

**REVISIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA LA ADAPTACIÓN  
DE UN MODELO PROSPECTIVO APLICABLE AL PROGRAMA “MEDELLÍN ESPACIAL” -  
RUTA N.**

**NAZLY JULIETH MUNERA MONTOYA**  
[nmuneram@eafit.edu.co](mailto:nmuneram@eafit.edu.co)

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gerencia de Proyectos**

**Asesor temático**

**JHON WILDER ZARTHA SOSSA**

**Docente Escuela de Ingenierías Universidad Pontificia Bolivariana**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN**

**MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**MEDELLÍN**

**2016**

## REVISIÓN DE LOS MÉTODOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE UN MODELO PROSPECTIVO APLICABLE AL PROGRAMA “MEDELLÍN ESPACIAL”-RUTA N.

### Resumen

El presente documento plantea un modelo de futuro como la ventana a través de la cual el programa Medellín Espacial podrá visualizar políticas de largo plazo, estrategias, y planes para lograr generar una cultura de estudio, emprendimiento e innovación aeroespacial en los actores académicos y empresariales de la ciudad. El enfoque de la exploración está orientado a hallar un método que resuelva para el programa, dudas como ¿Qué quiere ser Medellín Espacial en el futuro (mediano y largo plazo)? ¿Qué campos de estudio son factibles en Medellín? ¿En qué campos de I+D aeroespacial tiene potencial la ciudad? ¿Qué aplicaciones comerciales son viables para desarrollar localmente?. Es pertinente entonces, antes de plantear el modelo, conocer qué herramientas de prospectiva existen, sus características, requerimientos, posibles resultados, enfoques, limitaciones y alcances; para facilitar esta selección se realizó una jerarquización de acuerdo a la pertinencia de la herramienta y a las necesidades identificadas a partir de un estudio de vigilancia tecnológica del programa.

**Palabras Clave:** Prospectiva, gestión de la tecnología, negocios aeroespaciales, innovación.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. CONTEXTO DEL PROGRAMA MEDELLÍN ESPACIAL .....</b>	<b>7</b>
1.1. Antecedentes .....	7
1.2 Ruta N: El dinamizador de la innovación y el desarrollo tecnológico, para la ciudad de Medellín. ....	9
1.2.1 Componentes del programa Medellín Espacial.....	10
<b>2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>11</b>
2.1 El conocimiento como factor económico que conduce a la innovación.....	11
2.2. Gestión de la tecnología y la innovación .....	13
2.2.1 Definiciones conceptuales.....	13
2.2.2 Evolución de las prácticas en gestión de la tecnología y la innovación .....	14
2.3 La importancia de los estudios de prospectiva dentro de la planificación estratégica .....	17
<b>3. ESTUDIOS DE PROSPECTIVA .....</b>	<b>18</b>
3.1 Definiciones y escuelas .....	18
3.1.1 Escuelas de prospectiva .....	19
3.2. Familias de métodos y sus características.....	21
A. TECNICA DELPHI .....	21
B. ANÁLISIS ESTRUCTURAL: MICMAC .....	25
C. ANALISIS DE ACTORES O MACTOR .....	29
D. DINÁMICA DE SISTEMAS .....	33
E. MÉTODO DE LOS IMPACTOS CRUZADOS.....	38
F. SMIC-PROBEXPERT.....	41

G. ANALISIS MORFOLOGICO.....	44
H. METODO MULTIPOL (Criterios y políticas múltiples).....	47
I. METODO DE ESCENARIOS.....	49
<b>4. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA PARA EL PROGRAMA MEDELLÍN ESPACIAL .....</b>	<b>53</b>
<b>5. FORMULACIÓN DE UN MODELO DE PROSPECTIVA ADAPTABLE AL PROGRAMA MEDELLIN ESPACIAL.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>

## INTRODUCCIÓN

Los resultados de investigación que se exponen en este documento, se desarrollaron en el marco de la Maestría de Gerencia de proyectos. El principal propósito fue abordar el caso de estudio elegido, el cual nace de las necesidades de planeación tecnológica del programa Medellín Espacial, implementado por Ruta N. El informe inicia exponiendo el contexto y antecedentes; se complementa con una breve descripción del estado del arte en ciencia y tecnología para Colombia, las políticas, e interrelación de los actores involucrados, específicamente Ruta N. En la sección siguiente, se integran dentro del marco conceptual la revisión de la teoría económica que sustenta los modelos de gestión de la tecnología y la innovación, y las definiciones necesarias para abordar la temática al delimitar el origen, enfoque metodológico, y perspectivas que incidirán en el planteamiento de un modelo de prospectiva para el programa. Dentro de estas, las más relevantes son la teoría evolucionista de Schumpeter, el concepto de innovación, la economía del conocimiento, y las herramientas de planificación estratégica, en especial, la teoría de prospectiva.

En adelante se aborda el objetivo general, el cual consiste en proponer un modelo de estudios de prospectiva aplicable al programa Medellín espacial, a partir de una revisión de los métodos de prospectiva, y la identificación de necesidades del programa. En el análisis central del texto se realiza una revisión exhaustiva de los métodos de prospectiva; características, proceso metodológico, herramientas, inputs, y outputs. Posteriormente, se exponen los resultados de un estudio de vigilancia tecnológica orientado a identificar las necesidades de Ruta N, respecto a la gestión de la tecnología y la innovación en el sector de nuevos negocios aeroespaciales.

Finalmente, se construye el modelo sugerido el cual está basado en una integración de las técnicas MICMAC, MACTOR, análisis morfológico, SMIC PROB EXPERT, escenarios y multipol.

## OBJETIVOS

### -Objetivo general:

Adaptar un modelo de estudios de prospectiva dentro del marco del programa Medellín espacial, a partir de una revisión de los métodos de prospectiva, y las tendencias en gestión de la tecnología y la innovación.

### -Objetivos específicos:

- i. Analizar información relevante sobre los conceptos de gestión de la tecnología y la innovación, la economía del conocimiento, y la prospectiva tecnológica.
- ii. Identificar las características del sistema nacional de ciencia y tecnología y sus interacciones con los actores regionales, entre estos, Ruta N.
- iii. Realizar una revisión exhaustiva de los métodos de prospectiva; características, proceso metodológico, herramientas, inputs, y outputs.
- iv. Reconocer las necesidades de Ruta N, respecto a la gestión de la tecnología y la innovación en el sector de nuevos negocios aeroespaciales.
- v. Proponer un modelo de prospectiva que permita a Ruta N definir una estrategia para la gestión estratégica de nuevos negocios de tecnología en el sector aeroespacial.

## 1. CONTEXTO DEL PROGRAMA MEDELLÍN ESPACIAL

### 1.1 Antecedentes

El proceso de desarrollo institucional de la Ciencia y la Tecnología (CyT) en Colombia, ha experimentado durante los últimos treinta años, un periodo de consolidación y complementación con el sistema productivo del país. La interacción entre las organizaciones involucradas en actividades científicas, tecnológicas y de innovación se ha agrupado bajo el ecosistema de actores que ha sido denominado el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel), el cual comprende principalmente, las relaciones que involucran universidad, sector productivo, y gobierno.

Desde la década de 1990, hasta la actualidad, una creciente dinámica del comercio internacional y la competencia global, permitieron reconocer que un componente importante de la riqueza de los países se genera en la exportación de bienes y servicios, y que en la medida que exista mayor diversificación en la canasta exportable, el país será más competitivo a nivel internacional (Colciencias, 2010). Con el objetivo de alcanzar dicha diversificación, entra en escenario la política nacional de ciencia, tecnología e innovación, la cual fue formulada a través del Conpes de 1994, el primero en la materia. La tesis tras esta iniciativa asume que a partir del conocimiento y la investigación insertados en la producción se logra la innovación; agregando mayor valor a los bienes y servicios, se propicia la transformación productiva y se generan nuevos nichos de mercado (Rodríguez, 2003).

En tal sentido, la formulación del Conpes de 1994, fue el comienzo de una serie de documentos encaminados a fortalecer la estrategia nacional en CT+i<sup>1</sup> e integrar a los actores en el SNCTel. El más reciente de ellos es el Conpes 3582 de 2009, el cual plantea los retos en CT+i para la década en curso.

La problemática central expuesta por dicho Conpes (1994) es la “baja capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar e integrar conocimiento”; prueba de ello es el bajo nivel de innovación en las empresas. Para resolverlo, el documento recomienda definir una política de Estado orientadora del incremento de capacidades para generar y usar el conocimiento científico. Tal medida contempla cinco componentes, que pueden resumirse en instrumentos de financiación pública, fortalecimiento de la institucionalidad, formación de docentes e investigadores, apropiación social del conocimiento y el uso de las TICs, y desarrollo de sectores estratégicos a largo plazo con un alto contenido científico y tecnológico. Finalmente, y de relevancia fundamental para el presente estudio, el documento, reconoce la importancia de las regiones dentro del SNCTI, pues desde allí deben desarrollarse las capacidades necesarias para la inserción de los actores locales a la estrategia de desarrollo nacional.

El primer paso para lograr estas metas fue promulgar la ley 1286 de 2009 para abrir camino a la implementación del Conpes 3582, de esta medida se derivó la transformación de COLCIENCIAS en Departamento Administrativo (Zartha et al., 2015),

---

<sup>1</sup> Ciencia, tecnología e innovación

con el objetivo de desarrollar desde allí los instrumentos orientados a fortalecer financiera y estructuralmente a los actores locales.

Cabe reconocer que durante la última década, se han realizado esfuerzos importantes para incrementar, las inversiones en actividades de investigación, ciencia y tecnología (ACTI), sin embargo falta mucho camino por recorrer; tal como lo muestran los indicadores del último reporte anual del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2014), si bien esta década se destaca por un aumento de inversión en los rubros de ACTI, e I+D, el crecimiento ha sido muy lento y aleatorio, manteniéndose entre 0,40% y 0,50% para ACTI, y entre 0,10% y 0,20% para I+D, tan solo en el año 2013, se superaron estas bandas, pero no fueron incrementos muy significativos, ni sostenidos, tanto que cayeron en 6 puntos básicos, para el 2014.

**Tabla 1. Relación PIB vs. Inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación.**

<b>AÑO</b>	<b>PIB</b>	<b>Inversión en ACTI (% del PIB)</b>	<b>Inversión en I+D (% del PIB)</b>
2004	\$ 307.762	0,427	0,154
2005	\$ 340.156	0,45	0,154
2006	\$ 383.898	0,407	0,154
2007	\$ 431.072	0,462	0,182
2008	\$ 480.087	0,491	0,195
2009	\$ 504.647	0,458	0,193
2010	\$ 543.747	0,477	0,196
2011	\$ 615.727	0,484	0,207
2012	\$ 665.764	0,469	0,207
2013	\$ 717.538	0,525	0,255
2014	\$ 762.069	0,461	0,194

Fuente: Elaboración propia con base en OCCyT (2014)

Colocando esta situación en perspectiva, la inversión total en investigación y desarrollo en Colombia alcanza un nivel promedio muy bajo, cercano 0,2% del PIB; mientras que para igual periodo, países como Argentina, invierten el 0,5%; Chile el 0,7%; Brasil el 0,8%; o Corea del Sur el 3,2% (Vanegas & Perez, 2013). Una situación alarmante, si se considera que la posibilidad de crecer sostenidamente e incrementar significativamente la calidad de vida y el PIB per cápita, se encuentra directamente relacionada con el gasto nacional en investigación y desarrollo (Rozenwurcel G. & Bezchinsky G., 2007). Con el propósito de reparar esta situación se crea el SGR-sistema general de regalías- durante el plan de desarrollo 2010-2014; es a partir de allí que en el año 2011, se introduce el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTel) por medio del cual se destinaba el 10% de las regalías al financiamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación en las distintas regiones del país (OCCyT, 2014), no obstante las buenas intenciones, este mecanismo es débil ya que las regalías dependen de los ingresos nacionales por venta de hidrocarburos, lo cual expone estos fondos a la incertidumbre del precio en los mercados.

A pesar de este contexto, autores como Venkataraman (2004), insisten en perseverar en el reto de incentivar el emprendimiento innovador; en países altamente desarrollados, como los Estados Unidos, se observa que las pequeñas start up son la

principal fuente de todos los empleos del sector privado del país –cerca del 50%- y producen aproximadamente el 29% del valor total de las exportaciones (SBA, 2015). Adicionalmente aquellos países con mayores índices de calidad de vida -en cuyo grupo se encuentran Dinamarca, Suecia, Finlandia, Holanda y Noruega como los top cinco- son los que registran mayor tasa de innovación y conocimiento, medida arrojada por el indicador KEI desarrollado por el Banco Mundial. En palabras de Jimenez (2012) sus modelos de gestión de la tecnología y la innovación se centran en cuatro fundamentos para promover una economía del conocimiento: (1) Régimen económico e institucional, el cual mide la capacidad del país en incentivar el uso eficiente del conocimiento nuevo y ya existente para motivar el emprendimiento. (2) Educación y habilidades, el cual mide la capacidad de la población de un país para generar y compartir conocimiento. (3) Infraestructura de información y comunicación, el cual mide la capacidad del país para facilitar la comunicación efectiva, disseminación y procesamiento de la información. (4) Sistemas de innovación nacionales y locales, orientados a profundizar la capacidad de las organizaciones de investigación del país y generar alianzas público-privadas para adaptar las investigaciones a las necesidades locales, y crear nueva tecnología.

## **1.2 Ruta N: El dinamizador de la innovación y el desarrollo tecnológico, para la ciudad de Medellín.**

La Corporación Ruta N, es la institución encargada de ser la plataforma para la generación de capacidades de ciencia, tecnología e innovación en la ciudad de Medellín.

Dicha institución, fue creada en 2010 por la Alcaldía de Medellín, EPM y UNE, para constituirse como la entidad desde la cual se desarrollan distintos programas de ciencia, tecnología e innovación, canalizando los recursos del municipio. Su creación respondió al llamado del Conpes 3582 enfocándose en el fortalecimiento de las capacidades regionales para la generación, gestión y uso del conocimiento. Como bien lo afirma el plan estratégico de Ciencia, tecnología e innovación 2011-2021 para Medellín, Ruta N fue concebido como *“el centro de innovación y negocios de la alcaldía de Medellín, que potencia nuevos negocios basados en el conocimiento, [...] a través del fomento, el desarrollo y el fortalecimiento del ecosistema de la ciencia, la tecnología y la innovación”*.

Este plan nació como resultado de una construcción colectiva del Sistema Regional de Innovación (SRI) y fue reglamentado como política pública de la ciudad de Medellín en el Acuerdo 024 del 2012 de su Concejo Municipal. Dicho acuerdo le asignó, para su desarrollo, 7% de las utilidades anuales que EPM le entrega al municipio de Medellín (Ruta N, 2011). De esta manera el Plan CT+i puede comprenderse desde dos perspectivas: La primera, como la política rectora de Ruta N, y de todas las organizaciones pertenecientes al SRI. La segunda, como la dependencia que al interior de Ruta N se encarga de implementar los programas diseñados para alcanzar los objetivos de la ciudad en consolidar una economía del conocimiento.

En este sentido, Ruta N ha realizado esfuerzos para articular un ecosistema de innovación, que se convierta en el espacio de interacción dónde los diversos actores desarrollen negocios de alto impacto basados en tecnología, y de este modo promover

la innovación tecnológica como uno de los ejes centrales para el desarrollo de las regiones (Venkataraman, 2004). En base a estas premisas Ruta N ha implementado cinco ejes estratégicos: Plataformas de Innovación, Negocios del Conocimiento, Cultura de Innovación, Plan de CT+i y Distrito Medellinnovation.

Medellín Espacial, el eje central de la presente investigación, se enmarca dentro de la línea de “Negocios del Conocimiento”; es una iniciativa liderada por Ruta N que, a través de diferentes actividades, busca vincular a los ciudadanos que cuentan con capacidades concretas en temas aeroespaciales para generar negocios locales orientados a la industria mundial. La industria aeroespacial, se perfila como la próxima frontera para el desarrollo industrial, para ello es necesario, el fortalecimiento de las start up que se encuentren en una etapa temprana. Por ello, Ruta N a través del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+i) ha formulado el programa “Medellín Espacial”, con el cual busca brindar apoyo a investigaciones, emprendimientos, proyectos y compañías locales en el desarrollo de tecnología espacial, generando un impacto cultural y educativo en la región sobre las capacidades actuales y aquellas que puedan ser fortalecidas, para lograr un desarrollo exitoso en este sector. El diseño de un modelo de prospectiva que se plantea en esta propuesta servirá como insumo a los ejes de acción de Medellín Espacial, el cual es uno de los programas del Plan CT+i.

### **1.2.1 Componentes del programa Medellín Espacial**

El programa está compuesto por ejes que integran los nuevos negocios y las investigaciones enfocadas en ciencia y tecnología. Inicialmente se desarrollarán cuatro líneas de acción entre las que se encuentran: El observatorio de negocios aeroespaciales (investigación e inteligencia competitiva), campañas de *crowdfunding* (financiación), concursos de experimentos espaciales en colegios de Medellín (desarrollo de cultura ciudadana) y liberación de globos aeroespaciales (lanzamiento de nuevos negocios).

El programa Medellín espacial fue pensado para integrar las capacidades de empresas, universidades, grupos de investigación, investigadores, gobierno y otros actores, creando e impulsando un ambiente que propicie el emprendimiento en el sector aeroespacial. Su objetivo principal es “generar una cultura ciudadana y empresarial, alrededor de este sector, de manera que el espacio sea concebido como un área de múltiples oportunidades para emprender y hacer ciencia desde Medellín”<sup>2</sup>.

Impulsar estos emprendimientos requiere del uso de herramientas efectivas de gestión de la tecnología y la innovación, en especial, la prospectiva puede contribuir a identificar nuevos potenciales de producción, construir visiones compartidas de futuro, diseñar e implementar estrategias de desarrollo tecnológico e industrial, de manera que el programa esté alineado con políticas públicas y privadas que permitan a las iniciativas innovadoras, resultados exitosos dentro de los mercados globalizados, y cambios tecnológicos acelerados. Como bien señalan Medina & Ortegón (2006), la experiencia internacional indica que un incremento en las capacidades de prospectiva,

---

<sup>2</sup> Ruta N, 2015. Ver: <http://rutanmedellin.org/index.php/es/ciudadanos/item/medellin-espacial>

y la formulación de políticas públicas coherentes, puede ayudar a un país a consolidar sectores estratégicos a largo plazo.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 El conocimiento como factor económico que conduce a la innovación.

Al embarcarse en el reto de diseñar un modelo de prospectiva tecnológica, es necesario, antes que nada, comprender los fundamentos conceptuales que justifican su creación. Los procesos de cambio son inherentes a la historia de la humanidad; durante su evolución social el ser humano ha configurado diferentes tipos de organizaciones productivas, políticas y culturales. Con el advenimiento de la era industrial y el desarrollo de la ciencia económica, el cambio empieza a ser concebido como una fuerza exógena al sistema económico, y cuyo efecto toma la forma de mejoras en la productividad. Adam Smith y David Ricardo, logran observar que por medio de la división del trabajo, se adquiere una especialización la cual conduce a identificar las mejoras posibles, y al desarrollo de máquinas o herramientas específicas que permitirían producir lo mismo, con una menor cantidad de recursos (Formichella, 2005). Dos siglos después, este escalamiento de capacidades sería llamado cambio tecnológico por Robert Solow. Sin embargo, el primer economista importante en desarrollar como tal el concepto de *innovación* fue Joseph Schumpeter quien en 1939 estableció la diferencia entre invención e innovación. Entendió la invención como aquel producto o proceso que nace en un ambiente científico o técnico, y perdura en este (es decir, la ciencia pura o básica); mientras a la innovación la relacionó con un cambio de índole económico-social que se difunde al ámbito social, en forma de producto o servicio (Medina & Espinosa, 1994).

Para los economistas clásicos la producción de bienes y servicios, requería la combinación de tres factores (tierra, trabajo y capital). Para esta escuela crecimiento económico es equivalente a incremento de producción, y para lograrlo sería suficiente con el aumento de la cantidad de factores disponibles, principalmente del trabajo y del capital. No obstante, Schumpeter, se atreve a ir un paso más adelante, al decir que el desarrollo económico es un proceso en constante evolución, el cual se genera gracias a oleadas de innovación (Olaya, 2008). El término innovación fue concebido por Schumpeter como un cambio estructural, una “mutación” en el sistema económico, la cual dinamiza las tendencias de producción. La innovación surge de la adopción de nuevas técnicas, más eficientes, que permiten al empresario enfrentar la competencia; ello induce procesos de *destrucción creadora*; es decir, viejos modelos de producción y organización son remplazados por nuevos productos, procesos, y relaciones empresariales (Montoya, 2008). En palabras de Schumpeter:

*“The fundamental impulse that sets and keeps the capitalist engine in motion comes from the new consumers’ goods, the new methods of production or transportation, the new markets, the new forms of industrial organization that capitalist enterprise creates”. Capitalism, Socialism, and Democracy (1942) (p.83).*

Es de esta manera que el autor define la producción como la combinación de materiales y fuerzas (Schumpeter, 1967. p, 76), entre estas últimas, la innovación se asume como la capacidad de “producir otras cosas, o las mismas pero por métodos distintos” (Schumpeter, 1967. p, 76).

En otro de sus libros, llamado *Teoría del desarrollo económico (1957, p53)*, este autor explica de qué manera la innovación determina las formas de organización social de la producción:

*“Clasificando todos los factores que pueden ser causantes de cambios en el mundo económico, he llegado a la conclusión de que, aparte de los factores externos, existe uno puramente económico de importancia capital, y al que yo he dado el nombre de Innovación. He tratado de demostrar que el modo en que aparecen las innovaciones y en que son absorbidas por el sistema económico es suficiente para explicar las continuas revoluciones económicas que son la característica principal de la historia económica”.*

En otras palabras, el paso por las diferentes fases de desarrollo, que en economía se denominan *modos de producción*<sup>3</sup>, obedece a los saltos en la innovación; por ejemplo, el tránsito de la organización basada en el feudo, a la organización basada en el capital, no hubiese sido posible, sin la influencia del cambio tecnológico (nuevas herramientas, la máquina de vapor, otras técnicas de agricultura, y construcción de las urbes) que empuja hacia nuevas relaciones de producción; es decir, en consecuencia con el cambio tecnológico, las relaciones de poder, propiedad y control social dejan de estar determinadas por la tenencia de la tierra, para dejar espacio al poder trazado por la tenencia de capital.

De forma contemporánea un economista de la escuela clásica, Robert Solow propone en su teoría tradicional del crecimiento (1956) que la innovación es un factor exógeno a la organización empresarial, y puede deberse a distintos factores: el crecimiento de la población, la acumulación de capital y el aumento de productividad en forma de stock de conocimiento. De acuerdo con Rodríguez (2005), en sus análisis Solow mostró que el cambio tecnológico era el responsable del 87,5% del crecimiento en el output nacional (producto per cápita) frente al 12,5% que representa la acumulación de capital.

Es gracias a esta nueva perspectiva, que hoy en día se sabe que el papel más importante en el despliegue de los cambios económicos lo tienen los avances en el conocimiento científico y tecnológico, ya que este conocimiento entra a constituir un stock de capacidades, del cual la innovación toma su impulso; ello justifica que a la interpretación clásica le sean agregados dos factores productivos más; el conocimiento humano, y la tecnología (Rozenwurcel & Bezchinsky, 2007).

El profesor Peter Drucker, filósofo de la administración, hizo una primera referencia al factor conocimiento en el año 1959, al acuñar el término “trabajador del conocimiento”; el autor sostiene que la economía del conocimiento surgió cuando un cambio radical tuvo lugar en la historia de la humanidad, dicho cambio consistió en la

---

<sup>3</sup> Sociedad primitiva, producción esclavista, producción feudal y producción capitalista.

transición entre el conocimiento aplicado a “*el ser*” hacia el conocimiento aplicado sobre “*el hacer*” (Montoushi, 2001), en este sentido, el trabajador del conocimiento, es aquella persona que aplica en su trabajo ideas, conceptos e información en mayor proporción que habilidades manuales o fuerza. Este enfoque condujo a reconocer que existe un stock de conocimiento personal y organizacional, que influye en la manera cómo se combinan, y utilizan los factores de producción disponibles; esto a su vez, logró que los economistas de las últimas cinco décadas, consideren una nueva forma de expresar la función de producción como  $Q = f ( T, L, K, Co )$  donde Co indica el conjunto de conocimientos que contribuyen en la obtención del producto (Q) (Drucker, 1993).

El concepto de “sociedad del conocimiento” aparece con Peter Drucker (1969). Sin embargo es apenas en la última década del siglo XX que empieza a considerarse la economía del conocimiento como un nuevo campo de estudio (Sther, 1994; Castells, 1996; Mansell, 1998) cuyo objetivo principal es analizar el flujo de recursos hacia la producción, distribución y uso del conocimiento –que puede tomar la forma de artefactos, patentes, o información-. De igual manera, la economía con base en el conocimiento, se puede considerar como el cuarto sector económico que agrupa las industrias intensivas en capital intelectual y procesos creativos, como drivers de valor y riqueza (Vilaseca, 2002). Las actividades contenidas en dicho sector son la educación, investigación y desarrollo de alta tecnología, TICs, robótica, nanotecnología e industria aeroespacial, es precisamente en esta última área donde se enfoca el modelo propuesto en esta investigación.

## **2.2. Gestión de la tecnología y la innovación**

Explorar las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías, es hoy en día, un proceso fundamental para las empresas y los países, pues tales innovaciones pueden generar una ventaja competitiva considerable frente a los competidores. Por esta razón en muchos países desarrollados es común hacer vigilancia tecnológica y competitiva, proyecciones y prospectiva, para luego, en base a estas, construir las políticas de ciencia y tecnología, de modo que puedan estar preparados o blindados frente a las oleadas de nuevas oportunidades de negocios (Yoon B.; Park I.; Youl B., 2014)

### **2.2.1 Definiciones conceptuales**

El término innovación es definido por el manual de Oslo como *“el aprovechamiento del conocimiento y la capacidad organizacional para la introducción de un nuevo, o significadamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de una empresa, organización, o grupo humano”* (Cámara Madrid, 2004).

En el caso de la tecnología Restrepo (2001), la define como *“el conjunto organizado de conocimientos científicos y empíricos, que pueden tomar forma de artefactos útiles, que facilitan procesos de producción, comercialización y uso de bienes y servicios”*.

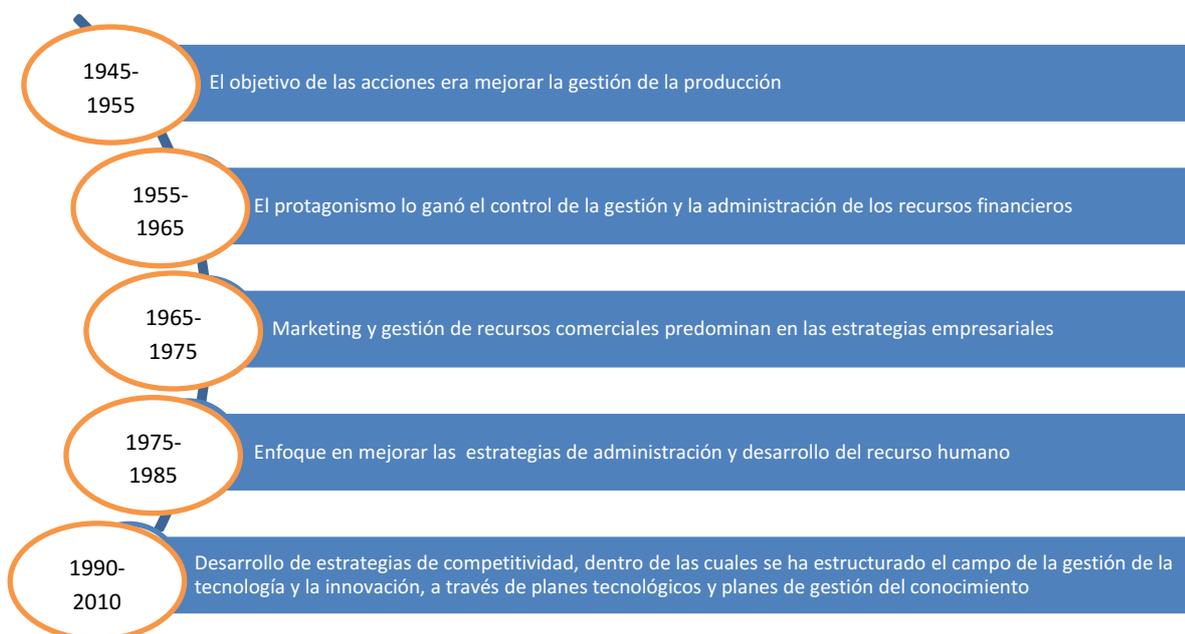
Actualmente los términos de gestión de la innovación, y gestión tecnológica suelen usarse indistintamente. La gestión de la innovación, nace entonces como respuesta a

los procesos de globalización, frente a los cuales, las organizaciones se ven presionadas a replantear sus estrategias buscando mejorar sus procesos y competitividad (Angel, 2015). Esta función administrativa empieza a ser reconocida en la década de 1960 a través de la construcción de diversos estudios en la materia (Manjarrés & Vega, 2012), ya que los cambios tecnológicos, empezaron a adquirir mayor relevancia dentro de las políticas y planes de desarrollo de las organizaciones. Esta situación obligó a cambiar en el enfoque macro e industrial, hacia uno más micro, y corporativo, que involucraba unidades y personal dentro de las empresas. Es así como empieza a desarrollarse una nueva disciplina: La gestión de la innovación- *dirección de la innovación, o gestión tecnológica*-. Esta actividad es definida por varios autores (COTEC, 1988; Roberts, 1996; Freeman, 1998; Nieto, 2001; Solow, 1957; Dosi, 1982; Rothwell, 1994; Zahera, 2003) como el proceso orientado a organizar y dirigir los recursos humanos, técnicos, y económicos de una organización hacia el aumento o creación de nuevos conocimientos, generando ideas que permitan obtener nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los existentes, para finalmente transferir esas mismas ideas a las fases de fabricación y comercialización .

### 2.2.2 Evolución de las prácticas en gestión de la tecnología y la innovación

La exigencia por estándares de competitividad cada vez más altos, condujo a concentrar las tendencias administrativas en algunas áreas que respondían a las exigencias de cada década (Cámara Madrid, 2004).

Figura 1. Etapas de la gestión de la tecnología y la innovación



Fuente: Elaboración propia

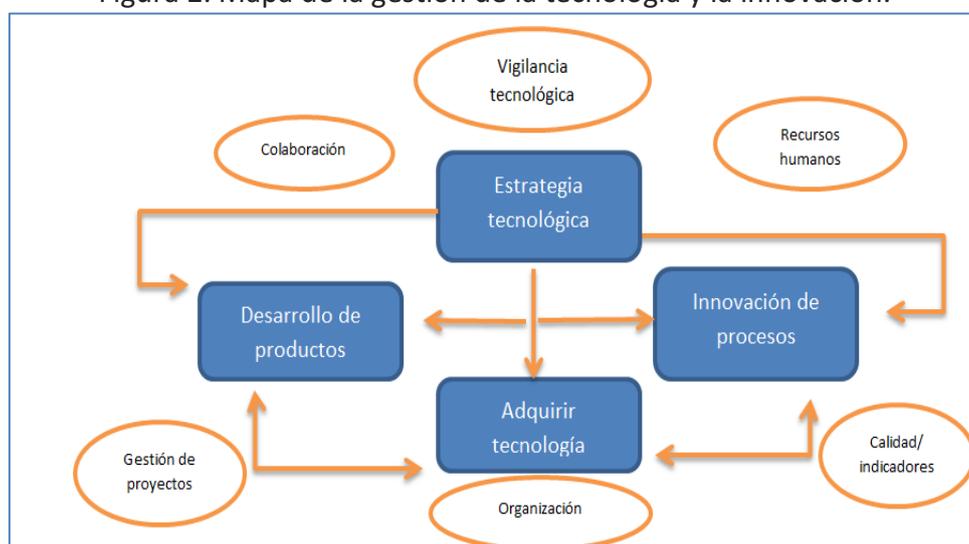
El diseño y aplicación de métodos en el campo de gestión de la tecnología y la innovación, tuvo también su desarrollo histórico. Fue en el seno de la segunda guerra mundial, que surgió el interés de potenciar la aplicación de la investigación científica, es así como el gobierno de Estados Unidos, transforma el comité asesor del uranio en Oficina de Investigación Científica y Desarrollo, convirtiéndose los primeros en usar el concepto “investigación y desarrollo” – I+D, o R&D por sus siglas en inglés-, el cual

más adelante sería también implementado por la NSF -National Science Foundation- y la OECD (Rey & Laviña, 2008).

Se puede hablar de dos publicaciones que han sido el eje orientador en la materia, una de ellas es el Manual de Frascati, lanzada en 1964, el cual consolida el concepto de I+D, a la vez que sienta las bases para realizar medición estadística del avance de los países en la materia. Este manual tuvo seis ediciones hasta el año 2002, en el que incorpora la segunda publicación más renombrada en la materia, esta es el Manual de Oslo (OECD, 1992). Ambos textos, han logrado por muchos años liderar la reflexión en cuanto a las actividades de I+D, su aplicación en el campo industrial, y su extensión hacia el sector de servicios y otros más sofisticados como biotecnología y TICs, de tal manera, estos estudios han permitido avanzar en el concepto de innovación, su enfoque al contexto empresarial, y la importancia de su aplicación comercial.

Este acercamiento a la gestión de la innovación tomó auge a finales de los ochenta con la creación de departamentos de i+D que buscaban mejorar el uso de recursos materiales y humanos para generar e incrementar el conocimiento aplicado a la actividad productiva; surgió entonces la preocupación por investigar con un objetivo, es decir, llevar el conocimiento intangible a resultados tangibles, generando nuevos productos o procesos, y por tanto, beneficios empresariales (Angel, 2015). De modo complementario, Nieto (2003) comenta que la innovación tiene lugar en todos los niveles de la empresa, es decir, no se trata solamente de impulsar resultados en el campo de la producción, sino en cada una de las partes de la organización donde el conocimiento, puede generar transformaciones que le permitan ser más competitiva. Este modelo (ver Figura 2) menciona dos procesos medulares dentro de la gestión de la tecnología y la innovación; (a) procesos nucleares, y (b) prácticas facilitadoras, como se observa en la figura anterior, los primeros -marcados en azul- son los que impulsan directamente la innovación tecnológica, y sus resultados consisten en transformación de oportunidades e ideas en innovaciones que impactan el mercado. Por su lado, las practicas facilitadoras permiten la articulación con otras áreas funcionales de la empresa, y son necesarias para alcanzar con eficacia los objetivos planteados por los procesos nucleares (Zahera, 2003).

Figura 2. Mapa de la gestión de la tecnología y la innovación.



Fuente: Elaboración propia con base en Zahera(2003)

En síntesis el modelo permite observar que la innovación es un suceso transversal a todas las áreas de una organización, por tanto se hace imperativo aprovechar todo el stock de talento interno y todo el conocimiento disponible. En el campo de la GIT, con el tiempo se han definido métodos claros aplicados a la identificación y obtención de tecnologías útiles para el desarrollo competitivo de las organizaciones. ANAIN (2008) un organismo que es autoridad en el tema, ha propuesto un proceso de cuatro etapas para la gestión de la tecnología y la innovación:

Tabla 2. Proceso sugerido para la gestión de la tecnología y la innovación

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1. Planeación estratégica</b>	La Innovación como estrategia  Prospectiva	El proceso de GIT parte de la definición de los objetivos de empresa y de las fortalezas competitivas fijadas en su Plan Estratégico.
<b>2. Identificación de ideas para desarrollar</b>	Creatividad e Innovación	Este paso tiene como objetivo la generación de nuevas ideas a través de la puesta en marcha de mecanismos de creatividad interna y de vigilancia en la empresa
	Vigilancia Estratégica, Benchmarking e Inteligencia competitiva	
<b>3. Desarrollo de los proyectos</b>	Gestión de proyectos	La concreción de una idea seleccionada en un anteproyecto supondrá la realización de un documento que contenga la formulación del proyecto y sus posibles formas de financiación.
	Financiación de la Innovación	
<b>4. Explotación de los resultados</b>	El aseguramiento de la Innovación	Esta fase comprende, la gestión de patentes, y la explotación comercial del proyecto, así como la gestión del conocimiento generado.
	La explotación de la Innovación	
	Gestión del conocimiento	

Fuente: Elaboración propia con base en ANAIN (2008)

Según las recomendaciones de ANAIN, dentro de los procesos de GTI, el diagnóstico es una etapa fundamental pues permite conocer cual ha sido la trayectoria de la organización en materia de innovación y tecnología; y será este diagnóstico, la base de los planes de innovación o planes tecnológicos, que permiten alinear los objetivos de la GIT, con los objetivos estratégicos de la organización, o empresa (Zahera, 2003). La tecnología en particular es un recurso estratégico, del cual pueden derivarse oportunidades de negocio, y un enorme potencial de diferenciación en el mercado, que se traduce en mejores beneficios. Es por ello que dentro de la etapa de diagnóstico cabe considerar diversas metodologías, diseñadas para reconocer el estado actual de la empresa, la posición frente a competidores, y cómo deben alinearse las acciones con los objetivos estratégicos; estas son:

- a. Análisis de mercado
- b. Benchmarking

- c. Análisis de patentes
- d. Auditorias tecnológicas
- e. Análisis de la cartera tecnológica
- f. Prospectiva tecnológica

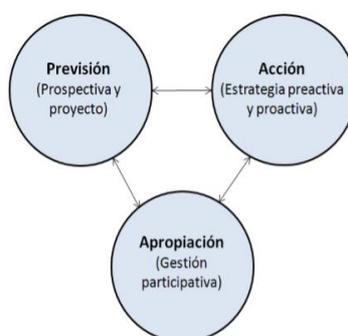
Estas metodologías no son necesariamente excluyentes, antes bien pueden complementarse en diferentes fases del diagnóstico, para llegar a conclusiones más precisas. Cabe destacar que la prospectiva, adquiere protagonismo en dos etapas del proceso de GTI: primero, durante el diagnóstico del plan estratégico, y segundo, en el proceso de identificación de ideas, y trayectorias potenciales, donde los métodos de futuro ayudan a esclarecer necesidades latentes de nuevas tecnologías, juegos de competidores, y trayectorias de innovación a seguir.

### 2.3 La importancia de los estudios de prospectiva dentro de la planificación estratégica

Los estudios de prospectiva hacen parte de la planeación estratégica, la cual es una herramienta de gestión enfocada en el análisis del futuro; parte de la observación del entorno y el establecimiento de unos objetivos claves, a favor de los cuales se generan estrategias (rutas de acción) que permitan asumir los cambios del contexto económico, político, cultural y organizacional. Al hablar de planeación estratégica se abarcan las decisiones administrativas, y el establecimiento de objetivos estratégicos que permiten materializar la misión y la visión de una empresa, programa o institución (ILPES/CEPAL, 2009).

Las condiciones actuales para alcanzar competitividad, en términos de mayor incidencia y participación del mercado global, exigen a los gerentes y administradores públicos, extender el alcance de la planificación estratégica a reflexiones sobre los procesos de planificación tecnológica, gestión del conocimiento y gestión de la innovación, cuyo alcance y horizonte son trazados por estudios de prospectiva orientados a enfocar la visión y diseñar el rumbo de las organizaciones (Sánchez y Álvarez, 2005). Este engranaje permite la construcción colectiva de una visión de futuro para todos los ámbitos de una organización, ya sea privada o social, tal como se observa en el triángulo de la prospectiva estratégica:

Figura 3. El triángulo de la prospectiva estratégica



Fuente: Godet & Durance (2009)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Cuaderno Lipsor: La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios

Los autores, Brown & Eisenhardt (1995) concuerdan con ello al señalar que la planeación estratégica acelera los resultados de la innovación, pues permite anticiparse a posibles conflictos organizacionales y provee una visión de futuro menos difusa. Adicionalmente, un diseño cuidadoso de un plan formal, puede brindar detalles y tácticas que aseguren la implementación exitosa de la estrategia de innovación, todo lo cual, genera un mejor desempeño productivo (Moorman & Miner, 1998). En este sentido, la competitividad empieza a concebirse como la capacidad para abastecer las necesidades de un segmento específico de la población, a partir de procesos planificados que integran la gestión de conocimiento y la gestión tecnológica, para desencadenar ciclos de innovación continua. De hecho, los autores Nonaka (2004) y Brown & Eisenhardt (1995) argumentan que la práctica cada vez más extendida de los planes estratégicos *ha facilitado el desarrollo de nuevos procesos y productos, cristalizando las ideas de progreso, en inteligencia organizacional para la firma, y evitando la pérdida de competitividad global*. Se puede concluir entonces, que la planeación estratégica, facilita la innovación y propicia una gestión eficiente de sus ciclos, en la medida que integra a su análisis la gestión del conocimiento y planeación tecnológica.

Cuando la planeación estratégica incluye en su visión los alcances tecnológicos a los que puede aspirar una organización, se transita al campo de la planeación tecnológica, campo que adquiere relevancia, una vez se entiende la tecnología como un recurso estratégico del que se derivan grandes oportunidades de negocio (ANAIN, 2008). Por tal motivo, de los planes estratégicos, se deben derivar planes tecnológicos enfocados en direccionar el desarrollo y apropiación de nuevas tecnologías en una organización o grupo humano, y a su vez, deben estar sustentados por estudios serios de prospectiva que den fuerza a las hipótesis de desarrollo.

### **3. ESTUDIOS DE PROSPECTIVA**

#### **3.2 Definiciones y escuelas**

Una de las funciones clave dentro de la gestión de la tecnología y la innovación es realizar estudios de prospectiva. Los primeros trabajos documentados de prospectiva corresponden a los albores del siglo XX, pero es apenas entre 1950 y 1960 que se consolida dicha práctica, a partir de dos necesidades: Delinear estrategias militares para ganar la segunda guerra mundial, y proponer visiones de desarrollo social, económico y urbanístico para los países involucrados, visiones tan fuertes que evitasen repetir la historia (Miklos y Tello, 1991).

Los análisis prospectivos fueron concebidos para explorar el futuro, identificando tendencias y rupturas, y de esta manera prever una serie de situaciones- acelerados cambios tecnológicos, económicos y sociales- de manera que puedan tomarse acciones anticipadas para reducir la incertidumbre (Coates et al., 2010; Godet & Durance (2009)); la prospectiva, es entonces una herramienta que apoya la visión y gestión del largo plazo. En palabras de Godet (1993) la prospectiva fue diseñada para mitigar la incertidumbre generada por los cambios constantes, y en ocasiones sorprendidos, que se dan en el entorno de cualquier organización, siendo entonces la herramienta de planeación estrategia, que facilita anticiparse primero, para actuar

después. Los principios de la prospectiva asumen que el futuro, será diferente del pasado, y no está totalmente determinado, sino más bien, puede ser moldeado y construido desde las acciones presentes (Berger, 1964).

*“ [...] la prospectiva supone una reflexión estructurada y sistemática acerca de las alternativas futuras de un país, territorio, sector o institución, mediante la interacción organizada con expertos, redes y comunidades, basada en un diálogo fundamentado en hechos y el análisis de datos. Implica la construcción de visiones de futuro estructuradas, verosímiles, innovadoras, transformadoras y con posibilidades de realización. CEPAL (2014)*

**Figura 4. Características de la prospectiva**



Fuente: Elaboración propia basada en Astigarraga (2012).

### 3.1.1 Escuelas de prospectiva:

**a. Escuela Francesa:** El ser humano siempre se ha inquietado por saber que le depara el futuro, por tanto la futurología y previsión de lo que sucederá, puede considerarse un interés tan antiguo, como la humanidad misma (Massini, 1993).

Pero fue necesario esperar hasta el año 1957, para ver una documentación científica de la materia; el filósofo francés Gastón Berger configura un campo de estudio al que llama "prospectiva", en contraposición a la retrospectiva, y le asigna la función de proveer herramientas para conocer las tendencias de la realidad en el largo plazo. Su trabajo se inspiró en su maestro Maurice Blondel quien consideraba el futuro como "un campo por construir con los materiales y el aprendizaje del pasado; el futuro más que preverse, debe ser anticipado para asumirlo" (CEPAL, 2006). De esta manera, a partir del humanismo francés se desarrolla la corriente voluntarista de la prospectiva, la cual concibe que el futuro puede ser creado y modificado. Para ellos, las estructuras sociales, económicas y tecnológicas son dinámicas, por tanto, cualquier "aleteo" puede

cambiar la realidad hacia direcciones insospechadas y a veces totalmente novedosas. Esto es motivo suficiente, para que los voluntaristas vean en la prospectiva una herramienta a través de la cual el ser humano recupera su capacidad de maniobra, anticipándose a los sucesos, para elegir en el presente la acción que conduzca al futuro más deseado. Dentro de esta escuela sobresale Bertrand de Jouvenel quien en 1964 publicó el libro “El arte de la conjetura”, en el cual sistematizó los principios filosóficos de la materia.

**b. Escuela anglosajona:** En sentido amplio, la prospectiva se conoce en inglés como future studies -estudios de futuro-, y se caracterizan por el uso de predicciones probabilísticas y extrapolación de tendencias. Desde su nacimiento estuvo ligada a estudios de estrategia para obtener resultados militares, de ahí su estrecha relación con la previsión de artefactos tecnológicos. Es precisamente por este interés que la fundación Ford, crea en 1948 la Rand Corporation, en esta institución, Heerman Kahan y otros pioneros desarrollaron la técnica de escenarios. Gracias a estudios predictivos, y a la colaboración con el matemático Olaf Helmer, la escuela anglosajona propone en 1952 las bases de la técnica Delfos, la cual elabora pronósticos a partir de la opinión de expertos. Los investigadores de la escuela anglosajona sostienen que el futuro no puede predecirse pero sí diseñarse y sugieren el desarrollo de métodos para su estudio; su enfoque será de corte determinista y centrado en la tecnología como fuerza de cambio; los actores sociales no serán tan importantes como en el voluntarismo francés (UNAD, 2015).

**c. Escuela italiana:** Es también conocida como el club de Roma, fue fundada en 1968 por empresarios y profesionales de diversos círculos, con el ánimo de reflexionar sobre temas como el consumo ilimitado, la escasez de recursos naturales y la prevalencia de las visiones corto-placistas, sobre problemas esenciales para la pervivencia de la humanidad. Por esta razón también ha sido denotada como la escuela malthusiana; en 1972 publicaron el libro “Los límites del crecimiento” donde se expone un modelo basado en dinámica de sistemas, que devela tendencias globales alarmantes referidas a efectos de la sobrepoblación, entre ellos, contaminación, escases de recursos naturales, insuficiente producción de alimentos, expansión industrial (TCOR, 2016)<sup>5</sup>. Esta publicación tuvo una gran repercusión, y preparó el camino para nuevos estudios orientados hacia ajustes políticos que permitan la sustentabilidad como especie; impacto ambiental, desarrollo social, escenarios de paz y postconflicto, y modelos económicos sostenibles (Cole, 1998).

**d. Escuela Latinoamericana:** En este lado del mundo, se han configurado centros de estudios que utilizan los ejercicios de prospectiva como una herramienta de construcción social, interés que le otorga un sello propio; usar la creatividad para diseñar acciones transformadoras de los problemas sociales presentes. Más que una herramienta de administración estratégica, adquiere una naturaleza sistémica, humana y de acción política sobre los desequilibrios sociales y económicos de los países latinoamericanos (Costa-Filho, 1986; Moura, 1994). Dentro de estos esfuerzos sobresalen cuatro iniciativas, citadas a continuación.

\*Escuela colombiana: Nace bajo el liderazgo de Francisco Mojica, y su mayor alcance ha sido en la línea de construcción de escenarios, se destacan otros autores como Francisco Restrepo, Roberto Zapata, Javier Medina y Lucio Henao.

---

<sup>5</sup> <http://www.clubofrome.org/about-us/history/>

\*Prospectiva mexicana: Altamente influenciada por la corriente anglosajona, se destaca el método Delfos modificado de Oscar Soria. Apunta al análisis de innovación, que se prueba bajo el método ensayo-error, hasta afinar sus conclusiones.

\*Técnica MAVE: Desarrollada en Venezuela, es un método de análisis de variables externas, con énfasis en uso de escenarios.

\*Método MAYEP: Diseñado por intelectuales argentinos, se destaca por combinar los enfoques deductivo e inductivo, para finalmente elaborar mapas de tendencias a través de escenarios a los que se asignan probabilidades de ocurrencia.

### **3.2. Familias de métodos y sus características**

Constantemente, existen presiones o fuerzas que imprimen tendencias en el comportamiento y los sucesos que viven los grupos humanos. Si bien, no se posee la capacidad de controlar totalmente el futuro, existen estrategias para influir en su curso (Godet, 2000). Una de estas estrategias la constituyen los estudios de prospectiva que permiten prepararse para la toma de decisiones, logrando un equilibrio entre los objetivos que se pretende alcanzar y lo que es posible (Vélez, 2003). En palabras de J. Glenn et al. (1999) “El propósito de la metodología de futuros es explorar sistemáticamente, crear y evaluar todos los futuros deseables y posibles”. Es precisamente por esta razón, que el presente documento plantea un modelo de futuro como la ventana a través de la cual el programa Medellín Espacial podrá visualizar políticas de largo plazo, estrategias, y planes para lograr generar una cultura de estudio, emprendimiento e innovación aeroespacial en los actores académicos y empresariales de la ciudad. El enfoque de la exploración estará orientada a hallar un método normativo, esto es, que resuelva para el programa, dudas como ¿Qué quiere ser Medellín Espacial en el futuro (mediano y largo plazo)? ¿Qué campos de estudio son factibles en Medellín? ¿En qué campos de I+D aeroespacial tiene potencial la ciudad? ¿Qué aplicaciones comerciales son viables para desarrollar localmente?. Es pertinente entonces, antes de plantear el modelo, conocer que alternativas de estudios existen, sus características, requerimientos, posibles resultados, enfoques, limitaciones y alcances.

Fueron numerosos los estudios y las metodologías revisadas (ver anexo 1); a partir de su consulta se realizó una ponderación de 1-5 de acuerdo a su pertinencia para el análisis prospectivo del programa Medellín Espacial, por tanto, a continuación se profundiza en las herramientas que marcaron mayor relevancia y aporte metodológico al modelo.

#### **A. TECNICA DELPHI**

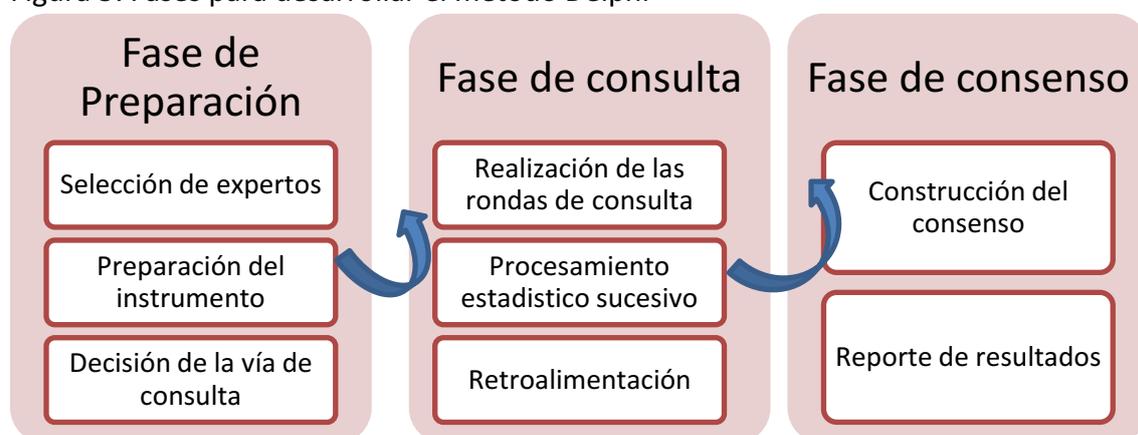
La herramienta Delphy fue desarrollada en Estados Unidos durante la década de 1950 con el propósito de prever el impacto del uso de ciertas tecnologías durante la guerra (García, M. & Suárez, M., 2013); Nielsen y Thangadurai (2007) señalan que su diseño y primera aplicación se realizó en 1951 por la RAND -Research and Development Corporation-. En términos simples el Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre posibles acontecimientos del

futuro (Astigarraga, 2008). Actualmente es una metodología ampliamente usada, que de acuerdo con Lindstone H. & Turoff M. (2002), está estructurada para recolectar los juicios –individuales- de expertos sobre un problema específico, procesar la información a través de técnicas estadísticas y extraer un consenso general, lo cual permite una reducción considerable de incertidumbre frente a la toma de decisiones.

Los principios que rigen la realización de un Delphi, son básicamente cuatro (Rowe y Wright, 1999; Steurer, 2011): (i)debe comprender un proceso iterativo (rondas sucesivas de análisis), (ii)requiere retroalimentación, de manera que los expertos puedan contrastar su respuesta, con la del grupo general, (iii)precisa anonimato para las respuestas individuales, y (iv)su objetivo final es la construcción del consenso último, a partir del contraste estadístico de posiciones disímiles o coincidentes, y sus respectivas transformaciones a través de las rondas. Dentro de la descripción del método Delphi realizada por Astigarraga (2008) se definen las cuatro tareas principales, en las que se basa esta metodología: primero, definir y describir el objetivo o problema, y preparar una o más preguntas que serán enviadas a los expertos; segundo, seleccionar el panel de expertos que participarán, tercero, organizar y desarrollar la encuesta, la cual implica dos o más rondas, y finalmente la sistematización y análisis de resultados; en caso de que incluya entrevistas “cara a cara” recibe el nombre de Delphi modificado.

Es un método muy variado y aplicado en diversos sectores, por esto no existe un modelo estandarizado, aunque bien pueden distinguirse unas etapas y componentes básicos; es precisamente esto lo que hace que sea un modelo flexible, pues de acuerdo al contexto y disponibilidad de la información, cada aplicación puede variar en cuanto a número de expertos consultados, número de preguntas planteadas, cantidad de rondas – en los casos estudiados se observaron desde 2 hasta 5-, y diferentes herramientas para la presentación de resultados. Si bien ello genera una gran adaptabilidad también puede significar debilidades que denotan falta de rigurosidad, más si se tiene en cuenta que el método puede tender a un uso de estadística mínimo, sesgos subjetivos, y fallas relacionadas con decisiones humanas dentro del proceso (Zartha et al., 2015). Las etapas que son claramente identificables pueden relacionarse en el siguiente esquema, sugerido:

Figura 5. Fases para desarrollar el método Delphi

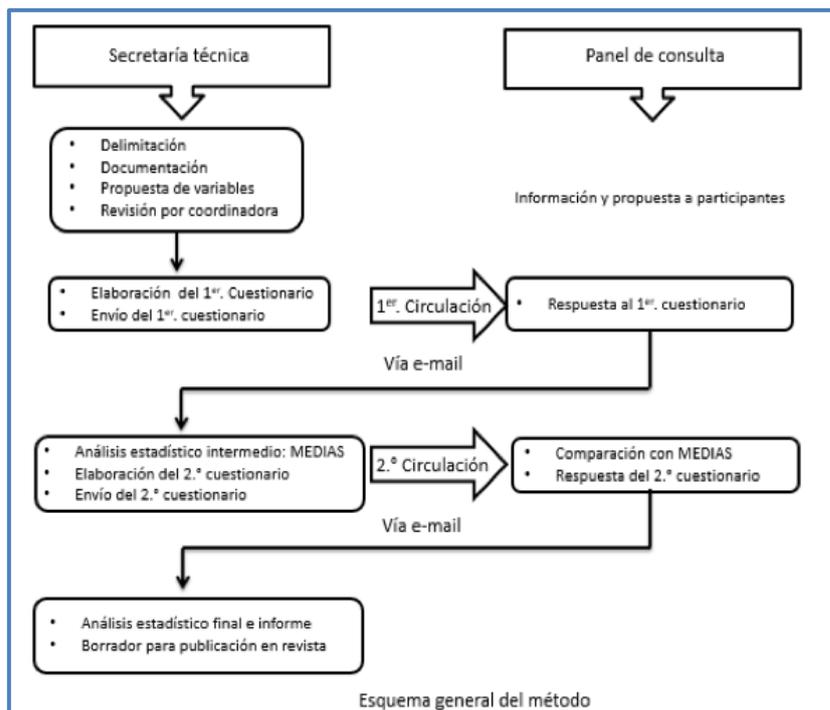


Fuente: Elaboración propia con base en García, M. & Suárez, M. (2013)

El modelo ampliado lo explica Zartha et al, (2015), un esquema que es adaptación de (Cancelo, Neyro y Baquero, 2014) se presenta más adelante (ver figura 6).

El ejercicio parte de la configuración de un panel de consulta, el cual envía la información sobre el objeto de estudio y los antecedentes a un grupo de posibles participantes, este grupo es elegido de acuerdo a unos criterios como experticia en su área de conocimiento -cargo, experiencia, publicaciones, afiliaciones-, localización y disponibilidad para apoyar el estudio. La RAND recomienda que sean entre 7 y 30 expertos (García, M. & Suárez, M. 2013).

Figura 6. Procedimiento del Método Delphi

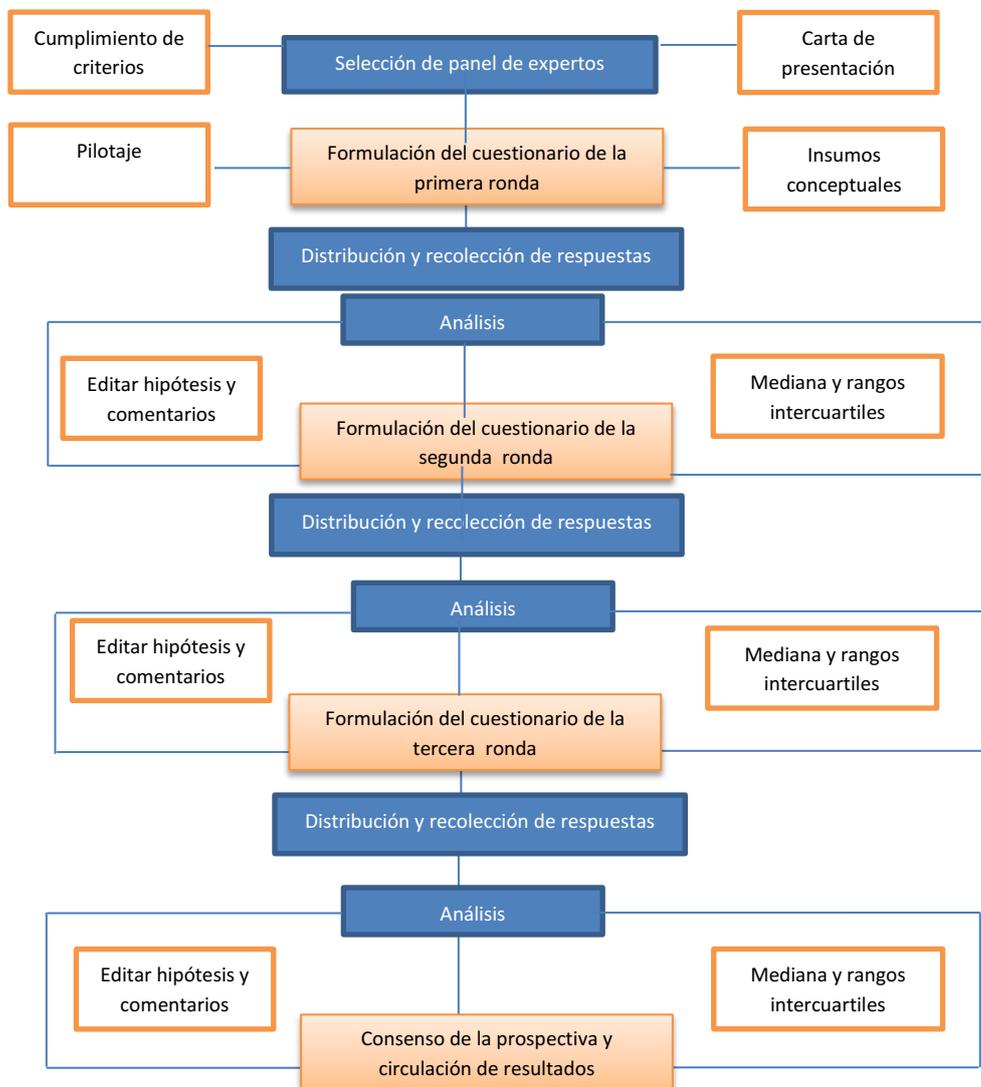


Fuente: Tomado de Zartha et al. 2015

En la etapa de documentación el grupo técnico se debe realizar una investigación profunda para definir las variables y posteriormente diseñar y enviar a los expertos el instrumento o cuestionario. De esta manera, se procede a la primera ronda de consulta. Se recomienda realizar preguntas abiertas durante esta etapa para evitar que se impongan ciertos puntos de vista, introduciendo un sesgo (Sinha I. et al., 2011). En adelante se realizan todas las rondas que se consideren necesarias hasta alcanzar el consenso; se acostumbra efectuar entre 2 y 4 rondas. En palabras de Boukdedid et al. (2011), el procesamiento estadístico es sucesivo, es decir se efectúa al final de cada ronda y es precisamente el análisis que permite identificar el nivel de consenso; las estimaciones más usadas son medidas de tendencia central y dispersión: media, mediana, moda, máximo, mínimo y desviación típica.

Una versión más estilizada del mismo modelo se puede observar en Ilbery et al. (2004), la cual se expone a continuación:

Figura 7. La metodología Delphi



**Fuente:** Elaboración propia con base en (Shon & Swatman, 1998).

**Tabla 3. Casos revisados que usan la metodología Delphi**

TÍTULO	AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO
Application of Delphi Method in a foresight study on biodegradable packaging up to 2032.	Zartha J. et al. (2015)	Implementar el método Delphi para prever hasta el año 2032 el desarrollo de envases y empaques biodegradables, amigables con el medio ambiente.
Understanding current and future issues in collaborative consumption: A four-stage Delphi study	Stuart J. Barnes; Jan Mattsson (2016)	Estudiar en un horizonte de 25 años como será el consumo colaborativo basado en herramientas web y redes sociales, y cuál será su impacto sobre las corporaciones tradicionales, y la sostenibilidad.

Plan prospectivo para el desarrollo agrario en las regiones colombianas a partir del posconflicto al año 2025.	Efrain Guerrero Sanchez, Angel Andres Rojas Peña, María Yolanda Torres, Nubia Alexandra Bourdon Rojas. (2014)	En este texto se usa el método Delphi para proyectar posibles escenarios al año 2025. Se plantean 4 posibles escenarios, dos alternos identificados como: Bienestar a Media y Sobreviviendo, un escenario catastrófico denominado Pobreza Absoluta y el escenario apuesta: Paz y Prosperidad.
Forecasting food supply chain developments in lagging rural regions: Evidence from the UK	Brian Ilberya; Damian Mayea; Moya Kneafsey; Tim Jenkins; Catherine Walkley (2004)	Se analizan las zonas Rurales apartadas, y a través del Delphi se pronostica los factores que pueden influir en el desarrollo de la cadena de suministro y el rendimiento agrícola.

Fuente: Elaboración propia

La técnica Delphi es muy útil cuando la información relevante no está disponible o es muy costoso obtenerla (Shon & Swatman, 1998). Estas situaciones pueden darse porque no hay datos históricos suficientes o los datos son inapropiados, por ejemplo cuando se esperan nuevos factores de influencia y su efecto no ha sido incorporado en las series de datos pasados; podemos concluir entonces que la técnica Delphi es muy pertinente para proyectar productos y servicios con posibilidad de desarrollarse desde el programa Medellín Espacial.

## B. ANÁLISIS ESTRUCTURAL: MICMAC

El análisis estructural es una herramienta que posibilita describir un sistema usando una matriz que evidencia todas las relaciones entre las variables que lo constituyen (Astigarraga, 2008). En este sentido, cada sistema está constituido por una serie de elementos relacionados entre sí, la red de conexiones entre esos elementos es lo que configura la estructura del sistema, si se comprende las características de esta red de relaciones se podría comprender la evolución del sistema como tal, y dilucidar su comportamiento futuro, ya que como estructura presentaría ciertas inercias.

En su libro de la Anticipación a la Acción, Godet (1993) lo sintetiza así

*El objetivo del análisis estructural es precisamente poner de relieve la “estructura” de las relaciones entre las variables cualitativas, cuantificables o no, que caracterizan el sistema estudiado (por ejemplo, una empresa y su contexto estratégico).*

El análisis estructural es una caja de herramientas dentro del proceso de construcción de escenarios. En palabras de Delgado et al. (2015), ayuda a identificar las variables que ejercen mayor influencia y aquellas más susceptibles de ser influenciadas dentro de un sistema, y tiene dos objetivos fundamentales, el primero es generar una representación exhaustiva del sistema, el segundo, es reducir la complejidad del sistema tan solo a las variables esenciales Godet (1993).

El análisis estructural se puede descomponer en tres fases (Godet, 1985; Ambrosio-Albala, 2007; Delgado-Serrano et al., 2004):

- Identificación de las variables.

- Descripción de las relaciones entre variables, localizándolas dentro de la matriz del análisis estructural.
- Búsqueda de las variables clave a través del método MICMAC.

Las primeras dos se desarrollan a través de talleres y la tercera usando la técnica MICMAC, actualmente aplicable como software. Esto significa que todo parte de un proceso de debate, el cual conlleva varios talleres participativos donde los interesados, discuten y acuerdan cuales serán aquellas variables fundamentales que guiaran la evolución de un sistema y sus interdependencias (Nassreddine & Anis, 2014). Para ver en detalle la aplicación del análisis estructural pueden consultarse los artículos:

**Tabla 4. Casos revisados que usan la metodología MICMAC**

<b>TITULO</b>	<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO</b>
Cognitive governance. Cognitive mapping and cognitive conflicts. Structural analysis with the MICMAC method.	Garoui Nassreddine & Jarboui Anis (2014)	Su investigación tiene como objetivo lograr una mejor comprensión de los modos de conceptualización y reflexión sobre los temas de gobernabilidad, a través de la construcción de mapas colectivos cognitivos usando el método MICMAC.
Exploración del Análisis Estructural Prospectivo para Evaluar la Importancia del Desarrollo Rural Territorial en España y Nicaragua	María del Mar Delgado-Serrano Mateo Ambrosio-Albalá Francisco Amador (2015)	Esta investigación analiza el rol de los principios del Desarrollo Rural Territorial en las dinámicas y evolución de cuatro áreas rurales en España y Nicaragua. Se pone a prueba el potencial del Análisis Estructural Prospectivo para la descripción de las dinámicas rurales y dar soporte a los cambios sociales y la toma de decisiones.
Análisis estructural prospectivo aplicado al sistema logístico	Diana Paola Ballesteros Riveros; Pedro Pablo Ballesteros Silva (2008)	Se presenta una breve descripción del método de análisis estructural con sus objetivos y fases, la identificación de variables en el sistema logístico del sector de las confecciones en Pereira, localización de las relaciones en la matriz de análisis estructural, la búsqueda de las variables clave, planos de motricidad y conclusiones finales.

Fuente: Elaboración propia

## Descripción de las fases:

### i. Análisis de variables

Debe obtenerse un listado muy completo de todas las variables implicadas en el sistema, se recomienda utilizar técnicas para estimular la creatividad y el análisis, las variables pueden ser de diversos tipos

- Sistema Interno: Variables de organización y estrategia, variables de productos, mercados y tecnologías, variables de producción, variables sociales, variables financieras.
- Sistema externo: Variables generales, variable de distribución, variables del consumidor y variables de riesgo.

Se recomienda no exceder el número de 70-80 variables, y asegurarse de que cada una esté claramente definida. Se sugiere entrevistas a expertos o grupos de interés para complementar la lista.

El modelo planteado en Monsalve et al. (2011) expone claramente las etapas del análisis estructural y sus actividades intermedias.

Figura 8. Aplicación del análisis estructural

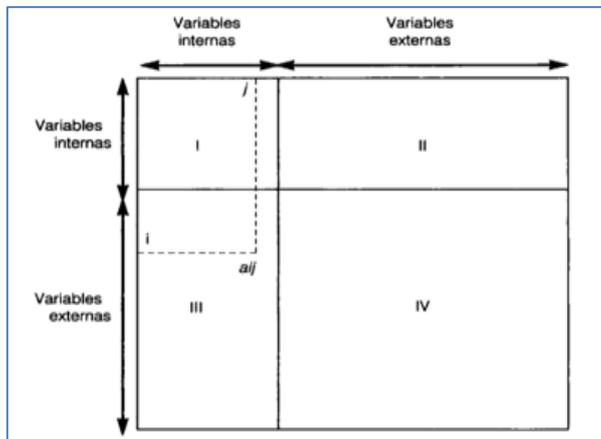


Fuente: Elaboración propia con base en Monsalve et al. (2011)

ii. Localización de variables en la matriz de análisis estructural: En esta fase las variables se relacionan usando un cuadro de entrada doble. El reto para los participantes es lograr definir cómo las variables interactúan entre sí. La intensidad de las influencias puede variar entre cero (ninguna influencia) a tres (influencia fuerte). Se recomienda realizar la siguiente reflexión; en cuanto a la relación de las variables  $i$  y  $j$ , ¿en qué dirección se ejerce la influencia,  $i$  sobre  $j$ , o  $j$  sobre  $i$ ? ¿Existe una colinealidad

entre  $i$  y  $j$ , es decir, una variable  $k$  que actúa sobre ambas? ¿La relación entre  $i$  y  $j$  es directa o existe una variable  $r$  que las conecte a ambas?

Ilustración 1. Matriz de localización de variables



Fuente: Tomado de Godet (1993)

Definición de componentes:

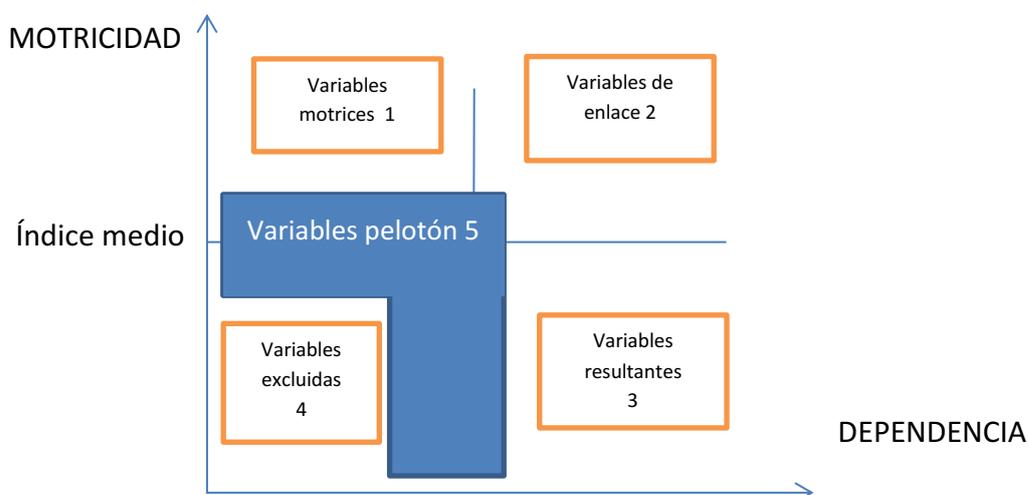
- I. Acción de las variables internas sobre ellas mismas.
- II. Acción de las variables internas sobre las externas
- III. Acción de las variables externas sobre las internas
- IV. Acción de las variables externas sobre ellas mismas

$a_{ij} = 1$  si la variable  $i$  incide directamente sobre la variable  $j$   
 $a_{ij} = 0$  en caso contrario

### iii. Búsqueda de las variables clave a través del método MICMAC

De acuerdo con Godet (1993) "El objeto del método MIMAC es identificar las variables más motrices y más dependientes (variables clave), construyendo una tipología de las variables mediante clasificaciones directas e indirectas". El método MICMAC, Búsqueda de las Variables Claves a través del Método Matriz de Impacto Cruzado. Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC), es un programa de multiplicación matricial aplicado a la matriz estructural, que permite jerarquizar por orden de motricidad y por orden de dependencia.

Ilustración 2. Plano motricidad-dependencia



Fuente: Elaboración propia basada en Godet (1993)

Interpretación de la ubicación de las variables:

Sector 1: Variables muy motrices y poco dependientes. Son las variables explicativas que condicionan el resto del sistema.

Sector 2: Variables a la vez muy motrices y muy independientes. Son las variables de enlace inestable por naturaleza. En efecto, cualquier acción sobre estas variables repercutirá sobre las otras y tendrá un efecto reflexivo sobre ellas mismas que amplificará o desactivará el impulso inicial.

Sector 3: Variables poco motrices y muy dependientes. Son las variables resultantes cuya evolución se explica por los sectores 1 y 2.

Sector 4: Variables poco motrices y poco dependientes (próximas al origen). Estas variables constituyen tendencias fuertes o factores autónomos; no son determinantes del futuro, por tanto pueden excluirse del análisis.

Sector 5: Variables medianamente motrices y/ o dependientes. Nada puede decirse a priori de estas variables del “pelotón”.

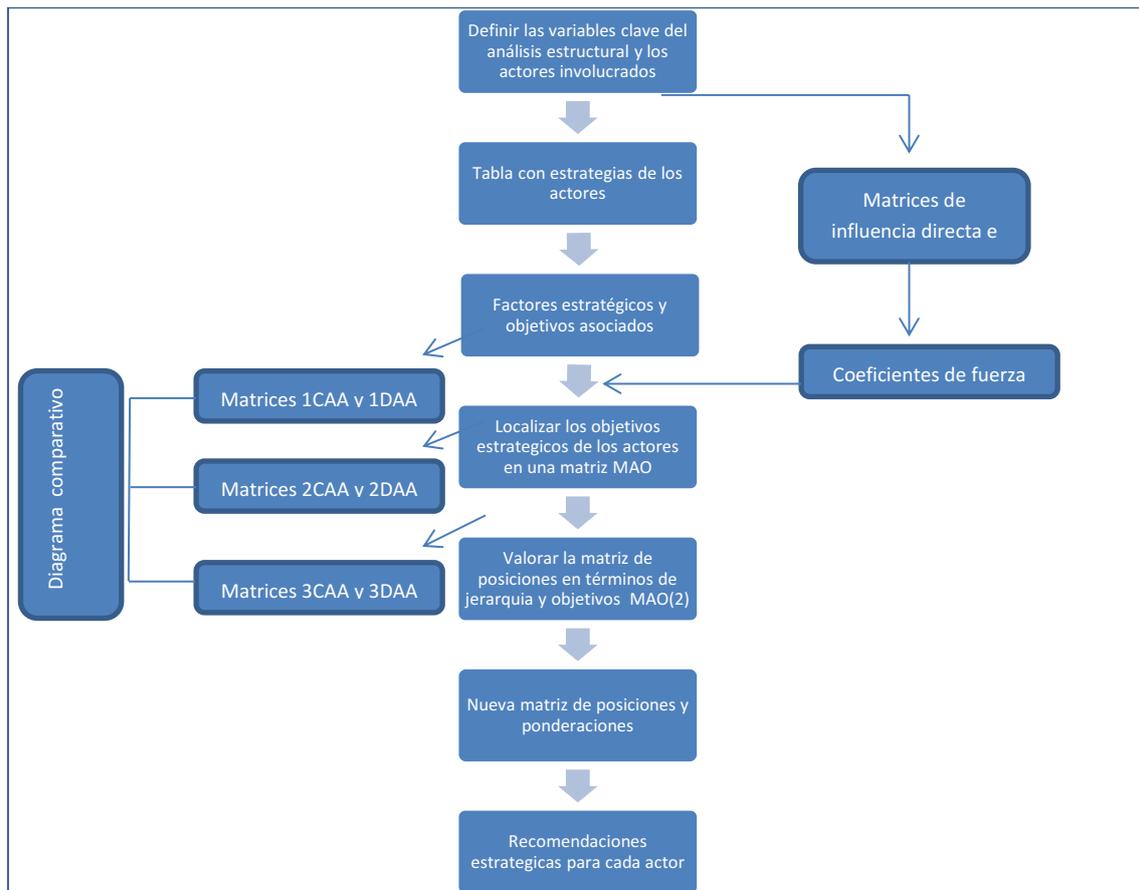
En conclusión el método permite abordar un problema complejo desde la óptica de sistemas, permitiendo identificar detalladamente sus componentes y la dinámica entre los mismos, reduce los tiempos de análisis que exigen sistemas complejos, al proveer un procedimiento estándar y metódico, su principal inconveniente, puede ser la subjetividad a la que está expuesta la construcción del listado de variables, y la interpretación de los resultados. No obstante, este ejercicio es una herramienta clave a la hora de comprender un problema, su contexto, y las posibles trayectorias futuras de un caso en particular.

### C. ANALISIS DE ACTORES O MACTOR

Este método fue desarrollado por Godet(1996), está orientado a determinar el poder relativo y las influencias de actores clave en una situación para lo cual utiliza un software que facilita el análisis (Yamakawa, Cadillo & Tornero ; 2012). Este análisis puede desarrollarse de manera independiente o en conjunto con otras herramientas, ya que es un software de fácil uso y acceso. En el estudio de Godet & Durance (2008) se señala que el análisis MACTOR está constituido por tres etapas fundamentales:

- Identificar los actores y sus objetivos estratégicos
- Ingresar los datos al software, traduciendo datos cualitativos a cuantitativos por medio de valores proxy.
- Analizar los resultados finales que arroja el procesamiento, para generar conclusiones y recomendaciones.

En el libro “De la anticipación a la acción” de Godet (1993), se expone el procedimiento extendido que implica el análisis MACTOR. Sintetizando los análisis de Rincón y Mujica (2004), Vergara et al. (2010) y Godet (2008), el diagrama de flujo del análisis MACTOR comprende siete fases:

Ilustración 3. Metodología del análisis Mactor<sup>6</sup>

Fuente: Elaboración propia

1. Construir el cuadro de estrategias de los actores: En él se identifica las apuestas estratégicas y los objetivos asociados a estos campos de batalla, dando una ubicación a cada actor.
2. Identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados: Consiste en enumerar, para cada actor, las tácticas posibles (juegos de alianzas y de conflictos posibles) en función de las prioridades de objetivos.
3. Situar cada actor en relación con los objetivos estratégicos. Esta fase se anticipa a la elaboración de la matriz de valoración de posición por objetivos –matriz de convergencia o divergencia-, la cual proporciona la información acerca de cómo se encuentra la empresa con respecto a los objetivos contemplados (a favor, en contra, neutral o indiferente), simplificados mediante la siguiente escala de valores: -1 (A la empresa no le interesa alcanzar el objetivo); 0 (A la empresa le es indiferente alcanzar el objetivo); 1 (A la empresa le interesa alcanzar el objetivo).
4. Jerarquizar para cada actor sus prioridades de objetivos: Puede contemplar la aplicación de encuestas

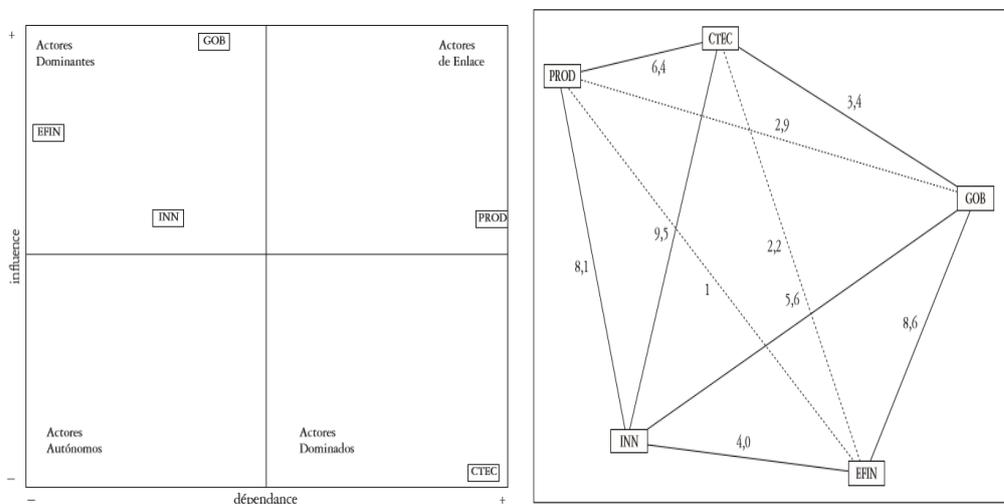
<sup>6</sup> MAO (Matriz de actores por objetivos), MOA (Matriz de objetivos por actores), CAA CAA (Matriz de convergencia actores x actores) y DAA (Matriz de divergencia actores x actores).

5. Evaluar las relaciones de fuerza de los actores: Se evalúa la cantidad de actores que están interesados por cada objetivo. En Vergara et al. (2010), esta relación se puede diagramar mediante una gráfica tipo balanza.
6. Integrar las relaciones de fuerza en el análisis de convergencias y de divergencias entre actores. Se establecen las relaciones entre actores y objetivos, analizando de forma global los posibles enlaces asociativos.
7. Analizar los resultados para formular las recomendaciones sobre los acontecimientos futuros; tendencias, rupturas, e hipótesis a partir de las cuales se elaborarán los escenarios.

En palabras de Vergara et al. (2010), “... el método de análisis de juego de actores, Mactor, busca valorar las relaciones de fuerza entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de objetivos asociados. A partir de este análisis, el objetivo final del ejercicio es facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y de conflictos”.

Cabe anotar que a medida que se Avanza en el análisis el software MACTOR software genera varios gráficos, tablas y cuadros, como los que se exponen a continuación.

Ilustración 4. Ejemplo de matrices de fuerza y convergencia<sup>7</sup>



Dentro de las limitaciones puede anotarse que algunas veces los actores son renuentes a revelar sus estrategias, y por tanto el investigador tendrá que asumir supuestos como insumo del procedimiento (Godet, Durance & Gerber, 2008), o de otro lado, la respuesta del actor puede tener cierto sesgo a favorecer su posición propia. Sin embargo, y en resonancia con Chih-Cheng Lo, Chun-Hsien Wang & Chun-Chien Huang (2013), el análisis MACTOR ha demostrado ser la mejor herramienta dentro de las técnicas de prospectiva para explorar y visualizar la naturaleza de las conexiones y juegos entre los actores implicados en un contexto de problema o mercado.

<sup>7</sup> En el modelo de relación estado-mercado para el fomento de la innovación, Paola Amar S., Jorge F. Diazgranados, analizan las influencias y dependencias entre las entidades gubernamentales (gob), el entorno productivo (prod), el entorno científico tecnológico (ctec), el entorno financiero (efin) y las entidades de fomento directo a la innovación (inn).

Tabla 5. Casos revisados que usan la metodología MACTOR

TITULO	AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO
Modelo de relación estado-mercado para el fomento de la innovación.	Paola Amar S. Jorge F. Diazgranados F. (2006)	El objeto de la investigación fue analizar la relación Estado-Mercado para el fomento de la innovación por medio de la construcción de un modelo contextualizado para el Caribe colombiano. Se escogieron dieciséis (16) expertos y se trabajó con técnicas prospectivas como el Análisis Estructural (AE), el método MIC-MAC, la matriz de impactos y el método MACTOR, de Godet.
Critical factors for the expansion of broadband in developing countries: The case of Peru	Peter Yamakawa Gloria Cadillo Rubén Tornero (2012)	El propósito de este trabajo es entender e identificar los factores críticos de éxito para el desarrollo de servicios de banda ancha en el contexto de un país en desarrollo. Se utiliza el método MACTOR para determinar el acuerdo o desacuerdo de los objetivos relacionados con el estímulo de la demanda.
Potencialidad de asociatividad de restaurantes del centro histórico de la ciudad de Cartagena de Indias- Colombia	Juan Carlos Vergara Francisco Maza Avila & Tomás José Fontalvo (2010)	El artículo tiene como principal finalidad medir el potencial de asociatividad para un grupo de 15 restaurantes ubicados en el centro histórico de la ciudad de Cartagena de Indias (Colombia), mediante la aplicación del método MACTOR y con el apoyo de una encuesta estructurada aplicada a potenciales asociados; de esta manera se develan los objetivos comunes que se constituirán en la base de una asociación empresarial.
Strategic prospective for the implementation of employment policies in the Azores	Rui Bettencourt (2010)	En este artículo se explica cómo una región autónoma analiza su futuro en los temas de empleo y mano de obra. Se aplica un modelo prospectivo para El Gobierno de las Azores usando dos de sus métodos, y MICMAC MACTOR, para examinar tres momentos clave en la implementación de políticas de empleo.

Fuente: Elaboración propia

## D. DINÁMICA DE SISTEMAS

El método de dinámica de sistemas surgió en la década de 1950, a raíz de un estudio que el ingeniero Jay Forrester realizó para optimizar el proceso de producción de una compañía, comenzó por implementar métodos operativos, pero descubrió que existían procesos de realimentación de la información dentro del sistema que presentaba la falla (Gonzalez & Busto, 1998). A partir de allí la investigación de Forrester se centró en las relaciones y realimentaciones dentro de los elementos que componen el sistema, la adopción de este nuevo enfoque permitió una mejor comprensión del problema de análisis, brindándole una visión global y dinámica, identificando los cambios y movimientos dentro sistema, en contraposición del enfoque estático tradicional (Aracil, 1995). La documentación de su trabajo, le llevó a formular la metodología conocida como dinámica industrial. Con el tiempo este campo de estudios evolucionó hacia la dinámica de sistemas –ya que se extendió a la resolución de problemas de las ciencias sociales y naturales-, una metodología que busca entender el comportamiento de los sistemas complejos y su evolución a través del tiempo (Aracil, 1995). La dinámica de sistemas es apropiada para construir modelos de simulación de sistemas complejos y cambiantes –como el proceso de producción o envíos de una fábrica- o bien donde se puede visualizar que los efectos vuelven a impactar la causa –realimentación o feedback-, en otras palabras, donde la salida del sistema vuelve a ser la entrada del mismo (Chavez, 1998). Esto la hace una herramienta ideal para pronosticar trayectorias futuras, y tomar decisiones.

En la construcción de un modelo de dinámica de sistemas se usan dos tipos de diagramas; los diagramas causales y los diagramas de Forrester.

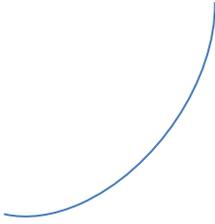
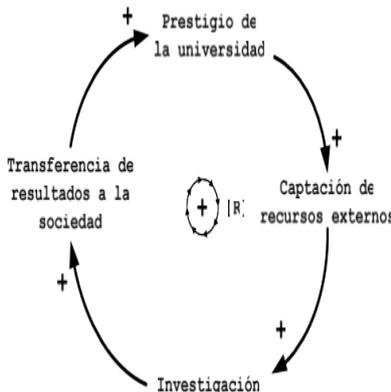
Un Diagrama Causal es la representación gráfica de los elementos que influyen en un problema y de las relaciones que existen entre ellos. Sus componentes son las variables o factores, y los componentes o flechas:

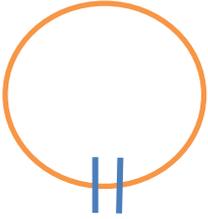
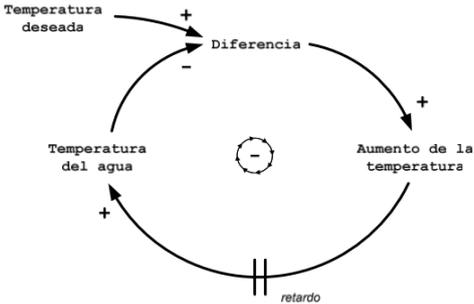
A  $\longrightarrow$  B: En este caso A y B representan las variables, y se interpreta como “A influye sobre B”; A es el factor (condición, situación, acción, decisión) de origen, y B, el factor de destino.

Origen  $\longrightarrow$  Destino

### Ilustración 5. Componentes de un diagrama causal

Diagrama	Tipo de relación	Descripción
A $\longrightarrow$ +B	Relación de influencia positiva	Ambas variables cambian en el mismo sentido: si la variable A aumenta (o disminuye), la

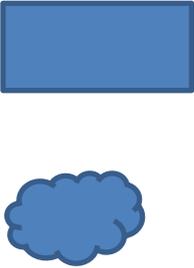
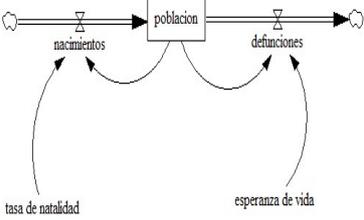
		variable B también aumenta (o disminuye).
A $\rightarrow$ - B	Relación de influencia negativa	Las variables de los dos extremos de la flecha varían en sentido opuesto: si la variable A aumenta (o disminuye), entonces la variable B disminuye (o aumenta).
	<p>Bucle de realimentación positiva (o de refuerzo)</p> 	Refuerza exponencialmente el efecto de la influencia. Significa que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle de manera que acentúa dicha variación inicial. Esa variación primera puede ser tanto un incremento como una disminución de un valor determinado.
	<p>Bucle de realimentación negativa (o estabilizadores)</p> 	Son la base de cualquier sistema de control o regulación, tanto natural como artificial. Son aquellos en los que una variación de un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que se genere un efecto que contrarresta

	<p>Diagrama causal con dos bucles de realimentación</p> 	<p>la variación inicial.</p> <p>El Diagrama Causal de un sistema no está compuesto exclusivamente por un único y aislado bucle de realimentación, sino más bien todo lo contrario. Un Diagrama Causal encierra diversos bucles de realimentación que comparten variables y relaciones de causalidad.</p>
	<p>Retardos</p> 	<p>Los retardos son inherentes a la mayoría de los sistemas y pueden tener una influencia notable en su comportamiento. Un retardo no es más que el tiempo que transcurre entre una causa y sus efectos.</p>

Fuente: Elaboración propia adaptado de Morlan (2010)

Los diagramas de Forrester, son una traducción de los diagramas causales a un diagrama de flujo que permite la notación matemática, y de esta manera generar las ecuaciones con las que se podrá validar el modelo (García, 2014). La notación de estos diagramas la creó Jay Forrester usando la metáfora del flujo de entrada y salida de agua, de un recipiente. En la siguiente tabla se especifican sus símbolos y aplicaciones.

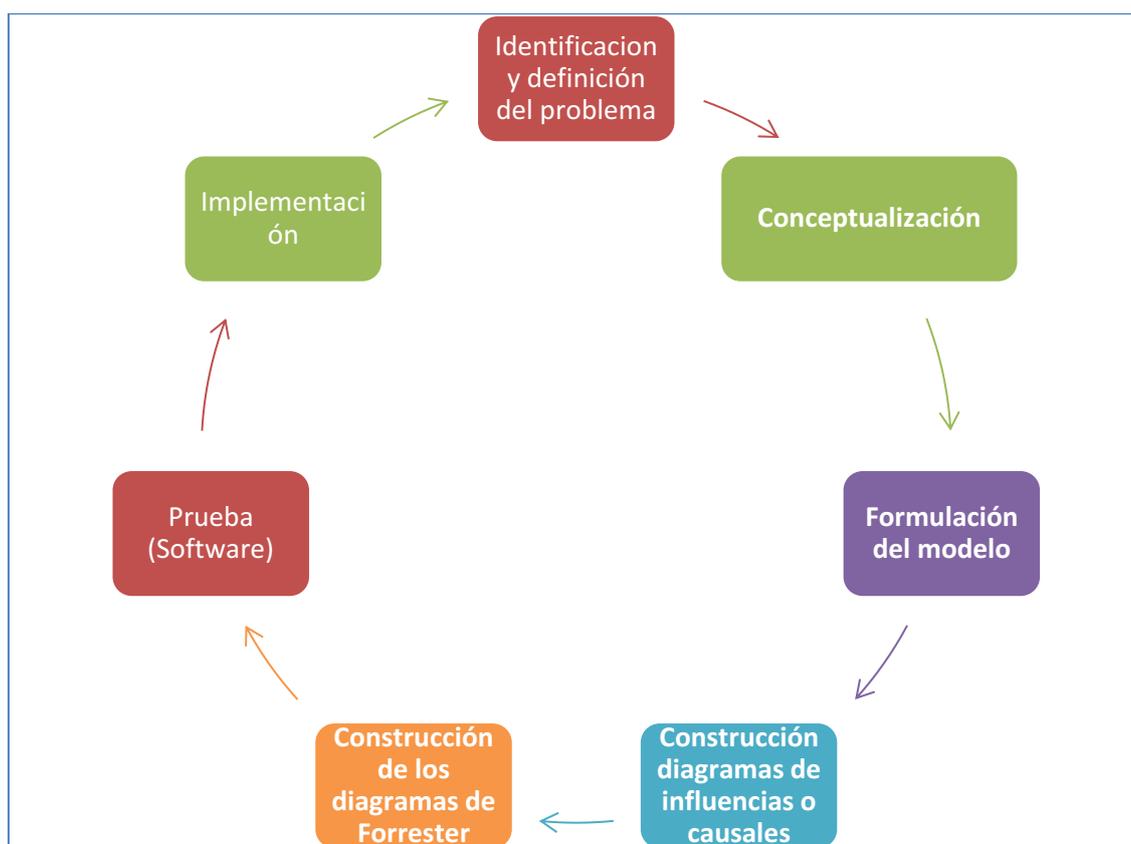
### Ilustración 6. Componentes de un Diagrama de Forrester

Componente	Nombre	Descripción
	Variables de Nivel:  Niveles  Nubes	Son los recipientes, las variables que acumulan magnitudes con el tiempo. Definen el estado del sistema y generan la información en la que se basan las acciones y las tomas de decisiones. Implican la inercia del sistema. Las nubes dentro del sistema son niveles de contenido inagotable
	Variables de Flujo:  Flujo  Regulador de flujo	Simbolizan el cambio de las variables de nivel durante un periodo de tiempo. Estas variables suelen estar intervenidas con variables auxiliares o con coeficientes (o tasas).
X, Y, Z...  	Variables auxiliares   Ej. Tasa de natalidad, esperanza de vida.	Son variables dependientes intermedias que reciben información de otras variables que transforman en nueva información en base a una función determinada y cuya salida se dirige hacia otra variable auxiliar o hacia una variable de flujo. Se utilizan para descomponer ecuaciones complejas en ecuaciones más simples que faciliten la lectura el modelo.

Fuente: Elaboración propia con base en García (2014) y Morlan (2010)

La estructuración de un modelo prospectivo a través de la dinámica de sistemas debe comprender las siguientes etapas, según González-Busto (1998)

**Figura 9. Etapas para la elaboración de un estudio de dinámica de sistemas**



Fuente. Elaboración propia

**Tabla 6. Casos revisados que usan el método de Dinámica de Sistemas**

TITULO	AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO
Combining technology roadmap and system dynamics simulation to support scenario-planning: A case of car-sharing service	Youngjung Geum, Sora Lee , & Yongtae Park (2014)	Este documento ofrece un enfoque integrador de la hoja de ruta y la dinámica del sistema de tecnología para apoyar la planificación de escenarios. El enfoque propuesto se compone de tres partes: la construcción de escenarios, hojas de ruta de tecnología y simulación por dinámica de sistemas.
Generating technology development paths to the desired future through system dynamics modeling and simulation	Hongyi Chen, Jiang Yu, Wayne Wakeland (2015)	En este estudio se implementa un modelo de dinámica de sistemas para enlazar la previsión con los procesos de planificación tecnológica. Ayuda a las empresas responsables de las decisiones a visualizar el proceso de difusión de la innovación que reside en la tecnología elegida y determinar los parámetros

		críticos a través de experimentos y análisis.
Dinámica de sistemas aplicado en el análisis de cadenas productivas agroindustriales en el departamento de Bolívar	Amezquita J., & Chamorro k. (2013)	En este artículo se presenta un modelo de redes que permite simular el comportamiento de las principales cadenas productivas agroindustriales pertenecientes al Departamento de Bolívar. El modelo fue construido integrando en una sola red los componentes de costo, producción y utilidad de los actores de las diferentes cadenas.
A system dynamics model for construction method selection with sustainability considerations	Gulbin Ozcan-Deniz, Yimin Zhu (2016)	Los estudios de caso sugieren que un modelo de dinámica de sistemas tiene el potencial de simular de manera efectiva los procesos de toma de decisiones en la construcción, frente al cambio de las condiciones del proyecto , mientras permite identificar métodos de construcción más viables.

Fuente: Elaboración propia

## E. MÉTODO DE LOS IMPACTOS CRUZADOS

Si bien el futuro no puede preverse con exactitud, la técnica de impactos cruzados ha probado ser una herramienta útil para reducir la incertidumbre frente al mismo, apoyando la toma de decisiones. Los pioneros en su desarrollo y uso fueron Theodore J. Gordon y Olaf Helmer que en 1968 publicaron el artículo “Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting” (Serdar & Asan, 2006). De acuerdo a los autores su principal enfoque fue de tipo cuantitativo y orientado a complementar los análisis derivados del Delphi, y sus usos más frecuentes son valoración de alternativas tecnológicas, planeación estratégica de negocios y análisis de políticas. Consiste en explorar el futuro, de acuerdo a la ocurrencia o no, de una serie de eventos, dentro de un periodo de tiempo determinado.

Muchos métodos de futuro tienen la limitación de que generan información aislada, aun sabiendo que el futuro es el resultado de interacción de muchos eventos que se relacionan a través de estructuras dinámicas y cambiantes. Pero los eventos y su desarrollo deben proyectarse teniendo en cuenta la posible dependencia o influencia de unos sobre otros. Esta es la gran ventaja que ofrece el análisis de impactos cruzados, que se basa en la probabilidad condicionada o sea la probabilidad de que ocurra el evento A, dado el evento B, por ello, pueden generar información sobre las probabilidades finales de un evento, o cómo clasificar los distintos escenarios a partir de un conjunto de eventos (Caballano, 2008).

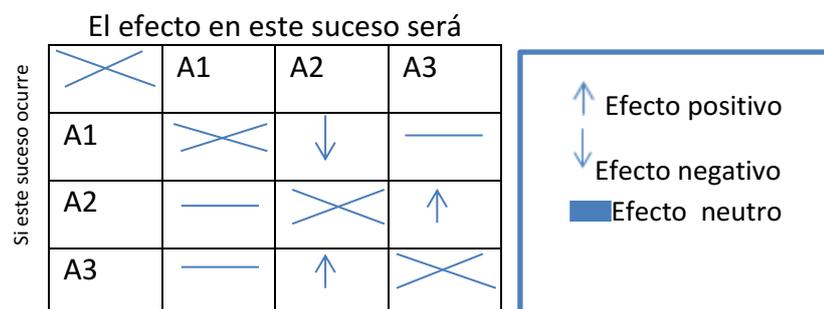
Figura 10. Fases de análisis de la metodología de impactos cruzados



Fuente: Elaboración propia con base en Sanchez (2003) y Chávez (2012)

Al ser un medio sistemático de estudiar las interacciones entre acontecimientos el supuesto subyacente dentro de una matriz de impacto cruzado, es que cambios en la tecnología, las prácticas culturales, o la economía pueden alterar las trayectorias de los eventos. Una de las matrices más comúnmente generadas por este ejercicio, de acuerdo a Caballano (2008) es la de sucesos y efectos, donde una flecha hacia arriba indica impacto cruzado positivo (la ocurrencia de A, amplifica la ocurrencia de B); una flecha hacia abajo indica impacto cruzado negativo ( la ocurrencia de A, disminuye las probabilidades de B); o finalmente una línea horizontal que indica que no hay impacto cruzado.

### Ilustración 7. Dirección de los efectos



Fuente: Elaboración propia con base en Caballano (2008)

El método también puede generar información sobre el grado de intensidad del impacto, en palabras de Caballano (2008), permite estimar si cuando ocurre el acontecimiento A1 este produce un cambio «importante», positivo o negativo, en la probabilidad de A2 .

**Tabla 7. Intensidad de impactos entre variables**

<b>Intensidad de Impacto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Efecto</b>
+4 +3 +2 +1	Impulso esencial Impulso importante Significativo efecto impulsor Ligero efecto impulsor	Favorable (+)
0	Ningún efecto, indiferente	Nulo (0)
-1 -2 -3 -4	Ligero efecto inhibitorio Significativo efecto de retardo Importante obstáculo Obstáculo insuperable	Desfavorable (-)

Fuente: Elaboración propia con base en Weimer-Jehle (2005)

Una crítica a los métodos CIA es que no incorporan el impacto del tiempo dentro del análisis. Al ser incluida la variable tiempo podrían obtenerse modelos más realistas (Serdar & Asan, 2006). No obstante los métodos de impactos cruzados, son los más adecuados para analizar problemas no estructurados, interdisciplinarios y heterogéneos, que a pesar de basarse en un alto contenido teórico, soporten cálculos numéricos, para reducir la complejidad de un análisis cualitativo extenso (Weimer-Jehle, 2005).

**Tabla 8. Casos revisados que usan el método de Análisis de impactos cruzados**

<b>TITULO</b>	<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO</b>
Cross-impact analysis using group decision support systems: an application to the future of Hong Kong	Robert W. Blanninga, & Bruce A. Reinig (1999)	Implementar el método de impactos cruzados para analizar las tendencias que moldearán el futuro de Hong Kong. Cuando varios eventos interdependientes afectan el futuro de una organización, una industria o una sociedad, es útil saber cómo estos eventos se relacionan entre ellos; para descubrirlo este estudio implementa el análisis de impacto cruzado.
Qualitative cross-impact analysis with time consideration	Seyda Serdar Asan, Umut Asan (2006)	Los autores reconocen que una debilidad crítica para el CIA es que no incorpora el impacto de tiempo en el análisis. En realidad, un evento (o una variable) afecta a otro con un retraso de tiempo y saber la relación de tiempo entre eventos es muy importante para identificar la relación causal. En este trabajo, se propone un enfoque complementario a la

		CIA que incluye el tiempo de impacto, y se aplica el enfoque a un caso de estudio.
Santander 2019-2030 : Formulación de la visión prospectiva de Santander 2019-2030	Departamento de Santander, Secretaria de planeación (2011)	Se estableció como objeto fundamental para el desarrollo de este ejercicio de prospectiva de Santander 2019 – 2030, unificar las imágenes de futuro segmentadas a lo largo del territorio en una visión estratégica y establecer un tejido de redes sociales alrededor de un espacio político y pluralista de construcción de un proyecto de futuro estratégico. Este ejercicio se desarrolló con la participación colectiva de los actores sociales de la academia, el gobierno, los empresarios, la sociedad civil y las organizaciones no gubernamentales.

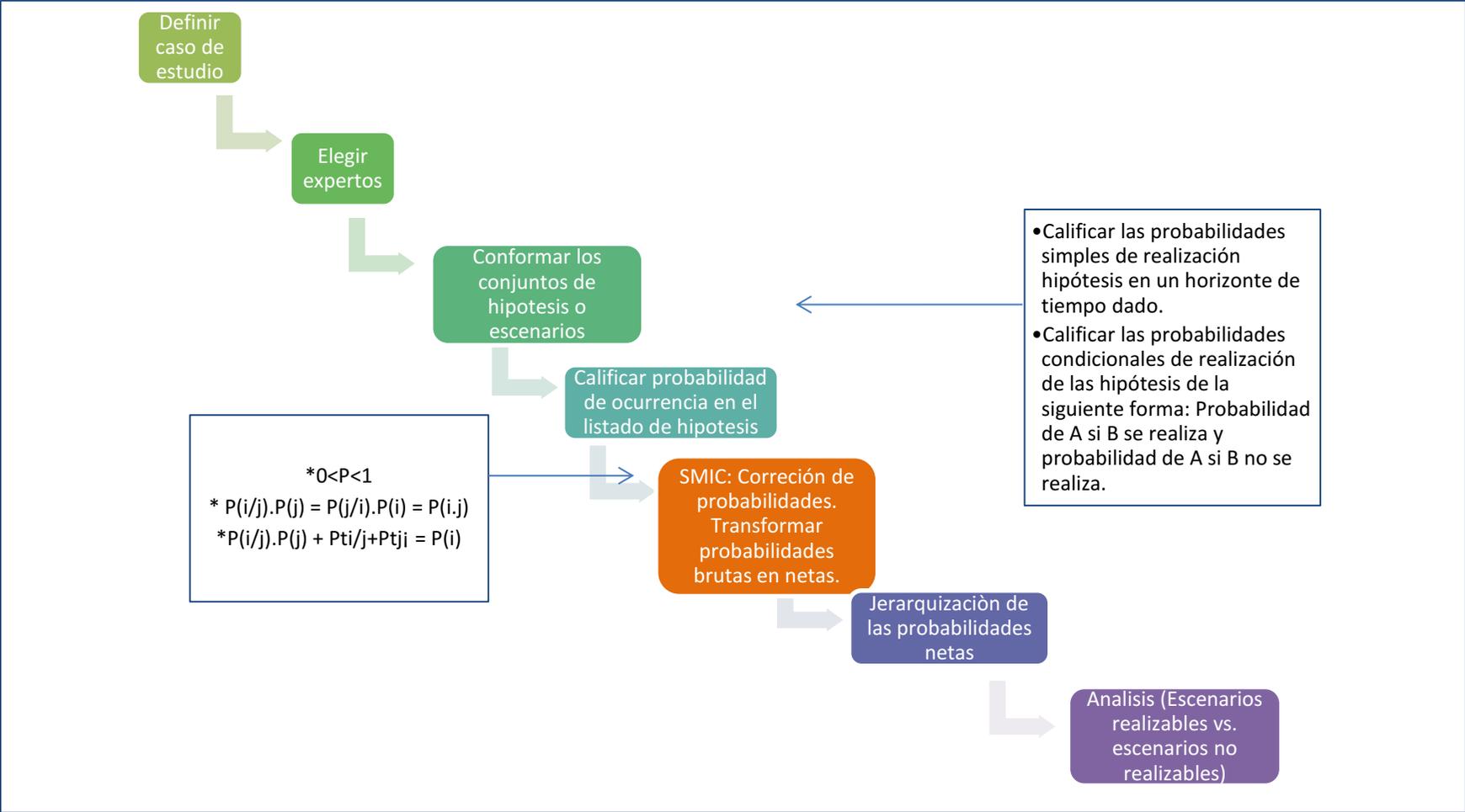
Fuente: Elaboración propia

## F. SMIC-PROBEXPERT

Este método está estrechamente relacionado con el anterior; SMIC, quiere decir “Sistema matricial de impacto cruzado”, esto es, hace referencia a la misma técnica de análisis de impactos cruzados, pero usando un paquete de software para su desarrollo, llamado SMIC®. De acuerdo con Toro (2003), su denominación “*proviene del francés Systèmes et Matrices d’Impacts Croisés, es un software inventado por los franceses a mediados de los setentas, puesto a punto por Le Commissariat à l’énergie Atomique, y desarrollado posteriormente por J.C. Duperrin y Michel Godet*”. El objetivo del método es obtener un futurible (escenario deseable) que será la base del modelo de simulación. Un escenario está constituido por un conjunto de hipótesis que podrían materializarse dentro de un periodo de tiempo. Esto quiere decir que “*se tendrán tantos escenarios posibles (imágenes finales), como combinaciones de juegos de hipótesis existan*” (Cely, 1999).

La ventaja que ofrecen los métodos de impacto cruzado es que estiman la probabilidad de ocurrencia de los diferentes eventos, y de las interrelaciones existentes entre ellos (Rincón y Mujica, 2004). Las probabilidades son asignadas a cada evento, por un grupo de expertos. Este valor sería la “probabilidad bruta” o “simple”; mediante aplicación del SMIC, estas cifras son transformadas en “probabilidades netas” o “corregidas” (Toro2003), lo cual significa que el valor asignado por los expertos es ajustado a las restricciones de la teoría clásica de las probabilidades. De esta manera el método arrojará una clasificación de los futuribles posibles, jerarquizados por probabilidades decrecientes (Rincón y Mujica, 2004), permitiendo elegir el escenario más probable. Los pasos del método se ejemplifican en la siguiente gráfica:

Figura 11. Etapas para desarrollar la metodología Smic-probexpert



Fuente: Elaboración propia

El software SMIC ProbExpert® es uno de los más utilizados para desarrollar este método, ya que genera el conjunto de probabilidades netas, y permite identificar escenarios remanentes o alternativos. Como bien lo menciona Cely (1999) este método es usado con frecuencia ya que a diferencia de otros, no requiere tener a los expertos reunidos para su desarrollo.

**Tabla 9. Casos revisados que usan el método SMIC-PROBEXPERT**

<b>TITULO</b>	<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO</b>
Estudio de planeación estratégica planeación estratégica para un mejoramiento en la calidad de la educación superior para el 2016.	JOHANNA AFANADOR ZUÑIGA & SONIA GARZÓN HURTADO (2011)	En esta investigación se evalúan los factores, hechos y tendencias de mayor influencia y preponderancia en el desarrollo de la educación superior. Se mostrará como a través de la adecuada manipulación de estas variables, se puede llegar a un escenario ideal donde la educación superior universitaria en Colombia tenga un aumento considerable en su calidad para el 2016. El proceso prospectivo se realizará con las herramientas, MIC MAC y SMIC, obteniendo las variables claves del caso.
Análisis estructural. Técnica de la prospectiva.	Alexander Guzmán Vásquez, Marleny Natalia Malaver Rojas & Hugo Alberto Rivera Rodríguez	En las últimas décadas los estrategas han venido buscando afanosamente herramientas que les permitan realizar ejercicios de estudios de futuro para sus proyectos, con el ánimo de llevar a cabo una planeación estratégica más consciente y profesional. La prospectiva presenta un conjunto de herramientas que pueden ser una respuesta a las necesidades del estratega. En este documento de investigación se profundiza en el análisis estructural, como una herramienta utilizada en los estudios de futuro para determinar las variables que conforman un sistema en estudio, y cuáles de ellas son críticas para el comportamiento del mismo.

Fuente: Elaboración propia

## G. ANALISIS MORFOLOGICO

El análisis morfológico (AM), es muy usado en previsión tecnológica, permite reducir la incertidumbre a la hora de embarcarse en el diseño de nuevos productos o procesos. Como lo indica su etimología, es una herramienta que permite explorar la “forma” o “estructura” de un problema o sistema, descomponiéndolo en cada una de las variables que lo conforman, permitiendo identificar para cada variable o cuestión clave, una serie de hipótesis sobre su comportamiento futuro. Como lo señala Ritchey (2005), AM nace como un método orientado a resolver problemas sociales, o tecnológicos no cuantificables y complejos; fue propuesto por el astrofísico Suizo, Fritz Zwicky, durante la década de 1940 como una herramienta para estructurar e investigar rigurosamente el conjunto total de las relaciones contenidas dentro de problemas multidimensionales complejos. El espacio donde se desenvuelven todas estas interrelaciones de variables, es llamado “campo morfológico”, el cual es la base para generar modelos de inferencia (Bustamante, 2011). En palabras sencillas, el análisis morfológico *“explora de manera sistemática los futuros posibles a partir del estudio de todas las combinaciones resultantes de la descomposición de un sistema”* (Astigarraga, 2008). Dentro de los usos del análisis morfológico se tiene: Desarrollo de escenarios y modelación de laboratorios de escenario, alternativas de estrategias para el desarrollo, análisis de riesgos, relación de medios y fines en espacios políticos, modelos para analizar la posición de grupos de interés, evaluación de estructuras organizacionales para múltiples tareas, y finalmente, presentación de relaciones altamente complejas en esquemas y modelos más visuales y comprensibles (Ritchey, 2005; Giraldo, 2000; Byungun, Y. et al., 2014).

### Procedimiento

Realizar un análisis morfológico, incluye unas etapas claramente diferenciadas; (1) análisis, (2) construcción del espacio morfológico, (3) reducción del espacio morfológico.

1. En la primera etapa se elige el problema, situación, u objeto de estudio–sector, organización, territorio-; luego este sistema se descompone en subsistemas o componentes. Dichos componentes deben ser lo más independientes posibles, y en un número que permita el equilibrio entre complejidad y rigurosidad, es decir, evitar excederse en el número de parámetros , pero a la vez, cuidar que no sean escasos, pues podrían perderse elementos de análisis importantes (Astigarraga, 2008)
2. El segundo paso consiste en identificar y definir los parámetros (o dimensiones) relevantes del problema, y asignar a cada parámetro un rango de valores o “estados”, que serían las celdas (A1, A2, ...) bajo los encabezados.

Parámetro A	Parámetro B	Parámetro C	Parámetro D
A1	B1	C1	D1
A2	B2	C2	D2
A3	B3	C3	D3

Fuente: Elaboración propia con base en (Giraldo, 2000).

Cada parámetro puede tener diferentes configuraciones o hipótesis, y se generan tantos escenarios como combinaciones posibles (Giraldo, 2000). Al conjunto de estas

combinaciones se le llama “campo morfológico”, y contiene un valor para cada parámetro que corresponde a un “estado” o solución (Ritchney, 2011).

3. Reducción del espacio morfológico: Los autores recomiendan examinar las configuraciones para establecer cuáles de ellas son lógicas, posibles, viables, prácticas, relevantes, y cuáles no. En este sentido, la solución de la matriz anterior será un conjunto de configuraciones que satisfacen una serie de criterios- uno de los cuales es la consistencia interna. Este filtro se realiza por medio de un proceso cross-consistency assessment (CCA). Donde todos los parámetros del campo morfológico, son comparados uno a uno, por parejas, a modo de una matriz de impacto cruzado. Si el par analizado presenta relaciones consistentes, permanecerá dentro de la matriz resultante.

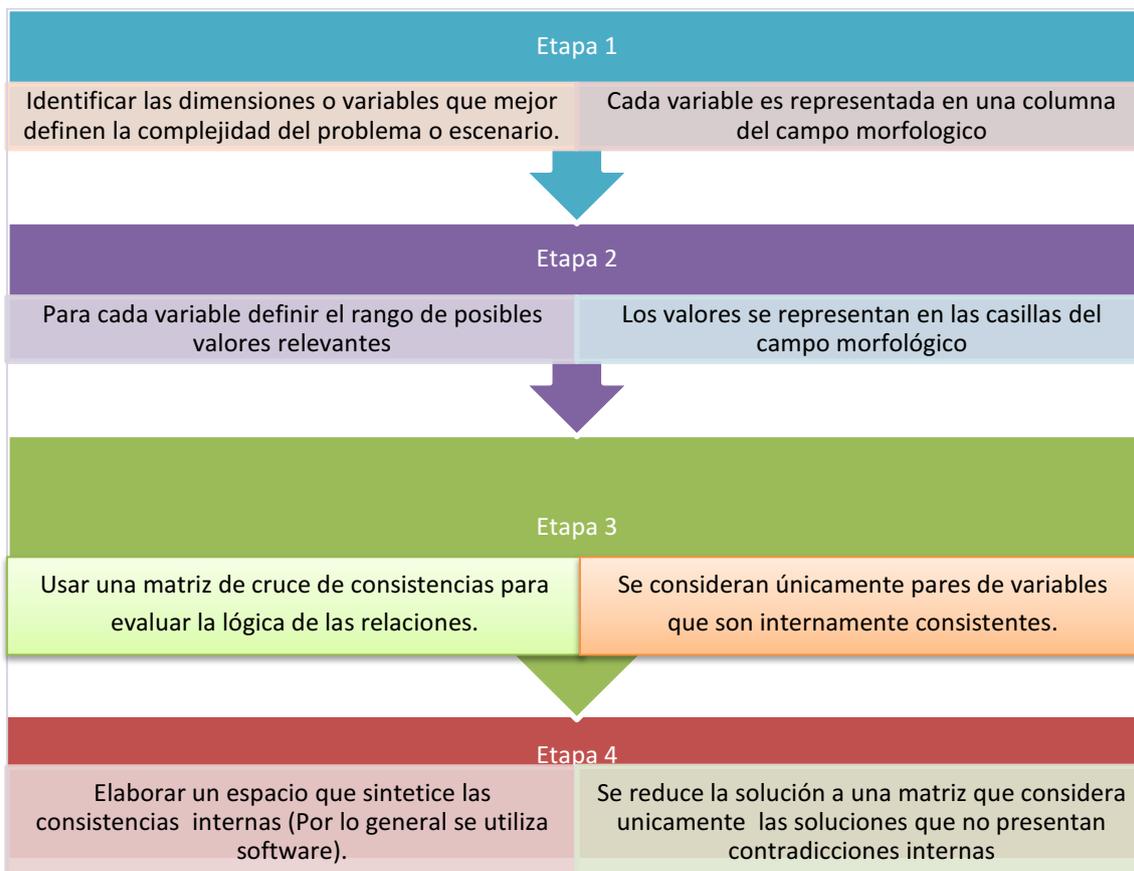
		Parameter A				Parameter B			Parameter C					Parameter D		Parameter E				
		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	E1	E2	E3	E4	E5
Parameter B	B1																			
	B2																			
	B3																			
Parameter C	C1																			
	C2																			
	C3																			
	C4																			
	C5																			
Parameter D	D1																			
	D2																			
Parameter E	E1																			
	E2																			
	E3																			
	E4																			
	E5																			

Fuente: Tomado de Ritchney (2005)

Esta última etapa es la más relevante del proceso, pues permite depurar el campo morfológico entre un 90% y un 99% (Ritchney, 2011). Al lograr esta síntesis, el campo morfológico resultante puede usarse como un modelo de inferencia del tipo “qué sucedería si”. Con la ayuda de software se pueden generar pruebas donde cualquier parámetro o múltiples parámetros pueden seleccionarse como input y otros como outputs, esto permitiría explorar numerosos escenarios y generar conocimiento importante a la hora de diseñar estrategias en las empresas, territorios u organizaciones.

Se recomienda que el ejercicio de construcción se lleve a cabo por grupos pequeños de especialistas, idealmente entre 6 a 8 participantes, durante el proceso, el moderador, debe motivar la creatividad a través de lluvia de ideas, scamper, u otros métodos, para facilitar la identificación de partes, elementos, procesos, y combinaciones. Una de los aspectos positivos del método es que permite comparar numerosos parámetros, sin importar lo disimiles que sean (Byungun et al., 2013).

### Ilustración 8: Proceso de Elaboración del análisis morfológico



Fuente: Elaboración propia con base en Ritchey, T., & Stenström, M. (2002)

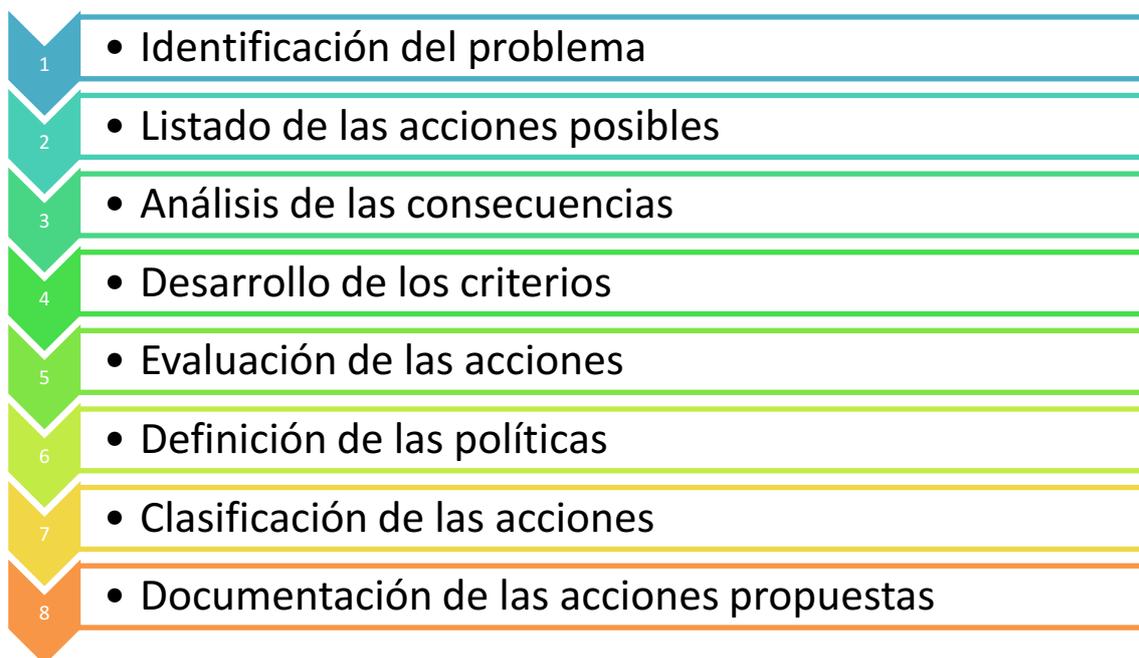
TITULO	AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO
Exploring technological opportunities by linking technology and products: Application of morphology analysis and text mining	Byungun Yoon, Incha Park , & Byoung-youl Coh (2013)	Esta investigación tiene como objetivo sugerir la metodología para el TOD ( descubrimiento de la oportunidad tecnológica) basado en la tecnología existente mediante el uso del análisis morfológico y la minería de datos.
Las herramientas de la prospectiva estratégica: usos, abusos y limitaciones	Jean Paul Pinto (2008)	El autor enfatiza en la importancia de la reflexión humana dentro de un estudio de prospectiva. Describe diversos tipos de análisis prospectivos y muestra como las herramientas MICMAC, MACTOR, MORPHOL o SMIC-PROB-EXPERT apoyadas en software permiten sintetizar la información y ahorrar tiempo.

Fuente: Elaboración propia

## H. METODO MULTIPOL (Criterios y políticas múltiples)

Es una herramienta prospectiva desarrollada en Francia, para orientar la toma de decisiones cuando se cuenta con múltiples opciones, y se debe identificar la más conveniente de acuerdo al contexto. Su principal objetivo es contrastar diferentes acciones y soluciones, a partir de una matriz de análisis comparativo, la cual permitirá identificar los criterios y políticas alternativos que dan solución a los problemas de decisión. Es un método sencillo y muy práctico, ya que se basa en evaluar las acciones alternativas, a través de una media ponderada. En su estudio del método Eusko Ikaskuntza (2008), señala que las problemáticas asociadas a la toma de decisión se enmarcan en tres aspectos: seleccionar, distribuir y ordenar. El MULTIPOL permite entonces seleccionar las políticas o criterios, distribuir las acciones y jerarquizar los mejores escenarios. Para evaluar las acciones o políticas de solución se basa en el criterio dado por expertos, el cual se construye dentro de una escala simple [0-5] o [0-10], adicionalmente, como señala Gabiña, (1998), dado que cada situación a resolver u objeto de estudio, pertenece a un contexto en único y particular, los expertos deben también asignar una ponderación variable a cada criterio o política.

**Figura 12. Proceso para desarrollar el método Multipol**



Fuente: Elaboración propia con base en Godet (1993)

Como bien lo señala Godet (1993) es un método sencillo, apropiable y flexible, pues a medida que se desarrolla el análisis pueden introducirse variables de estudio antes no consideradas, adaptándose con facilidad a las necesidades del contexto y del enfoque de los expertos.

**Tabla 10. Casos de estudio donde se aplica la técnica Multipol**

<b>TITULO</b>	<b>AUTOR Y AÑO</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO</b>
Plan prospectivo para la identificación de estrategias de mejoramiento del proceso administrativo para la cooperativa de productores de cal del municipio de San Francisco Putumayo al año 2020	Ivonne Chavarro, Yency Parrado, Edgar Arbelaez, Margarita Ortiz & Hernando Imbachi	Este estudio tiene por objetivo analizar los posibles escenarios futuros para el 2020 que puedan presentarse en la Cooperativa de asociados, específicamente en el mejoramiento del área Administrativa. Para llegar a los distintos escenarios y seleccionar el más probable, realizaremos un análisis y una evaluación prospectiva de los cuatro escenarios (socio económico, tecnológico-administrativo que componen el contexto donde se desarrollan sus actividades.
Aplicación del enfoque prospectivo para la gestión del desarrollo local: Estudio de caso	Yaima, Fabio & Becerra, Francisco	El objetivo general que se plantea es implementar una metodología para trazar estrategias, políticas y acciones que contribuyan a impulsar el desarrollo de las localidades. Se utiliza el método MULTIPOL. Se determinan variables clave y estratégicas, aspectos de mayor influencia y eventos futuros.
Prospectiva territorial	María Andreína Salas Bourgoín, 2013	Desde el aporte teórico se hace una exploración relativa a la prospectiva territorial y los escenarios de cambio territorial. El aporte práctico, expuesto en los capítulos tres y cuatro, es una guía metodológica ejemplificada por medio de un caso de estudio, que explica cómo podría implementarse la prospectiva territorial en la formulación de planes de ordenación del territorio.

Fuente: Elaboración Propia

## I. METODO DE ESCENARIOS

Esta técnica busca descubrir los aspectos más importantes de un objeto de estudio, para determinar las variables clave del mismo. Posteriormente, se elaboran diversos escenarios exploratorios o alternos, en los cuales las variables clave toman distintas trayectorias o comportamientos (Guzman et al., 2005). *“Among the best-known methods are the Delphi method, cross-impact analysis(CIA), simulation, and scenario writing. The Delphi method and scenario writing were both developed in the 1950s and constitute the roots of scenario planning” [5]<sup>8</sup>*

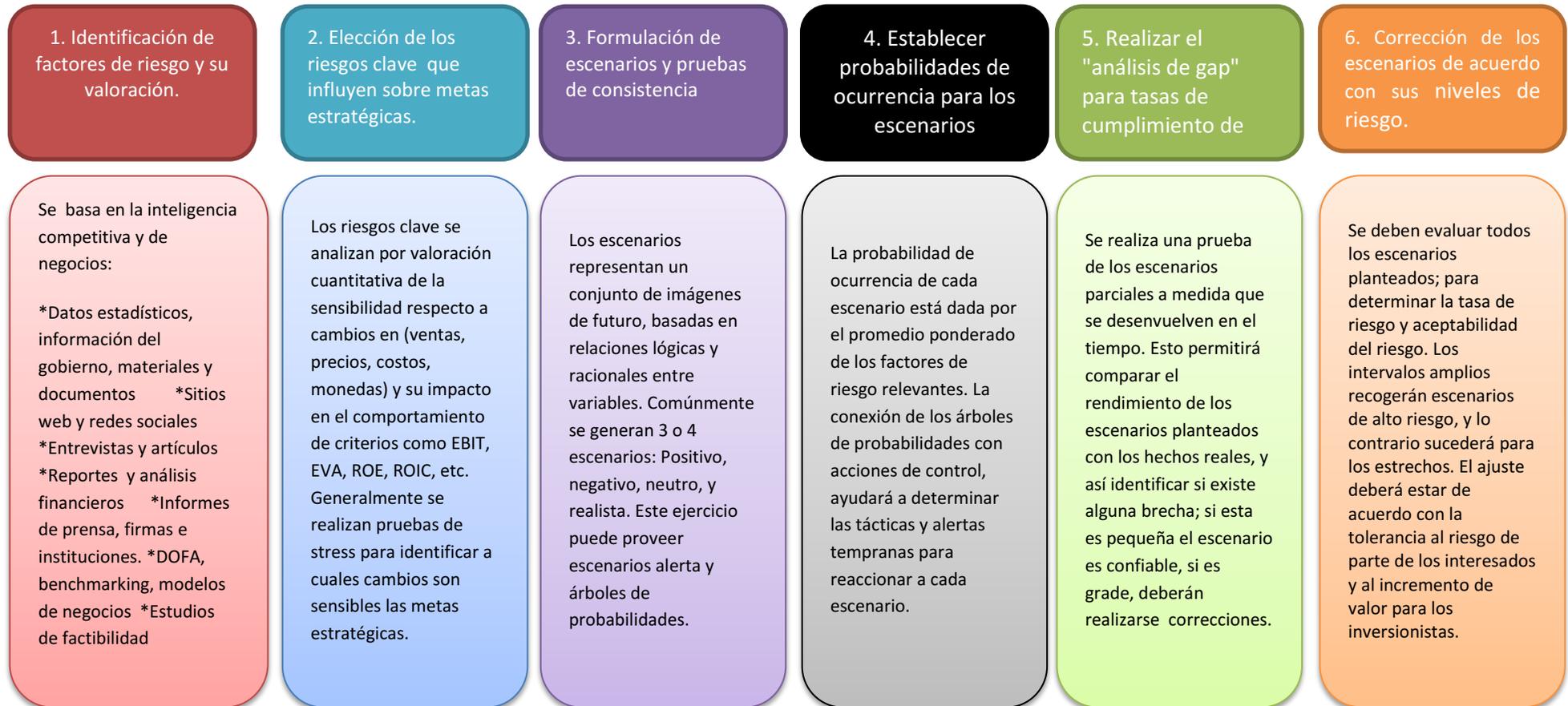
El origen de la técnica de escenarios puede remontarse siglos atrás en el tiempo, con la Republica ideal de Platón o las visiones de Thomas More, o George Orwell. Sin embargo como una herramienta de planificación estratégica fue usada en primera instancia por la milicia en forma de juegos de simulación de guerra, o para reducir la incertidumbre en el diseño de armas (Bradfield et el., 2005). Según estos autores, las necesidades básicas que motivaron profundizar el método de escenarios, fueron, (1) la necesidad de una metodología que capturara un consenso confiable a partir de la opinión de un grupo numeroso y diverso de expertos, y (2) la necesidad de construir modelos de simulación para ambientes futuros que permitan evaluar alternativas políticas y sus consecuencias.

En igual sentido, otras organizaciones empezaron a explorar el uso de esta herramienta; los antecedentes más destacados corresponden al proyecto iniciado por Shell en 1967 llamado “Year 2000”, con el ánimo de explorar la evolución del ambiente de negocios durante los años venideros. De igual manera General Electric, en 1980 publicó sus análisis de la economía norteamericana y las condiciones sociopolíticas (Kleyner, 1996). Con la década de 1970 aparecerán dos aportes importantes desde la academia basado en el análisis de probabilidades; las metodologías de Trend Analysis Impact (TIA) y Cross Impact Analysis (CIA). Del lado de la escuela francesa se publicará en 1960 La prospective, de Gaston Berger donde el autor propone un enfoque para la planeación de largo plazo en temas de política pública como educación, medio ambiente, urbanismo, y desarrollo, aplicando escenarios normativos para tales análisis (Gordon, 1994).

---

<sup>8</sup> S.P. Schnaars, How to develop and use scenarios, Long Range Plan. 20 (1) (1987) 105–114.

De acuerdo con Zahradníčková & Vacik (2014) el procedimiento para implementar una técnica de escenarios, consiste en 6 pasos:



Fuente: Elaboración propia con base en Zahradníčková & Vacik (2014)

Una propuesta alternativa, es la de (Wang & Lan, 2007), la cual comprende nueve etapas:

**Figura 13. Etapas para el desarrollo de la técnica de escenarios**



Fuente: Elaboración propia

Cualquiera de los dos enfoques deja basa su propuesta en que el futuro es múltiple, y por tanto incierto; reducir tal incertidumbre, requiere analizar los diversos futuros potenciales. El camino que conduce a un escenario no es único; también hay diversas trayectorias para transitar de una situación inicial a una situación final. En síntesis un escenario es la descripción de una situación futura y de la trayectoria que conduce hacia ella (Godet & Roubelat, 1996). Existen dos tipos de escenarios: Los exploratorios y los normativos. Los primeros analizan las tendencias pasadas y presentes y desde estas trazan un futurible (un futuro posible). Por su parte los escenarios normativos, se basan en la dialéctica de diferentes visiones de futuro, para determinar aquel más deseable y trazar hasta un camino de estrategias.

**Tabla 11. Casos que implementan la técnica prospectiva de escenarios**

TITULO	AUTOR Y AÑO	OBJETIVO DEL ESTUDIO
Scenarios as channels of forecast advice	Dilek Önkal Kadire Zeynep Sayım, & Mustafa Sinan Gönül (2013)	La fuerte competencia empresarial ha exigido desarrollar herramientas adecuadas de previsión y toma de decisiones. En este trabajo, se explora la efectividad del uso de escenarios como canal de consejos de previsión. Se exploran predicciones individuales y de consenso.

Scenarios as a Strong Support for Strategic Planning	Lenka Zahradnípková, & Emil Vacík (2014)	Se exploran y discuten varios escenarios para el análisis del entorno empresarial, teniendo en cuenta los factores de riesgo y su influencia sobre los retornos futuros; el objetivo es seleccionar las variables más estratégicas para la formulación de modelos de negocio. Cada escenario puede ser cuantificado de acuerdo a la tolerancia al riesgo.
SEARCH (Scenario evaluation and analysis through repeated cross impact handling) "A new method for scenario analysis with an application to the Videotel service in Italy"	Bartolomeo Sapiro (1995)	SEARCH es una herramienta que permite la generación de escenarios tanto cualitativos como cuantitativos y se puede utilizar como una herramienta de planificación operativa. Se utilizó la metodología de búsqueda para construir escenarios en relación con Videotel, el servicio videotex pública italiana.
Scenarios as a scholarly methodology to produce "interesting research"	Rafael Ramirez*, Malobi Mukherjeeb, Simona Vezzolic, & Arnoldo Matus Kramerd (2014)	Se propone la herramienta de escenarios como un enfoque útil para la investigación académica, y con esta se analizan tres casos: (i) el desarrollo de formatos de venta al por menor en la India; (ii) la evolución de los patrones de migración en Europa y el Mediterráneo; y (iii) clima el cambio y la planificación regional y urbana en la región de Tulum, en la Península de Yucatán.

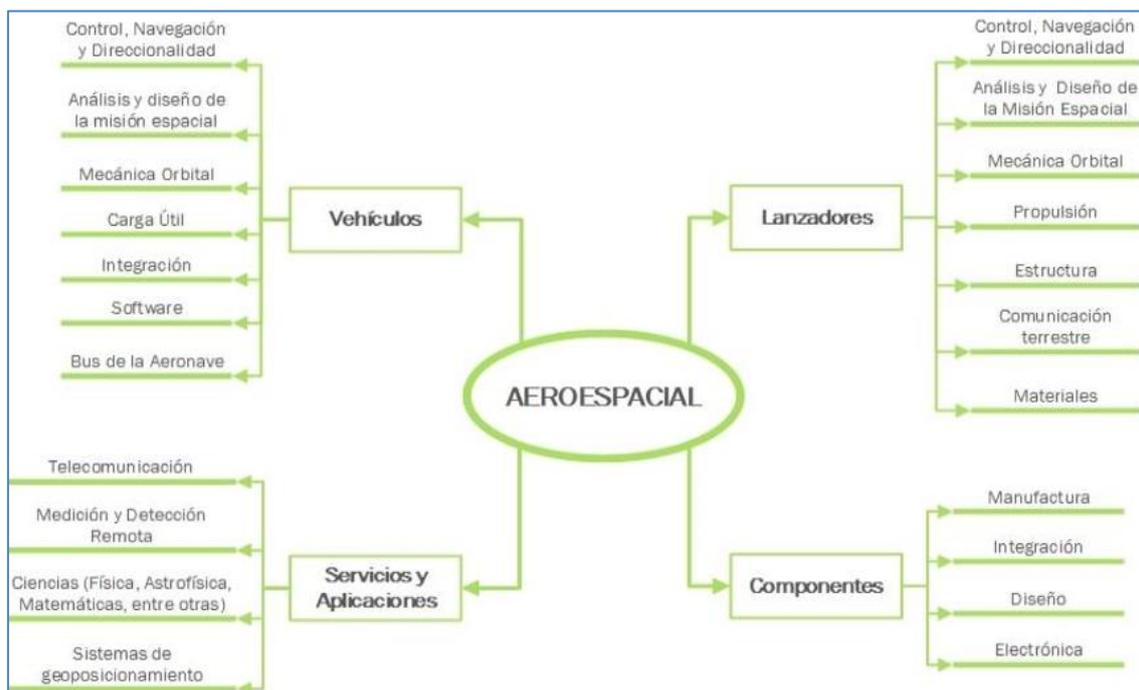
Fuente: Elaboración propia

#### 4. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA PARA EL PROGRAMA MEDELLÍN ESPACIAL

A continuación se exponen los hallazgos del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del área de oportunidad “Actores Espacial” que fue desarrollado por la Universidad Pontificia Bolivariana, con la asesoría de la empresa Ideatech, a través de la cual la autora de la presente investigación pudo participar como asistente.

Con el ánimo de contextualizar al lector, en el siguiente mapa se presenta de forma resumida el sector aeroespacial, enfatizando en las líneas de enfoque como vehículos y lanzadores, acompañados de las características y mecanismos necesarios para su desarrollo. De forma transversal a estos dos primeros sectores se encuentra el sector de servicios y componentes, áreas de trabajo necesarias que van de la mano en el desarrollo estructural y metodológico de los negocios aeroespaciales.

Figura 14. Mapa del Sector Aeroespacial



Fuente: Observatorio CT+i Ruta N

En el sector espacial se considera que existen tres segmentos: Segmento terrestre, Segmento espacial y el Segmento usuario, este último muchas veces coincidente con el segmento terrestre. Por lo anterior, se logra deducir que el negocio aeroespacial se desarrolla en gran parte en la tierra y que la tecnología desplegada en el espacio, debe ser diseñada, construida y probada en la tierra.

Dentro de los actores, que han sido históricamente los referentes principales, se tiene:

✓ National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Agencia estatal encargada del programa espacial estadounidense y encargada de la investigación aeronáutica y espacial. Fundada en 1958 con una orientación netamente civil y pacífica. Su presupuesto en el 2014 fue de alrededor de 18500 millones de dólares anuales.

✓ Agencia espacial federal rusa- ROSCOSMOS (FKA)

La agencia espacial rusa, comúnmente llamada ROSCOSMOS (РОСКОСМОС en Ruso) y abreviada como FKA, fue fundada en 1992 y es responsable de la ciencia espacial rusa e investigación aeroespacial. A finales de Enero del 2015, Roscosmos se fusionó con la corporación Rocket and Space formando así la entidad Roscosmos Sociedad Estatal. FKA posee un presupuesto anual de cerca de 5200 millones de dólares y posee un módulo dentro de la Estación Espacial Internacional (ISS).

✓ European Space Agency (ESA)

Organización intergubernamental fundada en 1975 compuesta principalmente por los países de la unión europea, con sede principal en Francia. ESA posee un presupuesto anual de cerca de 5510 millones de dólares.

✓ China National Space Administration (CNSA)

Establecida en 1993 la CNSA es una institución del gobierno chino ubicada en Beijing, encargada de firmar los acuerdos espaciales, intercambios científicos, técnicos y la ejecución de políticas y ciencia espacial. La CNSA posee un presupuesto de cerca de 1300 millones de dólares y capacidad de producir y lanzar vehículos espaciales. En un principio, la CNSA debía ser la encargada de sentar las bases de la política espacial, mientras que CASC debía ser su brazo ejecutor.

✓ India Space Research Organization (ISRO)

Establecida en 1972, ISRO es una organización de investigación espacial de la India con sede en Bangalore. ISRO posee un presupuesto anual cercano a los 1100 millones de dólares

En el caso latinoamericano, se espera que para el 2017 Latinoamérica cuente con cerca de 98 satélites, entre los que se destacan satélites de telecomunicación que mejoren el acceso a internet y televisión, satélites de monitoreo ambiental y satélites para la defensa. En cuanto a Colombia en particular, a pesar de que los avances aeroespaciales en el país son pocos, han existido intereses políticos a lo largo de los años para el acercamiento del país con el espacio. Entre los principales avances se encuentran:

<b>Políticas y estructuras gubernamentales</b>	Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano: El PPDEC creada bajo el Decreto 2516 de 2013, desarrollado por la vicepresidencia, es un programa encargado de liderar, coordinar y fortalecer el desarrollo espacial colombiano y buscar su integración al escenario internacional. Comisión Colombiana del Espacio (CCE): Al CCE creada por el Decreto Presidencial 2442 del 18 de julio de 2006, le corresponden los asuntos políticos, legales, de gestión del conocimiento, investigación e infraestructura de los aspectos telecomunicaciones, observación de la tierra, navegación satelital, astronomía, astronáutica y medicina aeroespacial. La Comisión colombiana de cohetería y astronáutica c3, como entidades activas adscritas a la CCE. Centro de Desarrollo Tecnológico Aeroespacial para la Defensa (CETAD) de la Fuerza Aérea: busca la integración de los sectores Universidad-Empresa-Estado en el área aeroespacial.
<b>Capacidades</b>	Proyecto Épicos: fue divulgado en el 2009 y tenía como finalidad resaltar y listar cerca de 230 empresas colombianas que pudiesen ingresar en el mercado global aeroespacial de alta tecnología.
<b>Experiencias</b>	Libertad 1: Primer satélite (picosatélite) construido en Colombia, bajo el programa espacial de la Universidad Sergio Arboleda y lanzado al espacio el 17 de abril de 2007. Instituto de Astrobiología: Instituto de astrobiología quien posee como socio internacional al instituto de astrobiología de la NASA. FACSAT1: La Fuerza Aérea Colombiana-FAC y Sequoia space han tenido acercamientos para la construcción de un nanosatélite de observación terrestre, FACSAT1. El proyecto se encuentra suspendido. Universidad Sergio Arboleda: Universidad promotora y desarrolladora del primer satélite construido en Colombia llamado Libertad I y tiene entre sus planes la construcción de un segundo satélite llamado Libertad II.
<b>Oportunidades</b>	Costo de información espacial para Colombia: El país compra imágenes y servicios satelitales por un valor cercano a 11,5 millones de dólares anuales (Fuente: página oficial de la Vicepresidencia). El costo de un satélite, con capacidad de captación de imagen de alta resolución para fines científicos o militares, fue cotizado para el país por un valor entre 250 y 300 millones de dólares con una vida útil de 5 a 8 años. Interés de la NASA en investigadores colombianos: La NASA busca colaboración colombiana que puede ser de ayuda para experimentos en la Estación Espacial Internacional (EEI), en temas de entrenamiento y de gestión del conocimiento aeroespacial, entre otros (Fuente: Visita administrador de la NASA Charles F. Bolden, Feb, 2015).

Fuente: Observatorio CT+i Ruta N

En cuanto a las tendencias halladas para Colombia la vigilancia bibliométrica y de patentes, sugiere que la participación del país podría estar en las áreas de:

- Comunicación espacial, diseño de software y hardware para las comunicaciones y el procesamiento de los datos entre otros.
- Diseño, producción y ensamble de pequeños satélites (nano y pico) para el monitoreo y observación terrestre.
- Diseño de sensores, cámaras multispectrales y desarrollo de cargas útiles.
- Incubación biológica y estudios médicos. Desarrollo de investigaciones en el área espacial desde la tierra.

En general, las start-ups que han logrado entrar e integrarse en la industria espacial son o han sido empresas apoyadas por otras compañías y personas reconocidas con capital de riesgo alto, conocimiento y experiencia, lo que les ha permitido el desarrollo de tecnología eficiente y una mejor administración del conocimiento y la empresa en sí (p.ej. Elon Musk con PayPal, Tesla y SpaceX, Amazon con Blue Origins, Google con Skybox y Microsoft con Kymeta).

Colombia posee un escaso desarrollo espacial, con poco legado, conocimiento y sistemas académicos que permitan un fácil acceso al sector. Sin embargo existen segmentos en el mercado espacial que el país y la Ciudad (Medellín) podrían aprovechar. Para ello se requiere profundizar la investigación y los estudios de prospectiva en los siguientes temas:

**Figura 15. Investigaciones y estudios de prospectiva sugeridos**

<p><b>ÁREA DE OPORTUNIDAD CONTEXTO:</b> ¿Qué es y cómo está organizado el sector espacial?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Segmentos de trabajo del área espacial.</li> <li>• Descripción de equipos y vehículos empleados en el espacio y categorización de los satélites.</li> </ul>	<p><b>LÍNEAS DE NEGOCIO:</b> ¿Cuáles son las líneas de negocio que existen en el sector espacial? ¿Cuáles son las posibles áreas de acción de la Ciudad dentro de estas líneas de negocio?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principales tendencias mundiales en el sector espacial, ligadas a pequeñas y grandes compañías del sector.</li> <li>• Posibles áreas de negocio derivadas de las verticales del mercado propuestas.</li> <li>• Descripción de algunos proyectos destacados en el mundo y la región.</li> </ul>
<p><b>ESTADO ACTUAL:</b> ¿En qué estado de desarrollo se encuentra, y cuáles aspectos caracterizan el sector espacial?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado actual del área espacial en el mundo, la región y el país.</li> <li>• Cantidad y principales usos de los satélites en la región.</li> <li>• Principales agencias espaciales internacionales y sus proyectos actuales y futuros.</li> </ul>	<p><b>NUEVOS JUGADORES:</b> ¿Cuáles son los nuevos jugadores/compañías del sector? ¿A qué se dedican? ¿Cómo operan?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de negocio empleados en el mercado espacial.</li> <li>• Nuevos jugadores del mercado, descripción de cada una de las compañías, sus nuevos proyectos y clasificación por cada vertical de negocio.</li> <li>• Tendencias y áreas de trabajo de los nuevos jugadores (Startup, Stealth).</li> <li>• Ranking de los nuevos negocios.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia con base en el Observatorio CT+i Ruta N

## 5. ADAPTACIÓN DE UN MODELO DE PROSPECTIVA APLICABLE AL PROGRAMA MEDELLIN ESPACIAL

Los desarrollos teóricos y prácticos expuestos hasta el momento nos permiten identificar con facilidad un conjunto de herramientas que implementadas con un orden lógico facilitarían los procesos de planeación estratégica dentro del programa Medellín Espacial, que resuelva dudas como ¿Qué quiere ser Medellín Espacial en el futuro (mediano y largo plazo)? ¿Qué líneas de investigación son factibles en Medellín? ¿Quiénes serán los actores más influyentes, y cuáles las variables clave en el futuro desarrollo del sector? ¿En qué campos de I+D aeroespacial tiene potencial la ciudad? ¿Qué aplicaciones comerciales son viables para desarrollar localmente?.

El método más integrador y completo, es aquel que logra combinar varias técnicas, de acuerdo a la información accesible, y a las necesidades halladas dentro del programa. La metodología de la propuesta aquí planteada se basa en el modelo de Godet & Durance (2009). De acuerdo con el enfoque de los autores el método de escenarios, puede proveer una plataforma integradora para los ejercicios prospectivos, ya que en su estrategia comprende cuatro herramientas: análisis MICMAC, MACTOR, MORPHOL, y SMIC PROB EXPERT. El modelo comprende 6 fases, ya que se afina con las técnicas de dinámica de sistemas y multipol.

### Fase 1: Planteamiento del problema y estudio del sistema

Se puede considerar como una fase previa donde se levanta el estado del arte en la materia, esto puede ser a través de estudios de inteligencia de mercado e inteligencia competitiva.

### Fase 2: El análisis estructural

Para su realización deben determinarse las variables esenciales y la estrategia de los actores. Una vez identificadas las variables clave, se recomienda desarrollar un estudio profundo de las mismas ahondando en cifras y características de su comportamiento pasado. Estos resultados permitirán el análisis de las trayectorias ya recorridas y hacer supuestos sobre las tendencias futuras teniendo en cuenta el papel que juegan los actores como propulsores o disuasivos. Cada actor debe ser definido en función de sus objetivos, problemas y medios de acción, así como las posiciones que asumen frente a los otros.

### Fase 3: Explorar el campo de los posibles y reducir la incertidumbre

Este es el punto donde la información analizada hasta el momento permite construir unas hipótesis sobre continuidad o fin de algunas tendencias. El análisis morfológico permitirá construir algunas imágenes de futuro a partir de las combinaciones posibles. La aplicación de métodos de expertos tales como Delphi, ábaco de Régnier o Smic-Prob- Expert, permiten reducir la incertidumbre estimando las probabilidades subjetivas de las diferentes combinaciones, o de los diferentes acontecimientos clave para el futuro.

#### Fase 4: Elaboración de escenarios

Como su nombre lo indica se trata de una fase exploratoria donde se realizan juegos de hipótesis que describen las trayectorias posibles, en palabras de Godet & Durance: “Corresponde entonces describir el camino que lleva desde la situación actual hasta las imágenes finales”.

#### Fase 5. Análisis de la dinámica de los sistemas

Cada escenario puede verse como sistema de variables que comparten relaciones y realimentaciones entre ellas. Cada escenario final puede ser complejo y cambiante dentro de sí mismo. Aplicar un análisis en esta etapa final permitirá comprender con más profundidad las características de ese escenario y evaluar en última instancia la consistencia del mismo.

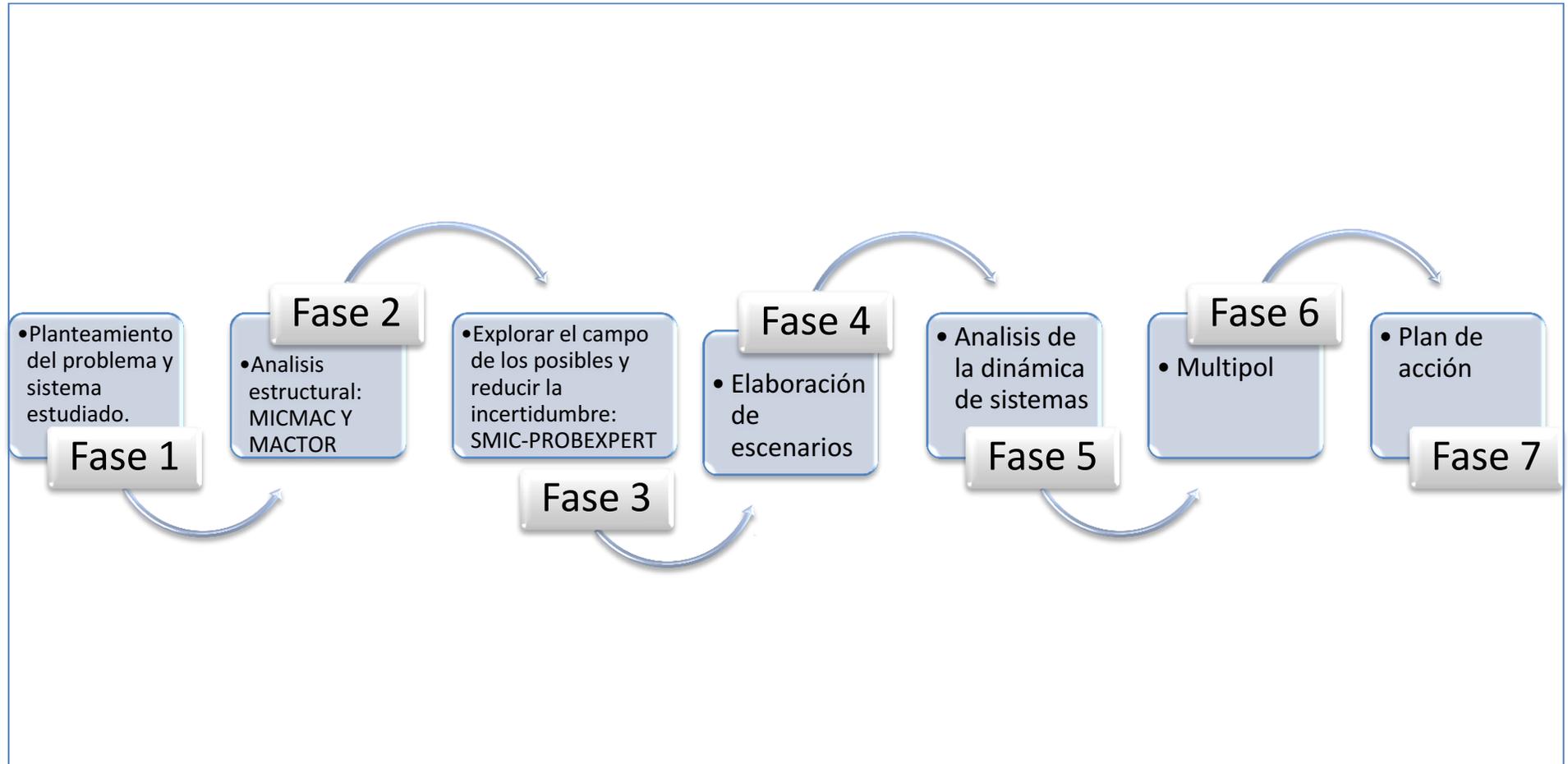
#### Fase 6. MULTIPOL

Aplicar este criterio permitirá orientar la toma de decisiones cuando se cuenta con múltiples opciones, es decir, después de tener un conjunto de escenarios planteados, con el Multipol se identificará el más conveniente de acuerdo al contexto y la visión institucional y el plan de desarrollo de la ciudad en CT+i. Con el multipol se podrán contrastar diferentes acciones y soluciones, a partir de una matriz de análisis para finalmente seleccionar las políticas o criterios, distribuir las acciones y jerarquizar los mejores escenarios.

#### Fase 7. Elaboración del Plan de acción

De acuerdo con Michell Godet, en su libro “De la anticipación a la acción” (1993), esta es la fase cumbre de cualquier ejercicio de prospectiva: Identificar los medios reales para llegar al futuro deseado. En esta etapa, se formulan los proyectos, cronogramas, identificación de recursos clave, contratos de objetivos, coordinación y seguimiento, y vigilancia estratégica.

Ilustración 9. MODELO DE PROSPECTIVA SUGERIDO



Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- ✓ A partir de la generación y apropiación del conocimiento y el desarrollo de investigación aplicada a la producción se logra la innovación; agregando mayor valor a los bienes y servicios, se propicia la transformación productiva y se generan nuevos nichos de mercado.
- ✓ Aunque a nivel nacional se han realizado esfuerzos para incrementar la inversión en actividades de inversión, ciencia y tecnología, esta sigue siendo baja respecto a otros países en igual condición de desarrollo. Se reconoce el aporte del sistema general de regalías, a través del fondo de ciencia, tecnología e innovación, pero aún hace falta optimizar los mecanismos y las capacidades institucionales.
- ✓ La Corporación Ruta N, es la institución encargada de ser la plataforma para la generación de capacidades de ciencia, tecnología e innovación en la ciudad de Medellín, anualmente le corresponde el 7% de las utilidades que EPM entrega a la ciudad de Medellín, para el desarrollo de sus cinco ejes estratégicos: Plataformas de Innovación, Negocios del Conocimiento, Cultura de Innovación, Plan de CT+i y Distrito Medellinnovation.
- ✓ La industria aeroespacial, se perfila como la próxima frontera para el desarrollo industrial, para ello es necesario, el fortalecimiento de las start up que se encuentren en una etapa temprana, por esta razón, Ruta N a través del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+i) ha formulado el programa “Medellín Espacial”.
- ✓ Los estudios de prospectiva hacen parte de la planeación estratégica, la cual es una herramienta de gestión enfocada en el análisis del futuro; parte de la observación del entorno y el establecimiento de unos objetivos claves, a favor de los cuales se generan estrategias (rutas de acción) que permitan asumir los cambios del contexto económico, político, cultural y organizacional
- ✓ Los planes estratégicos, deben contemplar planes tecnológicos enfocados en direccionar el desarrollo y apropiación de nuevas tecnologías en una organización o grupo humano, y a su vez, deben estar sustentados por estudios serios de prospectiva que den fuerza a las hipótesis de desarrollo.
- ✓ La prospectiva fue diseñada para mitigar la incertidumbre generada por los cambios constantes, y en ocasiones sorpresivos, que se dan en el entorno de cualquier organización, siendo entonces la herramienta de planeación estrategia, que facilita anticiparse primero, para actuar después.
- ✓ La técnica Delphi está estructurada para recolectar los juicios –individuales- de expertos sobre un problema específico, procesar la información a través de técnicas estadísticas y extraer un consenso general, lo cual permite una reducción considerable de incertidumbre frente a la toma de decisiones.
- ✓ El análisis estructural, MICMAC, ayuda a identificar las variables que ejercen mayor influencia y aquellas más susceptibles de ser influenciadas dentro de un sistema, y tiene dos objetivos fundamentales, el primero es generar una

representación exhaustiva del sistema, el segundo, es reducir la complejidad del sistema tan solo a las variables esenciales.

- ✓ El método Mactor, busca valorar las relaciones de fuerza entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de objetivos asociados. A partir de este análisis, el objetivo final del ejercicio es facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y de conflicto
- ✓ El método de impactos cruzados consiste en explorar el futuro, de acuerdo a la ocurrencia o no, de una serie de eventos, dentro de un periodo de tiempo determinado. La gran ventaja que ofrece es que se basa en la probabilidad condicionada o sea la probabilidad de que ocurra el evento A, dado el evento B, por ello, puede generar información sobre las probabilidades finales y su grado de impacto.
- ✓ El software SMIC ProbExpert® es uno de los más utilizados para desarrollar este método, ya que genera el conjunto de probabilidades netas, y permite identificar escenarios remanentes o alternativos. Este método es usado con frecuencia ya que a diferencia de otros, no requiere tener a los expertos reunidos para su desarrollo.
- ✓ El análisis morfológico es una herramienta que permite explorar la “forma” o “estructura” de un problema o sistema, descomponiéndolo en cada una de las variables que lo conforman, permitiendo identificar para cada variable o cuestión clave, una serie de hipótesis sobre su comportamiento futuro.
- ✓ La técnica Multipol permite contrastar diferentes acciones y soluciones, a partir de una matriz de análisis comparativo, la cual permitirá identificar los criterios y políticas alternativas que dan solución a los problemas de decisión.
- ✓ Colombia tiene un gran potencial en el segmento de servicios espaciales, como procesamiento y analítica de datos, desarrollo de aplicaciones y ambientes de simulación, creación conjunta de estaciones de comunicación o monitoreo espacial, desarrollo de industria de alimentos enfocada al espacio.
- ✓ Para explotar todo el potencial colombiano en la industria aeroespacial es necesario profundizar en la comprensión de este tipo de negocios a través de vigilancia tecnológica, competitiva y estudios de prospectiva.
- ✓ El desarrollo espacial en Colombia debe ir de la mano con la creación de un marco legal y de incentivos, que permita el control, reglamentación y seguridad del uso del espacio, además de involucrar el desarrollo del sector con entidades gubernamentales y de seguridad, que apoyen y faciliten el desarrollo de la tecnología.
- ✓ El método de prospectiva propuesto en este estudio, para el programa Medellín Espacial, comprende un enfoque de cuatro fases planteado por Godet & Durance (2009), al cual se le agregan las técnicas de dinámica de sistemas y multipol, logrando un proceso más riguroso e integrativo, que permita dilucidar el futuro en el área de los negocios aeroespaciales.

## ANEXO 1.

Nombre del Método	Descripción	Insumos	Resultados	Fortalezas	Debilidades	Retos	Pertinencia para el modelo
Metodos Participativos	Son técnicas integradoras diseñadas para reunir un grupo poblacional o equipos de expertos que a través del debate identifiquen temáticas, futuros deseables, y aspiraciones comunes. Estas interacciones pueden derivar en construcciones colectivas de metas, estrategias y tácticas. Es un método basado en la opinión de los participantes; esta puede provenir desde enfoques tanto subjetivos como objetivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Panel de expertos o grupo poblacional</li> <li>*Moderadores</li> <li>*Técnicas para facilitar la participación</li> <li>*Cuestionarios o guión del proceso</li> <li>*Groupware (software colaborativo)</li> <li>*Sistemas de registro para documentar la participación de los invitados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Registro de opinión pública</li> <li>*Mapeo de tendencias</li> <li>*Termómetro de opinión</li> <li>*Estadísticas objetivas</li> <li>*Diseño de futuros</li> <li>*Definición de estrategias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Velocidad en la implementación(Dado que la población impactada suele ser la misma que participó en el proceso).</li> <li>*Permite un proceso más democrático, llegando a resultados más completos al integrar múltiples visiones.</li> <li>*Alta probabilidad de éxito, al compartir valores y superar diferencias en medio del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Análisis superficial.</li> <li>*Sesgos impuestos por quienes pueden manipular la información.</li> <li>*Amenaza al poder establecido</li> <li>*Posible polarización entre quienes participan y quienes no.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se recomienda combinar métodos participativos- delphies, polling y focus groups- que con el uso de estrategias como el groupware y los medios de comunicación pueden generar procesos de participación aún más masivos; sobre todo para la discusión de políticas públicas.</li> </ul>	3
MICMAC	El método MICMAC analiza cualitativamente las relaciones entre las variables que componen un sistema dentro de una empresa, organización, sociedad, país etc. El objetivo de este análisis estructural es identificar las principales variables, influyentes y dependientes; así como las variables esenciales para la evolución del sistema. El acrónimo MICMAC proviene de las palabras: Matriz de Impactos Cruzados - Multiplicación Aplicada a una Clasificación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*De acuerdo a Godet son necesarios tres pasos: Fase 1: Listado de las variables del sistema. Fase 2: La descripción de relaciones entre variables del sistema. Fase 3: La identificación de variables clave y sus categorías e interpretación.</li> <li>*Se recomiendan grupos de expertos no mayores a 12 miembros</li> </ul>	El análisis MICMAC provee una matriz y un gráfico nombrado Plano de Influencia y Dependencia de las variables del sistema de estudio y las categoriza en: Variables de entorno, variables reguladoras, palancas secundarias, variables objetivo, variables clave, variables resultado, variables autónomas y variables determinantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Permite una visión dinámica sobre las variables de estudio</li> <li>*Al generar una red de relaciones, evidencia aspectos que de otra manera serían contraintuitivos</li> <li>*Todas las variables y su ambiente podrán ser visualizadas gráficamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Las conclusiones dependen de la elección de los participantes; pueden existir sesgos de acuerdo a los conocimientos dominantes de los participantes.</li> <li>*Pueden existir errores colectivos, el consenso no es sinónimo de impecabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Desarrollo de software para la construcción de escenarios a partir de los resultados arrojados por el análisis estructural.</li> <li>*Optimizar los tiempos para el desarrollo de los estudios, por lo general toman varios meses.</li> <li>*Evitar la delegación a consultores distintos de los tomadores de decisión.</li> </ul>	5
MACTOR	El método MACTOR (Matriz de Alianzas y Conflictos: Tácticas, Objetivos y Recomendaciones) es un ejercicio que complementa el análisis MICMAC con entrevistas directas a los actores, para identificar la fuerza de las interacciones entre ellos, y cómo sus acciones pueden influir sobre las variables establecidas en el análisis estructural. El análisis MACTOR permite identificar el juego entre los actores; es decir, su divergencia o convergencia frente a los escenarios y objetivos planteados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Fase 1: Construir el cuadro "estrategias de los actores"</li> <li>• Fase 2: Identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados</li> <li>• Fase 3: Situar cada actor en relación con los objetivos estratégicos (matriz de posiciones)</li> <li>• Fase 4: Jerarquizar para cada actor sus prioridades de objetivos (matriz de posiciones evaluadas)</li> <li>• Fase 5: Evaluar las relaciones de fuerza de los actores</li> <li>• Fase 6: Integrar las relaciones de fuerza en el análisis de convergencias y de divergencias entre actores</li> <li>• Fase 7: Formular las recomendaciones estratégicas y las preguntas clave del futuro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Representación matricial Actores x Objetivos .</li> <li>*Responde si el actor es favorable o no a cada objetivo, y con qué intensidad el asume esta posición.</li> <li>*Definición de estrategias y el equilibrio de fuerzas necesario para construir conjuntamente el futuro deseado dentro del sistema en que conviven.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Es un método con una operatividad definida, lo que facilita su aplicación.</li> <li>*Tiene en cuenta las posibilidades de evolución de las relaciones entre actores; incluye las transformaciones del contexto, y probables cambios de juego.</li> <li>*Aporta herramientas gráficas que son sencillas y capaces de abarcar datos complejos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Es necesario un alto grado de confianza de los actores para que revelen información</li> <li>*Puede existir información contradictoria que exija el contraste de la misma para aclarar el juego del actor</li> <li>*Un uso mecánico podría conducir al sesgo, pasando por alto información relevante</li> <li>*Supone un comportamiento racional de los actores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Optimizar los tiempos en la recopilación y análisis de la información, usando nuevas tecnologías, pero sin abandonar las reuniones participativas que son clave.</li> </ul>	5

DELPHI	El método Delphi es un debate controlado en donde participan grupos de personas expertas en el tema que estén a favor y en contra. En donde se les asegura el total anonimato para poder expresar sus opiniones de manera explícita y obtienen una realimentación objetiva. Lo más común es que los grupos de expertos avancen hacia un consenso, pero cuando esto no ocurre, las razones por las cuales tienen diferentes posiciones se vuelven claras y aportan al análisis global.	<p>*La mayoría de estudios requieren entre 15 y 35 expertos en el tema.</p> <p>*Fase 1: Exploración del tema de discusión: Cada experto contribuye con cualquier información que considere pertinente.</p> <p>*Fase 2: Proceso de acercamiento y entendimiento de cómo el grupo ve el tema: Si hay un desacuerdo significativo, entonces este es explorado en la siguiente fase.</p> <p>*Fase 3: Se explora el desacuerdo para sacar las razones fundamentales para las diferencias y la posibilidad de evaluarlas.</p> <p>*Fase 4: Evaluación final: Ocurre cuando toda la información previa ha sido analizada inicialmente y las evaluaciones han sido retroalimentadas.</p>	Los resultados se pueden mostrar de muchas maneras. Por ejemplo: Gráficas que muestran el resultado basado en la mediana y desviación estándar, puede ser realizado mediante un rango intercuartil.	*La habilidad de explorar, fríamente y objetivamente, problemas que requieren juicio u opinión *Elimina los efectos de la interacción no estructurada y directa, ya que se llega a un consenso entre los participantes.	*La facilidad con la que se hacen las preguntas, por ende existen respuestas objetivas que requieren menor juicio u opinión *El tiempo que toma. Una fase puede requerir hasta tres semanas, 3 fases Delphi al menos 3 o 4 meses, incluyendo preparaciones y análisis	*¿Cómo se pueden dirigir las preguntas a las personas para que exista mayor probabilidad de respuesta? *Minimizar errores por falta de rigurosidad o sesgos introducidos en el manejo de información durante el proceso.	4
ENFOQUE DE SISTEMAS	Surge a partir de un enfoque interdisciplinar para resolver problemas. Considera en primer lugar los elementos aislados y después en combinación uno a uno. Es una herramienta eficaz en donde las definiciones de problemas son compartidas y las metas son claras. Es una forma diferente de tratar con la planificación y la dirección de acción que hace énfasis en los procesos.	<p>*Fase 1: Estableciendo un propósito. -Ver la organización como un sistema. -Reconocer el ambiente del sistema. -Identificar los subsistemas de la organización.</p> <p>*Fase 2: Definiendo el sistema. -Proceder de un sistema a un nivel de subsistema. -Analizar las partes del sistema en un secuencia particular.</p> <p>*Fase 3. Recolección de datos e ilustración. -Identificar soluciones alternativas. -Evaluar las soluciones alternativas. -Seleccionar la mejor solución.</p> <p>*Fase 4. Testeo y Revisión (ningún modelo puede ser diseñado para correr por siempre, debe ser revisado y rediseñado) -Seleccionar la mejor solución. -Implementar la solución -Hacerle seguimiento para estar seguro de que la solución es efectiva.</p>	Al implementar los cambios y evaluar el progreso se establecen medidas. Se evalúan los resultados de los cambios y se comparten para que todos los actores relevantes puedan contribuir para hacer los ajustes necesarios.	*La principal fortaleza es cuando el sistema alcanza a comprender "todo" o lo suficiente que puede ser modelado. *Depende de la experiencia de la organización con los métodos participativos, cuando se toma una decisión, usualmente la implementación del método es fluida y encuentra menos resistencia.	*Involucra un inicio lento y con muchas desviaciones, especialmente en ajustes de grupos muy largos. *Con los modelos cuantitativos un riesgo es colocar figuras en un computador y obtener respuestas que se ven mejores de lo que son, esto ocurre cuando el modelo se cuantifica muy rápido. *Colocar bien las condiciones de fronteras y los parámetros. *Olvidar elementos en la modelación	Realizar una vista general de los sistemas para tener una visión más amplia; esto es necesario para asegurar que el diseño se encuentra adecuadamente alineado con las necesidades de la organización.	3
MODELOS DE DECISION	Este método intenta desarrollar un modelo de decisión de procesos aplicada por los "tomadores de decisiones" para importantes determinaciones dentro de un sistema. Este enfoque supone que los tomadores de decisiones consideran un número de diferentes factores cuando comparan varias alternativas y cuando algunos de estos factores son más importantes que otros.	<p>*Realizar una matriz con los criterios de decisión usados para juzgar las alternativas, y se definen los pesos de importancia a cada criterio.</p> <p>*Se calculan los resultados basados en la suma de los pesos asignados por los "tomadores de decisiones" a cada alternativa.</p>	Generalmente, los "tomadores de decisiones" basan su decisión en la alternativa que obtuvo el porcentaje más alto.	*Es muy útil por que captura los componentes esenciales involucrados en adoptar una nueva tecnología. *Es usado para simular la toma de decisiones de los actores importantes en una sustitución. *Habilidad para aceptar los datos de búsqueda de mercado como una entrada.	*No definir bien los criterios. *Se puede modificar fácilmente para ajustar la alternativa ganadora.	*Software modernos que contribuyan a los "tomadores de decisiones" a evaluar las distintas alternativas de manera automática (hasta ahora el más usado es MULTIPOL)	3

ANALISIS DE IMPACTOS CRUZADOS	El método responde a una pregunta fundamental: ¿Los pronósticos pueden basarse en las interacciones esperadas de eventos futuros?. Consiste en cuatro etapas básicas: (1) Fase de exploración de interacción posible entre escenarios futuros (2) Asignación de probabilidades a los eventos (3) Etapa de sistesis donde el método puede combinarse con otros (4) Aplicación: Probabilidades condicionadas	*Definición de los eventos que se incluirán en el modelo (Se recomienda entre 10-40) *Estimar la probabilidad inicial de cada evento. *Calculo de probabilidades condicionales. *Elaboración de la matriz de impactos cruzados y calibración *Se hace correr usando software.	*Matriz de impactos cruzados *Test de ocurrencia *Test de sensibilidad	*Permite identificar causalidades cruzadas, los cual puede enfocar la atención en eventos que de otra forma podrian haber sido ignorados.	*Existe el riesgo de creer que una probabilidad condicional es siempre mejor ajustada que una probabilidad apriori.	*Ampliar el uso de software. Hasta ahora el software más usado es SMIC Probexpert. *El metodo considera interacciones entre pares. Sin embargo, en la vida real, las interacciones más importantes incluyen más relaciones triples,	5
ANALISIS DE TECNOLOGÍAS SECUENCIALES	Fue desarrollado en la década de 1980 para obtener la probabilidad del momento en que una tecnología estará disponible. Es similar al método PERT (Project Evaluation Review Technique). El TSA-Technology Sequence Analysis- emplea análisis booleanos (And, Or, Not ), pero adicionalmente estima la fecha de aparición de una tecnología en particular, y los costos entre tecnologías. Por su estructura, TSA tambien puede ser usada por los planeadores sociales para prever el tiempo en que una meta social puede ser alcanzada, combinando estimaciones probabilísticas del tiempo requerido para alcanzar metas intermedias.	El TSA ve el futuro como una serie de nodos de decisión o etapas causales que conducen a un estado futuro, para ello se requiere: 1. Recolección de información y construcción de las redes de secuencia. 2. Entrevistas a expertos 3. Definir la trayectoria donde se concentrará el entrevistado. 4. Se le pregunta al experto, desde su campo, cuales serían los requerimientos para llegar a la tecnología deseada. 5. Contraste de redes y revisión de trayectorias booleanas. 6. Analisis en la matriz de probabilidades. 7. Documentar recomendaciones de los expertos.	Este método da una compresión de la estructura potencial de la secuencia de eventos que conducen a alcanzar una meta. Permite medir la sensibilidad de las trayectorias frente a variables como el tiempo o apoyo financiero en los pasos intermedios.	*Permite identificar las tecnologías específicas que deben ser incluidas en un programa de I+D para reducir tiempos y costos dentro de un plan de innovación. * Identificar los riesgos presentes en un plan tecnológico. * El mismo enfoque puede usarse para estimar probabilísticamente el tiempo necesario para implementar una política o reducir sus costos.	Es un metodo que consume dedicación, tiempo y dinero. Las redes de trayectorias pueden ser complejas, por lo cual siempre se requiere software y entranamiento para el análisis.	El metodo es complejo, pero ideal para prever estrategias requeridas por un ecosistema de tecnologías en particular.	4

Fuente: Elaboración propia

## BIBLIOGRAFIA

1. ANAIN. (2008). Guía práctica: La gestión de la innovación en ocho pasos . *Agencia Navarra de Innovación*, 100.
2. Angel, B. (2015). La gestión de la innovación en las empresas. (<http://www.ceipa.edu.co/lupa/index.php/lupa/article/view/107/209>, Ed.) *Lupa Empresarial CEIPA*(11).
3. Aracil, J. (1995). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Isdefe.
4. Astigarraga, E. (2010). *Estrategia Empresarial Prospectiva*. Madrid: Universidad de Deusto.
5. Bradfield et al. (2005). The origins and evolution of scenario techniques. 37. (M. H. Durham Business School, Ed.) Glasgow: Futures.
6. Bustamante, M. (2011). *Análisis de Escenarios: El Método de la Prospectiva* (Vol. 1). (U. d. Talca, Ed.) Talca, Chile: Serie Documentos Docentes.
7. Byungun, Y. et al. (2014). *Exploring technological opportunities by linking technology and products: Application of morphology analysis* (Vol. 86). Seoul, Korea: Technological Forecasting & Social Change.
8. Cámara Madrid. (2004). Herramientas de Gestión de la innovación. (C. O. Madrid, Ed.) *Innovación*.
9. Castillo, J. (2007). *La economía del conocimiento*. Recuperado el 28 de 12 de 2015, de [http://www.fundacionpreciado.org.mx/biencomun/bc149/%20e\\_conocimiento.pdf](http://www.fundacionpreciado.org.mx/biencomun/bc149/%20e_conocimiento.pdf)
10. Cely, A. (1999). *Metodología de los escenarios para estudios prospectivos* (Vol. 44). (U. N. Colombia, Ed.) Bogotá: Revista Ingeniería e Investigación.
11. Chavez, R. (10 de 5 de 1998). *Dinamica de sistemas*. Recuperado el 24 de 4 de 2016, de [http://educa2unica.galeon.com/cursos/silabo\\_diapositiva/introdin.pdf](http://educa2unica.galeon.com/cursos/silabo_diapositiva/introdin.pdf)
12. Chih-Cheng Lo, Chun-Hsien Wang & Chun-Chien Huang. (2013). *The national innovation system in the Taiwanese photovoltaic industry: A multiple stakeholder perspective* . Taiwan: Technological forecasting and social change.
13. Colciencias. (2010). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Cali: Seminario Regional de Propiedad Intelectual.
14. Costa-Filho, A. (1986). *Planificación en un marco de interdependencia*. Mexico DC: ILPES (15).
15. Delgado, M. d. (2015). *Exploring Prospective Structural Analysis to Assess the Relevance of Rural Territorial Development in Spain and Nicaragua* . Bogota: Cuad. Des. Rural. Universidad Javeriana.
16. Eusko Ikaskuntza. (2008). Selección de proyectos y actuaciones clave para el impulso de gestión de la demanda de movilidad. País Vasco.
17. Formichella, M. (2005). La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo. *Monografías Beca INTA*, 49.
18. Gabiña, J. (1998). Prospectiva y ordenamiento del territorio: Hacia un proyecto de futuro. España: Marcombo SA.
19. García, J. M. (2014). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas*. Madrid: <http://www.dinamica-de-sistemas.com/libros/sistemas.htm>.
20. García, M. & Suárez, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Publica*, 39(2), 253-267.

21. Giraldo, C. (2000). *Prospectiva: Caja de herramientas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
22. Godet & Durance. (2009). *La prospectiva estrategica para las empresas y los territorios*. París: Cuadernos del LIPSOR.
23. Godet & Roubelat. (1996). Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios. 29, 164-171. Gran Bretaña: Elsevier.
24. Godet, Durance & Gerber. (2008). *Strategic Foresight La Prospective Use and Misuse of Scenario Building*. París: LIPSOR working papers.
25. Gonzalez & Busto. (1998). *LA DINÁMICA DE SISTEMAS COMO METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN*. Universidad de Oviedo.
26. ILPES/CEPAL. (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público . *Políticas Presupuestarias y Gestión Pública* , 103.
27. Jimenez, D. (2012). *Mecanismos promotores de innovación en Colombia*. Medellín: Ensayo libre.
28. Lindstone H. & Murray T. (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Boston: Addison-Wesley Publishing.
29. Manjarrés & Vega. (2012). La gestión de la innovación en la empresa: evolución de su campo de estudio. *Dimensión Empresarial*, 10(1), 18-29.
30. Medina & Ortegón. (2006). Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe . *CEPAL*(51), 438.
31. Monsalve et al. (2011). *Estudio prospectivo programa de Ingeniería Electrica de la Universidad Pontificia Bolivariana con horizonte 2020*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
32. Morlan, I. (2010). *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria*. San Sebastian: Universidad del País Vasco.
33. Nassreddine & Anis. (2014). *COGNITIVE GOVERNANCE. COGNITIVE MAPPING AND COGNITIVE CONFLICTS. STRUCTURAL ANALYSIS WITH THE MICMAC METHOD* . Tunisia: University of Sfax.
34. Nieto, M. (2003). From R&D management to knowledge management An overview of studies of innovation management. *Technological Forecasting & Social Change*, 135-161.
35. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2014). Indicadores de Ciencia y Tecnología. *ISSN 2323-072X*, 12-34.
36. Restrepo, G. (21 de 11 de 2001). *El Concepto y Alcance de la Gestión Tecnológica*. Recuperado el 21 de 08 de 2015, de [http://ingenieria.udea.edu.co/producciones/guillermo\\_r/concepto.html](http://ingenieria.udea.edu.co/producciones/guillermo_r/concepto.html)
37. Rey & Laviña. (2008). Criterios e indicadores de la excelencia en la innovación empresarial. *Colección EOI Tecnología e Innovación*, 235.
38. Ritchney, T. (2011). *Wicked Problems – Social Messes, Risk, Governance and Society* . Berlín: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
39. Ruta N. (2011). *Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Medellín.
40. Sánchez y Álvarez. (2005). De la planeación estratégica a la planeación tecnológica. *El hombre y la máquina*, 12.
41. Sanchez, G. (2003). *Técnicas participativas para la planeación: Procesos breves de intervención*. México: Fundación ICA.

42. SBA. (23 de 09 de 2015). *US Small Business Administration*. Recuperado el 15 de 02 de 2016, de <https://www.sba.gov/about-sba>
43. Serdar & Asan. (2006). *Qualitative cross impact analysis with time consideration* (Vol. 74). Estambul: Technological Forecasting and Social change.
44. Steurer, J. (2011). The Delphi method: an efficient procedure to generate knowledge. (Springer, Ed.) *Perspective*, 40(8), 959-961.
45. Toro, W. (2003). *Modelo de simulación prospectiva de la demanda de servicios de salud para enfermedades de alto costo: aplicación para una entidad promotora de salud colombiana*. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.
46. UNAD. (2015). *Curso de profundización: Prospectiva estratégica para la planeación por escenarios empresariales*. Bogotá: Escuela de ciencias administrativas, contables y de negocios.
47. Vanegas & Perez. (2013). Ecosistema de la innovación en el ámbito nacional. *Trabajo de Grado UPB-Medellín*, 140.
48. Venkataraman, S. (2004). Regional transformation through technological entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 19, 153-167.
49. Vergara J., Maza F., & Fontalvo T. (2010). *POTENCIALIDAD DE ASOCIATIVIDAD DE RESTAURANTES DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS-COLOMBIA*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
50. Wang & Lan. (2007). Combined forecast process: Combining scenario analysis with the. 74. Taiwan: Technological Forecasting & Social Change.
51. Yoon B.; Park I.; Youl B. (2014). Exploring technological opportunities by linking technology and products: Application of morphology analysis and text mining. *Technological Forecasting & Social Change*, 287-303.
52. Ambrosio-Albalá, M. (2007). Elementos institucionales en las zonas rurales: Una propuesta metodológica para su identificación y valoración en comarcas de Andalucía y Nicaragua (Doctoral dissertation). University of Córdoba, Spain.
53. Astigarraga E. (2008) El método Delphi. San Sebastián: Universidad Deusto; 2008 [citado 22 Ago 2012]. Disponible en: [http://www.prospectiva.eu/cursoprospectiva/Metodo\\_delphi.doc](http://www.prospectiva.eu/cursoprospectiva/Metodo_delphi.doc)
54. Berger, G. (1964) "Fenomenología del tiempo y prospectiva", Presses Universitaires de France, Paris, 1964.
55. Boulkedid R, Abdoul H, Loustau M, Sibony O, Alberti C. Using and reporting the Delphi method for selecting healthcare quality indicators: a systematic review. *PLoS One*. 2011;6(6):e20476.
56. Brown, S.L., K.M. Eisenhardt. (1995). Product development: Past research, present findings, and future directions. *Acad. Management Rev*. 20(April) 343–378.
57. Cancelo, M., Neyro, J., & Baquero, J. (2014) Tratamiento adyuvante de la vaginitis con probióticos. Grado de acuerdo basado en el método Delphi.
58. Castells, Manuel (1996, second edition, 2009). *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I*. Malden, MA; Oxford, UK: Blackwell. ISBN 978-0-631-22140-1.
59. CEPAL (2014) China en transición a la sociedad del conocimiento: implicaciones para América Latina; 33 pp. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

60. Coates, J., Durance P., & Godet, M. (2010) Strategic foresight issue: Introduction, technological forecasting and social change- *International Journal*; 77 (2010), pp.1423-1425
61. Cole, Sam (1998) "I modelli globali oltre l'eredità de' I limiti", En: *Futuribili*, 3, settembre, pág. 41-74.
62. Cotec. 1988. TEMAGUIDE, A Guide to Technology Management and Innovation for Companies. 168 p. LIBROS Cotec.
63. Cotec. 2001. Gestión de la innovación y la tecnología en la empresa. 303 p. SISTEMAS DE INNOVACIÓN. Cotec.
64. Delgado-Serrano, M. M., Ramos, E., & Cañizares, E. (2004). New Institutions in European Rural Development Programmes: Between the top-down and the bottom-up approach. The case of Andalusia (Southern Spain), In G. Van Huylenbroeck, W. Verbeke, L. Lauwers (Eds.), *Role of Institutions in Rural Policies and Agricultural Markets*. Elsevier, Amsterdam
65. DNP (2009). Documento CONPES 3582. "Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación". Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Bogotá.
66. Dosi, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change", *Research Policy*, 11, (3), 147-162
67. Drucker, P., (1969), *The Age of Discontinuity*. Harper & Row: New York.
68. Drucker, P., (1993), *Post-Capitalist Society*. Harper Business: New York.
69. Freeman, C. (1998). "La economía del cambio tecnológico".
70. Glenn, J. and Gordon, T. (Eds) (1999), *Futures Research Methodology*, The Millennium Project, American Council for the United Nations, Washington, DC.
71. Godet M., & Durance P. (2008) *La Prospective stratégique, pour les entreprises et les territoires*, Paris, Dunod, collection « Topos+ ».
72. Godet, M (1993). *De la anticipación a la acción. Manual de Prospectiva y Estrategía*. Marcombo. España
73. Godet, M. (1986). Introduction to la prospective. Seven key ideas and one scenario method. *Futures*, 18(2), 134-157
74. Godet, M. (1993). *De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia*. Barcelona, España: Marcombo S.A.
75. Godet, M. (2000). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. Paris, Francia: Gerpa, Electricité de France, Mission Prospective.
76. Ilbery, B., Maye, D., Kneafsey, M., Jenkins, T., Walkey, C., 2004. Forecasting food supply chain developments in lagging rural regions: evidence from the UK. *Journal of Rural Studies* 20, 331-344
77. Kleiner, *The Age of Heretics*, Nicholas Brealey Publishing, London, 1996.
78. Linstone, H. A., and Turoff, M. (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications* (<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/index.html>)
79. Mansell, R. & Wehn, U. (Eds.) (1998), *Knowledge Societies: Information Technology for Sustainable Development*. Oxford University Press: New York.
80. Masini, Eleonora (1993), *La previsión humana y social*, Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.

81. Medina Salgado, C. y Espinosa Espíndola, M. 1994. "La innovación en las organizaciones modernas". Disponible en: <http://www.wazc.uam.mx/publicaciones/gestion/num5/doc06.htm>
82. Miklos, T. & Tello, M.E. (1991) Planeación prospectiva: una estrategia para el diseño del futuro. Mexico D.F., México: Centro de estudios prospectivos: Fundación Javier Barros Sierra.
83. Montoushi L. 2000. La economía basada en el conocimiento: Importancia del conocimiento tácito y del conocimiento codificado. Recuperado de [<http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/204.pdf>]
84. Montoya, Carlos (2012). Destrucción Creativa. Revista Ciencias Estratégicas. Vol (20). N.28
85. Moorman, C., and A. S. Miner "The convergence of planning and execution: Improvisation in new product development." Journal of Marketing, 61: 1-20
86. Moura Paulo (1994) Construyendo el futuro. O impacto global do novo paradigma, MAUAD Editorial, Rio de Janeiro.
87. Nielsen, c. & Hangadurai, m. (2007) Janus and the Delphi oracle: Entering the new world of international business research. Journal of International Management, 13, 147-163.
88. Nieto, M. (2001), Bases para el estudio del proceso de innovación tecnológica en la empresa, Universidad de León: León
89. Nonaka, I., & Takeuchi, H. (2004) Theory of organizational knowledge creation, IN Takeuchi, H., Nonaka, I. (2004) Hitotsubashi on Knowledge Management, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, Singapore.
90. OCDE. (1992). Manual de Oslo. Principes directeurs proposes par l'OCDE pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique, Paris.
91. Olaya, Alejandro (2008). Economía de la innovación y del cambio tecnológico; una aproximación teórica desde el pensamiento Schumpeteriano. Revista ciencias estratégicas . Vol 16. Medellín.
92. Rincón González, Sorayda; Mujica Chirinos, Norbis (2004) Estudio prospectivo de la gestión tecnológica en las empresas del sector metalmeccánico del estado Zulia Revista Venezolana de Gerencia, vol. 9, núm. 26, abril-junio, pp. 289-314 Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela.
93. Ritchey, T. (2002). Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis Adapted from an address to the Swedish Parliamentary IT Commission, Stockholm.
94. Ritchey, T. (2005). "Problem Structuring using Computer-Aided Morphological Analysis". Journal of the Operational Research Society (JORS), Vol. 57, No. 7.
95. Ritchey, T., & Stenström, M. (2002). Using morphological analysis to evaluate preparedness for accidents involving hazardous materials. Study for the Swedish Rescue Services Board presented at the 4th International Conference for Local Authorities, Shanghai. <http://www.swemorph.com/downloads.html>
96. Roberts, E.B (1996): "Gestión de la Innovación Tecnológica". Clásicos COTEC 1. Madrid
97. Rodríguez P., J. (2003, Septiembre, 18) "La innovación desde la perspectiva del conocimiento". Sistema Madrid. Revista de Investigación en gestión de innovación y tecnológica. <http://www.madrimasd.org/revista/editorial18/editorial.asp>
98. Rowe, g., & Wright, G. (1999) The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. 1999.

99. Rozenwurcel G. & Bezchinsky G. (2007). *Economía del Conocimiento, Innovación y Políticas Públicas en la Argentina*. Centro IDEAS-UNSAM. Buenos Aires, Argentina.
100. Schumpeter J. (1942). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Ed. Folio. Pág.
101. Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Primera Edición, McGrawHill, New York.
102. Schumpeter, J. A. (1967). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Cuarta Edición, Fondo de Cultura Económica, México D.F., p.13. En su prólogo a la edición española. Cambridge, Massachusetts, 12 de Abril de 1941.
103. Sinha IP, Smyth RL, Williamson PR. Using the Delphi technique to determine which outcomes to measure in clinical trials: recommendations for the future based on a systematic review of existing studies. *PLoS Med.* 2011;8(1):e1000-393
104. Solow, R. (1957), "Technical Change and the aggregate production function", *Review of economics and statistics* 34, 312-320.
105. Solow, R. M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, pp. 65-94
106. Stehr, N. (1994), *Arbeit, Eigentum und Wissen. Zur Theorie von Wissensgesellschaften*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
107. T.J. Gordon, *Trend impact analysis, Futures Research Methodology*, AC/UNU Millennium Project, 1994.
108. Tae-Hwan Shon, Paula M.C. Swatman, (1998) "Identifying effectiveness criteria for Internet payment systems", *Internet Research*, Vol. 8 Iss: 3, pp.202 – 218
109. Vélez, Ignacio (2003) *Decisiones empresariales bajo riesgo e incertidumbre*, Grupo Editorial Norma, Bogotá
110. Vilaseca, J.; Torrent, J. & Díaz A. (2002). *La economía del conocimiento: paradigma tecnológico y cambio estructura*. Recuperado de [<http://www.uoc.edu/in3/dt/20007/20007.pdf>]
111. Yamakawa, Peter, Cadillo, Gloria and Tornero, Rubén, (2012), Critical factors for the expansion of broadband in developing countries: The case of Peru, *Telecommunications Policy*, **36**, issue 7, p. 560-570.
112. Zahera, M. (2003). *La gestión de la innovación tecnológica (GIT) en la Empresa*. E-Deusto(25), 16 - 20.
113. Zartha et al. (2015). *El Método Delphi modificado. Un acercamiento desde la Metodología de Sistemas Suaves*. Espacion Vol.36 (N. 17). P11
114. Zwicky, F. & Wilson A. (eds.) (1967). *New Methods of Thought and Procedure: Contributions to the Symposium on Methodologies*. Berlin: Springer. Reprint available at [www.swemorph.com/ma.html](http://www.swemorph.com/ma.html)
115. Zwicky, F. (1969). *Discovery, Invention, Research - Through the Morphological Approach*. Toronto: The Macmillian Company.