre otras) que ofrecen como alternativas un menor control jerárquico, más trabajo en equipo y mucho relacionamiento con el medio externo. El *modelo colaborativo* promete ser adecuado para las universidades, pero su implementación demanda la realización de talleres con la comunidad académica para discutir los propósitos de la facultad frente a la nueva sociedad y explorar las estrategias necesarias para alcanzarlos. Algunos intentos han sido reportados desde las administraciones, pero la lógica departamental disciplinar de los académicos es el gran obstáculo.

Se presentan algunos ejemplos que se pueden aplicar a la Sede Medellín de la Universidad Nacional de Colombia. El tema ambiental es fraccionado en los diferentes enfoques que cada facultad o departamento tiene, lo que dificulta la construcción de una visión holística de la problemática; la ciencia y la tecnología de materiales tiene un mismo trato particular de acuerdo con los intereses de las profesiones; la mecánica, el control, la robótica y la mecatrónica conformarían una robusta área de la Sede Medellín; y así puede plantearse para las geociencias, la energía y otras. Más adelante se presentará una propuesta al respecto.

A) Propósito fundamental Subsistema Relevante 3: Un modelo Organizacional Colaborativo en la Facultad de Minas (¿y en la Sede Medellín de la Unal?).

La actual crisis de vocacionalidad, de admisiones y de permanencia en la Facultad de Minas y otras facultades de ingeniería de la región puede entenderse como una oportunidad para implementar una estrategia de transformación organizacional y académica. La agrupación de académicos basada en la formación profesional o alrededor de un programa académico es un modelo agotado; la Facultad debe explorar un sistema flexible de asociación de docentes entorno a problemáticas nacionales y globales: ambiente, productividad y 4R, Big Data, Energías alternativas, sistemas de seguridad, etc.

La implementación de un sistema de administración colaborativo es especialmente importante en entornos académicos donde la investigación interdisciplinaria y la colaboración entre docentes son fundamentales para enfrentar problemas de alta complejidad; además, su desarrollo fortalece la cultura de colaboración en la facultad, mejora la eficiencia operativa y fomenta un entorno de aprendizaje y trabajo más integrado.

B) Lista de Involucrados, Transformaciones esperadas y Restricciones (CATWOE)

	Involucrados	Explicación del rol
C	Beneficiarios (consumidores)	Estudiantes, profesores y directivos de la Facultad.
A	Actores	Directivo de facultad y profesores.
T	Transformación	Una nueva estructura organizacional académica (flexible) alrededor de problemáticas o líneas estratégicas país; un sistema colaborativo entre facultades que permita la fluidez del conocimiento, la información, el apoyo, etc.
W	Visión Global	La Facultad de ingeniería es una institución clave en el sistema técnico social que sirve a la formación de talento humano y creación de conocimiento. Allí se crean capacidades tecnológicas para la región y el país con una visión sistémica donde la conexión con la sociedad es fundamental.
O	Gestores (directivos)	Consejo de Facultad y directivos; grupos focales.
E	Restricciones Ambientales	- Tiempos de implementación, normativas de la UN (sistema superior), resistencia de las comunidades (se requiere comunicación efectiva)

Tabla 4-8 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 3. Elaboración propia.

El modelo conceptual de la evolución organizacional de la Facultad que se propone someter a discusión incluye elementos clave que se deben convertir en actividades, mostradas en la Tabla 4-9. Las propuestas son mostradas en la primera columna; la segunda columna ilustra la justificación de los desarrollos imaginados, mientras que la tercera confronta el modelo conceptual con la realidad. Este tercer subsistema fue el aspecto motivacional en el desarrollo de este documento, y está relacionado estrechamente con los otros subsistemas. La Figura 4-25 muestra un diagrama ilustrativo del modelo conceptual para el Subsistema Relevante 3.

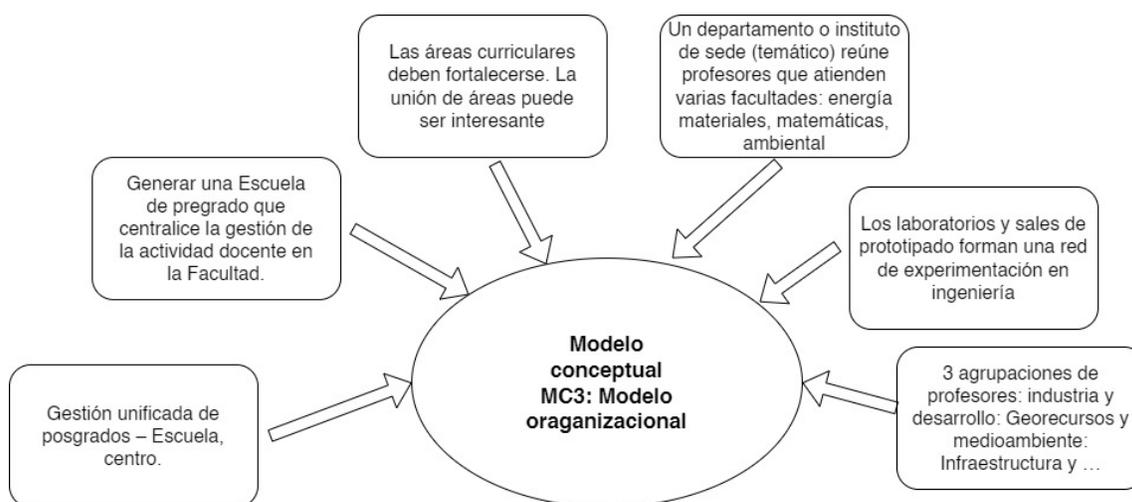


Figura 4-25 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 3. Elaboración propia.

Lista de actividades propuestas para producir una transformación curricular y pedagógica en la Facultad.

Modelo conceptual - Actividades Propuesta	Justificación	¿Qué se hace hoy? Comparación con la realidad	¿Como se mide el éxito?
Reunir los posgrados en una sola unidad: Escuela, Centro,	La gestión de posgrados específicos con estructuras administrativas independientes es ineficiente	El Acuerdo del CSU sobre posgrados 2023 abre la puerta a nuevos modelos de gestión	
Una Escuela o Dpto de pregrados que gestione la actividad docente de forma centralizada en la Facultad	La gestión departamental disciplinar no ha sido exitosa, ha tomado el lugar de las AC	NO	
Las áreas curriculares deben mantenerse – Fortalecerse.	Son el rostro de la institución ante el estudiante de pregrado.	Considero que las AC son la defensa de los programas de pregrado	
Un Dpto o instituto de Sede (temático) reúne profesores que atienden varias facultades en un área transversal: energía, materiales, matemáticas, ambienta El Doctorado en algunas Universidades se gestiona desde estas unidades.	Debería de existir una forma de organización de personal docente en Sede. Los profesores pertenecerían a las dos instancias: facultad (docencia) e instituto (investigación)	Se han hecho Intentos, pero no avanzan; la figura del Dpto es un obstáculo.	
Los labs y salas de prototipado forman una red de experimentación en ingeniería.	La práctica de la ingeniería requiere múltiples estrategias.	Las modalidades de TG, debe ampliarse. El SisLab es un buen comienzo	

Tabla 4-9 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 3. Elaboración propia.

C) Recursos

Para financiar actividades de discusión, tipo taller, con expertos, exdecanos (as), líderes y líderes que impulsen en la comunidad la consciencia de la necesidad de un cambio organizacional de la Facultad.

4.2.3.4. SUBSISTEMA RELEVANTE 4: CONTACTO CON EL MUNDO REAL - RELACIONES

La Facultad debe mejorar la conexión con las instituciones educativas del nivel medio y tecnológico, con el sector productivo y demás sectores económicos, así como con las organizaciones sociales de diferente naturaleza. La dinámica de relacionamiento con el exterior debe tender a ser de carácter asociativo con los diferentes actores de la sociedad que genere la integración de conocimientos en la región; esto es, superar el modelo U2G (Wissema, Towards the third generation university: Managing the university in transition, 2009).

Se plantea una participación más directa en la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, productos y procesos; en el mejoramiento de la eficiencia en sectores, como comunicaciones, energía, medicina, manufactura y construcción. Estos aportes tecnológicos generan un ciclo virtuoso de crecimiento económico, aumentar de la calidad de vida y la competitividad de las industrias, basada en un mejor talento humano. El intercambio de conocimientos, la transferencia de tecnología y la colaboración en proyectos de investigación conjuntos con empresas y organizaciones industriales alinea la investigación y los programas académicos con las necesidades y demandas del sector empresarial local. La estrategia de

las Asignaturas de Proyectos de Ingeniería es una oportunidad para vincular los estudiantes de pregrado con la solución de problemas reales.

A) Propósito fundamental Subsistema Relevante 4: La Facultad de Minas conectada con el entorno como generador de desarrollo (¿y la Sede Medellín de la Unal?).

Generar capacidades dinámicas en la Facultad para realizar convenios, emprendimiento, uniones, desarrollos tecnológicos, asesorías y consultorías de apoyo a los diferentes sectores de la sociedad, para construir una cultura de la integración de conocimiento, un concepto que supera la transferencia de conocimiento. La generación de capacidades dinámicas es fuertemente afectada por la cultura organizacional, por lo cual la implementación de un sistema de administración colaborativo facilitaría el relacionamiento con el entorno, porque potencia la investigación interdisciplinaria y la colaboración entre docentes para enfrentar problemas de alta complejidad.

B) Lista de Involucrados, Transformaciones esperadas y Restricciones (CATWOE)

	Involucrados	Explicación del rol
C	Beneficiarios (consumidores)	Estudiantes, egresados y profesores
A	Actores	Estudiantes y profesores, directivos, empresas.
T	Transformación	Una visión del mundo real más relacionada con la formación del egresado de la Facultad de Minas.
W	Visión Global	La ingeniería es una profesión que genera competencias técnicas, sociales, de liderazgo para insertarse en un mundo real.
O	Gestores (directivos)	Consejo de Facultad y directivos; grupos focales.
E	Restricciones Ambientales	- Tiempos de implementación, normativas de la UN (sistema superior), resistencia de las comunidades (se requiere comunicación efectiva)

Tabla 4-10 Análisis CATWOE para el Subsistema relevante 4. Elaboración propia.

El modelo conceptual (mental) de la transformación de la práctica de la ingeniería admite un sin número de estrategias de las cuales aquí se mencionan las principales y más relevantes. Al igual que en anteriores propuestas, en la Tabla 4-11 se presentan detalles de las actividades y la justificación de los desarrollos imaginados, mientras que la tercera confronta el modelo mental con la realidad. Este cuarto subsistema es un aspecto que demanda mucha gestión con los diferentes actores comprometidos. La Figura 4-26 muestra un diagrama ilustrativo del modelo conceptual para el Subsistema Relevante 4.

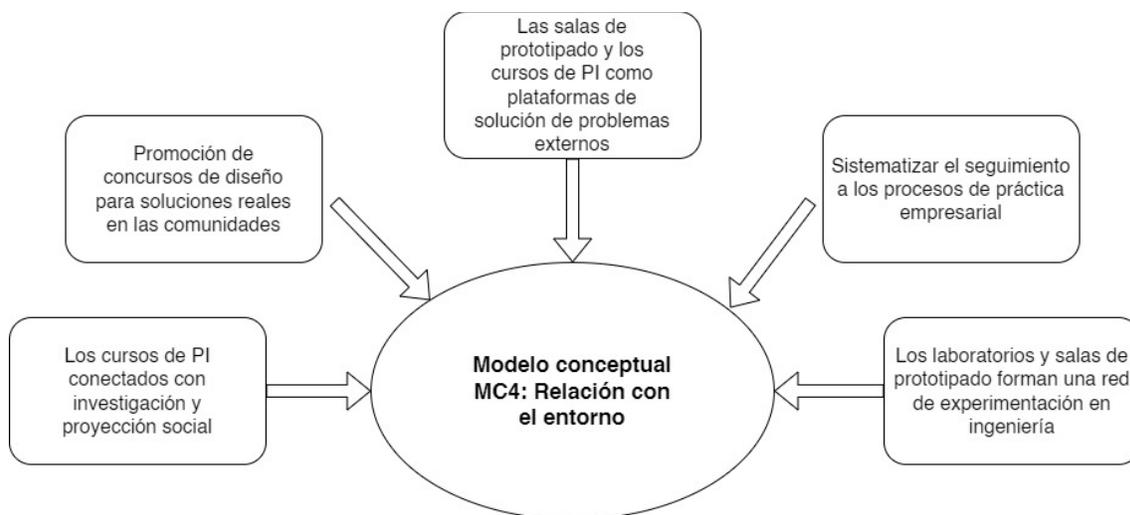


Figura 4-26 Modelo conceptual para el Subsistema Relevante 4. Elaboración propia.

Lista de actividades propuestas para producir una transformación de la práctica de la ingeniería durante la formación y el relacionamiento con el entorno de la Facultad.

Modelo conceptual - Actividades Propuesta	Justificación	¿Qué se hace hoy? Comparación con la realidad	¿Como se mide el éxito?
Los cursos de PI conectados con investigación y proyección ciudadana.			
Promoción de Concursos de diseño para soluciones reales en las comunidades.	En propio entorno hay muchos problemas técnicos que un estudiante de pregrado debería conocer.	NO	
Las salas de prototipado y los cursos de PI como plataformas de solución de problemas externos	La práctica de la ingeniería requiere múltiples estrategias.	Ya hay gestiones desde el instituto en esa dirección. (¿?)	
Sistematizar el seguimiento a los procesos de práctica empresarial	¿Realmente esa es la práctica de ing que necesita la Facultad?		
Promover las ferias de empleo	Potenciar la estrategia en relación con sectores o corporaciones específicas.	¿Ya se hace, se puede mejorar?	

Tabla 4-11 Elementos del modelo conceptual propuestos para desarrollar en el marco del Subsistema relevante 4. Elaboración propia.

C) Recursos

Para financiar actividades de discusión, tipo taller, con expertos, exdecanos (as), líderes y líderes que impulsen en la comunidad la consciencia de la necesidad de un cambio organizacional de la Facultad.

4.3. RUTA SUGERIDA PARA SOCIALIZAR E IMPLEMENTAR LA TRANSFORMACIÓN

La identificación de los problemas dentro de la situación global de la educación en Ingeniería, y en específico para el Caso de la Facultad de Minas, permitió establecer una línea base y formular propuestas de estrategias en los cuatro (4) componentes críticos relevantes priorizados por el analista. A partir de estos se generaron modelos conceptuales que deberán ser sometidos a discusión con el cuerpo directivo y la comunidad académica a través de talleres realizados con grupos focales definidos teniendo en cuenta la lista de Involucrados, Transformaciones esperadas y Restricciones (CATWOE) propuesta para cada uno de los modelos, dicha lista puede ser enriquecida de acuerdo con las discusiones y trabajo colectivo del grupo directivo. Todo esto corresponde metodológicamente a la aplicación de los pasos 6 y 7 de la metodología de los sistemas blandos (SSM) de Checkland con la cual se estructuró este documento.

Acciones sugeridas:

- Designación de grupos focales para la socialización y liderazgo del proyecto de la comunidad.
- Diseño y realización de talleres de sensibilización de la necesidad del cambio, que sirvan como parte del Diagnóstico del Sistema de Educación en Ingeniería. Deberán tener en cuenta el marco completo y las estadísticas del país.
- Realizar taller(es) para revisar los propósitos, la imagen institucional y las funciones de la Facultad de Minas de cara a la nueva sociedad (conocimiento y aprendizaje y su continua evolución).
- Consolidar un diagnóstico sobre la estructura curricular de los programas de pregrado y posgrado, derivado del proceso de armonización curricular realizado recientemente. Unido a los diagnósticos regionales y nacionales.
- Diseñar talleres conducentes a obtener los lineamientos generales para: a) modificación de las estructuras curriculares de los programas de la Facultad, incluyendo la propuesta de un programa de ingeniería general de cuatro (4) años en la Facultad de Minas; b) generar la conciencia en el personal docente y administrativo de la necesidad de hacer una reingeniería de la estructura y la cultura organizacional de la Facultad; c) gestionar las relaciones con el entorno para que la Facultad actúe como dinamizador y actor estratégico del desarrollo regional.

Los grupos focales deberán presentar propuestas elaboradas y utilizar metodologías colaborativas para su discusión y construcción propositiva.

- A partir de los lineamientos generales construir de manera colaborativa una propuesta de estructura curricular macro, modelo de gobierno y gobernanza y una estrategia de despliegue e implementación de estos, incluyendo una ruta con tiempos para el trámite de aprobaciones y actividades conexas.

- Establecer una matriz estratégica que sirva de plan de acción con los cambios deseables y posibles, en donde se especifique el paso a paso a realizar para su consecución, a corto, mediano y largo plazo, de todas las actividades propuestas en el marco de los procesos y los sistemas relevantes para la evolución de la Facultad de Minas.
- Establecer indicadores y metas, así como mecanismos de revisión y discusión para que sea un proceso dinámico de mejora y evolución continua, y que no sea solo para un resultado de actividades estáticas.
- Implementar los cambios definidos y aplicar los seguimientos necesarios.
- Una vez realizado el proceso global e interrelacionado para los cuatro (4) sistemas relevantes, es importante evaluar y revisar la decisión de incluir nuevos sistemas y aumentar las variables, que puede apoyar la pertinencia e integralidad de la formación en la Facultad de Minas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El éxito en el desarrollo e implementación de lo propuesto en la hoja de ruta para la evolución de las facultades de ingeniería depende fundamentalmente del grado de compromiso de las directivas, la planta docente y administrativa, así como del entendimiento del entorno globalizado en el que se encuentra la institución, que debe estar de cara con la realidad del país y no como instituciones aisladas.

Se recomienda implementar una estrategia de cambio permanente de los programas curriculares con el objetivo de recuperar y/o posicionar la imagen de la profesión de ingeniería en la sociedad, en el sentido de la pertinencia, liderazgo y la dinámica innovadora del profesional. Esto exige reconfigurar totalmente la visión y el papel de las ciencias y las matemáticas en la formación en Ingeniería.

La revisión de la estructura curricular de los programas de ingeniería no significa una disminución de los niveles de exigencia, pero sí una reconfiguración del balance de los componentes de fundamentación, competencias transversales y formación disciplinar, además, de la modernización de los métodos de enseñanza/aprendizaje a la luz de las nuevas tecnologías y el perfil de ingreso. Esta estructura debe incluir una actualización tecnológica y revisión constante de la pertinencia de los profesionales de cara a la solución de problemas reales del país y de una sociedad globalizada y su capacidad real de innovación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, R., & Michael, K. (2023). *Socio-Technical Theory: A review*. / ISBN: 9781739604400. In S. Papagiannidis (Ed), TheoryHub Book. Available at <http://open.ncl.ac.uk>.
- ACIEM. (2010). “Ciclos propedéuticos, un modelo por revisar y por mejorar”. *Revista ACIEM*(109).
- Acworth, E. B. (2008). *Research Policy*, 37, 1241-1254.
- Adams, M., & Oleksak, M. (2010). *Intangible capital : putting knowledge to work in the 21st-century organization*. Santa Barbara - California.
- Albu, M. (1997). Technological Learning and Innovation in Industrial Clusters in the South. Falmer, Brighton. Obtenido de Electronic Working Papers Series - Paper No 7.
- Alfonso Sánchez, I. R. (2016). La Sociedad de la Información, Sociedad del Conocimiento y Sociedad del Aprendizaje. Referentes en torno a su formación. *Bibliotecas. Anales de investigación*, 12(2), 235-243.
- Allen, R. C. (2010). Why was the Industrial Revolution British? . *The Kuznets Lecture: Yale University*. . Yale, U.S.A.
- Álvarez, K. T. (2 de Enero de 2016). Desarrollo local como herramienta de postconflicto en Colombia. *GeoGraphos. [En línea]*. , 7(82), 1-35.
- Anderson, J. L. (2019). President's Perspective What Is Engineering? *THE BRIDGE*, 49(4).
- Anghel, I. (2008). Intellectual Capital and Intangible Assets Analysis and Valuation. *Theoretical and Applied Economics*, 3, 75-84.
- Arenas, A., & Ramirez, D. (2010). Visión Prospectiva de la Formación en Ingeniería. *In 8 th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Arequipa, Perú.
- ASCE. (2007). *Achieving The Vision for Civil Engineering in 2025. A roadmap for the Profession*. American Society of Civil Engineers ASCE. American Society of Civil Engineers.
- ASME. (2008). *2028 VISION FOR MECHANICAL ENGINEERING. A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering*. ASME, Three Park Avenue, New York, NY 10016, USA. American Society for Mechanical Engineering.
- Auyang, S. Y. (2004). *Engineering -- an Endless Frontier*. New York, USA: Harvard University Press.

- Auyang, S. Y. (2005). Similarity and complementarity of science and engineering. *Conference on the Philosophy of Technology*. Copenhagen.
- Banathy, B. (1992). *A system view of education. Concepts and principles for a effective practice*.
- Banathy, B. H., & Jenlink, P. M. (2003). Systems inquiry and its application in education. En *Handbook of research for educational communications and technology* (págs. 37-58).
- Banco Mundial. (Agosto de 2003). APRENDIZAJE PERMANENTE EN LA ECONOMÍA GLOBAL DEL CONOCIMIENTO -. *Desafío para los Países en Desarrollo*. Mexico, Mexico. Recuperado el octubre de 2014, de http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/278200-1099079877269/547664-1099079984605/LLL_KE_Spanish.pdf
- Barge, S. (2010). *Principles of Problem and Project Based Learning The Aalborg PBL Model*. Aalborg University.
- Barret, T. (2005). Understanding Problem-based Learning (PBL) . En I. M. Terry Barrett, *Handbook of Enquiry and Problem-based Learning Irish Case Studies and International Perspectives* (págs. 13-25). Galway, Ireland: CELT, NUI Galway.
- Bejarano, H., Arroyave, M., Saldarriaga, M., Urrego, C., & González, D. A. (2017). El turismo urbano como oferta turística alternativa en Medellín: comportamientos espaciales de la ciudad como destino turístico. *Revista Humanismo y Sociedad*, 5(1), 8-16.
- Béjean, S. &. (2015). *Fostering a Learning Society. Report on the French National Strategy for Higher Education*.
- BENSON, L. C., BECKER, K., COOPER, M. M., & SMITH, O. H. (2010). Engineering Education: Departments, Degrees and Directions. *International Journal of Engineering Education*, 26(5), 1042-1048.
- Bertalanffy, L. V. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. . N. Y: George Brazillier.
- Birdsall, N., Pinckney, T., & Sabot, R. (2001). Natural Resources, Humna Capítla and Growth. En R. M. Auty (Ed.), *Resource Abundace and Econoic Development* (pág. 344). Oxford, England: Oxford University Press.
- BOKOVA, I. (2010). *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*.
- Botin, L., & Børsen, T. (2015). Techno-anthropology and engineering education: Between hybridity and social responsibility. En S. H. Editores, *International Perspectives on Engineering Education: Engineering Education and Practice in Context* (págs. 513-530.). Springer.
- Bramwell, A., & Wolfe, D. A. (2008). Universities and regional economic development: The entrepreneurial University of Waterloo. *Research Policy*, 37, 1175-1187.

- Brida, J., Rodriguez, M., & Mejia-Alzate, M. (2021). La contribución del turismo al crecimiento económico de la ciudad de Medellín – Colombia. *Revista de Economía del Rosario*, 24(1), 1-23.
- Brinkley, I. (27 de 07 de 2006). *The Work Foundation*. Recuperado el 30 de 10 de 2013, de Defining the knowledge economy: knowledge economy programme report: <http://www.theworkfoundation.com/Reports/65/Defining-the-knowledge-economy-knowledge-economy-programme-report>
- Buchanan, R. A. (Julio de 1986). The Diaspora of British Engineering. *Technology and Culture*, 27(3), 501-524.
- Buckley, J., Trevelyan, J., & Winberg, C. (2022). Perspectives on engineering education from the world of practice. *European Journal of Engineering Education*, 47(1), 1-7.
- Callaos, N. (2010). *The Essence of Engineering and Meta-Engineering: A Work in Progress*. Retrieved 2014 йил 15-enero from www.sciis.org/Nagib-Callaos
- Calvo-Amodio, J. (2019). Using principles as activity drivers in human activity systems. *Syst Res Behav*. wileyonlinelibrary.com/journal/sres Sci., 678–686.
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2020). *La estrategia cluster en Medellín: 15 años de una construcción colectiva*. Medellin, Antioquia, Colombia: Tragaluz editores.
- Cardona, M., & et al, e. (Abril de 2007). CAPITAL HUMANO: UNA MIRADA DESDE LA EDUCACIÓN Y LA EXPERIENCIA LABORAL. *Cuadernos de Investigación*(56), págs. 1-30.
- Casas, M. (Noviembre de 2005). Nueva universidad ante la sociedad del conocimiento. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* , 2(2).
- CEBR. (september de 2016). <https://raeng.org.uk/media/mp2odj00/final-cebr-report-12-09.pdf>. Obtenido de Centre for Economics and Business Research - Royal Academic of Engineering: <https://raeng.org.uk/publications/reports/engineering-and-economic-growth-a-global-view>
- Cedeño, I., & Jaramillo, M. (2017). Las bases de la ciencia: Positivismo y Postpositivismo. *Doctum*, 93-111.
- CEPAL. (Octubre de 2007). Indicadores de capacidades Tecnológicas en America Latina. *Series Estudios y Perspectivas*. No 89. Mexico.
- CEPAL-SEGIB. (2010). *INNOVAR PARA CRECER Desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible e inclusivo en Iberoamérica*. Recuperado el 7 de 07 de 2014, de NACIONES UNIDAS - CEPAL: http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/37968/2010-100-Innovar_para_crecer_Espa%C3%B1ol_Formato_nuevo.pdf
- Chacón, D. C. (2021). *EL RETORNO DE LA INDUSTRIA MICE EN MEDELLÍN A LA NUEVA NORMALIDAD*. Medellin: Universidad Politécnico Granacolombiano.

- Chandrasekaran, S., Stojcevski, A., Littlefair, G., & Joordens., M. (2012). Learning through projects in engineering education. In SEFI 2012 Engineering Education 2020: Meet The Future:.. *40th SEFI Annual Conference 2012. European Society for Engineering Education (SEFI)*.
- Checkland, P. (2000). Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective. *Systems Research and Behavioral Science Syst. Res.* (17), S11–S58.
- Checkland, P., & Poulter, J. (2010). Soft Systems Methodology. En M. & Reynolds, *Systems approaches to managing change: a practical guide*. Springer Science & Business Media.
- Childe, G. (Nov de 1957). The Bronze Age . *Past & Present*(12), 2-15.
- Childe, G. (1996). *Los orígenes de la civilización*. Fondo de Cultura Económica.
- Cisco Systems, Inc. (2010). Obtenido de https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/citizenship/socio-economic/docs/TLS_Spanish.pdf
- Commission-Boyer. (2004). *Education, Reinventing Undergraduate. "A Blueprint for America's Research Universities (1998)."*. The Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University.
- Corrado, C., Hulten, C., & Sichel, D. (2009). Intangible capital and US economic growth. *Review of income and wealth*, 55(3), 661-685.
- Craig, K. (2015). Transformational engineering education. In *2008 ASEE North Midwest Section Local Conference. Proc. of ASEE North Midwest Section, University of Wisconsin-Platteville, Platteville, Wisconsin*. American Society of Engineering Education (Vol. 16).
- Craig, K., & Nagurka, M. (2010). Multidisciplinary engineering systems 2nd and 3rd year college-wide courses. In *2010 IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*, (págs. 1-15).
- CRANCH, E. T. (1986). *Engineering Undergraduate Education ENGINEERING EDUCATION AND PRACTICE IN THE UNITED STATES*. National Academy of Sciences. . Whashington: NATIONAL ACADEMY PRESS.
- Crawley, E. (2001). The CDIO Syllabus. A statement of goals for Undergraduate Engineering Education (2001). *The CDIO Syllabus V 1*. Boston, USA.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Lucas, W. A., & Brodeur., D. R. (2011). "The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education. In *Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark. 2011*.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). Historical accounts of engineering education. En *In Rethinking engineering education*, (págs. 231-255). Springer International Publishing,.

- Crosthwaite, C. (2021). *Engineering futures 2035 engineering education programs, priorities & pedagogies*. Australian Council of Engineering Deans, Report.
- Crosthwaite, C., Lee, P., King, R., Hargreaves, D., Foley, B., Goldfinch, T., & ... & Wilson. (2019). Preparing the next generation of engineers: what will an engineering graduate of 2035 look like? *In Australasian Association for Engineering Education Conference*, (págs. 715-721). Brisbane.
- David, P. A., & Foray, D. (2002 йил Marzo). Una introducción a la economía y a la sociedad del saber. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*(171), 7-28.
- De Graaff, E., & Ravesteijn, W. (2001). Training complete engineers: global enterprise and engineering education." 26, no. 4 (2001): 419-427. *European Journal of Engineering Education*, 26(4), 419-427.
- de Graff, E., & Kolmos, A. (2007). History of Problem-Based and Project-Based Learning. En E. d. Graff (Ed.), *Management of Change – Implementation of Problembased and Project-based Learning in Engineering* (págs. 1-29). Sense Publishers.
- Dei, D.-G. J., & Van der Walt, T. B. (2020). Knowledge management practices in universities: The role of communities of practice. *Social sciences & humanities open*, 2(1).
- Deming, D. (2010). *Science and technology in world history V 1 -The ancient world and classical civilization* (Vol. 1). USA: McFarland & Company, Inc., Publishers.
- Dettmer, J. (2003 йил Octubre-Diciembre). *Revista de la Educación Superior*, XXXII (4)(128), 81-93.
- Drucker, P. W. (1959). *Landmarks of tomorrow: A report on the new" post-modern. World*. New York : Harper Colophon Books. .
- Duderstadt , J. (2008). *Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*. The University of Michigan.
- Duderstadt, J. (2008). *Engineering for a Changing World A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research and Education*. Obtenido de The Millennium Project, The University of Michigan: <http://milproj.dc.umich.edu/>
- Duque, M., Gauthier, A., Gomez, R., Loguerrero , J., Pinilla , A., Aubad, R., & Lopez , H. (1999). Formación de ingenieros para la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia, revista. *Dyna*.(128), 63-82.
- Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D., & and Leifer, L. (January de 2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- Dzemyda, I., & Jurgelevicius, A. (2014). THE IMPACT OF INTANGIBLE CAPITAL ON COUNTRIES' SUSTAINABILITY DURING THE ECONOMICAL RECESSION. *8th International Scientific Conference ""Business and Management 2014, May 15-16*, (pp. 814-822). Vilnius, Lithuania.

- Factoria de la innovacion.org. (2013). <http://www.factoriadelainnovacion.org>. Recuperado el 03 de febrero de 2014, de <http://www.factoriadelainnovacion.org/index.php>
- Figueiredo, A. D. (2008). *2008 Workshop on Philosophy and Engineering, The Royal Academy of Engineering London, November 10-12, 2008*. Retrieved 2013 йил 26-diciembre from Toward an Epistemology of Engineering: <http://ssrn.com/abstract=1314224>
- Finch, J. K. (1961). Engineering and Science: A Historical Review and Appraisal. *Technology and Culture*, 2(4), 318-332.
- Fruchter, R., & Lewis, S. (2003). Mentoring Models in Support of P5BL in Architecture/Engineering/Construction Global Teamwork. *International Journal of Engineering Education* 19, no. 5 (): , 19(5), 663-671.
- Fuchs, W. (April de 2012). The New Global Responsibilities of Engineers Create Challenges for Engineering Education. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(1), 111-113.
- Gavin, K. (2011). Case study of a project-based learning course in civil engineering design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6).
- Gerhart, A. L., & Fletcher., R. W. (2011). "Project-Based Learning and Design Experiences in Introduction to Engineering Courses-Assessing an Incremental Introduction of Engineering Skills.". In *American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education.
- Gertler, M. S. (2001 йил June). Tacit Knowledge and the Economic Geography of Context or The Undefinable Tacitness of Being (There). *Program on Globalization and Regional Innovation Systems*. Aalborg, Denmark.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scot, P., & Trow, M. (1994). *THE NEW PRODUCTION OF KNOWLEDGE*. LONDON: SAGE.
- Godin, B. (2008). *The Knowledge Economy: Fritz Machlup's Construction of a Synthetic Concept*. Retrieved 2013 йил 15-diciembre from Project on the History and Sociology of S&T Statistics - Working Paper no. 37: <http://www.csiic.ca/index.html>
- Gómez, L. J., Leal, J., & Mendivelso, R. (2023). Estrategias para la educación inclusiva en la Universidad Nacional de Colombia: Experiencia de los programas especiales de admisión PAES y PEAMA. *Journal of Equity & Social Justice in Higher Education*.
- Gonzalez, P., & Ospina, R. (2016). *EL TURISMO EN MEDELLÍN Y SUS EFECTOS NO PREVISTOS: Un análisis de la política de internacionalización de la ciudad durante el periodo 2008-2015*. Medellín: UNIVERSIDAD EAFIT.
- Guzmán, J. (2008). La sociedad del conocimiento y el aprendizaje. Una nueva forma de pensar. *PHAROS Arte, Ciencia y Tecnología*, 14(1).

- Haddad, J. A. (1985). *Engineering Education and Practice in the United States. Foundations of Our Techno-Economic Future*. . National Research Council. Washington: National Academy Press.
- Harmer, N. (2014). *Project-based learning Literature review* . PLYMOUTH UNIVERSITY .
- Harms, A., Baetz, B. W., & Volti, R. (2004). *ENGINEERING IN TIME. The Systematics of Engineering History and Its Contemporary Context*. London, UK: Imperial College Press.
- Heckscher, C., & Martin-Rios, C. (Enero-Abril de 2014). HACIA LA UNIVERSIDAD COLABORATIVA Promoviendo un debate sobre el modelo organizativo académico. *Revista Internacional de Sociología (RIS)* , 72(1), 203-219.
- Hessels, L., & van Lente, H. (May de 2008). Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda. (U. U. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Ed.) *Research Policy*, 37(4), 740–760.
- Howells, J. R. (2002). Tacit Knowledge, Innovation and Economic Geography. *Urban Studies*, 39(5-6), 871-884.
- Issapour, M., & Sheppard, K. (2015). Evolution of American Engineering Education . *Conference for Industry and Education Collaboration, 2015, Session ETD-315* . American Society for Engineering Education.
- Jacobs, G., & Asokan, N. (1 de Enero de 2003). *MSS Research*. Recuperado el 4 de Marzo de 2023, de https://mssresearch.org/?q=Towards_a_Knowledge_Society
- Kabir, N. (2013). Tacit Knowledge, its Codification and Technological Advancement. *The Electronic Journal of Knowledge Management*, 11(3), 235-243.
- Kamp, A. (2014). *Engineering Education in the Rapidly Changing World*. Delf The Netherlands: Delft University of Technology.
- Kamp, A. (2016). *Engineering Education in the Rapidly Changing World - 2a Edición*. Delf, The Netherlands: Delft University of Technology, Faculty of Aerospace Engineering.
- Killgore, W. (2014). *Visions of the Future of Engineering Education: Sharpening the Focus*. . 121st ASEE Annual Conference & Exposition, . ASSE.
- Kim, L. (2001 йил junio). La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización. *Revista internacional de ciencias sociales*(168).
- Kim, L. (2005). *Da imitação à inovação: a dinamica do aprendizado tecnológico da Coréia*. Campinas, Brazil: Editora da Unicamp.
- King, J. E. (2007). *Educating Engineers for the 21st Century*. . The Royal Academic of Engineering, London.

- Kirby, R., Withington, S., Darling, A., & Kilgour, F. (1990). *Engineering in History*. New York: Dover Publications, Inc.,.
- Kolb, D. A. (1976). Management and the learning process. *California management review*, 18(3), 21-31.
- Kolmos, A., Du, X., Holgaard, J. E., & Jensen, L. P. (2008). *Facilitation in a PBL environment*. Aalborg: UCPBL UNESCO Chair in Problem Based Learning.
- Kolmos, A., Holgaard, J. E., & Dahl, B. (2013). Reconstructing the Aalborg Model for PBL - a case from the Faculty of Engineering and Science, Aalborg University. *The 4th International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL) 2013* (pág. 289). PBL Across Cultures.
- Kolmos, A., Kuru, S., Hansen, H., Eskil, T., Podesta, L., Fink, F., . . . Soyly, A. (2007). *Problem Based Learning*. In *TREE – Teaching and Research in Engineering in Europe*. Recuperado el 04 de 08 de 2016, de <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/239445/2/b5.pdf&gathStatIcon=true>
- Krüger, K. (2006 йил 10). EL CONCEPTO DE 'SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO'. *Biblo 3W, REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES*, XI(683).
- Kurzweil, R. (15 de September de 1991). The Age of Knowledge. *Library Journal* , 38-39.
- Kwon, D.-B. (2009). HUMAN CAPITAL AND ITS MEASUREMENT. *The 3rd OECD World Forum on “Statistics, Knowledge and Policy* (págs. 1-15). Busa, Korea.: OECD.
- Lam., A. (marzo de 2002). Los Modelos Societales Alternativos de Aprendizaje e Innovación en la Economía del Conocimiento. . *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 171.
- Lamancusa, J. S., Zayas, J. L., Soyster, A. L., Morell, L., & Jorgensen., J. (2008). "2006 Bernard M. Gordon Prize Lecture: The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning.". *Journal of engineering education* , 97(1), 5-11.
- López, E. S., & Perez, Á. A. (2003). *La gestión del conocimiento en la nueva economía* . Barcelona, Cataluña, España.
- Lundgreen, P. (1990). Engineering education in Europe and the U.S.A., 1750–1930: The rise to dominance of school culture and the engineering professions. *Annals of Science*, 47(1), 33-75.
- Lundvall, B.-A. (2000). From the Economics of Knowledge to the Learning Economy. *OECD (2000), Knowledge management in the learning economy*, Paris, OECD. Aalborg.
- Machlup, F. (1962). *THE PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF KNOWLEDGE IN THE UNITED STATES*. Princenton, New Jersey, Estados Unidos: PRINCETON UNIVERSITY PRESS.
- Malpas, R. (2000). *THE UNIVERSE OF ENGINEERING A UK PERSPECTIVE*. (R. A. Council, Ed.) London, UK.

- Meisenzahl, R., & Mokyr, J. (2011). The rate and direction of invention in the british industrial revolution: incentives and institutions. -. *Working Paper 16993*.
- Mejía-Jervis, T. (2022). *Gringos por Medellín: Turistificación y Transformación del Espacio Urbano en Poblado Centro [Tesis de maestría]*. Medellín, Colombia.: Universidad de Antioquia,.
- Misas Arango, G. (2004). *La educación superior en Colombia : análisis y estrategias para su desarrollo* . Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.
- Monterroza-Ríos, A. D., & Escobar-Gómez, V. A. (jul-dic de 2021). La educación tecnológica en Colombia. Un marco epistémico para repensar un problema conceptual. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 13(25).
- Mumford, L. (2010). *El mito de la máquina - Técnica y evolución humana* . La Rioja, España: Pepitas de calabaza ed. .
- Murray, P. (1994). Engineering Development: Colombia's National School of Mines, 1887-1930. *Hispanic American Historical Review* 74: 1, 63-82.
- Murray, P. (Oct de 1995). Know-How and Nationalism: Colombia's First Geological and Petroleum Experts, c. 1940 - 1970 . *The Americas*, 52(2), 211-226.
- National Research Council. (1995). *Engineering Education: Designing an Adaptive System*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nonaka, I. &. (2001). *Knowledge emergence: Social, technical, and evolutionary dimensions of knowledge creation*. New York: Oxford University Press.
- Nonaka, I., & Nishiguchi, T. (2001). Knowledge emergence: Social, technical, and evolutionary dimensions of knowledge creation.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). *Criação de Conhecimento na Empresa* (14 ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Editora Campus -Elsevier.
- OCDE; Banco Mundial. (2012). *Evaluaciones de políticas nacionales de Educación: La Educación superior en Colombia*. . OCDE.
- OECD. (1996). *THE KNOWLEDGE-BASED ECONOMY* (GENERAL DISTRIBUTION OCDE/GD(96)102 ed.). (O. F.-O. DEVELOPMENT, Ed.) Paris: OECD.
- OECD. (1996). *THE KNOWLEDGE-BASED ECONOMY* (GENERAL DISTRIBUTION OCDE/GD(96)102 ed.). (O. F.-O. DEVELOPMENT, Ed.) Paris: OECD.
- OECD. (2000). Knowledge management in the learning society. EDUCATION AND SKILLS. En O. f.-o. Development.. Paris.

- OECD. (2007). OECD Insights. *Human Capital: How what you know shapes your life Summary in English*.
- OECD. (2013). *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation*. OECD Publishing - DOI:10.1787/9789264193307-en.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2016). *La educación en Colombia. Revisión de políticas nacionales de educación*. Paris.
- Oskam, I. F. (2009). T-shaped engineers for interdisciplinary innovation: an attractive perspective for young people as well as a must for innovative organisations. In *37th Annual Conference—Attracting students in Engineering*. Rotterdam, The Netherland.
- Ozmen, F. (2010). The capabilities of the educational organizations in making use of tacit knowledge. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1860–1865.
- Patel, N. (1995). Application of soft systems methodology to the real world process of teaching and learning. *International Journal of Educational Management*, 9(1), 13-23.
- Peña-López, I. (2005). *Understanding Knowledge Societies In twenty questions and answers with the Index of Knowledge Societies asdf United*. New York: United Nations publication.
- Pineda-Gomez, H. (2019). Clúster, infraestructura y mercadeo de ciudad. Medellín 1995-2013”. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(1), 139 - 146 .
- Pister, K. S. (1995). *Engineering education: designing an adaptive system*. . National Academy of Sciences. . Whashington : National Academies Press,.
- Polanyi, M. (1962 йил Oct). Tacit Knowing: Its Bearing on Some Problems of Philosophy. *Reviews of Modern Physics*, 34(4), 601-616.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Chicago and London: The University of Chicago Press 2009.
- Popescu, A. I. (2011). The learning society as a key for development. *Proceedings of the 7th Administration and Public Management International Conference (State Reform: Public Administration and Regional Development)*. Bucharest.
- Powell, W. W., & Snellman, K. (2004). The Knowledge Economy. *Annual Review of Sociology*, 30, 199-220.
- Prados., J. W. (1998). Engineering Education in the United States: Past, Present, and Future. *International Conference on Engineering Education (ICEE-98)*. Rio de Janeiro.
- Ra, S., Jagannathan, S., & Maclean, R. (2021). *Powering a Learning Society During an Age of Disruption*. Springer Nature.

- Raquena, B. (2006). *Colombia: Estado actual de la educación técnica y tecnológica*. Caracas: Corporación Andina de Fomento.
- Reis, D. R. (2004). *Gestao da Inovação tecnológica*. Barueri, Sao Paulo, Brasil: Manole.
- Rogers, P., & Freuler, R. J. (2015). The " T-shaped" engineer. In *2015 ASEE Annual Conference & Exposition (pp.)*, (págs. 26-1507 1-18).
- Rouvrais, S., Lebris, S. G., & Stewart, M. (junio 2018). ENGINEERING STUDENTS READY FOR A VUCA WORLD? A DESIGN BASED RESEARCH ON DECISIONSHIP. *Proceedings of the 14th International CDIO Conference*, (págs. <https://hal.science/hal-02959211>). Kanazawa. Japan.
- Ruiz, N., & Silva, G. (2008). eds. *Más de dos décadas de un continuo despliegue académico Reflexiones de los vicerrectores académicos*. (N. Ruiz, & G. Silva, Edits.) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia,.
- Salvat, B. G., & Navarra, P. L. (2009). ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: EL CASO DE LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA . *REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN* . , 49, 223-245.
- Savery, J. R. (2006). "Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions." *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning* , 1(1).
- Saviano, M., Polese, F., & Caputo, F. &. (2016). A T-shaped model for rethinking higher education programs. In *Proceedings of the Toulon-Verona Conference "Excellence in Services"*. Huelva, Spain .
- Savin-Baden, M. (2007). Challenging Models and Perspectives of Problem-based Learning. En E. &. de Graaff (Ed.), *Management of Change: Implementation of Problem Based and Project Based Learning in Engineering* (págs. 9-30). A. Utrecht: Lemma Publishers.
- Seely, B. E. (Oct de 1995). The History of Technology, and Engineering Education . *Technology and Culture*, 36(4), 739-772.
- Serna, E., & Serna, A. (2015). Crisis de la Ingeniería en Colombia: el estado dela cuestión. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 63-74.
- Shelton, J., & Smith, R. (1998). Problem-based Learning in Analytical Science Undergraduate Teaching. 16(1), 19-29. *Research in Science & Technological Education*, 16(1), 19-29.
- Sheppard, S. D., Colby, A., Macatangay, K., & Sullivan, W. (2006). What is Engineering Practice? *International Journal of Engineering Education*, 429-438.
- Sheppard, S., Macatangay, K., Colby, A., Sullivan, W. M., & Shulman, L. S. (2008). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Skyttner, L. (1996). *General systems theory: An introduction*. London: Macmillan Press.

- Sorby, S., Fontenberry, N., & Bertoline, G. (2021). Stuck in 1955, engineering education needs a revolution. *Issues in Science and Technology, National Academy of Sciences*.
- Spinks, N., Silburn, N., & Birchall, D. (2006). *Educating Engineers for the 21st Century: The Industry View*. The Royal Academy of Engineering.
- STREVELER, R. A., & SMITH, K. A. (04 de 2006). Conducting Rigorous Research in Engineering Education. *Journal of Engineering Education 1*, 103-105.
- Tindemans, B., & Dekocker, V. (2020). The learning society.
- Toffler, A. (1980). *La tercera Ola*. Bogotá: Palza & Janes.
- Toffler, A., & Toffler, H. (1995). *Creating a new civilization: The politics of the third wave*.
- Ton, d. J., & Ferguson-Heller, M. (1996). Types and Qualities de Knowledge. *EDUCATIONAL PHYSICOLOGIST*, 31(2), 105-113.
- Tranquillo, J. (April de 2017). The T-shaped Engineer. *Journal of Engineering Education Transformations*, 30(4), 12-24.
- Trevelyan, J. (2009). Steps Toward a Better Model of Engineering Practice. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium 2009, Palm Cove, QLD* (págs. 132-140). Palm Cove, Australia.: The University of Western Australia, Perth, Australia James.Trevelyan@uwa.edu.au.
- Trevelyan, J. (2010). Mind the Gaps: Engineering Education and Practice. *AaeE Conference*. Sydney.
- Trevelyan, J. (2019). Transitioning to engineering practice. *European Journal of Engineering Education*, 44(6), 821-837.
- TSOUKAS, H. (2011). How Should We Understand Tacit Knowledge? A Phenomenological View. In *Handbook of organizational learning and knowledge management* (pp. 453-476). John Wiley & Sons.
- United Nations. (2005). Division of Public Administration, & Development Management. *Understanding knowledge societies: In twenty questions and answers with the Index of Knowledge Societies (Vol. 4)*.
- Urevbu, A. (1997). *LA CULTURA Y LA TECNOLOGÍA - Un estudio sobre el tema de 1997*. UNESCO. UNESCO.
- Valderrama, A., Camargo, J., Mejía, I., Mejía, A., Lleras, E., & García, A. (oct de 2009). Engineering Education and the Identities of Engineers in Colombia, 1887-1972 Source.: *Technology and Culture*, 50(4), 811-838.
- Valencia G., A. (1997 йил Agosto). LA MAGIA Y EL ARTE DE LA INGENIERÍA. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 14, 95-107.

- Valenzuela, I. (2016). Sociedad del Conocimiento, Aprendizaje y capacidades humanas: aportes al desarrollo teórico. *Revista de Ciencias Sociales*, 8-26.
- Verin, H., & Gouzevitch, I. (2011). The rise of the engineering profession in eighteenth century Europe: an introductory overview. *Engineering Studies*, 3(3), 153-169.
- Villa, M. D., & Gómez, V. M. (2003). *Formación por ciclos en la educación superior*. Icfes (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior).
- Villegas, L. J. (2015). *La Facultad de Minas 1970-2012*. Medellín: Colección Facultad de Minas 125 años.
- Wagner, D., Day, B., James, T., Kozma, R., & Unwin, J. M. (2005). . *Monitoring and Evaluation of ICT in Education Projects: A Handbook for Developing Countries*. The World Bank, The International Bank for Reconstruction and Development/ . Washington, DC: World Bank. Available at: <http://www.infodev.org/en/Publication.9.html>.
- Walton, D. (2004). Modeling Organizational Systems. Banathy's Three Lenses Revisited. *Systemic Practice and Action Research*, 17(4).
- Wasserman, M. (2021). *La Educación en Colombia*. Bogotá: Penguin Random House.
- White, L. (1940 йил April). Technology and Invention in the Middle Ages. *Speculum*, 15(2), 141-159.
- WIKIPEDIA. (2014). *Conocimiento*. Retrieved 2014 йил 10-01 from Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Conocimiento>
- Wissema, J. G. (2009). *Towards the third generation university: Managing the university in transition*. Edward Elgar Publishing.
- Wright, P. H. (2004). *Introducción a la ingeniería* . Mexico, Mexico: Limusa Wiley.
- Yoshikawa, H. (2004). *A proposal for Design Education*. JABEE Symposium/Workshop 2004, En: Engineering Design in Engineering Education. Tokio: JABEE.
- Youtie, J., & Shapira, P. (2008). *Research Policy*, 37, 1188-1204.
- Yusuf, S. (2008). Intermediating knowledge exchange between universities and businesses. *Research Policy*, 37(8), 1167-1174.

