



ESTUDIO PROSPECTIVO DEL CENTRO DE CIENCIA BÁSICA PARA INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA 2010- 2020

PROSPECTIVE STUDY OF THE BASIC SCIENCE CENTER FOR ENGINEERING AT UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA 2010-2020

Clara Marcela Mosquera¹, John Jairo Escobar², Wilder Perdomo³, Jhon Wilder Zartha⁴

RESUMEN

El Centro de Ciencia Básica de la Universidad Pontificia Bolivariana imparte la fundamentación en las áreas de Matemáticas, Física y Química, necesarias para la formación profesional en las distintas disciplinas ingenieriles de la Universidad. Dados los nuevos retos de la Ingeniería a nivel nacional e internacional, se hace necesario no sólo conocer las temáticas prioritarias de Ciencia Básica para responder a éstos, sino también identificar las variables académicas y administrativas estratégicas para impulsar el mejoramiento y elevar el impacto del Centro en su área de influencia.

Para visualizar el futuro de las Matemáticas, la Física y la Química en un horizonte de 10 años, se consultó la opinión de más de 90 expertos, usando el método Delphi a tres rondas y encontrando 31 temas prioritarios, de los cuales fue seleccionado el Diseño de Experimentos para aplicar el método de Vigilancia Tecnológica.

El análisis estructural, siguiendo el método MIC-MAC y el diseño de escenarios, permite definir líneas de acción sobre las cuales plantear políticas, encaminadas al logro del escenario apuesta definido por el Centro de Ciencia Básica, en el cual se espera conseguir que los ejes de Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión Académica y Gestión Administrativa, se encuentren en un nivel alto de desarrollo en el año 2020. Se desarrolló un diagrama causal correspondiente al comportamiento del sistema basado en las variables clave descubiertas en el análisis MIC-MAC, lo que permitirá probar las políticas usando herramientas de simulación.

Palabras clave: Prospectiva, Física, Matemáticas, Química, Delphi, Vigilancia Tecnológica, MIC-MAC, escenarios, SMIC, diagrama causal.

ABSTRACT

The Basic Science Center at *Universidad Pontificia Bolivariana* provides the foundation in the areas of Mathematics, Physics and Chemistry for Engineering, what are needed areas in the professional development in different engineering programs. Due to the new challenges of engineering in the national and international context, it is important to know what the priority themes are in the above areas and identify academic and administrative variables that can be strategically managed in order to increase the development and the impact of the Basic Science Center within its influence area.

To visualize the future of Mathematics, Physics and Chemistry in a horizon of 10 years, the opinion of more than 90 experts was consulted by using the Delphi method with three rounds. In the study 31 priority themes were found and Experiments Design was selected to apply the Technological Watch method.

¹ Ingeniera Electrónica, aspirante a magíster en Gestión Tecnológica, Universidad Pontificia Bolivariana, correo electrónico: cmarcela.ml@gmail.com

² Ingeniero Electrónico, aspirante a magíster en Gestión Tecnológica, Universidad Pontificia Bolivariana, correo electrónico: yunez@hotmail.com

³ Ingeniero de Sistemas, aspirante a magíster en Gestión Tecnológica, Universidad Pontificia Bolivariana, correo electrónico: wpsystems@gmail.com

⁴ Magíster en Gestión Tecnológica, Coordinador Grupo de Investigación en Política y Gestión Tecnológica, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana, correo electrónico: jhon.zartha@upb.edu.co



The structural analysis, using the MIC-MAC and SMIC, allows defining strategic lines and policies to achieve the best scenario, in which is expected to get a high level of development in Technology Infrastructure, Research and Innovation, Context, Academic Extension and Administrative Management in 2020. A causal diagram was developed to represent the system behavior based on the key variables what were discovered in MIC-MAC. The causal diagram will allow testing policies using simulation tools.

Keywords: Prospective, Physics, Mathematics, Chemical, Delphi, Technological watch, MIC-MAC, scenarios, SMIC, causal diagram.

INTRODUCCIÓN

La prospectiva tecnológica, de acuerdo con Godet⁵, permite que aún sabiendo que el futuro es incierto, plantear un conjunto de escenarios probables y proponer las acciones requeridas para lograr un futuro deseado, ya que éste depende en gran medida de los intereses del presente y de las decisiones que están tomando los actores clave en la actualidad.

El presente artículo muestra el desarrollo de la investigación realizada como parte del macro proyecto de prospectiva estratégica de la Escuela de Ingenierías. Como resultado, la Escuela adquiere una visión del futuro de cada uno de sus programas y obtiene información fundamental para formular su estrategia. En particular, el trabajo realizado aporta un análisis prospectivo de la Física, las Matemáticas y la Química, impartida por el Centro de Ciencia Básica de la Escuela, proyectado a un futuro de 10 años (2010-2020). El Centro de Ciencia Básica soporta de forma transversal todos los programas de Ingeniería que ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín y por lo tanto se requiere que sus procesos académicos, investigativos y administrativos estén proyectados al entorno global, sin dejar de lado que la formación de los ingenieros de la UPB debe también ajustarse a las necesidades regionales con un enfoque nacional e internacional.

El estudio realizado se subdivide en dos pilares fundamentales: un estudio temático y un análisis estructural. El pilar temático ha permitido visualizar los temas prioritarios de las áreas de estudio abordadas (Física, Matemáticas y Química) mediante la aplicación del método Delphi a tres rondas y profundizar en el Diseño de Experimentos mediante métodos de vigilancia tecnológica. El pilar estructural ha permitido encontrar las variables más importantes del sistema Centro de Ciencia Básica en

función de su motricidad y dependencia, identificar los escenarios optimista, pesimista y el más probable y proponer cuál será el escenario apuesta para el 2020, y establecer relaciones de causa y efecto entre las variables clave mediante un diagrama causal.

1 ESTUDIO TEMÁTICO

El objetivo del estudio temático es identificar los temas que podrían ser más relevantes en el futuro demarcado al año 2020, para cada área de conocimiento de las ciencias básicas objeto de esta investigación, a saber, Matemáticas, Física y Química, de acuerdo a la opinión de varios expertos en cada una de ellas, orientado a la importancia en la formación de los futuros profesionales en ingeniería.

1.1 Método Delphi

Para este estudio se emplea el método Delphi, el cual nace en la RAND⁶ en los años 60, buscando desarrollar tecnologías militares e identificar potenciales problemas políticos. La propuesta fue formulada bajo el razonamiento de que “es mucho más probable que la opinión de los expertos, particularmente cuando ellos están de acuerdo, sea más correcta que la de quienes no son expertos”. Al enfrentar el problema de poner de acuerdo los expertos, y de lograr que las opiniones que predominaran no fueran influenciadas por capacidades retóricas, dialécticas, o por cualquier clase de poder, propusieron el método Delphi⁷, que brinda las dos cualidades más interesantes y valiosas de éste método: anonimato y retroalimentación. “El método fue diseñado para animar un verdadero debate, independiente de las personalidades”.⁸

De acuerdo con Godet (2007) “El método Delphi tiene como finalidad poner de manifiesto

⁵ GODET, 2007.

⁶ BROWN, 1968.

⁷ HELMER y RESCHER, 1959.

⁸ BALBI, 1999.

convergencias de opinión y hacer emerger ciertos consensos en torno a temas precisos, mediante preguntas a expertos por medio de cuestionarios sucesivos⁹.

En este estudio se realizaron tres rondas de encuestas para cada área, el panel de expertos fue conformado principalmente por docentes e investigadores de diferentes instituciones universitarias y profesionales que se desempeñan en las áreas de estudio. En la primera ronda se busca identificar y clasificar el conjunto de temáticas prioritarias (relevantes, en discusión) y no prioritarias de acuerdo a la importancia y consenso; e identificar temáticas adicionales propuestas por los panelistas. La segunda ronda tiene como propósito aumentar el consenso, para lo cual se le entrega a cada integrante un informe personalizado que le permite contrastar para cada temática su respuesta y la seleccionada por el panel, y el experto propone cambios en la relevancia justificando su punto de vista. Finalmente, se identifican temáticas prioritarias definitivas y se eliminan las no prioritarias. En la ronda final se realiza la selección definitiva de temáticas, utilizando como criterios los argumentos definidos en la segunda ronda y los consensos obtenidos.

1.1.1 Resultados Delphi

A continuación se presenta el nivel académico de los participantes del panel Delphi para cada área.

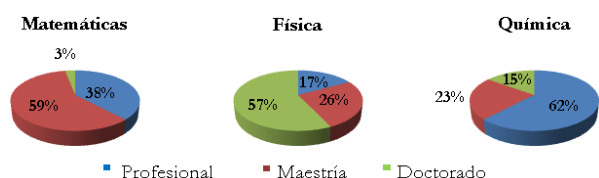


Figura 1. Nivel académico del panel Delphi

Enfocado hacia las ingenierías del año 2020, se identificaron 10 temas prioritarios para Matemáticas, 11 para Física y 10 para Química, los cuales se presentan a continuación junto con su correspondiente porcentaje de consenso:

Matemáticas	Física	Química
-------------	--------	---------

⁹ Ibid. p. 15.

Cálculo Integral (100%)	Polarización, interferencia y difracción (100%)	Análisis Instrumental (100%)
Álgebra Lineal (100%)	Dinámica de fluidos y medios continuos (100%)	Química Analítica I-II (100%)
Cálculo Vectorial (100%)	Teoría electromagnética (88%)	Química Inorgánica (100%)
Ecuaciones Diferenciales (100%)	Nanotecnología, nanoestructuras y nanomateriales (79%)	Cinética química (100%)
Cálculo Diferencial (88,89%)	Mecánica cuántica (75%)	Equilibrio en soluciones acuosas (100%)
Geometría Vectorial (83,33%)	Mecánica clásica (cinemática, dinámica y estática) (71%)	Electroquímica (100%)
Estadística y Procesos Estocásticos (77,78%)	Física del estado sólido (67%)	Lípidos (100%)
Análisis y Métodos Numéricos (94,44%)	Termodinámica (54%)	Química Orgánica I-II-III (68,42%)
Modelación y Simulación (83,33%)	Medios computacionales, simulación de fenómenos físicos y cálculos en clúster (50%)	Gases (63,16%)
Diseño de Experimentos (44,44%)	Trabajo y energía (46%)	Ecología (31,58%)
	Instrumentación (46%)	

Tabla 1. Prioridades académicas 2020 por área

1.2 Método Vigilancia Tecnológica

El método de vigilancia tecnológica aplicada al Estudio de Prospectiva Estratégica del Centro de Ciencia Básica es el señalado por Sánchez y Palop, la cual ha sido adoptada dentro de los procesos de calidad de la institución y se acoge al modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva que aplica el Centro Integrado para el Desarrollo de la Investigación - CIDI y el Grupo de Investigación

Política y Gestión Tecnológica de la Escuela de Ingenierías de la Universidad. El método se aplicó al Diseño de Experimentos, temática seleccionada como prioritaria en el estudio Delphi del área de Matemáticas con el 44% de consenso.

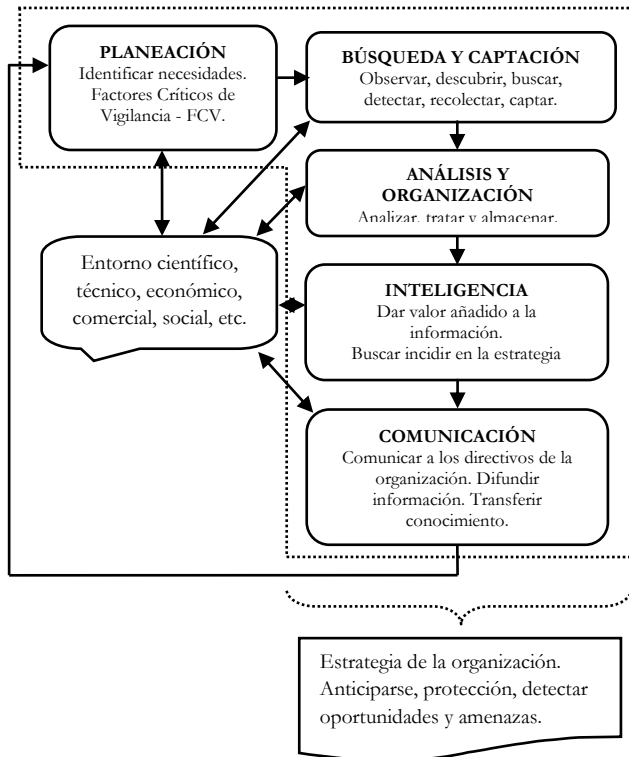


Figura 2. Ciclo de la Inteligencia Competitiva o Vigilancia Tecnológica¹⁰

1.2.1 Resultados Vigilancia Tecnológica

Se obtuvieron 78 publicaciones científicas relacionadas con el Diseño de Experimentos consultadas en 18 bases de datos, entre las cuales se destacan: Academic Search Complete, American Society for Testing and Materials, Blackwell Sinergy, Business Source Complete, Dspace, Google búsqueda avanzada, Scopus, Jstor, Science Direct, Wiley InterScience. En la figura 3 se observa la evolución temporal y el creciente interés de la comunidad científica a partir del año 2006 en diferentes publicaciones sobre este tema. A nivel internacional el Diseño de Experimentos se enfoca en aplicaciones de interés para el sector industrial y en el desarrollo de cursos teórico prácticos, mientras

que a nivel nacional y regional el tema es tratado principalmente en proyectos de grupos de investigación.

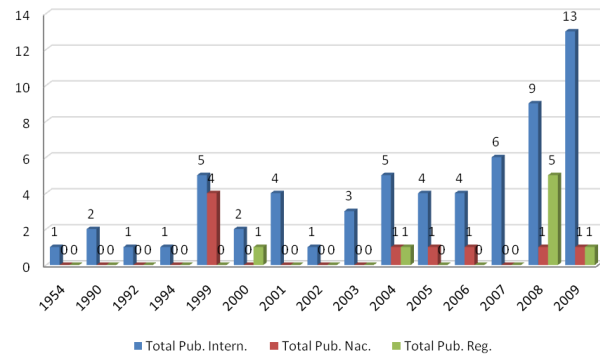


Figura 3. Publicaciones internacional, nacional y regional

La mayor parte de los artículos analizados son publicaciones realizadas en Estados Unidos, con un 35% de participación, seguido de una producción científica muy destacada en Europa, especialmente en España. La figura 4 muestra la distribución geográfica de dichas publicaciones.

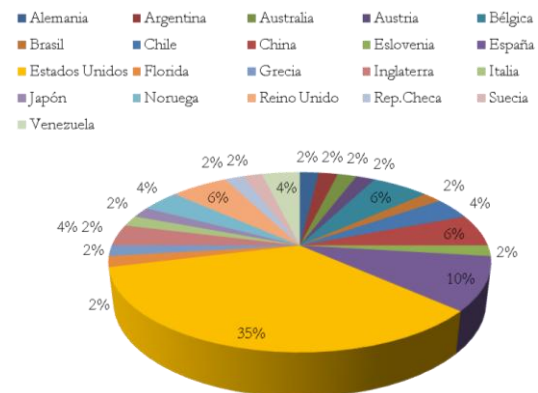


Figura 4. Países de publicaciones

Con los resultados obtenidos se presentaron diferentes propuestas orientadas a fortalecer la toma de decisiones y la definición de estrategias por parte de los directivos, con el propósito de incluirlas dentro de los planes de acción y de mejoramiento del Centro. Las propuestas se focalizan en: mejorar la formación básica disciplinar en la temática Diseño de Experimentos como una competencia del deber ser del Ingeniero Bolivariano; establecer alianzas estratégicas entre la universidad, la empresa y el estado, brindando oportunidades de aplicación y transferencia de conocimiento a los profesionales de la Escuela de Ingenierías; crear y fortalecer líneas de

¹⁰ PALOP, 2002.



investigación incrementando la demanda del Diseño de Experimentos en los grupos de investigación; y ofrecer cursos teórico-prácticos orientados a la enseñanza-aprendizaje de la temática mencionada anteriormente; crear un área de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en Diseño de Experimentos, con el objetivo de descubrir nuevos conocimientos y una mejor comprensión en el ámbito científico y tecnológico, logrando la articulación de los ejercicios de prospectiva tecnológica y estratégica con los de vigilancia tecnológica. Adicionalmente, buscar la aplicación en la industria de los resultados encontrados en la fabricación de nuevos productos, diseño de nuevos procesos o sistemas de producción, así como la mejora e innovación tecnológica sustancial de materiales, productos o sistemas preexistentes. Y, finalmente ofrecer servicios en las áreas de Instrumentación y Metrología con bases sólidas y personal capacitado e idóneo en los campos de acción requeridos.

2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural tiene como objetivo el estudio de las relaciones de motricidad y dependencia de las variables componentes del sistema del Centro de Ciencia Básica y el descubrimiento de las variables críticas del mismo. Dichas variables componen los ejes estratégicos sobre los cuales se deben emprender acciones enfocadas al cumplimiento del escenario Apuesta, en el cual la Infraestructura Tecnológica, Investigación e Innovación, Contexto, Extensión Académica y Gestión Administrativa, se encuentren en un nivel alto de desarrollo en el año 2020.

2.1 Método MIC-MAC

Es el estudio de la estructura y las relaciones de los elementos de un sistema, expresado en términos de las variables que lo componen. Permite describir un sistema mediante el uso de una matriz que interconecta y define la dependencia mutua de sus elementos. La técnica clásica consiste en realizar un inventario de las variables y factores de influencia, la valoración de las relaciones entre variables (influencia de una sobre las demás) en una matriz cuadrada. Finalmente se identifican las variables clave del sistema, que favorecen un mayor desarrollo actuando sobre un conjunto más limitado.

2.2 *Sistemas y Matrices de Impacto Cruzado SMIC*

En el desarrollo del estudio, las variables clave identificadas se agruparon en ejes estratégicos. A partir del balance entre los proyectos actuales, futuros y las amenazas sobre cada uno de los ejes, se visualiza su estado de desarrollo al año 2020, el cual se convierte en la hipótesis de estudio para aplicar las probabilidades de Bayes. Con un panel de nueve expertos docentes y directivos del Centro de Ciencia Básica se realizó la encuesta de probabilidades condicionales, con la finalidad de ajustar dichas probabilidades y encontrar los escenarios más probables y su probabilidad de ocurrencia.

2.3 *Diagrama causal*

El diagrama causal se realiza siguiendo la metodología propuesta por Jay W. Forrester en su libro *Industrial Dynamics*, y en él se retoman los elementos clave del sistema y las relaciones entre ellos que resultan del análisis de impacto cruzado. Una vez conocidas globalmente las variables del sistema y las relaciones causales que existen entre ellas, se realiza la representación gráfica de las mismas para evidenciar los ciclos de realimentación conformados por las variables de interés.

2.4 Resultados

Las variables clave del sistema son aquellas que tienen alto grado de influencia y dependencia, las cuales se encuentran ubicadas en la parte superior de las gráficas MIC-MAC de influencias directas, indirectas, potenciales directas e indirectas. Para el ejercicio del Centro de Ciencia Básica constituido por 62 variables académicas y administrativas, se encontró que la mayoría de las variables del sistema, 87%, se encuentran ubicadas en dicho sector, por tanto se realizó una nueva selección trasladando el origen del eje de influencia hasta obtener un umbral de aproximadamente 34%, ya que con el 87% no es posible realizar una priorización y agrupación de variables en ejes susceptibles de ser gestionados para el mejoramiento del sistema. Las variables clave agrupadas en ejes estratégicos se muestran a continuación:

- **Infraestructura tecnológica:** Inversión en laboratorios, Medios electrónicos, Dotación de equipos, Implementación.
- **Investigación e innovación:** Capacidad de innovación, Aportes de la docencia, Integración



de la docencia con la investigación y la extensión, Investigación, Interdisciplinariedad, Estudios de postgrado, Apropiación, Implementación.

- **Contexto:** Idoneidad, Pertinencia, Competencia, Contexto interno, Contexto externo, Relaciones con facultades, Apropiación, Planeación curricular, Flexibilidad curricular.
- **Extensión académica:** Aportes de la docencia, Integración de la docencia con la investigación y la extensión, Relación con facultades.
- **Gestión administrativa:** Metas de gestión, Medios electrónicos.

Trazados los ejes estratégicos se realizó el diagrama causal, plasmando no sólo las relaciones de causa y efecto entre las variables más importantes del sistema de Ciencia Básica, sino su interrelación con las variables clave de las ingenierías Eléctrica y Electrónica.

En el diagrama causal mostrado en la figura 5 los ciclos más relevantes son los siguientes:

CICLOS DE REFUERZO

Diversidad de la investigación (R1). *Integrado por las siguientes variables: Docentes con MSc y PhD, líneas/grupos de investigación, cursos/estudios de postgrado.* Este ciclo enfatiza en la necesidad de docentes con estudios de maestría y doctorado, de forma que se generen líneas y grupos de investigación de alta calidad.

Universidad – Empresa – Estado (R2). *Integrado por las siguientes variables: Líneas/grupos de investigación, proyectos con empresas, recursos externos y COLCIENCIAS, inversión en laboratorios-SI-becas e infraestructura tecnológica.* Este ciclo muestra la importancia de la vinculación de la universidad con las necesidades del medio a través de la formulación de proyectos en conjunto con empresas del sector, con lo cual se logra de un lado la cofinanciación por parte de la empresa y proporcionalmente el apoyo de Colciencias para el desarrollo de estas iniciativas.

Investigación pertinente (R3). *Integrado por las siguientes variables: Nivel de desarrollo del país, inversión*

nacional en Ciencia y Tecnología, recursos externos y COLCIENCIAS, inversión en laboratorios-SI-becas, infraestructura tecnológica, líneas/grupos de investigación, proyectos con empresas o proyectos UPB, proyectos en curso, proyectos finalizados, producción. Este ciclo muestra como los productos de los proyectos de investigación, tales como Spin-off universitarios y patentes, favorecen el desarrollo económico del país. La financiación de estos proyectos tiene un gran componente aportado por COLCIENCIAS, entidad a la cual se le destina un porcentaje del producto interno bruto para inversión en Ciencia y Tecnología.

Fundamentación en Ciencia Básica (R4).

Integrado por las siguientes variables: Calidad en fundamentación en Ciencia Básica, deserciones, estudiantes matriculados, relación docentes/estudiantes, diferencia docentes, docentes a contratar, docentes, docentes MSc y PhD, líneas/grupos de investigación, cursos/estudios de postgrado y flexibilidad curricular. En la medida en que se generen líneas de investigación por la participación de los docentes del Centro de Ciencia Básica en investigación, se generan nuevos cursos que profundizan la fundamentación de la formación básica, haciendo currículos más flexibles.

CICLOS DE BALANCE

Cualificación docente (B1). *Integrado por las siguientes variables: Inversión en cualificación docente, docentes becados, docentes con MSc y PhD y diferencia con respecto a meta.* La meta de este ciclo es tener una planta de docentes con estudios de maestría y doctorado en pro de la calidad docente a través de la inversión en cualificación docente por medio de la consecución de becas y auxilios para estudios de postgrado.

Docentes (B2). *Integrado por las siguientes variables: Relación docentes/estudiantes, diferencia docentes, docentes a contratar y docentes.* La planta docente estará determinada por la relación docentes/alumnos definida por la facultad de acuerdo a sus políticas educativas. De esta forma, el número de docentes a contratar está dado por los docentes que faltan para cumplir la relación deseada.

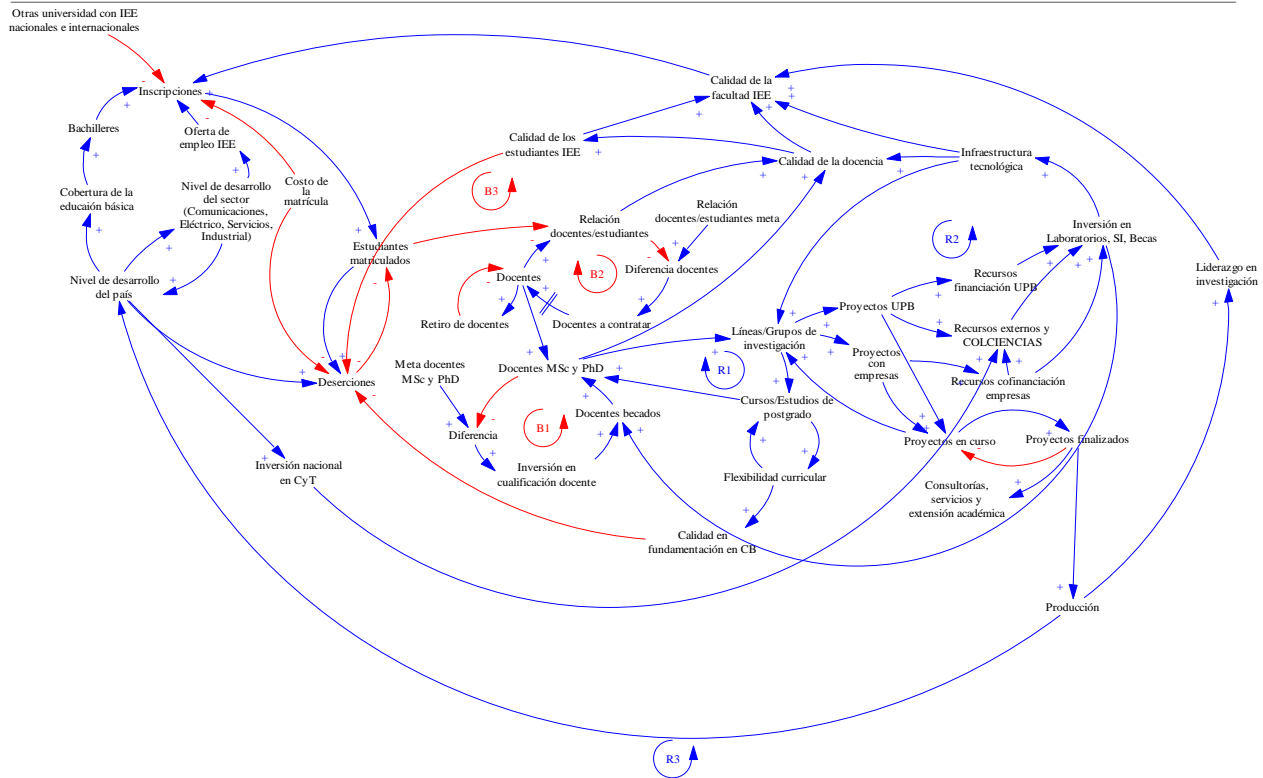


Figura 5. Diagrama causa Centro de Ciencia Básica e Ingenierías Eléctrica y Electrónica

Efecto de la calidad de la docencia (B3). Integrado por las siguientes variables: Calidad de la docencia, calidad de los estudiantes, deserciones, estudiantes matriculados y relación docentes/estudiantes. La calidad de la docencia es una variable que depende de la cualificación de los docentes y de la relación docentes/alumnos. Esta variable favorece los procesos de aprendizaje y mantiene la motivación de los estudiantes, disminuyendo así las deserciones por motivos académicos e incrementando la calidad de los estudiantes.

Una vez evaluados los proyectos actuales, futuros y las amenazas sobre los ejes estratégicos se definen con los directivos del Centro de Ciencia Básica las hipótesis de que en un horizonte de 10 años, los ejes estarán en un nivel BUENO de desarrollo. Estas hipótesis son la entrada del método SMIC, en el cual con un ajuste de probabilidades condicionales se obtienen los ocho escenarios más probables, cuya probabilidad es del 80%. El escenario más probable es un escenario optimista, en el cual se logra que la situación de todos los ejes de interés sea buena en el año 2020. Este escenario, seleccionado como apuesta por los directivos del Centro, corresponde a un sistema innovador que se actualiza constantemente y que facilita las actividades de

extensión académica, con una buena infraestructura tecnológica representada en laboratorios dotados con sistemas de alta tecnología, los cuales soportan su interacción con otros centros de Ciencia Básica de diferentes Universidades y con otras facultades de la UPB. La probabilidad de este escenario es de 23.9%.

De otro lado, el escenario pesimista, con una probabilidad del 21.0%, representa que la situación de todos los ejes planteados para el ejercicio no estarán en una situación buena.

CONCLUSIONES

El trabajo presentado es una herramienta gerencial que permite a los entes administrativos de la Universidad Pontificia Bolivariana y del Centro de Ciencia Básica para Ingeniería, tomar decisiones y ejecutar acciones de cara a los retos a los que se enfrentarán en el año 2020, basadas en las variables clave del sistema estudiado y sus relaciones estructurales.

Desde el punto de vista temático, el estudio muestra el crecimiento del interés de los expertos por temas como la Nanotecnología en el área de Física, la



Modelación y Simulación en el área de Matemáticas, y el Análisis instrumental en el área de Química, que apuntan de forma directa a las tendencias internacionales en Ciencia y Tecnología.

Metodológicamente se puede concluir que las herramientas y métodos utilizados a lo largo del desarrollo del estudio prospectivo (Método Delphi, Vigilancia Tecnológica, MIC-MAC y Dinámica de Sistemas) se complementan apropiadamente, dado que permiten visualizar escenarios de futuro y entregan el insumo básico para la construcción de un instrumento que facilite la evaluación de políticas académicas y administrativas para conseguir el escenario apuesta del Centro, en un horizonte de 10 años.

BIBLIOGRAFÍA

BALARAMAN, Shakuntala y VENKATAKRISHNAN, K. Identifying Engineering Education Goals and Priorities for the Future: an experiment with the Delphi Technique. Ed. Amsterdam: Higher Education, 1980, 53-67 p.

BROWN, Bernice B. Delphi Process: A Methodology used for the elicitation of opinions of experts, The RAND Corporation Santa Monica, California. [en línea]. [consulta: 20 de febrero de 2010]. Disponible en: <<http://www.rand.org/pubs/papers/2006/P3925.pdf>>

BUILES RESTREPO, Carlos Alberto y MANRIQUE HENAO, Jorge Alonso. Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: un estudio prospectivo en Antioquia - Medellín, 2000. Trabajo de grado Ingeniería. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. Facultad de Ingeniería Mecánica, 2000, 58 p.

GODET, Michael. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique, Prospektiker - Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia. 2 Ed. 2007, p. 15.

GODET, Michel. De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia, Ediciones: Alfaomega- Marcombo, 1993.

GUTIERREZ, Luis Jaime. Las prioridades investigativas en Ingeniería Informática: un estudio prospectivo en Antioquia - Medellín. Trabajo de grado ingenierías. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingenierías. Maestría Gestión Tecnológica, 2008.

FORRESTER, Jay. Diseñando el futuro - Universidad de Sevilla. [en línea]. [consulta: 06 de diciembre de 2009]. Disponible en: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/Designj_f.pdf>

FORRESTER, Jay. Industrial dynamics. USA: Productivity Press, 1961.

PALOP, Fernando y SÁNCHEZ, Jenny Marcela. Ciclo de la Inteligencia competitiva o Vigilancia Tecnológica - Madrid. 2002.

SÁNCHEZ TORRES, Jenny Marcela. Herramientas de software para la práctica en la empresa de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. En: Revista España, 2002.

STERMAN, John. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. USA: Ediciones McGraw Hill, 2000.

THE FUTURES GROUP. El método Delphi. Futures Research Methodology, Version 1.0. [en línea]. [Original no consultado]. Publicado por Millennium Project del American Council for the United Nations University, Washington, USA, 1999.. Traducido por: BALBI, Eduardo. 240 p.

ZARTHA SOSSA, Jhon Wilder. Programa de Prospectiva Estratégica para la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Medellín-Grupo de Investigación Política y Gestión Tecnológica, En: La Universidad. 2008.

ZARTHA SOSSA, Jhon Wilder y OROZCO MENDOZA, Gina Lía. Estudio de Prospectiva Académica de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana al año 2020. En: Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial Universidad del Cauca. Diciembre, 2008, Vol. 6, No. 2, p. 1-9.