

Article

Aproximación a la prospectiva tecnológica para la investigación: caso práctico Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Sánchez Arévalo, Mónica Lizeth¹, Abuchar Porras, Alexandra²

¹ Ingeniera Industrial, Magister en ingeniería industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, miembro del grupo de investigación LIDER <https://orcid.org/0000-0001-6866-4514>, Correo institucional molsancheza@correo.udistrital.edu.co, Bogotá-Colombia.

² Ingeniera de Sistemas Universidad Antonio Nariño, especialista en Docencia universitaria, especialista en Multimedia para la docencia, Magister en Informática Aplicada a la Educación, Universidad Cooperativa de Colombia, miembro del grupo de investigación LIDER, docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). <https://orcid.org/0000-0001-8869-7129>. Correo institucional. aabucharp@udistrital.edu.co. Bogotá-Colombia.

Received: 15/08/2021; Accepted: 25/10/2021; Published: 30/12/2021

Resumen: En el presente artículo se aborda la prospectiva tecnológica como herramienta de investigación que permite que las organizaciones cuenten con información relevante para la toma de decisiones a futuro, se realiza una explicación de métodos prospectivos. Se desarrolla la aplicación de esta herramienta con el fin de contar con información para modificaciones en el proceso administrativo que interviene en el trabajo de grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, basado en los recursos tecnológicos estratégicos que son la Plataforma del Sistema de Gestión de Calidad (SIGUD) y Procedimientos y procesos modalidades de grado (Normatividad SIGUD), aplicando el método Delphi (Delfos)-Matriz de impacto cruzado.

Palabras clave: prospectiva tecnológica, procesos administrativos, método Delphi.

Abstract

This article deals with technological foresight as a research tool that allows organizations to have relevant information for future decision making, an explanation of prospective methods is made. The application of this tool is developed in order to have information for modifications in the administrative process involved in the degree work of the Faculty of Engineering of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas, based on the strategic technological resources that are the Quality Management System Platform (SIGUD) and Procedures and processes degree modalities (SIGUD Regulations), applying the Delphi method (Delfos) - Cross Impact Matrix.

Keywords: technology prospective, administrative processes, Delphi method.

1. Introducción

La importancia de contar con herramientas que permitan buscar el estado del futuro desde las predicciones, basado en soportes matemáticos y pronósticos. Para la prospectiva estratégica y tecnológica, el futuro es múltiple, indeterminado y abierto a una gran variedad de futuros posibles.

La prospectiva tecnológica es una herramienta que le permite a la organización detectarlas áreas científicas que pueden servirle de soporte para impulsar tecnologías emergentes, y localizar las carencias y obstáculos que pueden aparecer en su desarrollo. La prospectiva tecnológica debe centrarse en la investigación de nuevas tendencias con respecto a tecnologías radicalmente nuevas y en las fuerzas que puedan surgir de la combinación de factores tales como las preocupaciones sociales, políticas nacionales, y los descubrimientos científicos [1].

Basado en los **métodos prospectivos** definidos en [1], se logra presentar la tabla 1, de donde se decide aplicar los métodos cualitativos con el fin de realizar la prospectiva tecnológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital.

Tabla 1. Métodos prospectivos

Cualitativos	Cualitativos			
	Interactivo	Normativo	Exploratorio	Intuitivo
Simulación de sistemas	Impacto cruzado	Árbol de relevancia	Análisis de escenarios	Tormenta de ideas
Modelos econométricos			Benchmarking	Tecnologías críticas o clave
Análisis de riesgos	Método Delphi		Análisis estructural	
Análisis bibliométricos			Juego de actores	

El objetivo de aplicar una técnica de investigación prospectiva es proponer modificaciones en el proceso administrativo que interviene en el trabajo de grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, basado en los recursos tecnológicos estratégicos que son la Plataforma del Sistema de Gestión de Calidad (SIGUD) y Procedimientos y procesos modalidades de grado (Normatividad SIGUD).

2. Materiales y Métodos

El presente artículo mostrara la aplicación del Método Delphi, para el desarrollo de la prospectiva tecnológica, se analiza algunos aspectos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), los cuales se muestran en la Tabla2.

Tabla 2. Diagnostico Facultad de Ingeniería para la realización de prospectiva tecnológica

Aspectos a evaluar	Posición de la Facultad de Ingeniería UDFJC
Razones por las que se va a hacer	Es necesario realizar esta prospectiva, con el fin de identificar la aceptación en la modificar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, basado en los recursos tecnológicos estratégicos previamente definidos que son, Plataforma del Sistema de Gestión de Calidad (SIGUD) y

<p>Recursos necesarios y los disponibles para hacer la Prospectiva Tecnológica</p>	<p>Procedimientos y procesos modalidades de grado (Normatividad SIGUD).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento SIGUD. • Sistema de Gestión Académica-CÓNDOR • Coordinadores y asistentes de proyectos curriculares. • Firmas digitales • Correo electrónico institucional. • RIUD. • Plan estratégico de la facultad 2017-2022. • Servidores (Infraestructura la necesaria) • Almacenamiento en la nube • Funcionarios Oficina Asesora de Sistemas OAS • Modelo de operación por procesos • Profesionales de la Facultad de Ingeniería • Experiencia y apoyo de PlanEsTIC UD, en el desarrollo de actividades virtuales • Estudiantes de Ingeniería de sistemas, que puede proponer y desarrollar su proyecto de grado basado en un centralizador de información.
<p>Tiempo que demorara la realización del ejercicio</p>	<p>En el desarrollo del Método Delphi y la aplicación de las dos encuestas alrededor de 2 semanas, ya que tiene un tiempo de diferenciación respecto al análisis y el replanteamiento del cuestionario para la segunda aplicación. La lluvia de ideas se desarrolló en el transcurso de reuniones y al finalizar las encuestas usadas para el método Delphi. En el presente artículo se publicarán los resultados de la primera encuesta.</p>
<p>Experiencia que resulta relevante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El dialogo y captación de propuestas e ideas de parte de los expertos, de manera estructurada (encuestas) y no estructuradas (lluvia de ideas). • El conocimiento que he desarrollado al estar en contacto con los procesos y procedimientos de la Universidad. • Actualmente he participado en la construcción de manera cooperativa de procesos que estandaricen los procesos de grado bajo la modalidad de Emprendimiento con estudiantes de Ingeniería de sistemas.
<p>Límites a la creatividad de los procesos que se deben imponer</p>	<p>El límite se basa en los recursos económicos con los que se desarrolla el proyecto, además de validar si el proyecto se realizara in house o por tercerización o compra de un software no a la medida.</p> <p>Varios de los avances se han desarrollado en propuestas de estudiantes en sus proyectos de grado, pero no se ha realizado una estrecha relación entre ellos que son los creativos y la</p>

Equilibrio del ejercicio con las necesidades de la organización	<p>Universidad que es quien tiene recursos económicos y de infraestructura</p> <p>Es de vital importancia la realización del ejercicio de manera institucional, con el fin de poder proponer una solución que sea viable según el tiempo y los recurso con los que cuenta la Facultad de Ingeniería y a su vez la aceptación al cambio que se debe hacer un poco más amena con el acompañamiento y la capacitación de los usuarios, teniendo la opción de retroalimentación y modificación dinámica del proceso que se desea proponer.</p>
---	--

En la figura 1, se muestra en proceso en el cual se desarrolló la prospectiva tecnológica en la Facultad de Ingeniería en el método Delphi y en la lluvia de ideas.

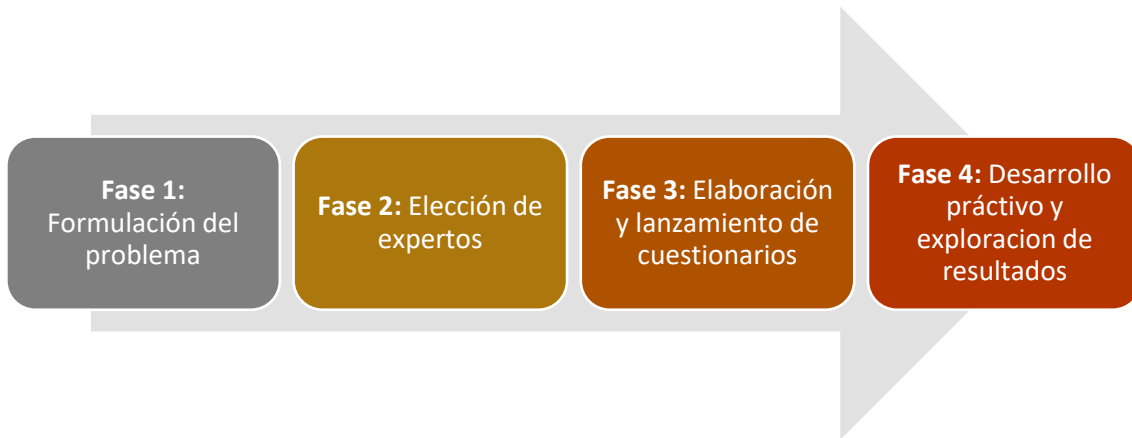


Figura 1. Proceso prospectivo, basado en [2].

3. Resultados de aplicación Método Delphi (Delfos)-Matriz de impacto cruzado

Según la matriz de McKinsey desarrollada para la Facultad de Ingeniería de manera previa con el fin de jerarquizar ideas de mejora desde el enfoque de procesos administrativos, se decide por dos recursos tecnológicos estratégicos que corresponde a la Plataforma del Sistema de Gestión de Calidad –SIGUD y Procedimientos y procesos - Normatividad SIGUD.

Idea para analizar

Disminuir los tiempos de repuesta y la operatividad automatizando los procesos, en donde a su vez se generaría la disminución de reprocesos administrativos, se tiene implícito la idea de disminución de tiempos de espera en las solicitudes radicadas a consejos de carrera para temas de modalidades de grado.

Variables

- Acceso a innovaciones tecnológicas
- Modalidad de grado.

- Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos.
- Presupuesto en inversión.
- Evaluación de los Resultados.

Mediante esta técnica, se busca determinar las variables estratégicas del sistema, para el presente se utilizó la herramienta MicMac para el desarrollo del análisis, la identificación de variables que se utilizarán en este método se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Identificación de variables de estudio

N	Long label	Short label
Ítem 1	Acceso a innovaciones tecnológicas	A
Ítem 2	Modalidades de grado	B
Ítem 3	Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos	C
Ítem 4	Presupuesto en inversión	D

Para iniciar este método, se empieza por la selección del grupo de expertos, escogiendo los coordinadores y asistentes de los cinco proyectos curriculares de pregrado de la Facultad de Ingeniería, junto con el Decano de esta y una de sus asistentes, para un total de 12 personas definidas como expertas, por el dominio del tema y manejo diario de la temática (responsables del procedimiento definido por normatividad [3]). La clasificación de la ponderación de influencia utilizada para la percepción de estos en el estudio es la siguiente:

Tabla 4. Ponderación de influencia para la primera encuesta de expertos

Valor numérico	Tipo de influencia
3	Influencia Alta
2	Influencia Media
1	Influencia Baja
0	No influye

En la Tabla 5, se consolida la encuesta número uno, aplicada a los 12 expertos elegidos, en la cual se define en cada casilla la influencia de las variables.

Tabla 5. Matriz cruzada – Encuesta número 1 de expertos

	Acceso a innovaciones tecnológicas	Modalidades de grado.	Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos.	Presupuesto en inversión	Activo
Acceso a innovaciones tecnológicas					

Modalidades de grado.					
Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos.					
Presupuesto en inversión.					
Pasivo					

La ejecución del método Delphi, aplicado a los doce (12) expertos encuestados, se plasma en las siguientes tablas de respuestas.

Tabla 6. Respuestas encuesta número 1 de expertos

E1	A	B	C	D	Ac	E2	A	B	C	D	Ac	E3	A	B	C	D	Ac	E4	A	B	C	D	Ac
A		2	3	2	7	A		3	3	0	6	A		3	2	2	7	A		3	3	3	9
B	3		1	2	6	B	0		3	3	6	B	1		2	1	4	B	2		2	1	5
C	1	2		1	4	C	3	3		2	8	C	2	1		2	5	C	2	3		1	6
D	3	3	3		9	D	3	3	3		9	D	3	1	3		7	D	3	2	3		8
P	7	7	7	5		P	6	9	9	5		P	6	5	7	5		P	7	8	8	5	

E5	A	B	C	D	Ac	E6	A	B	C	D	Ac	E7	A	B	C	D	Ac	E8	A	B	C	D	Ac
A		2	2	2	6	A		2	2	3	7	A		3	3	1	7	A		2	3	1	6
B	3		1	2	6	B	0		3	0	3	B	0		3	3	6	B	1		1	1	3
C	2	3		3	8	C	0	3		2	5	C	3	3		3	9	C	2	1		3	6
D	3	2	3		8	D	0	3	3		6	D	3	3	3		9	D	3	1	3		7
P	8	7	6	7		P	0	8	8	5		P	6	9	9	7		P	6	4	7	5	

E9	A	B	C	D	Ac	E10	A	B	C	D	Ac	E11	A	B	C	D	Ac	E12	A	B	C	D	Ac
A		3	2	3	8	A		0	3	3	6	A		1	3	3	7	A		2	3	1	6
B	3		2	1	6	B	2		2	3	7	B	3		1	1	5	B	2		1	0	3
C	3	1		3	7	C	1	2		3	6	C	3	3		2	8	C	3	0		1	4
D	3	2	3		8	D	3	3	3		9	D	3	2	3		8	D	3	0	3		6
P	9	6	7	7		P	6	5	8	9		P	9	6	7	6		P	8	2	7	2	

Con los datos obtenidos, se determinan los niveles de motricidad y dependencia de los factores de cambio, mediante el desarrolló una matriz de sumatoria de dependencia y motricidad entre cada una de las variables para cada experto y posteriormente se ubica en la matriz de decisión, en el cual los valores de X y Y representan dependencia y motricidad respectivamente.

La motricidad o influencia es el impacto que una variable ejerce sobre las demás, la dependencia es el impacto que las variables del sistema ejercen sobre una de ellas, para ello se utilizaran las figuras 2 y 3.

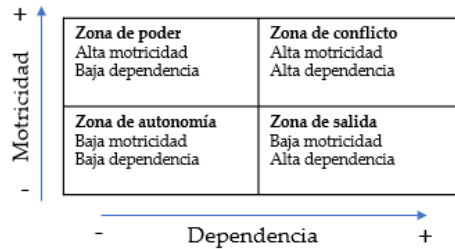


Figura 2. Análisis estructural: Plano cartesiano Dependencia Vs. Motricidad, basado en [1] [5].

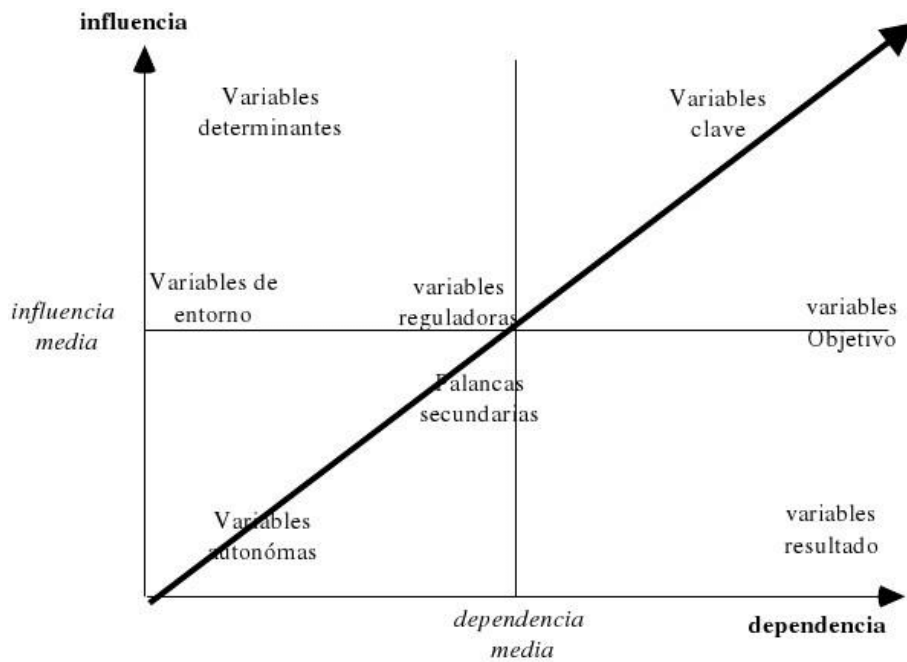


Figura 3. Análisis estructural: Plano cartesiano Influencia Vs Dependencia, clasificación zonas, fuente: [4].

En la tabla 7, se muestra los niveles de Motricidad y dependencia de cada una de las matrices de impacto cruzado proveniente de las encuestas individuales realizadas a los 12 expertos.

Tabla 7. Niveles de Motricidad y Dependencia

		Activo (x)	Pasivo (Y)			Activo (x)	Pasivo (Y)			Activo (x)	Pasivo (Y)			Activo (x)	Pasivo (Y)
E1	A	7	7	E2	A	6	6	E3	A	7	6	E4	A	9	7
	B	6	7		B	6	9		B	4	5		B	5	8
	C	4	7		C	8	9		C	5	7		C	6	8
	D	9	5		D	9	5		D	7	5		D	8	5
E5	A	6	8	E6	A	7	0	E7	A	7	6	E8	A	6	6

	B	6	7		B	3	8		B	6	9		B	3	4
	C	8	6		C	5	8		C	9	9		C	6	7
	D	8	7		D	6	5		D	9	7		D	7	5
E9	A	8	9	E10	A	6	6	E11	A	7	9	E12	A	6	8
	B	6	6		B	7	5		B	5	6		B	3	2
	C	7	7		C	6	8		C	8	7		C	4	7
	D	8	7		D	9	9		D	8	6		D	6	2

Cada uno de los puntos hallados, se representa en el siguiente plano cartesiano, con el fin de ubicar cada uno de ellos en una de las zonas establecidas.

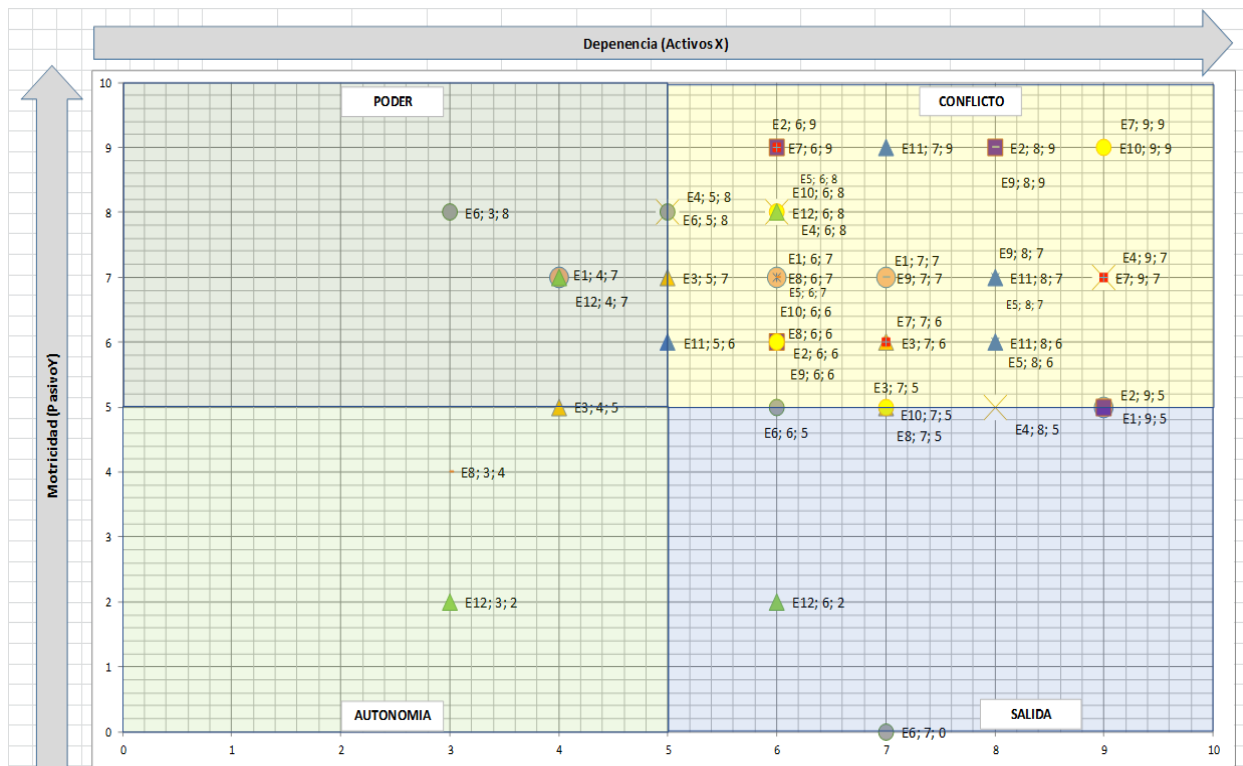


Figura 4. Plano cartesiano Influencia Vs Dependencia, Delphi 1

El anterior plano, es decir la figura 4, al no definir de manera explícita los factores de conflicto o críticos, se decide aplicar los anteriores datos en el software MicMac, previo a ello “se debe obtener la media o la moda, según sea el criterio a considerar, justificando el porqué de dicha decisión de los datos de la matriz estructural llenada por los expertos, de tal manera que al final se tendrá una única tabla (matriz) de datos, la cual será suministrada al sistema” [6].

Para lo cual se hallan las siguientes tablas, tanto la media como la moda de los datos de los 12 expertos con el fin de validarlos y analizarlos posteriormente.

Hallando la **Moda** de los datos de los expertos y graficándolo en el software MicMac, se obtiene lo siguiente:

Tabla 8. Niveles de Motricidad y Dependencia Delphi 1-Moda

Indicator	Value
Matrix size	4
Number of iterations	3
Number of zeros	4
Number of ones	2
Number of twos	1
Number of threes	9
Total	12
Fillrate	75%

N	Variable	Total Number of rows	Total Number of columns
Ítem 1	Acceso a innovaciones tecnológicas	8	9
Ítem 2	Modalidades de grado	5	8
Ítem 3	Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos	9	7
Ítem 4	Presupuesto en inversión	9	7
Totales		31	31

Tabla 9. Resultados Delphi 1-Moda

ET	A	B	C	D	Ac
A		2	3	3	8
B	3		1	1	5
C	3	3		3	9
D	3	3	3		9
P	9	8	7	7	0

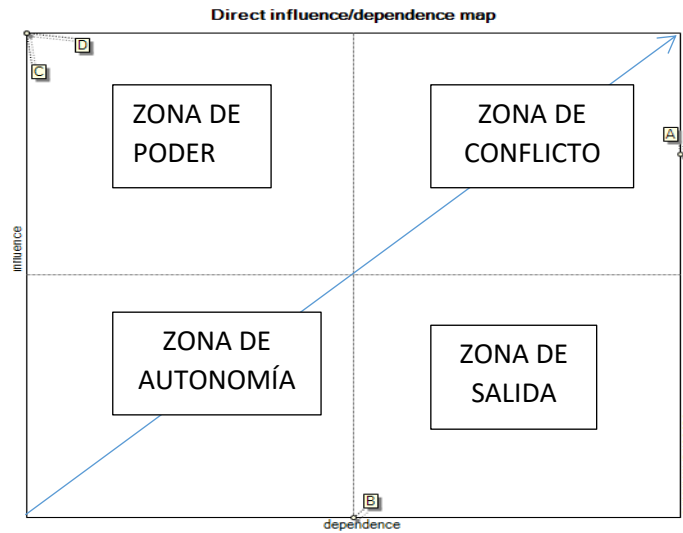


Figura 5. Plano cartesiano Influencia Vs Dependencia, Delphi 1-Moda

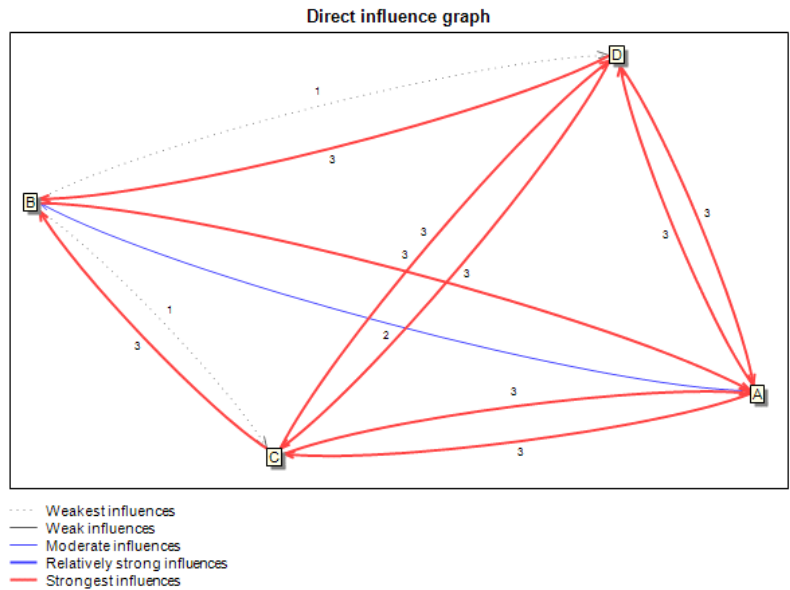


Figura 6. Gráfico de influencia directa, Delphi 1-Moda

Basado en las anteriores figuras (5 y 6) generados en el software, se puede establecer que, Las variables determinantes o de entrada, (poco dependientes y muy motrices), son, Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos (C) y Presupuesto en inversión (D), tienen influencia directa entre ellas y se definen como frenos o motores del sistema, son un reto.

Las variables clave, es el Acceso a innovaciones tecnológicas (A), cuenta con alta dependencia e influencia dentro del sistema, tiene la cualidad de lograr trastornar el funcionamiento normal del sistema, es inestable y se convierte en el reto de la Facultad de Ingeniería, y tiene influencia directa con las demás variables. La variable de resultado también es una variable salida, son las Modalidades de grado (B), es poco influyente y muy dependiente, es una variable sensible y según su evolución se define como el objetivo, y tiene influencia con las demás variables, aunque la variable (A) no tenga fuerte influencia.

Hallando la *Media aritmética* de los datos de los expertos y graficándolo en el software MicMac, se obtiene lo siguiente.

Tabla 10. Niveles de Motricidad y Dependencia Delphi 1-Media aritmetica

N	Variable	Total Number of rows	Total Number of columns
Ítem 1	Acceso a innovaciones tecnológicas	7	7
Ítem 2	Modalidades de grado	6	6
Ítem 3	Eficacia, eficiencia y efectividad en los procesos	6	8
Ítem 4	Presupuesto en inversión	8	6
Totales		27	27

Tabla 111. Resultados Delphi 1-Media aritmética

ET	A	B	C	D	Ac
A		2	3	2	7
B	2		2	2	6
C	2	2		2	6
D	3	2	3		8
P	7	6	8	6	9

Indicator	Value
Matrix size	4
Number of iterations	3
Number of zeros	4
Number of ones	0
Number of twos	9
Number of threes	3
Total	12
Fillrate	75%

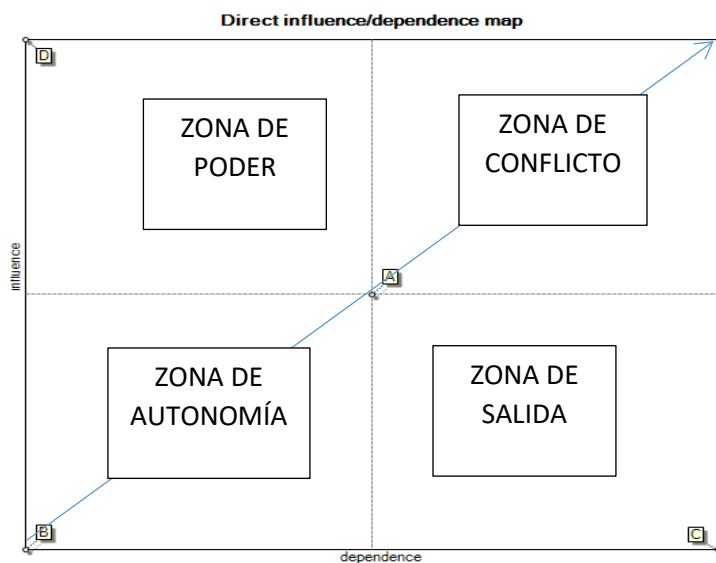


Figura 7. Plano cartesiano Influencia Vs Dependencia, Delphi 1- Media aritmética

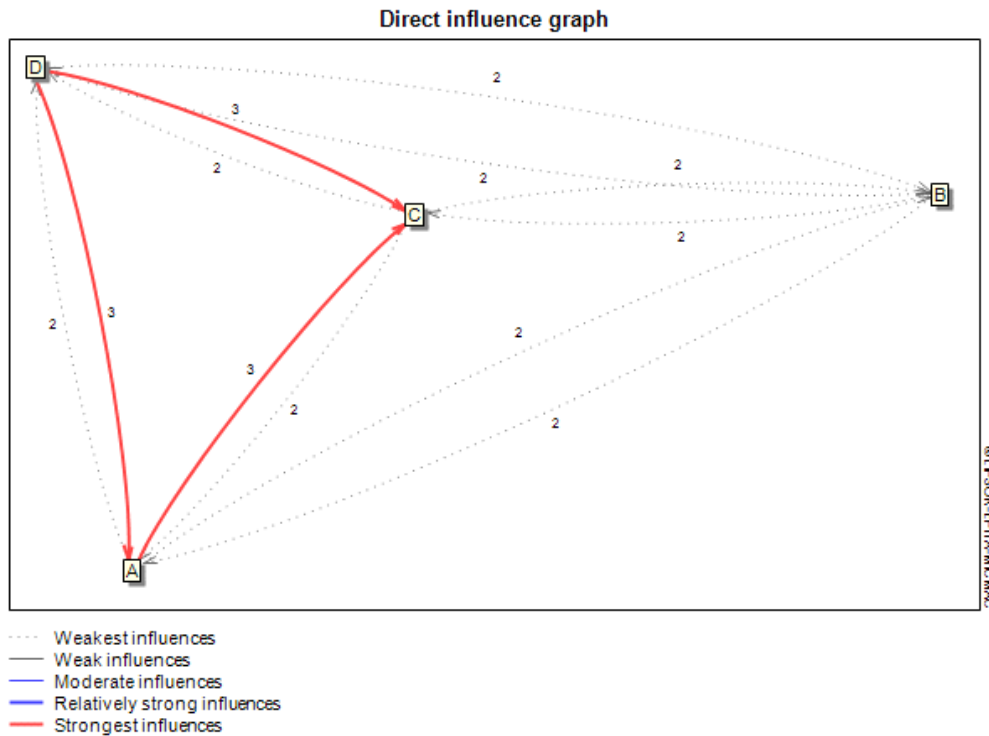


Figura 8. Gráfico de influencia directa Delphi 1- Media aritmética

Basado en las figuras 7 y 8, generados en el software, se puede establecer que, la variable determinante o de entrada, (poco dependiente y muy motriz), es Presupuesto en inversión (D), tienen fuerte influencia con (C) y (A), se define como freno o motor del sistema, es a su vez un reto.

La variable reguladora es el Acceso a innovaciones tecnológicas (A), y ubicada en la zona central del plano, evolucionando en función del cumplimiento del objetivo. La variable autónoma, son las Modalidades de grado (B), es poco influyente y poco dependiente, y no constituyen un reto y no presenta relación de influencia con las demás variables, La variable de resultado, también es una variable salida, es Presupuesto en inversión (D), es poco influyente y muy dependiente, es una variable sensible y según su evolución se define como el objetivo, y tiene relación de influencia con las variables (A) y (C).

4. Discusión

Con la aplicación del método Delphi se logra recopilar las divergencias y discrepancias de las opiniones de los usuarios definidos como expertos en la Facultad de Ingeniería de la UDFJC, siendo una herramienta de interés científico para investigación de prospectiva.

La participación de los actores claves, es decir lo que cuentan con alta influencia y dependencia, permite un enlace de comunicación entre los actores globales del sistema (actores enlace).

Al terminar la aplicación del primer cuestionario a los expertos, se debe elaborar un segundo cuestionario que permita determinar de manera objetiva y con mayor convergencia las respuestas, ya que el anterior no permitió definir la importancia de la variable que se definirá como objetivo.

Referencias

- [1] F. Sáenz Blanco, N. Cordero Sáenz y E. Cortes Rodríguez , *Gestion tecnologica*, Bogotá: Por definir, 2017.
- [2] Universidad de Deusto, «Método Delphi,» 2019. [En línea]. Available: www.prospectiva.eu/zaharra/03_Delphi_ESTE.pdf.
- [3] UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, «SIGUD,» 2017. [En línea]. Available: <http://comunidad.udistrital.edu.co/sigud/procesos/misionales/gestion-de-docencia/>.
- [4] V. Reyna Zambrano, X. A. Arango Morales, O. Leyva Cordero y V. Cuevas Pérez, «Identificación de variables clave del perfil docente en ciencias políticas,» *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 3, nº 6, 2013.
- [5] M. H. Fernández Carrión, «Prospectiva en la toma de decisiones dentro de un escenario crítico: crimen organizado global,» *Vectores de investigación*, 2017.
- [6] X. Arango Morales y V. Cuevas Pérez, «MÉTODO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL: MATRIZ DE IMPACTOS CRUZADOS MULTIPLICACIÓN APLICADA A UNA CLASIFICACIÓN (MICMAC),» *Universidad Autónoma de Nuevo León*.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).