

Alignment of methods and techniques in foresight studies for engineering programs

Jhon Wilder Zartha Sossa. PhD¹. Carlos Alberto Builes Restrepo. MSc². Diego Andres Florez Londoño. MSc³. Carlos Andrés Quintero Tabares. MSc⁴. Jorge Alonso Manrique Henao. PhD⁵. Maria Del Pilar Rivera Vega. MSc⁶. Wilber Silva Lopez. PhD⁷. Eduard Nibaldo Figueroa Carrillo. MSc⁸. Laura Lotero. PhD⁹. Gloria Liliana Velez Saldarriaga. PhD¹⁰. Mauricio Alonso Carmona Castro. Esp¹¹. Aryanne Quintal MSc¹²

¹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, jhon.zartha@upb.edu.co, ²Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, carlos.builes@upb.edu.co, ³Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, diego.florez@upb.edu.co, ⁴Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, carlosandres.quintero@upb.edu.co, ⁵Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, jorge.manrique@upb.edu.co, ⁶Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, mariad.rivera@upb.edu.co, ⁷Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, wilber.silva@upb.edu.co, ⁸Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, nibaldo.figueroa@upb.edu.co, ⁹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, laura.lotero@upb.edu.co, ¹⁰Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, gloria.velez@upb.edu.co, ¹¹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, mauricio.carmona@upb.edu.co, ¹²Organización de estados Americanos, aquintal@oas.org

Abstract– *This paper presents the progress of a prospective study for nine engineering faculties by 2035, which aims to identify possible, probable, desirable and commitment scenarios, as well as establishing research priorities in technologies, innovations, topics and new areas of academic interest. In order to do so, an alignment of methods and techniques related to the methodology of scenarios and methods of consultation to experts, such as the Delphi method, were used. Among the most important results is the identification and prioritization of more than 480 problems, 440 variables, 110 key variables, 40 clusters or thematic axes and more than 270 topics, technologies and innovations related to Engineering in Nanotechnology, Textile, Aerospace, Mechanics, Electrical, Electronics, Industrial, Mathematics, Information and communication technologies - ICTs, which will be inputs to face current and future issues, propose current and future projects, detect threats, raise hypotheses, generate future scenarios collectively and propose strategic objectives that impact institutional development plans directly and invite to establish strategies with the stakeholders of each engineering faculty for joint work from the present in the light of future challenges*

Keywords– *Engineering, Foresight, Delphi, Scenarios*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.53>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Alineamiento de métodos y técnicas en estudios de prospectiva para programas de Ingeniería

Jhon Wilder Zartha Sossa. PhD¹. Carlos Alberto Builes Restrepo. MSc². Diego Andres Florez Londoño. MSc³. Carlos Andrés Quintero Tabares. MSc⁴. Jorge Alonso Manrique Henao. PhD⁵. Maria Del Pilar Rivera Vega. MSc⁶. Wilber Silva Lopez. PhD⁷. Eduard Nibaldo Figueroa Carrillo. MSc⁸. Laura Lotero. PhD⁹. Gloria Liliana Velez Saldarriaga. PhD¹⁰. Mauricio Alonso Carmona Castro. Esp¹¹. Aryanne Quintal MSc¹²

¹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, jhon.zartha@upb.edu.co, ²Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, carlos.builes@upb.edu.co, ³Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, diego.florez@upb.edu.co, ⁴Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, carlosandres.quintero@upb.edu.co, ⁵Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, jorge.manrique@upb.edu.co, ⁶Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, mariad.rivera@upb.edu.co, ⁷Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, wilber.silva@upb.edu.co, ⁸Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, nibaldo.figueroa@upb.edu.co, ⁹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, laura.lotero@upb.edu.co, ¹⁰Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, gloria.velez@upb.edu.co, ¹¹Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, mauricio.carmona@upb.edu.co, ¹²Organización de estados Americanos, aquintal@oas.org

ABSTRACT

This paper presents the progress of a prospective study for nine engineering faculties by 2035, which aims to identify possible, probable, desirable and commitment scenarios, as well as establishing research priorities in technologies, innovations, topics and new areas of academic interest. In order to do so, an alignment of methods and techniques related to the methodology of scenarios and methods of consultation to experts, such as the Delphi method, were used. Among the most important results is the identification and prioritization of more than 480 problems, 440 variables, 110 key variables, 40 clusters or thematic axes and more than 270 topics, technologies and innovations related to Engineering in Nanotechnology, Textile, Aerospace, Mechanics, Electrical, Electronics, Industrial, Mathematics, Information and communication technologies - ICTs, which will be inputs to face current and future issues, propose current and future projects, detect threats, raise hypotheses, generate future scenarios collectively and propose strategic objectives that impact institutional development plans directly and invite to establish strategies with the stakeholders of each engineering faculty for joint work from the present in the light of future challenges

Keywords – Engineering, Foresight, Delphi, Scenarios

RESUMEN

Este paper presenta los avances de un estudio de prospectiva para nueve facultades de Ingeniería a 2035, el cual pretende identificar escenarios posibles, probables, deseables y apuesta, así como establecer prioridades investigativas en tecnologías, innovaciones, temas y nuevas áreas de interés académico. Para tal efecto, se utilizó un alineamiento de métodos y técnicas relacionadas con la metodología de escenarios y métodos de consulta a expertos, como el método Delphi. Entre los resultados más importantes se destaca la identificación y priorización de más de 480 problemáticas, 440

variables, 110 variables clave, 40 agrupadores o ejes temáticos y más de 270 temas, tecnologías e innovaciones relacionadas con Ingeniería en Nanotecnología, Textil, Aeroespacial, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Industrial, Matemáticas, Tecnologías de información y comunicación – TICs, los cuales serán insumos para enfrentar las problemáticas actuales y futuras, proponer proyectos actuales y futuros, detectar amenazas, plantear hipótesis, generar colectivamente escenarios futuros y proponer objetivos estratégicos que impacten directamente los planes de desarrollo institucionales e inviten a establecer estrategias con los tomadores de decisiones de cada facultad de Ingeniería para trabajo conjunto desde el presente a la luz de desafíos futuros.

Palabras clave - Ingeniería, Prospectiva, Delphi, Escenarios

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, el estudio de programas de ingeniería ha sido de alto interés, más aún con las nuevas tendencias en Ciencia y Tecnología, y la necesidad de generar currículos y prácticas pedagógicas innovadoras, se hace necesario priorizar las variables de la I+D+i en las facultades de Ingeniería, así como conocer las problemáticas y variables de mayor importancia al futuro, con el fin de tomar decisiones en el presente que permitan anticiparse a las nuevas realidades de la Ingeniería, su enseñanza y mejorar la calidad de los programas académicos.

Actualmente las facultades de Ingeniería se encuentran en etapa de direccionamiento estratégico, en el cual desean conocer cuáles serán los focos de interés a nivel académico, de investigación y transferencia en los diferentes énfasis de la Ingeniería tanto a nivel nacional como internacional, además, de la identificación de las variables clave, tendencias,

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.53>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

invariantes, factores de cambio, proyectos futuros y actores relevantes hacia el año 2035.

Por ello, se pretende desarrollar un estudio prospectivo aplicando el método Delphi en dos rondas sobre las áreas/tecnologías/innovaciones o temas que sean de importancia estratégica para nueve facultades de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana UPB en Colombia, adicionalmente, se plantea la aplicación de la metodología de escenarios, para de esta manera definir las prioridades investigativas, académicas, de transferencia y de innovación, en las cuales estratégicamente las Facultades de Ingeniería podrían enfocarse en los próximos años; apalancando así la apuesta Institucional de los focos estratégicos.

II. MARCO TEÓRICO

La prospectiva puede verse como un proceso de recopilación de inteligencia sistemático, participativo y futuro y un proceso de construcción de la visión a mediano y largo plazo, dirigido a las decisiones actuales y la movilización de acciones conjuntas [1], otra definición para la prospectiva es “Disciplina de gestión que permite reflexionar sobre el futuro – lo que podría ser y lo que debería ser con miras a orientar la acción humana – individual o colectiva- en el presente, mediante toda una infraestructura conceptual y metodológica aplicable a problemas de diferentes campos y áreas” [2]. Cuando se habla de prospectiva, se está haciendo referencia a una herramienta que ofrece una ayuda para la aproximación de construcción del futuro, donde se plantean al menos cinco interrogantes fundamentales: ¿qué cambia?, ¿qué puede cambiar?, ¿qué debe cambiar?, ¿quién puede hacer los cambios? y ¿cuáles son las implicaciones de esos cambios” [3].

Dentro de las metodologías se encuentran varias herramientas de prospectiva, en el caso de esta propuesta, se utilizará el método Delphi.

Método Delphi

El Delphi es un método tradicional de estudios de futuros que recopila las evaluaciones de un panel de expertos sobre tesis o argumentos específicos relacionados con el futuro mediante rondas de cuestionarios iterativos que se repiten al menos dos veces (véase, por ejemplo, Kuusi, 1999; Mannerman, 1991 citados por [4]. En el enfoque clásico, este método permite una comunicación eficiente del grupo de expertos que permanecen en el anonimato entre sí, con el fin de resolver un problema complejo [5]. El método Delphi es uno de los métodos utilizados en prospectiva, el cual busca acercarse al consenso de un grupo de expertos con base en el análisis y la reflexión de un problema definido [6].

Estudios recientes sobre el método expresan que el avance de la investigación basada en Delphi propone criterios tales como: fiabilidad, validez y fiabilidad en la evaluación del juicio [5].

De acuerdo con [7] el método Delphi consiste en una consulta a un número de expertos de los sectores o temas específicos elegidos, sobre la base de un cuestionario, preparado por paneles o comisiones de expertos, que se responde anónimamente y en dos o más rondas.

El método Delphi consiste en una consulta estructurada, anónima y reiterativa a expertos, con el objeto de identificar opciones, obtener consenso y validar resultados [8]. Existen dos tipos de elementos para identificar el futuro, el exploratorio que será abarcado por la metodología SMICProbexpert [9] que busca identificar escenarios futuros, y los estudios normativos, que están dirigidos a priorizar un listado de temas o tecnologías genéricas, con la posibilidad de agregar a los temas o tecnologías inicialmente propuestas y otras que considere el experto que puedan hacer falta [10].

Metodología de Escenarios

En la creación de futuros y la planeación de escenarios, hay muchos futuros posibles y no hay una única ruta que conduzca de uno a otro. La descripción de un futuro posible o futurible, más el camino que conduce hacia ese futuro constituye un escenario. Un escenario es simplemente una visión de un estado de futuro posible del mundo y su ambiente relevante [11]. Un buen escenario debe ser convincente, internamente consistente y desafiante para propósitos estratégicos (Wack, 1985 citado por [11].

La planeación por escenarios es una técnica de prospectiva efectiva para tratar con la velocidad y escala de la innovación disruptiva, un escenario es una visión de un estado de futuro posible del mundo y su ambiente relevante, además los escenarios son metodológicamente historias construidas sobre alternativas futuras en las cuales las decisiones de hoy podrían llevarse a cabo [11].

El enfoque desarrollado por [12] en diversos puestos con varios equipos en las últimas tres décadas se distingue por usar una mezcla de herramientas de análisis de sistemas y procedimientos. Hay herramientas o métodos como el MICMAC que identifica las variables clave, el MACTOR que analiza estrategias de actores y el SMIC ProbExpert, que ayuda a determinar cómo serían factibles los escenarios. Los pasos usuales son el análisis de sistemas, análisis retrospectivo, las estrategias de los actores, y bosquejar escenario.

III. METODOLOGÍA

Los estudios de prospectiva de las facultades se realizan en el Marco del proyecto académico de la escuela de Ingenierías de la UPB, con apoyo de la sección de competitividad, tecnología e innovación de la OEA y LACCEI.

En este estudio se utilizaron métodos y técnicas de la escuela francesa y anglosajona de prospectiva, primero se describen las fases de la metodología de escenarios y posteriormente se mencionan las fases o etapas llevadas a cabo en la escuela anglosajona a través de consulta a expertos, en este caso específico, el método Delphi a dos rondas, la metodología y su alineamiento han sido propuestos en estudios de prospectiva realizados con anterioridad con la sección de competitividad, tecnología e innovación de la Organización de Estados Americanos – OEA: Estudio de Prospectiva en Ingeniería Química al 2025 [8] e Ingeniería Industrial al 2025 [13], así como en grandes organizaciones de alimentos como Compañía de Galletas Noel y Compañía Nacional de Chocolates (CNCH) y en facultades de ingeniería a 2020 [14]. En dichos estudios, se han implementado y alineado las metodologías Delphi y Escenarios, identificando imágenes de futuros probables, deseables y factibles para los temas de estudio objetivo.

Metodología de escenarios

Esta metodología estuvo basada en la propuesta de [2], con modificaciones en algunas fases donde se introdujeron elementos de problemáticas y aportes sobre proyectos actuales, futuros y amenazas para cada variable clave y su correspondiente agrupador, las que se llevaron a cabo fueron:

Fase 1: Comprende la identificación de problemáticas en los contextos político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal (PESTAL), la identificación de variables a partir de problemáticas y su priorización a través de matrices de impacto cruzado denominado análisis estructural el cual se aplicó en el software MICMAC [9].

Fase 2: en esta etapa se establecieron los proyectos actuales, futuros y amenazas por cada variable, el agrupador y el establecimiento de los estados excelente, bueno, regular, malo con indicadores cuantitativos. En esta fase también incluyó la aplicación del método MACTOR [9], previa identificación de actores y codesarrollo de objetivos prospectivo-estratégicos en cada una de las facultades.

Fase 3: al final se presentan los formatos de hipótesis y probabilidades simples, condicionadas positivas y condicionadas negativas, los cuales son insumo para obtener el

reporte en SMICProbexpert [9] y poder generar los escenarios posibles en orden de probabilidad de mayor a menor, esta última fase fue el insumo para elegir colectivamente el escenario apuesta sobre el cual se establece el alineamiento de los resultados del método de consulta a expertos elegido por cada facultad.

Las fases se resumen en la figura 1.



Fig. 1 Metodología escenarios

Fuente: Elaboración propia con base en [2].

Consulta a expertos/stakeholders - Método Delphi

Este método de consulta a expertos se eligen con base en varios criterios relacionados más con el enfoque de stakeholders que de expertos académicos, entre los aspectos a tener en cuenta se resaltan: nivel académico, equilibrio entre afiliación en universidades, empresas, instituciones públicas y entidades de interfaz (tales como centros de desarrollo tecnológico, centros de productividad, centros sectoriales, parques tecnológicos, incubadoras de empresas, entre otros), experiencia en proyectos, publicaciones, investigaciones, políticas públicas, asesorías en el área, entre otros aspectos, o como se ha propuesto en estudios recientes [15];[16], se llevó a cabo a través de varias fases que comprenden la identificación y análisis de estudios previos de vigilancia e inteligencia [17] y el alineamiento de los resultados con los escenarios obtenidos en fases anteriores.

Al tratarse de diferentes facultades con antecedentes diferentes, por ejemplo, varias facultades como Ingeniería Mecánica y Eléctrica y Electrónica ya habían realizado estudios Delphi previos de dos o tres rondas, se propuso dos opciones para concretar la metodología en cuanto a Delphi o consulta a expertos, la opción 1 que comprende 2 rondas y la opción 2 que involucra identificación y priorización de tecnologías emergentes y posibles sectores industriales de influencia desde la academia en programas de Ingeniería,

opción que denominamos encuesta/taller de construcción colectiva de futuro.

A continuación, se describen las dos opciones:

Opción I Método Delphi

A continuación, se describe las fases del método Delphi

Fase 1. Vigilancia tecnológica, perfil de expertos y árbol temático

Se desarrolló una revisión de literatura para la identificación de temas, innovaciones, tecnologías, nuevos negocios en bases de datos científicas, en agrupadores que fueron definidos por los docentes y el director de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, esta fase generó como resultado el árbol temático.

Esta fase también incluye el establecimiento del perfil de los expertos que contestan el Delphi, el cual se construyó de acuerdo a su relación con los agrupadores definidos, nivel académico y años de experiencia. Se resalta la importancia de que exista un equilibrio entre expertos de universidades, empresas, estado y entidades de interfaz tales como: centros de desarrollo tecnológico (CDTs), centros de productividad, incubadoras de empresas y parques científicos y tecnológicos entre otros, ya sean nacionales e internacionales.

Fase 2. Primera ronda Delphi

El cuestionario con los temas escogidos de la vigilancia tecnológica, es enviado a los expertos o grupos de interés para que diligencien su prioridad en escala Likert de 0 a 5. Después de haber enviado la primera ronda y en un lapso de un mes aproximadamente como tiempo de espera para recibir las respuestas, se realizó el análisis mediante moda, frecuencia modal y porcentaje de consenso.

Con el porcentaje de consenso promedio por grupo, se establece entonces que un tema o tecnología se considera como prioritario en la primera ronda si presenta un porcentaje de consenso superior al del promedio del grupo, y un valor modal mayor o igual a 4 o 5 en la calificación. Los temas que presentan un valor modal en la calificación inferior o igual a 2, con porcentaje mayor al promedio del grupo, se clasifican como no prioritarios en la primera ronda Delphi. Los otros temas que no cumplen con las anteriores condiciones son considerados temas en discusión.

Fase 3. Segunda ronda Delphi

La segunda ronda Delphi busca retroalimentar los resultados obtenidos en la primera ronda, debido a que en esta etapa se le solicita al experto que al momento de diligenciar la encuesta argumente los temas que él considera prioritarios o en discusión, en este caso, se calcula la Frecuencia modal 2 (Fm2), permitiendo de esta forma obtener los temas prioritarios por medio del consenso en las dos rondas.

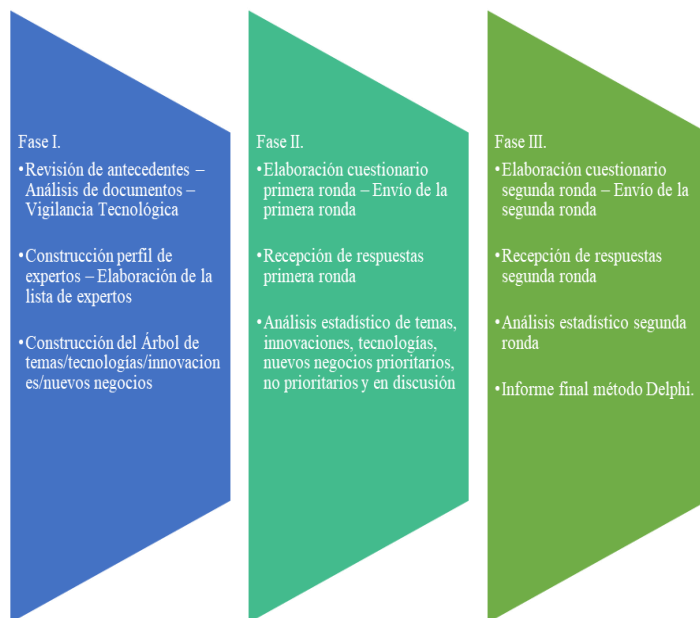


Fig. 2 Metodología Delphi (Dos o más rondas) – Opción I

Fuente: Elaboración propia

Opción II. Encuesta/Taller construcción colectiva de futuro.

Esta segunda ruta, fue elegida por aquellas facultades que previamente habían realizado aplicaciones del método Delphi en dos o tres rondas en los últimos años y que, aunque querían consultar a expertos/stakeholders, establecieron como prioridad realizar un ejercicio de encuesta o taller de construcción colectiva de futuro en una sola etapa, las fases de esta opción II se presentan en la siguiente figura.



Fig. 3 Metodología construcción colectiva de futuro

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

Metodología de escenarios

A continuación, se presentan algunos de los principales resultados obtenidos, por cada una de las facultades en la metodología de escenarios. Por efectos de espacio, en este manuscrito se presentan sólo los aspectos más representativos de algunas de las facultades en el siguiente orden: Ingeniería en Nanotecnología, Aeroespacial, Textil, Mecánica. Las Facultades de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Industrial, TIC’s y el pregrado en Matemáticas también tienen avances, pero se colocarán en forma de indicadores en las tablas de resumen.

Ingeniería en Nanotecnología

En la Tabla 1 se presentan 26 de las 43 variables formuladas en Ingeniería en Nanotecnología, las cuales fueron obtenidas a partir de la identificación por parte de la comunidad académica de problemáticas con el enfoque PESTAL.

Tabla 1. Variables de Ingeniería en Nanotecnología

Nº	Título largo
1	Voluntad política para la adopción de estas nuevas tecnologías
2	Incentivos económicos a corto plazo para la adopción de la nueva tecnología
3	Articulación entre empresas - academia para el escalamiento de la tecnología existente
4	Riesgos de las nuevas tecnologías
5	Técnicas rápidas para la comprobación del componente nanotecnológico
6	Técnicas reproducibles, eficientes para la comprobación del componente nanotecnológico
7	Efectos de componente nanotecnológico en productos comerciales
8	Impacto ambiental de la tecnología aplicada
9	Nomenclatura empleados en estándares nacionales - internacionales
10	Límites empleados en estándares nacionales - internacionales
11	Políticas nacionales para el uso - comercialización de productos nanotecnológicos
12	Políticas efectivas para el desarrollo sostenible del sector
13	legislación pertinente para el impulsar este desarrollo
14	Articulación entre el sector académico - el sector productor
15	Articulación empresas - academia para el escalamiento de la tecnología existente
16	Inversión de proyectos de I+D en los temas de nanotecnología
17	Programa de divulgación para la sociedad sobre uso - potencialidades de la nanotecnología
18	Proyectos financiados de escalado - producción masiva de productos nano
19	Impactos ambientales del uso de nanotecnología en productos de uso diario
20	Efectos del uso de nanotecnología en productos de uso diario
21	Conocimiento en temas de bioseguridad - disposición en el laboratorio de sustancias con componentes nano
22	Articulación entre pequeños, medianos productores para lograr economías a escala

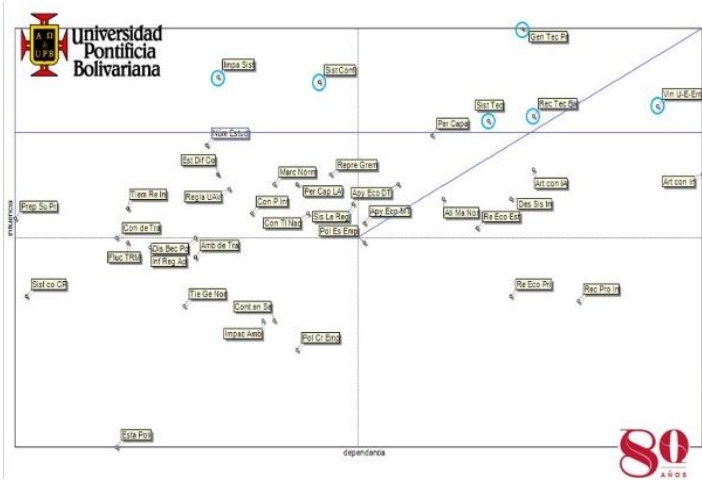
23	Aprovechamiento de los subproductos de la agroindustria
24	Impulso de políticas sectoriales para los pequeños - medianos productores
25	Articulación entre entidades para establecer alianzas relacionados con equipamiento – tecnología
26	Sostenibilidad

Fuente: docentes de la facultad de Ingeniería en Nanotecnología UPB

Ingeniería Aeroespacial

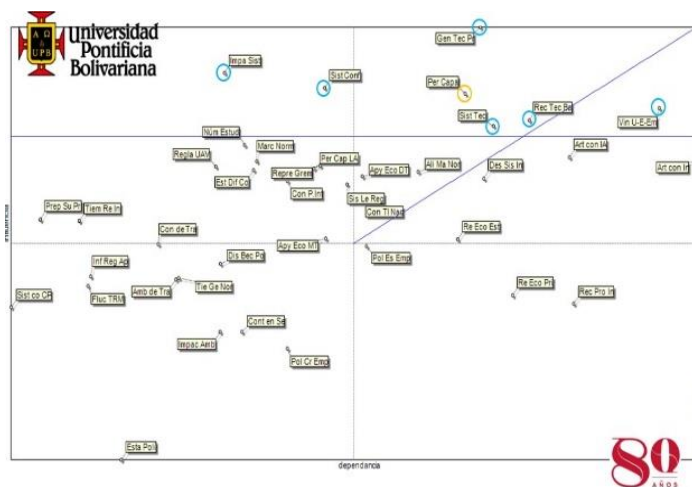
Uno de los aspectos más importantes en la metodología de escenarios es la obtención de drivers o “variables clave” a partir del análisis estructural [2] y técnicas elevación de una matriz a la potencia “n” lo que se ha conocido como método MICMAC [9], ya que la extensión del presente paper no permite colocar los 4 planos motricidad – dependencia de las 8 facultades, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en Ingeniería Aeroespacial:

Grafico 1. Plano Directo



Fuente: Elaboración propia a partir del software MICMAC [9]

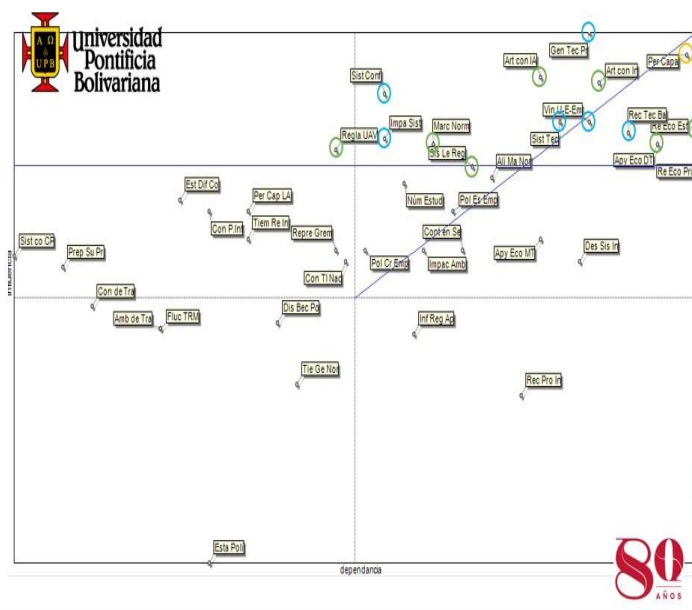
Grafico 2. Plano Indirecto



Fuente: Elaboración propia a partir del software MICMAC [9]

Plano Directo Potencial: las nuevas variables incluidas como variables clave fueron: reglamentación para el uso de tecnologías como UAVs, marco normativo, sistema Legal regulado, articulación con las instituciones académicas, articulación con la investigación, recursos tecnológicos básicos para emprender proyectos que sean escalables industrialmente, y apoyo económico para el diseño de tecnología aeroespacial, éstas variables se pueden apreciar en los círculos verdes.

Gráfico 3. Plano directo Potencial

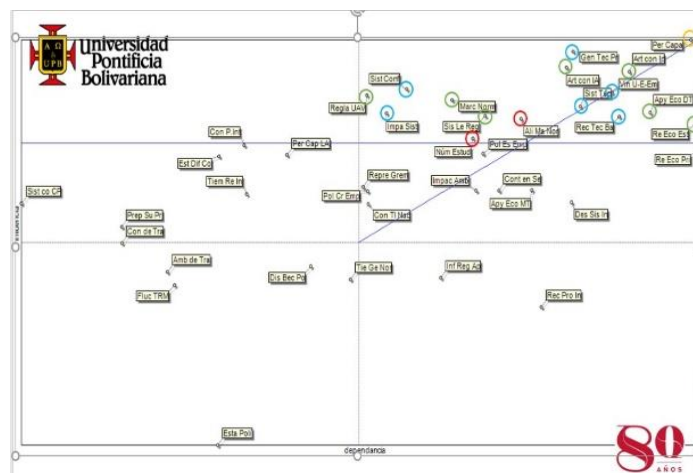


Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir del software MICMAC [9]

En este plano se anexaron las variables clave número de estudiantes y alineamiento de marcos normativos de otros

países, éstas variables se resaltan en el plano con círculos de color rojo.

Gráfico 4. Plano indirecto potencial



Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir del software MICMAC [9]

Las variables internas y externas de cada una de las 8 facultades fueron ingresadas al software MICMAC [9], donde se obtuvieron los planos motricidad dependencia directo, indirecto, directo potencial e indirecto potencial, de allí se obtuvieron las “variables clave” o drivers con sus respectivos “agrupadores”, paso importante ya que el número de agrupadores afecta directamente el número de hipótesis y el número de escenarios posibles. A continuación, en la tabla 2, se detallan las variables clave y sus agrupadores obtenidos en la facultad de Ingeniería Textil:

Ingeniería Textil

Tabla 2. Variables claves de Ingeniería Textil.

Variables Clave	Nombre agrupación
Cultura de Innovación, como estrategia de competitividad empresarial Herramientas tecnológicas de gestión Innovación en tecnología - conocimiento	Recursos tecnológicos e innovación
Estímulos específicos para la creación de nuevas empresas textiles Importancia de la cadena de producción textil para la industria de confección y moda Creación de alianzas estratégicas que permitan la reactivación del sector Condiciones socio económicas del sector	Sector productivo
Sensibilizar respecto a productos - procesos textiles sostenibles armonizados con el medio ambiente Impacto - responsabilidad ambiental de los procesos textiles	Sostenibilidad
Interacción entre los diversos eslabones de producción textil Profesionales que lideren negocios de forma competitiva Conocimiento frente a un sector con empresas re-configurables	Liderazgo

Visión de un sector con nuevos modelos de negocios	
Vocación formativa - económica textil Alianza entre la industria textil con las instituciones de educación superior Intercambio formativo - tecnológico para estudiantes, docentes con países potencias en textiles para la transformación del conocimiento Criterios técnicos - calidad en los profesionales del sector	Alianzas
Políticas estatales de becas de formación, enfocadas a fortalecer sectores económicos estratégicos como el textil Programas de estímulo a la formación de capital humano para el sector	Políticas

Fuente: Fuente: docentes de la facultad de Ingeniería Textil UPB.

Ingeniería Mecánica

Sobre las variables clave obtenidas y sus agrupadores temáticos, se identificaron los proyectos actuales, proyectos futuros y amenazas, lo que permitió continuar con los estados excelente, bueno, regular y malo con sus respectivos indicadores, en lo posible se espera que los indicadores sean cuantitativos por cada variable clave para que se conviertan en insumo del estado actual y futuro, con el o los indicadores del estado futuro se procede a construir colectivamente las hipótesis simples, tal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Ejemplo de hipótesis en dos de las 16 variables clave en Ingeniería Mecánica con indicadores.

Variables Clave	Hipótesis
Trabajo interdisciplinario con otras áreas/escuelas (Interdisciplinariedad) (15)	En el 2030 la Facultad realiza 3 experiencias interdisciplinarias por año, con participación de más de 10 áreas de conocimiento y al menos dos escuelas. Las modalidades de experiencias interdisciplinarias pueden ser proyectos externos con financiación externa y producción de calidad; oferta de cursos optativos que involucre un curso de otras escuelas; entre otras. Se debe asegurar que, en todas las actividades, dentro y fuera del currículo participen estudiantes de otras áreas de conocimiento. El trabajo interdisciplinario va a ser rutina en el programa y se va a contar con un número igual o superior a 11 créditos académicos formales.
Acreditación nacional e internacional (Acreditación) (44)	El programa de Ingeniería Mecánica mantiene su acreditación nacional en el periodo de 10 años y obtiene la acreditación internacional con un aumento del número de estudiantes extranjeros. Se destaca en los esfuerzos de acreditación de alta calidad (nacional/internacional) una gestión coherente de recursos, planes y estrategias; no como fin último y se logra como aspecto destacable el incremento de convenios del programa que facilitan la movilidad de los estudiantes. Durante estas experiencias el programa ha figurado en 5 rankings de prestigio mundial.

Fuente: docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica UPB

Con las hipótesis y la construcción del formato de probabilidades simples, condicionadas positivas y condicionadas negativas se procedió a consultar a la comunidad académica de cada facultad para que diligenciara su posición con calificación de hipótesis de 0 a 1 teniendo en cuenta que si existen 5 hipótesis se generaran 2^5 escenarios posibles (32) y si la facultad construyó 6 hipótesis simples se obtendrán 2^6 escenarios posibles, es decir, 64.

A continuación, se presentan la figura 4 con los escenarios contestados por 14 stakeholders, organizados por orden de probabilidad, que suman el 80% obtenidos en la facultad de Ingeniería Mecánica. Con base en la información obtenida del método, se procedió a elegir el escenario más probable y el escenario apuesta, éste último con el apoyo del equipo monitor. El escenario más probable de acuerdo con los expertos que contestaron las matrices es el 111111 con el 20,4% de probabilidad y el cual cumplió con los criterios de posibilidad, probabilidad y deseabilidad.

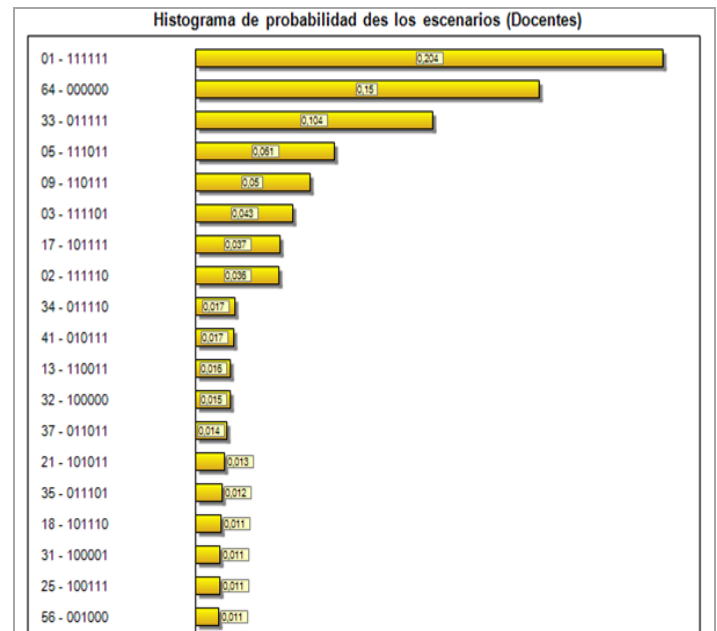


Fig. 4 Escenarios de la facultad de Ingeniería Mecánica.

Fuente: Elaboración propia a partir del software SMIProbexpert [9]

Total escenarios posibles: 64

En resumen, los avances en la metodología de escenarios para los nueve programas de Ingeniería se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Avances en la metodología de escenarios

	Nanotecnología	Textil	Aeronáutica	Mecánica	Eléctrica	Electrónica	Industrial	Matemáticas	TICs
Problemáticas	36	55	39	64	41	48	77	60	68
Variables	43	65	39	95	36	48	17	60	46
Variables clave	15	13	15	16	20	25	8	7	
Agrupadores	6	6	6	6	4	5	4	6	
Hipótesis simples	6	6	6	6					
Escenarios posibles				64					

Fuente: Elaboración propia

	tecnologías/Innovaciones/nuevos negocios	Delphi	construcción colectiva de futuro.
Nanotecnología	40	Dos rondas	
Textil	59	Dos rondas	
Aeroespacial			X
Mecánica	30		X
Eléctrica	21		X
Electrónica	24		X
Industrial			X
Matemáticas	100	Dos rondas	
TICs			X

Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO DELPHI

Con el fin de implementar una mirada complementaria a los escenarios, los nueve programas de Ingeniería decidieron realizar consulta a expertos/stakeholders, bien sea a través de un Delphi a dos rondas, o una sola encuesta o taller de construcción colectiva de futuro. El propósito es el de alinear métodos, técnicas y herramientas de la escuela francesa -escenarios y de la escuela anglosajona – Delphi, con lo que se espera asegurar que variables más específicas de tecnología e innovación alimenten los escenarios obtenidos.

Los programas con mayores avances en consulta a expertos son el nuevo pregrado en matemáticas, Ingeniería Textil e Ingeniería Eléctrica.

Para el nuevo pregrado en matemáticas se generó un árbol temático con 100 ítems ordenados en los siguientes 6 agrupadores: matemática pura (análisis y topología) y matemática aplicada (optimización, modelamiento matemático, computación científica, datos y analítica, ciencias actuariales)

En Ingeniería Textil se identificaron 43 ítems en el árbol temático/tecnológico en 6 agrupadores: temáticas de formación, perfiles requeridos, materiales, procesos, tecnología, mercado.

En Ingeniería Eléctrica y Electrónica se eligieron 21 y 24 temas/tecnologías respectivamente

A continuación, se presenta la tabla 5 que relaciona el programa y la estrategia a implementar.

Tabla 5. Avances en el método Delphi y encuesta/taller

Temas/Tec	Método	Encuesta/Taller
-----------	--------	-----------------

V. CONCLUSIONES

Los estudios de prospectiva que se adelantan en los nueve programas o facultades buscan resolver preguntas de investigación, enfrentar las problemáticas actuales y futuras, identificar y priorizar variables clave, proponer proyectos actuales, futuros, detectar amenazas, plantear hipótesis, generar colectivamente escenarios futuros y proponer objetivos prospectivos estratégicos que impactan directamente los planes de desarrollo institucional e invitan a establecer estrategias con los actores estudiados para trabajo conjunto desde el presente a la luz de apuestas futuras.

Los resultados parciales de este proyecto han permitido, en el lapso de un año, identificar, priorizar y analizar más de 480 problemáticas, 440 variables, 110 variables clave, 100 actores y 270 más de temas/tecnologías/innovaciones, lo que se convierte en un insumo para las facultades de Ingeniería de otras instituciones. Aunque es deseable contextualizar lo encontrado en este proyecto a otros países y regiones, el estudio presenta variables, buenas prácticas metodológicas y algunos patrones que se pueden adaptar a otras investigaciones.

Los planes de estudio, áreas, ciclos y nuevas líneas de investigación son impactados directamente por la construcción colectiva de futuro a través de aplicación de varios métodos, técnicas y herramientas tanto por su alineamiento a nivel metodológico, como por el alineamiento de resultados obtenidos, los objetivos, indicadores, metas y proyectos impactan directamente a los planes de desarrollo de escuelas y Universidades mientras que los resultados del Delphi en tecnologías e innovaciones influyen líneas de investigación, trabajos de grado, nuevos temas para enseñanza en cursos, áreas, ciclos y actividades de transferencia de tecnología desde

las Universidades hacia el sector productivo así como estrategias de adopción de tecnologías dentro de éstas instituciones.

Los programas y escuelas de Ingeniería se enfrentan a un ambiente de toma de decisiones en el futuro bajo condiciones de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad, por lo que la realización de estudios de prospectiva se convierte en insumo fundamental para su direccionamiento estratégico y su alineamiento con las estrategias y estructuras de las Universidades a las cuales pertenecen.

AGRADECIMIENTOS:

Los autores expresan su agradecimiento a la Sección de Competitividad, Tecnología e Innovación de la OEA, al Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Instituciones de Ingeniería – LACCEI y a todos docentes, investigadores, estudiantes, empresarios y en general a todos los grupos de interés que participaron en las encuestas de cada facultad.

REFERENCIAS

- [1] F. Jovane, Y. Koren, C. Boer, “Present and future of flexible automation: towards new paradigms” ANNALS-CIRP, 52(2), 2003, 543-560.
- [2] Godet, M. (1996) “Manual de Prospectiva Estratégica”. Una disciplina intelectual. Paris, Dunod.
- [3] CEPAL, “Prospectiva y desarrollo El clima de la igualdad en América Latina y el Caribe a 2020”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2013.
- [4] H. Auvinen, A. Tuominen, T. Ahlqvist “Towards long-term foresight for transport: envisioning the Finnish transport system in 2100”. Foresight, 2012.
- [5] J. Nazarko, P. Radziszewski, K. Dębkowska, J. Ejdyś, A. Gudanowska, K. Halicka, L. Nazarko, “Foresight study of road pavement technologies”. Procedia Engineering, 122, 2015, 129-136.
- [6] M. Varela, L. Díaz, R. García, “Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud” Investigación en educación médica, 1(2), 2012, 90-95
- [7] M. Castelló, J. Callejo, “La prospectiva tecnológica y sus métodos”. Observatorio de Prospectiva Científica y Tecnológica de Argentina. 2000.
- [8] C. Ramírez, J. Zartha, B. Arango, G. Orozco, “Prospectiva 2025 de la Carrera de Ingeniería Química en algunos Países pertenecientes a la Organización de Estados Americanos (OEA)”, Formación universitaria, 9(6), 2016, 127-138.
- [9] Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation – LIPSOR. (2020). Software. Programas y métodos de Prospectiva. Disponible en: <http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Los-programas/67-Micmac.html>
- [10] J. Steurer, “The Delphi method: an efficient procedure to generate knowledge”. Skeletal radiology, 40(8), 2011, 959-961.
- [11] G. Graham, R. Mehmood, E. Coles, “Exploring Future Cityscapes through Urban. Logistics Prototyping: a Technical Viewpoint”. Supply Chain Management, 20 (3), 2015, pp 341
- [12] M. Godet, P. Durance, “Prospective stratégique. Problèmes et méthodes”. Cahiers du LIPSOR, 2006.
- [13] J. Zartha, B. Arango, F. Vélez, D. Coy, K. Méndez, G. Orozco, A. Ávalos, J. Durán, M. Beltrán, L. Ríos, “Estudio de prospectiva de la Ingeniería Industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA”, Latin American & Caribbean Journal of Engineering Education, 7(1), 2013.
- [14] J. Zartha, G. Orozco, “Estudio de prospectiva académica de la facultad de ingeniería agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana al año 2020”, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 6(2), 2008, 67-75.
- [15] J. Palacio, R. Hernandez, A. Rios, J. Zartha, “Estudio de Prospectiva: Aplicación del método Delphi en Cafés Especiales en Colombia al 2025” Revista Espacios| Vol. 37 (Nº 14), 2016.
- [16] J. Zartha, J. Montes, E. Vargas, J. Palacio, R. Hernández, J. Hoyos, “Methods and techniques in studies related to the delphi method, innovation strategy, and innovation management models”, International Journal of Applied Engineering Research, 13, 2018, 9207-9214.
- [17] Aenor. “Norma UNE 166006:2018. Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia”, 2018, Disponible en: <https://www.aenor.com/certificacion/idi/vigilancia-tecnologica>.