UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Método para la Selección y Priorización de Portafolios de Proyectos de I+D+i en el Contexto Institucional de un Centro de Desarrollo Tecnológico en Colombia

Juan David Pérez Vélez

Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
Facultad de Minas, Escuela Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2012

Método para la Selección y Priorización de Portafolios de Proyectos de I+D+i en el Contexto Institucional de un Centro de Desarrollo Tecnológico en Colombia

Juan David Pérez Vélez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Ingeniería Administrativa

Director:
Ph.D. Jorge Robledo Velásquez

Línea de Investigación:
Innovación y Gestión Tecnológica
Grupo de Investigación:
Innovación y Gestión Tecnológica

Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
Facultad de Minas, Escuela Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2012

A mis padres por su infinita paciencia

A mi esposa por su amor incondicional

Agradecimientos

Los más sinceros agradecimientos al profesor Jorge Robledo por su guía y ejemplo, no sólo para este trabajo, sino para la vida.

Al CIDET por su apoyo y confianza en este proceso de exploración y crecimiento profesional.

RESUMEN

El carácter institucional de intermediación en actividades de I+D+i de los Centros de Desarrollo Tecnológico colombianos (CDT), les imprime características estratégicas y funcionales particulares, por lo que las técnicas tradicionalmente aplicadas en empresas privadas para la asignación de recursos a través de la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i deben ser adaptadas para su implementación exitosa. Para abordar esta problemática, el presente trabajo propone un método para la selección y priorización de un portafolio de proyectos de I+D+i, adecuado al contexto de un CDT. Para lograrlo, se identifican las condiciones deseables que debe cumplir el método, de manera que las variables que describen el desempeño del mismo, estén acordes con el contexto y las capacidades organizacionales de los CDT en Colombia. Luego, estas condiciones se analizan a la luz de una comparación de las características funcionales de varias técnicas para la gestión de este tipo de portafolios. Finalmente, se propone el método, adaptando una técnica de Proceso de Análisis Jerárquico que permite alinear congruentemente la estrategia de la organización con los criterios de selección de proyectos. Así mismo, como base conceptual del método, se plantea una estructura consistente de criterios ponderados, la cual se somete a una consulta a expertos, y se valida mediante su respectivo análisis de consistencia. Se puede concluir que es posible adaptar un método de gestión de portafolios de proyectos de I+D+i a la funciones de intermediación y soporte de los CDT en Colombia. Además, la utilización del análisis jerárquico para asistir la toma de decisiones en este contexto, facilita la identificación de los puntos críticos a la hora de analizar la consistencia y el consenso entre las opiniones de los tomadores de decisiones. Así mismo, es posible recoger la opinión de los expertos influyentes en el contexto de los CDT de una manera ágil y coherente.

Palabras clave: Portafolio de proyectos, proyectos de I+D+i, Proceso de Análisis Jerárquico, centro de desarrollo tecnológico, gestión de portafolios de proyectos de I+D.

ABSTRACT

Colombian Technological Development Centers (TDC) have an institutional character of intermediation in R&D activities, this fact gives them particular strategic and functional characteristics. Therefore, techniques traditionally applied in private firms to allocate resources through portfolio management of R&D projects must be adapted to achieve a successful implementation .To face this problem, this paper proposes an appropriate method for selecting and prioritizing a portfolio of R&D, within the context of a TDC. To achieve this goal, the desirable conditions for the method are identified, in order to achieve that the variables that describe the performance of the method are consistent with the context and organizational capabilities of the TDC in Colombia. Then, these conditions are analyzed within the frame of a comparison of performance characteristics of several techniques of portfolio management. Method is finally proposed by adapting a technique of Analytic Hierarchy Process which consistently aligns the organization's strategy with the project selection criteria. A consisting structure of weighted criteria is proposed as the conceptual basis of the method. This structure is submitted to an expert consultation, and is validated by its analysis of consistency. To conclude, it is possible to adapt a method of portfolio management of R&D projects to the intermediation and support functions of TDC in Colombia. Besides that, the use of Analytic Hierarchy Process to support decision making in this context, facilitates the identification of critical points to analyze the consistency and consensus of the decision makers' views. Moreover, it is also possible to obtain the views of influential experts in the context of TDC in an agile and consistent way.

Keywords: Projects portfolio, R&D projects, analytic hierarchy process, technological development center, R&D project portfolio management.

CONTENIDO

RESUMEN ..... **VII**

ABSTRACT ..... **VIII**

CONTENIDO ..... **IX**

LISTA DE FIGURAS ..... **XI**

LISTA DE TABLAS ..... **XII**

INTRODUCCIÓN **13**
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
OBJETIVOS 15
Objetivo general 15
Objetivos específicos 15
METODOLOGÍA 15

1. GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS DE I+D+I **17**
1.1 MARCO CONCEPTUAL 17
1.1.1 Portafolios de proyectos de I+D+i 17
1.1.2 Gestión de portafolios de I+D+i 18
1.1.3 Técnicas para GPPI 19
1.1.4 GPPI y la estrategia de innovación 21
1.2 ESTADO DEL ARTE EN GPPI 22

2. LOS CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN COLOMBIA **29**
2.1 PERTINENCIA DE LOS CDT 30
2.2 FUNCIONES DE LOS CDT 31
2.3 FACTORES DE DESEMPEÑO DE LOS CDT 32
2.4 ESTADO ACTUAL DE LOS CDT EN COLOMBIA 34

3. REQUISITOS DEL MÉTODO DE GPPI **41**
3.1 DESEMPEÑO DEL MÉTODO 41
3.1.1 Análisis de desempeño del método 44
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS 45
3.2.1 Análisis de la Caracterización de los Métodos 51
3.3 CAPACIDADES PARA GPPI 53
3.3.1 Análisis de Capacidades de GPPI en CDT 55
3.4 CONDICIONES DESEABLES DEL MÉTODO 59

4. PROPUESTA DEL MÉTODO DE GPPI **61**

4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO 61
4.1.1 Disposición documentada de las alternativas 63
4.1.2 Selección del comité de ponderación 65
4.1.3 Ponderación de los criterios de evaluación 65
4.1.4 Análisis de consistencia 69
4.1.5 Realimentación de la estructura jerárquica 71
4.1.6 Calificación de las alternativas 72
4.1.7 Análisis final y decisiones 75
4.2 PROPUESTA DE BASE PARA LA ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE CRITERIOS 76
4.2.1 Construcción de la propuesta 76
4.2.2 Validación de la Propuesta 85
4.2.3 Estructura jerárquica de criterios ponderados 92

5. CONCLUSIONES 98

BIBLIOGRAFÍA 101

ANEXO A. Modelo de encuesta a expertos 107

LISTA DE FIGURAS

Pág

Figura 1. Autores con más publicaciones. 24
Figura 2. Autores más citados. 25
Figura 3. Artículos más referenciados. 26
Figura 4. Dinámica de palabras clave más utilizadas en los últimos diez años. 27
Figura 5. Publicaciones con mayor número de artículos. 28
Figura 6. Servicios de los CDT al sector empresarial. 33
Figura 7. Muestra de CDT caracterizados por el OCyT. 36
Figura 8. Público Objetivo de los CDT. 36
Figura 9. Sectores productivos objetivo de los CDT. 37
Figura 10. Desempeño de los métodos de GPPI. 42
Figura 11. Tres dimensiones de la capacidad de GPPI. 54
Figura 12. Método de GPPI propuesto. 62
Figura 13. Estructura jerárquica de C.-C. Huang et al. (2008). 78
Figura 14. Estructura jerárquica de Mohanty et al. (2005). 79
Figura 15. Instrucciones para el diligenciamiento de la encuesta. 87
Figura 16. Hoja de encuesta. 88
Figura 17. Importancia relativa selección de proyectos de I+D+i. 89
Figura 18. Importancia relativa para el criterio alineación estratégica y capacidades. 89
Figura 19. Importancia relativa para el subcriterio interés corporativo. 89
Figura 20. Importancia relativa para el subcriterio influencia sectorial. 90
Figura 21. Importancia relativa para el subcriterio capacidades. 90
Figura 22. Importancia relativa para el criterio atributos del proyecto. 90
Figura 23. Importancia relativa para el subcriterio mérito científico. 90
Figura 24. Importancia relativa para el subcriterio coherencia de la propuesta. 90
Figura 25. Importancia relativa para el subcriterio riesgos asociados. 91
Figura 26. Importancia relativa para el criterio impactos potenciales. 91
Figura 27. Importancia relativa para el subcriterio en impactos en el mercado. 91
Figura 28. Importancia relativa para el subcriterio en impactos para la corporación. 91
Figura 29. Importancia relativa para el subcriterio en impactos para el sector. 91
Figura 30. Priorización de criterios de primer nivel. 92
Figura 31. Ponderación de criterios alineación estratégica y capacidades. 93
Figura 32. Ponderación de criterios de segundo y tercer nivel: atributos del proyecto. 93
Figura 33. Ponderación de criterios de segundo y tercer nivel: impactos potenciales. 94

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Factores de desempeño de los CDT. 34
Tabla 2. Criterios para la caracterización de CDT. 38
Tabla 3. Resultados de caracterización de CDT. 38
Tabla 4. Criterios de evaluación de desempeño de GPPI. 43
Tabla 5. Cuadro comparativo de clasificación de técnicas de GPPI. 46
Tabla 6. Caracterización de los métodos de GPPI. 47
Tabla 7. Agrupación de técnicas de GPPI. 49
Tabla 8. Criterios de evaluación de cada tipo de método de GPPI. 50
Tabla 9. Requerimientos de información según el tipo método de GPPI. 50
Tabla 10. Visión general del modelo de madurez de GPPI. 55
Tabla 11. Capacidad de GPPI en CDT: deseo de mejorar los resultados de innovación. 55
Tabla 12. Capacidad de GPPI en CDT: estrategia de innovación definida. 56
Tabla 13. Capacidad de GPPI en CDT: la innovación a partir de proyectos. 57
Tabla 14. Diagrama de cronograma y presupuesto de alternativas. 64
Tabla 15. Niveles de importancia relativa. 66
Tabla 16. Índice Aleatorio para el análisis de consistencia. 70
Tabla 17. Ejemplo de priorización de propuestas de proyecto según su calificación. 75
Tabla 18. Tabla de resumen de criterios ponderados y calificados para cada propuesta. 75
Tabla 19. Comparación de criterios de evaluación. 77
Tabla 20. Clasificación de criterios de Bitman y Sharif (2008). 80
Tabla 21. Clasificación de criterios de Coldrick et al. (2002). 81
Tabla 22. Objetivos del AHP para la GPPI. 82
Tabla 23. Objetivos de segundo nivel o criterios del AHP para GPPI. 83
Tabla 24. Propuesta de estructura jerárquica. 84
Tabla 25. Listado de expertos. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 26. Ponderación generalizada de criterios 94

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de investigación se perfila en torno a la siguiente pregunta:

¿Cuál es la metodología apropiada para seleccionar y priorizar portafolios de proyectos de I+D+i en una institución de gestión de innovación sectorial, tal que las características de diseño, funcionalidad y operación de dicha metodología, se adapten a las condiciones del contexto institucional y sectorial de la innovación en Colombia?

Otras preguntas que se responden mediante el tratamiento de este problema son:

¿Los métodos para la selección y priorización de proyectos de I+D+i utilizados en firmas y en organizaciones extranjeras serán adaptables al contexto institucional colombiano? ¿Estos métodos cómo afectan la diferenciación y competitividad de la organización a la que se les aplica? ¿Cuál es el estado de la práctica de los métodos para la selección y priorización de proyectos de I+D+i en los contextos institucionales en Colombia?

Así entonces, la propuesta pretende llenar un vacío de conocimiento para evidenciar las limitaciones de aplicación en Colombia de los métodos para la selección y priorización de proyectos que conforman los portafolios sectoriales de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i, utilizados convencionalmente en países desarrollados. Así mismo, ilustrar cuáles son las condiciones y requerimientos de los sistemas sectoriales de innovación, que dictan las adaptaciones de las características de diseño, funcionalidad y operación de estas metodologías.

En Colombia, los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) necesitan solucionar los problemas asociados con la selección y priorización de sus proyectos, más aún en las etapas de formulación y evaluación de los proyectos, puesto que estas etapas no son financiadas por los patrocinadores; por lo tanto, los CDT deben enfocar estratégicamente sus recursos para acometer las actividades asociadas a la formulación y evaluación de proyectos con eficiencia. Sin embargo, la forma como se toman estas decisiones no está debidamente documentada y analizada, por lo cual no es posible concluir acerca del desempeño de estos procesos de selección de proyectos.

La particularidad de que los CDT sean instituciones con la misión de ser articuladores e integradores de proyectos (Colciencias 2010) a partir de actividades de soporte a la I+D+i (Icontec 2008), los dota de características particulares de estructura organizacional, procesos, recursos y mercado, por las cuales los criterios y técnicas para la selección y priorización de portafolios de proyectos de I+D+i tradicionalmente aplicados en empresas privadas, con disposición de recursos propios, no son completamente aplicables (Ruegg y Jordan 2007) y, por lo tanto, deben ser adaptados al contexto de los CDT.

Una de las razones que fundamenta esta adaptación radica en la divulgación del valor de los impactos en términos del costo -beneficio de investigaciones sectoriales donde influyen varios actores. La comunicación del valor de los programas de I+D+i a las partes interesadas, así como el continuo mejoramiento de los mismos programas a largo plazo, depende de sistematizar la información y documentar el conocimiento generado (Ruegg y Jordan 2007), lo cual se constituye como uno de los objetivos principales de la Gestión de Portafolios de Proyectos de I+D+i - GPPI (Cooper, Edgett y Kleinschmidt 1999, 2001; Cooper y Kleinschmidt 1988; Bitman 2008).

En este sentido, la confluencia de varios actores en un mismo proyecto de I+D+i de carácter sectorial, acarrea consideraciones especiales en cuanto a la participación de los beneficios generados por los resultados de los proyectos (Bozeman y Rogers 2001). Adicionalmente, los proyectos y programas sectoriales de I+D+i deben garantizar un impacto socio-económico generalizado, lo que se convierte en un beneficio de impacto indirecto para las entidades privadas participantes en cada proyecto (Santamaria, Barge-Gil y Modrego 2010). Por lo tanto, para garantizar el buen desarrollo de los programas sectoriales, es necesario disponer de herramientas especializadas para la generación de consensos en la definición de objetivos, alcances y mecanismos de financiación de proyectos sectoriales de I+D+i, de tal manera que se facilite la convergencia de los propósitos particulares de los múltiples actores (Lee y Om 1996).

Siendo consecuentes con la naturaleza misional y el contexto locativo de los CDT en Colombia, es necesario analizar la aplicación de los modelos de GPPI tradicionalmente utilizados en empresas e instituciones extranjeras, los cuales están condicionados a ciertas características de funcionalidad, costo y operación (Lawson, Longhurst e Ivey 2006). Complementariamente, las herramientas de gestión tecnológica empleadas exitosamente en países desarrollados o empresas privadas, no conllevan el mismo éxito en todos los contextos, ni mucho menos garantizan niveles de desarrollo análogos, por el solo hecho extrapolar una aplicación de la herramienta (Jiménez y Castellanos 2008).

Para el caso particular de estudio de un CDT, en su contexto de institución de gestión de I+D+i en Colombia, no se identifica literatura que trate la forma de gestión de la I+D+i a través de portafolios de proyectos. Tampoco se identifican estudios ni métodos propuestos para la evaluación de proyectos como guía para la inversión, diferentes a los términos de referencia de las convocatorias usualmente empleados para la asignación de recursos.

Es necesario entonces, proveer un marco conceptual para hacer efectivo el proceso de adaptación de las técnicas de selección y priorización de portafolios de proyectos en el contexto institucional de un CDT en Colombia, donde se identifique el estado de la práctica en los CDT colombianos, se profundice en la generación de conocimiento a partir de esto, y se abra una línea de trabajo en el grupo de investigación de Innovación y Gestión Tecnológica de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer un método para la selección y priorización de un portafolio sectorial de proyectos de I+D+i, adecuado a las capacidades y necesidades de un centro de desarrollo tecnológico colombiano.

Objetivos específicos

- Identificar las técnicas más usadas en el mundo para la selección de portafolios de proyectos de I+D+i.
- Definir unos criterios de selección de técnicas para GPPI a partir de las capacidades de un CDT colombiano y de las características de los proyectos sectoriales de I+D+i.
- Realizar un análisis comparativo de las técnicas utilizadas para la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i, a partir de sus características de requerimientos de información, resultados y desempeño.
- Proponer un método para la selección del portafolio de proyectos de I+D+i en un centro de desarrollo tecnológico colombiano, a partir de la selección e integración de las técnicas más apropiadas.

METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos propuestos, primero se construye el marco conceptual del trabajo, acudiendo a los trabajos seminales y autores de referencia para la significación del término portafolio de proyectos de I+D+i. Así mismo, se profundiza en la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i como un proceso estructurado y sistemático dentro de las organizaciones. En este sentido, se explora la incidencia del proceso en cuestión sobre las variables estratégicas que demarcan el rumbo de una empresa. Finalmente, se identifican los tipos de técnicas usadas para la gestión de este tipo de portafolios.

Con este marco conceptual definido, se concretan los alcances del trabajo y se identifica la corriente de conocimiento que influye sobre la investigación que este trabajo documenta. En la misma línea, este marco de referencia abre paso a un trabajo de exploración del conocimiento documentado sobre los temas de interés, para poder establecer el estado del arte relacionado.

Para la construcción del estado del arte se recurre a técnicas de bibliometría que posibilitan lograr este acometido de una manera estructurada. En primera instancia, se identifican las ecuaciones de búsqueda y se realiza la indagación en bases de datos indexadas. Con esto, se constituye una base de información que es llevada a un software especializado para su depuración y procesamiento. Con la ayuda de esta herramienta informática, se analiza la información ingresada y se obtienen conclusiones acerca de los autores de referencia y tendencias en el tema, así como la identificación de trabajos realizados en contextos de particular interés, como el colombiano. Dentro de los hallazgos de esta parte del trabajo, se identifican algunas de las técnicas de GPPI más referenciadas, para su posterior análisis más detallado.

Por otro lado se realiza un análisis del contexto de los CDT en Colombia como objeto del trabajo investigativo. Para esto se identifica el marco legal y conceptual que rige la existencia, el funcionamiento y los servicios que prestan estas instituciones. Con base en esto se identifican los factores que condicionan el desempeño de los CDT, para que en función de esto se evalúe el estado actual de estas organizaciones. Esto se consigue a través del análisis de una base de información suministrada por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología y Colciencias.

Como paso seguido hacia el logro de los objetivos, se identifican las condiciones deseables que debe cumplir un método GPPI para ser apropiado en el contexto de un CDT en Colombia. Eso se acomete desde tres perspectivas: una es la definición de los factores que determinan el desempeño del método, otra es identificando las características de funcionalidad de los métodos y, por último, se evalúa el estado de las capacidades que tienen los CDT para implementar un proceso de GPPI.

Finalmente, a la luz de estas tres perspectivas se propone un método para GPPI en un CDT. El diseño del método incluye el detalle de su proceso, la desagregación de los recursos necesarios para que funcione, la inclusión de todos los criterios que cubren todas las condiciones deseables, y la propuesta de una técnica especializada para operar el proceso de GPPI con calidad y confiabilidad.

La validación del método se realiza a través de una consulta estructurada a expertos, cuyo fin es ratificar la estructura de criterios propuesta, de tal manera que sea completa, consistente y apropiada para el contexto de los CDT.

1. GESTIÓN DE PORTAFOLIOS DE PROYECTOS DE I+D+I

1.1 MARCO CONCEPTUAL

1.1.1 Portafolios de proyectos de I+D+i

El punto de partida para la conceptualización de este trabajo es el proyecto, el cual se concibe como la unidad fundamental de gestión, el vehículo para diseñar e implementar la estrategia de innovación en una organización, esto es la "proyectización" de la organización (Killen, Hunt y Kleinschmidt 2007a).

En esta perspectiva, la organización deberá gestionar varios proyectos para alcanzar sus objetivos estratégicos, para lo cual el Project Management Institute (PMI) propone la definición de un portafolio de proyecto como una *"colección de proyectos o programa que están agrupados para facilitar el efectivo gerenciamiento del trabajo para lograr los objetivos estratégicos del negocio"* (Project Management Institute 2004). A partir de esta definición emitida por el PMI, se puede percibir sinonimia entre programa y portafolio de proyectos, la cual es adoptada para el presente trabajo, identificando que para ambos conceptos el proyecto es la unidad fundamental de gestión que se alinea con la estrategia de la organización y desarrolla para el logro de sus propósitos.

Aplicando la definición de gestión de portafolios de proyectos al campo del desarrollo de nuevos productos y a la I+D+i, Cooper, Edgett y Kleinschmidt (1999, p.13) como los autores de referencia en este tema, proponen la siguiente definición de gestión de portafolio de proyecto de desarrollo de nuevos productos:

> *La gestión de portafolios es un proceso de decisión dinámico, donde una lista de proyectos de desarrollo de nuevos productos es constantemente actualizada y revisada. En este proceso, nuevos proyectos son evaluados, seleccionados y priorizados; los proyectos existentes pueden ser impulsados, finiquitados o postergados; y los recursos son asignados y reasignados a los proyectos activos.*

En la misma corriente conceptual, Killen (2008) define un portafolio de proyectos de innovación como una *"colección de proyectos de innovación que son gestionados de manera centralizada para alcanzar los objetivos estratégicos del negocio"*. Esta definición sugiere que la gestión centralizada de este tipo de proyectos contribuye al logro de los objetivos estratégicos de la empresa de una manera más efectiva, puesto que al tenerse un flujo considerable de proyectos de innovación motivado por la creciente complejidad de las tecnologías y un ciclo de vida más corto de los productos (bienes y servicios), las organizaciones se han inclinado por evaluar sus tecnologías como portafolios, donde los proyectos de I+D+i se evalúan en conjunto (Mikkola 2001)., entendiendo la I+D+i como

un componente fundamental de la estrategia tecnológica de la empresa que direcciona a la organización hacia una posición competitiva, cuando a partir de la I+D, sin ser necesariamente el único camino, se alcanza la innovación de una manera recurrente y gestionada (Coombs y Richards 1991).

Adicionalmente, Killen (2008) en su tesis doctoral y en otros trabajos adjuntos, sustenta que la GPPI es un proceso aplicable., no sólo al sector industrial en el campo del desarrollo de nuevos productos, sino, que es un concepto que permite su ampliación al sector de servicios, abarcando así la concepción ampliada de innovación del Manual de Oslo (OECD 2005). En este sentido, el proceso de GPPI de Cooper y otros, se amplía a la gestión de proyectos de I+D+i para efectos de esta tesis, incluyendo tanto la innovación tecnológica como la no tecnológica, considerando implementación o un significativo mejoramiento de las diseños organizacionales y de las formas de negociación.

1.1.2 Gestión de portafolios de I+D+i

El fin último de la gestión por portafolios es aportar a un mejor desempeño de la organización a través de proyectos de innovación, lo cual se asegura a partir del ejercicio de mejores prácticas para la alineación estratégica y de una efectiva asignación de recursos en los diferentes proyectos (Cooper y Kleinschmidt 1987, 1988).

Dentro de las actividades de innovación se encuentran aquellas que soportan la toma de decisiones para realizar inversiones en I+D o en procesos de innovación, así como la evaluación de oportunidades para que resultados de actividades de I+D puedan volverse innovaciones exitosas (OECD 2005). La GPPI puede catalogarse dentro de este conjunto de actividades, pues es definida como la parte del proceso estratégico de la innovación que utiliza herramientas para maximizar el beneficio de una fuente de capital, por medio del manejo del riesgo (incertidumbre) de una bolsa de múltiples proyectos y enfocando los recursos en aquellos que cuentan con mayor probabilidad de éxito de ser innovadores (Graves y Rinquest 1996).

La GPPI vista como un proceso de decisión, dentro de un ciclo de innovación, se caracteriza por la incertidumbre y la multiplicidad de objetivos estratégicos, además de la dinámica de la información y de las oportunidades que dependen del contexto organizacional, todo esto en la perspectiva de los múltiples actores que interfieren en el proceso (Cooper et al. 1999).

Tomando como base una perspectiva sistémica de la GPPI como un proceso de gestión organizacional, se debe involucrar en primera instancia el diseño de dicho proceso y sus respectivos indicadores de gestión, los cuales deben relacionarse con el desempeño de la organización (Bitman 2005; Cooper et al. 2001). En este sentido, debe asegurarse el despliegue de la estrategia organizacional a través del portafolio, referido en la literatura como la alineación estratégica de los proyectos (Balachandra y Friar 1997). Adicionalmente, la documentación y la evaluación para la mejora continua, marcan la necesidad del apoyo por parte de la dirección y la formalización la GPPI en el sistema de gestión de la organización (Killen y Hunt 2009).

Así como cualquier proceso organizacional, la GPPI es un proceso dinámico de toma de decisiones acerca de la asignación de recursos y manejo del riesgo asociado a los proyectos (Cooper et al. 2001). Esta dinámica depende de una revisión periódica de los alcances y cumplimiento de objetivos, de resultados de los proyectos y sus impactos sobre la organización, de la vigencia y oportunidad de los nuevos productos a desarrollar, así como de la disponibilidad de recursos para el portafolio (Ghasemzadeh y Archer 2000).

La gestión de la innovación a través de portafolios de proyectos acarrea una serie de ventajas enunciadas por Mikkola (2001):

- La debilidad en los planteamientos en atributos del proyecto, así como la alineación estratégica relativamente incongruente y unos resultados parciales insatisfactorios puede ser compensados por y otros proyectos en los que la situación sea completamente contraria.
- Dado que se dispone de criterios, metodologías y herramientas de soporte para la toma de decisiones, se facilita este proceso.
- Se nota la dinámica de los proyectos, puesto que su seguimiento en función de los resultados y la asignación de recursos se hace más evidente.
- Se dispone la información del proyecto de una manera ejecutiva en función de una serie de indicadores y criterios de carácter gerencial, por lo tanto, se facilita el entendimiento de los proyectos a personal no técnico.
- Se enfatiza el consenso, ya que se busca la claridad de los criterios de evaluación y se definen los procesos de selección y priorización de proyectos.
- Se potencian las oportunidades de desarrollos futuros.
- Se le otorga objetividad al proceso de evaluación de proyectos.
- La interdependencia de los proyectos no son una dificultad en la valoración de los mismos, pues se aclara en qué puntos se repiten actividades o se comparten recursos.
- La identificación de indicadores para una apropiada evaluación de proyectos se facilita.

1.1.3 Técnicas para GPPI

Las técnicas para GPPI se han desarrollado desde varios campos del conocimiento, tales como la investigación de operaciones, la toma de decisiones, la gestión tecnológica, la gestión estratégica, la evaluación tecnológica y la gestión de proyectos (Henriksen y Traynor 1999). Sin embargo, en el trabajo de referencia realizado por Cooper et al. (2001) se aporta una clasificación de los métodos para la selección de portafolios de proyectos de I+D+i, lo cual facilita la visualización de cuál es el método más apropiado para implementarse en cada organización:

- *Los métodos financieros:* Es el tipo de métodos más destacado entre las empresas consultadas. Se refiere a los métodos de evaluación financiera de proyectos, donde se analizan factores tales como el Valor Presente Neto - VPN, Retorno de la Inversión - ROI y Valor Comercial Esperado – VCE.
- *Alineación con la estrategia del negocio:* Se agrupan los proyectos en diferentes componentes, áreas del negocio, o bien líneas estratégicas del negocio, las cuales a su vez tienen asignados unos recursos. Luego por medio de un ejercicio de puntuación y análisis individual de cada línea, se asignan recursos para cada proyecto.

- *Mapeo de portafolio o burbujas:* Es un método donde se califican en una gráfica de dos ejes los cuales resumen los criterios de relevancia de los proyectos, (por ejemplo probabilidad de éxito vs retorno de la inversión) y a partir de esto, se definen unos escenarios calificativos para los proyectos. Gran parte de los nuevos desarrollos en materia de gestión de portafolios se ha enfocado en este tipo de metodologías.
- *Modelos de Calificación:* En estos se le asigna un puntaje a cada proyecto de acuerdo con una serie de criterios que se contestan a través de unas preguntas realizadas a un grupo de expertos.
- *Lista de chequeo:* eliminan y asignan recursos a proyectos por medio de respuestas de sí o no a un formulario de preguntas.

Se presentan otros métodos, que son diseñados para la evaluación de tópicos especiales en proyectos específicos, los cuales suelen ser combinaciones de los otros métodos.

La teoría de GPPI se refiere a las metodologías para la selección y revisión del portafolio de proyectos, mas no de la evaluación de las decisiones tomadas sobre proyectos ejecutados; sin embargo, ante las diversas propuestas de metodologías de GPPI, hay trabajos de validación de dichas propuestas en una evaluación ex – post de los portafolios de proyectos(Subramanian, Pekny y Reklaitis 2000; Spital 1979; Shin, Yoo y Kwak 2007; Robert A.W. Kok y Paul A. Creemers 2008; Mohanty et al. 2005; Farrukh et al. 2000).

En el campo de la GPPI, se proponen técnicas de múltiples etapas, en las cuales se podrían percibir principalmente dos ventajas(Cooper et al. 1999): 1. En la medida en que se avanza en las etapas de GPPI, se mejora la formulación de los proyectos, llegando a una formulación responsable, muy realimentada y apropiada por los decisores puesto que participaron en su construcción. 2. Se van aplicando filtros cada vez más estrictos conforme se avanza en el proceso, y los criterios de selección se adecúan en cada etapa de decisión del proceso. En este orden de ideas, la inversión en el proyecto se ejecutará en la medida que las evaluaciones parciales del mismo así lo avalen, por lo que se disminuye el riesgo asociado a la asignación de recursos(Lockett y Gear 1973). Es decir, la inversión en estudios tales como prefactibilidad, viabilidad económica, viabilidad técnica, proyecciones de mercado, entre otros, solo se realizan cuando la etapa de selección así lo requiera.

El uso de las técnicas está limitado por las capacidades de las organizaciones en las que se aplica la GPPI ;según Killen (2008)estas capacidades se manifiestan en la infraestructura, en la autonomía, en la cantidad de intereses, en la multiplicidad de objetivos, en los recursos disponibles y en la capacidad de evaluación técnica, entre otros factores relevantes para la toma de decisiones, los cuales se describen como capacidades para GPPI. Otros factores que condicionan la implementación de los diferentes métodos en GPPI son la disposición de información, la homogeneidad de agentes decisores, la homogeneidad de criterios de decisión y la delimitación del enfoque estratégico de la organización(Cooper et al. 2001). Estos tópicos se tratarán con más detalle en las secciones 4.1 y 4.2 para el análisis particular del objeto del presente trabajo.

Los modelos de evaluación, selección y priorización de proyectos basados en prospectiva o en puntuación por percepción de la alineación estratégica, cuentan con limitaciones para asegurar el éxito, dado que se acarrea con la incertidumbre en la definición de políticas y en la base subjetiva de la intuición de personas como tomadores de decisiones (O'Connor ,Colarelli y McDermott, 2004), lo cual significa que el éxito en la aplicación de este tipo de métodos depende de las competencias de las personas que influyen en el proceso de toma de decisiones.

Por otro lado, se puede considerar que las herramientas de evaluación de proyectos de innovación que están basadas en mecanismos financieros, tales como el valor presente neto y el flujo de caja descontado, coartan ciertas capacidades de innovación y muchas iniciativas en las empresas. Esto se afirma partiendo de que con estas herramientas los análisis sólo se centran en el costo de los desarrollos y no se proyectan una serie de beneficios que llevarán a una mejor aceptación de la tecnología y, en ocasiones, se desarrollan innovaciones que no cumplen a cabalidad las necesidades de los clientes, lo que incrementa el riesgo de fracaso en el mercado. Tampoco se tienen en cuenta beneficios como el avance en el desarrollo de las capacidades de la empresa o el retorno por tecnologías conexas que se desarrollarían a partir de la inversión inicial (Christensen, Kaufman & Shih, 2008).

1.1.4 GPPI y la estrategia de innovación

La creciente complejidad de las tecnologías y un ciclo de vida más corto de los productos, han forzado a las empresas a relacionar la I+D como una fuente de estrategia, y las empresas se han inclinado por evaluar sus tecnologías desde la perspectivas de portafolios, donde los proyectos de I+D+i se evalúan en conjunto con el fin de desplegar la estrategia tecnológica de la organización y facilitar el diseño de estrategias de largo plazo (Mikkola 2001).

Desde el punto de vista del manual de Oslo (OECD 2005), las actividades relacionadas con la toma de decisiones estratégicas para llegar a la innovación, hacen parte de las actividades de innovación, tanto tecnológica como no tecnológica, abarcando la innovación en productos, procesos, modelos organizacionales y modelos de negocio, o comercialización. Desde un punto de vista sistémico, estas actividades influyen en todo el ciclo de la innovación, contemplando las actividades de investigación y desarrollo, cuando son el camino a la innovación, y teniendo en cuenta actividades de transferencia, difusión, adaptación y apropiación de la tecnología.

Este permanente y complejo cambio tecnológico, junto con las dinámicas específicas delos mercados, exigen a las organizaciones un marco estratégico, funcional y estructural en el que se relacione la I+D e innovación en toda la organización de una manera organizada y sistematizada, con el fin de asegurar un flujo constante de innovaciones tecnológicas con éxito en el mercado y, por ende, una ventaja competitiva en el entorno (ICONTEC 2008; Coombs y Richards 1991). En este sentido, la evaluación y seguimiento sistemático de proyectos de I+D+i como unidades básicas de gestión de la innovación, aportan al mantenimiento de la ventaja competitiva de la empresa, en tanto que (Ruegg y Jordan 2007):

- Se genera información adicional para el continuo mejoramiento de los proyectos y programas.

- Se documenta el conocimiento para comunicar el valor de los programas a las partes interesadas.
- Se documentan los beneficios asociados al mercado con respecto a investigaciones realizadas.
- Se aseguran mejores respuestas acerca del costo beneficio de investigaciones de largo plazo.

Así mismo, Cooper et al.(2001) concluyen que la GPPI es una actividad asociada directamente con la gestión tecnológica de la empresa, puesto que los ejecutivos y directivos encargados de los temas tecnológicos y corporativos, le otorgan una alta relevancia planteando los siguientes factores:

- Se maximiza la productividad y utilidad de las inversiones en I+D, puesto que se aumenta la probabilidad de éxito en el logro de los objetivos de los proyectos.
- Se incrementan las ventas y la participación en el mercado por mantener una posición competitiva del negocio, de cara a la tecnología.
- Se obtiene una mayor eficiencia en la asignación de los recursos económicos asociados a l talento humano, la tecnología y la infraestructura necesaria para desarrollar el proyecto.
- Se asegura una coherencia entre los proyectos seleccionados y la estrategia de negocio, logrando la representatividad de la estrategia en los portafolios de nuevos productos.
- Se priorizan los proyectos y se enfocan los recursos disponibles.
- Se logra un balance entre proyectos de largo y corto plazo, alto y bajo riesgo, consistentemente con los objetivos del negocio.
- Se logra una mayor objetividad en la selección de proyectos.

Uno de los factores más importantes del despliegue estratégico de la organización es la asignación de recursos; al respecto, Ahn, Zwikael yBednarek(2009) sostienen que la localización óptima de los recursos para lograr el éxito comercial de una tecnología, depende de una efectiva evaluación y selección de los proyectos. De hecho, la utilización de tecnologías de gestión para estos fines, puede mejorar las capacidades internas y la competitividad externa de la organización, al aumentar la efectividad en la evaluación y priorización de productos innovadores más promisorios. Inclusive, aunque en su trabajo los autores se refieren específicamente a proyectos de innovación, desde un punto de vista más sistémico de la organización, esta afirmación es aplicable a todos los contextos y tipos de proyectos de la organización.

1.2 ESTADO DEL ARTE EN GPPI

La construcción del estado del arte en GPPI se realiza con el ánimo de identificar fuentes de información y autores líderes para referenciar las técnicas que se usarán en análisis posteriores de este trabajo.

Como se precisó en el capítulo de introducción, el procedimiento a seguir para la identificación del estado del arte consta principalmente de tres pasos descritos a continuación:

1. Se definen previamente unas ecuaciones de búsqueda para los artículos, junto con sus sinónimos y traducciones. Así mismo, se definen unos criterios de calidad de información para la selección de artículos.
2. Se realiza la búsqueda de artículos científicos, se depura y se procesa la información obtenida a través de técnicas de bibliometría. Para este paso se usa el software especializado *Vantage Point*.
3. Se analizan los resultados de la información procesada y se sacan conclusiones. Con base en estas conclusiones se selecciona una muestra de artículos bajo criterios de pertinencia acordes con el contexto en estudio (CDT colombiano). Posteriormente son revisados, con el fin de identificar técnicas de GPPI relevantes.

Para iniciar con la definición de las ecuaciones de búsqueda, se toman como base las palabras claves de algunos artículos referidos en la construcción del marco conceptual y en la identificación de la problemática del presente trabajo. Algunas palabras claves identificadas en algunos artículos son: *Portfolio project management techniques, Portfolio project management methods, Portfolio project management performance, Research and development portfolio, Research and development project management, Product development, Innovation, Innovation management, Innovation project portfolio management, project portfolio management practices, R&D projects, R&D portfolio strategies, Evaluating R&D projects and portfolios, R&D portfolio selection, R&D project selection.*

Luego de un análisis de sinónimos y delimitando el contexto de las palabras clave inicialmente consideradas, se llega a las siguientes ecuaciones de búsqueda: *Project Portfolio R&D Techniques, Project Portfolio R&D Practices, Project Portfolio R&D Methods, R&D Project Selection, R&D Project Evaluation, R&D Portfolio Selection, R&D Portfolio Evaluation, Project Portfolio Innovation Techniques, Project Portfolio Innovation Practices, Project Portfolio Innovation Methods, Innovation Project Selection, Innovation Project Evaluation, Innovation Portfolio Selection, Innovation Portfolio Evaluation.*

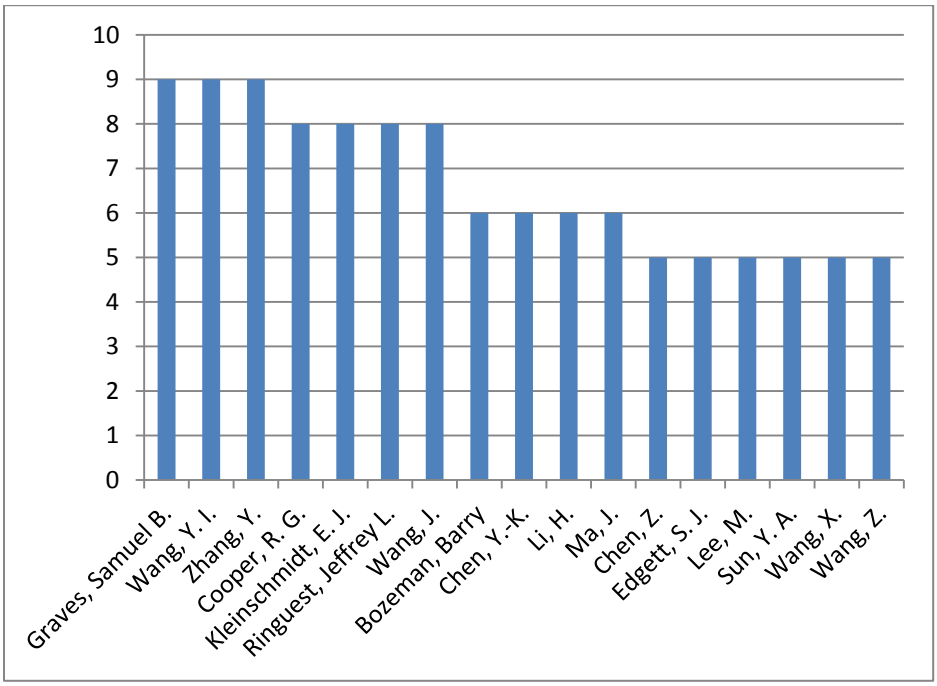
Seguidamente, se realiza la búsqueda estructurada y sistemática por medio de la herramienta bibliográfica *Scopus*®, pues por medio de esta es factible identificar los artículos científicos que están inscritos en diversas bases de datos, adicionalmente contiene campos tales como la citación, los cuales son altamente relevantes para el estudio de estado del arte y no están disponibles en otras herramientas o bases de datos similares.

Sin embargo, con el objetivo de descargar artículos científicos para su análisis, las ecuaciones de búsqueda mencionadas también se usan para búsquedas en bases de datos especializadas previamente definidas, dentro de las cuales se menciona *Wilson Business Full Text, Emerald, IEEE Xplore Digital Library, Jstor, Springer journals, Science Direct.* Estas bases de datos se consideran apropiadas para el estudio, pues dentro de todos los campos del conocimiento que atienden, abordan los temas relacionados con a la gestión de la I+D, la gestión de la innovación y la gestión tecnológica.

Luego de buscar y recopilar los datos de las búsquedas, se llega a un total de 2256 artículos, los cuales son exportados al software *Vantage Point* para ser depurados y procesados, para que finalmente se obtengan los resultados expuestos en las gráficas a

continuación. En primer lugar, en la Figura 1 se muestran los autores más prolíficos, con el respectivo número de artículos registrados en *Scopus* ®. En esta misma línea, en la Figura 2 se presentan los autores más referenciados con su correspondiente número de citaciones.

Figura 1. Autores con más publicaciones.

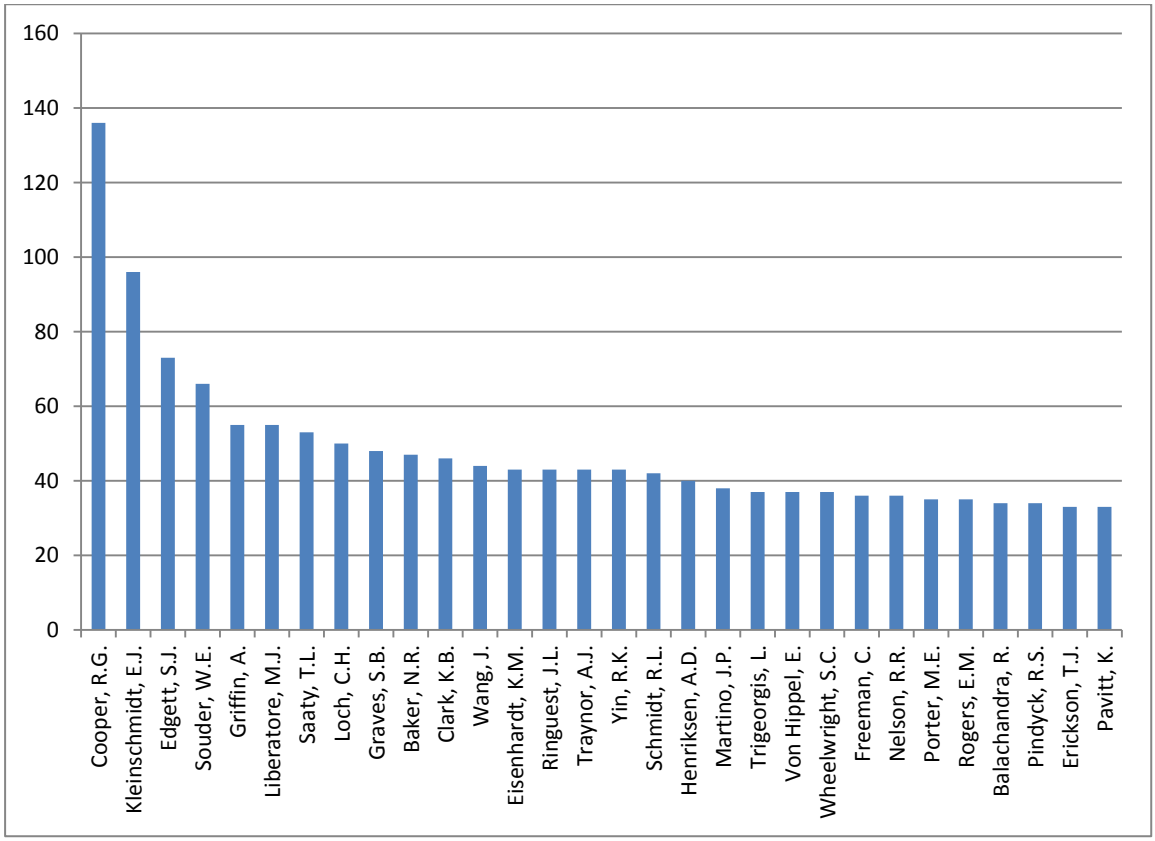


Fuente: Elaboración propia

De las dos gráficas anteriores se puede deducir que los autores de referencia son Cooper, Kleinschmidt y Edgett, quienes particularmente tienen varios artículos presentados en conjunto (Cooper et al. 1999, 2001; Cooper y Kleinschmidt 1987, 1988, 1991). A estos autores, especialmente a Cooper, se les atribuyen los trabajos seminales y de principal referencia en el campo de la GPPI. Mientras que para el caso de S.B. Graves, aunque se posiciona como el autor con más publicaciones, no es necesariamente el más citado. Esta situación puede darse porque el autor comienza a aparecer con publicaciones en la segunda mitad de los años noventa y, por otro lado, sus propuestas se desarrollan desde la perspectiva de las técnicas matemáticas para apoyar la GPPI.

En cuanto a los temas tratados por los principales autores, para Cooper como autor más referenciado, predominan textos donde se describen metodologías y se caracterizan aspectos importantes como la clasificación de los métodos y las actividades necesarias para llegar al éxito en la gestión de portafolios. Por su lado, entre los temas tratados por W.E. Souder, predominan los vinculados con la estructura organizacional y la cultura para la gestión de portafolio de proyectos (Souder 1973, 1975).

Figura 2. Autores más citados.



Fuente: Elaboración Propia

Otro punto a resaltar es que Cooper, Kleinschmidt, Edgett, Souder, Griffin y Liberatore se refieren a artículos cuyo objeto de estudio son los proyectos o los portafolios de proyectos de I+D+i, sin embargo llama la atención la aparición de Thomas L. Saaty en la Figura 2, al ser un autor ajeno a este objeto de estudio, quien es catalogado como el precursor de la metodología AHP, implementada en diversos campos de soporte a la toma de decisiones, definición de políticas, consensos entre expertos, entre otros. Esto indica una considerable aparición de esta técnica dentro de las herramientas para la GPPI, particularidad que ofrece indicios acerca de las técnicas matemáticas propicias para ser utilizada en el método considerado en el objetivo de esta tesis.

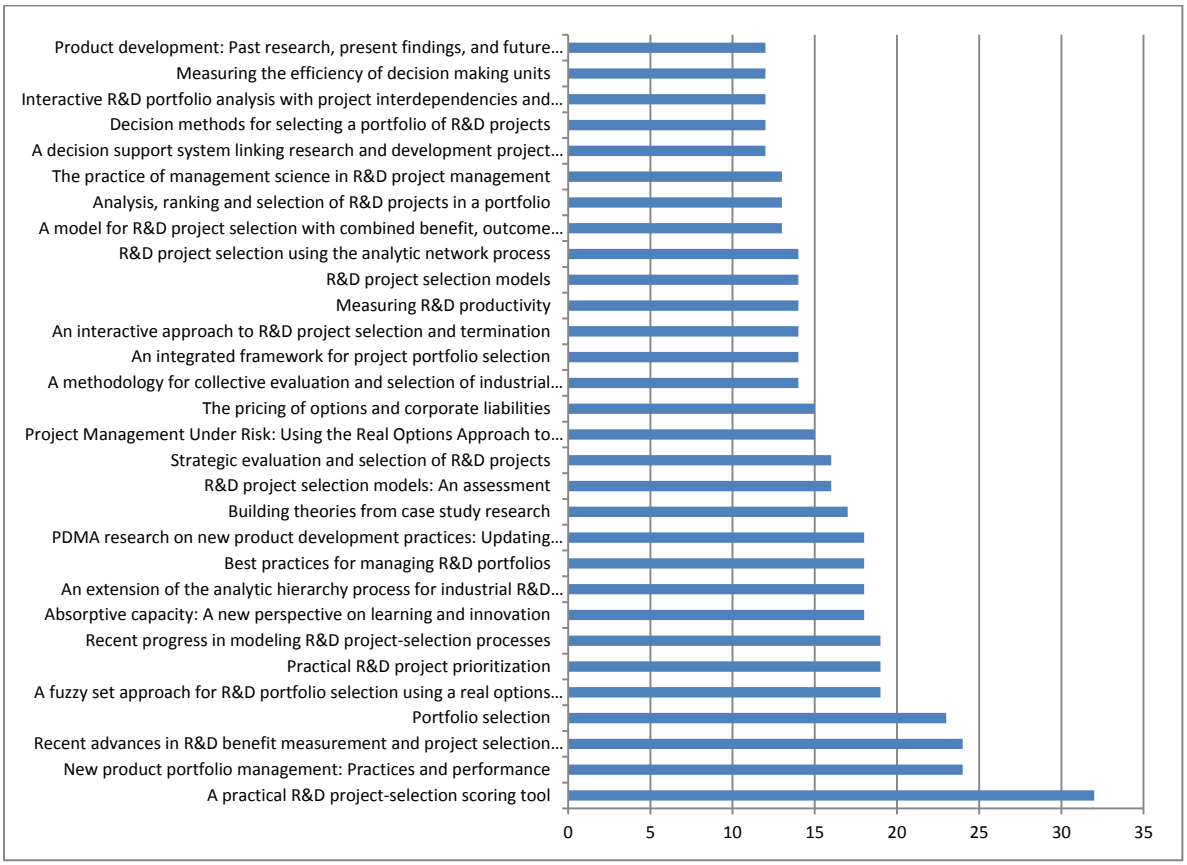
Se muestra en seguida la Figura 3, cuyo propósito es identificar los artículos seminales en materia de GPPI.

De hecho, las figuras de citación son variables en el tiempo y su dinámica estará dictada por la cantidad de publicaciones que se indexen en las bases de datos.

Con el objetivo de percibir las tendencias y temas más tratados en el campo de la GPPI, se presenta la Figura 4 con las palabras clave y su evolución en los últimos diez años. En general, se nota una cantidad de publicaciones mayor en los últimos años, lo que indica que el tema de GPPI viene cobrando importancia en los últimos cinco años. También se

puede apreciar que en la aparición de palabras clave en los últimos diez años, sobresale la dinámica de "*innovation project selection"*, lo que indica una tendencia de la gestión de portafolios hacia la innovación, antes que a la investigación y desarrollo.

Figura 3. Artículos más referenciados.



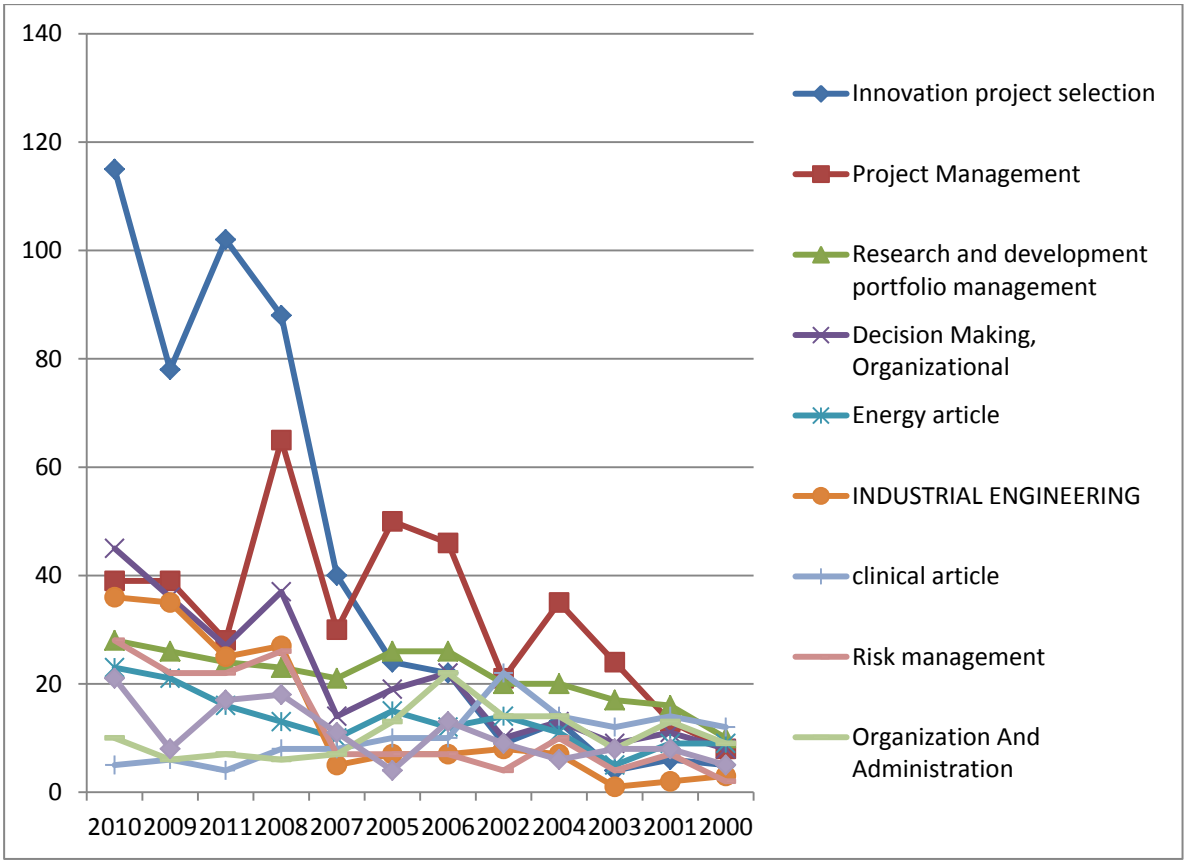
Fuente: Elaboración Propia.

Otro aspecto sobresaliente es la dinámica del término *"Project management"* que, al igual que *"innovation poject selection"*, dan cuenta de la importancia de los proyectos como unidad fundamental de gestión de la innovación. Finalmente, la aparición en la Figura 4 de conceptos como *"organization and administration", "risk management", "decisión making organizational",* da cuenta de los campos de las ciencias de la administración que abordan el problema de la GPPI.

En la Figura 5 se encuentran las publicaciones con mayor número de artículos indexados. Estos títulos de revistas cuentan con reconocimiento y una calificación razonable en el *Jornal Citation Report - JCR®* de la *Thompson Reuters*. Este posicionamiento exige un arbitraje riguroso de los artículos, donde sus contenidos han

sido validados por un grupo de expertos y, por ende, esta base de datos tiene validez científica para su exploración.

Figura 4. Dinámica de palabras clave más utilizadas en los últimos diez años.



Fuente: Elaboración propia.

Como un análisis complementario, se realiza una búsqueda de experiencias, casos de estudio y aplicaciones dentro de la base de artículos conformada. El resultado indica que el mayor número de registros de artículos en referencia de aplicación de metodologías complejas para la gestión de portafolios de proyectos están en países desarrollados, Estados Unidos de Norteamérica, algunos países de la Unión Europea, China y Japón.

Por otro lado, en las publicaciones exploradas no se encuentran indicios de trabajos concluyentes en Colombia, y muy tímidamente se encuentran algunas propuestas en países de Latinoamérica como Brasil. Sin embargo, sí se ha tratado el tema en países en vía de desarrollo, como lo son algunos países del sudeste asiático y del norte de África.

Otra conclusión posible, es que hay una proliferación en la aplicación de métodos matemáticos y computacionales complejos para el apoyo a la toma de decisiones la GPPI, tales como lógica difusa, análisis envolvente de datos, opciones reales y Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Estos métodos buscan integrar criterios cuantitativos y cualitativos, o bien generar un consenso cada vez más cuantificado y objetivo en cuanto

a los criterios influyentes en las decisiones del caso. Esta conclusión se construye a partir de una búsqueda en la base de artículos, y se complementa con el contenido de dos trabajos de revisión como son el de Bitman y Sharif (2008) y Henriksen y Traynor (1999).

Figura 5. Publicaciones con mayor número de artículos.

Fuente: Elaboración propia

Este trabajo de vigilancia tecnológica, verifica el marco conceptual expuesto en este trabajo, puesto que los autores de referencia y los artículos más relevantes, según el estudio realizado, fueron estudiados y debidamente referenciados. Adicionalmente, a partir de lo trabajado en esta sesión se destacan una serie de artículos científicos líderes para referenciar las técnicas que se usarán en análisis posteriores de este trabajo, como lo son los requisitos de los métodos, la propuesta del método y los criterios a usar dentro de los métodos. Adicionalmente, se identificaron las herramientas matemáticas más frecuentadas para acompañar los métodos de GPPI, a partir de las cuales se realizarán los análisis respectivos de instrumentación del método objeto de esta tesis.

2. LOS CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN COLOMBIA

En el Artículo 1 de la resolución 00504 de 2010 del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia Colciencias, en el marco de la ley 1286 de 2009 de la República de Colombia, se define a los Centros de Desarrollo Tecnológico – CDT, y se diferencian categóricamente de los Centros o Institutos de Investigación de acuerdo con sus funciones, tal como se cita textualmente:

> Centro o instituto de investigación: es una organización dedicada a adelantar investigación científica, dotada de administración, recursos financieros, humanos, e infraestructura destinada al desarrollo de este objeto.
>
> Centro de Desarrollo Tecnológico: Es una organización dedicada a desarrollar tecnología, proyectos de innovación tecnológica, proyectos de apropiación pública de la ciencia o de transferencia de tecnología en el marco de un proyecto de innovación, dotada de administración y de recursos financieros, humanos e infraestructura, destinada al desarrollo de este objeto.

No obstante, esta definición actual es producto de una evolución conceptual, la cual puede estimarse remontada a 1994, cuando en el documento Conpes 2739 de 1994 (Departamento Nacional de Planeación 1994) se formula una aproximación del enfoque a centros virtuales o centros red bajo el objeto de “cubrir una o varias de las siguientes funciones tecnológicas: investigación, capacitación y servicios tecnológicos tales como: consultorías en temas tecnológicos, manejos de redes de información, metrología y certificación de calidad, etc.” (Malaver y Vargas 2007). Por otro lado, se interpreta que la “apropiación pública de la ciencia o de la tecnología” son labores propias de la gestión de innovación, en el sentido de aportar para llevar al mercado un nuevo o mejorado producto, proceso, modelo organizacional o modelo de comercialización. Tras esta intención consignada en las directrices nacionales de ciencia y tecnología, en 1995 se crean los CDT con el objetivo de ofrecer servicios tecnológicos y de Investigación y Desarrollo - I+D aplicado a sectores productivos específicos.

El reconocimiento explícito de los requerimientos de naturaleza jurídica y de la relación entre los CDT con las universidades y grupos de investigación, se da más adelante se en la Resolución No. 084 del 12 de febrero de 2001 (Colciencias 2001, p.2):

> Los CDT son organismos con personería jurídica y sin ánimo de lucro en cuyo objeto social se contempla la ejecución de actividades científicas y tecnológicas, particularmente la realización de proyectos de investigación cuya orientación sea el dominio, la generación y difusión de conocimientos especializados en tecnologías relevantes para un sector o actividad económica, para lo cual establece vínculos directos con empresas, universidades,

centros de investigación entidades gubernamentales y entidades que persigan fines similares o complementarios.

De esta definición ya se puede identificar una manifestación explícita de las funciones de intermediación y de las necesidades de los sectores productivos estratégicos como el foco de atención de los CDT (Barreto y Bermeo 2008).

2.1 PERTINENCIA DE LOS CDT

En el cumplimiento del objeto misional de los CDT, sus actividades están direccionadas a liderar la implementación del nuevo conocimiento por parte de los sectores productivos, haciéndolo explícito por medio de desarrollos individuales de empresas, o bien por medio de la agregación de organizaciones en proyectos sectoriales relacionados con la cadena productiva de la que cada centro hace parte (FAO 2003, citado por Pinzón 2009).

En este sentido cobra importancia el estatus de interface de los CDT al lograr combinar las capacidades científicas y tecnológicas de universidades, con los recursos tecnológicos, el conocimiento de mercado y las competencias de gestión propias de las empresas de los sectores productivos, para alcanzar la generación de innovaciones tecnológicas de manera sistemática a nivel sectorial, lo cual constituye en una salida fundamental de un sistema nacional de innovación como una "red de instituciones del sector público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías" (Freeman 2002), que para el caso colombiano se formaliza en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual constituye una estructura fundamental para impulsar la competitividad de país, según la ley 1286 de 2009.

Complementariamente, desde una visión sistémica de la innovación, los CDT se configuran como articuladores de una dinámica como proveedor de insumos de conocimiento por medio la integración de actores y actividades de innovación, en su papel de intermediario como un eslabón en el proceso de difusión de nuevas tecnologías. En esta misma dirección, los CDT hacen un gran aporte al identificar, apropiar, conocer, dominar y contribuir a la difusión de nuevas tecnologías, facilitando su adopción a otros agentes con capacidades propias para convertir las tecnologías en innovaciones.

Por otro lado, los CDT como espacios de intercambio colaborativo, de acercamiento y confluencia de múltiples agentes, deben aportar herramientas de concertación para tomar decisiones de carácter sectorial, siendo parte fundamental del subsistema tecnológico, como entidades privadas creadas para ser interfaces dinamizadoras de las relaciones entre los generadores de conocimiento y el sector productivo en el Sistema Nacional de Innovación (Barreto y Bermeo 2008), por lo que se tornan en agentes de desarrollo socio-económico abordando cuatro desafíos fundamentales:

- Complementar las capacidades de innovación de las empresas: Es necesario llevar a las empresas las capacidades científicas y tecnológicas de las unidades generadoras de conocimiento para atender sus desafíos de innovación, pues en

muchos casos las empresas no cuentan con los laboratorios o conocimientos necesarios para alcanzar los resultados.

- Dar señales a la investigación aplicada y orientada (Malaver y Vargas 2007): Para el caso de las unidades generadoras de conocimiento, es necesario orientar la investigación a la luz de un conocimiento realista del mercado, de los clientes y de las condiciones de producción de una probable aplicación para el conocimiento en cuestión, es decir conectar la investigación de largo plazo con las necesidades más inmediatas de las empresas.
- Generar tecnología aprovechable por las empresas: Llevar los avances científicos a sistemas productivos confiables y sostenibles por medio del desarrollo experimental y el desarrollo tecnológico, poniendo a disposición capacidades técnicas específicas de ingeniería especializada. Promover la modernización y mejorar la calidad de los productos.
- Dinamizar la productividad y competitividad de los sectores productivos: Reconociendo que la decisión sobre la inversión y la innovación en el sector productivo, los CDT aportan en estos aspectos mediante la promoción de la cultura de innovación empresarial basada en la cooperación y en alianzas estratégicas y la gerencia participativa.

2.2 FUNCIONES DE LOS CDT

Las definiciones manifestadas por Colciencias en los diversos documentos donde reconoce la naturaleza de los CDT, se identifica que parte de la definición de los CDT se realiza en función de sus actividades. Entre estas actividades se pueden encontrar la transferencia de tecnología, asesoría en la negociación de tecnología, búsqueda, selección, análisis y suministro de información técnica, suministro de asistencia técnica a los productores, actividades de formación y capacitación; servicios tecnológicos, como control de calidad, normalización, metrología, ensayos y diseño. Además, se considera que deben realizar otras actividades estratégicas, por ejemplo, ejercicios de prospectiva tecnológica y de mercados, y evaluación del impacto de las nuevas tecnologías (Colciencias 2001, 2010).

En este sentido, y contemplando la visión de la innovación dentro de sistemas sectoriales y regionales (Freeman 2002), los CDT como articuladores de las actividades antes propuestas, juegan una papel fundamental en la propuesta de llevar los productos desde su conceptualización hasta el mercado, puesto que influyen en aspectos como la definición de la estrategia de innovación de las empresas con sus estudios de prospectiva, están en capacidad de evaluar el impacto de una tecnología por medio de las pruebas de concepto, y busca facilitar la trasferencia de resultados de investigación y la apropiación social de nuevo conocimiento y tecnologías.

Por otro lado, Malaver y Vargas(2007) proponen que, como parte fundamental de las actividades de los CDT, se deben considerar identificar, valorar, seleccionar e incorporar los últimos avances tecnológicos para cerrar brechas tecnológicas de competitividad y lograr una difusión del cambio técnico rápida y creativamente, incorporando el monitoreo estructurado, sistemático y estratégico del desarrollo tecnológico de los sectores a los

que representa el CDT. El ejercicio de este tipo de actividades permite el acceso a información clave para las decisiones estratégicas internas de las empresas, puesto que con estas planean mejor sus cambios y actualizaciones tecnológicas, reduciendo riesgos y tiempos en inversiones.

Dentro de los servicios tecnológicos destacados que incorporan estas entidades es informar, formar, asesorar y brindar consultoría en materia de gestión de innovación, teniendo como finalidad promover una cultura de la innovación y facilitar la implantación de sistemas de gestión de innovación en las empresas, demostrando su importancia en el alcance de un nivel óptimo de competitividad (Pinzón 2009).

En la misma corriente funcional de los CDT, proponen el término de “pirámide de servicios” para las instituciones que disponen de conocimientos e infraestructuras adecuadas y especializadas para un sector productivo, en el sentido que las empresas pequeñas sin capacidades les consultan y contratan capacitación, y una vez estas empresas se estabilizan, buscan el desarrollo de actividades de mayor complejidad y enfoque hacia la I+D+i.

Con el fin de cumplir con el papel fundamental de articular y asegurar la innovación en sectores específicos para promover la competitividad y productividad, se consideran de gran importancia las actividades relacionadas con la gestión de la calidad de los productos y de los procesos productivos, puesto que estas actividades acometen una parte del fin del ciclo de innovación, como lo es asegurar la seguridad de las personas y los equipos, así como la confiabilidad y buen desempeño de los productos que se buscan introducir al mercado. Por esta razón, muchos CDT incorporan dentro de sus funciones la evaluación de la conformidad de productos, instalaciones y sistemas de gestión.

2.3 FACTORES DE DESEMPEÑO DE LOS CDT

Las funciones de los CDT deberán garantizarse en un entorno institucional adecuado para las diversas relaciones entre el mundo académico, científico y empresarial, posibilitando una frecuente y efectiva relación entre las diferentes instancias que intervienen en los procesos y actividades de la I+D. Por ende, los factores que definen el desempeño de los CDT como organismo de intermediación vienen dados por la integración con el sistema de innovación, una adecuada gestión estratégica institucional, una gestión acertada de los recursos y un marco de políticas apropiadas que permita a las diferentes entidades interactuar positivamente entre sí y con el entorno.

Factores tales como la claridad de los objetivos, el énfasis en la generación y gestión del nuevo conocimiento, la transparencia y gobierno participativo, la organización descentralizada, los medios de comunicación y el liderazgo sectorial, juegan un papel fundamental en el buen desempeño de los CDT, puesto que se relacionan positivamente con una estrategia de gobernabilidad que represente la I+D de un sector.

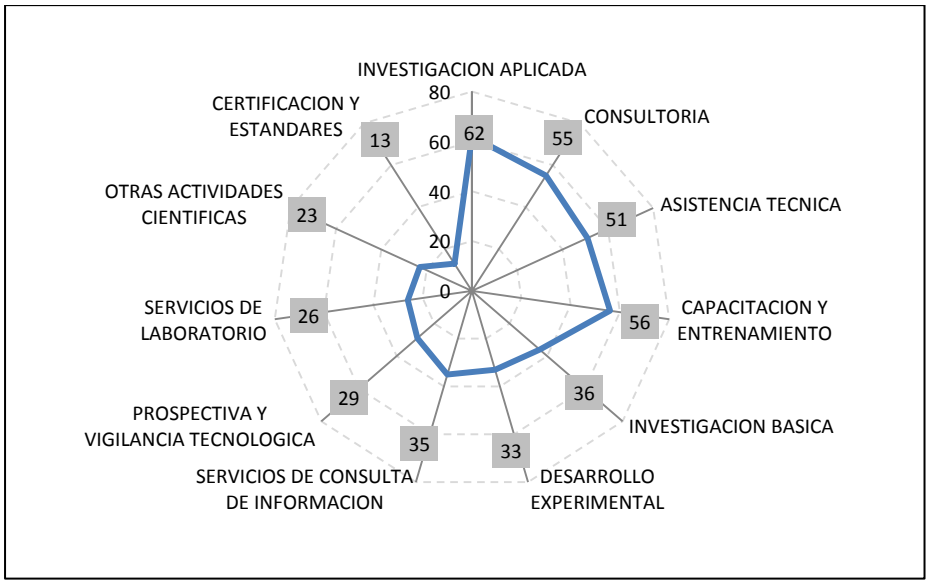
Desde la perspectiva de la sostenibilidad de los CDT, la buena gestión financiera y administrativa de las actividades de soporte a la I+D son factores fundamentales. Estos objetivos se logran mediante la diversificación de las fuentes de ingreso y el

establecimiento de relaciones comerciales con clientes y socios con capacidad de pago que aseguren la financiación duradera de programas de I+D. No obstante, la excesiva donación generosa o incondicional de recursos y la inestabilidad presupuestas técnicas desmotivan la productividad y no favorecen el desarrollo de las organizaciones en cuestión (Jaramillo y Gómez 1997 citados por Pinzón 2009).

En esta misma perspectiva, la intención de que los CDT sean autosostenibles económicamente puede estar influenciando su desempeño en cuanto a la integración con el sistema de innovación. La financiación proveniente principalmente del sector privado con la intención de impulsar la ciencia mercadeable, puede provocar que los CDT enfoquen sus esfuerzos en proyectos puntuales para satisfacer necesidades específicas de las empresas, más que en programas sectoriales de I+D+i de largo plazo. Adicionalmente, esta línea de negocios sobre proyectos particulares para empresas, añade una condición de desventaja a la hora de negociar la propiedad intelectual, pues los actores para quienes se realiza el proyecto exigen la totalidad de los derechos patrimoniales sobre la misma. Todo lo anterior, abre las puertas a arenas competitivas entre los mismos CDT para satisfacer de manera más ágil y económica la problemática específica de las empresas, antes que fomentar alianzas para la construcción conjunta y complementaria de soluciones integrales (Barreto y Bermeo 2008).

Precisamente, como se aprecia en la Figura 6, en Colombia se percibe, además de la investigación aplicada, una concentración en actividades de capacitación, asistencia técnica y consultoría de los CDT. El enfoque de estas actividades está relacionado con el apoyo a solución de problemas de corto plazo de las empresas, antes que en programas para el ejercicio de la innovación como estrategia de competitividad. Sin embargo, se puede percibir una disponibilidad en servicios tales como prospectiva y vigilancia tecnológica, servicios de información e investigación básica, lo que sugiere una capacidad significativa para soportar programas de I+D+i de largo plazo.

Figura 6. Servicios de los CDT al sector empresarial.



Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011)

Como conclusión parcial de esta revisión y análisis, se presenta la Tabla 1 con los factores que determinan el desempeño de los CDT, en función de sus actividades misionales, los cuales son útiles para el diseño de indicadores de gestión de estas instituciones.

Tabla 1. Factores de desempeño de los CDT.

Factor de desempeño	Descripción
Transferencia tecnológica	Nivel de cubrimiento y calidad en la prestación servicios de capacitación especializados para el sector, así como en facilidades la transferencia de resultados de investigaciones a las empresas.
Representatividad	Interpretación de las necesidades y tendencias del sector en materia de I+D y la debida promoción de soluciones en instancias de definición de políticas y de fomento al desarrollo.
Direccionamiento estratégico	Oportunidad y flujo de señales con tendencias y prospectiva para el direccionamiento estratégico tecnológico a todos los niveles (nacional, regional, sectorial y empresarial).
Sostenibilidad económica	Solvencia económica que asegure el pleno desarrollo de todas sus actividades misionales.
Balance del portafolio	Desarrollo proyectos empresariales particulares, sin restar importancia a los programas sectoriales de I+D a largo plazo. Desarrollo proyectos de consultoría y estudios especializados, pero también proyectos de investigación y generación de conocimiento.
Red de colaboradores	Nivel de relacionamiento con universidades y proveedores de conocimiento y de capacidades tecnológicas para la cooperación de proyectos, como son institutos de investigación y centros tecnológicos nacionales e internacionales, entre otros.
Red de clientes	Cubrimiento de todos los actores dentro de la cadena de valor del sector al cual pertenece el CDT.
Soporte a la innovación	Promoción y desarrollo de actividades de soporte a la I+D+i (Icontec 2008).

Fuente: Elaboración propia.

2.4 ESTADO ACTUAL DE LOS CDT EN COLOMBIA

Para esta sección se toma como base un estudio financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias, realizado por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es diseñar y aplicar una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico, el cual responde a una necesidad de Colciencias para definir una política clara de fortalecimiento de los centros de investigación y desarrollo tecnológico del país (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología 2011).

La metodología usada por el OCyT para esta caracterización parte de la definición del marco conceptual de los Centros Autónomos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

CAIDT, el cual sirve para contextualizar el estudio en la institucionalidad de los centros como organizaciones económicas. Esta contextualización recurre al análisis de las actividades de producción y de coordinación de los CAIDT en función de su enfoque al Sistema Nacional de Innovación, de su producción de conocimiento, de su aporte al enlace de la Triple Hélice (Etzkowitz et al. 2000), su gobernanza, sus recursos y capacidades, el relacionamiento y la forma de rendición de cuentas.

Para el estudio se definen los CAIDT como (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología 2011, p.4–5):

> una organización no universitaria y sin ánimo de lucro, dotada de administración propia y de recursos financieros, humanos y físicos, que posee una organización formal, independencia administrativa y financiera y existencia legal independiente. Su objeto social incluye la generación o transferencia de conocimiento (verificable) en una o varias áreas de la ciencia y la tecnología, a través del desarrollo de agendas (programas y proyectos) de investigación o innovación, o de otras actividades complementarias tales como: capacitación y entrenamiento, prestación de servicios científicos y tecnológicos, difusión y divulgación científica y tecnológica, y gestión, seguimiento y evaluación de actividades de ciencia y tecnología

Como se pude apreciar, esta definición propuesta por el OCyT es aplicable a los CDT, por lo cual, en adelante, los CAIDT se seguirán referenciándose como CDT.

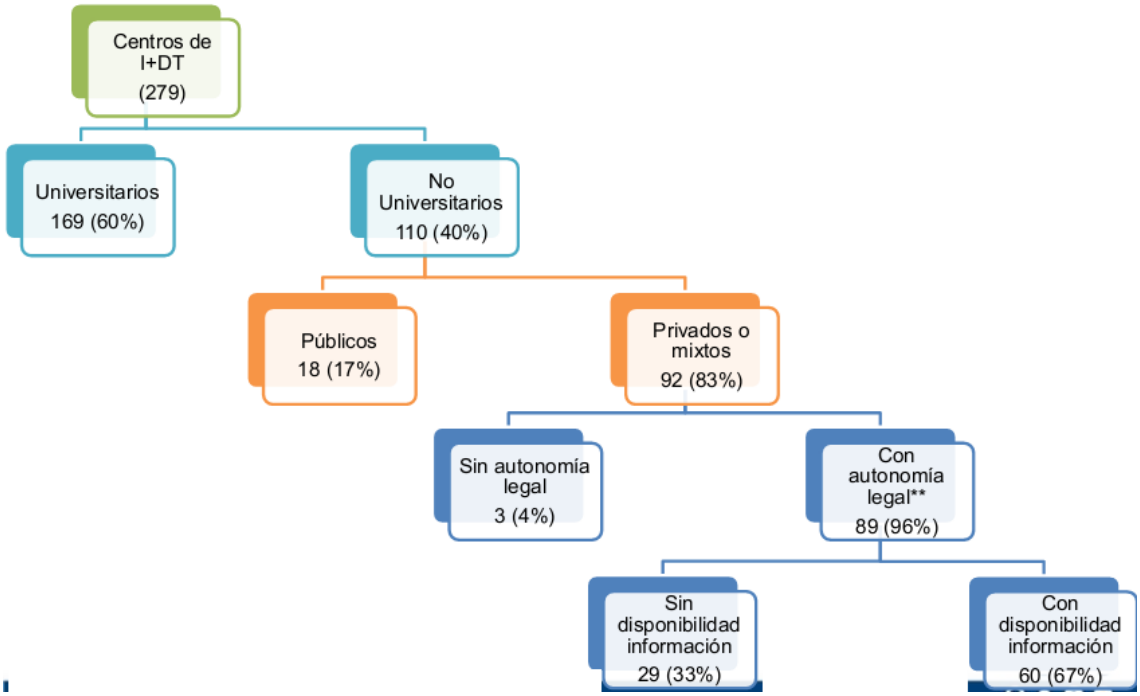
Además de esta definición, definen los siguientes “rasgos esenciales” de los CDT, lo que demarca aún más el trabajo:

- El carácter formal de la organización y el control de sus recursos.
- El carácter no pecuniario de sus motivaciones económicas.
- La existencia de unas capacidades y recursos (humanos, financieros, tecnológicos, etc.) para desarrollar sus actividades.
- La inclusión de la generación o transferencia del conocimiento científico y tecnológico en su objeto social.
- Producción científica o técnica verificable.
- El desarrollo de proyectos de investigación o innovación enmarcados en agendas de I+D.

Procedentemente se identifican los centros de investigación y desarrollo tecnológico que existen en Colombia, y se define la muestra sobre la cual se aplica el modelo de caracterización de centros. Con el fin de ilustrar el universo y la muestra de los centros sobre los cuales se trabajó, se presentalaFigura 7.

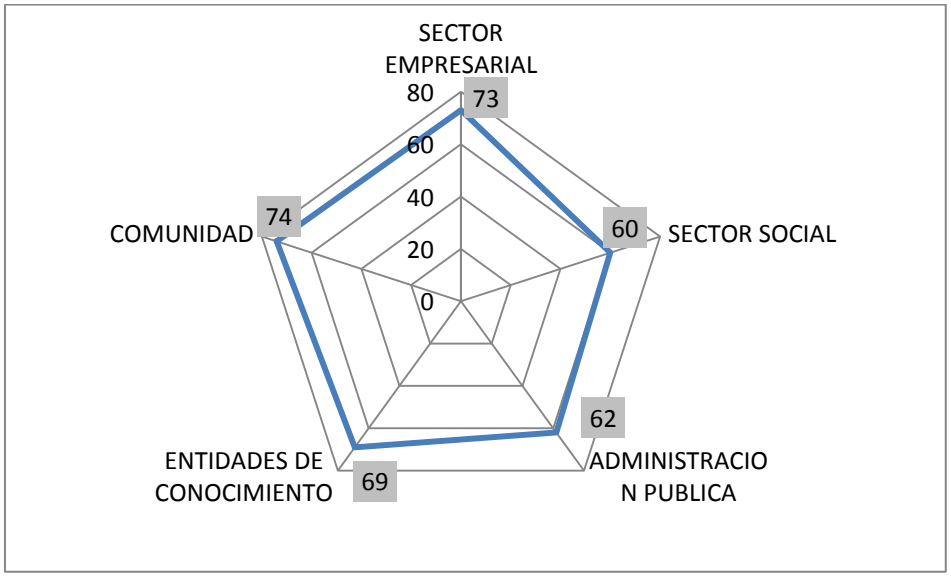
Se indaga por el público objetivo de los CDT en el marco de este estudio, con el objetivo de diferenciar los servicios ofrecidos por los centros según el cliente. Esto también permite visualizar el grado de cubrimiento dentro de su contexto misional. En términos generales se puede concluir que los CDT consultados cubren completamente todos los campos de la sociedad y no se percibe algún enfoque especial o exclusión de los mismos. Los resultados de esta indagación se presentan en la Figura 8.

Figura 7. Muestra de CDT caracterizados por el OCyT.



Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011)

Figura 8. Público Objetivo de los CDT.



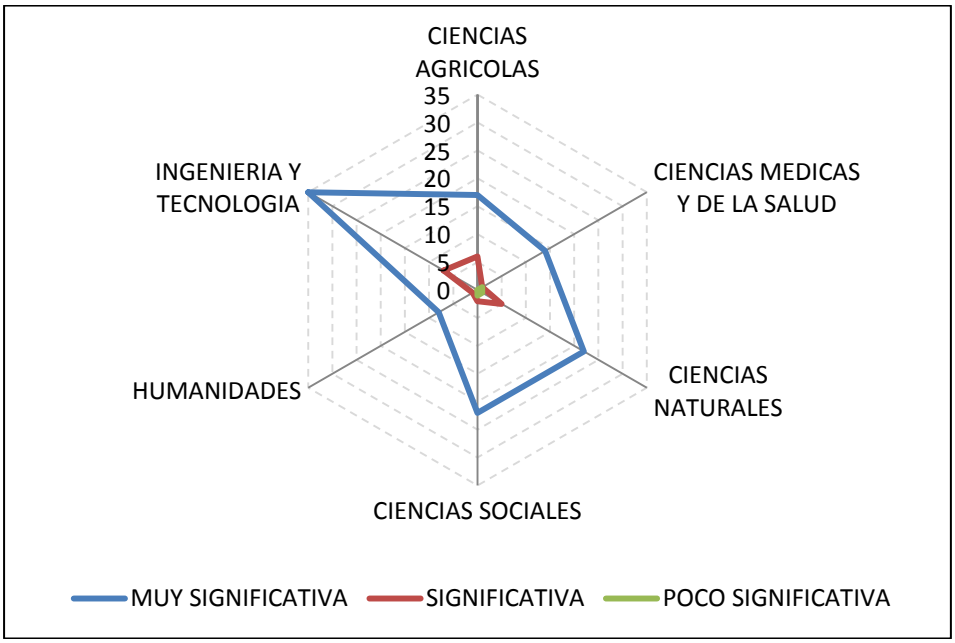
Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011).

De la manera similar, se presenta la Figura 9 con los sectores productivos hacia los cuales están dirigidos los servicios de los CDT. Para llegar a esta, el OCyT indagó por la calificación que los CDT otorgan al nivel de significancia de sus experiencias con los sectores. Dicha calificación obedece a una escala cualitativa de tres grados: muy significativa, significativa, y poco significativa.

En la Figura 9 resultante del ejercicio de calificación, se puede observar que predomina la calificación “muy significativa”, indicando que los CDT tienen un enfoque sectorial definido, donde registran la mayoría de sus experiencias. Las escasas calificaciones correspondientes a “significativo” y “poco significativo”, dan a entender que los CDT no dejan de lado trabajos ocasionales con otros sectores conexos o complementarios.

Luego de analizar el público objetivo y los servicios prestados por los CDT, se expone el modelo de caracterización aplicado por el OCyT. Este modelo resume las especificaciones de los CDT en tres componentes fundamentales, propios del desempeño de los centros: la inversión y financiación, la producción científica y técnica, y las capacidades y recursos para la gestión de los centros. El modelo usado responde a un análisis con variables y componentes ponderados, tal como se muestra en la Tabla 2, y que son alimentados por una encuesta diligenciada por los centros.

Figura 9. Sectores productivos objetivo de los CDT.



Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011).

Después de recopilar toda la información de los centros, se procede a ponderar las calificaciones para cada uno de los factores. A partir de esta información, se calcula la media aritmética de la puntuación obtenida por todos los CDT en cada uno de los factores. Los resultados de este proceso se presentan en la Tabla 3.

Tabla 2. Criterios para la caracterización de CDT.

COMPONENTES	SUB-COMPONENTES	CÓDIGO DEL INDICADOR	NOMBRE DEL INDICADOR	VALORACIÓN DEL INDICADOR	
CAPACIDADES	Recurso Humano	RH1	Porcentaje de personal dedicado a I+DT frente al total del personal del centro	10	48
		RH2	Promedio de la antigüedad del personal de I+DT frente a la antigüedad del centro (medido en meses)	5	
		RH3	Porcentaje del personal con maestría o doctorado con respecto al total del personal de I+DT	10	
	Infraestructura	IN1	Sede propia	1	
		IN2	Acceso a Laboratorios	2	
	Capital Social	RE1	Capacidad de Relacionamiento	10	
	Grupos de investigación	GU1	Clasificación en Scienti del grupo de investigación con mayor puntaje adscrito al centro	10	
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA	Productos de formación	PD4	Índice relativo de productos de formación	5	28
	Producción bibliográfica	PD1	Índice relativo de producción bibliográfica	10	
	Producción técnica	PD2	Índice relativo de producción técnica	10	
	Productos de divulgación y extensión	PD3	Índice relativo de productos de divulgación y extensión	3	
INVERSION Y FINANCIACION	Financiación	FC1	Financiamiento por fondos competitivos y ventas de servicios / Total Ingresos anuales	10	24
		FC2	Financiamiento por aportes de socios +transferencias y subsidios públicos/Total Ingresos anuales	6	
	Inversión	FI1	Inversión I+D / Inversión ACTI	8	

Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011).

Tabla 3. Resultados de caracterización de CDT.

Factores Generales		Factor	Valor	Equivalente	Desv. Est.
Capacidades	Puntuación 24,53 Equivalente 51,1%	RH1	7,096	71,0%	1,9166
		RH2	2,807	56,1%	1,2042
		RH3	4,614	46,1%	3,2491
		IN1	0,361	36,1%	0,4833
		IN2	0,783	39,2%	0,9246
		RE1	5,060	50,6%	2,9769
		GU1	3,807	38,1%	3,6441
Producción científica y técnica	Puntuación 13,33 Equivalente 47,6%	PD1	5,157	51,6%	3,4375
		PD2	4,434	44,3%	3,6698
		PD3	1,578	52,6%	1,0635
		PD4	2,169	43,4%	1,8794
Inversión y financiación	Puntuación 16,57 Equivalente 69,1%	FC1	6,988	69,9%	3,2889
		FC2	3,530	58,8%	2,3496
		FI1	6,060	75,8%	2,4462

Fuente: Elaboración propia con datos de Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011).

Con referencia en la tabla anterior, se deduce que el estado de todos los CDT para los criterios es similar, pues la desviación estándar de los datos es relativamente baja. No obstante, se puede apreciar que los datos son menos similares para factores como los índices relativos de producción (PD1 y PD2), grupos de investigación (GU1) y porcentaje del personal con maestría y doctorado (RH3). Posiblemente, esta disimilitud traduce la diferencia entre las estrategias de los CDT, en tanto que unos optan por ser netamente intermediarios de proyectos de I+D+i, y otros están del lado de formar capacidad investigativa interna para responder a las demandas de sus clientes.

Por otro lado, se observa que los factores con más alta calificación son la inversión en I+D/inversión ACTI (FI1) y el porcentaje de personal dedicado a I+DT (RH1). En este sentido se puede afirmar que los CDT cuentan con recursos y capacidades considerables para dar soporte a la I+D+i. Sin embargo, los índices bajos de producción científica y técnica, insinúan que la transferencia tecnológica, como uno de los principales factores de desempeño de los CDT, debe mejorarse sustancialmente para mejorar la visibilidad y los resultados de gestión de los centros.

La baja puntuación de los factores: grupos de investigación (GU1), infraestructura (IN1, IN2) y porcentaje de personal con maestría y doctorado (RH3) es normal, puesto que al ser instituciones de intermediación y gestión, los CDT se encargan de integrar capacidades científicas externas, antes que generarlas a su interior. No obstante, las capacidades de relacionamiento (RE) son insuficientes, de acuerdo con el propósito misional de ser un agente integrador del sistema de innovación.

En lo referente a la financiación de los CDT, se puede apreciar que los recursos provenientes de ventas e ingresos (FC1) son similares al financiamiento por aportes de socios y subsidios públicos. Generalmente, los primeros se destinan al desarrollo de proyectos particulares para empresas, mientras que los segundos se asignan a proyectos sectoriales o de interés común. Con base en esto, es posible concluir que existe un balance en el portafolio, donde financieramente son tan importantes los proyectos sectoriales, como los particulares. Por lo tanto, el proceso de toma de decisiones para la asignación de recursos a proyectos sectoriales, es una labor fundamental y estratégica para asegurar la sostenibilidad del centro.

3. REQUISITOS DEL MÉTODO DE GPPI

Uno de los objetivos de este trabajo es proponer un método apropiado para la GPPI en el contexto de un CDT colombiano. Asegurar que el método sea el apropiado, significa que se debe garantizar un desempeño óptimo de la técnica, cuando esta se implemente. En este sentido, Cooper et al. (1999) argumentan que el desempeño de los métodos de GPPI se define por el impacto que tienen los proyectos del portafolio sobre el negocio, teniendo en cuenta el balance en la inversión, el tiempo y el riesgo que acarrea la asignación de recursos de todo tipo a dichos proyectos.

En este orden de ideas, para garantizar un buen desempeño del método de GPPI a implementar, es necesario que los requisitos funcionales y de información determinados por las características específicas de las técnica, se adecúen a los objetivos, capacidades y condiciones del contexto de aplicación (Killen 2008). Esta idea se amplía en la sección 3.1 del presente capítulo.

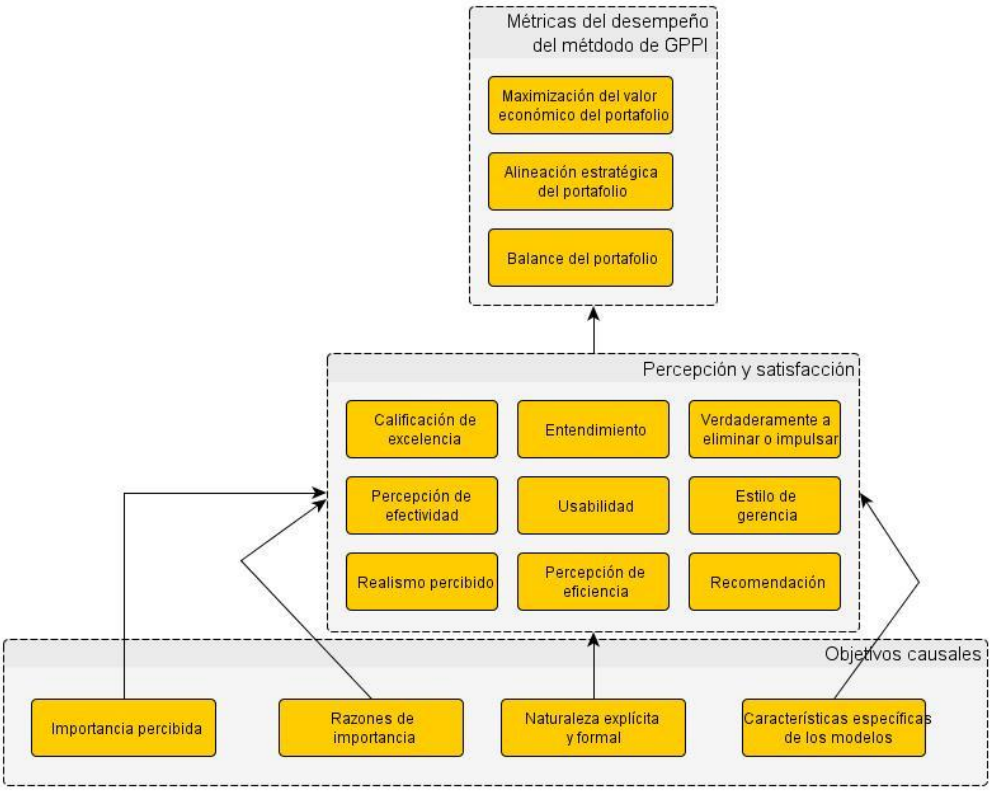
En este capítulo se realiza el análisis necesario para alinear las características de los métodos, con las capacidades de los CDT para gestionar portafolios de proyectos de I+D+i. Inicialmente, se describen los factores que determinan el desempeño de los métodos (sección 3.1); luego se estudian las condiciones de aplicación y requisitos funcionales de las técnicas más comúnmente usadas (sección 3.2); paso seguido se analizan las capacidades de GPPI de los CDT (sección 3.3); finalmente, se concluye en una serie de condiciones deseables del método a proponer (sección 3.4), con las cuales se decidirá si se adopta o adapta un método usual, si se integran componentes de varias técnicas, o si se crea una nueva.

3.1 DESEMPEÑO DEL MÉTODO

Cooper et al. (1999) documentaron una investigación de campo, con el fin de determinar los factores que condicionan el desempeño de los métodos de GPPI en empresas. El contexto locativo del trabajo es Norteamérica, incluyendo a Canadá y Estados Unidos. El artículo no hace referencia a una temporalidad en especial. Lo que sí se menciona, es que se consolida la trayectoria y experiencia de los autores durante más de 20 años de investigación del equipo de trabajo, dentro de los cuales han tenido la oportunidad de conocer muchas empresas, particularmente las 30 empresas exitosas sobre las que se centra el artículo.

Uno de los resultados más relevantes de esta investigación, es el marco conceptual propuesto por los autores, ilustrado en la Figura 10.

Figura 10. Desempeño de los métodos de GPPI.



Fuente: Adaptación de Cooper et al. (1999).

En la propuesta de los autores se identifican tres grupos de criterios, a saber, los objetivos principales o métricas del desempeño de la GPPI, la percepción de satisfacción del método usado, y los objetivos causales de la aplicación de la técnica.

El grupo principal de criterios se refiere a las métricas del desempeño de los portafolios de proyectos, cuya definición se acomete en función de los objetivos que motivan la GPPI. Dichos objetivos se definen como la maximización del valor económico, la alineación estratégica y el balance del portafolio.

El segundo grupo de criterios ,percepción y satisfacción con el método para la GPPI, aprovisiona de información las métricas de desempeño. Dentro de este grupo se considera el estilo de gerencia, la percepción de efectividad, la percepción de eficiencia, el realismo percibido, la usabilidad, el entendimiento por parte de los gerentes, la calificación de excelencia del método, la verdadera ayuda para eliminar o impulsar proyectos y la recomendación del método a otros.

Finalmente, se encuentra un grupo de criterios u objetivos causales, los cuales estiman la importancia percibida de emplear el método, las razones para emplearlo, la naturaleza explícita y formal del proceso de GPPI, y las características específicas de los modelos usados.

Consecuentemente, para dar operación a su investigación, Cooper et al. (1999) desagregaron cada uno de los criterios a nivel de variables, las que a su vez fueron agrupadas en seis categorías, con el fin de realizar un análisis de correlación entre ellas. Estas categorías se describen en la Tabla 4a continuación:

Tabla 4. Criterios de evaluación de desempeño de GPPI.

Grupo de criterios	Criterios
Desempeño del método	✓ Número adecuado de proyectos para los recursos disponibles ✓ Ejecución oportuna y sin cuellos de botella en los proyectos ✓ Mayor valor del portafolio, rentabilidad, retorno y solidez en las perspectivas comerciales de los resultados. ✓ Balance del portafolio (largo y corto plazo, riesgos, etc.) ✓ Alineación de los proyectos con la estrategia ✓ El gasto en el portafolio refleja la estrategia del negocio
Afinidadde los métodos	✓ Afinidad con los métodos financieros ✓ Afinidad con los métodosde alineación con la estrategia del negocio: ✓ Adaptabilidad de los modelos de mapeo de portafolio o burbujas ✓ Afinidad con los métodosde calificación ✓ Afinidad con los métodosde clasificación ✓ Afinidad con otros métodos
Razones deimportancia para hacer GPPI	✓ Influencia de la selección de proyectos en los negocios que hace la empresa ✓ Influencia de la asignación de recursos sobreel logro de la estrategia del negocio ✓ Pertinencia de un ayuda para focalizar los objetivos de los proyectos ✓ La importancia de la selección de proyectos para mantener la ventaja competitiva ✓ Eficiencia en el gasto para lograr la estrategia ✓ Importancia de un balance en el portafolio de proyectos
Percepciones frente a los métodos	✓ Adaptación del método al estilo de gerencia ✓ Percepción de efectividad del método ✓ Percepción de eficiencia del método ✓ Percepción de objetividad y utilidad real del método ✓ Facilidad en el uso del método ✓ Entendimiento del método por parte de los gerentes ✓ Calificación de excelencia del método en su etapa de evaluación ✓ Percepción de ser una verdadera ayuda para eliminar o impulsar proyectos ✓ Recomendaciones del método a otros
Características de formalidad del método	✓ Grado de documentación y conocimiento del método explícito ✓ Formalidad del método dentro de los procesos organizacionales ✓ Grado de definición de reglas y procedimientos del Método ✓ Generalidad de las reglas para considerar los proyectos en conjunto ✓ Grado de integración entre la gestión de compras y la GPPI
Características demográficas o de contexto	✓ Tipo de organización ✓ Sector productivo

Fuente: adaptación de Cooper et al. (1999, 2001).

Tal como se señaló, esta categorización de los factores que influyen en el desempeño de los métodos de GPPI, constituye el marco de análisis de los criterios para elegir un método adecuado. En las siguientes secciones de este capítulo se analizarán las variables de cada criterio en el marco institucional de un CDT colombiano, concluyendo con una propuesta de condiciones deseables que debe cumplir el método seleccionado.

3.1.1 Análisis de desempeño del método

En esta sección se analiza las condiciones deseables de un método de GPPI en el contexto de un CDT, bajo las consideraciones de desempeño de los métodos descritas. Particularmente se observa que el número adecuado de proyectos gestionados acorde con los recursos disponibles en los CDT, aparentemente constituye una variable importante para estas organizaciones, dado que los recursos son limitados (véase numeral 2.4). No obstante, dentro de los indicadores generales de los centros descritos en la sección 2.4, el número de proyectos no se considera como una información relevante para la evaluación del desempeño de los mismos, por lo cual no es posible llegar a una conclusión certera respecto de esta variable propuesta dentro de los criterios de selección de los métodos.

En este sentido se evidencia que para los CDT lo relevante es la ejecución de recursos, poniendo en un punto de irrelevancia al número de proyectos que atiende este presupuesto. Sin embargo, la importancia de tener presente el número de proyectos como indicador,radica en que cada proyecto debe ser formulado, formalizado, evaluadoy controlado, lo cual requiere de recursos y capacidades de gestión que no dependen linealmente del monto del proyecto, sino que son una condición *sine qua non* de su existencia y su complejidad.

Respecto al criterio descrito como proyectos realizados a tiempo, evitando los cuellos de botella, se puede inferir que al contar con empresas privadas dentro de su principal portafolio de clientes, los CDT deben asegurar un flujo ágil de los procesos de gestión de los proyectos, de manera que se incorporen en la dinámica competitiva del mercado atendido por sus clientes. Adicionalmente, la interacción de servicios tales como la consultoría especializada y proyectos de I+D, exige una disposición oportuna de recursos para ambas actividades, según la demanda de los proyectos. Esta disposición de recursos sugiere un control estricto del número de proyectos, dadas las razones expuestas en el párrafo anterior, además de la evidente creciente complejidad de la interacción de recursos en función del número de proyectos.

Por lo tanto, una condición deseable para el método a seleccionar es que aporte señales para la planeación detallada del cronograma de los proyectos, así como la interrelación de los recursos necesarios en un tiempo determinado, teniendo presente las restricciones dadas por el número de proyectos que abarque el portafolio.

En cuanto al valor del portafolio, rentabilidad, retorno y perspectivas comerciales de los resultados de los proyectos a gestionar, se considera como una variable de menor relevancia para los proyectos sectoriales de los centros, puesto que son organizaciones sin ánimo de lucro, con un nivel bajo de patentes y negociación de tecnología (Hsu y

Hsueh 2009), y en las cuales los proyectos sectoriales de I+D+i se realizan con el ánimo de promover la competitividad de sus sectores.

No obstante, dado que la motivación principal de la innovación es la generación de beneficios, y que los CDT buscan ser autosostenibles y competitivos a nivel global, el método seleccionado debe proporcionar señales para estimar la generación de beneficios económicos del portafolio, sin ser necesariamente la variable que defina la viabilidad de la ejecución de los proyectos en cuestión.

Contar con un portafolio balanceando de proyectos consiste en tener la conciencia de los recursos y capacidades disponibles para los proyectos, de manera que se pueda asegurar la calidad y el control en la ejecución de los proyectos (Cooper et al. 2001). Esto exige que el método a implementar, facilite la visualización de los recursos exigidos por los proyectos en un horizonte de tiempo equivalente a los plazos trazados en la estrategia de los CDT (Balachandra y Friar 1997).Así mismo, se debe evaluar la fase de investigación, desarrollo o innovación en la que se encuentre el proyecto, identificando así, la alineación entre los alcances del proyecto y los objetivos de corto, mediano o largo plazo de la organización (Meade y Presley 2002). Estos factores son fundamentales a la hora de comprometer recursos futuros para los proyectos.

Si bien, el balance entre los proyectos particulares para empresas y los proyectos sectoriales es otro componente importante para la GPPI de los CDT, sería un elemento que estaría por fuera del alcance del método que se proponga, puesto que la decisión de ejecución de estos proyectos está por fuera del rango de los directivos de los CDT, siendo más una directriz de mercado. No obstante, la GPPI sí permitiría dimensionar los recursos que se destinarían a cada tipo de proyectos.

La alineación de los proyectos con la estrategia y su congruencia con la inversión en el portafolio, se perfilan como dos variables decisivas en el contexto de los CDT. Esto en razón de que los CDT están limitados a un sector productivo específico, tienen sus funciones y su posición en los sistemas de innovación claramente definidos, además de ser supervisados y regulados por políticas de ciencia, tecnología e innovación. Por estas razones, el método propuesto debe considerar los intereses estratégicos, las temáticas y el marco sectorial de los CDT, de manera que se condicionen los alcances de los proyectos a las funciones determinadas para los centros.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS

Con el fin de llegar a conclusiones generales acerca de las características de los métodos, en primer lugar se busca homologar una clasificación de los métodos propuestos en la literatura. Luego se analizan una serie de técnicas y se encajan en la clasificación definida, para finalmente, estudiar las condiciones de aplicación y funcionamiento de dichos tipos de métodos, así como los requerimientos de información de cada tipo de técnica (Wang, Lin, y Huang 2010).

Además de la clasificación propuesta por Cooper et al. (1999, 2001) mostrada en la sección 1.1.3, se estudia la perspectiva de clasificación de técnicas propuesta por Henriksen y Traynor (1999). Dicha descripción es la siguiente:

- Revisión por pares no estructurada
- Modelos de Calificación
- Programación matemática: incluye la programación entera, la programación lineal, programación a objetivos, y la programación dinámica.
- Modelos económicos: incluye la tasa interna de retorno, valor presente neto, retorno sobre la inversión, análisis costo – beneficio, y teoría de opciones de precios.
- Análisis de decisiones: tiene en cuenta la teoría de la utilidad multiatributo, árboles de decisiones, análisis de riesgos, y el proceso de análisis jerárquico.
- Métodos interactivos: tales como Delphi, Q-sot, *behavioral decision aids*, y modelado jerárquico descentralizado.
- Inteligencia artificial: incluye sistemas expertos y herramientas de lógica difusa.
- Optimización del portafolio.

En la Tabla 5 se realiza una comparación entre las clasificaciones de los métodos de GPPI propuestas por ambos autores.

Tabla 5. Cuadro comparativo de clasificación de técnicas de GPPI.

Cooper et al. (1999, 2001)	Henriksen y Traynor (1999)
Los métodos financieros	Revisión por pares no estructurada
Alineación con la estrategia del negocio	Calificación
Mapeo de portafolio o burbujas	Programación matemática
Modelos de Calificación	Modelos económicos
Listas de Chequeo	Análisis de decisiones
	Métodos interactivos
	Inteligencia artificial
	Optimización del portafolio

Fuente: Elaboración propia.

Esta comparación sugiere una clasificación complementaria de los métodos, puesto que desde un punto de vista más genérico, la propuesta de Cooper et al. (1999, 2001) abarca la propuesta de los otros autores, aunque en el detalle de su trabajo no se especifiquen algunas consideraciones de Henriksen y Traynor (1999). En este sentido se propone el complemento de la clasificación de la siguiente manera:

- Métodos económicos: Incluye los métodos financieros propuestos por Cooper Cooper et al. (1999, 2001).
- Alineación estratégica: incluye los métodos de revisión por pares no estructurada según la clasificación de Henrikensen y Traynor (1999)
- Mapeo del portafolio: Incluye los métodos de soporte gráfico e interactivos propuestos por Henrikensen y Traynor (1999).
- Modelos de calificación: Incluye los métodos de calificación de ambas corrientes y los métodos de listas de chequeo de Cooper et al. (1999, 2001), en la medida que los proyectos se califican como elegibles o no, de acuerdo con una lista de requerimientos especiales.
- Análisis de decisiones: Incluye los modelos de análisis de decisiones de Henriksen y Traynor (1999), en los cuales se recurre a herramientas estadísticas

para el análisis de una serie de variables, para tomar decisiones de proyectos específicos, según las probabilidad asociadas a criterios de decisión.

La programación matemática, la inteligencia artificial y la optimización de portafolios, se perciben como herramientas de análisis que pueden complementar a cualquiera de las categorías de métodos. Estas herramientas, por un lado, aportan confiabilidad y coherencia a la interrelación de los criterios, pero por otro lado dotan a los métodos de complejidad, demandando mayores recursos y conocimientos para su operatividad.

Consecuentemente, para evaluar las características específicas de los diferentes tipos métodos utilizados, se procede al estudio de varias técnicas específicas exploradas desde varios artículos científicos. En la Tabla 6 se presenta la caracterización de una serie de métodos estudiados, adaptando una propuesta de Bitman y Sharif (2008) para realizar un análisis comparativo entre estas técnicas. Este análisis se realiza a partir de tres tópicos: las perspectivas desde las cuales el autor aborda el problema de la selección y priorización de proyectos, la información necesaria para la funcionalidad del método, y las herramientas metodológicas o algoritmos que el método usa para lograr sus objetivos, las columnas 2,3 y 4 respectivamente.

Tabla 6. Caracterización de los métodos de GPPI.

Autor	**Perspectiva**	**Necesidad de Información**	**Herramientas usadas**
(Carlsson et al. 2007)	Realizar, abandonar o suspender inversión	Retorno, incertidumbre y estrategia de la inversión. Ciclo de vida tecnológico, impactos futuros, capacidades para el éxito de la inversión	Opciones reales con lógica difusa
(Coldrick et al. 2005)	Proceso de selección y justificación de un proyecto. Información para decisiones	(VARIABLE) - viabilidad técnica, disponibilidad de recursos, alineación estratégica, sinergia con otros procesos, impacto y potencial de mercado, riesgo de aplicación comercial, potencial retorno (PVI, IRR, NPV), patentabilidad.	Scoring
(Feng, Ma y Fan 2011)	Competitividad y colaboración del equipo del proyecto	Calidad y cantidad de las publicaciones, impacto y éxito de proyectos previos, reconocimiento (área de influencia geográfica), convergencia en investigaciones, cocitaciones, coautoría, importancia a la colaboración	AHP, scoring y media geométrica ponderada
(Chi-Cheng Huang, Pin-Yu Chu, and Yu-Hsiu Chiang 2008)	Selección de un programa de desarrollo tecnológico industrial	Nivel de avance, innovación, propiedad, extensibilidad, conexiones y generalidades de la tecnología, mejoramiento de las capacidades de investigación, tamaño potencial del mercado, impactos, beneficios a la sociedad, contribución al conocimiento, consideraciones ambientales, soporte técnico, tiempos, presupuesto y plan detallado entre otros.	Fuzzy AHP

Tabla 6. (Continuación).

Autor	Perspectiva	Necesidad de Información	Herramientas usadas
(Mohanty et al. 2005)	Mérito, riesgo y clasificación del proyecto	utilidad esperada, necesidad estratégica, experticia, tamaño potencial del mercado, políticas públicas, riesgo técnico, calcificación de la investigación, desarrollo o innovación, conocimiento asociado, interacción con mercados y tecnologías previamente abordadas, competidores, consideraciones ambientales, habilidades del equipo de investigación, entre otras	Fuzzy ANP
(Linton, Walsh y Morabito 2002)	Ranking de proyectos financieramente más atractivos y de mayor valor para la compañía	Flujo de caja descontado en escenarios pesimista, optimista y deseado; presupuesto, calificación del mercado para el producto calificación de la propiedad intelectual	DEA, Modelo de creación de valor
(Lager 2002)	Balance del portafolio de proyectos para desarrollo de nuevos procesos	Opinión sobre novedad en el mundo y en la empresa del nuevo proceso	Scoring
(Imoto, Yabuuchi y Watada 2008)	Ranking de los proyectos más atractivos	Criterios calificados según categorías previas	AHP y scoring (validado por fuzzy)
(Wang y Hwang 2007)	Conjunto balanceado de proyectos candidatos que maximizan beneficios en un plazo estimado	Número total de proyectos, valor de cada proyecto, presupuesto de proyecto por etapa, costos de inversión por etapa, habilidades específicas por etapa por proyecto, número de personas disponibles, prerrequisitos de proyectos, posibilidades de financiación (premisa de dificultad de información disponible)	Fuzzy y opciones reales
(Meade y Presley 2002)	Asignación de recursos a proyectos en competencia dispareja. Considera el nivel de decisión de los participantes en el proceso.	Opinión de expertos respecto a los criterios propuestos. Hoja de vida de los expertos.	Analytic Network Process - ANP

Tabla 6. (Continuación).

Autor	Perspectiva	Necesidad de Información	Herramientas usadas
(Stewart 1991)	Obtener la maximización de una función de beneficio multicriterio.	Presupuesto, disponibilidad presupuestal, probabilidades de éxito, flujo de caja descontado, horas hombre necesarias. Datos cuantitativos del proyecto.	Sistema de soporte a decisiones por algoritmo heurístico para problemas no lineales.
(Bitman y Sharif 2008)	Síntesis y diagramas para facilitar la visualización de información relevante para la toma de decisiones.	Opinión de implicados en una escala estandarizada de comparación, en la que se juzgan los proyectos. Opinión de expertos en una escala Likert.	AHP, radar, cuadro de mando, encuestas.

Fuente: Elaboración Propia

Estas técnicas examinadas, se agrupan en la clasificación propuesta de tipos de métodos, acorde con sus resultados y su forma de operar, lo cual se puede ver en la Tabla 7. Posteriormente, para cada tipo de método, se resumen sus criterios de evaluación en la Tabla 8. Finalmente, en la Tabla 9 se recopilan los requerimientos de información y herramientas de apoyo para el procesamiento de información y evaluación de criterios, que se observa son utilizadas en cada uno de los tipos de técnica.

Tabla 7. Agrupación de técnicas de GPPI.

Tipo de Método	Autores de referencia	Herramientas utilizadas
Métodos económicos	(Carlsson et al. 2007); (J. D. Linton et al. 2002); (Stewart 1991)	Opciones reales con lógica difusa, Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis – DEA), Modelo de creación de valor.
Alineación Estratégica	(Feng et al. 2011); (Mohanty et al. 2005); (Wang y Hwang 2007); (Coldrick et al. 2005); (Bitman y Sharif 2008); (Meade y Presley 2002)	Lógica difusa y opciones reales, Procesos de Análisis Jerárquico - AHP, scoring, media geométrica ponderada, Proceso Analítico en Redes - ANP.
Mapeo del Portafolio	(Chi-Cheng Huang et al. 2008); (Lager 2002); (Wang y Hwang 2007)	Lógica difusa, AHP, Scoring y opciones reales
Modelos de calificación	(Chi-Cheng Huang et al. 2008); (Mohanty et al. 2005); (Coldrick et al. 2005); (Imoto, Yabuuchi y Watada 2008); (Bitman y Sharif 2008); (Meade y Presley 2002)	Lógica difusa, AHP, ANP
Análisis de Decisiones	(Stewart 1991)	Sistema de soporte a decisiones, toma de decisiones multicriterio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Criterios de evaluación de cada tipo de método de GPPI.

Métodos económicos	Proyecciones de retorno sobre la inversión, tomados a partir de cálculos de incertidumbre y su relación con la estrategia de inversión, cálculo del valor presente neto y de la creación de valor del proyecto.
Alineación Estratégica	Número de proyectos, alineación estratégica, presupuesto detallado, problemática, complejidad tecnológica, cronograma, proyecciones de mercado, posibilidad de patentamiento, retorno sobre la inversión, incertidumbre de éxito, publicaciones, experiencias en proyectos previos, opiniones de expertos, redes de colaboración y publicaciones en coautoría, impactos y resultados, capacidades organizacionales.
Mapeo del Portafolio	Novedad y relevancia de la tecnología, beneficios económicos y sociales, disponibilidad de recursos, riesgo comercial, percepción de optimismo, número de proyectos, alineación con la estrategia de la empresa.
Modelos de calificación	Novedad y relevancia de la tecnología, beneficios económicos y sociales, calidad del plan de proyecto, disponibilidad de recursos, riesgo técnico, tecnológico y comercial, percepción de optimismo, capacidades organizacionales, perspectivas de mercado.
Análisis de Decisiones	Beneficios económicos y sociales, disponibilidad de recursos, riesgo técnico, tecnológico y comercial, percepción de optimismo, atributos del proyecto, experiencias previas, capacidades organizacionales, perspectivas mercado, entorno y tecnología, tiempo necesario para llegar a la innovación, grado de avance o estado del proyecto (Investigación, Desarrollo o innovación).

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Requerimientos de información según el tipo método de GPPI.

Requerimientos de información	
Métodos económicos	Análisis de flujo de caja descontado en escenarios pesimista, optimista y deseado; presupuesto, calificación del mercado para el producto, valoración de la propiedad intelectual, indicadores de incertidumbre y estrategia de la inversión, variables económicas del mercado.
Alineación Estratégica	Número total de proyectos, presupuesto de proyecto por etapa, habilidades necesarias, recursos y expertos disponibles, prerrequisitos de proyectos, posibilidades de financiación, calidad y cantidad de las publicaciones resultado del proyecto, área de geográfica influencia, grupo investigadores, necesidad estratégica del proyecto, tamaño potencial del mercado, alineación con políticas públicas, riesgo técnico, nivel de desarrollo (I+D+i), competidores, consideraciones ambientales.
Mapeo del Portafolio	Señales o datos calificados aproximados para información tal como el nivel de avance, objetivo y propiedad de la tecnología, grado de extensibilidad, mejoramiento de las capacidades de investigación, tamaño potencial del mercado, beneficios, contribución al conocimiento, consideraciones ambientales, presupuesto y estructura desagregada de trabajo, número total de proyectos, habilidades específicas por proyecto, número de personas y expertos disponibles, prerrequisitos de proyectos, posibilidades de financiación.
Modelos de calificación	Opinión de expertos calificada respecto a variables tales como nivel de avance de innovación, extensibilidad, mejoramiento de las capacidades de investigación, tamaño y condiciones del mercado, competencia, impactos, consideraciones ambientales, tiempos, presupuesto, necesidad estratégica, experticia, políticas públicas, riesgo técnico, clasificación de la investigación, desarrollo o innovación, conocimiento asociado, habilidades del equipo de investigación.

Tabla 10. Continuación

Análisis de Decisiones	Datos estadísticos de riesgos asociados al avance, innovación, objetivo y propiedad de la tecnología, extensibilidad. Datos validados de tamaño potencial del mercado, impactos, presupuesto. Cuantificación de riesgo técnico, clasificación de la investigación, desarrollo o innovación, conocimiento asociado, competidores, consideraciones ambientales, habilidades del equipo de investigación.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1 Análisis de la Caracterización de los Métodos

Los métodos económicos son los métodos más populares entre los usados por las empresas, puesto que ofrecen una base objetiva de alineación de los proyectos con indicadores de gestión de la empresa. Sin embargo, su desempeño en las organizaciones no aborda de una manera satisfactoria los intereses de alineación estratégica, balance del portafolio y la gestión oportuna de los proyectos (Cooper et al. 2001). Si bien, la relación positiva entre la aplicación de estos métodos con el mayor valor del portafolio ha sido demostrada de una manera conceptual y teórica (Wang y Hwang 2007; J. Linton, Morabito y Yeomans 2007), en la práctica, la evaluación del desempeño de estos métodos tiene dificultades, dada la cantidad de corrientes conceptuales que los soportan, la falta de información y la nula trazabilidad de la aplicación de dichos métodos para su debida validación (Killen et al. 2007).

Para los portafolios de proyectos sectoriales de I+D+i gestionados desde los CDT, como campo de aplicación de la metodología objeto de esta tesis, el alto valor financiero del portafolio no es una característica fundamentalmente decisiva, pues el valor de los mismos se manifiesta en la percepción de mejora de la competitividad de su sector asociado. También es de destacarse, que los proyectos sectoriales perciben su valor en función del impacto socioeconómico que generan sus resultados en un sector específico, para lo cual es necesario calcular una serie de variables y externalidades asociadas, que con frecuencia son prácticamente imposibles de medir.

Adicionalmente, se pueden apreciar las exigencias de información requeridas para la aplicación efectiva de los métodos económicos, sumándosele la complejidad de las herramientas utilizadas por estos. Esta observación sugiere que estos métodos necesitan de una organización preparada en disponibilidad de tiempo, información y recursos capacitados para el manejo de la herramienta, que puede ser el caso de grandes empresas de base tecnológica con alta inversión en I+D (Hyvarinen 1995; Lawson et al. 2006).Sin embargo, este no es el caso de los CDT colombianos, pues se percibe una escasa disposición de recursos y tiempo para realizar estudios económicos previos y capacitaciones especializadas, con el fin de proveer la información y las capacidades técnicas necesarias para la aplicación de métodos económicos sofisticados.

Los métodos de alineación estratégica reflejan la congruencia entre el gasto y la estrategia del negocio, son más efectivos a la hora de definir un número adecuado de proyectos para el portafolio y reflejan una percepción del valor del portafolio (Cooper et al. 2001). En el ámbito de los CDT, quien percibe el valor generado por los proyectos que desarrollan, es su propia red de asociados, tanto de clientes como de proveedores de conocimiento. En este sentido, los métodos de alineación estratégica se presentan como

una opción pertinente para aplicarse en el objeto de este trabajo, en tanto que posibilitan la vinculación de las partes interesadas del CDT, a través de sus percepciones del valor del portafolio proyectos.

Entre tanto, los métodos de mapeo del portafolio resultan tener un mejor desempeño para el balance del portafolio (Lager 2002; Killen et al. 2007), lo cual es un aspecto de suma importancia para los CDT (véase Capítulo 2, numeral 2.3).Otro criterio que justifica la aplicación de estos métodos comprende la visualización comparada de variables que evalúan la pertinencia y relevancia de los proyectos para mejorar la competitividad de la organización (Mikkola 2001). Por otro lado, la pertinencia de aplicación de estos métodos en los CDT radica en las capacidades y la experiencia para manejar las herramientas utilizadas en estos métodos, particularmente en la prestación de servicios de prospectiva y vigilancia tecnológica, para la identificación y promoción de futuros cambios tecnológicos.

Los métodos de calificación proporcionan un mecanismo ágil y efectivo para el compendio de percepciones de múltiples agentes influyentes sobre un portafolio (Coldrick et al. 2005). Esta condición es especialmente funcional para los CDT, pues como se mencionó, estos centros tienen la influencia y dependencia de varias entidades del sector al cual están conexos.

Los métodos de alineación estratégica, mapeo del portafolio y de calificación no son muy exigentes en cuanto a información consolidada y a recursos capacitados para su operatividad. Fundamentalmente, estos métodos exigen percepciones antes que información consolidada y exacta de los criterios que incluyen en su matriz de evaluación; por lo tanto, la disponibilidad de la información depende de la disposición de las personas idóneas para incluir en la aplicación del método. Respecto a las capacidades necesarias para operar el método, se puede concluir que las herramientas utilizadas tienen como objetivo la cuantificación de la evaluación cualitativa de los participantes y la simplificación del análisis de los resultados, por lo cual el nivel de complejidad no exige una formación muy elevada para su operación.

Por último, los métodos de listas de chequeo se perfilan como un conjunto de métodos donde la metodología involucrada no es muy compleja, lo que sí es claro es que son útiles ante una bolsa de alternativas de proyectos relativamente grande, donde se evalúan proyectos en comparación con variables definidas para proyectos tipo. Particularmente, para los CDT colombianos no es claro el número de proyectos que gestionan, pero sí es claro que los recursos asignados a proyectos son limitados, lo cual limita el flujo de proyectos y no es necesario que estos deban empaquetarse para evaluarse por grupos. Estas razones indican que en el contexto de los CDT la selección del portafolio de proyectos no se realiza por “paquetes”, sino que es más pertinente realizar una evaluación individual de cada proyecto según una serie de criterios previamente definidos y evaluados.

3.3 CAPACIDADES PARA GPPI

En esta sección se analizan las capacidades de los CDT para desarrollar un proceso estructurado de GPPI. Este análisis se realiza a la luz de cuatro de los factores de desempeño de la GPPI, definidos la sección 3.1. “DESEMPEÑO DEL MÉTODO” del presente capítulo, a saber: la importancia y razones para aplicar la GPPI, las percepciones frente al método, las características de formalidad del método y las características del contexto. Con esta perspectiva, Killen (2008) en su tesis doctoral, propone un marco conceptual y metodológico propicio para evaluar la madurez de las capacidades para GPPI. Esta sección se aborda conceptualmente, desde la propuesta de esta autora,

El concepto de Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) se refiere a aquellas capacidades organizacionales para generar innovaciones de una manera gestionada y sistematizada (Guan y Ma 2003), y son en gran parte las responsable de las ventajas competitivas de la organización, entre otras cosas porque abarcan la habilidad de introducir un nuevo producto o adoptar un proceso más rápido que la competencia, con una gestión eficiente de los recursos por medio de una estructura organizacional adecuada (Robledo, Aguilar y Pérez 2011).

Por lo tanto, si la unidad operativa de la gestión de la innovación son los proyectos (Icontec 2008), una parte de las capacidades de innovación se enfocan en mejorar éxito de los proyectos de innovación, por medio del ejercicio de un proceso sistemático en un ambiente de toma de decisiones, en el cual se maximiza el valor de la innovación en el largo plazo si se hace a través de portafolios de proyectos de innovación (Coldrick et al. 2002; Cooper et al. 2001).

Las capacidades necesarias para GPPI se conciben como una capacidad dinámica de la organización, puesto que se trasciende la asignación de recursos para nuevos desarrollos y se impacta directamente la posición de recursos en las diferentes estrategias y las ventajas competitivas de la organización, a partir de las dinámicas internas y externas de la organización, pues toma a la organización como sistema abierto (Killen y Hunt 2009).

En este sentido, uno de los aportes de la tesis doctoral de Killen (2008) es un modelo para medición de la madurez de las capacidades de GPPI basado en el aprendizaje y en los resultados de innovación. Para llegar a este modelo, la autora parte de la teoría basada en recursos, para llegar a describir las capacidades de GPPI como una capacidad dinámica de la organización. En este sentido, la autora también se guía por la propuesta de arquitectura organizacional de Nadler y Tushman (1997) para identificar tres dimensiones que describen los componentes principales de las capacidades de GPPI (véase Figura 11):

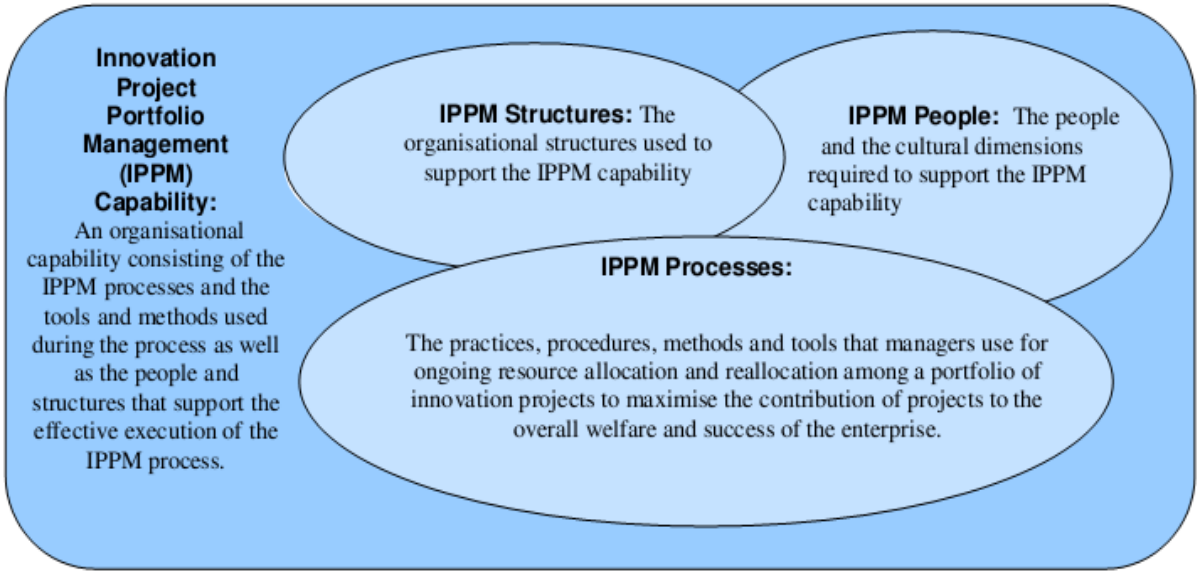
1. Estructura de GPPI: Estructura organizacional que soporta las capacidades de GPPI.
2. Las personas de GPPI: las dimensiones el talento humano y cultura que se requieren para soportar las capacidades de GPPI.
3. Proceso de GPPI: las prácticas, procedimientos, métodos y herramientas que los ejecutivos y directivos usan para la asignación de recursos a los proyectos de innovación.

Posteriormente, para entender la manera como se forman las capacidades para GPPI, se recurre a un modelo de congruencia organizacional donde se analizan tres dimensiones de las capacidades, pero en el contexto del aprendizaje de una organización en un ambiente dinámico. Así mismo, se relacionan estas capacidades con el impacto de la GPPI en las ventajas competitivas de la empresa, completando el análisis de congruencia organizacional.

Luego de definir este marco de trabajo, la autora incorpora la aplicación de modelos de evaluación de madurez gestión de proyectos al contexto la innovación, definiendo los componentes, variables y métricas que definen las capacidades de GPPI, integrando los objetivos de gestionar PPI, los procesos propios de este tipo de gestión, y los resultados que se buscan al emprender estos procesos. Para referenciar estos componentes conceptuales, Killen se remite a las propuestas de Cooper, Edgett y Kleinschmidt (1999, 2001).

Finalmente se llega a un modelo de evaluación de capacidades de GPPI basado en tres objetivos fundamentales y seis estados en los que se valora la madurez de las capacidades. Adicionalmente, en este modelo se propone evaluar las salidas de la GPPI en función de lo impactos directos de esta gestión sobre el desempeño de la organización. Una adaptación del modelo de evaluación se expone en la Tabla 11.

Figura 11. Tres dimensiones de la capacidad de GPPI.



Fuente: Killen (2008)

Tabla 11. Visión general del modelo de madurez de GPPI.

Objetivos Fundamentales	Deseo de mejorar los resultados de innovación	Estrategia de innovación definida	La innovación a partir de proyectos
Estado de Madurez de las Capacidades	Búsqueda y aprendizaje hacia la mejora de resultados de innovación	La estrategia está articulada	Los proyectos de innovación usa estructura de procesos
	Existencia de una capacidad efectiva de gestión de proyectos de innovación	La estrategia está entendida y acordada	Los procesos de los proyectos incluyen puntos de evaluación
	Una junta de revisión de portafolio existente	La estrategia direcciona las decisiones de proyectos de innovación	Los proyectos de innovación son revisados
	Nivel de evaluación de proyectos nuevos y en marcha	La estrategia considera el balance del portafolio	Los criterios de evaluación son cuidadosamente desarrollados
	Implementación personalizada por etapas	La estrategia se promulga a través de los proyectos	El proceso incluye mejoramiento y realimentación para los proyectos
	Capacidad de GPPI acorde con los cambios en el entorno	La relación entre estrategia y proyectos es de dos vías	Los procesos de los proyectos de innovación se ajustan a partir de la realimentación del portafolio
Salidas propósito del GPPI	Ventaja competitiva de DNP a través de GPPI	Alineación del portafolio con la estrategia	Alto valor, balance y fluidez del portafolio

Fuente: adaptación de Killen y Hunt (2009).

3.3.1 Análisis de Capacidades de GPPI en CDT

En las Tablas 11, 12 y 13 se presentan los análisis correspondientes a las capacidades de GPPI en función de los objetivos fundamentales propuestos en el contexto de los CDT.

Tabla 12. Capacidad de GPPI en CDT: deseo de mejorar los resultados de innovación.

Deseo de mejorar los resultados de innovación	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
Búsqueda y aprendizaje hacia la mejora de resultados de innovación	La mejora en resultados de innovación es un compromiso misional de los CDT, por lo tanto se puede contar con una capacidad en este sentido.
Existencia de una capacidad efectiva de gestión de proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos (DNP).	Esta capacidad se ha desarrollado en torno al desarrollo de proyectos hacia clientes. La efectividad a la cual hace referencia esta capacidad, también radica en los socios tecnológicos de los CDT.

Tabla 13. Continuación

Deseo de mejorar los resultados de innovación	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
Una junta de revisión de portafolio existente	La naturaleza sectorial de los CDT propone una participación activa de representantes de su cadena productiva, para la toma de decisiones estratégicas para el mismo centro. Adicional a esto, los CDT, al ser organismos de intermediación para el desarrollo de los proyectos, cuentan con redes de expertos calificados para la revisión del portafolio de proyectos.
Nivel de evaluación de proyectos nuevos y en marcha	Las interventorías parciales a los proyectos sugieren una forma de evaluación de los proyectos en marcha; sin embargo, esta evaluación no es decisiva en cuanto a la continuación o no de un proyecto determinado.
Implementación personalizada por etapas del GPPI	No hay algún comentario a partir de la información disponible.
Capacidad de GPPI acorde con los cambios en el entorno	Las experiencias en proyectos de prospectiva y la función de articularse con los sistemas nacionales y regionales de innovación, hace que los CDT tengan un portafolio de proyectos pionero en el conocimiento asociado con los cambios del entorno, tanto así que en ocasiones deben ser los impulsores de dichos cambios.
Conclusión: Las capacidades asociadas con la intencionalidad de gestionar un portafolio de proyectos para mejorar los resultados de innovación están presentes en los CDT de una manera satisfactoria. Esto se debe al objeto misional de impulsar los sectores de una manera estratégica hacia la innovación, a las experiencias en enviar señales para la definición de políticas y a la influencia de los CDT en los cambios tecnológicos de sus sectores asociados.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Capacidad de GPPI en CDT: estrategia de innovación definida.

Estrategia de innovación definida	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
La estrategia está articulada con el portafolio de proyectos.	La delimitación sectorial de los CDT les asegura la capacidad de alinear estratégicamente los proyectos que desarrollan en su campo específico de acción.
La estrategia está entendida y acordada	Si bien se muestra una inversión considerable en proyectos de innovación por parte de externos, la baja intensidad en I+D de los propios CDT no muestra una apuesta estratégica a determinados temas, de tal manera que se evidencie un desarrollo sustancial de esta capacidad.
La estrategia direcciona las decisiones de proyectos de DNP	La delimitación sectorial de los CDT les asegura una alineación estratégica de los proyectos que desarrollan en su campo específico de acción.

Tabla 15. Continuación.

Estrategia de innovación definida	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
La estrategia considera el balance del portafolio	Más que la estrategia es la disponibilidad presupuestal ajustada la que exige un balance en el portafolio. Igualmente, los mapas de ruta consignados generalmente en los ejercicios de prospectiva, sugiere una capacidad inicial para el balance del portafolio, por lo menos en cuanto a la prioridad de los temas de actualidad a abordar por los proyectos.
La estrategia se promulga a través de los proyectos	Dado que los proyectos se realizan en el marco de la estrategia, y los resultados de estos debe ser divulgados, se puede decir que sí es promulgada; sin embargo, cuando se trata de proyectos con financiación privada, como es la mayor parte de los proyectos, esta capacidad se puede ver afectada.
La relación entre estrategia y proyectos es de dos vías	Esta relación se da en tanto los proyectos se realizan en el marco de la estrategia del CDT, y los proyectos de prospectiva le brindan señales a los centros para la definición de su estrategia.
Conclusiones: Si bien la estrategia de los CDT hacia la innovación está claramente definida, la congruencia de esta con los resultados se ve comprometida por diversos factores como lo son la dependencia de financiación de proyectos bajo demanda y la falta de recursos para gestionar sus proyectos con una mayor autonomía.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Capacidad de GPPI en CDT: la innovación a partir de proyectos.

La innovación a partir de proyectos	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
Los proyectos de innovación usan estructura de procesos	Las fuentes de financiación de proyectos exigen el cumplimiento de estándares de congruencia y pertinencia de proyectos. Las actividades específicas para planeación, ejecución y seguimiento de proyectos pueden llegar a ser estandarizadas bajo normas, entendiendo que la unidad básica de gestión de los CDT son los proyectos. No obstante, las certificaciones de estas actividades bajo estándares de sistemas de gestión en los CDT no se percibe como un factor común, por lo que la gestión por procesos puede ser un campo de mejora en esta capacidad.
Los procesos de los proyectos incluyen puntos de evaluación	Los proyectos ejecutados por los CDT proceden con evaluaciones periódicas, pues deben presentar informes parciales a sus fuentes de financiación, tales como empresas o fondos públicos de promoción a la investigación.
Los proyectos de innovación son revisados	Los proyectos ejecutados por los CDT proceden con evaluaciones periódicas, pues deben presentar informes parciales a sus fuentes de financiación, tales como empresas o fondos públicos de promoción a la investigación.
Los criterios de evaluación son cuidadosamente desarrollados	No es claro si para los propios centros están definidos o no los criterios de evaluación de los proyectos que desarrollan, pues el desarrollo de muchos de sus proyectos son por demanda, y no hay evidencia de procesos de evaluación ex ante para proyectos de tipo sectorial.

Tabla 17. Continuación

La innovación a partir de proyectos	
Capacidad de GGPI	**Análisis en el Contexto de un CDT**
El proceso incluye mejoramiento y realimentación para los proyectos	No hay una evidencia que sugiera una conclusión para esta capacidad. No obstante, el mejoramiento en el desempeño de los centros sugiere la implementación de mejoras en su gestión. Adicionalmente, hay algunos CDT haciendo esfuerzos considerables en la capacitación y certificación de personal para la gestión de proyectos bajo estándares internacionales (como el PMI), lo que sugeriría un avance en este sentido.
Los procesos de los proyectos de innovación se ajustan a partir de la realimentación del portafolio	No hay una evidencia que sugiera una conclusión para esta capacidad. No obstante, el mejoramiento en el desempeño de los centros sugiere la implementación de mejoras en su gestión.
Conclusiones: Los procesos de gestión de proyectos están poco documentados a nivel de los CDT. Este conjunto de capacidades en los CDT radica en la habilidad para la gestión por proyectos, lo cual incluye fortalezas en la parte de planeación, formulación, seguimiento y evaluación del portafolio de proyectos. Los recursos y procesos para la gestión del portafolio son limitados.	

Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión general de esta sección, se observa que los CDT disponen de un direccionamiento estratégico propicio para GPPI y, congruentemente, cuentan con recursos para la implementación de una GPPI estructurada. Sin embargo, los procesos de GPPI deben ser formalizados, de manera que se cuente con una trazabilidad de estos procesos y, por ende, un aprendizaje organizacional en este sentido.

Otro asunto que se debe atender para que los CDT maduren sus capacidades de GPPI, se refiere a la disponibilidad de información para evaluación de proyectos, lo cual se puede lograr dirigiendo parte de los recursos hacia estudios previos necesarios para la priorización de proyectos.

Finalmente, el hecho de que los recursos y procesos para la gestión del portafolio sean limitados en los CDT, sugiere que es necesario evaluar con detenimiento el fortalecimiento institucional en cuanto a la disponibilidad de infraestructura y tecnología para la GPPI, siendo pertinente una dotación de métodos especializados, ayudas informáticas y bases de datos para tales fines. Además de esto, es preciso adecuar la estructura organizacional de los centros para el máximo aprovechamiento de los recursos en función de la GPPI, de tal manera que la configuración de cargos, responsabilidades, funciones y jerarquías en instancias de dirección, coordinación y control, motiven la formación de habilidades, conocimientos y experiencia del personal de la organización hacia la GPPI.

3.4 CONDICIONES DESEABLES DEL MÉTODO

En esta sección se resumirán las conclusiones parciales de las secciones 3.1, 3.2 y 3.3. Dicho resumen es un listado con las condiciones que se consideran deseables para que el método propuesto sea adecuado para el contexto de un CDT.

De los análisis respectivos al desempeño del portafolio, se identifican las siguientes condiciones deseables:

- El método debe brindar señales para la definición de un número adecuado de proyectos, en función de los recursos financieros disponibles y de la capacidad de gestión del CDT (estructura, recursos y procesos).
- El método debe considerar la temporalidad necesaria para la ejecución de los proyectos, relacionándola con la intensidad de recursos necesarios.
- El método debe considerar la evaluación de beneficios e impactos sectoriales de los proyectos, traducidos como valor del portafolio.
- La técnica debe integrar los intereses estratégicos y temáticas de los proyectos en un marco sectorial, considerando la congruencia entre la estrategia del CDT y las temáticas específicas de cada proyecto.

De los análisis respectivos a la caracterización de los métodos, se identifican las siguientes condiciones deseables:

- Considerar una combinación de los métodos de alineación estratégica, mapeo y calificación, pues son los métodos más adecuados para articular los proyectos con la estrategia.
- El método debe considerar sólo la información disponible y validada por el CDT, de acuerdo con el grado de avance del proyecto que se evalúa.
- Incluir la percepción de un grupo de expertos respecto a la alineación estratégica en un contexto sectorial y de impactos del proyecto, asegurando una adecuada comunicación y despliegue de las prioridades del centro.
- Considerar una señal de pertinencia relativa en una perspectiva temporal de los proyectos.
- Incluir múltiples percepciones de calificación y de relevancia de los criterios que se definan para la selección y priorización del portafolio.
- Proponer un método entendible y con una mínima exigencia de conocimientos específicos necesarios para la operación, esto es, proporcionar agilidad, efectividad y simplicidad para la operación del método.
- La implementación del método debe ser poco intensiva en recursos y tiempo.
- Proporcionar una alternativa metodológica que supla la falta de información necesaria para evaluar proyectos. En este sentido, se sugiere un método de calificación por expertos, asegurando la objetividad en la selección y priorización.

De los análisis respectivos a las capacidades de GPPI de los CDT, se identifican las siguientes condiciones deseables:

- Se debe aprovechar y potenciar las capacidades de vigilancia y prospectiva para el apoyo a definiciones estratégicas y su relación del portafolio con el entorno, aprovechando la posición competitiva.
- Aprovechar capacidades de planeación y formulación de proyectos de I+D.
- Simplificar la operación del método con unas mínimas exigencias de conocimientos específicos, infraestructura o software especializado.

- Buscar la congruencia entre la estrategia y los resultados de innovación, por medio de la relación evidente de los proyectos con los indicadores de gestión del CDT.
- Asegurar la autonomía, efectividad y eficiencia del método.
- Facilitar la documentación de la gestión de portafolios como proceso.
- Aprovechar la red de asociados y partes interesadas de los CDT, como posibles recursos externos que pueden apoyar el ejercicio de GPPI.
- La complejidad de los métodos está directamente relacionada con la percepción y aceptación frente al método; por lo tanto, se debe propender por un método de aplicación sencilla y entendible por los implicados en su ejercicio.

4. PROPUESTA DEL MÉTODO DE GPPI

Las condiciones deseables para el método definidas en el capítulo anterior, se abordan en este capítulo para proponer una técnica de GPPI apropiada para el contexto de los CDT en Colombia, buscando cumplir con el objetivo trazado para esta tesis. Con base en esto, se propone una aproximación híbrida que integra los métodos de alineación estratégica, mapeo y calificación, donde se recurre sólo a la información disponible, incluyendo múltiples percepciones de expertos y decisores respecto a los criterios de priorización del portafolio de proyectos, acordes con el contexto sectorial y de los impactos de los proyectos a evaluar.

Las condiciones deseables, en general, se retoman en los criterios ponderados para la evaluación de GPPI, propuestos en la base para la estructura jerárquica en la sección 4.2 del presente capítulo. Adicional a los criterios ponderados, el tema de la temporalidad y recursos necesarios para los proyectos, se aborda mediante un diagrama general de cronograma y presupuestos, descrito en la sección 4.1.1.

Lo concerniente con la alineación estratégica se tiene presente como un factor fundamental en esta propuesta. Tanto así, que este factor motiva la instrumentación del método propuesto por medio del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés), como herramienta de soporte a la toma de decisiones (Vaidya y Kumar 2006). En este sentido, se plantea la selección de un comité de ponderación, la ponderación de criterios, un análisis de consistencia y la respectiva realimentación de la estructura jerárquica, pasos que serán detallados en las sesiones 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 y 4.1.5, respectivamente.

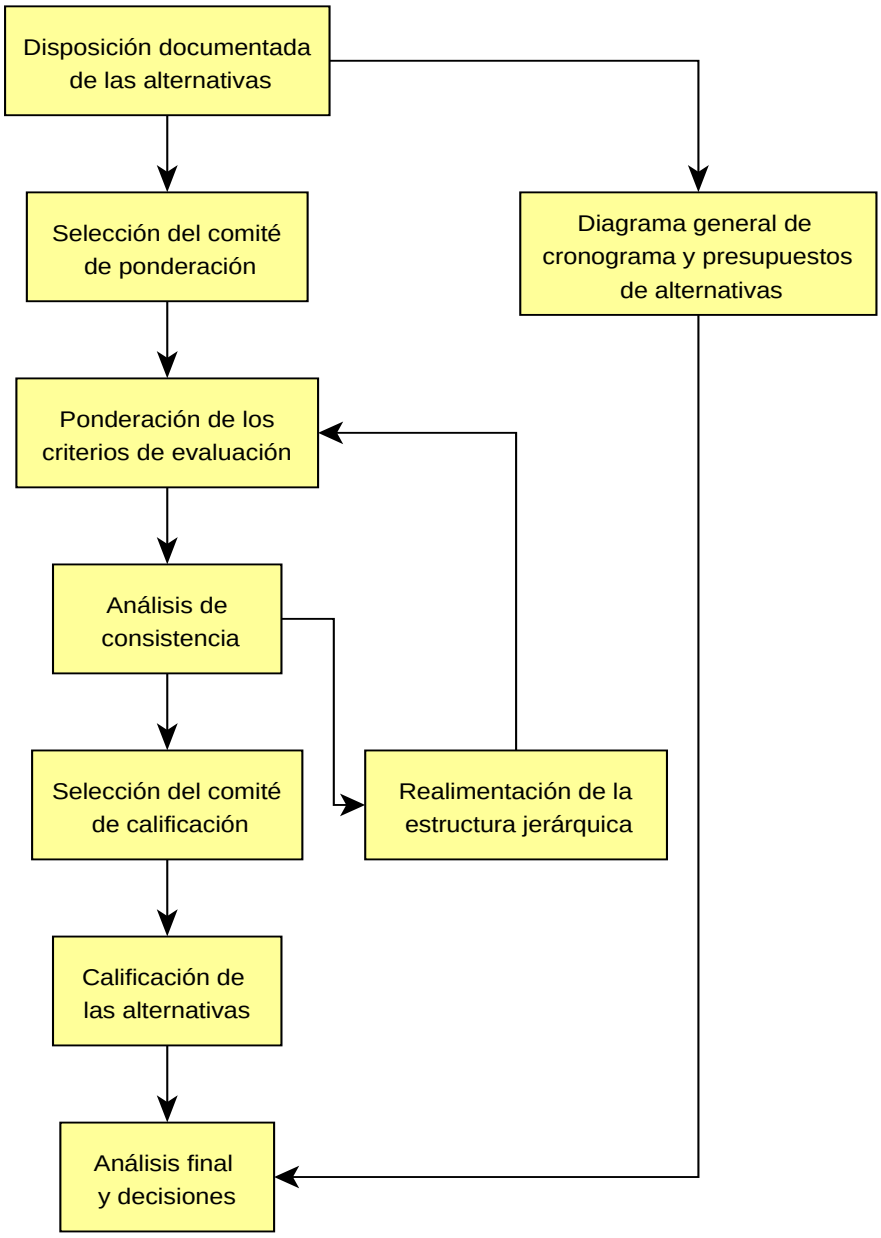
4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Tal como se señaló, se propone un método que utiliza la herramienta (AHP), integrado con una recopilación de presupuestos y tiempos de ejecución de los proyectos, variables que se grafican en un diagrama generalizado con cronograma y presupuesto. El proceso detallado de esta propuesta se describe en la Figura 12; posteriormente se explica cada uno de los pasos del proceso.

En primera instancia es necesario abordar la temporalidad en la aplicación del método propuesto. Esta técnica cuenta con un primer subproceso de decisión que se refiere a la ponderación de los criterios de evaluación. Mediante dicho proceso, se despliega la estrategia organizacional de la organización en una serie de criterios, a partir de los cuales serán evaluados los proyectos de manera individual. En este orden de ideas, la ponderación de criterios se realiza cada que se defina la estrategia corporativa, o en su

defecto cuando se atienda a un procedimiento de mejora en los procesos de direccionamiento estratégico del CDT. El detalle de este proceso se aprecia en las secciones 4.1.2 “Selección del comité de ponderación” y 4.1.3 “Ponderación de los criterios de evaluación”.

Figura 12. Método de GPPI propuesto.



Fuente: elaboración propia.

Por otro lado se expone la evaluación de proyectos por parte de expertos como un segundo momento de decisión. Este proceso se realiza a partir de la calificación específica de los criterios ponderados previamente, tal como se muestra en la sección 4.1.6 “Calificación de las alternativas”. Este proceso se realiza cuando se cuente con una bolsa de proyectos, todos estos debidamente documentados tal como se explica en la sección 4.1.1 “Disposición documentada de las alternativas”, y en cualquier momento, podrá revisarse la calificación y priorización de proyectos, de acuerdo con el flujo de proyectos a través de las instancias de decisión del CDT.

4.1.1 Disposición documentada de las alternativas

Este primer paso se trata de la documentación de las alternativas que serán evaluadas por el grupo de expertos, de tal manera que obtengan la información suficiente para realizar sus juicios. La propuesta en este paso se centra en prescindir del detalle innecesario en la información propia de cada proyecto, puesto que el papel del evaluador se centrará en la calificación, antes que en la verificación, validación o realimentación de la propuesta.

Otra razón de peso para simplificar la documentación de las propuestas de proyecto o alternativas, es que la decisión estará basada en la experticia del evaluador. Por estas razones, se propone que las alternativas se presenten en un documento simplificado, el cual contiene los tópicos necesarios y suficientes para que el experto exprese su opinión frente a la pertinencia del proyecto, acorde con los criterios a evaluar. Estos criterios serán descritos en la sección 4.2. “PROPUESTA DE BASE PARA LA ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE CRITERIOS”.

Los componentes de la documentación de la alternativa se explican a continuación.

- TÍTULO: Se presenta el nombre asignado para la identificación del proyecto
- JUSTIFICACIÓN: Se expone la problemática, oportunidad o necesidad que motiva la realización del proyecto, justificando su pertinencia, importancia y/o valor agregado. En la justificación se debe realizar una evaluación de las diferentes influencias y variables que afectan a la problemática. Estas variables servirán para determinar los objetivos específicos, los entregables y los resultados. Con este campo se pretende brindar información con señales para el análisis de la pertinencia y realidad de la problemática desde diferentes perspectivas tales como tecnológica, técnica, financiera, económica, regulatoria y ecológica, con el fin de visualizar los diferentes impactos del proyecto.
- OBJETIVOS: Se plantea tanto el general como los específicos. El objetivo general debe estar ligado y tener coherencia con la problemática, necesidad u oportunidad identificada. Los específicos se ingresan aquellos alcances intermedios, necesarios o complementarios para la consecución del objetivo general del proyecto.
- ESTRUCTURA DE TRABAJO - EDT (Project Management Institute 2004): Para este campo, se inserta un diagrama en el que se exprese en forma jerárquica y descendente las fases, paquetes de trabajo y actividades necesarias para alcanzar cada uno de los objetivos específicos, y con estos el objetivo general del proyecto.
- METODOLOGÍA: Se muestra en forma organizada y precisa cómo serán alcanzados los objetivos del proyecto. La metodología debe reflejar la estructura

lógica y el rigor del proyecto. Deben indicarse el enfoque metodológico específico y los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas requeridas para el desarrollo del proyecto.

- CRONOGRAMA: Se indican todas las actividades a realizar en cada una de las fases del proyecto, su secuencia y duración. También se debe indicar la duración total del proyecto.
- RESULTADOS: Se deben formular los productos asociados a cada uno de las fases y paquetes de trabajo descritos en la EDT, los cuales se congregan para alcanzar los entregables parciales correspondientes a los objetivos específicos expuestos anteriormente.
- IMPACTOS ESPERADOS: Se realiza una descripción de la posible incidencia del uso de los resultados del proyecto en términos del aumento de las capacidades científicas y tecnológicas, el logro de los objetivos estratégicos de la organización, el impacto económico y social del proyecto.
- PRESUPUESTO: Se indican los principales rubros y el costo total del proyecto.
- RECURSOS: Se presenta de una manera general, sin nombres propios, las características de formación profesional del talento humano en términos del conocimiento y experiencia del equipo de proyecto, así como las disposiciones generales de infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto.

En esta sección también se detalla el paso de construcción del diagrama general de cronograma y presupuesto de alternativas, propuesto en la descripción del proceso de la Figura 1. Para esta parte del proceso, se organiza la información de cronograma y presupuesto de todas las alternativas en un solo cuadro, facilitando así visualización de información para la toma de decisiones respecto al portafolio de proyectos. Este cuadro sólo contiene los campos de título, duración total y costo total estimado para el proyecto. Se sugiere que, además del cuadro, se faciliten unas barras que expresen la duración del proyecto, similares al diagrama de Gantt. El cuadro sugerido se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Diagrama de cronograma y presupuesto de alternativas.

TÍTULO DEL PROYECTO	PRESUPUESTO (Millones COP)	DURACIÓN (Meses)	TRIMESTRES 1	2	3	4	5	6	7	8
Propuesta de proyecto 1	100	12								
Propuesta de proyecto 2	200	16								
Propuesta de proyecto 3	50	18								
Propuesta de proyecto 4	150	24								
Propuesta de proyecto 5	120	6								
Propuesta de proyecto 6	450	20								
Propuesta de proyecto 7	600	15								

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Selección del comité de ponderación

El Comité de Ponderación está compuesto por los miembros del equipo de gerencia del CDT involucrado, inclusive para algunos casos, podría contemplar la participación de algunos de los miembros de su junta directiva. La principal característica de este comité, es que son quienes deciden sobre la preponderancia de los criterios para la evaluación de propuestas, y por lo tanto, son quienes plasman la estrategia del CDT en una serie de prioridades y criterios acordes con los intereses particulares y sectoriales del CDT.

Este comité, representando el grupo de interesados que se ven impactados por las decisiones, entra a funcionar de una manera tan periódica como lo sea la definición del direccionamiento estratégico del CDT. La posición de miembro de este comité exige un conocimiento y entendimiento pleno de las estrategias de la organización, a tal punto que pueda traducirlas y priorizarlas en una comparación pareada de criterios para la selección de proyectos de I+D+i, lo que implica una familiaridad con los conceptos manejados en los criterios de evaluación de los proyectos, los cuales se presentan en el apartado 4.2 de este documento.

Dado que existe la condición subjetividad en el proceso de calificar la importancia de los criterios, y que a través de esta calificación se plasman las prioridades relativas de quienes toman las decisiones a título individual o personal, no es necesario un absoluto consenso inmediato en las opiniones de este comité. Los participantes en esta instancia de ponderación dan sus opiniones de una manera individual; luego, a través del proceso de análisis de consistencia y de realimentación de la estructura jerárquica, se logrará una opinión agregada consistente de este grupo (Saaty 2008; Ozdemir 2005).

4.1.3 Ponderación de los criterios de evaluación

Este es el proceso mediante el cual se le atribuye el peso de importancia a los criterios de priorización del portafolio de proyectos de I+D+i. Para acometer estos fines se construyen las matrices de comparación necesarias para el AHP. Dicho paso consiste en comparar por pares cada uno de los criterios que están en cada nivel de la estructura jerárquica de criterios. Esta comparación se realiza utilizando una escala de importancia relativa entre los dos criterios en comparación. Para este trabajo se toma como referencia a Saaty (2006) y Saaty y Hu (1998), quienes sugieren una escala de nueve niveles de intensidad en la importancia relativa, la cual se presenta en la Tabla 19.

A manera ilustrativa, suponiendo una estructura que contenga el *objetivo 1*, con sus criterios constitutivos *criterio 1, criterio 2 y criterio 3*, se procede a la calificación por pares utilizando la Tabla 19, y por medio de una encuesta a cada participante del comité de ponderación, formulando preguntas del siguiente tipo.

Considerando nueve niveles de importancia relativa, califique comparativamente la importancia que tiene cada *criterio* para el logro del *objetivo 1*, marcando una única opción del 1 al 9 hacia el lado del criterio que considera más importante.																	
Criterio 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Criterio 2
Criterio 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Criterio 3
Criterio 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Criterio 3

Tabla 19. Niveles de importancia relativa.

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Importancia igual	Ambos criterios contribuyen igualmente al objetivo.
2	Levemente más importante	
3	Moderadamente más importante	La experiencia y el juicio dictan que un criterio contribuye un poco más que el otro
4	Moderadamente mucho más importante	
5	Significativamente más importante	La experiencia y el juicio dictan que un criterio contribuye mucho más que el otro
6	Significativamente mucho más importante	
7	Definitivamente más importante	Un criterio es evidentemente más importante que el otro, y además esta predominancia está demostrada en la práctica
8	Definitivamente mucho más importante	
9	Extremadamente más importante	La evidencia explica que un criterio es absolutamente mucho más importante que el otro en cualquier caso o situación conocida

Fuente: Saaty (2006); Saaty y Hu (1998).

Luego de recoger las opiniones del comité de ponderación, con estas calificaciones se construyen las matrices de comparación, donde se comparan los criterios constitutivos de cada nivel entre sí. Las entradas de la diagonal de la matriz están compuestas por 1, las entradas superiores a la matriz están compuestas por la calificación de los criterios y debajo de la diagonal, las entradas son los recíprocos de las entradas superiores (Saaty 2008).

Las calificaciones pareadas se consignan en las entradas superiores, de tal forma que cuando el criterio se califica como más importante se ingresa el número calificado, y cuando no es más importante, se ingresa su recíproco. Por ejemplo:

Para el mismo ejemplo anterior, supóngase que se obtuvo el siguiente resultado:

Considerando nueve niveles de importancia relativa, califique comparativamente la importancia que tiene cada *criterio* para el logro del *objetivo 1*, marcando una única opción del 1 al 9 hacia el lado del criterio que considera más importante.																		
Criterio 1	9	8	**7**	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Criterio 2
Criterio 1	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Criterio 3
Criterio 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	**5**	6	7	8	9	Criterio 3

Luego la matriz correspondiente a esta calificación sería

	Criterio 1	*Criterio 2*	*Criterio 3*
Criterio 1	1	7	4
Criterio 2	1/7	1	5
Criterio 3	¼	1/5	1

Para proceder con la ponderación de los criterios se recurre al método del eigenvector principal, sugerido por el mismo Saaty, precursor del AHP como herramienta para el soporte a la toma de decisiones. La priorización de alternativas en AHP mediante el eigenvector permite evaluar la "transitividad" de las opiniones de los jueces de las diferentes alternativas mediante el análisis de sus respectivos índices de consistencia dentro de un "Radio de Inconsistencia" (Saaty y Hu 1998).

Para aclarar el concepto de "transitividad" y la pertinencia de la utilización del método del eigenvector para analizar la consistencia de las opiniones de ponderación de los criterios en un AHP, se cita a Saaty y Hu(1998, p.122):

> *La transitividad en este contexto se presenta en dos tipos, una es la ordinal, que es cuando la opción A es preferible a la B y la B a la C, por lo tanto la A es preferible a la C. El segundo tipo de transitividad es la cardinal, y se trata por ejemplo cuando la opción A es preferible tres veces a la B, y la B dos veces a la C, luego la A es preferible seis veces a la C. Una matriz consistente es cardinal, y por lo tanto ordinal*.

En términos numéricos, la definición de transitividad se traduce en la razón de inconsistencia de la matriz de comparación, esto es, cuantificar el nivel de las perturbaciones que sufre la priorización cuando se utiliza el método del eigenvector (Saaty y Hu 1998).

El eigenvector o vector propio se constituye como un vector de prioridades, que indica una clasificación en orden de preferencias de los criterios representados en las entradas de la matriz de comparación. El orden de este vector refleja la intensidad o preferencia cardinal de las alternativas por medio de un radio numérico de sus valores, expresada por una constante multiplicativa positiva. Una condición necesaria de este vector, es que la posición jerárquica de sus valores no varíe cuando se le someta a la multiplicación de una constante c, la cual esté dentro de su radio de perturbación, equivalente al "radio de consistencia" (Saaty y Hu 1998; Saaty 2003).

En otras palabras, el eigenvector principal es aquel que permite ser multiplicado por una constante positiva (que define su radio), y que a través de una única normalización, es el único vector posible que sigue representando las prioridades derivadas de una comparación por pares recíproca consistente. A partir de estas consideraciones se llega al siguiente teorema.

***Teorema*(Saaty 2003):**

Para una matriz positiva *A*, el único vector positivo *X* y la única constante positiva c que satisface $AX = \lambda X$, es un vector *X* que es positivo múltiplo del vector de Perron (principal eigenvector) de *A*, y sólo tal λ es el principal eigenvalor de *A*.

En este orden de ideas, para la matriz:

$$\boldsymbol{A} = [\boldsymbol{a_{ij}}] = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \boldsymbol{a_{12}} & \cdots & \boldsymbol{a_{1j}} & \cdots & \boldsymbol{a_{1n}} \\ \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{12}} & \mathbf{1} & \cdots & \boldsymbol{a_{2j}} & \cdots & \boldsymbol{a_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \mathbf{1} & \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{1j}} & \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{2j}} & \cdots & \mathbf{1} & \boldsymbol{a_{ij}} & \boldsymbol{a_{in}} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots & \vdots \\ \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{1n}} & \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{2n}} & & \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{ij}} & \mathbf{1}/\boldsymbol{a_{in}} & \mathbf{1} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Donde las entradas a_{ij} corresponden a los pesos designados para cada uno de los criterios .Esta sería la matriz de comparación de criterios ponderados. Esta matriz es positiva y recíproca. El objetivo es encontrar el principal eigenvector asociado al valor λ que cumpla el teorema expuesto.

Para el cálculo del vector principal asociado al valor principal, eigenvalor principal o mayor valor propio de la matriz A, se recurre a métodos algebraicos o numéricos para el cálculo del polinomio característico de la matriz A dado por:

$$\boldsymbol{P}(\boldsymbol{x}) = \mathbf{det}(\boldsymbol{A} - \boldsymbol{xI}) \quad (4.2)$$

Para matrices de orden superior a tres, este método no es eficiente, por lo cual se recurre a métodos iterativos para una aproximación a las raíces de este polinomio. No obstante, este método tampoco es efectivo en algunos casos, puesto que los errores inducidos al eigenvector asociado a dicho valor son considerables. En consecuencia, se opta por métodos iterativos para converger a un vector propio o eigenvector asociado a esta matriz; dentro de estos métodos se encuentra el método de las potencias y el método de la descomposición QR. Precisamente estos métodos relativamente eficaces para este proceso, son los utilizados por el software Expert Choice© que se usa como apoyo para esta tesis de grado.

Para los cálculos de los eigenvectores y, en general, para soportar todo el AHP utilizado en este método para la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i en el contexto de un CDT colombiano, se recurre a la aplicación informática Expert Choice ©, mediante la cual es posible crear ágilmente la estructura jerárquica de los criterios, crear las matices de comparación correspondientes, calcular sus eigenvectores, realizar el proceso de síntesis, calificar las alternativas y realizar los análisis de consistencia que se explicarán en la siguiente sección de este capítulo.

El proceso descrito se realiza tanto para los juicios emitidos por cada uno de los expertos, como para el juicio combinado o de consenso de todos los expertos. Este juicio de consenso se logra a partir de la obtención de la media geométrica de cada una de las entradas de las matrices, construyendo así una ponderación de criterios en consenso mediante el respectivo proceso de síntesis y análisis de consistencia (Saaty 2003;

Escobar y Moreno-Jiménez 2007). Este es el procedimiento realizado por el aplicativo *Expert Choice*© para facilita la "combinación" de juicios.

La configuración de los juicios de los múltiples expertos, tomando la ponderación de criterios como un proceso de toma de decisiones, puede clasificarse de acuerdo con tres situaciones: i) cuando se busca una única solución bajo un ambiente de construcción de consensos desde la perspectiva de grupo; ii) cuando se busca una resolución a un conflicto y se buscan acuerdos entre los diferentes intereses particulares de los actores; y iii) cuando los actores operan en red, propendiendo por una decisión holística en un ambiente de tolerancia (Moreno-Jiménez, Aguarón, y Escobar 2008).

Dentro de las numerosas propuestas metodológicas que pueden ser utilizadas con fines de soporte a la toma de decisiones en grupo se encuentra el AHP. Para hacer frente a este objetivo, el AHP puede valerse de varias técnicas para llegar al consenso dentro de las que se identifican el consenso entre actores, votación cuando no se alcanza el consenso, la agregación de juicios individuales, la agregación de prioridades individuales y la consideración de juicios parciales (Escobar y Moreno-Jiménez 2007).

Se han propuesto diferentes procesos de agregación en la literatura; sin embargo, el más comúnmente utilizado es la media geométrica (Escobar y Moreno-Jiménez 2007), la cual proporciona una solución para satisfacer las condiciones de consenso (por el principio de Pareto) puesto que se llega a una respuesta incluyente y homogénea, es decir que teniendo en cuenta todas las opiniones, se da una sola respuesta en igualdad de condiciones de todos los participantes, donde ninguna respuesta vale más que otra.

Saaty (2003) demuestra mediante contraejemplos que otros métodos usados para la priorización de alternativas, tales como el *Logarithmic Least Squares Method* o el *Least Square Method*, pueden arrojar órdenes diferentes de priorización de alternativas luego del proceso de síntesis (ponderación y suma), puesto que estos métodos conservan errores calificados como pequeños en las inconsistencias de cada una de las matrices recíprocas positivas.

4.1.4 Análisis de consistencia

Considerando que del paso anterior se cuenta con un consenso para las matrices de comparación, obtenido a partir la media geométrica de todas las opiniones de expertos, se procede con el análisis de consistencia de este arreglo de matrices de comparación de criterios ponderados.

Este procedimiento sigue la misma corriente de estudio de Saaty (2003). Según el autor "*El principal eigenvector es una representación necesaria de las prioridades derivadas de una comparación recíproca positiva de juicios en una matriz determinada, siempre y cuando esta tenga un pequeña perturbación comparada con una matriz consistente".* Justamente el trabajo que se realiza en esta parte del método consiste en definir esta "pequeña perturbación".

El análisis de consistencia de las matrices de comparación de pares por juicios es necesario puesto que, generalmente, los juicios subjetivos de las personas son cardinalmente inconsistentes, situación ante la cual hay métodos para acercar las

matrices de comparación a que sean consistentes, lo cual mejoraría la validez de las prioridades inmersas en una decisión, pero bajo la condición que las perturbaciones de inconsistencia de estas matrices sean pequeñas (Saaty y Vargas 2007).

Para el método de AHP, el eigenvector principal es aquel que permite ser multiplicado por una constante positiva, la cual define la Razón de Consistencia - RC, y que a través de una única normalización, corresponde a un único vector posible que sigue representado las prioridades derivadas de una comparación por pares recíproca consistente(Alonso y Lamata 2006; Ozdemir 2005; Saaty 2002, 2003, 2008).

En una demostración expuesta en el trabajo de Saaty (2003) se indica:

Para una Matriz consistente $n \times n$ se tiene que $A: A^k = n^{k-1}A,\ A = (w_i/w_j)$; es posible demostrar que una perturbación positiva de esta matriz está dada por:

$$\boldsymbol{\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{-1} = \frac{1}{1+\frac{w_i}{w_j}\gamma_{ij}}} \quad (4.3)$$

Donde,ε_{ij} es una pequeña perturbación recíproca al eigenvector principal, y γ_{ij} es una pequeña perturbación aditiva al elemento a_{ij} de la matriz *A*. A partir de esto se puede demostrar que $\lambda_{max} \geq n$, siendo λ_{max} el máximo eigenvalor asociado al eigenvector de la matriz *A* con pequeñas perturbaciones y $n$un valor propio de referencia conocido como lo es la dimensión de *A*, y que esta relación se iguala si y sólo si la matriz *A* es totalmente consistente.

Para determinar la consistencia de una matriz de comparación, se recurre a calcular la Razón de Consistencia, estimando qué tan alejado está λ_{max} de n por medio del Índice de Consistencia – IC de la matriz, en razón a un Índice Aleatorio IA de consistencia construido Saaty (Escobar y Moreno-Jiménez 2007), el cual toma como base una muestra aleatoria de matrices consistentes dependiendo del orden de estas. En este sentido se tiene la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{RC = \frac{IC}{IA}} \quad (4.4)$$

Donde

$$\boldsymbol{IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}} \quad (4.5)$$

IA está dado por la siguiente tabla:

Tabla 20. Índice Aleatorio para el análisis de consistencia.

Orden de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Fuente: Escobar y Moreno-Jiménez (2007)

La razón de inconsistencia RC puede considerarse “razonable” si su valor es igual o inferior a 0,1 (Saaty 2003); si este valor es superior, la matriz puede considerarse “inconsistente”.

$$RC \leq 0{,}1 \ \rightarrow Matriz\ consistente;$$
$$RC > 0{,}1 \ \rightarrow \ Matriz\ inconsistente$$

Algo importante que se debe considerar para este análisis es que está condicionado para ser aplicado en matrices de orden superior a 3, puesto que para órdenes inferiores (1 y 2), el análisis de consistencia no es concluyente respecto a la divergencia en los juicios por parte de los agentes ponderadores de los criterios, que para este caso son el comité de ponderación (Saaty y Tran 2007).

Esta condición se transfiere a la estructura jerárquica de los criterios como una condición deseable para su diseño, puesto que, con comparaciones de grupos con más de tres criterios, será posible presentar juicios concluyentes de la consistencia de la estructura y realimentar la misma.

4.1.5 Realimentación de la estructura jerárquica

Para mejorar la validez del vector principal, es posible transformar la matriz recíproca de juicios a una matriz cercana consistente, todo esto basado en un algoritmo de tratamiento sobre el eigenvector de tal matriz. Desde un punto de vista práctico, lo que se hace es que se analiza la consistencia de cada una de las matrices de comparación recíproca del AHP, y se identifican aquellas con índices de inconsistencia más altos; luego se fija la atención en aquellos valores del eigenvector que estén en los extremos, y se interfiere sobre las entradas que provocan esta situación. Para identificar estas entradas de la matriz se recurre a revisar la matriz construida a partir de las entradas $\varepsilon_{ij} = a_{ij}w_j/w_i$ y se identifican los valores mayores, y sobre estos valores es sobre los que se actuaría para llegar a una matriz consistente (Saaty 2003).

Como primera opción para actuar sobre estos valores, se considera la reubicación de las entradas de la matriz de ponderación en su reflejo respecto a la diagonal, es decir, que el juicio de un criterio respecto al otro, se invierte completamente por el valor contrario. Por ejemplo, para una matriz inconsistente dada, cuando el criterio A es **3 veces más relevante** que el criterio B, se intenta el cambio por el criterio A **3 veces menos relevante** que el criterio B.

Lo que se busca con esto es identificar los juicios sobre los que se debe interferir, identificando el impacto de una reubicación de las columnas y su orden en la ponderación de los criterios. Esta intervención influye directamente sobre los valores propios de la matriz, y por lo tanto en el eigenvector principal y en el orden de sus valores propios. Cuando se identifican unas posiciones satisfactorias de estos criterios, se procede a la concertación de esta nueva calificación con los expertos.

Cuando lo anterior no da un resultado satisfactorio, es necesario influir sobre la estructura jerárquica propuesta, cumpliéndose uno de los objetivos del AHP, el cual es lograr el consenso de los jurados y proponer un modelo de evaluación de criterios con coherencia entre los juicios.

Antes de actuar o influir directamente sobre la estructura jerárquica propuesta, se recurre a la interacción con el panel de expertos que está comparando los criterios. Esta interacción puede ser mediante una reformulación de las preguntas que se están realizando, o bien mediante un arbitraje directo entre los expertos, buscando una reconsideración de la calificación, exponiendo argumentos sólidos o la tendencia del resto de los jurados.

Para identificar los puntos en los que se requiere mediación entre los jueces, se buscaría un valor aproximado para la "entrada problema" a_{ij} y su reflejo a_{ji}, en un rango de valores cercanos entre w_i/w_j y w_j/w_i, según la escala de comparación que se hubiese definido para la matriz de comparación. En caso de que no se encuentre una reacción favorable para el cambio de opiniones de los "jueces", se procede de la misma manera con los segundos mayores valores de la matriz construida en el paso anterior (Saaty 2003). Precisamente, este método es usado por el software especializado *Expert Choice*©, para proponer mejoras en la consistencia de las matrices.

Si luego de estas actuaciones no es posible alcanzar un índice de consistencia satisfactorio, es necesario intervenir directamente sobre la propuesta de estructura jerárquica. Para realizar esto se intenta intercambiar las entradas problema por entradas correspondientes a criterios comparados con una calificación similar a la necesaria para que el modelo sea consistente. Luego de identificar estas calificaciones similares a las deseadas, se ensaya un cambio entre estos criterios en la estructura jerárquica, y si esto da resultado, se vuelve a realizar la consulta a expertos, con la respectiva reformulación de las preguntas y posterior análisis de consistencia de la nueva estructura. Todo esto es posible de una manera ágil por medio de una simulación de ponderación pareada en el mismo *Expert Choice*©.

En ocasiones es necesario realizar el análisis de consistencia a los juicios emitidos por un experto en particular, puesto que en algunos casos, la inconsistencia de un juicio puede ser tan significativa, que influye en la razón de inconsistencia del modelo jerárquico completo. Por tal razón, el análisis de consistencia particular, puede dar señales para decidir que un experto cumple o no, con las condiciones deseables para pertenecer al Comité de Ponderación, y procedentemente, puede ser necesario prescindir de opiniones que interfieren significativamente en el proceso de consenso.

4.1.6 Calificación de las alternativas

En esta parte de detallan los pasos de conformación del comité de calificación y calificación de alternativas, descritos en la 4.1 DESCRIPCIÓN DEL .

Antes de pasar a la calificación de las alternativas o propuestas de proyectos, es necesario tratar la conformación del comité de evaluador como un factor fundamental del método propuesto. Este comité, a diferencia del comité de ponderación, es el que cuenta con la visión y experticia técnica para la evaluación de las propuestas. Este comité se encuentra al margen de la importancia relativa de los criterios para el CDT.

Además de la pericia y experticia técnica para la evaluación de alternativas, se destaca el entendimiento de las tendencias tecnológicas de las temáticas inmersas en cada una de las propuestas. Este comité no necesariamente es estático, puesto que sus miembros pueden variar de acuerdo con las temáticas tratadas en las propuestas de proyectos; incluso un experto puede estar destinado a la evaluación exclusiva de una sola propuesta.

El consenso es un proceso que también se trabaja en este comité; sin embargo, se plantea que, de ser necesario, este consenso se logre por medio de reuniones presenciales y discusiones alrededor de los temas tratados.

Luego de seleccionar el comité de calificación, se realiza la calificación de alternativas. Este proceso es conocido dentro del AHP como “síntesis”, el cual busca resumir toda la información para priorizar las alternativas o propuestas de proyectos. Para abordar esta parte del proceso, Saaty (2008) propone construir un último grupo de matrices de comparación, las cuales corresponden a una calificación pareada de las alternativas respecto a cada uno de los grupos subcriterios del nivel más desagregado descritos en la estructura jerárquica. Luego, mediante los procedimientos expuestos en apartes anteriores de este trabajo, se encuentra el principal eigenvector de cada una de estas matrices, el cual constituye la priorización de cada alternativa respecto a cada grupo de subcriterios.

Esta propuesta de Saaty exige una calificación pareada de alternativas o proyectos, lo cual requiere de una calificación de todas las propuestas por parte de cada integrante del comité de calificación. Para lo anterior se hace necesario que cada integrante del comité de calificación tenga la experticia para calificar técnica y económicamente cada una ds las alternativas, además de contar con el tiempo necesario para estas labores.

Por el contrario, buscando la agilidad y objetividad en el método, en este trabajo se propone simplificar el paso de “síntesis” propuesto por Saaty variaciones altamente significativas. La propuesta es realizar una calificación de alternativas según una escala Likert. De esta manera, la única variación sobre el método propuesto radica en la calificación de las alternativas, puesto que el proceso de las sumas ponderadas se seguiría de la misma manera propuesta por Saaty. Esta variación no influye sobre el análisis de consistencia de la estructura jerárquica, puesto que dicho análisis se realiza sobre los criterios definidos, previo a la calificación, correspondiendo al proceso de la ponderación de los criterios y subcriterios.
Para llevar a cabo la calificación de las alternativas o propuestas de proyectos, se le entrega cada proyecto a uno o varios expertos pertenecientes al comité de calificación, que cuenten con el criterio técnico y la experticia pertinente para calificar cada propuesta. Luego se solicita que califiquen las propuestas de proyecto o alternativas a la luz de los subcriterios de último nivel descritos en la estructura jerárquica, a partir de un cuestionario compuesto por afirmaciones del siguiente tipo para cada uno de los subcriterios:

Considerando el/la (subcriterio en cuestión) del proyecto “(nombre de la alternativa)”, este debe ser desarrollado por (nombre del CDT en cuestión).

Para dar respuesta a esta afirmación, se recurre a la siguiente escala Likert de calificación.

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

A modo de ejemplo:

Considerando su alineación con las temáticas corporativas, el proyecto “alternativas tecnológicas para la gasificación de biomasa subproducto de industrias avícolas” debe ser desarrollado por el CDT del Gas.

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Posterior a la calificación de cada una de las alternativas respecto a cada uno de los subcriterios de último nivel. Luego de esta calificación, se realiza el proceso de síntesis ya mencionado, el cual consiste en multiplicar la calificación otorgada a los subcriterios de último nivel por el valor de ponderación del subcriterio correspondiente. Seguidamente se realiza la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a cada grupo de subcriterios, de acuerdo con la estructura jerárquica para cada alternativa. Con este procedimiento se obtiene la calificación de cada alternativa para cada criterio. Sucesivamente, se multiplica este valor obtenido por el valor de la ponderación del criterio, y de la misma forma se realiza la suma ponderada de cada grupo de criterios.

Siguiendo el mismo procedimiento de sumas ponderadas, se llega finalmente a una única calificación de cada alternativa para el objetivo trazado en la estructura jerárquica. A partir de este valor, resultado del proceso de síntesis, se priorizan las alternativas o propuestas de proyectos.

La simplificación propuesta evita la comparación de alternativas por parte del segundo grupo de expertos, la cual podría significar más tiempo en el proceso de análisis y juicio. Adicional a esto, si se realiza la calificación pareada de alternativas, un experto debe calificar todas las propuestas de proyectos, mientras que si se trata de una calificación mediante una escala Likert, cada propuesta puede ser asignada para su calificación a un experto con especialidad en el tema del proyecto.

Esta condición es favorable para el caso de un CDT, puesto que al ser de campo de acción sectorial, los proyectos que abordan en la calificación estas instituciones pueden ser de diversos campos del conocimiento, siendo preferible la calificación pertinente de especialistas de cada temática.

En resumen, este subproceso de calificación de alternativas consta de los siguientes pasos:

1. Conformación del comité de calificación.
2. Evaluación de cada una de los proyectos por parte de los miembros del comité de calificación.
3. Otorgar una calificación en una escala Likert para cada uno de los subcriterios de selección, para cada proyecto.
4. Multiplicar la calificación por el peso de cada subcriterio.
5. Realizar la suma ponderada de los subcriterios, de acuerdo con la estructura de análisis jerárquico.
6. Calcular la calificación final de cada proyecto.

4.1.7 Análisis final y decisiones

Como herramienta para la toma de decisiones, este proceso aporta a la visualización sistémica de información pertinente. Esta la información se compendia en diagramas y tablas. En primer lugar está el diagrama general de presupuesto y cronograma general de las alternativas mostrado en la Tabla 18 de la sección 4.1.1; en segunda instancia se presenta una tabla de priorización de alternativas y, finalmente, es posible organizar una tabla resumen de calificación de los criterios ponderados para cada alternativa. Estas dos últimas se obtienen luego del paso de calificación de alternativas bajo los criterios ponderados definidos en la estructura jerárquica propuesta. En este sentido, a continuación se presentan la Tabla 21 y la Tabla 22, como ejemplo para facilitar la visualización de las calificaciones ponderadas de cada una de las alternativas para cada criterio.

Tabla 21. Ejemplo de priorización de propuestas de proyecto según su calificación.

PUESTO	TÍTULO DEL PROYECTO	PUNTUACIÓN
1	Propuesta de proyecto 7	3.643
2	Propuesta de proyecto 2	3.449
3	Propuesta de proyecto 5	2.923
4	Propuesta de proyecto 6	2.923
5	Propuesta de proyecto 3	2.821
6	Propuesta de proyecto 1	2.623
7	Propuesta de proyecto 4	2.467

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Tabla de resumen de criterios ponderados y calificados para cada propuesta.

	Pesos de los criterios	Propuesta de proyecto 1	Propuesta de proyecto 2	Propuesta de proyecto 3	Propuesta de proyecto 4	Propuesta de proyecto 5	Propuesta de proyecto 6	Propuesta de proyecto 7
Alineación estratégica y capacidades	**0,438**	**2,911**	**3,570**	**3,048**	**3,124**	**3,168**	**3,020**	**3,899**
Interés Corporativo	0,227	3,002	3,876	2,834	3,658	2,834	2,232	2,890
Influencia Sectorial	0,329	3,439	3,884	1,732	3,445	3,406	2,561	3,738
Capacidades	0,444	2,474	3,181	4,132	2,613	3,163	3,764	4,534
Atributos del Proyecto	**0,106**	**2,764**	**3,157**	**2,753**	**2,669**	**2,939**	**3,944**	**3,189**
Mérito científico y técnico	0,335	2,381	3,335	3,551	2,880	3,821	3,657	3,891
Coherencia de la propuesta	0,416	2,724	3,269	2,582	1,568	2,582	3,559	2,150
Riesgos asociados	0,248	3,358	2,741	1,975	4,240	2,359	4,995	3,996
Impactos Potenciales	**0,456**	**2,312**	**3,401**	**2,619**	**1,789**	**2,684**	**2,592**	**3,503**
Para el mercado	0,413	2,730	2,502	2,346	2,092	2,064	4,001	3,200
Para la Corporación	0,161	4,150	2,337	2,492	2,818	3,166	2,171	3,824
Para el Sector	0,426	1,213	4,674	2,932	1,106	3,104	1,385	3,675
PUNTUACIÓN FINAL		**2,623**	**3,449**	**2,821**	**2,467**	**2,923**	**2,923**	**3,643**

Fuente: elaboración propia

4.2 PROPUESTA DE BASE PARA LA ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE CRITERIOS

4.2.1 Construcción de la propuesta

En la Tabla 23 se detallan los criterios estudiados en los artículos científicos analizados en la sección 3.2. “CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS”, particularmente los identificados dentro de los métodos del tipo “calificación y alineación estratégica”, con el fin de identificar cuáles son los factores de evaluación más frecuentes e influyentes según los autores de las diferentes técnicas. Excepcionalmente, Feng et al. (2011) tratan la selección de proyectos únicamente desde la perspectiva del personal vinculado a estos, por cuanto sus criterios, al carecer de la visión holística requerida, no serán tomados en cuenta en esta parte del trabajo.

A partir de esta tabla se puede concluir que los autores que más criterios abarcan son Huang et al. (2008) ,Mohanty et al. (2005), Bitman y Sharif (2008), Coldrick et al. (2005), y Meade y Presley (2002). Otro factor común en la propuesta de estos autores, es que sus trabajos describen estructuras jerárquicas para la ponderación de criterios de evaluación con excepción de Meade y Presley (2002). Para la Tabla 19 se utilizan las siguientes convenciones respecto a los autores de los artículos que se analizan: **Wa -** Wang y Hwang (2007); **Im -** Imoto et al. (2008); **Me-**Meade y Presley (2002); **Mo -** Mohanty et al. (2005); **Bit -** Bitman y Sharif (2008); **Hu -**Huang et al. (2008); **Col -** Coldrick et al. (2005).

Específicamente, Huang et al. (2008) recurren al AHP extendido con una técnica de lógica difusa para la ponderación de criterios, y en la descripción del trabajo por parte de los autores, se detalla la estructura jerárquica de los criterios, tal como se muestra en la Figura 13.

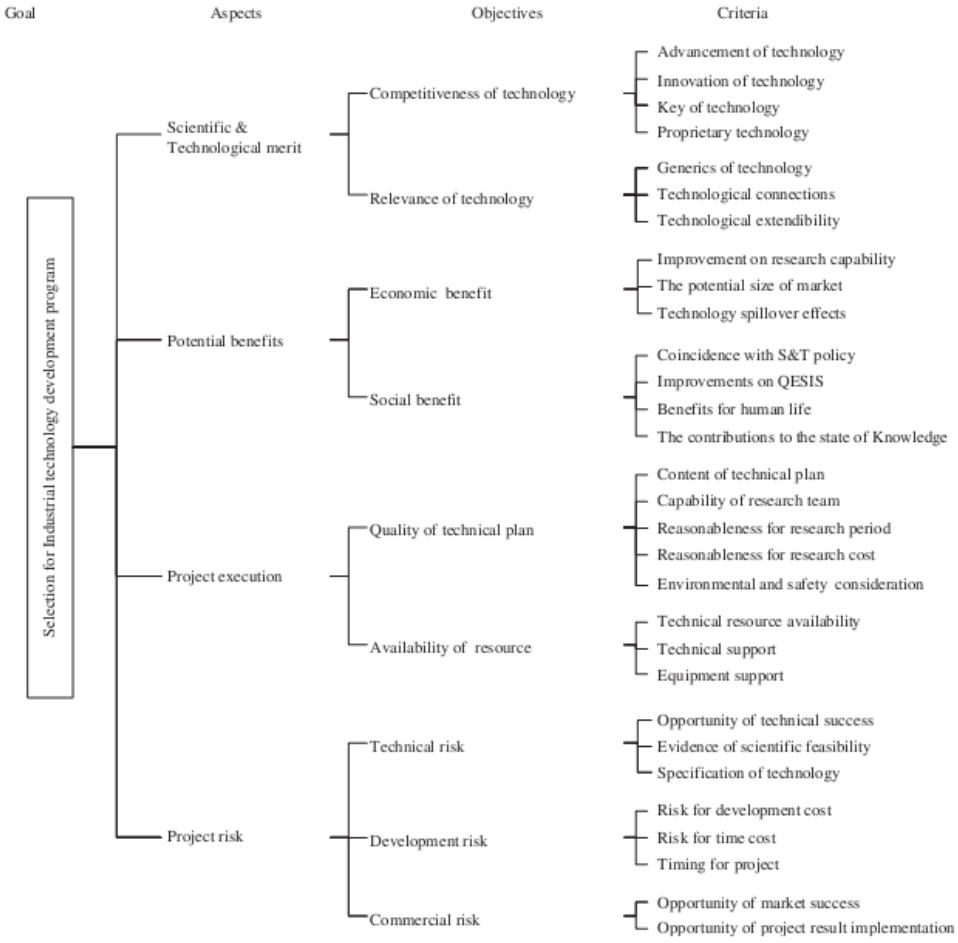
Tabla 23. Comparación de criterios de evaluación.

Criterios	Wa	Im	Me	Mo	Bit	Hu	Col
Número de proyectos candidatos	X						
Valor futuro del proyecto, utilidad esperada, retorno de la inversión	X		X	X			X
Presupuesto del proyecto i en la etapa j, consistencia del costo	X	X				X	
Habilidades y recursos necesarias/disponibles para el proyecto. Métodos para gestionar.	X		X	X	X	X	X
Presupuesto para la estrategia j, recursos disponibles	X		X			X	
El proyecto i contribuye a la estrategia j (alineación estratégica)	X		X	X	X		X
Necesidad de implementación del proyecto i	X	X					
El proyecto i depende del proyecto p	X		X	X	X		
Etapa (I+D, I aplicada, ingeniería)		X	X		X		X
Dificultad tecnológica		X				X	
Periodo de ejecución necesario, consistencia del tiempo		X				X	
Expectativa de ventas (cuota esperada de mercado)		X		X			
Posibilidad de patentamiento		X					X
Probabilidad de éxito técnico (riesgo tecnológico), evidencia de la viabilidad científica			X	X		X	X
Existencia de proyecto campeón (liderazgo), experiencia en proyectos similares			X	X	X	X	
Extensibilidad (aplicabilidad a otros productos o procesos), Interacción con productos existentes			X	X		X	X
Tiempo al mercado; oportunidad del éxito tecnológico, el mejor momento para hacer el proyecto			X	X		X	
Probabilidad de éxito en el mercado, riesgo comercial			X	X		X	X
Tamaño potencial del mercado			X	X		X	X
Ciclo de vida del producto			X		X		
Número y fuerza de competidores			X	X			
Regulación externa			X	X	X	X	X
Seguridad			X	X	X	X	
Consideraciones ambientales			X	X	X	X	
Grado de novedad					X	X	
Riesgo económico				X		X	
Contribución a beneficios intangibles						X	
Influencia de los actores					X		

Criterios	Wa	Im	Me	Mo	Bit	Hu	Col
Impacto en la generación de capacidades propias (competitividad)					X	X	
Fuente de la idea					X		
Propietario de la tecnología						X	
Efectos de "derrame" de la tecnología						X	
Coincidencia con política de Ciencia y Tecnología (C&T)						X	
Contribución al estado del conocimiento						X	
Contenido técnico del plan						X	
Especificación de la tecnología						X	

Fuente: elaboración propia.

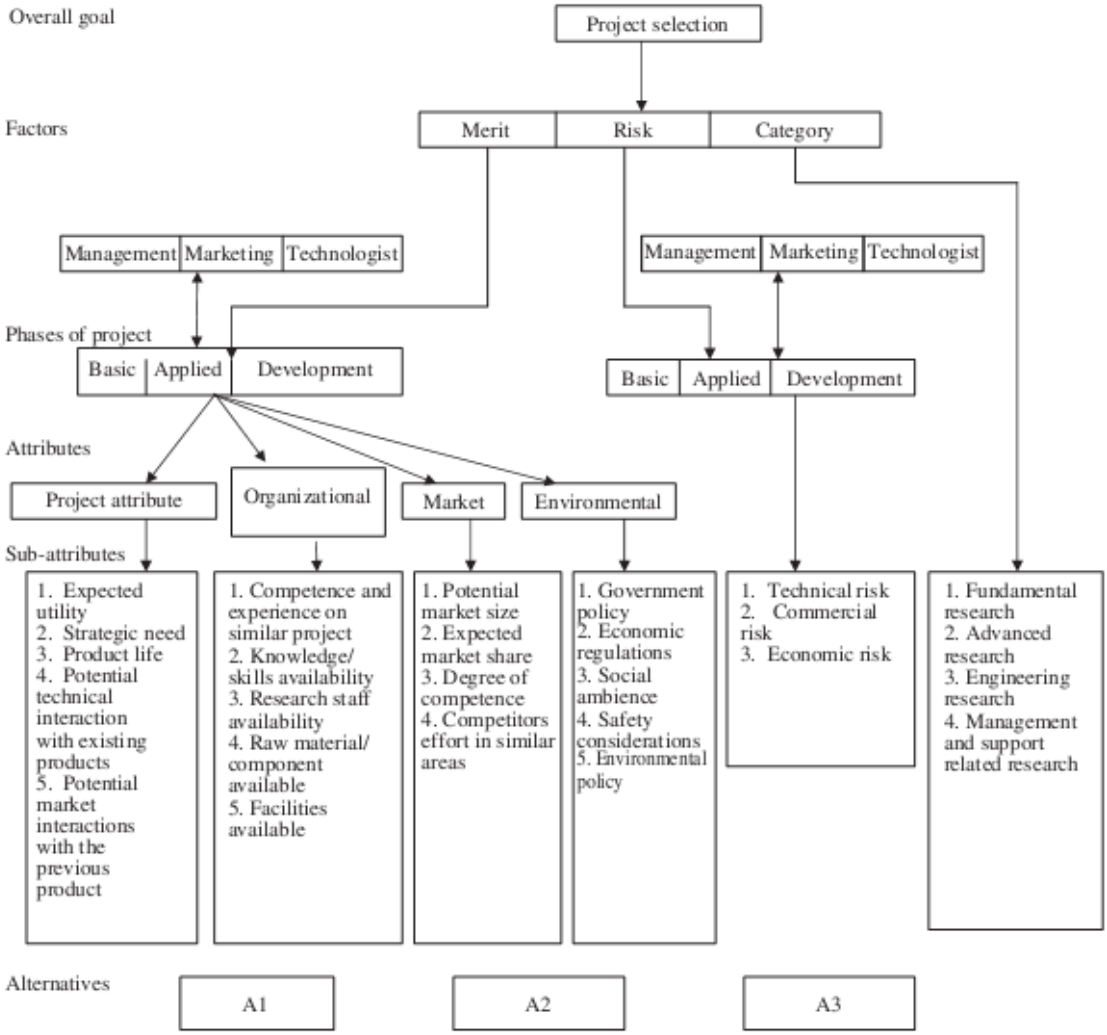
Figura 13. Estructura jerárquica de C.-C. Huang et al. (2008).



Fuente: C.-C. Huang et al. (2008)

Por su parte, el detalle de la propuesta de Mohanty et al. (2005) en la Figura 14, obedece a una estructura de Proceso de Análisis en Red (ANP por sus siglas en inglés), lo cual describe una clasificación de criterios para una interacción de elementos de todos los elementos entre sí, antes que una interacción jerárquica de los mismos; no obstante, la agrupación de algunos de los criterios propone una referencia adecuada para un análisis jerárquico.

Figura 14. Estructura jerárquica de Mohanty et al. (2005).



Fuente: Mohanty et al. (2005).

Mientras tanto, Bitman y Sharif (2008) propone un cuadro de mando para evaluación de proyectos. Si bien el autor no hace explícita la técnica de análisis jerárquico, realiza una clasificación para llegar a una ponderación de los criterios de calificación de los proyectos. Su propuesta puede catalogarse como una estructura jerárquica simplificada en sólo un nivel de desagregación, como se muestra en la Tabla 24. En una propuesta similar en cuanto a la desagregación de un nivel sólo nivel se sitúa Coldrick et al. (2002),

quien, aunque tampoco hace explícito el AHP, sí recurre a la ponderación de criterios a la medición de consistencia de su análisis. La propuesta de clasificación se expone en la Tabla 25.

Con el objetivo de proponer una estructura jerárquica, se toma como base la definición de tres niveles de desagregación, tal como lo proponen Huang et al. (2008), puesto que, al tener un mayor número de criterios y una agrupación de nivel más de subcriterios, será posible incluir en la estructura una agrupación de los criterios considerados en todos los modelos.

Tabla 24. Clasificación de criterios de Bitman y Sharif (2008).

Criterios de primer nivel	Sub criterios
Sensatez y justificación del proyecto	Herramientas necesarias para asegurar la calidad del proyecto
	Habilidades necesarias para asegurar la calidad del proyecto
	Hitos y situaciones convenientes para asegurar la calidad del proyecto
	Métodos para asegurar la calidad y buena gestión del proyecto
	Subcontratos necesarios para asegurar la calidad del proyecto
Razones que haces atractivo el proyecto	Alineación estratégica del proyecto con la organización
	Actores que influencian el proyecto
	Experiencias previas del líder de proyecto
Asuntos de responsabilidad del proyecto	Asuntos de ética del proyecto
	Asuntos de moral asociados al proyecto
	Implicaciones ecológicas del desarrollo del proyecto
	Limitaciones regulatorias
Asuntos competitividad asociados al proyecto	Capacidades
	Competencias
Grado de innovación del proyecto	Mejoramiento de las dimensiones tecnológicas que aporta el proyecto
	Grado de novedad del proyecto
	Fase del ciclo de investigación en la que se encuentra el proyecto
	Fuente de la idea

Fuente: Bitman y Sharif (2008).

Tabla 25. Clasificación de criterios de Coldrick et al. (2002).

Filtros	**Criterios**
Técnico	Riesgo técnico para completar el proyecto
	Disponibilidad de recursos técnicos
Estratégico y corporativo	Alineación con el plan estratégico de la compañia
	Potencial del crecimiento del portafolio de productos
	Sinergias con otros productos o procesos
Regulatorio	Riesgo para obtener permisos o licencias exigidas por la regulación
	Capacidad para cumplir futuras regulaciones
Mercado	Efectos sobre la cuota de mercado actual
	Efectos sobre las proyecciones de mercado
	Potencial de nuevos mercados
Financiero	Riesgos asociados a la aplicación comercial
	Potencial retorno sobre la inversión
Implementación	Capacidades para implementar productos y/o procesos
	Probabilidades de patentamiento o protección de propiedad intelectual

Fuente: Coldrick et al. (2002)

Para construir la estructura jerárquica de criterios, en primer lugar se definen los objetivos o criterios ubicados en el primer nivel del árbol jerárquico. Estos objetivos se constituyen como los factores fundamentales para la GPPI, es decir, los que definen el desempeño del método empleado. Teniendo en cuenta el trabajo previamente realizado, los criterios de primer nivel se definen en función de las condiciones deseables correspondientes al análisis del desempeño del portafolio, obtenidas en las conclusiones parciales de la sección 3.4.

Considerando las condiciones deseables que se refieren al desempeño del portafolio:

a) El método debe brindar señales para la definición de un número adecuado de proyectos, en función de los recursos financieros disponibles y de la capacidad de gestión del CDT (estructura, recursos y procesos).
b) El método debe considerar la temporalidad necesaria para la ejecución de los proyectos, relacionándola con la intensidad de recursos necesarios.
c) El método debe considerar la evaluación de beneficios e impactos sectoriales de los proyectos, traducidos como valor del portafolio.
d) La técnica debe integrar los intereses estratégicos y temáticas de los proyectos en un marco sectorial, considerando la congruencia entre la estrategia del CDT y las temáticas específicas de cada proyecto.

En este orden de ideas, se plantean tres objetivos fundamentales para la estructura jerárquica, los cuales abarcan las condiciones necesarias definidas como se muestra en la Tabla 26.

Estos objetivos principales se constituyen en los criterios de primer nivel de la estructura jerárquica de criterios. Procedentemente, para definir los criterios de selección y priorización de portafolios de proyectos de I+D+i en CDT, se analizan las estructuras propuestas por C.-C. Huang et al. (2008), Mohanty et al. (2005), Bitman y Sharif (2008) y Coldrick et al. (2002), las cuales tienen objetivos similares a los planteados en esta tesis, y cuyos criterios ya han sido considerados como referentes para este trabajo.

Tabla 26. Objetivos del AHP para la GPPI.

Denominación del objetivo	Descripción	Condiciones deseables que abarca
Alineación estratégica y capacidades	Asegurar que el portafolio esté alineado con la estrategia de la organización y que se garanticen las capacidades necesarias para ejecutar el portafolio.	a); d)
Atributos del proyecto	Asegurar la calidad de los proyectos del portafolio.	b); d)
Impactos del proyecto	Asegurar el mayor impacto y beneficios derivados de los resultados obtenidos por la ejecución de los proyectos.	c)

Fuente: elaboración propia.

Con estas referencias, se centra la atención en estudiar los primeros niveles de las estructuras jerárquicas propuestas por los autores de los trabajos estudiados, teniendo en cuenta la agrupación y categorización de los criterios y subcriterios en diferentes niveles. Para este análisis se recurre a la comparación de las propuestas con el objetivo de encontrar factores comunes, y proponer una estructura incluyente que obtenga lo mejor de la organización de criterios propuestos por los autores. Dicho análisis y parte de sus conclusiones se resumen en la Tabla 27, exponiendo los criterios de segundo nivel para la estructura jerárquica que se propone en este trabajo.

En la última columna de la Tabla 27 se presenta la propuesta de nivel 2 o criterios, la cual se refiere a la desagregación de cada objetivo presentado en la primera columna de la tabla. Procedentemente, para la desagregación de estos criterios (nivel 2), se recopilan las siguientes consideraciones.

- Alineación Estratégica y capacidades: Entre otros, se atiende la propuesta de Coldrick et al. (2002) incluyendo los criterios considerados por todos los autores que tratan esta clasificación, e introduciendo una propuesta de “influencia sectorial” en la que se atiende al carácter sectorial de los CDT, identificando a la red de influencia de la organización en cuestión como un factor significativo en la decisión del proyecto a evaluar. En cuanto a capacidades se adapta parte de la propuesta de Huang, Chu y Chiang (2008), agrupando las propuestas explícitas de capacidades técnicas para ejecutar los proyectos común en todo lo autores, y las capacidades tácitas para gestión del proyecto, donde se considera la

capacidad de gestión de recursos financieros, también común entre los autores, y otras capacidades para soportar la ejecución de los proyectos.

- Atributos del proyecto: Se trata de resumir los criterios relacionados y comunes en todos los autores en una agrupación de dos subcriterios propuestos por Huang, Chu y Chiang (2008), en los cuales se tratan las características técnicas del proyecto, los aspectos relacionados directamente con la ejecución del proyecto, incluyendo la coherencia de la propuesta, además de los recursos y tiempos necesarios para su ejecución.
- Impactos del proyecto: Se identifican los impactos esperados sobre el mercado como un grupo de criterios común a evaluarse según la propuesta de todos los autores. Así mismo, los aspectos regulatorios y ambientales son factores comunes, no obstante, en la propuesta de Huang, Chu y Chiang (2008) se propone considerar aspectos tales como el impacto en la competitividad sectorial y el avance en el conocimiento, por lo cual se propone incluir el "impacto para el sector" como un subcriterio que agrupe estas variables. De la misma manera, se atiende la propuesta de Bitman y Sharif (2008) de evaluar el impacto de los proyecto sobre la competitividad de la corporación, desde las perspectivas de la utilidad y del mejoramiento de las capacidades técnicas y de gestión para futuros proyectos.

Tabla 27. Objetivos de segundo nivel o criterios del AHP para GPPI.

Propuesta de objetivos	**Huang et al. (2008)**	**Mohanty et al. (2005)**	**Bitman y Sharif (2008)**	**Coldrick et al. (2005)**	**Propuesta de nivel 2: criterios**
Alineación estratégica y capacidades	Capacidades de ejecución	Atributos del proyecto, interés organizacional, categoría del proyecto	Sensatez, atractividad, competitividad	Filtros técnicos, estratégicos y corporativos	Interés Corporativo
					Influencia sectorial
					Capacidades
Atributos del proyecto	Riesgos del proyecto, mérito científico y tecnológico	Atributos del proyecto, riesgos	Grado de innvoación	Filtros técnicos y de implementación	Mérito científico y técnico
					Coherencia de la propuesta
					Riesgos asociados
Impactos del proyecto	Beneficios del proyecto	Mercado potencial, aspectos ambientales	Aspectos de responsabilidad y competitividad	Filtros financieros, de Mercado y	Mercado
					Corporativos

				regulatorio	Sector

Fuente: elaboración propia.

A partir de estas consideraciones, se realiza la propuesta de la Tabla 28 con la estructura jerárquica completa, incluyendo los subcriterios desagregados de los criterios de nivel 2. El hecho de referenciar algunos autores para las consideraciones de cada uno de los objetivos identificados, no excluye la propuesta de otros autores. De hecho, en la propuesta final de estructura jerárquica se sugieren criterios que contienen factores comunes en las propuestas de los autores de referencia, tal como se mostró en la Tabla 23.

Tabla 28. Propuesta de estructura jerárquica.

Objetivos principales	Criterios	Subcriterios
Alineación estratégica y capacidades	Interés Corporativo	Alineación con temáticas corporativas
		Alineación con el Plan Corporativo
		Sinergia con los procesos productivos del CDT
		Objetivos y clasificación en I D o i
		Oportunidad del proyecto
	Influencia Sectorial	Instituciones o redes participantes
		Influencia de Actores participantes
		Alineación con políticas de C&T sectoriales
		Fuente de la Idea
	Capacidades	Disponibilidad de Recursos técnicos especializados
		Disponibilidad de capacidades de soporte y gestión
		Disponibilidad de infraestructura
		Experiencia en proyectos similares
Atributos del Proyecto	Mérito científico y técnico	Grado de novedad
		Interacción con otros productos o servicios
		Extensibilidad de los resultados
		Viabilidad tecnológica probada
Atributos del Proyecto	Coherencia de la propuesta	Sensatez del periodo de ejecución
		Sensatez del costo del proyecto
		Coherencia técnica del plan (método, objetivos y resultados)
	Riesgos asociados	Riesgo técnico
		Riesgo Comercial
		Riesgo en el desarrollo
Impactos Potenciales	Para el mercado	En el Mercado existente
		En nuevos mercados

Objetivos principales	Criterios	Subcriterios
		Tamaño potencial del mercado
		Efecto de derrame de la tecnología asociada

Tabla 29. Continuación

Objetivos principales	Criterios	Subcriterios
Impactos Potenciales	Para la Corporación	Mejora en las capacidades científicas y tecnológicas
		Mejora en las capacidades de gestión
		Utilidad esperada
	Para el Sector	Mejora en competitividad sectorial (Calidad, ambiente, producción)
		Contribución al estado del conocimiento
		Armonía Regulatoria (Normas futuras y presentes)

Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Validación de la Propuesta

Para la validación de la propuesta de base para la estructura jerárquica de ponderación de criterios de selección de proyectos de I+D+i en el contexto de un CDT colombiano, se desarrollan los pasos de selección del comité de ponderación, ponderación de los criterios y análisis de consistencia descritos en los numerales 4.1.2, 4.1.3 y 4.1.4, respectivamente. Finalmente, se concluye acerca de la pertinencia y validez de esta estructura propuesta, a partir de los resultados de consistencia como una herramienta para evaluar el grado de consenso sobre la ponderación de criterios, según lo propuesto por el método de AHP, utilizado en este mismo trabajo.

Para la ejecución de los pasos descritos, se realiza una consulta a expertos para la validación de la propuesta. Con el finalidad de guiar este proceso, se referencia el método Delphi como una técnica interactiva y sistemática basada en un panel de expertos, dotada de flexibilidad en la ejecución de sus pasos fundamentales y cuyo objetivo principal es llegar a consensos mediante varias rondas de opinión y realimentación. Los expertos o participantes conservan su anonimato dentro del mismo panel, evitando el juicio y calificación de sus opiniones y, por lo tanto, se conserva la independencia de las mismas. El uso de este método es muy popular en contextos de definición de marcos de trabajo, prospectiva, definición de políticas, diseño de proyectos y toma de decisiones estratégicas (Linstone y Turoff 2011).

Para lograr los objetivo de validación de la propuesta, el método Delphi sugiere como pasos fundamentales (Skulmoski, Hartmany Krahn 2007):

1. El análisis de aplicabilidad del método para el problema específico
2. La selección del panel de expertos
3. El diseño y administración del cuestionario
4. Procesar la información y llegar al consenso
5. De ser necesario, realizar rondas de verificación y realimentación.

Siguiendo estos pasos, a continuación se describe la forma como se aborda la consulta a expertos:

1. *Análisis de aplicabilidad del método:* Dado que se trata de proponer una estructura jerárquica de base genérica para su aplicación en el objeto y contexto de este trabajo, se propone realizar una consulta a expertos con algunos componentes del método Delphi. En la literatura se encuentran varias propuestas en las cuales se acude a la aplicación del método Delphi como una herramienta complementaria al AHP para la construcción de juicios (Henriksen y Traynor 1999; Vaidya y Kumar 2006). En este sentido, gracias a la versatilidad de los métodos de consulta a expertos, es posible llegar a una propuesta válida de estructura jerárquica de criterios de selección de proyectos de I+D+i, en tanto se llegue a un consenso con una razón de consistencia tolerable para los objetivos del trabajo en cuestión.

2. *Selección del panel de expertos:* El carácter genérico de la propuesta de base para la estructura jerárquica de criterios de selección de proyectos de I+D+i, exige una perspectiva holística contextualizada en el campo de un CDT en Colombia. En este sentido, para el panel de expertos en la consulta se busca la opinión que abarque varios niveles funcionales y estratégicos de CDT. Así mismo, se busca la vinculación de varios sectores productivos y diferentes regiones del país, abarcando perspectiva territorial. Finalmente, se completa el contexto de la consulta, invitando a clientes y proveedores de los CDT. De un total de cuarenta y cinco personas invitadas a participar enviándoles la encuesta por correo electrónico, trece atendieron la convocatoria, diligenciaron completamente el cuestionario y lo enviaron de vuelta por el mismo medio.

3. Se define entonces como perfil de expertos a personas con experiencia en proyectos de I+D+i en el sector eléctrico, en los cuales se haya interactuado directamente con un CDT, particularmente con conocimiento específico en procesos estratégicos, tácticos y operacionales de estas instituciones. También se incluyen personas con participación activa en estrategias de este tipo de instituciones, bien sea como funcionarios o participantes de su junta directiva. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se detallan los nombres y cargos de las personas participantes.

4. *El diseño y administración del cuestionario:* El diseño del cuestionario parte de la estructura jerárquica propuesta. Se dispone un archivo Excel que contiene 5 capítulos distribuidos en hojas de cálculo, una de inicio y cuatro de ponderación de criterios para la selección de proyectos de I+D+i en un CDT colombiano. Con el diligenciamiento de esta encuesta, los expertos aportan a la ponderación de los criterios de evaluación mencionados mediante la comparación por pares.

Tabla 30. Listado de expertos.

	Experto	**Cargo**

1	Alejandro Hinestrosa	Consultor
2	Iván Camilo Díez	Profesional Sénior IEB
3	Carlos Enrique Ríos	Director del CRTM
4	Carlos Soto	Consultor
5	Cristina López	Directora de Ingeniería Industrial de la Universidad San Buenvanetura
6	Mauricio Restrepo	Profesional Sénior I+D+i CIDET
7	Jimmy Saravia	Jefe de División de Gestión Tecnológica COTECMAR
8	Joao Aguirre	Profesor investigador del Instituto Tecnológico Metropolitano
9	Juan David Martínez	Profesional I+D Energía EPM
10	Leonardo Pineda	Profesor Asociado Universidad el Rosario
11	Mauricio Vargas	Director ejecutivo Corpoenergy
12	Sandra Rojas	Profesional Sénior I+D+i CIDET
13	Santiago Echavarría	Director ejecutivo CTA

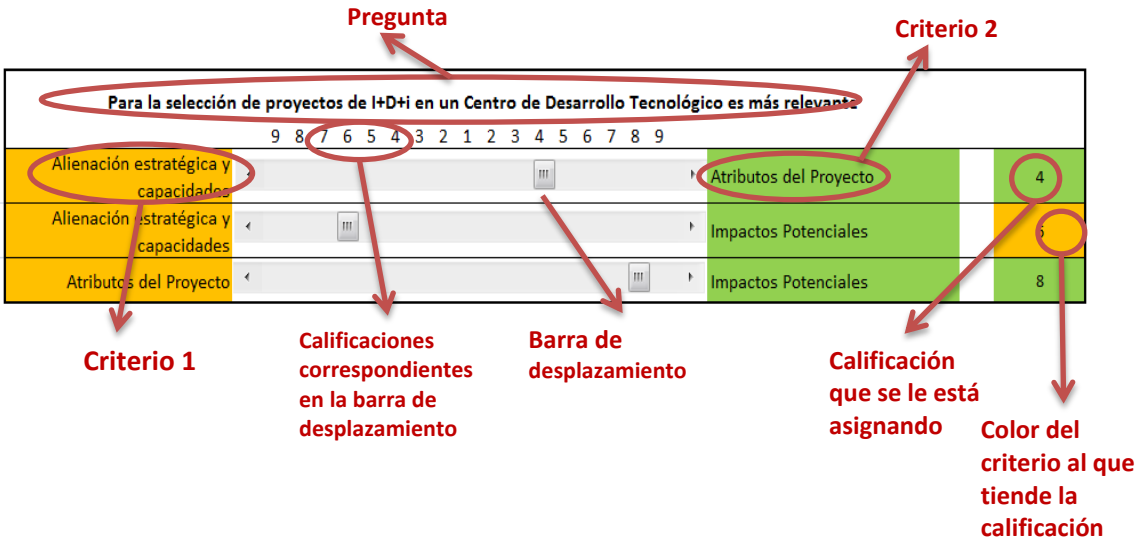
Fuente: elaboración propia.

En el cuestionario se pregunta por la relevancia relativa que tienen cada criterio o subcriterio para el objetivo al cual pertenece, dentro de la estructura jerárquica definida. Para calificar los criterios de manera comparativa, se desplaza una barra horizontal hasta tener la puntuación deseada a favor del criterio más relevante según la comparación del caso. Para esto se cuenta con la escala descrita en la Tabla 19. Niveles de importancia relativa. de la sección 4.1.3. “Ponderación de los criterios de evaluación”.

En la Figura 15 se presentan las instrucciones para diligenciar el cuestionario de ponderación por comparación de criterios y, más adelante, en la Figura16 se presenta un ejemplo de las hojas de encuesta a diligenciar. Todas las hojas de la encuesta se presentan en el ANEXO A. “Modelo de encuesta a expertos”.

5. *Procesar la información y llegar al consenso:* Luego de recoger las opiniones de los participantes de la consulta por medio de los archivos de Excel, se procede a transcribir los juicios al aplicativo informático *Expert Choice*© con el fin realizar el proceso de ponderación de los criterios y de análisis de consistencia descritos en los numerales 4.1.3. Ponderación de los criterios de evaluación y 4.1.4. Análisis de consistencia.

Figura 15. Instrucciones para el diligenciamiento de la encuesta.



Fuente: elaboración propia.

Figura16. Hoja de encuesta.

Para la selección de proyectos de I+D+i en un Centro de Desarrollo Tecnológico es más relevante		
Alineación estratégica y capacidades	Atributos o características principales del proyecto	1
Alineación estratégica y capacidades	Impactos Potenciales	1
Atributos o características principales del proyecto	Impactos Potenciales	1

Para evaluar la alineación estratégica y capacidades necesarias para un proyecto de I+D+i en CDT, es más relevante		
Interés Corporativo	Capacidades	1
Interés Corporativo	Influencia Sectorial	1
Influencia Sectorial	Capacidades	1

Para evaluar los atributos de un proyecto de I+D+i en un CDT, es más relevante		
Mérito científico y técnico	Coherencia de la propuesta	1
Mérito científico y técnico	Riesgos asociados	1
Coherencia de la propuesta	Riesgos asociados	1

Fuente: Elaboración propia

En las gráficas a continuación se presentan cuadros correspondientes a las matrices de comparación de los criterios, obtenidas luego del proceso de calcular la media geométrica de todos los juicios de los expertos, además de estimar la ponderación de los criterios y los respectivos análisis de consistencia de las matrices correspondientes.

En la Figura 17 y, en general, para las que se presentan en este mismo estilo para toda la estructura jerárquica, se asigna el color negro cuando el peso relativo superior corresponde el criterio que se encuentra en la fila de la matriz, mientras que la denotación del número en rojo, quiere decir que el peso relativo superior corresponde al criterio que se encuentra en la columna. Por ejemplo, para la Figura 17 a continuación, se tiene que para el objetivo de selección de proyectos de I+D+i, es 5,2784 veces más importante la alineación estratégica y capacidades, que los atributos del proyecto, en tanto que es 3,36366 veces más importante los impactos del proyecto que los atributos del proyecto.

En este tipo de figura, en la parte inferior, también se muestra la razón de inconsistencia calculada para la matriz de comparación correspondiente, antecedido por la contracción "Incon".

Las figuras a continuación, al igual que todos los cálculos referidos, se han generado desde el aplicativo *ExpertChoice ©.*

Figura 17. Importancia relativa selección de proyectos de I+D+i.

	Alineación	Atributos d	Impactos P
Alineación estratégica y capacidades		5,2784	(1,33472)
Atributos del Proyecto			(3,36366)
Impactos Potenciales	Incon: 0,06		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 18. Importancia relativa para el criterio alineación estratégica y capacidades.

	Interés Cor	Influencia S	Capacidade
Interés Corporativo		(1,93271)	(1,46247)
Influencia Sectorial			(1,79942)
Capacidades	Incon: 0,08		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 19. Importancia relativa para el subcriterio interés corporativo.

	Alineación	Alineación	Sinergia co	Objetivos y	Oportunida
Alineación con el Plan Corporativo		1,67028	1,46157	1,88448	1,0794
Alineación con temáticas corporat			(1,27694)	1,10702	(1,55225)
Sinergia con los procesos product				(1,11253)	1,06335
Objetivos y clasificación en I D o i					(1,59143)
Oportunidad del proyecto	Incon: 0,01				

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 20. Importancia relativa para el subcriterio influencia sectorial.

	Institucione	Influencia d	Alineación	Fuente de l
Instituciones o redes participantes		(1,12717)	(3,46473)	3,95704
Influencia de Actores participantes			(2,28142)	3,8093
Alineación con políticas de C&T sectoriales				4,97479
Fuente de la Idea	Incon: 0,03			

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 21. Importancia relativa para el subcriterio capacidades.

	Disponibili	Disponibili	Disponibili	Experiencia
Disponibilidad de Recursos tecnicos especializ		(1,15822)	2,15486	(1,85241)
Disponibilidad de capacidades de soporte y ge			2,16902	1,14061
Disponibilidad de infraestructura				(1,29217)
Experiencia en proyectos similares	Incon: 0,04			

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 22. Importancia relativa para el criterio atributos del proyecto.

	Mérito cien	Coherencia	Riesgos as
Mérito científico y técnico		(1,54443)	1,68223
Coherencia de la propuesta			1,34687
Riesgos asociados	Incon: 0,05		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 23. Importancia relativa para el subcriterio mérito científico.

	Grado de n	Interacción	Extensibilid	Viabilidad t
Grado de novedad		1,34265	(1,32651)	(2,6056)
Interacción con otros productos o servicios			(1,37316)	(2,22313)
Extensibilidad de los resultados				(1,16147)
Viabilidad tecnológica probada	Incon: 0,02			

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 24. Importancia relativa para el subcriterio coherencia de la propuesta.

	Sensatez d	Sensatez d	Coherencia
Sensatez del periodo de ejecución		(1,82372)	(4,46039)
Sensatez del costo del proyecto			(1,73828)
Coherencia técnica del plan (método, objetivos y resultado	Incon: 0,01		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 25. Importancia relativa para el subcriterio riesgos asociados.

	Riesgo técr	Riesgo Cor	Riesgo en e
Riesgo técnico		(1,2255)	(1,9484)
Riesgo Comercial			1,2061
Riesgo en el desarrollo	Incon: 0,05		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 26. Importancia relativa para el criterio impactos potenciales.

	Para el mer	Para la Cor	Para el Sec
Para el mercado		2,78274	(1,12266)
Para la Corporación			(2,43274)
Para el Sector	Incon: 0,01		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 27. Importancia relativa para el subcriterio en impactos en el mercado.

	En el Merca	En nuevos	Tamaño po	Efecto de d
En el Mercado existente		1,19119	(1,71448)	(2,20658)
En nuevos mercados			(2,01576)	1,01032
Tamaño potencial del mercado				1,11118
Efecto de derrame de la tecnología asociada	Incon: 0,03			

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 28. Importancia relativa para el subcriterio en impactos para la corporación.

	Mejora en la	Mejora en la	Utilidad esp
Mejora en las capacidades científicas y tecnológicas		1,69387	2,48561
Mejora en las capacidades de gestión			2,29497
Utilidad esperada	Incon: 0,02		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 29. Importancia relativa para el subcriterio en impactos para el sector.

	Mejora en c	Contribució	Armonía Re
Mejora en competitividad sectorial (Calidad, ambiente, proc		5,80881	4,83834
Contribución al estado del conocimiento			2,23419
Armonía Regulatoria (Normas futuras y presentes)	Incon: 0,10		

Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

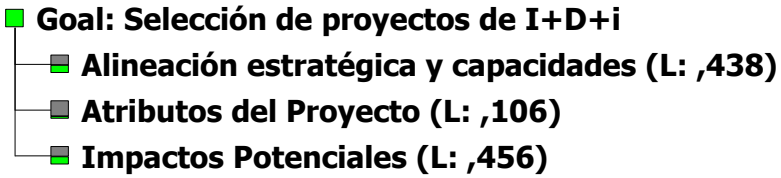
Además de presentar los juicios comparativos luego de calcular la media geométrica de las opiniones de todos los expertos, el aspecto más relevante para este ítem de

validación de la propuesta jerárquica es lo referente al análisis de consistencia de las diferentes matrices. Como se pudo apreciar en todas las figuras anteriores, ninguna razón de inconsistencia es superior a 0.1, lo cual indica una inconsistencia razonable (Saaty 2003). Por lo tanto, según lo expuesto en la sección 4.1.4, la estructura jerárquica propuesta es consistente en todos sus niveles. Inclusive, si se calcula la razón de consistencia para la estructura jerárquica completa, tomándola como una matriz de comparación con todos los criterios al mismo nivel, el resultado es de 0.05, el cual también es inferior a 0.1.

4.2.3 Estructura jerárquica de criterios ponderados

Luego de los cálculos y la validación expuesta en las secciones anteriores, se presenta la estructura jerárquica de base con los criterios ponderados para la selección de proyectos de I+D+i en el contexto de un CDT colombiano. En la Figura 30 se presenta la ponderación de los criterios de primer nivel de la estructura propuesta. Los valores de ponderación están comprendidos entre 0 y 1, en la gráfica se anteceden de la notación "L:", cuyo significado es local y corresponde a la ponderación de los criterios para su nivel inmediatamente superior, tal como se explica en la sección 4.1.3. Esta misma notación se considera para las siguientes gráficas similares.

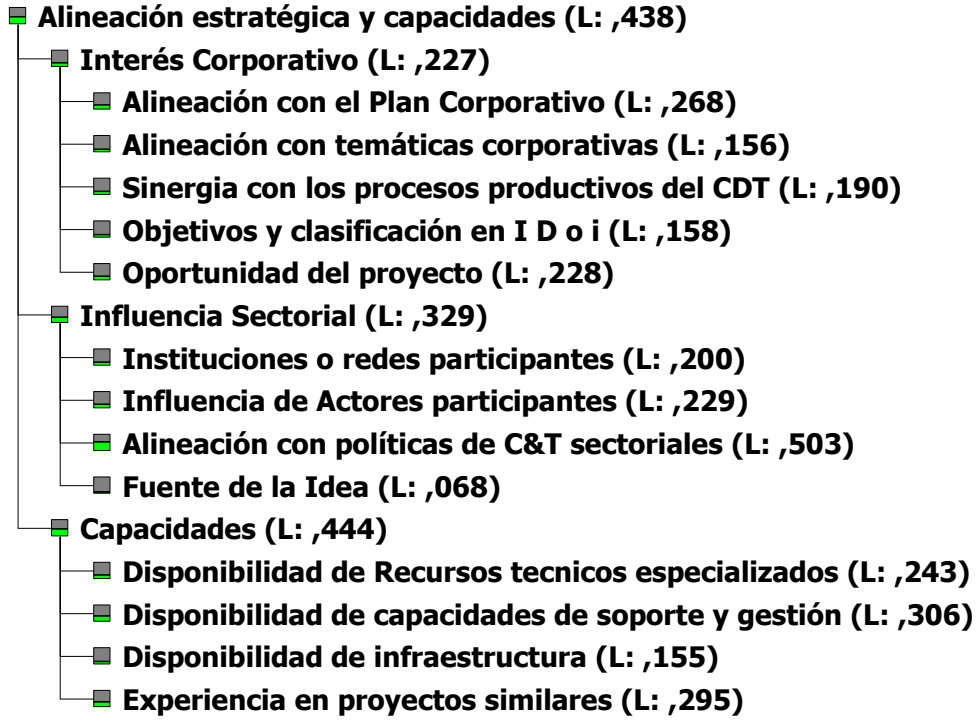
Figura 30. Priorización de criterios de primer nivel.



Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

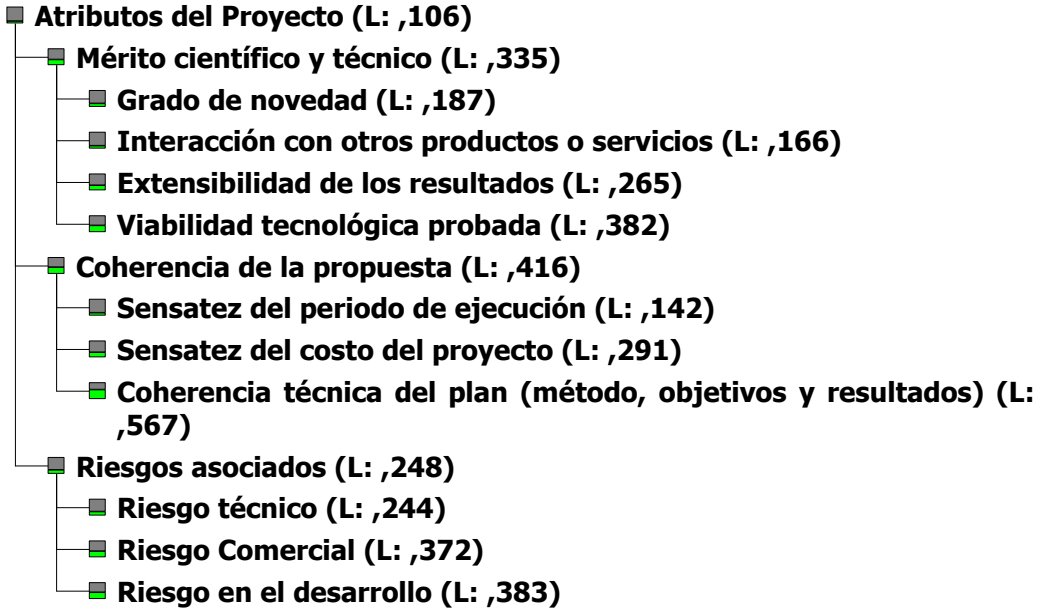
En las figuras a continuación se presenta la ponderación de subcriterios de segundo y tercer nivel que pertenecen a criterios de primer nivel: alineación estratégica y capacidades, atributos del proyecto, e impactos potenciales.

Figura 31. Ponderación de criterios alineación estratégica y capacidades.



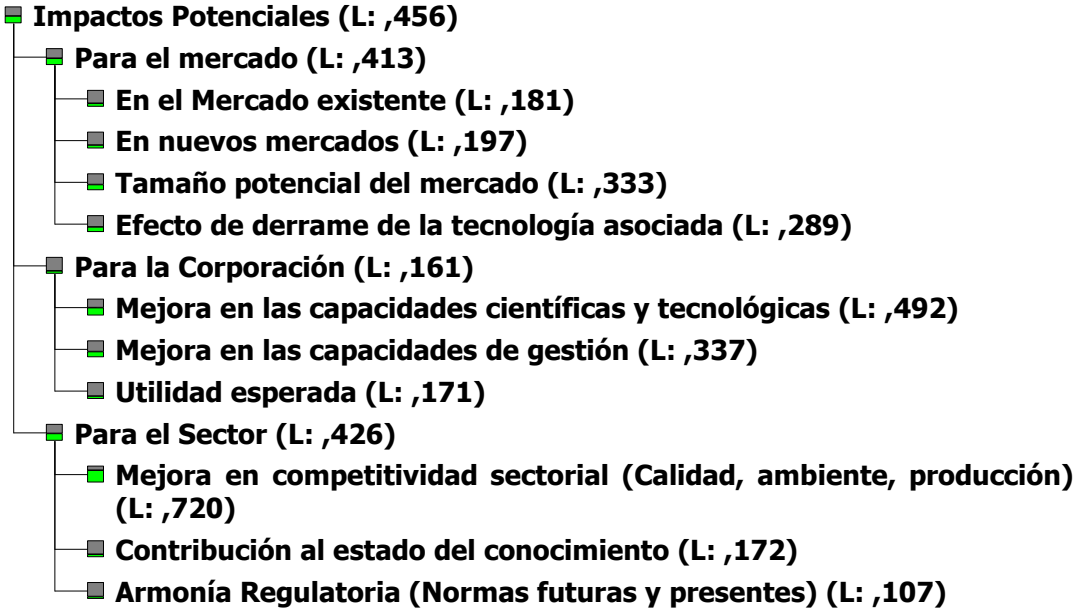
Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 32. Ponderación de criterios de segundo y tercer nivel: atributos del proyecto.



Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Figura 33. Ponderación de criterios de segundo y tercer nivel: impactos potenciales.



Fuente: Elaboración propia con *ExpertChoice* ®

Finalmente, se presenta la ponderación de criterios generalizada, con el fin de identificar los criterios más relevantes dentro de toda la estructura jerárquica propuesta.

Tabla 31. Ponderación generalizada de criterios

Criterio	Prioridad
Disponibilidad de capacidades de soporte y gestión	0,077
Mejora en competitividad sectorial (Calidad, ambiente, producción)	0,077
Tamaño potencial del mercado	0,075
Experiencia en proyectos similares	0,074
Efecto de derrame de la tecnología asociada	0,065
Disponibilidad de Recursos tecnicos especializados	0,061
Alineación con políticas de C&T sectoriales	0,057
En nuevos mercados	0,044
En el Mercado existente	0,041
Alineación con el Plan Corporativo	0,04
Disponibilidad de infraestructura	0,039
Oportunidad del proyecto	0,034
Mejora en las capacidades científicas y tecnológicas	0,029
Sinergia con los procesos productivos del CDT	0,028
Influencia de Actores participantes	0,026
Alineación con temáticas corporativas	0,023
Objetivos y clasificación en I D o i	0,023

Objetivos y clasificación en I D o i	0,023
Instituciones o redes participantes	0,023
Mejora en las capacidades de gestión	0,02
Coherencia técnica del plan (método, objetivos y resultados)	0,018
Contribución al estado del conocimiento	0,018
Viabilidad tecnológica probada	0,014
Armonía Regulatoria (Normas futuras y presentes)	0,012
Extensibilidad de los resultados	0,01
Riesgo Comercial	0,01
Riesgo en el desarrollo	0,01
Utilidad esperada	0,01
Sensatez del costo del proyecto	0,009
Fuente de la Idea	0,008
Grado de novedad	0,007
Riesgo técnico	0,007
Interacción con otros productos o servicios	0,006
Sensatez del periodo de ejecución	0,004

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se resaltan los criterios ubicados en los primeros lugares de prioridad. En primera instancia se evidencia que los criterios “disponibilidad de capacidad de soporte y gestión” y “experiencia en proyectos similares” están plenamente alineados con el objeto misional de los CDT como organismos articuladores del SNCTI Colombiano. En esta perspectiva, dichos criterio fueron calificados dentro del grupo de mayor relevancia, lo cual ratifica que a la hora de emprender un proyecto, las capacidades de gestión y soporte son uno de los mayores compromisos demandados a un CDT, tal como se describió en la sección 2.3.

Por otro lado, se percibe la importancia y relevancia de los criterios de ponderación que comprometen el carácter sectorial de los CDT. Esto se aduce de la prioridad otorgada a los criterios “mejora en la competitividad sectorial” y “alineación con políticas de C&T sectoriales”. En este mismo sentido, los criterios “tamaño potencial del mercado” y “efecto de derrame de la tecnología asociada”, que también están bien posicionados en la priorización, demuestran que es imperativo que el CDT cuente con un amplio conocimiento del mercado, así como de las tecnologías asociadas a su sector, puesto que son factores fundamentales para decidir acerca de la pertinencia o no de un proyecto.

La alta prioridad del criterio “disponibilidad de recursos técnicos” justifica la gestión de las redes de cooperación y conocimiento como otro factor fundamental en la propuesta de valor de un CDT. Esto en razón de que al ser organismos de intermediación, sus capacidades técnicas residen en los actores externos tales como socios tecnológicos, universidades, institutos y grupos de investigación, laboratorios, consultores, entre otros, como proveedores de conocimiento y de servicios tecnológicos. Por lo tanto, la calidad de los proyectos que se desarrollen en los CDT estará garantizada por las capacidades

técnicas de sus proveedores y por la forma como se manejen las relaciones de confianza con los mismos.

5. CONCLUSIONES

Los indicios de trabajos concluyentes de desarrollo de técnicas de gestión de portafolios de proyectos de I+D+i en Colombia, son incipientes. No obstante, algunas propuestas desarrolladas en otras latitudes pueden ser adaptadas satisfactoriamente. De hecho, las propuestas conceptuales de Cooper, Kleinchsmidt y Edget, quienes son los autores de referencia en la materia, brindan un marco de trabajo apropiado, el cual se basa en la concepción de la GPPI como una labor estratégica de la organización, en la cual converge la toma de decisiones para la asignación de recursos a los proyectos que determinarán la competitividad de la organización en el corto, mediano y largo plazo.

Bajo este marco conceptual, se observa que la aplicación de métodos matemáticos y computacionales complejos para el soporte GPPI, es un campo prolífico de investigación científica, el cual pretende solucionar los problemas asociados con la congruencia entre los propósitos de la organización y los resultados de los proyectos pertenecientes al portafolio de I+D+i. Este problema se aborda desde la integración de criterios de evaluación de proyectos cuantitativos y cualitativos, o bien desde la búsqueda de consensos objetivos por parte de los agentes influyentes en las decisiones del portafolio. Las herramientas más utilizadas para estos fines son la lógica difusa, análisis envolvente de datos, opciones reales y Proceso de Análisis Jerárquico.

El desempeño del método usado para la GPPI está directamente relacionado con el éxito de un portafolio de I+D+i, el cual se manifiesta a través del impacto de los resultados de sus proyectos. En este sentido, la pertinencia método para GPPI, enmarca el logro de una alineación estratégica y balance en portafolio, así como la garantía del flujo de recursos para la gestión oportuna de los proyectos. Al respecto, en el contexto de un CDT en Colombia, un método de GPPI debe brindar señales para la definición de un número adecuado de proyectos, en función de los recursos financieros disponibles y de la capacidad de gestión del CDT. De la misma manera, la técnica debe considerar la temporalidad necesaria para la ejecución de los proyectos, maximizando los beneficios e impactos sectoriales de los proyectos, traducidos como valor del portafolio. Adicionalmente, la técnica debe integrar los intereses estratégicos y temáticos en un marco estrictamente sectorial.

Los CDT en Colombia cuentan con recursos y capacidades para dar soporte a la I+D+i, traducidas de su inversión en actividades de ciencia tecnología e innovación y de su personal dedicado a Investigación y Desarrollo. Dichas capacidades son susceptibles de potenciar un proceso estructurado de GPPI con proyecciones sectoriales. Adicionalmente, la naturaleza de agente integrador del sistema de innovación, sitúa a los CDT en una posición privilegiada para integrar las capacidades técnicas externas necesarias evaluar los portafolios de proyectos de I+D+i. En este sentido, un método

para la gestión de GPPI en un CDT debe aprovechar las capacidades de planeación, formulación e integración de conocimientos de colaboradores externos. Así mismo, se deben aprovechar y potenciar las capacidades para actividades de soporte, tales como vigilancia y prospectiva para el apoyo a definiciones estratégicas.

Aunque la naturaleza de los CDT aduce la integración del sistema de innovación, sus capacidades de relacionamiento y transferencia tecnológica deben mejorar sustancialmente. Para esto se sugiere enfocar esfuerzos en los índices de producción científica y técnica, como una fuente de visibilidad y socialización los resultados de gestión de los centros.

Otra capacidad que debe desarrollarse en el contexto de los CDT, es la formalización, sistematización y documentación de los procesos de gestión de los portafolios de proyectos, pues sólo así se haría posible la trazabilidad necesaria para evaluar el desempeño real de los proyectos, y su relación con el logro de los objetivos estratégicos de la institución. Lo anterior es necesario para dotar de valor a los portafolios.

De acuerdo con los índices de ingresos y ventas de los CDT, es posible concluir que existe un balance en el portafolio, donde financieramente son tan importantes los proyectos sectoriales, como los particulares. Por lo tanto, el proceso de toma de decisiones para la asignación balanceada de recursos a proyectos sectoriales, es una labor fundamental y estratégica para asegurar la sostenibilidad del centro. Con base en los mismos índices financieros, se puede apreciar que los CDT cuentan con recursos escasos para el desarrollo de sus actividades, por lo cual la eficiencia es una de sus políticas bandera. Por lo tanto, un método para GPPI en un CDT debe asegurar la autonomía, efectividad y eficiencia del método, contando con unas mínimas exigencias de conocimientos específicos, infraestructura o software especializado.

Otros factores que condicionan la aplicación exitosa de un método de GPPI son la percepción y aceptación del método, las características de funcionalidad y la información requerida. Para el primero de estos factores, se sugiere que el método sea entendible y con una mínima exigencia de conocimientos específicos necesarios para la operación, pues esto se traduce en agilidad, efectividad y simplicidad para la operación del método.

En cuanto a la disponibilidad de información, en los CDT colombianos se percibe una escasa disposición de recursos y tiempo para realizar estudios económicos previos y capacitaciones especializadas, con el fin de proveer la información y las capacidades técnicas necesarias para la aplicación de métodos económicos sofisticados. En la vía de sortear esta situación, un método de GPPI para un CDT debe Proporcionar una alternativa metodológica que supla la falta de información necesaria para evaluar proyectos. En este sentido, se sugiere un método de calificación por expertos con base en la percepción de los criterios de evaluación definidos, incluyendo la calificación y de relevancia de los criterios como elemento que imprima objetividad en la selección y priorización del portafolio

En este trabajo se propone un método de GPPI apropiado para un CDT colombiano. Este método se basa en la integración de varias técnicas de alineación estratégica y de calificación. El método propuesto se basa en un Proceso de Análisis Jerárquico, soportado por dos instancias de consulta, una para la definición y ponderación de criterios de evaluación de proyectos, y otra para la calificación de alternativas o

propuestas de proyectos. Como resultado final del método se obtiene una síntesis de cronograma y presupuestos de las alternativas, así como una priorización de alternativas, en función de los criterios de evaluación definidos. Adicionalmente, el método sugerido no requiere información con la que no cuente el CDT, no exige una dedicación intensiva en tiempo, es sencillo y se vale de técnicas de cálculo relativamente sencillas. Por todas estas características el método propuesto cumple con las condiciones deseables definidas.

Como columna central del método de GPPI para CDT, se propone una estructura jerárquica de criterios para la priorización de proyectos de I+D+i en CDT. Esta estructura es validada por un grupo de expertos mediante un análisis de consistencia a la luz de un proceso de análisis jerárquico. La estructura presentada alcanza una razón de consistencia global de 0.05, la cual es razonable y a su vez la dota de validez.

Como aspectos particulares derivados de este análisis se concluye que la “alineación estratégica” y la “disposición de capacidades para ejecutar proyectos”, así como los “impactos potenciales del proyecto”, son criterios altamente relevantes a diferencia de los criterios agrupados dentro de los atributos del proyecto. Esto revela que la formulación de objetivos e impactos del proyecto es un asunto crucial para su evaluación, pues el resto de campos puede ser renegociado durante la ejecución del mismo.

De la misma manera se evidencia que los criterios “disponibilidad de capacidad de soporte y gestión” y “experiencia en proyectos similares” están plenamente alineados con el objeto misional de los CDT como organismos articuladores del SNCTI colombiano. En esta perspectiva, dichos criterios fueron calificados dentro del grupo de mayor relevancia, lo cual ratifica que a la hora de emprender un proyecto, las capacidades de gestión y soporte son uno de los mayores compromisos demandados a un CDT.

El carácter sectorial de los CDT se ratifica en la prioridad otorgada a criterios como: “mejora en la competitividad sectorial” y “alineación con políticas de C&T sectoriales”. Así mismo, reconoce la exigencia de que el CDT cuente con un amplio conocimiento del mercado, así como de las tecnologías asociadas a su sector, puesto que criterios como “tamaño potencial del mercado” y “efecto de derrame de la tecnología asociada” también se catalogan como de gran importancia relativa.

La alta prioridad del criterio “disponibilidad de recursos técnicos” justifica la gestión de las redes de cooperación y conocimiento como otro factor fundamental en la propuesta de valor de un CDT. Esto en razón de que al ser organismos de intermediación, sus capacidades técnicas residen en los actores externos tales como socios tecnológicos, universidades, institutos y grupos de investigación, laboratorios, consultores, entre otros, como proveedores de conocimiento y de servicios tecnológicos. Por lo tanto, la calidad de los proyectos que se desarrollen en los CDT estará garantizada por las capacidades técnicas de sus proveedores y por la forma como se manejen las relaciones de confianza con los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

Ahn, Mark J., Ofer Zwikael, and Rebecca Bednarek. 2009. “Technological invention to product innovation: A project management approach.” *International Journal of Project Management* In Press, Corrected Proof. Retrieved

Alonso, J.A., and M.T. Lamata. 2006. “Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach.” *International Journal of Uncertainty, Fuzzy and Knowledge-Based System* 14(4):445–459.

Balachandra, R., and J.H. Friar. 1997. “Factors for success in R&D projects and new product innovation: a contextual framework.” *Engineering Management, IEEE Transactions on* 44(3):276–287.

Barreto, Gloria, and Helga Bermeo. 2008. “Los CDT y las universidades en Colombia: ¿aliados o competidores? Algunas lecciones frente a la actual política de C&T.” Bogotá.

Bitman, W.R. 2005. “R&D portfolio management framework for sustained competitive advantage.” Pp. 775–779 in, vol. 2.

Bitman, W.R., and Nawaz Sharif. 2008. “A Conceptual Framework for Ranking R&D Projects.” *IEEE Transactions on Engineering Management* 55(2):267–278.

Bozeman, Barry, and Juan Rogers. 2001. “Strategic management of government-sponsored R&D portfolios.” *Environment & Planning C: Government & Policy* 19(3):413.

Cakmak, M.A., and José Moreno-jiménez. 2007. “Aggregation of Individual Preference Structures in Ahp-Group Decision Making.” *Group Decision and Negotiation* 16(4):287–301.

Carlsson, Christer, Robert Fuller, Markku Heikkila, and Peter Majlender. 2007. “A fuzzy approach to R&D project portfolio selection.” *International Journal of Approximate Reasoning* 44(2):93–105.

Christensen, Clayton M., Kaufman, Stephen P., and Shih, Willy C. 2008. Innovation Killers, How Financial Tools Destroy Your Capacity to Do New Things. *Harvard Business Review.*

Colciencias. 2001. “Resolución 084 Febrero 12 de 2001 Por la cual se regula lo relativo al reconocimiento de los Centros de Investigación. Centros de Desarrollo Tecnológico y Centros y Grupos de Investigación de Instituciones de Educación Superior.”

Colciencias. 2010. “Resolución 504 de 2010: Por la cual se establece definiciones y requisitos para el reconocimiento de Centros de Investigación o Desarrollo Tecnológico.”

Coldrick, S., C.P. Lawson, P.C. Ivey, and J. Hannis. 2005. “An R&D options selection model for investment decisions.” *Technovation* 25(3):185–193.

Coldrick, S., C.P. Lawson, P.C. Ivey, and C. Lockwood. 2002. “A decision framework for R&D project selection.” Pp. 413–418 vol.1 in, vol. 1.

Coombs, Rod, and Albert Richards. 1991. “Technologies, products and firm´s strategies.” *Technology Analysis and Strategic Management* 3(1):77–86.

Cooper, Robert G., S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt. 1999. “New product portfolio management: practices and performance.” *Journal of Product Innovation Management* 16(4):333–351.

Cooper, Robert G., S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt. 2001. “Portfolio management for new product development: results of an industry practices study.” *R & D Management* 31(4):361–380.

Cooper, Robert G., and E. J. Kleinschmidt. 1991. “New product processes at leading industrial firms.” *Industrial Marketing Management* 20(2):137–147.

Cooper, Robert G., and E. J. Kleinschmidt. 1988. “Resource allocation in the new product process.” *Industrial Marketing Management* 17(3):249–262.

Cooper, Robert G., and E. J. Kleinschmidt. 1987. “Success factors in product innovation.” *Industrial Marketing Management* 16(3):215–223.

Departamento Nacional de Planeación. 1994. “Documento Conpes 2739: Política nacional de ciencia y tecnología.”

Escobar, M., and J.M. Moreno-Jiménez. 2007. “Aggregation of Individual Preference Structures in Ahp-Group Decision Making.” *Group Decision and Negotiation* 16:287–301.

Etzkowitz, Henry, Andrew Webster, Christiane Gebhardt, and Branca Regina Cantisano Terra. 2000. “The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm.” *Research Policy* 29(2):313–330.

Farrukh, Clare, Rob Phaal, David Probert, Mike Gregory, and John Wright. 2000. “Developing a process for the relative valuation of R&D programmes.” *R & D Management* 30(1):43–54.

Feng, Bo, Jian Ma, and Zhi-Ping Fan. 2011. “An integrated method for collaborative R&D project selection: Supporting innovative research teams.” *Expert Systems with Applications* 38(5):5532–5543.

Freeman, Chris. 2002. “Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth.” *Research Policy* 31(2):191–211.

Ghasemzadeh, F., and N. P. Archer. 2000. “Project portfolio selection through decision support.” *Decision Support Systems* 29(1):73–88.

Graves, Samuel B., and Jeffrey L. Rinquest. 1996. “Evaluating a portfolio of R&D investments.” *The Journal of High Technology Management Research* 7(1):53–60.

Guan, Jian Cheng, and Ning Ma. 2003. “Innovative capability and export performance of Chinese firms.” *Technovation* 23(9):737–747.

Henriksen, A.D., and A.J. Traynor. 1999. “A practical r&d project-selection scoring tool.” *IEEE Transactions on Engineering Management* 46(2):158–170.

Hsu, Fang-Ming, and Chao-Chih Hsueh. 2009. “Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach.” *Evaluation and Program Planning* 32(2):178–186.

Huang, C.-C., P.-Y. Chu, and Y.-H. Chiang. 2008. “A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection.” *Omega* 36(6):1038–1052.

Huang, Chi-Cheng, Pin-Yu Chu, and Yu-Hsiu Chiang. 2008. “A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection.” *Omega* 36(6):1038–1052.

Hyvarinen, Liisa. 1995. “SME financiers’ qualitative evaluation criteria in development projects.” *International Journal of Production Economics* 41(1-3):167–178.

Icontec. 2008. *Norma Técnica Colombiana Serie 5800: Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)*. Bogotá: ICONTEC.

Imoto, Shinji, Yoshiyuki Yabuuchi, and Junzo Watada. 2008. “Fuzzy regression model of R&D project evaluation.” *Applied Soft Computing* 8(3):1266–1273.

Jaramillo, S., and H. Gómez. 1997. *37 modos de hacer ciencia en América Latina.* Bogotá: Tercer mundo editores - Colciencias.

Jiménez, Claudia Nelcy, and Oscar Fernando Castellanos. 2008. “Retos de la gestión tecnológica para el siglo XXI.” Pp. 5–24 in *Retos y Nuevos Enfoques de la Gestión de la Tecnología y del Conocimiento*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Killen, Catherine P. 2008. “Project portfolio management for product innovation in service and manufacturing industries.” PhD, Sydney, Australia: Macquarie University.

Killen, Catherine P., and Robert A. Hunt. 2009. “Project portfolio management maturity model for dynamic environments.” Pp. 1–9 in. Australia Retrieved.

Killen, Catherine P., Robert A. Hunt, and E. J. Kleinschmidt. 2007. “Managing the New Product Development Project Portfolio: A Review of the Literature and Empirical Evidence.” Pp. 1864–1874.

Lager, Thomas. 2002. “A structural analysis of process development in process industry: A new classification system for strategic project selection and portfolio balancing.” *R & D Management* 32(1):87–95.

Lawson, C.P., P.J. Longhurst, and P.C. Ivey. 2006. “The application of a new research and development project selection model in SMEs.” *Technovation* 26(2):242–250.

Lee, Mushin, and Kiyong Om. 1996. “Different factors considered in project selection at public and private R&D institutes.” *Technovation* 16(6):271–275.

Linstone, Harold A., and Murray Turoff. 2011. “Delphi: A brief look backward and forward.” *Technological Forecasting and Social Change* 78(9):1712–1719.

Linton, Jonathan D., Steven T. Walsh, and Joseph Morabito. 2002. “Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio.” *R & D Management* 32(2):139–148.

Linton, Jonathan, Joseph Morabito, and Julian Yeomans. 2007. “An extension to a DEA support system used for assessing R&D projects.” *R & D Management* 37(1):29–36.

Lockett, A. G., and A. E. Gear. 1973. “Representation and Analysis of Multi-Stage Problems in R & D.” *Management Science* 19(8):947–960.

Malaver, Florentino, and Marisela Vargas. 2007. *Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Meade, L.A., and A. Presley. 2002. “R&D project selection using ANP...the analytic network process.” *Potentials, IEEE* 21(2):22–28.

Mikkola, Juliana Hsuan. 2001. “Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management.” *Technovation* 21(7):423–435.

Mohanty, R. P., R. Agarwal, A. K. Choudhury, and M. K. Tiwari. 2005. “A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: a case study.” *International Journal of Production Research* 43(24):5199–5216.

Moreno-Jiménez, J.M., J. Aguarón, and M. Escobar. 2008. “The Core of Consistency in AHP-Group Decision Making.” *Group Decision and Negotiation* 17(3):249–265.

Nadler, D., and Michael Tushman. 1997. *The Power of Organization Arquitecture*. New York: Oxford University Press.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. 2011. *Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico*. Bogotá: Colciencias.

O'Connor, Gina Colarelli, y Christopher M. McDermott. 2004. The human side of radical innovation. *Journal of Engineering and Technology Management* 21, (1) (Marzo): 11-30.

OECD. 2005. *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Tercera Edición. Oslo: Grupo Tragsa.

Ozdemir, M.S. 2005. "Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process." *Applied Mathematics and Computation* 161(3):707–720.

Pinzón, Carolina. 2009. "Análisis de los procesos de gesitón del conocimiento en centros de desarrollo tecnológico agrícola colombiano y propuesta para su fortalecimiento." Tésis de Maestría, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Project Management Institute. 2004. *A Guide to the Project management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Tercera Edición. Estados Unidos de América.

Robert A.W. Kok, and Paul A. Creemers. 2008. "Alliance governance and product innovation project decision making." *European Journal of Innovation Management* 11(1460-1060):472–487.

Robledo, J., J. J. Aguilar, and J. D. Pérez. 2011. "Methodological tool for measurement and assessment of technological innovation capabilities." in *PICMET: Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Proceedings*, *Portland International Center for Management of Engineering and Technology - Technology Management in the Energy-Smart World, PICMET'11*. Portland, OR.

Ruegg, Rosalie, and Gretchen Jordan. 2007. *Overview of Evaluation Methods for R&D Programs*. E.E.U.U: U.S Departmanet of Energy.

Saaty, T.L. 2008. "Decision making with de analytic hierarchy process." *International journal of Services Sciences* 1(1):83–97.

Saaty, T.L. 2002. "Decision making with the Analytic Hierarchy Process." *Scientia Iranica* 9(3):215–229.

Saaty, T.L. 2003. "Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary." *European Journal of Operational Research* 145(1):85–91.

Saaty, T.L. 2006. "Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes." *European Journal of Operational Research* 168(2 SPEC. ISS.):557–570.

Saaty, T.L., and G. Hu. 1998. “Ranking by eigenvector versus other methods in the analytic hierarchy process.” *Applied Mathematics Letters* 11(4):121–125.

Saaty, T.L., and L.T. Tran. 2007. “On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process.” *Mathematical and Computer Modelling* 46(7-8):962–975.

Saaty, T.L., and L.G. Vargas. 2007. “Dispersion of group judgments.” *Mathematical and Computer Modelling* 46(7-8):918–925.

Santamaria, Lluis, Andres Barge-Gil, and Aurelia Modrego. 2010. “Public selection and financing of R&D cooperative projects: Credit versus subsidy funding.” *Research Policy* 39(4):549–563.

Shin, Chul-Oh, Seung-Hoon Yoo, and Seung-Jun Kwak. 2007. “Applying the analytic hierarchy process to evaluation of the national nuclear R&D projects: The case of Korea.” *Progress in Nuclear Energy* 49(5):375–384.

Skulmoski, Gregory J., Francis T. Hartman, and Jennifer Krahn. 2007. “The Delphi Method for Graduate Research.” *Journal of Information Technology Education* 6:1 –21.

Souder, William E. 1975. “Achieving Organizational Consensus with Respect to R&D Project Selection Criteria.” *Management Science* 21(6):669–681.

Souder, William E. 1973. “Utility and Perceived Acceptability of R&D Project Selection Models.” *Management Science* 19(12):1384–1394.

Spital, Francis C. 1979. “An analysis of the role of users in the total r&d portfolios of scientific instrument firms.” *Research Policy* 8(3):284–296.

Stewart, Theodor J. 1991. “A Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection.” *The Journal of the Operational Research Society* 42(1):pp. 17–26.

Subramanian, Dharmashankar, Joseph F. Pekny, and Gintaras V. Reklaitis. 2000. “A simulation--optimization framework for addressing combinatorial and stochastic aspects of an R&D pipeline management problem.” *Computers & Chemical Engineering* 24(2):1005–1011.

Vaidya, Omkarprasad S., and Sushil Kumar. 2006. “Analytic hierarchy process: An overview of applications.” *European Journal of Operational Research* 169(1):1–29.

Wang, Juite, and W.-L. Hwang. 2007. “A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model.” *Omega* 35(3):247–257.

Wang, Juite, Willie Lin, and Yu-Hsiang Huang. 2010. “A performance-oriented risk management framework for innovative R&D projects.” *Technovation* 30(11-12):601–611.

ANEXO A. Modelo de encuesta a expertos

EVALUACIÓN DE OBJETIVOS Y CRITERIOS

Para la selección de proyectos de I+D+i en un Centro de Desarrollo Tecnológico es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Alineación estratégica y capacidades		Atributos o características principales del proyecto	1
Alineación estratégica y capacidades		Impactos Potenciales	1
Atributos o características principales del proyecto		Impactos Potenciales	1

Para evaluar la alineación estratégica y capacidades necesarias para un proyecto de I+D+i en CDT, es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Interés Corporativo		Capacidades	1
Interés Corporativo		Influencia Sectorial	1
Influencia Sectorial		Capacidades	1

Para evaluar los atributos de un proyecto de I+D+i en un CDT, es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Mérito científico y técnico		Coherencia de la propuesta	1
Mérito científico y técnico		Riesgos asociados	1
Coherencia de la propuesta		Riesgos asociados	1

Para evaluar los impactos potenciales de un proyecto de I+D+i en un CDT, es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Para el mercado		Para el CDT	1
Para el mercado		Para el Sector	1
Para el CDT		Para el Sector	1

ALINEACIÓN ESTRATÉGICA Y CAPACIDADES

Para evaluar el interés corporativo de un CDT en un proyecto de I+D+i es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Alineación con temáticas corporativas		Alineación con el Plan Corporativo	1
Alineación con temáticas corporativas		Sinergia con los procesos productivos del CDT	1
Alineación con temáticas corporativas		Objetivos y su clasificación en Investigación, Desarrollo o innovación	1
Alineación con temáticas corporativas		Oportunidad del proyecto	1
Alineación con el Plan Corporativo		Sinergia con los procesos productivos del CDT	1
Alineación con el Plan Corporativo		Objetivos y su clasificación en Investigación, Desarrollo o innovación	1
Alineación con el Plan Corporativo		Oportunidad del proyecto	1
Sinergia con los procesos productivos del CDT		Objetivos y su clasificación en Investigación, Desarrollo o innovación	1
Sinergia con los procesos productivos del CDT		Oportunidad del proyecto	1
Objetivos y su clasificación en Investigación, Desarrollo o innovación		Oportunidad del proyecto	1

Para evaluar la influencia sectorial de un proyecto de I+D+i en un CDT es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Instituciones o redes participantes		Influencia de Actores participantes	1
Instituciones o redes participantes		Alineación con políticas de C&T sectoriales	1
Instituciones o redes participantes		Fuente de la Idea	1
Influencia de Actores participantes		Alineación con políticas de C&T sectoriales	1
Influencia de Actores participantes		Fuente de la Idea	1
Alineación con políticas de C&T sectoriales		Fuente de la Idea	1

Para evaluar las capacidades necesarias para abordar un proyecto de I+D+i en un CDT en es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Disponibilidad de Recursos tecnicos especializados		Disponibilidad de capacidades de soporte y gestión	1
Disponibilidad de Recursos tecnicos especializados		Disponibilidad de infraestructura	1
Disponibilidad de Recursos tecnicos especializados		Experiencia en proyectos similares	1
Disponibilidad de capacidades de soporte y gestión		Disponibilidad de infraestructura	1
Disponibilidad de capacidades de soporte y gestión		Experiencia en proyectos similares	1
Disponibilidad de infraestructura		Experiencia en proyectos similares	1

ATRIBUTOS DEL PROYECTO

Para evaluar el mérito científico y tecnológico de un proyecto de I+D+i en un CDT es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Grado de novedad		Interacción con otros productos o servicios	1
Grado de novedad		Extensibilidad de los resultados	1
Grado de novedad		Viabilidad tecnológica probada	1
Interacción con otros productos o servicios		Extensibilidad de los resultados	1
Interacción con otros productos o servicios		Viabilidad tecnológica probada	1
Extensibilidad de los resultados		Viabilidad tecnológica probada	1

Para evaluar la conherencia de un proyecto de I+D+i en un CDT es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Sensatez del periodo de ejecución		Sensatez del costo del proyecto	1
Sensatez del periodo de ejecución		Coherencia técnica del plan (método, objetivos y resultados)	1
Sensatez del costo del proyecto		Coherencia técnica del plan (método, objetivos y resultados)	1

Para evaluar los riesgos asociados a un proyecto de I+D+i en un CDT en es más relevante	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Riesgo técnico		Riesgo Comercial	1
Riesgo técnico		Riesgo en el desarrollo	1
Riesgo Comercial		Riesgo en el desarrollo	1

POSIBLES IMPACTOS DEL PROYECTO

Para evaluar los impactos en el mercado de un proyecto de I+D+i en un CDT es más relevante

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

En el Mercado existente	En nuevos mercados	1
En el Mercado existente	Tamaño potencial del mercado	1
En el Mercado existente	Efecto de derrame de la tecnología asociada	1
En nuevos mercados	Tamaño potencial del mercado	1
En nuevos mercados	Efecto de derrame de la tecnología asociada	1
Tamaño potencial del mercado	Efecto de derrame de la tecnología asociada	1

Para evaluar los impactos de un proyecto de I+D+i dentro del mismo CDT es más relevante

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Mejora en las capacidades científicas y tecnológicas	Mejora en las capacidades de gestión	1
Mejora en las capacidades científicas y tecnológicas	Utilidad esperada	1
Mejora en las capacidades de gestión	Utilidad esperada	1

Para evaluar los impactos de un proyecto de I+D+i en un sector determinado, para un CDT es más relevante

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Mejora en competitividad sectorial (Calidad, ambiente, producción)	Contribución al estado del conocimiento	1
Mejora en competitividad sectorial (Calidad, ambiente, producción)	Armonía Regulatoria (Normas futuras y presentes)	1
Contribución al estado del conocimiento	Armonía Regulatoria (Normas futuras y presentes)	1