



Formulación de Proyectos de Investigación

Una visión a la construcción de proyectos en ingeniería

Beatriz Martínez González, (Madrid ,España, 1984)
Doctora en Ingeniería de Sistemas Electrónicos,
Universidad Politécnica de Madrid, España; Ingeniera
de Telecomunicación, Universidad Politécnica De
Madrid, España

Profesora Catedrática Auxiliar, Facultad de
Ingenierías

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Miembro del Grupo de Investigación en Análisis de
Datos y Sociología Computacional

beatriz.martinez1@utp.edu.co

Julián David Echeverry Correa, (Pereira, Risaralda,
Colombia,1981)

Doctor en ingeniería por la Universidad Politécnica
de Madrid, España; ingeniero Electrónico por la
Universidad Nacional De Colombia

Profesor asociado, Facultad de Ingenierías de la
Universidad Tecnológica de Pereira

Autor del libro "*Contributions to speech analytics
based on speech recognition and topic
identification*" (2016). ha publicado artículos en
revistas especializadas nacionales e internacionales.

Director del grupo de investigación en Análisis de
datos y Sociología computacional

jde@utp.edu.co

Andrés Marino Álvarez Meza, (Pereira, Risaralda,
Colombia, 1988)

Doctor en ingeniería-Automática, Ingeniero
electrónico, Universidad Nacional de Colombia

Profesor asistente tiempo completo, Facultad de
ingeniería y arquitectura, Universidad Nacional de
Colombia-sede Manizales

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Pertenece al Grupo de investigación control y
procesamiento digital de señales - Universidad
Nacional de Colombia sede Manizales

amalvarezme@unal.edu.co

Álvaro Ángel Orozco Gutiérrez , (La Virginia,
Risaralda, Colombia,1963)

Doctor en Bioingeniería, Universidad Politécnica De
Valencia, España; Ingeniero Eléctrico, Universidad
Tecnológica De Pereira

Profesor Titular, Facultad de Ingenierías de la
Universidad Tecnológica de Pereira

Autor del libro: *Vibración Identificación En Línea De
Modos Tempranos De Fallas Dinámicas En
Máquinas rotativas*, entre otros.

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Director del Grupo de Investigación en AUTOMÁTICA
aag@utp.edu.co

David Augusto Cárdenas Peña, (Ibagué, Tolima,
Colombia, 1987)

Doctor en ingeniería Universidad Nacional de
Colombia - Sede Manizales, Ingeniero electrónico
Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales

Profesor transitorio de tiempo completo Facultad de
ingenierías de la Universidad Tecnológica de Pereira

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Pertenece al Grupo de Investigación en
AUTOMÁTICA

dcardenasp@utp.edu.co

Genaro Daza Santacoloma, (Manizales ,Caldas,
Colombia, 1983)

Doctor en ingeniería - Automática, Universidad
Nacional de Colombia. Ingeniero Electrónico,
Universidad Nacional de Colombia.

Autor del libro: *Subspace Analysis For
Dimensionality Reduction: Fundamentals* (2013).

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Miembro del Grupo de Investigación en Análisis de
Datos y Sociología Computacional

genaro.santacoloma@utp.edu.co

Mauricio Alexander Alvarez Lopez (Pereira,
Risaralda, Colombia, 1981)

Doctor en Ciencias de la Computación, University of
Manchester. Ingeniero Electrónico, Universidad
Nacional De Colombia - Sede Manizales

Docente en University of Sheffield

Ha publicado artículos en revistas especializadas
nacionales e internacionales

Miembro Grupo de Investigación en AUTOMÁTICA
mauricio.alvarez@sheffield.ac.uk

La Editorial de la Universidad
Tecnológica de Pereira tiene como
política la divulgación del saber
científico, técnico y humanístico para
fomentar la cultura escrita a través
de libros y revistas científicas
especializadas.

Las colecciones de este proyecto son:
Trabajos de Investigación, Ensayos,
Textos Académicos y Tesis Laureadas.

Este libro pertenece a la Colección
Trabajos de Investigación.

Formulación de Proyectos de Investigación

Una visión a la construcción de proyectos en ingeniería

Beatriz Martínez González
Julián David Echeverry Correa
Andrés Marino Álvarez Meza
Álvaro Ángel Orozco Gutiérrez
David Cárdenas Parra
Genaro Daza Santacoloma
Mauricio Álvarez López



Universidad Tecnológica
de Pereira

Colección Trabajos de Investigación
Facultad Ingeniería Eléctrica
2020

Formulación de proyectos de investigación : Una visión a la construcción de proyectos en ingeniería / Beatriz Martínez González y otros. -- Pereira : Editorial Universidad Tecnológica de Pereira, 2021.
145 páginas. -- (Colección Trabajos de investigación).

ISBN: 978-958-722-464-1
e-ISBN: 978-958-722-463-4

1. Método - Proyecto en la enseñanza 2. Metodo - Proyecto en la docencia 3. Educación - Investigación - Metodología 4. Investigación - Proyectos en ingeniería

CDD. 001.4

Autores

© Beatriz Martínez González
© Julián David Echeverry Correa
© Andrés Marino Álvarez Meza
© Álvaro Ángel Orozco Gutiérrez
© David Cárdenas Parra
© Genaro Daza Santacoloma
© Mauricio Álvarez López
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Proyecto de Investigación

Desarrollo de un sistema de identificación de estructuras nerviosas en imágenes de ultrasonido para la asistencia del bloqueo de nervios periféricos. Aplicación al tratamiento de dolor traumático y prevención del dolor neurótico crónico, código 5-17-3.

Universidad Tecnológica de Pereira

Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión
Editorial Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Coordinador editorial:

Luis Miguel Vargas Valencia
luismvargas@utp.edu.co
Teléfono 313 7381
Edificio 9, Biblioteca Central "Jorge Roa Martínez"
Cra. 27 No. 10-02 Los Álamos, Pereira, Colombia
www.utp.edu.co

Montaje y producción:
David Restrepo Suarez.
Universidad Tecnológica de Pereira

CONTENIDO

Siglas y abreviaturas	8
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO UNO	17
¿Qué es un proyecto de investigación?.....	18
CAPÍTULO DOS.....	24
Primeros pasos para la formulación del proyecto.....	25
CAPÍTULO TRES	31
Análisis de artículos	32
3.1. Pasos generales para el análisis	34
3.1.1. Preparación para la lectura.....	35
3.1.2. Pasos para la lectura y anotaciones.....	37
3.1.3. Consideraciones a tener presente durante el análisis.....	42
3.2. Los descriptores.....	48
3.2.1. El punto.....	48
3.2.2. Aristas o restricciones	59
3.2.3. La formalización	68
3.2.4. Métodos y materiales.....	74
3.2.5. Nuevos descriptores. Análisis de conclusiones, trabajo futuro y citas... 81	
3.2.5.1 Análisis de conclusiones y trabajo futuro.	82
3.2.5.2 Análisis de citas de otros autores sobre el artículo analizado.	86
3.2.6. El contexto	92
3.3. Planos de relación	98
3.4. Ejercicios para practicar	107
CAPÍTULO CUATRO	110
Redacción de la propuesta de investigación	111
4.1. Planteamiento del problema	115
4.2. Pregunta de investigación.....	124
4.3. Justificación	129
4.4. Estado del arte.....	140
4.5. Objetivos.....	148
4.6. Metodología	151
Conclusiones	157
Referencias bibliográficas	158

EJEMPLOS

EJEMPLO NRO. 1. <i>Fases generales de una investigación. Caso particular aplicado a la investigación de las causas por las que un sistema automático de creación de subtítulos, a partir de un archivo de video, tiene un retraso superior al deseado.</i>	20
EJEMPLO NRO. 2. <i>Proyecto no investigativo vs proyecto de investigación.</i>	21
EJEMPLO NRO. 3. <i>Fragmento en idioma original y traducción al español de la introducción de un paper científico.</i>	51
EJEMPLO NRO. 4. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español, objetivo del artículo.</i>	54
EJEMPLO NRO. 5. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español, punto del artículo.</i>	55
EJEMPLO NRO. 6. <i>Fragmento de un artículo científico, punto de un artículo.</i>	56
EJEMPLO NRO. 7. <i>Fragmento de un artículo científico, en idioma original (inglés) y español, punto del artículo.</i>	58
EJEMPLO NRO. 8. <i>Caso hipotético de investigación y posibles aristas.</i>	61
EJEMPLO NRO. 9. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Aristas del artículo primero.</i>	62
EJEMPLO NRO. 10. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Aristas del artículo segundo.</i>	64
EJEMPLO NRO. 11. <i>Fragmento de tesis doctoral. Arista.</i>	66
EJEMPLO NRO. 12. <i>Arista de artículo científico.</i>	67
EJEMPLO NRO. 13. <i>Fragmento de una tesis de maestría. Arista primera.</i>	67
EJEMPLO NRO. 14. <i>Fragmento de una tesis de maestría. Arista segunda.</i>	68
EJEMPLO NRO. 15. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Formalización del artículo primero.</i>	71
EJEMPLO NRO. 16. <i>Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Formalización del artículo segundo.</i>	74
EJEMPLO NRO. 18. <i>Segundo fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Métodos.</i>	77
EJEMPLO NRO. 19. <i>Primer fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Características de equipos utilizados y de la base de datos.</i>	79
EJEMPLO NRO. 20. <i>Segundo fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Características de equipos utilizados y de la base de datos.</i>	80
EJEMPLO NRO. 21. <i>Primer fragmento en idioma original y traducción al español de las conclusiones de un paper científico.</i>	84
EJEMPLO NRO. 22. <i>Segundo fragmento en idioma original y traducción al español de las conclusiones de un paper científico.</i>	86
EJEMPLO NRO. 23. <i>Contexto enfocado en el marco legal.</i>	97
EJEMPLO NRO. 24. <i>Primer ejemplo de planos de relación para un proyecto</i>	102
EJEMPLO NRO. 25. <i>Segundo ejemplo de planos de relación para un proyecto.</i>	107
EJEMPLO NRO. 26. <i>Posible planteamiento del problema para un proyecto de investigación para la segmentación de estructuras cerebrales en imágenes médicas.</i>	124
EJEMPLO NRO. 27. <i>Justificación de un proyecto de investigación. Pertinencia, viabilidad e impacto.</i>	139
Tomada de (Caja de Compensación Familiar de Risaralda <i>et al.</i> , 2018).	139
EJEMPLO NRO. 28. <i>Fragmento del estado del arte de un proyecto.</i>	147
EJEMPLO NRO. 29. <i>Objetivos de un proyecto de investigación.</i>	149
EJEMPLO NRO. 30. <i>Fases asociadas a un objetivo específico de un proyecto de investigación.</i>	154

FIGURAS

FIGURA NRO. 1. <i>Diagrama de fases previas a la redacción del proyecto.</i>	30
FIGURA NRO. 2. <i>Pasos generales de la lectura y análisis de un artículo.</i>	35
FIGURA NRO. 3. <i>Pasos para la toma de anotaciones sobre un artículo.</i>	39
FIGURA NRO. 4. <i>Ejemplo de organización de aristas por capas de lo más a lo menos general.</i>	66
FIGURA NRO. 5. <i>Proceso de análisis de aristas del autor de un artículo.</i>	82
FIGURA NRO.6. <i>Ejemplo de resultado del Google Scholar. Artículo sobre «Speaker Diarization».</i>	88
FIGURA NRO. 7. <i>Captura del Google Scholar. Artículos que citan otro trabajo en concreto.</i>	89
FIGURA NRO. 8. <i>Resultado de búsqueda en «CiteSeer». Número de citas de un artículo.</i>	90
FIGURA NRO. 9. <i>Cómo seleccionar las metodologías de la literatura para incluir en el estado del arte.</i>	143

TABLAS

TABLA NRO. 1. <i>Ejemplo de dos modelos posibles de matrices de contenido para la organización de artículos.</i>	39
TABLA NRO. 2. <i>Fragmento en idioma original y traducción al español de la introducción de un paper científico, punto del artículo vs problema de carácter genérico.</i>	52
TABLA NRO. 3. <i>Ejemplos de contexto para proyectos de distintas áreas.</i>	93
TABLA NRO. 4. <i>Ejemplos de contexto. Utilidad y posible fuente.</i>	95
TABLA NRO. 5. <i>Relación entre los planos de relación de los distintos descriptores y las secciones más habituales en una propuesta de proyecto.</i>	113
TABLA NRO. 6. <i>Variaciones sobre una pregunta de investigación. Errores posibles.</i>	126
TABLA NRO. 7. <i>Variaciones de la pregunta de investigación, ejemplos de preguntas de respuesta binaria.</i>	128
TABLA NRO. 8. <i>Ejemplos de variaciones de la pregunta de investigación, ejemplos de preguntas con juicios de valor no deseados.</i>	129
TABLA NRO. 9. <i>Ejemplo de análisis de los objetivos.</i>	150
TABLA NRO. 10. <i>Ejemplo de cronograma de un proyecto de investigación.</i>	155

Siglas y abreviaturas

Siglas utilizadas en los fragmentos de artículos que sirven de ejemplo

- ASMs: Active Shape Models (modelos de forma activa).
- BRATS: Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (punto de referencia para la segmentación de imágenes de tumores cerebrales multimodales).
- BI-RADS: Breast Imaging Reporting and Data System (sistema de informes y datos de imágenes mamarias).
- CDP: Canonical Decomposition Process (proceso de descomposición canónico).
- DBS: Deep Brain Stimulation (estimulación cerebral profunda).
- dMRI: Diffusion Magnetic Resonance Imaging (imagen de resonancia magnética de difusión).
- DT-MRI o DTI: Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging (imagen de resonancia magnética de difusión tensorial).
- DW: Diffusion Weighted (ponderado por difusión).
- EEG: Electroencefalograma.
- EM: Expectation Maximization (algoritmo de esperanza-maximización).
- ET: Essential Tremor (temblor esencial).

- FA: Fractional Anisotropy (anisotropía fraccional).
- FOV: Field of View (campo de visión en el contexto de imágenes de resonancia magnética).
- GA: Generalized Anisotropy (anisotropía generalizada).
- GMM: Gaussian Mixture Model (modelo de mezcla de gaussianas).
- GPi: Globus Pallidus interna (globo pálido interno).
- GPs: Gaussian Processes (procesos gaussianos).
- HOT: High Order Tensor (tensor de orden alto).
- IRB: Institutional Review Board (junta de revision institucional).
- LFP: Local Field Potentials (potenciales de campo local).
- MAP: Maximum A Posteriori (probabilidad máxima a posteriori).
- MCC: Microcalcification (microcalcificaciones).
- MD: Mean Diffusivity (difusividad media)
- MRI: Magnetic Resonance Imaging (imagen de resonancia magnética).
- MUSIC: MUltiple SIngle Clasification (clasificación múltiple de señales).
- OMS: Organización Mundial de la Salud.

- PCA: Principal Component Analysis (análisis de componentes principales).
- PD: Parkinson's Disease (enfermedad de Parkinson)
- PDM: Point Distribution Model (modelo de distribución de puntos).
- RAE: Real Academia Española.
- ROI: Region Of Interest (región de interés).
- *Smartphone*: Teléfono inteligente. Teléfono celular con pantalla táctil y con muchas de las prestaciones de una computadora¹
- SSM: Statistical Shape Models (modelos estadísticos deformables).
- STN: SubThalamic Nucleus (núcleo subtalámico).
- T2 imágenes: un tipo de imágenes de resonancia magnética.
- Ta: tálamo humano.
- TDP: Tucker Decomposition Process (proceso de descomposición de Tucker).
- TE: Echo Time (tiempo de eco en el contexto de imágenes de resonancia magnética, tiempo de eco).
- TLS: Threshold Level Set (método de segmentación basado en umbrales).

¹ Definición de teléfono inteligente en (Real Academia Española, s.f., c)

- TR: Repetition Time (tiempo de repetición en el contexto de imágenes de resonancia magnética).
- UK: United Kingdom (Reino Unido).
- Vim: núcleos intermedios ventriculares del tálamo
- VTA: Volume of Tissue Activated (volumen de tejido activo).

INTRODUCCIÓN

En nuestra sociedad nos hemos acostumbrado a ver adelantos científicos a menudo. Noticias sobre un equipo que consigue curar una enfermedad anteriormente incurable, aunque sea solo para algunos pacientes específicos, pueden aparecer en los periódicos por su relevancia. Pero hay muchos otros avances los cuales resultan tan comunes que ni siquiera se les presta atención. Si pensamos en la creación de los teléfonos móviles nos damos cuenta de que, desde su popularización, sus funciones, no han hecho más que crecer sin que apenas nos demos cuenta de muchas de ellas. Hoy en día cualquier *smartphone* puede reconocer lo que se dice e incluso responder. Existen aplicaciones que a partir de una foto de un documento reconocen el idioma escrito y lo traducen. No hay día en el cual no se creen nuevas aplicaciones, nacidas de la idea de un equipo de trabajo con unos objetivos concretos. La tecnología nos ha permitido avanzar en la resolución de problemas de una forma que hace años no se hubiera creído posible. El desarrollo de nuevos equipos de toma de imágenes médicas o de análisis de muestras, por nombrar

algunos, han sido determinantes en el avance de las técnicas de diagnóstico y de tratamiento de pacientes. Una persona que hace setenta años habría muerto joven por complicaciones de la diabetes, hoy en día podría seguir un tratamiento con una bomba de insulina, la cual le permita vivir tanto como lo haría una persona sana y con mayor calidad de vida. La llegada a la luna fue todo un espectáculo a nivel mundial, así como las teorías subsiguientes sobre la falsedad de la misma con argumentos basados en las imágenes que se retransmitieron. Pero, verdaderamente, no importa si aquella primera retransmisión fue real o no ya que, hoy en día, los astronautas de la estación espacial internacional pueden emitir sus videos en Internet para que los vea todo el planeta y a nadie le extraña que sea posible. La mayoría de los avances que se hacen de forma diaria no se podrían percibir a menos que alguien lo haga notar, pero ahí están. El desarrollo de un nuevo tipo de Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) más rápida, no será evidente cuando compremos un computador, pero permitirá que este sea más veloz en la ejecución de tareas.

En definitiva, ya sean avances notables o aparentemente modestos, la ciencia no hace más que avanzar y llevarnos a sitios nuevos e inexplorados. Pero la ciencia no avanza sola, hay que empujarla; acompañarla; trabajar días, meses, años o incluso más, hasta conseguir lo que se busca. Porque es así como todo empieza: buscando algo. En algún momento, alguien se da cuenta de que tiene una necesidad concreta para la cual no existe solución; o mientras habla de cualquier tema con otras personas, se le ocurre una idea de algo nuevo que le gustaría que existiera. Esa primera chispa puede venir de cualquier fuente y en cualquier circunstancia. Muchas no pasarán de ese punto, del comentario entre amigos sobre lo útil que podría ser cierta aplicación; pero otras encontrarán en esa primera idea el nacimiento de una parte del futuro.

Así empezará el proyecto, con una idea transformada con los días en un objetivo más definido. De esta manera empezaron todos los grandes y pequeños descubrimientos.

Sin embargo, un proyecto no es solo una idea; es una planificación, es un estudio de lo que existe y lo que no; es tiempo y dinero invertido. No todos podrán dedicarse a su idea por tiempo ilimitado y con fondos infinitos. E incluso, si son lo suficientemente afortunados como para disponer de una cantidad de dinero ilimitada para invertir en el proyecto, necesitará cerciorarse de que dicha idea no la tuvo alguien antes y de que dicho problema no está resuelto, aunque no se supiera inicialmente. Como se ha dicho, todos los días hay avances nuevos, grandes y pequeños, y este proyecto para crear o estudiar algo nuevo no tendrá sentido a menos que se verifique lo realmente novedoso.

Ahora llegamos al centro del problema, a saber: ¿cómo verificar qué es novedoso y cómo demostrarlo? Se ha pasado de una idea sin mucho formato a la duda sobre si realmente se trata de una idea con posibilidades de futuro. Allí empieza el estudio; en ese punto la investigación da comienzo, incluso antes de tener un proyecto definido. Es cuando se empieza a leer y a verificar qué se ha hecho antes de ese momento, qué aportaron otros estudios previos, qué les faltó por resolver y, sobre todo, qué se puede aportar en torno a la idea inicial.

Para terminar, es muy probable que se necesite buscar fondos. Ya sea al trabajar solo o como miembro de un equipo de investigación, lo más probable es que se requiera convencer a alguien de que la idea merece la pena y se puede llevar a cabo. Por lo tanto, para que esa idea inicial se transforme en un proyecto real se deberá, antes de nada, explicarlo por escrito y justificar por qué se cree que es una buena idea, en qué se basa para afirmar que es novedosa y cómo se planea llevarla a cabo. En definitiva, se deberá redactar una propuesta que pueda convencer a otros de que su proyecto merece la pena.

En este libro trataremos sobre el proceso a seguir para poder redactar una propuesta de proyecto de investigación. Como se verá más adelante, la parte más importante y la que probablemente llevará más tiempo, será la de indagar qué existe

en el mundo que se parezca a lo que se quiere investigar. Se deberá emplear una parte sustancial del tiempo en encontrar qué otros trabajos se han desarrollado a nivel mundial en esa misma área de investigación, o si existe o no una solución al problema que se tenía en mente y si esa solución cubre todos los frentes posibles. Esto es imprescindible pues la formulación de un proyecto de investigación es una propuesta que alguien —probablemente el dueño de los fondos que se necesitan— tendrá que aprobar. Esta situación lleva a que lo primero que se debe hacer es convencerle de que la idea es buena y de que aún nadie ha desarrollado una solución al problema del que parte.

Las fuentes para informarse sobre el estado en el cual se encuentra la investigación en su área —y así poder argumentar en favor de la necesidad de llevar a cabo su estudio— pueden ser de índole muy variada. Noticias de prensa, estudios genéricos o reportes de opinión pueden servir de guía; pero, para aportar fuerza a sus argumentos, debe incluir una proporción considerable de estudios científicos relativamente recientes. Efectivamente, hoy en día la mayoría de los investigadores publican sus más recientes avances científicos en revistas especializadas, así que la mejor solución será leer los artículos relacionados con el tema. A este respecto, se debe tener en cuenta que la información, en nuestros días, es casi infinita; con lo que organizarse uno mismo a la hora de recopilar y asimilar esta información es de vital importancia para poder acotar el tiempo empleado en el estudio. Por esta razón, la mayor parte de este libro está dedicada tanto a explicar los pasos a seguir para encontrar la información relevante en los artículos, como a la organización de dicha información.

Una vez se hayan recopilado los datos necesarios, el objetivo inicial se habrá definido mejor y podremos redactar nuestra propuesta con la justificación adecuada. De esta forma, será más fácil convencer a cualquier revisor de que el proyecto merece el tiempo y el dinero que se le va a invertir.

La última parte de este libro está dedicada a dar pautas sobre los procesos a seguir y los aspectos a tener en cuenta a la hora de redactar el documento con la propuesta de proyecto. Sin embargo, no es el objetivo de este libro profundizar en cada una de las posibles secciones de un proyecto, ya que, para empezar, estos dependerán fuertemente de la entidad que deba aprobar el proyecto. No obstante, existen algunos puntos habituales que sí se mencionarán.

En definitiva, se darán unas pautas sobre cómo pasar de una idea indefinida a un proyecto real —susceptible de ser aprobado por un grupo de evaluadores— y con capacidad de llevarse a cabo con éxito.

1

**CAPÍTULO
UNO**

¿Qué es un proyecto de investigación?

Un proyecto investigativo puede definirse como el plan que se desarrolla previamente a la realización de un trabajo de investigación (Significados, 2020). El propósito final de este es, tras identificar un problema, formular una hipótesis o solución tentativa y estudiar su validez. Los tipos de proyectos en los cuales se centra este libro tendrán las siguientes fases generales:

- *Observación y formulación inicial del problema:* en este paso se percibe el problema que se quiere estudiar y el cual se puede formular en forma de pregunta o interrogante. También se consideran fases separadas la observación del problema y la formulación del problema.
- *Formulación de hipótesis/objetivos:* aquí se llega a la propuesta de proyecto, es decir, a la hipótesis y/o objetivos que se quieren validar.
- *Análisis/desarrollo:* una vez formulada la hipótesis comienza la fase de investigación propiamente dicha, la de analizar datos y procesarlos para implementar la solución al problema.
- *Verificación o validación:* se debe comprobar si la hipótesis formulada se verifica y/o si la solución implementada es válida.

En el EJEMPLO NRO. 1 se muestra un proceso de investigación de forma muy resumida. En este se pretende descubrir y atacar las causas para el retraso en la aparición de subtítulos cuando se utiliza un reconocedor de habla automático. Se proponen tres posibles hipótesis que deben analizarse y corregirse en la etapa de análisis y desarrollo. Al final deben validarse las soluciones presentadas. En este caso, se ha supuesto que la tercera hipótesis queda validada por el rechazo de las dos anteriores.

Efectivamente, en el punto cuatro del EJEMPLO NRO. 1 se indica que, si las soluciones implementadas no redujeran el retraso en los subtítulos, se verificaría la hipótesis tres. En esta situación, el lector podría argüir que la falta de éxito a la hora de solventar los problemas detectados no se debe a que los problemas estén asociados a causas diferentes, sino a que la solución implementada no fue la idónea; y podría tener razón. Aun así, en este ejemplo introductorio, se han simplificado al máximo las variables, razón por la cual no se ha ahondado más en las explicaciones alternativas de la falta de éxito en la solución implementada.

1. Se observa que un sistema automático de creación de subtítulos de un reproductor de archivos de video tiene un retraso superior al deseado, dado que muestra los subtítulos correctos pero muchos segundos después de que dicha frase se ha escuchado en la grabación. ¿Se puede disminuir este retraso?
2. Hipótesis sobre las causas del problema: a) El retraso se debe a que el programa para la creación de los subtítulos a partir de la pista de audio es computacionalmente ineficiente. b) El retraso se debe a que las prestaciones de la máquina donde se está ejecutando son inferiores a las mínimas requeridas por el programa para crear los subtítulos. c) El retraso se debe a causas diferentes a las anteriores.
3. Se comprueban las hipótesis y se trata de solucionar el problema:
 - Se comprueba la hipótesis a) mediante el análisis del código del programa. Si el análisis del código reporta ineficiencias en el mismo, es decir, se dan los condicionantes que confirman la hipótesis, se modifica el programa para hacerlo más eficiente; por ejemplo, se elige otro lenguaje de programación más adecuado.

- Se comprueba la hipótesis b) mediante la verificación de las prestaciones del equipo y su comparación con las recomendadas por el desarrollador del programa para creación de subtítulos. Si se comprueba esta hipótesis se instala el programa en una máquina más moderna. Si no se comprueba ninguna de las hipótesis anteriores, se debe seguir en la búsqueda de la causa para arreglar el problema.
4. En los casos a) y b) se valida la solución mediante la comparación entre el tiempo de retraso de los subtítulos, antes y después de haber implementado dicha solución. Si no hay mejora en los tiempos de retardo se podría concluir la verificación de la hipótesis c) El retraso se debe a causas diferentes a las anteriores.

EJEMPLO NRO. 1. *Fases generales de una investigación. Caso particular aplicado a la investigación de las causas por las que un sistema automático de creación de subtítulos, a partir de un archivo de video, tiene un retraso superior al deseado.*

Elaboración propia.

Nótese que, tal como se contempla en el ejemplo expresado, un proyecto podría encontrarse con el hecho de que la solución propuesta y desarrollada finalmente no consigue resolver el problema. De igual forma, la hipótesis planteada podría no ser verificada. Esta posibilidad se deriva de la naturaleza misma del proyecto. Contrariamente a otros tipos de proyectos, aquellos de investigación científica no son válidos únicamente si se alcanza un resultado definido previamente, sino que lo que persiguen es proponer y validar una posible solución o explicación para un problema científico reconocido, pero aún no solventado. Por lo tanto, es posible que el tipo de conclusión dependa de varios factores que hacen parte del propio estudio o que el sistema desarrollado no solucione el problema propuesto. Es decir, no se conoce *a priori* el resultado a obtener. Por otro lado, un proyecto de naturaleza no investigativa puede tener un resultado conocido con anterioridad, salvo en los casos en los que se presenten errores en la planificación o ejecución. Para ilustrar

este concepto se incluye el EJEMPLO NRO. 2, el cual muestra una situación hipotética en la que se comparan dos tipos de proyecto, de una misma compañía constructora: uno investigativo y otro de desarrollo de infraestructura.

Una compañía constructora tiene dos proyectos en marcha:

Proyecto no investigativo: *Construcción de un nuevo edificio de apartamentos en la costa atlántica.* La compañía deberá tener en cuenta aspectos técnicos y legales, efectuar estudios del terreno, análisis de rentabilidad, entre otros. Sin embargo, por extenso que este proceso pudiera resultar, cuando dé comienzo el proyecto de construcción, este tendrá un resultado claro y definido. En efecto, si el proyecto se planificó correctamente y la compañía tiene experiencia en la edificación, el proyecto no debería conllevar incertidumbre en cuanto al resultado que se va a obtener, es decir, un nuevo edificio. Evidentemente podrían surgir imprevistos que impidan su finalización, tales como cambios en las perspectivas económicas, el contexto legal, la malversación de fondos, la quiebra, los desastres naturales, entre otros. Pero estos no estarían relacionados con la propia construcción.

Proyecto de investigación: *Estudio de un nuevo tipo de material aislante sintético para edificios en zonas de temperaturas extremas.* La compañía en este caso deberá estudiar las propiedades de dicho material y la viabilidad de su uso en construcción de edificios. El resultado de este estudio podría ser tanto positivo como negativo, es decir, el resultado es desconocido. El material no ha sido usado por el momento en edificios o en zonas de temperaturas extremas. Por lo tanto, la compañía no sabrá, antes de realizar el análisis, si dicho material pasará o no las pruebas a las cuales va a ser sometido. Por consiguiente, este tipo de proyecto se considerará exitosamente finalizado, independientemente de que el resultado obtenido sea favorable al uso o no de este nuevo material.

EJEMPLO NRO. 2. *Proyecto no investigativo vs proyecto de investigación.*

Elaboración propia.

En este libro se trata la temática de los proyectos de investigación; por ello, de aquí en adelante, se utilizará la palabra «proyecto» para referirse, específicamente, a un proyecto de investigación.

Así, la investigación es lo que define el tipo de proyecto, tal como la dice Arias (2012): «...la investigación científica es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes» (p. 22). De esta manera, este proyecto está orientado a proponer y, en última instancia, llevar a cabo una investigación. La profundidad de la misma, la metodología usada o la clase de objetivos buscados puede variar, pero los pasos generales que se deben seguir no varían.

Dentro de los proyectos de investigación se puede hablar, de manera general, de proyectos de tipo cuantitativo y de tipo cualitativo (Arias, 2012; Canales *et al*, 1994; Coelho, 2020):

- Un proyecto de tipo cuantitativo parte en general de un problema bien definido y con objetivos claros. Se plantean hipótesis que serán verificadas o rechazadas mediante pruebas empíricas realizadas sobre los datos recogidos.
- Un proyecto de tipo cualitativo se centra en desarrollar conceptos y comprensiones sobre las personas y sus relaciones. En este, los datos sirven como punto de partida para desarrollar estos conceptos, en lugar de servir para evaluar una hipótesis previa.

Este libro pretende recomendar un procedimiento sistemático para la formulación de un proyecto de investigación de tipo cuantitativo. Por supuesto, existen otras estrategias recomendadas en la literatura para conseguir el mismo objetivo, es decir, la

formulación de un proyecto. Seguir uno u otro proceso será igualmente válido siempre que se cumpla el objetivo final: tener un documento con una propuesta de proyecto cuya pertinencia, relevancia y metodología estén suficientemente explicadas.

2

**CAPÍTULO
DOS**

Primeros pasos para la formulación del proyecto

Un proyecto se genera a partir de ideas que pueden ser extraídas de experiencias individuales, lecturas, conversaciones, observaciones de hechos o resultados de otras investigaciones. En todo caso, la fuente o forma en que se genera dicha idea no determinará su calidad o complejidad.

Estas ideas pueden tener una o múltiples soluciones dentro de la literatura científica existente o, más comúnmente, contar con una solución parcial al problema que se quiere resolver. Debido a esta situación, es imprescindible definir un esquema de análisis riguroso del estado del arte antes de comenzar a plantear la importancia y relevancia de la investigación. El análisis previo de la literatura científica determinará hasta qué punto se ha avanzado en la resolución de la idea planteada y qué puede realmente aportar el trabajo propuesto al conocimiento científico actual. Es decir, se delimitará la idea de investigación inicial (Lerma, 2009).

Abordar el estudio del estado del arte en torno a una idea de investigación implica la lectura, el análisis y la síntesis de numerosos trabajos investigativos. Para afrontarlo existen un sinnúmero de procedimientos sobre cómo sintetizar información tendiente a determinar si la idea es pertinente o, simplemente, establecer si se tiene el conocimiento básico para emprender el trabajo investigativo.

De esta manera, el estudio previo de la literatura existente permitirá justificar el objetivo del proyecto. Esta justificación debe especificar qué se busca conseguir y para qué, así como detallar cómo el presente proyecto llenará el vacío de conocimiento identificado.

En este punto, el trabajo más importante consiste, por lo tanto, en leer. Solo se podrá justificar la idea si se demuestra que esta es interesante y novedosa; y solo se podrá hacer esto si se sabe qué otras investigaciones han tratado temas parecidos.

Para localizar la información relevante puede leer blogs y artículos de opinión, pero la justificación final deberá centrarse en el estudio de literatura científica publicada hasta la fecha. Con esto se hace referencia a libros, entrevistas o ponencias de personal especializado, informes de investigación, entre otros. Sin embargo, hay que destacar que en su mayoría se hace alusión a artículos científicos.

Actualmente se encuentran en Internet numerosos buscadores de artículos científicos. No solo la versión del conocido Google, llamado Google Scholar; sino otros como Springer Link, CiteSeer, WorldWideScience, Refseek, ScienceResearch o SciELO. Además, las revistas científicas suelen disponer de un buscador para los artículos publicados en las mismas. En estos buscadores podrá seleccionar las palabras clave, los autores, el año y, en muchos de ellos, recibir sugerencias de artículos interesantes que se parezcan a los ya leídos. Puede encontrar varias comparativas sobre estos buscadores en la web y en algunos artículos científicos que podrían orientarle sobre cuáles son los que más le interesaría utilizar (Falagas *et al*, 2008; Hegoa, 2020; Levine-Clark y Gil, 2008; Li *et al*, 2010). No es el objetivo de este texto profundizar en las características pormenorizadas de cada uno de los buscadores que podrían ser de interés. Basta mencionar que son herramientas que debe conocer y que, para familiarizarse con el uso de las mismas, lo más recomendable es buscarlas y empezar a experimentar.

También se recomienda que instale en su equipo un gestor de referencias bibliográficas como Mendeley, Zotero, EndNote o Refworks. Muchos de ellos funcionan como buscadores, así mismo recomiendan artículos que pueden ser útiles. De nuevo, este documento no va a entrar en la descripción del

funcionamiento de estas herramientas. Existen algunos análisis de estas herramientas que se pueden consultar en Internet o en documentación enfocada a este propósito (Duarte-García, 2007; Gilmour y Cobus-Kuo, 2011; Soto, 2010). En definitiva, se deben probar las que parezcan más atractivas según las necesidades. Si no encuentra ningún gestor que se adapte a sus gustos, se recomienda definir algún método de organización que sea eficaz y aplicarlo desde el primer artículo. Al final del proceso, habrá consultado muchos documentos y se agradecerá tenerlos organizados.

Las tareas iniciales, tras la generación de la primera idea, se enmarcan en las siguientes actividades:

Búsqueda de información previa, el *paper* de referencia. Inicialmente se debe buscar en la literatura científica relevante, cuál es el *paper* o artículo que mejor refleja su idea de investigación y, una vez encontrado, anotar cómo fue abordada dicha idea. Lógicamente, el artículo seleccionado tratará la misma temática de la que trata la idea de investigación y servirá como comparativa a lo largo de todo el proceso.

Búsqueda y síntesis de otros artículos de alto impacto. La idea es sintetizar artículos de revistas de alto impacto, ya que ello le garantiza seriedad, veracidad y actualidad en los procedimientos realizados. Debe haber un número suficiente de artículos recientes, puesto que ellos generan confianza en el estudio y proporcionan una idea verídica de cuán avanzada está la resolución del problema a la fecha actual. Aunque los artículos recientes serán los que permitan fundamentar la idea, no se debe por ello descartar aquellos más antiguos con un número alto de citas, dado que estos suelen ser los que sentaron las bases y proporcionaron el contexto para los escritos más recientes. Este primer análisis permitirá clasificar los artículos encontrados entre los que tienen alta relación con el tema concreto que se va a estudiar, los que tienen una relación media y, finalmente, los de baja vinculación. Como ya se adelantó, en la mayoría de los

casos, una lectura del *abstract* o resumen y, si es necesario, una ojeada rápida al resto del artículo y sus secciones más relevantes (conclusiones, introducción y resultados generales) puede ser suficiente para determinar cuánta relación tiene el artículo escogido con el tema que se pretende abordar. En este sentido, el esfuerzo en tiempo dedicado a catalogar inicialmente un artículo dependerá de la habilidad del investigador para detectar las publicaciones más relevantes. No debe preocuparse si, al principio, esta tarea se lleva más duración de la deseada, pues con el tiempo se adquirirá la experiencia suficiente para agilizar este proceso.

Establecimiento de la relevancia de los artículos previos. Deberá categorizar los artículos estudiados en cuanto al nivel de relevancia del mismo dentro del contexto investigativo. Una vez los documentos han sido seleccionados, es necesario determinar hasta qué punto los autores racionalizaron los pasos de sus investigaciones y, por lo tanto, cuál es la validez última de las mismas. El índice h^2 (Hirsch, 2005) de los autores o directamente el número de citaciones de los artículos escogidos puede aportar una idea a este respecto. En este sentido, puede asumirse que los artículos más citados serán, a su vez, los más susceptibles de haber sido revisados minuciosamente y cuya metodología habrá sido aceptada por la comunidad científica. Análogamente, un autor con un buen índice h es un investigador con experiencia previa y reconocido por la comunidad científica, con lo que es previsible que su investigación, plasmada en el artículo publicado, sea precisa y rigurosa; por lo que merece un análisis detallado. En previsión del trabajo futuro se recomienda usar artículos que, probablemente, se citarán en el estado del arte del proyecto de investigación que va a comenzarse. Asimismo, se deben priorizar aquellos de alta relación con los temas específicos de la investigación propuesta. Los artículos clásicos, es decir, aquellos

2 El índice h es un sistema propuesto por Jorge Hirsch para la medición de la calidad profesional de los investigadores, en función de la cantidad de citas que han recibido sus artículos científicos.

más antiguos —los cuales se citan recurrentemente por los autores cuando tratan el tema estudiado— servirán para *datear* ideas generales del proceso investigativo.

Análisis de los artículos más relevantes escogidos. Una vez seleccionados los artículos que, *a priori*, parecen tener una relación muy alta con el tema de investigación y que, además, han sido validados por la comunidad científica, estos deben ser analizados minuciosamente. El análisis de dichos artículos debe generar, en última instancia, un documento que condense la información encontrada. A menudo ocurre que, durante dicho proceso, surge una nueva duda o se encuentra una citación interesante, lo cual lleva a la repetición de los pasos anteriores para el nuevo artículo, o para la búsqueda de aquellos artículos que arrojen luz sobre la duda emergente. Sin embargo, es necesario mantener en mente que este proceso puede extenderse infinitamente; lo cual no debe suceder. Por tanto, se deberá ser lo suficientemente crítico a la hora de decidir qué artículos merecen un análisis detallado y cuáles pueden postergarse para una profundización posterior.

Una vez se ha leído lo suficiente —de forma crítica y ordenada— y se han tomado las notas oportunas, es necesario ponerlas por escrito resaltando los aspectos más importantes de lo encontrado y relacionando entre sí los artículos y sus aseveraciones o limitaciones.

En la FIGURA NRO. 1 se encuentra un diagrama del proceso a seguir desde que surge la primera idea hasta el comienzo de la escritura como tal del proyecto.

Como se ha visto, leer es la parte más importante del nacimiento de un proyecto. Puede suceder que la idea inicial se encuentre perfectamente definida, analizada e incluso solucionada en la literatura publicada, aunque antes de empezar el proceso de lectura no se supiera. En ese caso, la idea original no sería válida para proponer un nuevo proyecto. Aun así, el proyecto tiene muchas probabilidades de seguir adelante, ya

que lo más probable es que, gracias a la lectura llevada a cabo, se puedan proponer otras modificaciones a la idea principal, las cuales permitan definir un proyecto de investigación novedoso³.

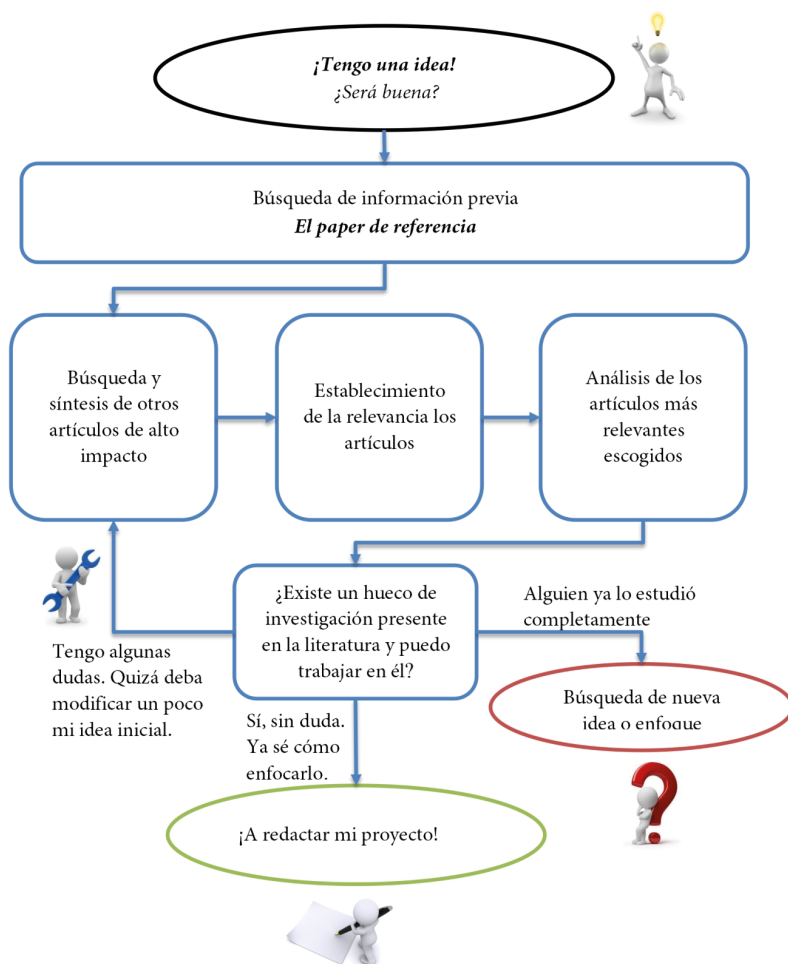


FIGURA NRO. 1. Diagrama de fases previas a la redacción del proyecto.
Elaboración propia.

3 Considerando la importancia del proceso de lectura y análisis, se ha decidido dedicar un capítulo a la metodología a seguir para el estudio de un artículo.

3

CAPÍTULO
TRES

Análisis de artículos

El análisis de artículos previos es la base que sustentará toda la propuesta de un proyecto. Esta estará enmarcada en los trabajos e investigaciones llevados a cabo por otros científicos o grupos de investigación y se encuentra justificada por medio de las afirmaciones y los experimentos realizados por los investigadores de dichos artículos. Este capítulo se centra en transmitir una visión detallada sobre aspectos importantes relacionados con dicho análisis, tales como la organización necesaria para que el estudio resulte lo más eficiente posible y las preguntas sobre qué partes de los artículos debe leer primero o qué información, de la incluida en los artículos, será la más significativa de cara a redactar el proyecto.

Se puede argumentar que, para la lectura y el análisis de un artículo, aunque no existe una norma precisa de cómo realizarlo, cientos de autores coinciden en algunos pasos del «cómo se debe hacer» (Keshav, 2007; Shannon, 2018). De forma general se pueden citar los siguientes pasos:

- a) Lectura del título y autores.
- b) Lectura del *abstract* o resumen.
- c) Ojeada general, con especial atención a en las figuras.
- d) Lectura de la introducción subrayando lo importante.
- e) Lectura de las conclusiones subrayando lo importante.
- f) Lectura general con apuntes.

Aun cuando se ha indicado en cada uno de los pasos la palabra «lectura», no se debe perder de vista el objetivo final el cual es, al fin y al cabo, entender y analizar un artículo. Es por ello que

incluso en la mera lectura del título debe estar presente el análisis de lo leído. Preguntarse si hay algo que no se ha entendido, si hay palabras desconocidas o procedimientos que no quedan claros es una buena forma de valorar si se puede pasar a la siguiente fase.

El paso c) merece una explicación aparte. En los artículos científicos suele haber mucha información condensada en las figuras y las tablas. La primera ojeada del artículo no persigue la comprensión profunda del mismo, pero sí un primer estudio de dichas figuras y su información. La lectura pormenorizada del artículo se hará mucho más fácil si previamente se ha estudiado el tipo de información que se presenta en aquellas.

Como puede verse, la lectura pormenorizada del artículo completo se lleva a cabo al final del proceso. Muchas veces será necesario releer varias veces un apartado antes de comprenderlo en la medida necesaria para poder pasar al siguiente, incluso dejando pasar un cierto tiempo entre lecturas. Esto conlleva que, idealmente, el análisis de un artículo pueda comprender varios días, de forma que repose la información antes de pasar a la siguiente sección. El problema para esto es que, en la práctica, el tiempo disponible para el análisis de la documentación previa está acotado, generalmente porque existe una fecha límite para la presentación de la propuesta investigativa.

Para evitar que el análisis de la literatura relacionada se extienda más allá de los límites deseados, una buena práctica es, tras la primera ojeada general del artículo, catalogarlo según se encuentre entre los imprescindibles para el estudio (los cuales habrá que analizar en profundidad), los interesantes (los cuales serán leídos ligeramente, al analizar solo en profundidad el resumen, la introducción y las conclusiones) o los relacionados (para los cuales será suficiente una ojeada para saber la idea general del mismo). Con esto se quiere indicar que, dado que el tiempo no es infinito, se debe empezar por priorizar lo importante. Por supuesto, cualquier artículo es susceptible de pasar a una categoría superior si se presentan nuevas pruebas o

si se piensa en nuevos motivos por los cuales creciera su relación con la investigación.

Los dos primeros puntos indicados podrían ser suficientes para descartar los artículos menos importantes para usted. Si tuviera dudas podría pasar por los pasos c), d) y/o e), los cuales incluyen la ojeada general del artículo y la lectura de la introducción y las conclusiones. En estos apartados se puede empezar a tomar alguna nota o a subrayar lo que llame la atención, pero se debe tener en cuenta que el objetivo principal es, por el momento, comprender la idea general para decidir si el artículo merece una lectura minuciosa.

Es en el último paso donde el análisis de su artículo se vuelve más detallado y, por lo tanto, donde se deben tomar apuntes. Naturalmente, se puede haber decidido subrayar o destacar algo en el documento durante las primeras lecturas; pero, como verá, es en esta parte donde se vuelve obligatorio. Aquí, se debe señalar lo importante, indicar las limitaciones del artículo, identificar los parámetros relevantes, hacerse preguntas y buscar las respuestas, entre otros aspectos. Lo normal es que esta fase requiera más de una lectura.

El procedimiento de lectura y análisis es, por consiguiente, una tarea estructurada en la que debe concentrarse y llevar a cabo los pasos de forma ordenada. A continuación, se recomiendan algunas directrices para abordar dicho análisis.

3.1. Pasos generales para el análisis

Esta sección versará sobre las consideraciones más importantes a tener en cuenta a la hora de abordar la lectura y análisis de un artículo. Estas recomendaciones se han dividido según su propósito, a saber, según la preparación para la lectura, los pasos para la misma y las anotaciones y las consideraciones a tener presente durante el proceso. En la FIGURA NRO. 2 se incluye un diagrama de los pasos generales a seguir.

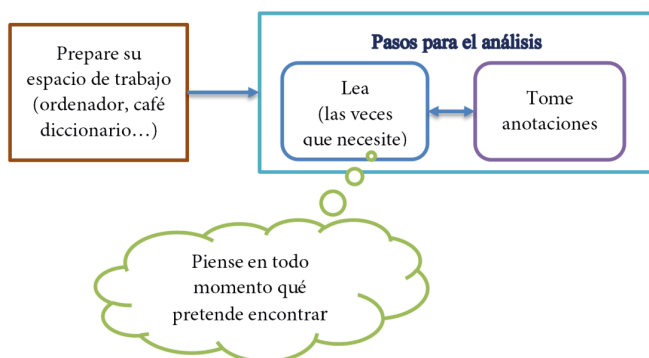


FIGURA NRO. 2. *Pasos generales de la lectura y análisis de un artículo.*

Elaboración propia.

3.1.1. Preparación para la lectura

Es importante poner en relieve que la lectura de artículos científicos requiere concentración. Puede parecer algo muy evidente, pero, como cualquier tarea, la eficacia y eficiencia con que se lleve a cabo el análisis de un artículo dependerá fuertemente de cómo se haya planificado la lectura. Preparar con antelación los materiales necesitados habitualmente y disponer de un espacio donde llevarla a cabo cómodamente son, por ejemplo, pasos que ayudarán en la concentración y asimilación rápida de lo expresado en el artículo. En definitiva, la lectura será mucho más efectiva si, antes de empezar, se realiza lo siguiente:

a) **Prepare los materiales que va a necesitar.**

- Lápiz. Borrador.
- Resaltador.
- Diccionario.
- El propio artículo.

Es evidente que la relación de materiales mencionados es necesaria únicamente en el caso en que se disponga de los artículos en formato impreso. Dada la tendencia actual al uso de dispositivos electrónicos para la lectura como ordenadores, tabletas o teléfonos inteligentes; la lectura puede llevarse a cabo fácilmente en un medio alternativo al tradicional —formato impreso—. En estos casos será necesario disponer de una interfaz de lectura amigable que permita resaltar los puntos clave y añadir comentarios al texto en caso de necesidad.

Tenga en cuenta que aquí se ha hecho referencia a los materiales más habituales para leer, entender y anotar observaciones sobre un artículo; pero el objetivo es tener a mano todo lo que habitualmente se necesita para concentrarse y trabajar. Si su concentración depende de disponer de una taza de café, una botella de agua o un plato de galletas, prepárelo igualmente y dispóngase a trabajar sin interrupciones.

b. Busque un lugar donde pueda concentrarse. Este aspecto se encuentra íntimamente relacionado con el anterior. La idea es que el investigador dedique toda su atención a la lectura y no distraiga sus capacidades mentales en otras actividades. Este lugar puede ser diferente para cada persona, siempre que el investigador se sienta completamente concentrado en lo que está haciendo. Es labor del investigador determinar las acciones que debe tomar para asegurar su concentración. Un entorno de trabajo puede ser ruidoso o extremadamente concurrido, la lectura puede tornarse tediosa en ocasiones y el número de distracciones disponibles es siempre creciente en la sociedad de la información. Evitar las distracciones como las redes sociales, por el simple procedimiento de no abrir dichas páginas o usar auriculares contra ruidos son algunas de las acciones que pueden seguirse para conseguir un entorno de trabajo propicio para la concentración. Sin embargo, dado que el número de posibles situaciones puede ser muy variado, la tarea de crear un entorno adecuado para la concentración recaerá invariablemente en el investigador.

El espacio de trabajo es importante. Cada persona puede requerir herramientas distintas (papel, lápiz u ordenador) y ambientes diferentes (cafetería o despacho sin ruido, entre otros). Acomódese en el lugar que mejor funcione para usted y tenga a mano lo que vaya a necesitar para hacer su análisis lo más eficiente posible.

3.1.2. Pasos para la lectura y anotaciones

Ahora se encuentra preparado para empezar a leer. Tiene sus materiales, su artículo; se encuentra en un lugar que le permite concentrarse y, por fin, va a empezar su lectura. Como ya se comentó, esta debe llevarse a cabo poco a poco y de forma genérica al principio, permitiendo hacerse una idea del trabajo general y sus objetivos, para continuar con una lectura más detallada y el análisis profundo del artículo. Los pasos a seguir serán los siguientes:

a) Pre-lea el trabajo.

Ojee el documento completo muy rápidamente. Empiece por el título y el *abstract* (tal como se ha indicado) y siga, en caso de ser necesario, con el resto del documento

Pre-lea antes de leer. Su análisis será mucho más eficiente si ya tiene una idea de lo que va a leer cuando comience su análisis detallado.

prestando especial atención a las figuras, las secciones resaltadas, la introducción y las conclusiones. Analice cuánto hay que leer y cuánto tiempo requerirá para esto. Esta tarea le permitirá hacer un uso inteligente de su tiempo si antes decide qué artículos merecen una lectura detallada, cuáles son interesantes pero no cruciales y cuáles tienen solo una relación tangencial con el trabajo que usted quiere proponer. Sabiendo a qué categoría pertenece el artículo seleccionado, puede entonces planificar la lectura del mismo, al tener en cuenta tanto el tiempo que requerirá, como el tipo de datos que quiere buscar y resaltar. Además, tener una idea general del artículo facilitará su análisis posterior.

Muchos de los artículos que inicialmente no se cataloguen como imprescindibles pueden, en un momento posterior, merecer una lectura más extensa. Es recomendable, por lo tanto, llevar un registro de los artículos ya ojeados. Para ello pueden simplemente almacenarse la información, de forma organizada, en uno de los muchos gestores de referencias que existen (Mendeley o Zotero, entre otros). Así, en función de la sofisticación del gestor utilizado, se podrá resaltar y apuntar contenido directamente en la aplicación o no. Aparte de estos, se recomienda la generación de una matriz de contenido. Una suerte de tabla en la cual se anote —copiando frases directamente desde el texto del artículo— lo más representativo de los mismos. Estas matrices son tablas en las que, aparte del título y los autores, se incluye alguna información de especial importancia para el investigador o para el tema de investigación. En el epígrafe siguiente se habla un poco más de estas matrices y se presentan ejemplos.

b) Lea, analice y, sobre todo, anote. Llega el momento de leer en detalle y, sobre todo, de comprender los artículos que considere más importantes. Tenga en cuenta que los trabajos relacionados en mayor medida con el proyecto propuesto requerirán varias lecturas en diferentes momentos para asegurar una completa comprensión. Las pausas para alejarse del problema permitirán, una vez vuelva al artículo, entender mejor lo allí expuesto e identificar realmente qué partes no se han comprendido y sobre las cuales se tiene un interés por profundizar.

En esta fase es indispensable tomar notas. Las anotaciones son el corazón del análisis del artículo. Por tal motivo, se deben subrayar las frases importantes y, posteriormente, escribir ideas, comentarios, preguntas, pensamientos de las frases que se leen. Lo anterior se sintetiza en el procedimiento evidenciado en la FIGURA NRO. 3.

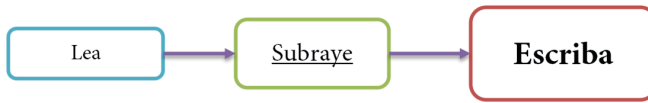


FIGURA NRO. 3. *Pasos para la toma de anotaciones sobre un artículo.*
 Elaboración propia.

Puesto que el análisis del artículo completo requerirá varias lecturas, puede empezar por subrayar lo más importante y completar con sus anotaciones en una segunda lectura.

Existen diversas formas de organizar sus notas iniciales sobre los artículos. Una forma interesante implica la realización de las ya mencionadas matrices de contenido (ver ejemplos en la TABLA NRO. 1), en las cuales existen diferentes columnas para cada tipo de información buscada. Los datos seleccionados pueden incluir el título del artículo, los autores, el año, el objetivo del artículo o la relevancia para el propio objetivo de la investigación que se quiere llevar a cabo. También es habitual adaptar la matriz a las necesidades concretas del proceso investigativo, incluyendo epígrafes específicos de la temática, los cuales se consideren importantes. Por ejemplo, en una investigación médica para el estudio de un tipo de imágenes, también podrían apuntarse datos sobre el tamaño de la muestra de pacientes seleccionada o sobre la calidad de los equipos de medida utilizados.

Modelo 1					
Pregunta de investigación	Cita	Punto	Métodos	Descubrimientos	Conclusiones/ Discusión/ Implicaciones

Modelo 2					
Tema de investigación	Cita	Terminología clave	Propuesta	Argumentos	Conclusiones/ Recomendaciones

TABLA NRO. 1. *Ejemplo de dos modelos posibles de matrices de contenido para la organización de artículos.*
 Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta que, a lo largo de la investigación, es posible encontrarse con que se necesita repasar de nuevo un artículo concreto o profundizar en alguna parte del tema. Esta matriz podrá usarse entonces como un índice de lo analizado y como herramienta de comparación rápida entre varios artículos. No es el objetivo de esta matriz profundizar en los temas tratados en dichos artículos, de modo que no es recomendable incluir grandes textos que impedirían una comparación ágil. Tampoco debe buscarse redactar perfectamente cada epígrafe, ya que se trata de una herramienta de consulta propia y, por lo tanto, es suficiente con que sea comprensible para uno mismo. Copiar y pegar algunas frases del artículo que incluyan la información buscada suele ser lo más funcional.

Sus anotaciones generales o detalladas pueden incluirse en dicha matriz si lo considera necesario; aunque si son de extensión considerable, es mejor crear un documento aparte asociado al artículo en el cual registre todo aquello que le ha llamado la atención o las preguntas surgidas durante la lectura. Volviendo a los gestores de referencias, muchos de ellos, como Mendeley, incorporan la funcionalidad para añadir notas o comentarios a los artículos almacenados, de forma que siempre los tendrá a mano cuando los necesite.

Como puede ver, la lectura de un artículo podría llamarse más bien lecturas, en plural, ya que deberá pasar por la misma más de una vez para encontrar toda la información que busca y organizar esta. Aparte de los datos de índole más particular, los cuales le servirán para su análisis concreto; hay varias características de un artículo que siempre deberá tratar de encontrar cuando analice cualquier documento de investigación científica. Estas particularidades servirán para responder cuestiones tales como el propósito de la investigación descrita o las limitaciones de la misma. En el presente texto se les han llamado «descriptores del artículo». Como su nombre indica, servirán para describir dicho artículo y, en última instancia, compararlo con otros. La búsqueda de dichos descriptores debe llevarse a cabo de forma organizada,

escribiendo en un documento aparte cuáles son estos y sus relaciones. Dada la importancia que revisten estos descriptores como elemento de análisis se ha dedicado una sección, en este libro, únicamente a su estudio.

c. Use el diccionario. Los textos científicos formales pueden contener un número más grande o más pequeño de palabras nuevas para usted. Busque los términos no cotidianos o desconocidos y anote su significado; preste especial atención a los conceptos fundamentales y definiciones. Tenga presente las palabras irreconocibles que se repiten en varios artículos científicos de la misma temática. Puede suceder que cierta palabra tenga un significado muy específico aceptado en el área de estudio, el cual no es el mismo que se le da en otros ámbitos. En estos casos asegúrese de que el significado encontrado es coherente con el contexto en el cual se usa.

Si el artículo tiene un número tan grande de palabras desconocidas que la lectura se vuelve demasiado tediosa, priorice los conceptos que a su parecer son fundamentales para la comprensión del trabajo de investigación y profundice en los demás términos una vez haya interiorizado el propósito general del artículo.

Si la dificultad reside en que el artículo no se encuentra en su idioma natal, los traductores de texto pueden ser una opción interesante, aunque es habitual que se pierdan

Para artículos en otros idiomas es preferible evitar el uso de traductores automáticos pues puede perderse información en la traducción.

matices en la traducción. Si se tiene un conocimiento suficiente del idioma del texto, siempre es recomendable hacer la lectura en el idioma en el que este fue escrito y buscar aquellas expresiones o palabras que se desconozcan. El uso de un traductor automático en toda la extensión del documento solo es recomendable en casos extremos de desconocimiento del idioma.

3.1.3. Consideraciones a tener presente durante el análisis

Cuando se encuentre inmerso en la lectura de un artículo es conveniente que mantenga en su cabeza las razones por las cuales está leyendo dicho artículo y qué información espera encontrar en el mismo. De esta forma, podrá hallar los descriptores más importantes con mayor rapidez, lo cual le permitirá posteriormente compararlos de forma más eficaz. Para lograr este objetivo tenga presente los siguientes aspectos:

a) Hágase las siguientes preguntas a medida que lee:

- ¿Qué significa el título?
- ¿Por qué el texto comienza de esa forma?
- ¿Por qué se argumenta eso?
- ¿Por qué se presenta ese ejemplo?

Trate de encontrar un supuesto diálogo con el escritor donde pueda cuestionar el qué, el cómo, y el porqué de cada paso referido. Finalmente, trate de responderse las preguntas que se hizo. Las respuestas no siempre serán evidentes y, en ocasiones, se encontrarán ausentes del documento. Recoja estas dudas, ya que pueden servir para justificar su línea de investigación.

Tenga en cuenta que, aunque un autor en un artículo científico concreto no haya respondido sus dudas emergentes, esto no significa que no lo haya hecho en otro artículo o que no sean esclarecidas por otros autores. Si dichas dudas son tan importantes que van a usarse para justificar su línea de investigación, es necesario volver a hacer una búsqueda sobre este tema en específico y analizar los artículos que encuentre al respecto.

b) Razon.

Puede parecer evidente, pero recuerde que la lectura no debe ser un proceso mecánico sino creativo en el que se interiorice la información y se sea crítico con la misma. Se trata, al fin y al cabo, de una investigación y, como tal, debe tener en cuenta que el objetivo es aprender sobre el contexto de la misma y descubrir los puntos clave que han sido o no resueltos hasta el momento. Para ello, durante y después de la lectura, piense en los siguientes aspectos:

El propósito de la lectura. ¿Qué pretende aprender?, ¿se quiere responder una duda puntual?, ¿adquirir conocimiento general?, ¿catalogar un artículo científico?, entre otros planes. La propia lectura puede ser más o menos exhaustiva en función del propósito último de la misma. No perder de vista la intención ayudará a organizar el tiempo y el esfuerzo dedicado.

Problema. ¿Cuál es el problema que quiere resolver?, ¿siente que ya lo resolvió o debe seguir buscando? En este caso se podría diferenciar entre el problema general del proyecto y las dudas surgidas durante la lectura de algún documento. En el caso de estas últimas, debe tenerse en cuenta que, una vez se haya llegado a una conclusión sobre un problema concreto y se tengan las referencias para sustentar dicha conclusión, es necesario pasar al siguiente problema o duda a resolver. El problema general a tratar puede conllevar una investigación más extensa de varios autores que incluso verifiquen lo que otro autor afirmó. Sin embargo, no se trata de consultar a todos los escritores que manejaron el tema de interés, sino conseguir suficiente conocimiento y referencias sobre el mismo. Estos permitirán redactar una propuesta investigativa coherente. Como ya se mencionó, la búsqueda de información relacionada puede extenderse tanto como se desee. Siempre habrá más artículos interesantes (relativos o no al problema inicialmente tratado), cuya lectura puede posponerse hasta un momento subsiguiente a la redacción de la propuesta del proyecto.

Punto de vista. Varios autores pueden tener diferentes puntos de vista sobre un tema cualquiera. Tener en cuenta los distintos puntos de vista ayudará a hacer un juicio crítico sobre lo leído.

Información. ¿Qué información aporta el artículo?, ¿es la información suficiente para justificar las conclusiones? Se trata, básicamente, de entender el artículo y ver si la información que aporta es suficiente para seguir el proceso o si, por el contrario, surge alguna duda que no se resuelve.

Conceptos. Identificar los conceptos clave del artículo.

Implicaciones. ¿Qué implicaciones tiene este artículo en la temática estudiada?, ¿resuelve el problema que se quería abordar?, ¿lo amplía?, ¿modifica alguna concepción previa? Resulta muy interesante pensar —justo tras leer un artículo— en las implicaciones que tiene el mismo sobre lo que ya se había leído o sobre lo que se pretende investigar.

Suposiciones. Parte de lo finalmente asimilado sobre la información dada en un artículo, puede venir determinado por las suposiciones hechas durante la lectura. Los artículos científicos pueden tener una longitud máxima, la cual impide al autor explicar todos y cada uno de los pasos con detalle; de modo que, en ocasiones, se omite aquella información considerada por el escritor como de conocimiento general o no esencial. Tenga presente las suposiciones realizadas cuando compare artículos diferentes, y busque confirmarlas o desmentirlas cuando lea otros artículos del mismo autor.

Conclusiones. ¿Qué conclusiones saca de la lectura?, ¿es la información mostrada relevante para su estudio o no lo es?, ¿el método de investigación descrito es correcto?, ¿está de acuerdo con lo que afirman los autores? Estas y otras preguntas similares le ayudarán a hacer un juicio del artículo en relación con su tema de investigación. Esta valoración general le permitirá, por un lado, categorizar los artículos entre los que merecen una o varias lecturas adicionales (se debe considerar que el proceso

descrito es riguroso y muy relacionado con su tema investigativo) y aquellos cuyo estudio en profundidad puede posponerse o, incluso, descartarse. Por otro lado, las conclusiones sobre el conjunto de artículos leídos serán las que permitan, en última instancia, elaborar el discurso a favor o en contra de un análisis determinado.

Contexto. Tener en cuenta el contexto durante la lectura ayudará a entender el porqué del énfasis en ciertos aspectos y la ligereza a la hora de tratar otros, así como a juzgar cuán intensa ha sido la investigación llevada a cabo. Es habitual que en revistas muy especializadas no se profundice en conceptos que se consideran conocidos por el público que suele leerlas —aunque a un lector no habitual le resulten nuevos—. También es usual que en revistas de alto impacto se encuentren las publicaciones con investigaciones más exhaustivas. Asimismo, la estructura de los artículos científicos y el énfasis en ciertos epígrafes dependerán del área de estudio del escrito. Sus propias conclusiones sobre el artículo analizado se verán más ajustadas a la realidad si tiene en cuenta el contexto investigativo, no solo del artículo analizado, sino de la propia publicación.

Alternativas. Tras la lectura crítica de varios artículos relacionados con un tema en cuestión puede, o bien ocurrírsele alternativas a las soluciones aportadas, o bien relacionar el último artículo leído con uno anterior el cual presentaba una solución diferente al mismo problema. Es necesario que anote bien dichas ideas para usarlas como una línea posible de investigación; esto, con el fin de comprender mejor el contexto de su proceso investigativo.

*Su objetivo es **analizar** un artículo para poder **compararlo** con otros y así poder formular un proyecto. Para ello debe hacer una lectura crítica y pensar en cada momento cuáles son las características del escrito que le interesa encontrar, el contexto de la investigación y su relación con el tema del proyecto que usted quiere tratar.*

De lo anterior puede deducirse que una parte importante de la lectura de un conjunto de artículos es buscar conexiones:

¿Se parecen los postulados del texto a otros encontrados previamente? Cuando varios textos confirman un mismo resultado, se puede interpretar que dicho postulado es válido.

¿Hay otras lecturas que contradicen lo leído? Al igual que se deben buscar similitudes, las tesis opuestas también son de gran importancia. En muchas ocasiones, puede encontrarse que no hay consenso sobre un tema en concreto o que varios experimentos realizados en condiciones similares dan resultados contradictorios. Valorar las razones para estas discrepancias puede indicar áreas de trabajo en las cuales aún no se ha resuelto el problema tratado y en las que, por lo tanto, se podría enfocar alguna parte de la propia investigación.

¿Se conecta la lectura a otros campos? Es interesante tener en cuenta si algún campo de estudio —sobre todo uno en el que no se hubiera pensado previamente— se puede ver afectado o influenciado por el tema de investigación propuesto. Además, puede suponer un indicio interesante consultar artículos de dicho campo o a un experto en el tema que le asesore.

Las relaciones entre estudios son una parte fundamental en un proceso investigativo. Intente relacionar sus conclusiones o postulados para dibujar el contexto de la investigación actual.

Tras la lectura de varios artículos, tal vez pueda identificar algunos autores que parecen tener preeminencia en el campo de estudio y/o cuyos artículos previos ya conoce. En el caso de escritores cuyos trabajos previos pueden ser la antesala del artículo analizando actualmente; tenerlos en mente aportará un contexto adicional y una comprensión mayor sobre las conclusiones a las que se haya llegado. Por otro lado, artículos de autores reconocidos en algún área merecen especial atención, ya

que sus resultados e investigaciones tienden a ser extensamente leídos y, por lo tanto, comprobados. En el campo de estudio manejado se consideran trabajos básicos, los cuales se citan frecuentemente y cuya lectura suele merecer una atención extra. Esto no es, evidentemente, una regla exacta, pero puede ayudar a orientar sobre qué lecturas priorizar si no se tiene una idea clara. Lea, por consiguiente, quiénes son los autores y vuelva a leer el artículo con esa información en mente.

Aparte de lo mencionado, tenga especialmente presente qué información es importante para usted, para su caso concreto de investigación. En Shannon (2018) se sugieren algunas posibles preguntas para hacerse durante la lectura tales como si se usó algún equipamiento o *software* específico; si se usó algún *test* estadístico; si los resultados pueden ser reproducidos o si hay algún código disponible; o qué variables se midieron durante los experimentos. Estos son algunos ejemplos de la información que puede ser más relevante para usted, pero cada investigación puede llegar a necesitar información diferente, de modo que se deben adaptar los datos específicos que quiera extraer a su caso investigativo.

Mucho de lo destacado en este capítulo indica los elementos a tener en cuenta durante la lectura. Algunos pueden ser específicos para el propio tema de investigación, pero otros serán de índole más general y se deben intentar encontrar, siempre que se analice un artículo. Es decir, se debe organizar la información más importante para poder proponer un proyecto. Se ha mencionado previamente que existe cierta información en los *papers*, la cual es de vital importancia localizar cuando se analizan uno o varios artículos. Estas informaciones se llaman descriptores del artículo. Gracias a estos se puede definir tanto lo que el autor del artículo quiso hacer, como aquello no resuelto todavía en el área de estudio. Son aspectos que sirven para responder a muchas de las preguntas que se deben tratar de resolver al analizar cualquier artículo. Así, mediante el análisis de dichos descriptores se puede dibujar el cuadro general de la investigación llevada a cabo por

un autor y compararla con las de otros autores, al suponer un método estructurado para el análisis de cualquier artículo. Puesto que la búsqueda de los descriptores supone, a fin de cuentas, una metodología estructurada para el análisis de cualquier artículo, permitiéndole hacer una lectura crítica del *paper* seleccionado, se ha dedicado una sección aparte para explicarlos en profundidad.

3.2. Los descriptores

Como se ha indicado, los descriptores del artículo son aquella información que señala el objetivo del artículo y sus limitaciones, así como las relaciones con otros estudios en el área. Entre estos se encuentran el punto del artículo (problema de investigación que se aborda en el mismo), las aristas (limitaciones no resueltas), la formalización, los métodos y materiales utilizados, el contexto general de la propia investigación, así como los planos de relación (relaciones entre los descriptores de los diferentes artículos).

3.2.1. El punto

El punto, también llamado por algunos autores el «hueco de investigación», es el problema que el investigador o autor de un

El punto es el problema de investigación que se aborda en un artículo.

artículo científico busca encontrar o resolver. Debe estar presente en todas las publicaciones revisadas y, eventualmente, en todos los artículos publicados durante la investigación.

Encontrar el punto del artículo leído es de vital importancia. Ayudará a entender el porqué de cada paso dado durante el trabajo descrito. Este suele localizarse en la introducción del artículo y, muchas veces, en el *abstract*. Es habitual que esta primera parte se estructure de forma que se empiece a hablar del contexto más general, para luego focalizar el problema —a medida que se avanza en la explicación— hasta llegar al punto que se va a tratar en el artículo. Aunque esta estructura es muy habitual, algunos

autores no la siguen, de modo que se debe estar preparados para encontrar el punto del artículo descrito al inicio de la sección o en algún apartado intermedio. Independientemente de la estructura seguida por el autor, el punto debe aparecer descrito en la justificación del artículo, aunque en ocasiones no sea evidente en una lectura rápida.

Ahora bien, un artículo científico es un documento que tiene como fin mostrar los aportes del nuevo conocimiento que ha hecho su autor o autores para el desarrollo de la ciencia. Este nuevo conocimiento puede ser de distinta índole; por ejemplo, puede incluir nuevos experimentos, resultados actualizados, nuevas metodologías, descubrimientos o aplicaciones, entre otros; pero siempre teniendo en cuenta que el estudio pretende aportar algo nuevo. Dicha contribución nace, por lo tanto, a partir de una pregunta concreta la cual, después de un análisis concienzudo del estado del arte, supuestamente, no ha sido resuelta.

En síntesis, el fondo del asunto radica en resolver lo que hasta el momento nadie ha resuelto. Incluso, en ocasiones, puede tratarse un problema eminentemente poco estudiado, aunque no sea totalmente nuevo, el cual se vuelve a tratar con la intención de contrastar resultados. En estos casos el objetivo no será resolver un problema no resuelto, sino aportar robustez al resultado o, por el contrario, desmentirlo. Este tipo de propósito persigue, en realidad, la mejora de un estudio al aportar un segundo punto de vista. También puede mejorarse la solución previa de un problema mediante algo más que un estudio de contraste, por ejemplo, al tratar de resolver una misma problemática por una vía diferente que aporte algún beneficio. En cualquiera de los casos, es importante que el problema a solucionar pueda ser formulado a partir de un interrogante o de algún tipo de redacción que lo determine. Escribir la pregunta de investigación o el punto a resolver, ya sea para la redacción de un proyecto o de un artículo, ayuda a definir claramente el objetivo del trabajo para todas las partes involucradas.

En definitiva, el análisis del punto de diversos artículos y sus relaciones permitirán justificar la necesidad de la propia investigación. La justificación es una parte vital de una propuesta de proyecto, los diversos puntos encontrados en varios artículos son problemas ya abordados. Su relación con la propia propuesta pondrá en evidencia la pertinencia del proyecto, ya que se demostrará que la temática tiene interés, pues se trabaja en ella, aunque el propósito concreto de la propia investigación todavía no haya sido resuelto. Además, se puede justificar, en parte, su viabilidad, debido a que se probará, hasta el momento, la realización de estudios en el área con resultados positivos. Una explicación más detallada de lo que debe incluirse en el apartado de justificación se incluye en el capítulo cinco.

El análisis del punto de varios artículos ayudará a redactar la justificación de la propuesta de proyecto y a demostrar la pertinencia y la viabilidad del mismo.

La justificación es una parte vital de una propuesta de proyecto, los diversos puntos encontrados en varios artículos son problemas ya abordados. Su relación con la propia propuesta pondrá en evidencia la pertinencia del proyecto, ya que se demostrará que la temática tiene interés, pues se trabaja en ella, aunque el propósito concreto de la propia investigación todavía no haya sido resuelto. Además, se puede justificar, en parte, su viabilidad, debido a que se probará, hasta el momento, la realización de estudios en el área con resultados positivos. Una explicación más detallada de lo que debe incluirse en el apartado de justificación se incluye en el capítulo cinco.

En correlación con lo anterior y volviendo al tema de la lectura crítica de artículos, se debe buscar qué fue lo que el autor quiso mostrar como nuevo conocimiento. En general, como se mencionó anteriormente, este punto de la investigación que quiere resolverse aparecerá claramente justificado y referenciado en el texto, pudiendo hacer simplemente una copia de las palabras textuales del autor para registrarlos (ver EJEMPLO NRO. 3).

«Diffusion magnetic resonance imaging (dMRI) is an established medical technique that non-invasively measures water diffusion in organic tissue [...] The current acquisition protocols of dMRI restrict the images to a voxel size in a range from 1 mm³ to 2 mm³, no matter if the representation is with HOT or DTI. The problem here is that this voxel size is much bigger than tissue fibers and current acquired dMRI of the human brain have a broad resolution in comparison to anatomical structures. Therefore, the analysis of microstructural features can be difficult, and some clinical procedures derived from dMRI may be inaccurate (Dirby et al., 2014)».

La imagen de resonancia magnética (dMRI) es una técnica de imagen médica que mide de manera no invasiva la difusión de agua en el tejido orgánico. Sin embargo, los protocolos clínicos restringen las imágenes a un *voxel* que tiene un tamaño dentro del rango 1 mm³ y 2 mm³, sin importar que la representación es de orden 2 (DTI) o de orden alto (HOT). El problema es que este tamaño de voxel es mucho más grande que las fibras de tejido y las dMRI que se adquieren actualmente del cerebro humano tienen una resolución mucho peor en comparación con las estructuras anatómicas. Por lo tanto, el análisis de características microestructurales se complica y algunos procedimientos clínicos derivados de la dMRI pueden ser imprecisos (Dirby *et al.*, 2014).

EJEMPLO NRO. 3. *Fragmento en idioma original y traducción al español de la introducción de un paper científico*⁴.

Tomado de (Vargas-Cardona, Orozco, Álvarez, y Álvarez, 2019, p. 93), traducción propia.

Como se ve en el EJEMPLO NRO. 3, el tamaño del *voxel*⁵, para las imágenes de tipo dMRI, resulta demasiado grande para visualizar correctamente las fibras de tejido, lo cual lleva a una complicación del análisis de las características microestructurales y a la posible imprecisión en los procedimientos clínicos.

Nótese el uso de la palabra «problema» para introducir el punto de la investigación. No hay que perder de vista que, al buscar el punto del artículo, lo que se está buscando es, básicamente, el problema que se tratará de resolver. Las palabras o frases con ese significado, tales como problema, dificultad o inconveniente, entre otros pueden señalar muy claramente la zona del texto donde se encuentra, si no el punto del artículo, desde luego una limitación hallada en algún trabajo anterior.

En este ejemplo solo se ha copiado, deliberadamente, la parte del texto donde se introduce el problema que se va a tratar de atajar, pero faltaría la declaración de intenciones del autor, en

⁴ El punto de la investigación se ha subrayado.

⁵ Cada uno de los elementos discretos que componen una entidad tridimensional (Merriam-Webster Dictionary, s.f.)

la cual confirma lo que va a trabajar sobre dicha problemática. Sin una confirmación sobre el objetivo del artículo podría darse el caso de que el punto mencionado fuera solo un problema general, intrínseco a la propia temática, el cual se explica para proporcionar un contexto al lector antes de llegar al verdadero punto del artículo.

En este sentido cabe mencionar que puede existir la tendencia, por parte de los lectores, a confundir el problema general contextualizado para una realidad particular, con el problema específico a resolver por parte del investigador. En todo caso, es necesario contrastar el supuesto problema a solucionar con las conclusiones del artículo, a fin de establecer cuán fuerte es la correlación entre ambos discursos. En general, una vinculación alta indica que se encontró satisfactoriamente el punto del artículo. En la TABLA NRO. 2 se muestra un fragmento de un artículo y dos extractos de la introducción en la que se identifican varios problemas, siendo el punto del artículo únicamente aquel sobre el que se anuncia la materia sobre la cual se va a trabajar.

Problema de ámbito general: causas de la enfermedad de Parkinson.	«Parkinson's Disease (PD) is a progressive degenerative condition of the central nervous system, and it manifest as muscle rigidity, hypokinesia, bradykinesia and tremor [1]. The causes of the disease are not fully known» (Vargas-Cardona <i>et al.</i> , 2014, p. 182)
	La enfermedad de Parkinson es una condición degenerativa del sistema nervioso central y se manifiesta como rigidez muscular, hipoquinesia, bradiquinesia y temblores [1]. Las causas de la enfermedad no se conocen todavía por completo.
Problema que se trata de resolver: estimación del volumen de tejido activo.	«Also, it is very difficult to predict with accuracy, which areas are directly affected by stimulation, and it cannot easily be determined the Volume of Tissue Activated (VTA) in the brain [...] In this work, we applied a simulation methodology to estimate the VTA...» (Vargas-Cardona <i>et al.</i> , 2014, p. 182).
	Además, es muy difícil predecir con exactitud cuáles de las áreas se encuentran directamente afectadas por estimulación, y no es fácil determinar el Volumen de Tejido Activo (VTA) en el cerebro [...] En este trabajo, aplicamos una metodología de simulación para obtener el VTA...

TABLA NRO. 2. *Fragmento en idioma original y traducción al español de la introducción de un paper científico, punto del artículo vs problema de carácter genérico.*

Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2014, p. 182), traducción propia

También es interesante recordar que el problema a resolver por parte del autor es diferente del objetivo del artículo, ya que el uno es consecuencia del otro, es decir, el problema a tratar o investigar se resuelve mediante el objetivo planteado.

Si se vuelve al EJEMPLO NRO. 3, el problema a resolver está relacionado con el tamaño excesivo de los *vóxeles*. En consecuencia, el objetivo del *paper* será atajar dicha problemática. En este *paper* en concreto se analiza el uso, por parte de otros autores, de diversas técnicas de interpolación tensorial (HOT) para conseguir un objetivo similar donde se proponen nuevas metodologías de interpolación tensorial para reducir el tamaño de los *vóxeles*. En el EJEMPLO NRO. 4 se presenta el fragmento del texto donde se puede encontrar redactado el objetivo del artículo.

«To the best of our knowledge, there is not a generalized methodology for interpolating HOT fields (no matter the rank), that retains all mandatory constraints for tensorial representation of dMRI. In this work, we propose a novel methodology to perform interpolation in HOT fields of any order. In this regard, we employ tensor representations and modulate their parameters with Gaussian processes (GPs), aiming to estimate new data with robustness, considering that GPs are functions of a multi-dimensional input variable. Specifically, we introduce two probabilistic models, that we refer to as the Tucker decomposition process (TDP) and the canonical decomposition process (CDP)».

Según nuestro conocimiento, no existe una metodología generalizada para interpolar campos HOT (sin importar el rango), que retenga todas las restricciones obligatorias para la representación tensorial de la dMRI. En este trabajo, proponemos una metodología novedosa para realizar la interpolación en campos HOT de cualquier orden. En este sentido, utilizamos representaciones de tensor y modulamos sus parámetros con procesos gaussianos (GPs), con el objetivo de estimar nuevos datos

con solidez, considerando que los GPs son funciones de una variable multidimensional. Específicamente, introducimos dos modelos probabilísticos, a los que nos referimos como el proceso de descomposición de Tucker (TDP) y el proceso de descomposición canónica (CDP).

EJEMPLO NRO. 4. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español, objetivo del artículo.*

Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019, p. 93), traducción propia.

Como se observa, si bien el objetivo del artículo está intrínsecamente ligado al punto, estos no son lo mismo. Localizar este último implica hallar la parte del artículo donde el autor nos informa sobre la limitación que ha encontrado al revisar, él mismo, el estado del arte (tal como ahora hacen ustedes); restricción que, además, ha decidido tratar de resolver. Un estudio riguroso del estado del arte aportará, por lo tanto, un número de huecos de investigación sobre los cuales se podrá decidir trabajar o no posteriormente, pero siempre será interesante tener estos en cuenta. El autor de un *paper* en concreto presentará, tras describir el punto del artículo, el objetivo perseguido.

Finalmente, el problema a resolver no debe tener implícita su solución, puesto que, si así fuera, no habría necesidad de un artículo de investigación para resolver un problema que ya tiene solución.

A modo de ejemplo se pueden citar otros artículos, de los cuales se ha extraído un fragmento de la introducción y subrayado el problema a resolver según el autor (ver EJEMPLO NRO. 5).

«Diffusion tensor magnetic resonance imaging (DT-MRI) has gained considerable attention and importance in recent years in the field of medical imaging and clinic researches. [...] However, due to technical limitations of MRI machines, DTI is sensitive to the difficult compromise between spatial resolution and noise or artifacts (Basser, P.J. y Pajevic, S., 2000), and the data are often acquired with low resolution».

La imagen de resonancia magnética de difusión tensorial (DT. MRI) ha ganado una considerable atención e importancia en años recientes en el campo de la imagen médica e investigaciones clínicas. [...] Sin embargo, debido a limitaciones técnicas de las máquinas de resonancia magnética, el DTI es sensible al difícil compromiso entre resolución espacial y ruido o artefactos (Basser, P.J. y Pajevic, S., 2000), y los datos son a menudo adquiridos con baja resolución.

EJEMPLO NRO. 5. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español, punto del artículo.*

Tomado de (Yang *et al.*, 2014, p. 1317), traducción propia.

En el ejemplo anterior se encuentra un fragmento del apartado de «introducción» de un artículo científico originalmente escrito en inglés, pero que se ha traducido por comodidad.

Aunque no se copia el texto completo del artículo, se puede deducir que en el mismo se trabajará con un tipo de imagen médica llamada «imagen de resonancia magnética» (MRI, en sus siglas en inglés) y que se estimarán los llamados «tensores de difusión» (DTI, en sus siglas en inglés). Justo tras esto, aparece la expresión «sin embargo». Palabras o frases de este tipo tales como «sin embargo», «pero», «no obstante» o «a pesar de», entre otros, suelen preceder a la explicación de algún hueco en la investigación o de algún problema aún por resolver, de modo que, se debe estar especialmente atentos a su aparición. Es cierto que dichas expresiones pueden encontrarse antecediendo información que no representa el punto del artículo, es decir, no introducen el problema que finalmente se tratará de resolver, pero la información dada al menos servirá para hacerse una idea de las limitaciones del área de estudio.

Tras la citada expresión se inicia la descripción del problema encontrado. En este caso, un problema relacionado con las limitaciones del propio sistema de adquisición. Si existieran dudas sobre si este supone o no el punto del artículo, se podría confirmar más adelante, bien porque en la propia introducción se

anuncie el objetivo del artículo (lo que suele ser habitual); o bien porque se contraste la temática específica del trabajo descrito y, sobre todo, las conclusiones alcanzadas, con el punto que se había encontrado.

En el EJEMPLO NRO. 6 se muestra un punto de otro artículo:

«La estimulación cerebral profunda (en inglés DBS), es el procedimiento quirúrgico más común y exitoso para el tratamiento de la Enfermedad de Parkinson [4], [5]. [...] a pesar del éxito clínico de este procedimiento, no se ha determinado completamente la distribución de voltaje que se genera en el cerebro mediante la estimulación con electrodos DBS. Además, existen muchos interrogantes relacionados a las consecuencias que la DBS genera en el sistema nervioso. También, es muy difícil predecir con exactitud, cuáles áreas se ven afectadas directamente por la estimulación, y no se puede determinar fácilmente el Volumen de Tejido Activo (VTA) en el cerebro, siendo el VTA la cantidad de tejido cerebral que presenta excitación o respuesta eléctrica a la estimulación de los electrodos».

EJEMPLO NRO. 6. *Fragmento de un artículo científico, punto de un artículo.*

Tomado de (Vargas-Cardona, Álvarez-López, y Orozco, *et al.* 2016. p. 118)

Nótese que el problema a resolver en el artículo en contexto es:

A pesar del éxito clínico de este procedimiento, no se ha determinado completamente la distribución de voltaje que se genera en el cerebro mediante la estimulación con electrodos DBS. Además, existen muchos interrogantes relacionados a las consecuencias que la DBS genera en el sistema nervioso. También, es muy difícil predecir con exactitud, cuáles áreas se ven afectadas directamente por la estimulación, y no se puede determinar fácilmente el Volumen de Tejido Activo (VTA) en el cerebro [...] (Vargas-Cardona *et al.*, 2016. p. 118)

Sin embargo, aún queda en entredicho qué tipo de problema es el planteado por el autor. Por lo anterior, haría falta correlacionar el discurso con las conclusiones, para así conocer si esto fue lo prometido, tratado y resuelto dentro del trabajo investigativo.

Otro ejemplo de documento y del punto de su investigación es el que se presenta a continuación (ver EJEMPLO NRO. 7). De nuevo se ha extraído un fragmento de la introducción y se ha señalado el problema a resolver según el investigador.

«Markov chain prediction model based on the transition probability matrix is appropriate to the analysis of a random dynamic system [19], which is more powerful than these above prediction methods in forecasting the remaining life of degradation process. Kantz et al. [20] constructed a Markov chain model to predict the turbulent gusts. Li et al. [21] combined grey theory and Markov model to forecast the progressive-cavity pump life time. The crucial issue affecting the prediction accuracy is how to divide input series into different states. In the previous literature, state division is performed depending on experience, which is called the hard division approach, might result in the weakness of prediction accuracy and algorithm application, due to the fact that different divisions would be made by different persons».

El modelo de predicción de cadena de Markov basado en la matriz de probabilidad de transición es apropiado para el análisis de un sistema dinámico aleatorio [19], que es más poderoso que los métodos de predicción anteriores para pronosticar la vida restante del proceso de degradación. Kantz *et al.* [20] construyó un modelo de cadena de Markov para predecir las ráfagas turbulentas. Li *et al.* [21] combinó la teoría de Gray y el modelo de Markov para predecir la vida de una bomba de cavidad progresiva. El problema crucial que afecta la exactitud de la predicción es cómo dividir las series de entrada en diferentes estados. En la literatura precedente, la división de estados se realiza en función de la experiencia, lo que

se denomina enfoque de división duro, lo cual podría resultar en la debilidad de la precisión de la predicción y la aplicación del algoritmo, debido al hecho de que las diferentes divisiones las realizarían diferentes personas.

EJEMPLO NRO. 7. *Fragmento de un artículo científico, en idioma original (inglés) y español, punto del artículo.*

Tomado de (Yan, Guo, & Wang, 2011, p.1365), traducción propia.

En este caso, el texto del artículo no viene precedido de una expresión de contraste como lo era «sin embargo» o «a pesar de» en los dos ejemplos anteriores, pero se encuentra de nuevo el uso de la palabra «problema».

Encontrar el punto de una publicación científica puede resultar más complicado para un lector que recién se inicia en una temática. Puede ser especialmente arduo aprender a discernir cuáles de las limitaciones descritas en la introducción constituyen el punto del presente artículo, un problema general intrínseco a la temática o solo una limitación encontrada por otros trabajos y sobre la cual no se va a trabajar.

La dificultad puede ser especialmente acusada en los casos en los que el objetivo del trabajo no sea especificado textualmente en la introducción, y haya que interpretarlo del resto

Si el punto del trabajo desarrollado no aparece especificado textualmente, este debe deducirse con una lectura genérica de todo el artículo. A veces el problema puede ser tan conocido que el autor solo lo menciona brevemente.

del texto y de las conclusiones. Es por ello que se recomienda comenzar con una lectura ligera del texto, incluyendo en el análisis el título y el resumen en primera instancia tratando de entender qué se busca y qué se consigue. Los autores tienden a resaltar las ideas más importantes en esos epígrafes, de modo que es muy posible encontrar un esbozo del punto o del problema que se quiere resolver y de la solución abordada. En un siguiente paso

puede iniciarse la lectura de la introducción y, si es necesario, de las conclusiones, siempre intentando adquirir un conocimiento genérico del problema que se pretende resolver. En última instancia, una tercera lectura más detallada de estos epígrafes debería proporcionar la información buscada.

Si tras varias lecturas no ha sido posible localizar el punto de forma satisfactoria, puede suceder que se encuentre en un caso extremo, pero teóricamente posible, en el cual el problema abordado resulta tan sumamente conocido en la comunidad científica, que este se considera sobreentendido. Incluso en estos casos una presentación general del problema suele estar presente en el artículo. Esto hace necesario identificar el problema general e inferir, gracias a la lectura de otros artículos de la misma temática, cuál era el punto concreto que el autor estaba abordando.

3.2.2. Aristas o restricciones

Las aristas o restricciones buscan limitar a través de conjuntos organizados de sentencias (juicios), cuáles son las teorías que, de ser aplicadas al

Las aristas son las limitaciones en la temática de investigación encontradas en trabajos previos y sobre las cuales el autor no va a trabajar.

problema a resolver dentro del estudio no generarían un nuevo conocimiento o aporte. Ya sea porque la metodología empleada no es relevante según el investigador —autor— o el resultado no lleva a mejorar lo que hasta el momento ha sido propuesto. Se componen, por lo tanto, de las conclusiones y barreras encontradas, por diversos autores, en trabajos previos.

La forma de generar aristas es medir de alguna forma, cuantitativa o cualitativamente, la dificultad en la solución del problema. Por consiguiente, estas se forman cuando se mide o se comprueba un fenómeno y cuando se encuentra una barrera o algún impedimento para continuar con la solución. Pueden

confundirse en una primera lectura con el punto del artículo, es decir, con el problema particular que se estudia en el artículo; pero, al contrario que este, el trabajo descrito por el autor no tiene como objetivo solucionarlo. A saber, es un problema o limitación que, en el presente artículo, se presenta para dar contexto a la temática, pero no porque se haya tratado de resolver en el estudio presentado en el *paper*.

En resumen, se puede decir que las restricciones o aristas hacen parte del conjunto de información contenida en la literatura científica y no aportan, de forma efectiva, información a la solución del problema específico contextualizado dentro del artículo. Las aristas, sin embargo, ayudan a dibujar el contexto de las investigaciones llevadas a cabo previamente y a enfocar el nuevo proceso investigativo en torno a las pruebas que aún no hayan sido realizadas.

Un análisis pormenorizado de restricciones tiene como aporte a una investigación determinar nuevas hipótesis que puedan redundar en generar un problema investigativo a resolver. Efectivamente, entender qué acciones se han probado en trabajos anteriores y con qué resultados aportará una comprensión mayor de la problemática intrínseca a la temática de estudio. Gran parte del estudio de la literatura previa consistirá en encontrar esas barreras descubiertas por autores previos y, como mínimo, se podrá evitar repetir aquello que no aportó ninguna solución. En un caso mejor, el camino que llevó a un investigador a definir una arista en su investigación puede aportar alguna idea de cómo superar el problema. En última instancia se debe recordar que algunos problemas que pudieran ser inabordables en el pasado, pueden no serlo en el presente gracias a los nuevos avances tecnológicos y científicos. Por ello, una arista que estuviera determinada, por ejemplo, por una imposibilidad técnica, podría transformarse con los años en una oportunidad de investigación.

En el EJEMPLO NRO. 8 se muestra un posible tema de estudio y sus posibles aristas.

El utilizar un modelo de caracterización basado en análisis tiempo-frecuencia para un sistema estocástico utilizando una base de datos limitada, podría tener como aristas:

Arista uno: Bajo rendimiento en la estimación debido a la pobreza de datos.

Arista dos: Bajo rendimiento en la estimación debido al fuerte comportamiento no estacionario del fenómeno a estudiar.

Arista tres: Bajo rendimiento del sistema debido al modelo de caracterización.

EJEMPLO NRO. 8. *Caso hipotético de investigación y posibles aristas.*

Elaboración propia.

Volviendo al artículo del EJEMPLO NRO. 3 (Vargas-Cardona *et al.*, 2019), el cual trataba sobre la interpolación de campos tensoriales (HOT) para reducir el tamaño del *voxel* de dMRI, se encuentran una serie de aristas cuando los autores comparan las opciones posibles para abordar su punto de investigación. Estas se muestran en el EJEMPLO NRO. 9.

«A considerable number of methods for tensorial interpolation have been proposed in the literature, including direct linear interpolation (Pajevic, Aldroubi, & Basser, 2002), log-Euclidean space (Arsigny, Fillard, Pennec, & Ayache, 2006), b-splines (Barmpoutis, Vemuri, Sheherd, & Forder, 2007), Riemannian manifolds (Fletcher, & Joshi, 2007; Pennec, Fillard, & Ayache, 2006), feature-based framework (Yang et al., 2012) [...] and generalized Wishart processes (Vargas Cardona, Alvarez & Orozco, 2015). **They have different shortcomings.** For example, linear interpolation does not ensure positive definite tensors [...] and the works of Arsigny et al. (2006) [...] are highly affected by the intrinsic Rician noise added in dMRI during acquisition. Remarkably, the most significant limitation for all the approaches mentioned is that they are exclusively valid for

rank-2 tensors (DTI), and only the linear interpolation can easily be employed on HOT fields».

Se han presentado un número considerable de métodos de interpolación tensorial para reducir el tamaño de los *voxels* en estudios dMRI. Por ejemplo, el método lineal (Pajevic, Aldroubi y Basser, 2002), en el espacio log-Euclideo (Arsigny, Fillard, Pennec y Ayache, 2006), b-splines (Barmpoutis, Vemuri, Sheherd y Forder, 2007) [...] variedades Riemmanianas (Fletcher y Joshi, 2007), basado en características (Yang *et al.*, 2012), procesos generalizados de Wishart (Vargas Cardona, Álvarez y Orozco, 2015). **No obstante, tienen varias limitaciones: la interpolación lineal no asegura tensores definidos positivos, y los trabajos propuestos por Arsigny *et al.* (2006), [...] son altamente afectados por el ruido Rician intrínseco adherido en las dMRI durante la adquisición. Es notable que la limitación más significativa para todas las aproximaciones mencionadas es que estas son exclusivamente válidas para tensores de orden 2 (DTI), y tan solo la interpolación lineal puede emplearse fácilmente en campos HOT.**

EJEMPLO NRO. 9. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Aristas del artículo primero.*

Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019, p. 93), traducción propia.

En el texto se ha subrayado la parte en la cual se describen las aristas de la investigación. Tal como ocurría con el punto del artículo, es habitual que estas limitaciones se acompañen de expresiones como «no obstante», «sin embargo» o de «el problema radica en», entre otras. En el ejemplo se ha señalado en negrita la expresión que indica el hecho de que está a punto de definirse una arista.

Al contrario que con el punto, las aristas no son aquello que los autores van a tratar de solucionar, sino las barreras o limitaciones encontradas por otros investigadores en las soluciones alternativas. Son estas aristas las que delimitarán las opciones del propio problema de investigación. En el EJEMPLO NRO. 9 se observa que varias de las opciones presentadas como problemas

del área de estudio no podrían ser nunca el punto del artículo, ya que no se va a trabajar en la búsqueda de una solución para esa problemática, sino que se va a tener en cuenta para proponer otra solución al problema inicial.

Se recuerda que el punto o problema de investigación de este artículo era la limitación introducida por el tamaño excesivo de los *vóxeles* de las imágenes de dMRI. Las aristas del ejemplo describen qué limitaciones tienen las soluciones aportadas en la literatura hasta la fecha. Por lo tanto, son estas aristas las que permiten argumentar en favor de una solución que no tenga dichas limitaciones. Se menciona, por ejemplo, la dependencia del ruido Rician y se destaca que, como un punto en contra, las soluciones descritas solo son válidas para tensores de orden dos.

Es muy importante apuntar las aristas de los artículos analizados ya que pueden ser de ayuda durante la lectura de otro artículo. Además, serán imprescindibles a la hora de elegir el propio problema de investigación.

Otra muestra de aristas definidas en un artículo es la del EJEMPLO NRO. 10:

«Although there exist only a few works on interpolation of DW images, such interpolation still remains basically an issue of scalar image interpolation. In this sense, this is a classical image processing problem for which a variety of methods exist [8], [9], such as nearest interpolation, linear interpolation, quadratic interpolation, B-spline interpolation, cubic interpolation, etc. The critical element of these interpolation techniques is the interpolation kernel, which distinguishes different interpolation techniques and determines their performance [...]. In contrast to the interpolation of scalar images, the interpolation of diffusion tensor fields is a relatively new problem in the field of image processing, and there are only a few interpolation techniques that are reported in the literature. Diffusion tensor interpolation operates directly on tensors. The most straightforward method for interpolating diffusion tensors is the Euclidean method that consists of interpolating each tensor

component independently in Euclidean space [14]. However, tensor processing is difficult due to some limitations of standard Euclidean calculus. Diffusion tensors do not form a vector space since they are symmetric positive-definite matrices whose spaces is restricted to a convex half-cone [15]».

Aunque existe solo una cantidad pequeña de trabajos para interpolación de imágenes DW, tal interpolación continúa siendo básicamente un problema de interpolación escalar de imágenes. En este sentido, este es un problema clásico de procesamiento de imágenes para el cual existen una variedad de métodos [8], [9], tales como interpolación más cercana, lineal, cuadrática, B-spline, cúbica, entre otros. El elemento crítico de estas técnicas de interpolación es el kernel, el cual diferencia las técnicas de interpolación y determina su rendimiento [...] En contraste a la interpolación escalar, la interpolación tensorial es un problema relativamente nuevo, y se han propuesto muy pocos métodos en la literatura. La interpolación tensorial opera directamente sobre los tensores. El método más directo para interpolar tensores es el método Euclidiano, que consiste en interpolar cada elemento del tensor independientemente en un espacio Euclidiano [14]. No obstante, el procesamiento mediante tensores es difícil debido a algunas limitaciones del cálculo estándar Euclidiano. Además, los tensores de difusión no forman un espacio vectorial, ya que son matrices simétricas definidas positivas cuyos espacios están restringidos a un medio cono convexo [15].

EJEMPLO NRO. 10. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Aristas del artículo segundo.*

Tomado de (Yang *et al.*, 2014, p. 1317), traducción propia.

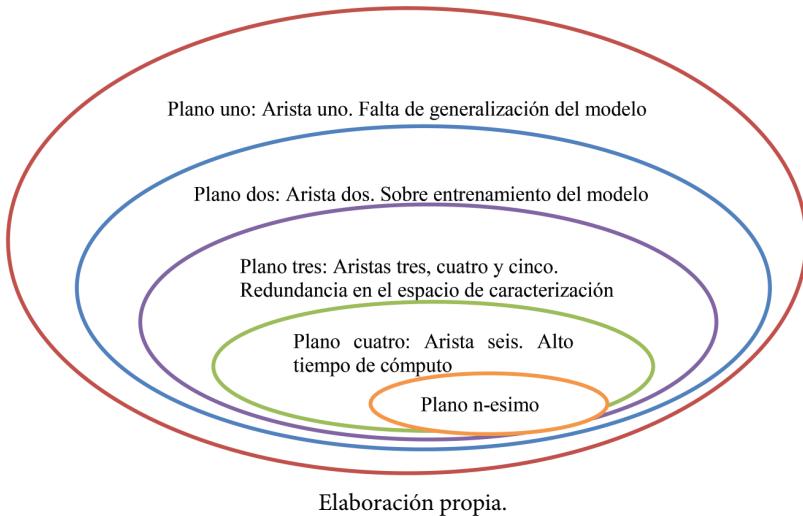
En este segundo ejemplo se podría considerar como arista, aunque no defina exactamente una limitación al tema de estudio, el hecho de que exista un número limitado de trabajos que traten el tema de la interpolación tensorial. No supone una restricción al método, pero lo convierte en algo poco comprobado y estudiado.

Por otro lado, se encuentra una arista mucho más clara precedida de «No obstante». Se indica que el procesamiento es difícil y que los tensores de difusión no forman un espacio vectorial.

En general la estructura debe contener un número suficiente de aristas para emprender el proyecto investigativo, ya que estas definen los límites de la investigación y demuestran el trabajo riguroso llevado a cabo en el estudio previo. Puede darse el caso particular de necesitar tan solo un bajo número de aristas, generalmente porque se trate de casos simples de investigación. No debe caerse en la tentación de definir un exceso de estos limitantes, puesto que se corre el riesgo de sobredimensionar el estudio o de introducir un sinnúmero de aristas sin peso alguno que apenas generan aporte. Por tanto, la cantidad de estas debe conformar una estructura cerrada que delimite el problema a investigar.

A la hora de afrontar la organización de las aristas encontradas en la literatura, es recomendable realizar una estructura por capas, en la que cual estas se organicen en función del tipo de restricción aportada al estudio. Si se tienen aristas en temáticas similares, pero representan restricciones que van de lo más general a lo particular, entonces es aconsejable organizarlas unas seguidas de otras y de arriba abajo. Así, se debe empezar por la restricción más general hasta llegar a la arista más específica. En la FIGURA NRO. 4 se presenta un caso de una posible estructuración de aristas para un trabajo científico hipotético.

FIGURA NRO. 4. *Ejemplo de organización de aristas por capas de lo más a lo menos general.*



En el gráfico anterior se observa que las aristas se han organizado en función del tipo de restricción que representan. Algunas de ellas como la tres, la cuatro y la cinco pueden compartir un mismo tipo de restricción. Igualmente, se ve que las de la uno a la cuatro se han organizado desde el problema más general hasta el más particular. De esta forma, la visualización del cuadro completo se hace más sencilla.

A continuación, en el EJEMPLO NRO. 11, el EJEMPLO NRO. 12, el EJEMPLO NRO. 13 y el EJEMPLO NRO. 14 se presentan algunas publicaciones en las cuales se han subrayado aristas referenciadas por los autores.

«Las técnicas basadas en modelo detectan los cambios en el comportamiento de la máquina empleando modelos matemáticos del sistema [52]; sin embargo, su éxito depende de modelos determinísticos de procesos industriales que normalmente poseen suposiciones del sistema real».

EJEMPLO NRO. 11. *Fragmento de tesis doctoral. Arista.*
Tomado de (Holguín 2018, p. 36)

Muchos factores como los impulsos eléctricos de la DBS afectan el sistema nervioso: Los parámetros eléctricos de la estimulación (amplitud, forma de onda, ancho de pulso, frecuencia, señal de voltaje o de corriente); la geometría del electrodo (forma, tamaño y orientación); la ubicación del electrodo respecto a las neuronas de la estructura objetivo, sus campos dendríticos y axones; y las características celulares de la región estimulada, tales como la isotropía relativa (materia gris) o anisotropía (materia blanca), las cuales afectan la difusión de la carga eléctrica [4, 9]. Con tantos factores en juego, es muy difícil encontrar los parámetros óptimos que pueden entregar los mejores resultados terapéuticos. Además, uno de los interrogantes más difíciles de responder es, cuál es la distancia del electrodo al tejido activo o volumen de tejido activo (VTA).

EJEMPLO NRO. 12. *Arista de artículo científico.*
Adaptado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2016)

«Lo anterior se debe a que estos modelos utilizan técnicas de datos embebidos, como lo es el análisis de componentes principales (PCA) [19-1] que también está asociado como técnica de regularización, sin embargo PCA requiere de un gran número de muestras de entrenamiento para obtener la capacidad suficiente de generalización. Además esta técnica de reducción de dimensión (PCA) no contempla el ruido en los datos, lo cual conlleva a variaciones atípicas del modelo deformable [17]. Sin embargo se han realizado intentos por incorporar una matriz de covarianza que represente deformaciones sintéticas con la finalidad de suplir la carencia de datos [22, 23], pero se ha destacado que el método requiere de una matriz de covarianza que pueda ser representada de manera completa, lo cual es sólo factible para formas discretas y en algunos casos es necesario que el modelo inicial sea de rango finito [24]».

EJEMPLO NRO. 13. *Fragmento de una tesis de maestría. Arista primera.*

Tomado de (Jiménez Sierra, 2018, p. 6)

«Gao et al [77] propuso un representación multi-escala para la estructura haciendo uso de la transformada Wavelet. Dada la forma inicial obtenida por la fusión de etiquetas, se segmenta alternando los datos y haciendo uso de un proceso multi-escala basado en la forma, evolucionando iterativamente el contorno hasta lograr su convergencia. Los resultados demuestran que el método propuesto es robusto, pero este se ve afectado por la cantidad de formas de entrenamiento requeridas y la inicialización del atlas».

EJEMPLO NRO. 14. *Fragmento de una tesis de maestría. Arista segunda.*

Tomado de (Jiménez Sierra, 2018, p. 14)

Puede observarse en todos estos ejemplos que las aristas o restricciones determinarán, bajo ciertos aspectos, las necesidades de mejorar el conocimiento y las áreas de trabajo aún no resueltas según el actor o investigador.

3.2.3. La formalización

La formalización está dirigida a analizar la pertinencia del problema a investigar. En otras palabras, se trata no de descubrir en el texto del artículo el objeto del mismo o sus restricciones, sino de estudiar si este se justificó suficientemente y se aportaron las referencias necesarias para escudar la necesidad de perseguirlo.

Se encuentra en la situación en que el problema a resolver está definido y existen aristas (restricciones) que, declaradas por el autor, le permitieron establecer su estrategia de trabajo. Por lo tanto, es el momento de buscar la información dentro del artículo que haga parte del estado del arte y fuese tomada como relevante para estimar la justificación del proyecto investigativo.

Así, en esta sección se relacionarán todas las referencias bibliográficas que emprendan temáticas o metodologías existentes y que el autor pueda distinguir como importantes para su investigación.

Los propios autores suelen resumir claramente en el artículo las razones por las cuales decidieron llevar a cabo ese estudio. Para ello, referencian a los escritores que consideran pertinentes. Al fin y al cabo, para la escritura de un artículo científico ha de realizarse la misma investigación que se ha descrito aquí, lo cual incluye búsqueda del punto de otros artículos y sus aristas, de modo que pueda justificarse el estudio. En el EJEMPLO NRO. 15 sobre el artículo de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019) se encuentra lo siguiente:

«Interpolation of tensor fields is a feasible methodology to reduce the voxel size in dMRI and achieves clinical relevance in reconstruction of tissue fiber bundles for tractography. Furthermore, interpolation of tensor fields is important in any application where estimating data among nearby tensors is required, including image registration (Yassine & McGraw, 2009). A considerable number of methods for tensorial interpolation have been proposed in the literature, including direct linear interpolation (Pajevic, Aldroubi & Basser, 2002), log-Euclidean space (Arsigny, Fillard, Pennec & Ayache, 2006), b-splines (Barmpoutis, Vemuri, Shepherd, & Forder, 2007), Riemannian manifolds (Fletcher & Joshi, 2007; Pennec, Fillard & Ayache, 2006), feature-based framework (Yang et al., 2012), geodesic loxodromes (Kindlmann, Estepar, Ni- ethammer, Haker & Westin, 2007) and generalized Wishart processes (Vargas Cardona, Alvarez & Orozco, 2015). They have different shortcomings [...] Remarkably, the most significant limitation for all the approaches mentioned is that they are exclusively valid for rank-2 tensors (DTI), and only the linear interpolation can easily be employed on HOT fields. As we pointed out before, DTI is deficient to represent complex tissue structures. For this reason, it is necessary a tensorial interpolation methodology that can be generalized to any order [...] To the best of our knowledge, there is not a generalized methodology for interpolating HOT fields (no matter the rank), that retains all mandatory constraints for tensorial representation of dMRI. In this work, we propose a novel methodology to perform interpolation in HOT fields of any order. In this regard, we employ

tensor representations and modulate their parameters with Gaussian processes (GPs), aiming to estimate new data with robustness, considering that GPs are functions of a multi-dimensional input variable. Specifically, we introduce two probabilistic models, that we refer to as the Tucker decomposition process (TDP) and the canonical decomposition process (CDP)»

La interpolación de campos tensoriales es una metodología factible para reducir el tamaño del vóxel en dMRI y logra relevancia clínica en la reconstrucción de haces de fibras para tractografía. Además, la interpolación de campos de tensores es importante en cualquier aplicación donde se requiera estimar datos entre tensores cercanos, incluido el registro de imágenes (Yassine y McGraw, 2009). En la literatura se ha propuesto un número considerable de métodos para la interpolación tensorial, incluida la interpolación lineal directa (Pajevic, Aldroubi y Basser, 2002), el espacio log-euclidiano (Arsigny, Fillard, Pennec y Ayache, 2006), b-splines (Barmpoutis, Vemuri, Shepherd y Forder, 2007), variedades de Riemann (Fletcher y Joshi, 2007; Pennec, Fillard y Ayache, 2006), marco basado en características (Yang *et al.*, 2012), loxódromos geodésicos (Kindlmann, Estepar, Niethammer, Haker y Westin, 2007) y procesos Wishart generalizados (Vargas Cardona, Álvarez y Orozco, 2015). Todos tienen diferentes defectos. [...] Notablemente, la limitación más significativa para todos los enfoques mencionados es que son exclusivamente válidos para tensores de rango 2 (DTI), y solo la interpolación lineal puede emplearse fácilmente en campos HOT. Como señalamos antes, DTI es deficiente para representar estructuras de tejido complejas. Por ello, es necesaria una metodología de interpolación tensorial que se pueda generalizar a cualquier orden [...] Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, no existe una metodología generalizada para interpolar campos HOT (sin importar el rango), que retenga todas las restricciones obligatorias para la representación tensorial de dMRI. En este trabajo, proponemos una metodología novedosa para realizar la interpolación en campos HOT de cualquier orden. En este sentido, empleamos representaciones tensoriales y modulamos sus parámetros con procesos gaussianos (GPs), con el

objetivo de estimar nuevos datos con robustez, considerando que GPs son funciones de una variable de entrada multidimensional. Específicamente, presentamos dos modelos probabilísticos, a los que nos referimos como el proceso de descomposición de Tucker (TDP) y el proceso de descomposición canónico (CDP).

EJEMPLO NRO. 15. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Formalización del artículo primero.*
Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019, p. 93), traducción propia.

En el artículo del EJEMPLO NRO. 15 el punto declarado por los autores era el tamaño excesivo de los vóxeles de las imágenes de dMRI (ver EJEMPLO NRO. 3) y cuyo objetivo era implementar una nueva forma de descomposición tensorial para atajar este problema (ver EJEMPLO NRO. 4). Sus aristas (EJEMPLO NRO. 9) indicaban que, si bien se habían podido aplicar con relativo éxito métodos de descomposición tensorial, los usados hasta la fecha seguían con ciertas limitaciones. Es pertinente señalar que punto y aristas se encontraban justificados con referencias a otros trabajos científicos.

Dicho esto, en el ejemplo anterior se puede ver que la formalización es una suerte de resumen de todo lo antecedido (punto y aristas), junto con la presentación de la solución propuesta donde, además, se introducen los métodos o herramientas a aplicar en la búsqueda de una salida o respuesta al problema. Es lógico que la formalización implique volver a lo ya explicado, dado que el punto y las aristas son aquello descubierto por los autores durante su estudio del estado del arte antes de proponer la investigación. Esta desembocó en el artículo que se está leyendo y debió de servirle a sus autores para justificar la pertinencia del proceso investigativo.

Puede ocurrir, aunque es raro en publicaciones científicas de impacto que las referencias en las cuales se basan el punto y las aristas mencionadas no sean suficientemente completas o convincentes para considerar que dicho punto y el objetivo del artículo sean pertinentes. Por ejemplo, si el estudio del estado

del arte es escaso o limitado a publicaciones antiguas, se podría pensar que no se ha establecido, con suficiente seguridad, ni el punto del artículo ni las aristas; por lo que la formalización no tiene las bases suficientes.

Es incluso menos habitual, aunque no descartable por completo, que los estudios previos y mencionados por el autor para justificar la necesidad de llevar a cabo su investigación carezcan de cualquier validez. Por consiguiente, pasaría lo mismo con el proyecto cuya pertinencia se justificó con dichos estudios. Si bien esto es posible, las publicaciones científicas en revistas y congresos se someten a una revisión previa a su publicación, de modo que la probabilidad de encontrar un estudio sin absolutamente ninguna justificación válida es muy baja.

Algo más habitual es que, a medida que se adquieran más conocimientos sobre el tema, se desarrolle una capacidad crítica superior y ciertos argumentos mostrados no parezcan suficientes. Por ejemplo, puede ocurrir que los autores hayan citado algún estudio concreto para justificar una arista y, sin embargo, usted conozca otro estudio que, a su parecer, lo contradice. Lo que se quiere decir con esto es que ya se ha llegado al punto de su estudio en el cual puede (y debe) empezar a anotar sus propios juicios sobre lo leído.

En el artículo de Yang *et al.* (2014) se presentaba un estudio comparativo sobre el uso de la interpolación de varios niveles para la mejora de la resolución espacial en imágenes de difusión tensorial. Se recuerda que, el punto del artículo y sus aristas se presentaron en el EJEMPLO NRO. 5 y en el EJEMPLO NRO. 10 respectivamente. El punto se refería a las limitaciones técnicas de la máquinas de resonancia magnética, lo cual implicaba tener que llegar a un compromiso entre la resolución espacial y el ruido o artefactos de las imágenes. Lo anterior, en la práctica habitual puede desembocar en una adquisición de datos con baja resolución. Entre las aristas se mencionaba que apenas existían unos pocos estudios en donde se abordase este problema aplicando

una interpolación, la cual continuaba siendo básicamente un problema de interpolación escalar. De esta manera, se mencionaba que la interpolación tensorial necesaria para este tipo de problema no había sido estudiada en profundidad en la literatura y que esta conllevaba una serie de cálculos difíciles. Además, los tensores de difusión no forman un espacio vectorial, ya que eran matrices definidas como positivas.

Dicho esto se puede pasar a la formalización del artículo, el cual se presenta en el EJEMPLO NRO. 17 y que, como se verá, provee un resumen de lo presentado hasta el momento y de la solución que se va a estudiar.

« To improve DTI data resolution, interpolation provides an interesting software solution. Interpolation in DTI can be dealt with at different levels. It can be performed at the level of diffusion-weighted (DW) gray-level images or at the level of tensor fields or still at the level of vector fields [...] The raw data provided by DTI are the gray-level DW images, from which tensor data are computed. So, a straightforward way of interpolating DTI data would consist in interpolating the DW images, from which the interpolated tensor data can be consequently obtained. Meanwhile, we can also directly interpolate the diffusion tensor fields. Note that interpolation can also be achieved at the level of tensor parameter maps such as FA or MD, depending on the application in question. However, it is DW images or tensors that contain the most complete information, based on which all other parameters [...] used in practices can be calculated. That has led us to emphasize the DW image and diffusion tensor field interpolations».

Para mejorar la resolución de los datos DTI, la interpolación provee una solución software interesante. La interpolación DTI se puede realizar en diferentes niveles: en el nivel de imágenes ponderadas por difusión (DW) en nivel de gris o en el espacio de tensores de difusión [...] Los datos crudos para obtener los DTI son las imágenes en nivel de gris DW, de las cuales se computan los tensores. Entonces, una manera simple de mejorar la resolución espacial es interpolar las imágenes DW, de las cuales se puede

entonces obtener los datos de tensores interpolados. También se puede interpolar directamente los campos de tensores de difusión. Igualmente, la interpolación se puede hacer en términos de los mapas de parámetros del tensor, tales como anisotropía fraccional (FA) y la difusión media (MD) dependiendo de la aplicación en cuestión. Sin embargo, son las imágenes DW o tensores las que contienen la información más completa, basada en la cual todos los parámetros [...] usados en práctica pueden ser calculados. Esto nos ha llevado a enfocarnos en las imágenes DW y la interpolación de campos de tensores de difusión.

EJEMPLO NRO. 16. *Fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Formalización del artículo segundo.*
Tomado de (Yang *et al.*, 2014, p. 1317-1318), traducción propia.

Nótese que en las anteriores sentencias se definió como la formalización, aquellas frases donde aparecen las herramientas o métodos que, según el autor del artículo, aportarán a su investigación y serán apropiadas para solucionar su problema de investigación.

3.2.4. Métodos y materiales

En esta sección se determinarán los métodos usados por el autor para resolver los objetivos propuestos en la investigación, los cuales conllevarán la generación de aportes al estado del arte.

En los artículos, estos métodos se encontrarán descritos como protocolos, con los pasos a seguir. Pueden localizarse resumidos en varios epígrafes del artículo o descritos, en profundidad, a lo largo del mismo. En ambos casos, se trata de extraer la información de la metodología seguida para la consecución de los experimentos realizados.

Por ejemplo, el artículo de Le, Kurkure, y Kakadiaris, (2013), por medio de un extracto representado en el EJEMPLO NRO. 17, muestra que estos pasos se encuentran resumidos en el *abstract*. En este artículo se indica lo siguiente: «...los modelos de formas

estadísticas, como los modelos de formas activas (ASMs), sufren por su inhabilidad para representar grandes rangos de variaciones de una forma compleja y para explicar los grandes errores en la detección de puntos del modelo» [traducción propia] (p. 1878). Así mismo, se propone un método para superar esta limitación.

Los métodos aplicados por los autores para conseguir dicho objetivo se presentan en el EJEMPLO NRO. 17

«Our method first detects a set of reference points which were selected based on their saliency during training. For each model point, an ensemble of regressors is built. From the locations of the detected reference points, each regressor infers a candidate location for that model point using local geometric constraints, encoded by a point distribution model (PDM). The final location of that point is determined as a weighted linear combination, whose coefficients are learnt from the training data, of candidates proposed from its ensemble's component regressors».

1. Nuestro método primero se detecta un conjunto de puntos de referencia que son seleccionados según se destacan durante el entrenamiento.
2. Para cada punto del modelo es construido un conjunto de regresores.
3. Desde la localización de los puntos de referencia detectados, cada regresor infiere una localización candidata para ese punto del modelo al utilizar restricciones de geométrica local, codificadas por un modelo de distribución de puntos (PDM).
4. La localización final del punto es determinada por una combinación lineal ponderada (donde sus coeficientes son aprendidos a través de los datos de entrenamiento) de los candidatos propuestos desde sus conjuntos de regresores.

EJEMPLO NRO. 17. *Primer fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Métodos.*

Tomado de (Le *et al.*, 2013, p. 1878), traducción propia.

Como se muestra, los autores presentan directamente en el *abstract* un resumen de las acciones conducentes a conseguir el objetivo buscado. En este caso, la metodología se incluye como una lista de acciones secuenciales.

Por otro lado, se puede presentar el artículo de (Gerig, Shahim, Reyes, Vetter, y Lüthi, 2014), el cual propone una nueva aproximación para el registro espacialmente variado. Este comprueba que los métodos aplicados se exhiben a lo largo de todo el artículo. Por ejemplo, se empiezan a señalar los métodos aplicados en la introducción y más adelante también se mencionan, ligeramente, en la discusión del artículo, la cual se incluye en el EJEMPLO NRO. 18.

«We have shown how we can obtain a method for spatially-varying registration, by combining 1) A registration method that allows us to specify a deformation prior using a Gaussian process, 2) A method to make a given Gaussian process non-stationary by adapting its spectrum. The degree of smoothness that is induced by the Gaussian process can be specified using a tempering function. To define this tempering function we have proposed to specify the desired value at a few given points, and then to interpolate these points to define the function on the full registration domain. While this approach is easy, a more convenient approach could be implemented by using a learning scheme, similar to the ones proposed in [3, 12]. The tempering function either can be defined manually by an expert or also be inferred from data. In a first scenario the function is built by including a distance measure to the current target image and optimize control points of the function η with subject to local differences. [12] published a method to infer the regularization parameters directly from the data. A further possibility is the definition of the tempering function by taking systematic misregistrations into account. A spatially varying tempering function is a solution to compensate for the error [5]. In another possible scenario, tissue properties are learned from the data to include a variation of elasticity in the reference [10]. Our experiments have shown that our approach can significantly improve a registration, by enabling us to choose the smoothness based on the image characteristics.»

Se ha mostrado cómo se puede obtener un método de registro espacialmente-variado, mediante la combinación de 1) Un método de registro que permite especificar la deformación del prior usando procesos Gaussianos, 2) Un método para hacer un proceso Gaussiano dado no estacionario mediante la adaptación de su espectro. El grado de suavizado que es inducido por el proceso Gaussiano puede ser especificado usando una función de mitigación. Para definir esta función de mitigación se ha propuesto la especificación de los valores deseados de unos cuantos puntos, y luego interpolar dichos puntos para definir la función sobre todo el dominio de registro. Mientras esta aproximación es fácil, una aproximación más conveniente podría ser mediante el uso de esquemas de aprendizaje, parecidos a los propuestos en [3, 12]. La función de mitigación bien puede ser definida manualmente por un experto o también puede ser inferida de los datos. En un primer escenario la función es construida mediante la inclusión de una medida de distancia del objetivo actual y puntos de control de la función η a optimizar sujeta a diferencias locales. [12] publicó un método para inferir los parámetros de regularización directamente de los datos. Una posibilidad más lejana es la definición de la función de mitigación teniendo en cuenta de manera sistemática registros erróneos. Una función de mitigación espacialmente variada es la solución a la compensación del error [5]. En otro posible escenario, las propiedades de los tejidos son aprendidas de los datos para incluir variaciones de elasticidad en la referencia [10]. Nuestros experimentos han mostrado que nuestra aproximación puede mejorar significativamente el registro, mediante la elección del suavizado basado en las características de la imagen.

EJEMPLO NRO. 18. *Segundo fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Métodos.*

Tomado de (Gerig *et al.*, 2014, p. 419), traducción propia.

Al respecto de los materiales utilizados, se debe tener presente que estos, en especial las bases de datos, permitirán poseer una referencia esencial de cómo los métodos o modelos se van a comparar con el estado del arte.

La cantidad o calidad de datos utilizados, al igual que la metodología para adquirirlos suponen, en general, una información esencial para poder comparar distintos estudios. Por ejemplo, un trabajo llevado a cabo con pocos datos no permitirá, comúnmente, generalizar en las conclusiones.

Las bases de datos o la metodología usada para la recopilación de la información, suelen estar claramente definidas en los artículos científicos, ya que suponen datos importantes para valorar el estudio realizado. Si el artículo reporta únicamente resultados con el uso de una base de datos externa o que fue recopilada en trabajos anteriores, es posible que el autor solo mencione las características más relevantes para su estudio y luego referencie la fuente de la misma, de forma que cualquier lector pueda consultar el resto de la información.

En el artículo de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019) se encuentra una sección titulada «*Experimental Setup and Datasets*» o, lo que es lo mismo, «Configuración experimental y bases de datos». En esta sección se localiza la descripción de la base de datos utilizada en la investigación. En el EJEMPLO NRO. 19 se reproduce dicha descripción.

«The data were collected from a male subject (age between 20 and 24) on the customized Siemens 3T Connectom scanner, a 64-channel tight-fitting brain array coil was used for data acquisition, and 70 gradient directions with a value for b equal to 5000 S/mm². The study contains 140×140×96 images in the axial plane with isotropic voxel size of 1.5 mm, and we select a region of interest (ROI) of 40×40×10 voxels centered in the corpus callosum. As ground truth or gold standard we use the original HOT data (synthetic and real), then we downsample the HOT fields by a factor of two. The downsampled fields are the training sets. In this work, we split the entire field in four subfields in order to seek a faster execution of algorithms. We test the proposed methods simultaneously over each subfield. CDP and TDP are patch-based methods, then we select a 3×3 patch for the training, obtaining a 5×5 patch in the validation stage».

Los datos se recolectaron de un sujeto masculino (edad entre 20 y 24 años) en el escáner personalizado 3T Connectom de Siemens, se usó una bobina de matriz cerebral de ajuste estrecho de 64 canales para la adquisición de datos, y 70 direcciones de gradiente con un valor para b igual a 5000 S/mm². El estudio contiene 140 × 140 × 96 imágenes en el plano axial con un tamaño de *voxel* isotrópico de 1.5 mm, y seleccionamos una región de interés (ROI) de 40×40×10 *voxels* centrados en los datos del corpus (sintético y real), luego submuestreamos la muestra de los campos HOT por un factor de dos. Los campos submuestreados son los conjuntos de entrenamiento. En este trabajo, dividimos el campo completo en cuatro subcampos para buscar una ejecución más rápida de algoritmos. Probamos los métodos propuestos simultáneamente en cada subcampo. CDP y TDP son métodos basados en parches, luego seleccionamos un parche 3×3 para el entrenamiento, obteniendo un parche de 5×5 en la etapa de validación.

EJEMPLO NRO. 19. *Primer fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Características de equipos utilizados y de la base de datos.*

Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019, p. 96), traducción propia.

Como muestra el ejemplo anterior, los autores consideraron importante mencionar tanto el tipo de escáner utilizado para obtener las imágenes, como algunas características del proceso de adquisición.

Otro ejemplo se halla en el artículo de (Yang *et al.*, 2014), en este se describe igualmente la base de datos utilizada y se cita de nuevo tanto el dispositivo usado para obtener las imágenes, como las características del proceso de adquisición (ver EJEMPLO NRO. 21). Cabe señalar que, en este ejemplo, se ha reproducido solo la descripción de la base de datos de imágenes reales. El estudio completo se llevó a cabo utilizando datos sintéticos, los cuales fueron adquiridos siguiendo una metodología específica que, por supuesto, también se presenta en el artículo de Yang *et al.* (2014).

«The real DTI datasets were acquired in clinical conditions. They concern the cardiac DW images and T2 images, which were acquired from eight *ex vivo* human hearts on Siemens 1.5T Magnetom Sonata with the following settings: TE = 98 ms, TR = 8600 ms, FOV = 256 × 256 mm², slice thickness = 2 mm, slice spacing = 2 mm, slice duration = 142.5 ms, number of slices = 52, number of b = 0 slice images = 52, 128 × 128 pixels in each slice, diffusion sensitivity $b = 1000 \text{ s/mm}^2$, and gradient directions = 30 or 12 or 6. The acquisition time for a 3-D dataset with 30 directions and 1 average is 4.6 min. Each heart was located in a plastic container and fixed by hydrophilic gel to maintain a diastolic shape. This setup has a low dielectric effect and also eliminates unwanted susceptibility artifacts near the boundaries of the heart».

Las bases de datos de DTI reales fueron adquiridas en condiciones clínicas. Estas se componen de imágenes cardíacas de tipo DW e imágenes T2, las cuales fueron adquiridas de ocho *ex vivo* corazones humanos en un Magnetom Siemens 1.5T con las siguientes características: TE=98 ms, TR=8600ms, FOV=256x256mm², grosor del corte=2mm, espaciado del corte = 2mm, duración del corte = 142.5 ms, número de cortes=52, número de b = 0 imágenes de corte = 52, 128x128 píxeles en cada corte, sensibilidad de difusión $b = 1000\text{s/mm}^2$, y direcciones del gradiente =30 o 12 o 6. El tiempo de adquisición para una base de datos 3-D con 30 direcciones y una media es de 4.6 minutos. Cada corazón se emplazó en un contenedor de plástico y se fijó con un gel hidrofílico para mantener la forma diastólica. Esta disposición tiene un efecto dieléctrico bajo y además elimina la susceptibilidad a artefactos no deseados cerca de las paredes del corazón.

EJEMPLO NRO. 20. *Segundo fragmento de un artículo científico en idioma original (inglés) y español. Características de equipos utilizados y de la base de datos.*

Tomado de (Yang *et al.*, 2014, p. 1320), traducción propia.

Como se observa, la presentación de la base de datos utilizada es algo común y muy importante. Un artículo está destinado a ser leído y analizado por otros investigadores y las conclusiones a las cuales llegue dicho artículo dependerán mucho de la magnitud

de la base de datos utilizada y de la metodología de adquisición de la misma. Así, siempre que se analice un artículo es importante fijarse en qué datos se han utilizado durante la experimentación, de modo que se puedan comparar unos estudios con otros (cuando se hayan realizado los experimentos en el marco del estudio propio).

Tenga en cuenta que, dependiendo del estudio realizado, es posible que se reporten, así mismo, datos sobre equipos utilizados para el procesamiento de los datos (no solo para la adquisición de los mismos), de materiales electrónicos, materiales consumibles, entre otros. Por ejemplo, un artículo que reporte una modificación en un proceso de traducción automática, gracias al cual los cálculos se aceleran hasta trabajar en tiempo real, es probable que también indique las características técnicas de los ordenadores o equipos utilizados para lograrlo.

En definitiva, es importante anotar los materiales utilizados, ya que estos influyen, en gran medida, en los resultados reportados por cada estudio. Las bases de datos siempre serán una información muy importante a resaltar en los artículos analizados; además, dependiendo del objetivo del estudio, el resto de los materiales que hayan influido en la consecución de los resultados también deberán destacarse.

3.2.5. Nuevos descriptores. Análisis de conclusiones, trabajo futuro y citas

Hasta el momento, en esta sección, se han descrito los descriptores de un artículo, enfocándose en lo encontrado o declarado por el autor de forma previa a la realización de su trabajo. Existe la posibilidad de que dichos descriptores se hayan modificado con el tiempo, bien sea porque otros investigadores hayan solventado alguna de las aristas declaradas o bien porque el propio autor haya encontrado nuevas aristas tras realizar sus experimentos.

3.2.5.1 Análisis de conclusiones y trabajo futuro.

Estas dos secciones en los artículos contienen las ideas formadas por el autor tras realizar su proceso investigativo, Esto quiere decir que todas las limitaciones encontradas a la solución planteada por el investigador se encontrarán descritas en estos apartados. Serán, por lo tanto, nuevas aristas que podrían ayudar a definir el propio problema de investigación.

La diferencia con las aristas anteriores radica en el hecho de que aquellas encontradas hasta el momento se corresponden con las declaradas por los autores anteriores al artículo que se analiza, mientras que las nuevas aristas son las declaradas por el propio autor, tras realizar sus experimentos. Este proceso se esquematiza en la FIGURA NRO. 5.

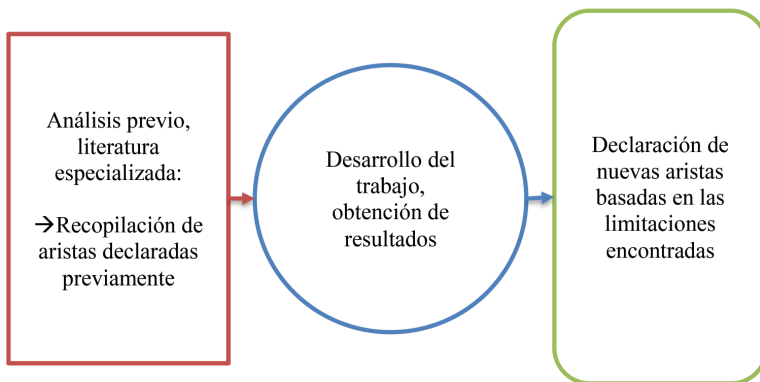


FIGURA NRO. 5. *Proceso de análisis de aristas del autor de un artículo.*

Elaboración propia.

En el EJEMPLO NRO. 21 se presenta una sección de un artículo en el cual se incluyen, conjuntamente, tanto las conclusiones como el trabajo futuro. En este se ha incluido todo el apartado de conclusiones como ilustración de lo que cabe esperar se encuentre en un artículo, si bien las nuevas aristas declaradas aparecen al final del apartado. Para mayor facilidad estas se han subrayado.

«Conclusions and future work

In this paper, we presented two methods for tensorial interpolation of diffusion magnetic resonance imaging: the canonical decomposition process (CDP) and the Tucker decomposition process (TDP). The proposed methods generalize to higher order tensors, in contrast to traditional methods presented in the state of the art, valid only for rank-2 tensors. The canonical and the Tucker process outperformed the linear method, log-Euclidean, Generalized Wishart processes, and dMRI raw interpolation, when we tested three different datasets and for tensor fields of rank 2, 4 and 6. Also, we performed a morphological validation. For rank-2 tensor fields we evaluated fractional anisotropy (FA) maps and tractography (2D and 3D). For rank 4 and 6 tensors, we obtained the generalized anisotropy (GA) histograms. CDP and TDP can preserve morphological properties of dMRI, avoiding non positive definite tensors and the swelling effect. For HOT data, it was possible to achieve high accuracy in GA curves, even in anisotropic regions. CDP and TDP are Bayesian models, where their parameters are defined by a set of Gaussian processes. The probabilistic nature of proposed approaches favored the robustness, flexibility, generalization capability, and adaptability to heterogeneous or noisy data. On the other hand, the comparison methods reduced considerably their performance in presence of high levels of Rician noise. Future work includes using Gaussian Processes for Big Data (Hensman et al., 2013) to reduce computational complexity».

Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo, presentamos dos métodos para la interpolación tensorial de imágenes de resonancia magnética de difusión: el proceso de descomposición canónica (CDP) y el proceso de descomposición de Tucker (TDP). Los métodos propuestos se generalizan a los tensores de orden superior, en contraste con los métodos tradicionales presentados en el estado de la técnica, válidos solo para los tensores de rango 2. El proceso canónico y el

proceso de Tucker superaron el método lineal, los procesos log-Euclidianos, Wishart generalizados y la interpolación bruta de dMRI, cuando probamos tres conjuntos de datos diferentes y campos de tensor de rango 2, 4 y 6. Además, realizamos una evaluación morfológica validación. Para los campos de tensor de rango 2, evaluamos los mapas de anisotropía fraccional (FA) y la tractografía (2D y 3D). Para los tensores de rango 4 y 6, obtuvimos los histogramas de anisotropía generalizada (AG). CDP y TDP pueden preservar las propiedades morfológicas de la RMD, evitando tensores definidos no positivos y el efecto de hinchamiento. Para los datos HOT, fue posible lograr una alta precisión en curvas GA, incluso en regiones anisotrópicas. CDP y TDP son modelos bayesianos, donde sus parámetros están definidos por un conjunto de procesos gaussianos. La naturaleza probabilística de los enfoques propuestos favoreció la robustez, flexibilidad, capacidad de generalización y adaptabilidad a datos heterogéneos o ruidosos. Por otro lado, los métodos de comparación redujeron considerablemente su rendimiento en presencia de altos niveles de ruido Rician. El trabajo futuro incluye el uso de Procesos Gaussianos para Big Data (Hensman *et al.*, 2013) para reducir la complejidad computacional.

EJEMPLO NRO. 21. *Primer fragmento en idioma original y traducción al español de las conclusiones de un paper científico.*

Tomado de (Vargas-Cardona *et al.*, 2019, p. 107), traducción propia.

Como puede verse, en el apartado de conclusiones se resaltan los resultados obtenidos, pero también se declaran las limitaciones encontradas para la solución aportada. En el caso del EJEMPLO NRO. 21, se menciona que los métodos desarrollados no tuvieron un rendimiento tan notable en presencia de altos niveles de ruido Rician, lo cual supone una nueva arista que debe añadirse a la lista de aquellas encontradas previamente. Además, se propone el uso de procesos gaussianos para reducir la complejidad computacional. Esto, de facto, representa una arista (la complejidad en los cálculos) y propone una solución para la misma, la cual podría ser investigada en el nuevo proyecto.

No siempre se encontrará en los artículos la sección de trabajo futuro; sin embargo, se puede contar con que siempre aparecerá la sección de conclusiones. A veces, como en el ejemplo anterior, las sugerencias para futuros trabajos aparecen entremezcladas con las conclusiones. En otras ocasiones se mencionan simplemente las limitaciones del sistema desarrollado y se dejará al lector la tarea de proponer —si puede— una solución.

En el EJEMPLO NRO. 22 se halla un artículo sobre diarización de locutores⁶. En este no hay sección de trabajo futuro, pero en el apartado de conclusiones se mencionan numerosas tareas que, en el momento de la escritura del artículo, se encontraban aún por desarrollar y serían necesarias para mejorar el sistema. Estas tareas se han subrayado en dicho ejemplo.

«Conclusions

In this paper we have presented a method to combine acoustic features and delay features to improve speaker diarization performance. The results are significantly better than the ones obtained using acoustic features alone. There are still many unknowns to the method (some of them inherent to the clustering procedure) such as how to choose the minimum duration constraint, how to choose the initial number of clusters, and how to choose the initial number of Gaussians for each cluster. Particularly important is how to select a good weight factor between the acoustic features and the delay features that is robust and generalizes to different conditions of rooms, number of speakers, number of microphones etc.

Conclusiones

En este documento, presentamos un método para combinar las características acústicas y las funciones de retardo para mejorar el rendimiento de la diarización de locutores. Los resultados son significativamente mejores que los obtenidos utilizando solo

⁶ Tarea enmarcada en las tecnologías del habla en la que se segmentan los intervalos de habla de los diferentes locutores de una grabación.

características acústicas. Todavía hay muchas incógnitas en el método (algunas de ellas inherentes al procedimiento de agrupación), tales como cómo elegir la restricción de duración mínima, cómo elegir el número inicial de agrupaciones y cómo elegir el número inicial de gaussianas para cada agrupación. Particularmente importante es cómo seleccionar un buen factor de peso entre las características acústicas y las características de retardo que sean robustas y generalicen a diferentes condiciones de tipo de habitaciones, número de locutores, número de micrófonos, etc.

EJEMPLO NRO. 22. *Segundo fragmento en idioma original y traducción al español de las conclusiones de un paper científico.*
Tomado de (Pardo *et al.*, 2006, p. 2197), traducción propia.

El ejemplo anterior incluye un número de tareas aún por desarrollar, las cuales el autor declara como necesarias y que pueden, por lo tanto, interpretarse como las limitaciones de su sistema. Se menciona una en particular: la selección del factor de peso entre las características acústicas y las características de retardo, de forma que pueda generalizarse a diferentes condiciones tales como el tipo de habitación o el número de locutores o micrófonos. Estas limitaciones deberían incluirse inicialmente en el propio estudio, aunque, como se verá, tal vez no todas lleguen a la fase final, ya que algunas de ellas pueden haber sido resueltas por estudios posteriores.

3.2.5.2 Análisis de citas de otros autores sobre el artículo analizado.

Tras abordar el estudio de las conclusiones se llega a la sección de citas, pero no se hace referencia a las mencionadas por el autor del artículo, sino a aquellas que citan el artículo que se está analizando.

El análisis de los artículos que citan al que se ha analizado permitirá descubrir si algunas de las aristas declaradas ya fueron resueltas.

Puesto que el análisis llevado a cabo sobre un artículo será uno de muchos que otros autores hayan realizado para sus distintas investigaciones; resulta interesante incluir en el propio estudio la consulta de aquello que dichos investigadores opinaron sobre el artículo analizado, con especial atención a las aristas y si estas han sido resueltas.

Efectivamente, un autor pudo, en un momento dado, declarar una arista cualquiera que, en el momento de llevar a cabo el propio proceso investigativo, no se considere una limitación. Las aristas de un artículo, fueran declaradas durante el estudio del estado del arte para limitar el tema de investigación o, tras realizar los experimentos como restricciones a la solución aportada, pueden haber sido posteriormente estudiadas o incluso resueltas por otros autores.

La selección inicial de artículos importantes puede no contener todos aquellos que han trabajado en las aristas mencionadas por un autor concreto. Pero, al menos respecto a aquellas aristas que sirvan para argumentar la necesidad de la propia investigación, es conveniente comprobar cuántos autores han trabajado en dicho problema y qué soluciones, satisfactorias o no, han aportado.

Se trata, por lo tanto, de hacer un análisis de citas; no de aquellas que el autor del artículo realiza, sino de aquellas que ha citado este mismo artículo.

Para encontrar los artículos relacionados se pueden utilizar numerosas herramientas. La primera y más rudimentaria sería copiar términos clave del artículo estudiado (concretamente de la arista buscada) y tratar de encontrar textos relacionados. Con suerte, varios de ellos contendrán una cita al trabajo que se analiza en el momento o, por lo menos, hablarán de la temática de interés.

Es evidente que dicha tarea supone un trabajo arduo y sin garantías de éxito; de modo que, lo más conveniente, será hacer

uso, nuevamente, de alguno de los buscadores de artículos científicos y de sus funcionalidades.

La mayoría de los buscadores de artículos científicos, sean genéricos o directamente asociados a una revista, incluyen un epígrafe para los trabajos que citan un determinado artículo. No se debe confundir esta sección con la de artículos relacionados, en la cual se sugieren escritos similares basándose en la temática aproximada del mismo. En la FIGURA NRO.6 se incluye una captura de pantalla con un resultado del buscador «Google Scholar»⁷ o «Google Académico» para las palabras clave «*Speaker Diarization*»⁸. Así, se puede ver que una de las informaciones aparecida es el número de citas que tiene dicho artículo, siendo para este caso igual a cuatrocientas doce. Además, dicho epígrafe constituye también un enlace que se puede seguir para obtener los artículos en los cuales se encuentran dichas citas.

Uno de los enlaces importantes en el uso de este tipo de herramientas es el de «Artículos relacionados». Como se ha comentado previamente, no es lo mismo que un artículo cite al texto en estudio, a que aparezca en artículos relacionados. Es habitual que, si se encuentran relacionados, alguno de los escritos cite al otro. No obstante, no es obligatorio ni se podrá saber *a priori* cuál de los artículos cita o hace referencia al otro. En cualquier caso, los artículos relacionados serán útiles para ampliar el conocimiento general sobre el tema de investigación.

Speaker diarization: A review of recent research

[X Anguera, S Bozonnet, N Evans...](#) - ... on Audio, Speech ..., 2012 - [ieeexplore.ieee.org](#)

Speaker diarization is the task of determining "who spoke when?" in an audio or video recording that contains an unknown amount of speech and also an unknown number of **speakers**. Initially, it was proposed as a research topic related to automatic speech ...

☆ 📄 Citado por 412 Artículos relacionados Las 20 versiones

FIGURA NRO.6. Ejemplo de resultado del Google Scholar. Artículo sobre «*Speaker Diarization*». Tomada de: *Google Scholar*.

⁷ Para ingresar a *Google Scholar* se puede hacer a través del siguiente link: <https://scholar.google.com/>.

⁸ Diarización de locutores.

Tras hacer clic en el enlace con el número de citas, aparecerán, precisamente, todos los artículos que lo han citado. En la FIGURA NRO. 7 se incluye un fragmento de los resultados aportados por Google Scholar sobre el ejemplo en cuestión. Se puede ver que en la parte superior aparece el artículo citado (en este caso «*Speaker Diarization: a Review of Recent Research*»⁹), seguido de la lista de artículos que lo citan. En esta figura solo se incluyeron tres de las referencias, pero como se apreciaba en la FIGURA NRO.6, el número total corresponde a cuatrocientos doce.

FIGURA NRO. 7. *Captura del Google Scholar. Artículos que citan otro trabajo en concreto.*

Speaker diarization: A review of recent research

Buscar en artículos que citan

Behavioral signal processing: Deriving human behavioral informatics from speech and language

[S Narayanan, PG Georgiou - Proceedings of the IEEE, 2013 - ieeexplore.ieee.org](#)

The expression and experience of human behavior are complex and multimodal and characterized by individual and contextual heterogeneity and variability. Speech and spoken language communication cues offer an important means for measuring and ...

☆ 97 Citado por 190 Artículos relacionados Las 9 versiones

[LIBRO] Introduction to audio analysis: a MATLAB® approach

[T Giannakopoulos, A Pirkakis - 2014 - books.google.com](#)

Introduction to Audio Analysis serves as a standalone introduction to audio analysis, providing theoretical background to many state-of-the-art techniques. It covers the essential theory necessary to develop audio engineering applications, but also uses programming ...

☆ 97 Citado por 141 Artículos relacionados Las 5 versiones

[HTML] pyaudioanalysis: An open-source python library for audio signal analysis

[T Giannakopoulos - PloS one, 2015 - journals.plos.org](#)

Audio information plays a rather important role in the increasing digital content that is available today, resulting in a need for methodologies that automatically analyze such content: audio event recognition for home automations and surveillance systems, speech ...

☆ 97 Citado por 119 Artículos relacionados Las 14 versiones 99

Tomada de: Google Scholar.

Si no se aporta ningún otro filtro, el resultado se ordenará en función de la relevancia, la cual el buscador (en este caso Google Scholar) decida que tienen los artículos. No obstante, al igual que en una búsqueda normal, se pueden añadir filtros como el año de publicación del nuevo trabajo o el idioma, entre otros.

9 Diarización de locutores: revisión de la investigación reciente.

El ejemplo previo se ha centrado en un buscador genérico; sin embargo, es una información y pasos extrapolables a casi todos los buscadores de artículos. Simplemente localice el apartado «*Cited by*» o «Citado por» y encontrará qué artículos han citado el trabajo en proceso de estudio.

Nótese que, algunos buscadores como «CiteSeerX»¹⁰ incluyen información sobre el número de autoreferencias encontradas, lo cual puede ser relevante en aquellos trabajos más actuales con pocas citas.

Adicionalmente, es importante señalar que no todos los buscadores encontrarán el mismo número de citas para un artículo concreto. En la FIGURA NRO. 8 se puede ver que el mismo artículo con cuatrocientas doce citas en el ejemplo anterior, aquí aparece solo con treinta y dos, de las cuales dos son autocitas. Si el número de citas encontradas se considera insuficiente, siempre se podrá buscar el artículo en varias bases de datos.

FIGURA NRO. 8. Resultado de búsqueda en «CiteSeer». Número de citas de un artículo.

The screenshot shows the CiteSeerX search interface. At the top left is the CiteSeerX logo. To the right is a search bar containing the text 'speaker diarization a review of recent research' and a search icon. Below the search bar are options for 'Include Citations' (unchecked) and 'Advanced Search'. The main results area shows 'Results 1 - 10 of 2.060.099' and a 'Next 10' link. The first result is 'Speaker Diarization: A Review of Recent Research' by Xavier Anguera, Simon Bozonnet, Nicholas Evans, Corinne Fredouille, Gerald Friedland, Oriol Vinyals, 2010. The abstract snippet reads: 'Speaker diarization is the task of determining "who spoke when?" in an audio or video recording that contains an unknown amount of speech and also an unknown number of speakers. Initially, it was proposed as a research topic related to automatic speech recognition, where speaker diarization serves a ...'. Below the abstract, it says 'Abstract - Cited by 32 (2 self) - Add to MetaCart'. On the right side, there is a 'Tools' section with a 'Sorted by:' dropdown menu set to 'Relevance' and a 'Try your query at:' section with icons for AIZ, ISI, and a search engine icon.

Tomada de: CiteSeerX.

Una vez localizados los artículos que citan el que se analiza, se debe buscar, basándose en el título y palabras clave, cuáles pueden tratar sobre la arista analizada. Es evidente que no se podrán leer todos los artículos que hayan citado aquel sobre el cual se trabaja, principalmente por falta de tiempo; de modo

¹⁰ <https://citeseerx.ist.psu.edu/index>.

que, se debe hacer una selección apoyándose en la información directamente disponible, es decir, en el título y, como mucho, en el número de referencias.

Se trata de hacer, en esta ocasión, un nuevo análisis más ligero en el que se busque dónde se cita el artículo analizado y en qué contexto. Muchas de las citas pueden hablar únicamente de una comparativa de resultados, o mencionar las aristas declaradas por el artículo en cuestión, pero otras pueden fundamentarse en el mismo para construir su problema de investigación. Cuando esto ocurra, los resultados de este estudio deben incluirse en el análisis general, ya que la arista declarada pasará entonces a haber sido resuelta y, probablemente, se habrán declarado nuevas aristas relacionadas con la inicial.

Aunque se ha hablado principalmente de las aristas, esto se debe a que la mayoría de los artículos fundamentan su problema de investigación en las restricciones o limitaciones citadas por otros autores: por lo que constituyen un motivo para que dicha cita exista. Esto no significa que la verificación de aristas sea el único motivo válido para comprobar las citaciones de un artículo. Cualquiera de los descriptores declarados puede ser verificado al comprobar los trabajos que citan el artículo inicial. Incluso se puede usar para comprobar la validez que la comunidad investigativa da a los resultados reportados. Las aristas suponen simplemente aquellos puntos más susceptibles de ser tratados por otros trabajos de investigación los cuales, además, se necesitarán tener lo mejor definidos para poder justificar la propia propuesta de proyecto.

3.2.6. El contexto

A lo largo de la lectura de diversos artículos no solo de investigación científica, sino especialmente de aquellos de carácter divulgativo, se perciben situaciones o problemas de índole genérico, los cuales hacen de la investigación algo interesante o necesario. Se trata por lo tanto de las características generales que circunscriben la propia propuesta investigativa (o en el caso de algún artículo científico concreto, aquellas que ciñen la investigación llevada a cabo por los autores).

El contexto comprende las características del entorno físico o de la situación que se relacionan con la propia propuesta de investigación.

Dado que se trata de describir el entorno general por el cual una propuesta será interesante para la sociedad, se ha decidido llamar a este descriptor «contexto». El contexto, de una manera genérica, se define como el «...entorno físico o de situación, político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el que se considera un hecho» (Real Academia Española, s.f., definición 2). Puede apreciarse fácilmente la correlación entre dicha definición y lo que se busca. Se trata de esbozar el entorno ya sea social, histórico, político, científico o de cualquier otra índole, el cual encuadra la propia propuesta de investigación.

Ejemplos de descriptores de contexto pueden ser los de la TABLA NRO. 3:

Descriptor de contexto	Relación con el proyecto
<p>«En Pereira durante el año 2015 nacieron 5500 niños y niñas y de estos, 165 nacieron con bajo peso al nacer (3 %) [38, 39]. Los niños con <i>prematurez</i> extrema son entre 0.3 a 0.4 % de los recién nacidos y con <i>prematurez</i> alcanza hasta el 8.3 % [22-30]» (Caja de Compensación Familiar de Risaralda <i>et al.</i>, 2018, s. p.).</p>	<p>El proyecto trata ciertos problemas de salud en niños prematuros o de bajo peso en el momento del nacimiento. La cantidad de casos reportados en años anteriores sería relevante para la pertinencia del proyecto.</p>
<p>«A nivel mundial, el número de pacientes que se encuentran en situación quirúrgica con electrodos intracraneales es mucho más bajo que el número de pacientes disponibles en los que se aplican estudios con técnicas no invasivas como el EEG de superficie. Para dar una idea de la escasez de acceso a este tipo de registro, se cita el ejemplo del proyecto «EPILEPSIAE», que pretende reunir la mayor cantidad posible de registros en pacientes con epilepsia refractaria, provenientes de tres países europeos (Portugal, Francia y Alemania). Hasta el 2012 reportaban haber reclutado 36 pacientes, a pesar de ser una de las bases de datos más grandes del mundo, lo cual serviría de apoyo para estudios en 180 centros de investigación diferentes) (Ihle <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>En Colombia, en particular en el Eje Cafetero, se dispone proporcionalmente de un alto número de pacientes candidatos a cirugía de epilepsia y Parkinson en comparación con otras regiones.» (Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad Nacional de Colombia, & Instituto de epilepsia y parkinson del eje cafetero S.A., 2019).</p>	<p>El proyecto se basa en el uso de iEEG en Colombia para estudios sobre las bases neuronales de la cognición. Se señala el contexto en cuanto a la cantidad de pacientes a los que se les hace una prueba con electrodos intracraneales, y se compara con la situación particular de la región en la cual se llevará a cabo el estudio, destacando que el número de pacientes es más alto que la media. Así, el contexto particular de la región sirve como argumento para justificar la necesidad y, a la vez, para destacar la oportunidad que supondría invertir en dicho estudio.</p>

TABLA NRO. 3. *Ejemplos de contexto para proyectos de distintas áreas.*

Tomada de (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*, 2018; Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2019).

Como se había dicho, el contexto no siempre aparecerá expresado literalmente en los artículos científicos estudiados. Esto se debe a que dichos textos tienden a omitir la información que se considera conocida o suficientemente evidente como para merecer un hueco en las pocas páginas de las que se dispone.

En el caso de que aparezcan mencionadas algunas de estas características generales, es muy probable que se mencionen de pasada, sin hacer demasiado hincapié y, en muchas ocasiones, sin la referencia correspondiente, la cual dé validez a la información. Esta situación suele aceptarse en la comunidad científica, puesto que los artículos suponen un texto condensado y específico dirigido a una comunidad concreta y especializada, a la cual se le presupone un conocimiento mínimo sobre el tema tratado. Se decide entonces que los datos de carácter genérico, los cuales validan la propuesta y que los lectores suelen conocer, sean condensados para dejar espacio a la nueva información. La consecuencia de este hecho es que, inversamente a otros descriptores, mediante la lectura de artículos científicos, el contexto puede llegar a esbozarse; pero para justificarlo de forma exhaustiva y con las referencias precisas, es muy probable que se deba ampliar el espectro de búsqueda y acudir a fuentes de información alternativas.

La información de contexto se encontrará habitualmente en páginas web y en documentos de carácter divulgativo compartidos por asociaciones de diversa índole. Por ejemplo, se podrá consultar la web de una entidad del Gobierno para justificar el marco legal o los estudios estadísticos del Ministerio de Salud para describir la prevalencia de una enfermedad en una región. Sobra decir que, a la hora de referenciar estudios para justificar la necesidad de un proyecto, estos deben ser serios y llevados a cabo con datos objetivos. Así, en la web se encontrará multitud de afirmaciones sobre todo tipo de temas, por lo que la labor será identificar aquella información obtenida de manera objetiva y que puede servir de base para argumentar la necesidad de llevar a cabo un estudio o investigación concreta.

En este sentido, se tratará de priorizar aquella información que provenga de una fuente confiable y esté contrastada. En la TABLA NRO. 4 se ven algunos ejemplos de datos de contexto y los organismos que pueden proporcionar dicha información. Se trata solo de algunas muestras de entidades, las cuales suelen

proporcionar información de la naturaleza buscada. Pero cada investigación particular deberá enfocar su búsqueda en las entidades que le proporcionen los datos para su región objetivo. Por ejemplo, el primer descriptor de contexto de dicha tabla habla de los datos de prevalencia de una enfermedad. Si la investigación se centra en un país concreto, o incluso en una región particular dentro de dicho país, sería recomendable incluir no solo los porcentajes de incidencia a nivel mundial, sino dichos porcentajes para el país o la región objetivo. A veces los datos buscados no se encuentran desglosados para el lugar de interés, por lo que se puede decidir emplear los datos a nivel mundial o aquellos de un país del entorno o de similares características.

Descriptor de contexto	Posible utilidad	Dónde buscarlo
Porcentaje de prevalencia de una enfermedad a nivel mundial y/o local.	Las cifras de incidencia de una enfermedad podrían usarse para argumentar la necesidad —para la población— de invertir en mecanismos de detección y/o tratamiento.	Estudios, comunicados o estadísticas publicadas en páginas web de instancias de salud internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) u organismos nacionales o locales del sector de la salud.
Porcentajes de contaminación del aire, del agua o del suelo en una determinada región o localidad a lo largo del tiempo.	Mostrarían la evolución de las cifras de contaminación en una ciudad o región. Esto permite justificar la necesidad de inversión en alguna zona concreta.	Estudios o comunicados publicados en la página web del Ministerio de Medio Ambiente del país objetivo, o de otros países para ser usados como comparación. Noticias de prensa y artículos de entidades no gubernamentales relacionadas con el medio ambiente.
Cantidad de horas de luz solar por época del año y región en un país determinado.	Si una región tiene un número muy alto de horas de sol al día, en comparación con otras, podría justificarse la conveniencia de invertir en el desarrollo de sistemas más eficientes de generación de energía solar.	Estudios estadísticos del Ministerio de Medio Ambiente o entidades de estudio del clima.

TABLA NRO. 4. *Ejemplos de contexto. Utilidad y posible fuente.*
 Elaboración propia.

Como puede verse se han mencionado como posibles fuentes de información las páginas web de diversas entidades gubernamentales y de organizaciones mundiales. Evidentemente, se podrá encontrar el contexto en otras fuentes incluyendo numerosas empresas privadas, pero las entidades anteriores suponen un buen punto de partida y suelen estar presentes en muchos países. Los estudios estadísticos llevados a cabo por cada una de ellas, de forma rutinaria, servirán para argumentar las carencias u oportunidades de un sector determinado en relación con la realidad local en la que se encuentra.

Nótese que el contexto no supone necesariamente un problema a resolver. Descriptores de contexto pueden incluir simplemente características del mundo, los cuales influyen en el proyecto que se va a plantear. Un ejemplo de este tipo se encuentra en la tabla anterior, en la cual se mencionan las horas de luz solar en una región como un descriptor de contexto. No se trata pues de un problema, es simplemente una característica intrínseca a una región en particular, pero es muy importante si el proyecto que se quiere desarrollar trata sobre el uso de paneles solares en sustitución a otras fuentes de energía.

Finalmente, existen unos descriptores que también podrían considerarse de contexto. Aquellos que variarán en función de la entidad a la cual se le pida la financiación. Se trata de descriptores que tienen en cuenta la legalidad o normativa vigente y las políticas internas de investigación y desarrollo de la empresa financiadora. No se enfocan en las carencias de un área de investigación, sino en los temas prioritarios para el gobierno o la entidad que deba financiar la propia investigación. Así, si el proyecto se va a presentar a una convocatoria privada, un descriptor de contexto podría ser la misión declarada de dicha empresa o los lineamientos de la convocatoria en cuanto a los temas priorizados. De igual manera, sobre todo si se presenta a una convocatoria pública, se podrían consultar los planes de desarrollo o las políticas del gobierno para así poder argumentar que el proyecto se encuadra perfectamente en los mismos. En

este sentido, los lineamientos de la convocatoria de proyectos indicarán un primer argumento y la norma en la cual se basaron para decidirlos será también importante.

El EJEMPLO NRO. 23 muestra este tipo de descriptor especial de contexto que, en este caso, demostraría la viabilidad del estudio, ya que resalta un aspecto de la legalidad vigente por el cual un proyecto destinado a personas con incapacidad deberá promoverse por parte de las autoridades gubernamentales.

«La ley 1618 DE 2013 (Febrero 27) define las personas con y/o en situación de discapacidad: Aquellas personas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a mediano y largo plazo que, al interactuar con diversas barreras incluyendo las actitudinales, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con las demás [28-34]. El Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces establecerán los mecanismos tendientes a garantizar la investigación y la prestación de la atención terapéutica requerida integrando ayudas técnicas y tecnológicas a la población con discapacidad múltiple [24-30]».

EJEMPLO NRO. 23. *Contexto enfocado en el marco legal.*

Tomado de (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*, 2018)

En definitiva, el contexto son aquellos datos de distinta naturaleza (estadísticos, sociales, técnicos o legales, entre otros) que encuadran la realidad específica de la temática de la propia investigación y que, en última instancia, servirían de argumento para justificar la necesidad de estudiar la problemática encontrada. Estos descriptores pueden recopilarse en los propios artículos científicos; pero, como se ha mencionado, es habitual que la fuente última de los datos sean estudios llevados a cabo por organismos oficiales y se encuentren publicados, en parte o en su totalidad, en sus páginas web.

3.3. Planos de relación

Una vez los descriptores (punto, aristas, formalización o métodos, entre otros) han sido encontrados, es necesario correlacionar la información para encontrar puntos comunes entre los diferentes artículos sintetizados. La idea es redactar dichos puntos, de modo que se inicie con las ideas generales y se vaya avanzando hacia las ideas particulares.

Los planos de relación son la forma de poner por escrito, de manera organizada, toda la información recopilada por los descriptores y agrupar, entre sí, los artículos que presenten descriptores comunes o similares.

Lo anterior significa que se deben definir los planos de relación, es decir, buscar líneas comunes en cada uno de los descriptores trabajados. Sin embargo, la idea ahora no es transcribir la información encontrada y relacionada sino parafrasear, es decir, «...generar frases que expliquen e interpreten de forma amplificativa el contexto para ilustrarlo o hacerlo más claro o inteligible, o simplemente generar frases que imitando en su estructura otra conocida, se formulen con palabras diferentes» (Real Academia Española, s.f. -b).

Como ya se había adelantado, no basta con copiar lo expresado en los textos, sino que se debe reproducir con las propias palabras para buscar enlazar las ideas expresadas en los artículos, así como los conceptos relacionados con los puntos y las aristas que se hayan señalado en los artículos analizados. Este análisis es lo que le permitirá dibujar el cuadro real de la situación de su temática de investigación en el momento actual.

Comprobará que, en lo referente a los puntos y aristas, muchos artículos de los estudiados identifican problemas similares o vinculados con temáticas relacionadas. Deberá resumir estos problemas encontrados por los autores y agruparlos para definir cada uno de los planos de relación.

El EJEMPLO NRO. 24 y el EJEMPLO NRO. 25 ilustran lo que podrían ser planos de relación para distintos proyectos.

Referentes a enfermedades motoras:

Enfermedades como el temblor esencial (ET), Parkinson (PD) y distonía son enfermedades cuyos síntomas motores dependen de manera no lineal con la frecuencia y la amplitud de estimulaciones eléctricas. En estas estimulaciones se inhiben neuronas en el núcleo objetivo estimulado o estructura subcortical específica (Santaniello *et al.*, 2011; Kuncel *et al.*, 2007).

Registros electrofisiológicos en núcleos objetivos tales como el tálamo humano (Ta), núcleos intermedios ventriculares del tálamo (Vim), Globus Pallidus interna (GPi) y el núcleo subtalámico (STN) han demostrado que la estimulación extracelular induce a la inhibición postsináptica de las neuronas en dichos núcleos (Kuncel *et al.*, 2007).

Referentes a Deep Brain Stimulation (DBS)

Estudios clínicos en las últimas décadas han evidenciado que la estimulación cerebral profunda (DBS) es un tratamiento efectivo para la inhibición de enfermedades de movimiento y/o trastornos neurológicos tales como ET, PD, distonía. Otros tipos de trastornos psiquiátricos severos como depresión, trastornos obsesivos compulsivos, epilepsia, esclerosis múltiple y cefalea también pueden ser tratados por DBS (Howell *et al.*, 2014; Butson *et al.*, 2011; Santaniello *et al.*, 2011; Kuncel *et al.*, 2007; Rossi *et al.*, 2007; Astrom *et al.*, 2005).

La DBS es un tratamiento que se realiza mediante la implantación quirúrgica de electrodos de registro —electrodos DBS— (Mideksa *et al.*, 2013; Santaniello *et al.*, 2011; Rossi *et al.*, 2007; Kuncel *et al.*, 2007). Estos electrodos son los encargados de registrar la actividad eléctrica del ganglio basal humano para así mejorar propiedades funcionales de las estructuras neuronales profundas en respuesta a

diversas estimulaciones farmacológicas (Mideksa *et al.*, 2013; Rossi *et al.*, 2007).

El electrodo DBS se implantan sobre el núcleo de la estructura subcortical (e.g. Ta, STN, GPI, Vim), y es alimentado con un dispositivo generador de pulsos eléctricos (Mideksa *et al.*, 2013; Rossi *et al.*, 2007). Este dispositivo se implanta en la región subclavicular para producir pulsos de alta frecuencia sobre las estructuras durante la estimulación con el fin de inhibir trastornos a través de la activación de terminales presinápticos mientras que el *axón* de la misma celda se excita (Santaniello *et al.*, 2011; Rossi *et al.*, 2007; Kuncel *et al.*, 2007).

Referentes a Local Field Potencial (LFP)

La variación del campo eléctrico alrededor del electrodo DBS en diferentes frecuencias o también llamados *potenciales de campo locales* (LFPs), son señales de realimentación apropiadas obtenidas por la DBS. Los LFPs tienen el fin de simular la actividad sincronizada de un conjunto de neuronas en el tejido circundante estimulado (Santaniello *et al.*, 2011; Rossi *et al.*, 2007; Astrom *et al.*, 2005).

Rossi *et al.* (2007) ha desarrollado y validado un sistema de amplificación «FilterDBS» que provee el registro de LFPs durante la DBS libres de artefactos. En Astrom *et al.* (2005), se proponen algunos rangos efectivos de parámetros durante la estimulación (potencial entre 1 ↔ 3 V, un ancho de pulso entre 60 ↔ 120 ms y una frecuencia de alrededor de 130 ↔ 185 Hz). Hasta la actualidad, no se describe alguna metodología precisa para la determinación de los parámetros de estimulación del electrodo DBS.

Referentes a problemas clínicos de la DBS

Problemas postoperatorios psiquiátricos debido a la inadecuada implementación de la DBS se reflejan como síntomas de depresión, manía, agresión y déficit en el habla Astrom *et al.* (2005). Por esta razón, durante la DBS se deben tener en cuenta factores para

obtener resultados efectivos durante la estimulación con efectos secundarios despreciables. Un factor importante se centra en la ubicación anatómica óptima y geometría del electrodo DBS (Butson *et al.* 2011; Butson *et al.* 2007). Incluso, debe tenerse en cuenta el ajuste adecuado de los parámetros estimulantes (voltaje/corriente, impedancia, frecuencia, ancho de pulso y contactos), el estado de la enfermedad del paciente y la estructura anatómica seleccionada para la DBS (Butson *et al.*, 2011).

Referente a la incertidumbre la selección de los parámetros del electrodo DBS

«La selección óptima de los parámetros de estimulación que permitan disminuir los efectos secundarios durante la DBS sigue siendo actualmente un problema de gran interés. Este procedimiento de selección de parámetros es un proceso complejo, con alto grado de incertidumbre, de alto costo computacional y con una dependencia significativa de la habilidad y la experiencia clínica del neurólogo, quien realiza la programación de manera intuitiva [9] [45] [29] [3] se propone una metodología con el fin de dilucidar el mecanismo DBS mediante el uso de simulaciones por ordenador y el método de elementos finitos (FEM)»(Aguilar Ramírez, 2016, p.3).

Referente a la solución selección de los parámetros del electrodo DBS.

Mideksa *et al.* (2013), Santaniello *et al.* (2011), Butson *et al.* (2011), Kuncel *et al.* (2007) y McIntyre *et al.* (2006) han propuesto metodologías para la ubicación y estimación de los parámetros de estimulación DBS.

Mideksa *et al.* (2013) presenta una variante del algoritmo de clasificación MUSIC (MUltiple Signal Clasification), denominado Recursive MUSIC. Este modelo se implementó para la estimación de focos y fuentes temporalmente independientes para señales de electroencefalografía (EEG). Esto permite obtener información *a priori* de la ubicación de electrodos DBS. Santaniello *et al.* (2011)

implementó un sistema de lazo cerrado para el ajuste automático de los parámetros de estimulación para la estructura Vim reduciendo síntomas motores no deseados a través del mismo electrodo implantado. Resultados experimentales se muestran por Kuncel *et al.* (2007) donde se comparan los efectos de los cambios en frecuencia y amplitud de la estimulación DBS en pacientes con ET y los patrones de disparo neuronal en un modelo computacional. Incluso, McIntyre *et al.* (2006) desarrolló un *software* basado en Windows llamado StimExplorer. StimExplorer, mediante modelos computacionales, estima con precisión el volumen de tejido activo (VTA) producido por la DBS. Estos modelos se elaboraron en función de los parámetros de estimulación (voltaje/corriente, impedancia del electrodo, frecuencia, anchos de pulso y contactos), y la ubicación del electrodo en el cerebro. StimExplorer es un *software* de uso exclusivos por estudios aprobados por la Junta IRB (American University's Institutional Review Board).

EJEMPLO NRO. 24. *Primer ejemplo de planos de relación para un proyecto*

Adaptado de (Cuellar Fierro 2015).

En este EJEMPLO NRO. 24 se puede ver que se han definido los planos de relación indicando el tema general al cual hacen referencia. Posteriormente, se ha procedido a exponer cuáles de los artículos estudiados han mencionado algo vinculado a la temática de dicho plano de relación y se explica, ahora sí, la idea específica transmitida en cada uno de ellos.

Otra forma posible de organizar los planos de relación es haciendo la correspondencia con los puntos y las aristas encontrados durante el estudio de los artículos. Un ejemplo de esto se expone en el EJEMPLO NRO. 25 donde se suponen numerados los puntos y las aristas e, incluso, algunas ideas generales de los distintos artículos analizados. Allí, se agrupan dichos puntos.

Planos de relación

Planos de relación sobre Punto [1, 3, 7]: Los modelos de forma estadísticos como lo son formas activas [1, 2] y modelos deformables [1, 3], son modelos que se adaptan a una forma objetivo a través del aprendizaje de diferentes variaciones de dicha forma (forma objetivo). Estos modelos son robustos contra artefactos, el ruido, [1] también pueden ser utilizados para el proceso de registro [3]. Una de las limitaciones de estos modelos recae «...sobre la habilidad de representar variaciones de una forma compleja, especialmente cuando el número de muestras de entrenamiento es mucho más pequeño que las dimensiones del modelo de forma...» (Jiménez, 2018, p. 6). Ya que estos proveen un sub-espacio de formas que puede ser insuficiente para representar las variaciones de la forma [1] [3] [7].

Planos de relación sobre Punto [2, 4]: Con el fin de extraer información estadística de muchas variaciones de una forma objetivo, estas variaciones deben de ser correspondidas, es decir, que por cada punto de referencia en el objeto se debe encontrar el correspondiente punto en todos los ejemplos de entrenamiento. Lo anterior es conocido como el problema de registro, el cual es generalmente formulado de una manera genérica como un problema de optimización [2]. Este problema de registro generalmente se aborda contemplando un modelo deformable que permanece constante sobre todo el dominio del objeto, lo cual no permite efectuar un buen registro en áreas con ruido [4].

Planos de relación sobre Punto [3, 5, 9]: la recuperación de forma no rígida puede ser formulada como un problema de ajuste entre una función de mapeo, un modelo objetivo y algunas observaciones [3]. Generalmente este problema es difícil de resolver, ya que no hay un modelo explícito de deformaciones disponible, por ello a menudo se utilizan una aproximación variacional, en donde las deformaciones admisibles son especificadas por un término de regularización, el cual toma la forma de un operador diferencial [9]. Sin embargo, debido a observaciones ruidosas surgen problemas de visibilidad en el modelo deformable por deformaciones libres [5] y

en consecuencia la recuperación de forma no-rígida requiere de soluciones más eficaces para rechazar emparejamientos no-homólogos [3] [9].

Planos de relación sobre Punto [6, 8]: El registro basado en marcas se asegura un emparejamiento entre las marcas de referencias dadas por el usuario y las marcas objetivo [6], generalmente para este tipo de registros existen dos clases:

La primera clase de métodos integran las marcas como una fuerte restricción ([8, 9] [8, 5] [8, 3] [8, 2]) [8].

La segunda clase no impone estrictamente restricciones de marcas, pero si las añaden como una penalización ([8, 14] [8, 13] [8, 6] [8, 8]). Esta aproximación tiene la ventaja que el problema de optimización es fácil de manejar y su integración a esquemas de registro existentes es sencilla [8].

Pero dichas clases poseen problemas, el principal problema con la primera clase es que trata las marcas y el término de regularización independientemente, aun cuando las marcas claramente proveen una información a priori sobre las deformaciones. Por ende los parámetros de regularización se tornan mutuamente dependientes, lo que hace difícil su ajuste [6] [8]. Y el problema resultante de la segunda clase es encontrar un campo de deformación sujeto a restricciones adicionales en las marcas y que tenga una perfecta interpolación de las marcas ([8, 5] [8, 3] [8, 2]), lo cual se convierte en un problema de optimización difícil de solucionar numéricamente [8].

Planos de relación sobre ideas [1, 3, 7]: La interpretación automática y recuperación de forma no-rígida en una escena visual es el núcleo de visión por computadora, y análisis de imágenes médicas. Lo cual juega un papel crítico para variedad de aplicaciones en análisis de imágenes, imágenes médicas, realidad aumentada, entretenimiento digital e interacciones humano-computador [1, 3].

Extensos esfuerzos de investigación en los dominios análisis de imágenes y visión por computadora se han enfocado en problemas relacionados al modelamiento y seguimiento de objetos deformables [3]. De ahí surgen los modelos estadísticos de forma que son ampliamente utilizados para la segmentación automática de imágenes ([7, 9] [7, 11] [7, 10] [7, 31] [7, 1] [7, 2] [7, 29]) y para la localización de marcas ([7, 32] [7, 25]) [7] [3]. La finalidad es «...lograr mediante el ajuste de una metodología probabilística a una imagen, que tenga correspondencia uno a uno entre el modelo y la imagen. La imagen entonces puede ser explicada utilizando la información de la metodología propuesta. Entre mejor sea la representación de las estructuras analizar a analizar, se hace más fácil el ajuste del modelo. Por esta razón las metodologías de forma estadísticas se han vuelto muy populares» (Jimenez Sierra, 2018, p.5-6).

Planos de relación sobre ideas [2, 4]: El análisis de imágenes médicas es un entorno donde los datos disponibles son escasos, y a menudo muy ruidosos (e.g. debido a artefactos metálicos o patologías). Una vez el modelo estadístico ha sido construido, puede ser utilizado para hacer el proceso de registro más robusto a la pérdida de datos y ruido, y por lo tanto hacer el modelo estadístico más expresivo mediante la incorporación de datos provenientes de ejemplos de baja calidad [2]. También hay métodos para el registro espacialmente variado que permiten para diferentes regularizaciones propiedades en diferentes regiones. Así, puede ser utilizado para diferenciar entre tipos de tejidos o para regularizar de manera más fuerte áreas donde los datos son ruidosos [4].

Planos de relación sobre ideas [7, 8, 9]: Modelos estadísticos de forma y modelos deformables están bien establecidos en el diagrama de funcionamiento de visión por computadora y análisis de imágenes médicas [8] [9]. Dichos modelos estadísticos de forma son ampliamente utilizados, el problema principal de estos se centra tanto en la construcción del modelo estadístico y en su aplicación en encontrar correspondencia punto a punto entre una referencia y una imagen dada, tal que la nueva imagen se pueda explicar en términos de la referencia [7] [8] [9].

Planos de relación sobre aristas [1, 2, 3, 7]: En el área de registro de imágenes, la necesidad de incorporar el conocimiento a priori en el algoritmo de registro ha sido reconocida [1] [2] [7], por lo tanto, el concepto de modelos estadísticos deformables ha sido investigado (Rueckert *et al.* [1, 15], Gee y Bajcsy [1, 9] y las referencias que hay en ellos). Lo que se pretende es extender la flexibilidad de los modelos estadísticos deformables (SSM) combinando la matriz de covarianza aprendida en un modelo estadístico de forma con la matriz de covarianza que representa otras deformaciones sintéticas [1] [7] y además utilizarlos como factor de regularización para restringir la solución del problema del registro [2] [3]. Sin embargo, en los intentos por incorporar una matriz de covarianza que represente deformaciones sintéticas en los trabajos de Wang y Staib [1, 8] Grenander *et al.* [1, 9] se ha destacado que el método requiere que la matriz de covarianza pueda ser representada de manera completa, lo cual es solo factible para formas discretizadas «toscamente» y en algunos casos es necesario que el modelo inicial sea de rango finito [1, 11]. Adicionalmente, el prior de la apariencia en una región local podría no ser lo suficientemente robusto para direccionar el emparejamiento de los modelos de sub-formas a cualquier solución aceptable. En vez de *particionar* las formas, métodos recientes [7, 2] [7, 18] emparejan el modelo de forma global para cada punto modelo individualmente utilizando pesos locales [7].

Por otro lado con respecto a métodos de regularización están:

Thin-Plate Spline es un método de interpolación muy conocido y es ampliamente utilizado en el registro de un set de puntos, pero solo penaliza principalmente las derivadas de segundo orden [3, 21].

Las técnicas de datos embebidos, como análisis de componentes principales (PCA) [3, 2] [3, 20] [3, 22] también están asociadas como técnicas de regularización. Sin embargo, PCA requiere de un gran número de muestras de entrenamiento para obtener la capacidad suficiente de generalización [3].

Planos de relación sobre aristas [1, 4, 7]: En el ámbito de registro de imágenes se ha propuesto la combinación de *kernels* básicos para multi-escala [1, 17] [1, 18] y modelos espacialmente variables [1, 19] para el registro con el fin de hacer la regularización fuertemente dependiente de la localización [1] [4], algunas de estas regularizaciones en vez de particionar las formas [7, 2] [7, 18] emparejan el modelo de forma global para cada punto modelo individualmente utilizando pesos locales. Sin embargo, estos métodos incorporan directamente el operador de difusión espacialmente variable en el algoritmo de registro [4] y determinar el tamaño del vecindario que controla el grado de localidad es no trivial. Además, es muy sensible a la detección incorrecta de puntos vecinos [7]

EJEMPLO NRO. 25. *Segundo ejemplo de planos de relación para un proyecto.*

Adaptado de (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2016).

3.4. Ejercicios para practicar

- Pruebe al menos tres buscadores de artículos científicos escribiendo los pros y los contras que ha encontrado en relación al uso que usted pretende hacer de ellos.
- Busque una comparativa sobre gestores de referencias. Seleccione por lo menos dos que se adapten a sus necesidades; descárguelos, pruébelos y escriba sus impresiones sobre cada uno.
- Defina una temática de investigación y busque un artículo científico reciente el cual trate sobre el tema que ha decidido investigar.
- Haga una lectura rápida del título y del *abstract* o resumen del artículo científico de referencia y trate de identificar el punto del escrito escogido. Confirme su

decisión leyendo rápidamente las conclusiones y, si lo necesita, la introducción.

- Analice su artículo de referencia siguiendo los pasos descritos en este libro. Subraye el punto y las aristas que han señalado los autores.
- Busque en revistas científicas otros artículos que traten el tema, el cual ha decidido investigar y ojúelos para catalogarlos inicialmente entre imprescindibles, relevantes y poco relacionados.
- Cree su primera matriz de investigación incluyendo los epígrafes que usted considere relevantes para su problema y rellénela con los artículos categorizados en el ejercicio donde se subraya el punto y las aristas señaladas por los autores.
- Busque el punto, las aristas y la formalización de uno de los artículos que considere más importantes entre los encontrados hasta la fecha. Escríbalos en un documento.
- Resuma los métodos aplicados para la consecución del objetivo en un artículo científico de su interés.
- Encuentre los materiales utilizados en el artículo seleccionado en el ejemplo anterior.
- Compare las bases de datos utilizadas en dos artículos de temática similar y anote sus diferencias y las características más relevantes de las mismas.
- Recorra a varios buscadores de citas y, según ellos, compare el número de citas de un artículo.

- Seleccione un artículo para analizar y, tras encontrar las aristas, busque qué artículos —de otros autores— lo citan en relación a una de las aristas encontradas. También analice qué se dice sobre el artículo analizado.
- Tras analizar varios artículos sobre una temática concreta efectúe el estudio de los planos de relación. Genere un documento con los mismos en el que se citen los descriptores de los artículos estudiados y sus relaciones.

4

**CAPÍTULO
CUATRO**

Redacción de la propuesta de investigación

Una vez concluida la investigación con los artículos científicos y con otra literatura de referencia, empieza el proceso de redacción de la propuesta investigativa.

Hay conceptos que pueden parecer muy evidentes, pero que conviene recordar de forma que no se pierda de vista el objetivo perseguido. El trabajo descrito hasta el momento puede ser útil como estudio del estado actual del conocimiento para cualquier propósito en el cual este conocimiento sea necesario, como puede ser la redacción de un marco teórico o de un *paper* científico. Sin embargo, este libro se enfoca en la situación concreta en la cual lo que se necesita es presentar una propuesta de investigación que alguien, una persona o un grupo de ellas, analizará y valorará con el fin de aprobar o rechazar dicha propuesta. En esta situación es muy importante comenzar por la lectura pormenorizada de los términos de referencia de la convocatoria de proyectos, conocer los formatos de entrega de documentación, tener presente cuales de los apartados más habituales se deben completar —si existe algún ítem cuyo significado no está claro para informarse al respecto— y consultar el espacio físico del cual se dispone para cada sección.

Asimismo, es necesario recordar, en todo momento, que se estará escribiendo para una persona que no tiene ninguna idea previa sobre el proyecto propio y que, tal vez, nunca haya leído los artículos que se estudiaron. En esa dirección, la idea es que esta persona entienda y considere finalmente interesante y merecedora de aprobación —y puede que de financiación— la propuesta presentada. Dicho de otro modo, se debe vender la propuesta, hacerla completa e interesante; pero, para ello, debe ser legible y entendible. Esto lleva a que, por evidente que pueda parecer, se debe prestar atención a la redacción de forma que el

documento sea fácil de leer y transmita lo que se pretendía. Se trata de un escrito formal, evite coloquialismos y haga un uso correcto de los signos de puntuación. La ortografía es también algo a lo cual se debe prestar atención; algún error aislado no suele tener gran peso en la impresión general del proyecto. Por el contrario, un número alto de faltas de ortografía perturban al lector que las percibe y puede predisponerlo en su contra. La mayoría de los correctores ortográficos le ayudarán con lo más evidente, pero no olvide consultar un diccionario en caso de duda. Además, debe leer el proyecto completo al menos una vez por si alguna expresión o palabra necesitara corregirse.

Teniendo en cuenta todo esto, se procederá a comenzar la escritura de los diferentes apartados de la propuesta. Entre las más comunes se encuentran las siguientes:

- a) Planteamiento del problema.
- b) Formulación de la pregunta de investigación.
- c) Justificación.
- d) Estado del arte.
- e) Objetivos.
- f) Metodología.

Todas estas secciones se deberían escribir haciendo uso de la información recopilada hasta el momento con las ideas de la propuesta. Además de esto, es normal que se demande un presupuesto, un listado de recursos necesarios o un cronograma. Estas últimas son cuestiones de tipo más operativo cuya resolución dependerá de los parámetros de cada convocatoria y de la propuesta concreta presentada. De modo que su solución no se abordará en este documento.

Para tratar la redacción de cada una de las secciones mencionadas se hará uso de uno o varios de los descriptores recopilados o, más concretamente, de los planos de relación entre los descriptores encontrados. En la TABLA NRO. 5 se puede evidenciar un resumen de la utilidad de cada uno para la redacción de los mismos.

Secciones de la propuesta	Planos de relación a utilizar	Comentarios al respecto
Planteamiento del problema.	Planos de relación de aristas. Planos de relación de contexto.	Las aristas representan los vacíos de conocimiento o los límites de la investigación alcanzada hasta el momento. Son, por lo tanto, fundamentales para definir el propio problema a solucionar. El contexto aportará datos sobre la problemática desde una perspectiva más general; puede que social o económica, pero estos aspectos también hacen parte del problema.
Pregunta de investigación.	Planos de relación de aristas.	La pregunta de investigación nace del estudio anterior, ya que pretende encuadrar el problema concreto que se va a resolver.
Justificación.	Planos de relación de formalización. Planos de relación del punto. Planos de relación de contexto.	La justificación puede dividirse en tres partes: justificar la pertinencia del proyecto, su viabilidad y los impactos de la propuesta. Los planos de relación de la formalización y del punto ayudarán con la viabilidad, mostrando que se trata de un tema en el cual ya se ha trabajado y se han obtenido resultados. Esto lo hace viable. La pertinencia, por su parte, está relacionada con el contexto, ya que en este descriptor se recopila la información de carácter genérico relacionada con la propia temática.
Estado del arte.	Planos de relación de métodos y materiales.	Las metodologías aplicadas hasta el momento y los materiales utilizados supondrán aquel estado base con el cual se quiere comparar el resultado de la propuesta. En métodos y materiales se tendrá recopilada dicha información.
Objetivos.	Planos de relación de aristas.	En realidad se trata de la respuesta a la pregunta de investigación. Las aristas ayudan a delimitar el problema que se quiere resolver y, con esto en mente, desglosar objetivos para lograrlo.
Metodología.	Planos de relación de métodos y materiales.	De nuevo no se tratará de recopilar qué han hecho otros, sino de proponer una nueva vía de investigación distinta a las ya encontradas.

TABLA NRO. 5. *Relación entre los planos de relación de los distintos descriptores y las secciones más habituales en una propuesta de proyecto.*

Elaboración propia.

Esta es, por supuesto, una descripción general del uso hecho de cada descriptor, pero no significa que, para un proyecto concreto, no se pueda considerar que alguna información clasificada en algún otro plano de relación sea relevante para aquello que se pretende justificar.

El estudio de los descriptores y de sus relaciones habrá proporcionado una visión más profunda del tema de investigación incluyendo los aspectos habitualmente estudiados, sus problemas generales o cómo se suele abordar la solución de los mismos. Gracias a esta comprensión más profunda, se habrá podido esbozar lo que se quiere hacer. Más adelante, cuando se comience a redactar cada sección de la propuesta, se hará uso principalmente de los planos de relación entre descriptores de la TABLA NRO. 5. Esta tabla evidencia la vinculación de los distintos descriptores y las secciones habituales en una propuesta de proyecto.

No obstante, siempre se podrá buscar en otros descriptores. Algunas secciones, como la justificación, requerirán casi siempre de información extra, ya que, por ejemplo, la viabilidad deberá justificarse no solo en términos de lo que se va a estudiar, sino de quién lo va a hacer. Así, parte de la viabilidad se relaciona directamente con su grupo de trabajo y las capacidades de que dispongan los miembros del mismo. Evidentemente, esta información no se encontrará en los planos de relación; de modo que, para completar la justificación, deberá buscar dicha información por fuera de los documentos de su análisis de artículos.

A continuación, se presenta un estudio de cada una de las secciones mencionadas. Bajo cada epígrafe se encontrará descrito lo que se espera hallar en el mismo. Tras hacer uso de los descriptores mayormente relacionados con cada sección (ver TABLA NRO. 5), compruebe si respondió a todas las cuestiones necesarias y, en caso negativo, amplíe la información para completar los aspectos faltantes.

4.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernandez-Collado, & Baptista Lucio, (2006), plantear el problema es afinar y estructurar formalmente la idea de investigación, de hecho, formular el problema correctamente depende de cuán familiarizado esté el investigador con el tema a tratar. Muchos aspectos pueden influir en la eficacia y eficiencia con la cual se redacta un planteamiento del problema, entre estos aspectos se encuentran los siguientes:

- La complejidad de la temática.
- La existencia de antecedentes.
- El empeño del investigador.
- Las habilidades personales.

De este modo, dependiendo del tipo de temática a investigar y de las propias características del investigador, la formulación del problema puede resolverse de forma más o menos rápida o requerir de un tiempo mayor. En cualquier caso, será necesaria la comprensión detallada de la temática de investigación para poder redactar un planteamiento completo y coherente del problema.

Para redactarlo se hará uso de los planos de relación sobre las aristas que se hayan encontrado en la literatura, así como de los datos de contexto. Gracias a estos datos se podrá demostrar la existencia de un problema aún no resuelto y justificar la necesidad de trabajar en una solución.

El planteamiento del problema hace uso de las aristas y de los descriptores de contexto para demostrar la existencia de una problemática aún no resuelta en la que es interesante trabajar.

Es de anotar que tener una idea no implica estar en posición de comenzar a desarrollar una investigación; es necesario plantear el problema en términos concretos y demostrar, de forma precisa, que este es susceptible de ser desarrollado por procedimientos científicos.

La escritura del planteamiento del problema en la academia puede requerir enfrentar aspectos relacionados con:

- Carencia de conocimiento confiable acerca de la relación entre variables bajo estudio.
- Falta de información para comprobar hipótesis.
- Incongruencia entre predicciones de una teoría y los datos empíricos.
- Imposibilidad de decidir entre dos o más interpretaciones teóricas.
- Dificultad para validar indicadores para ciertas variables.
- Falta de datos.
- Falta de métodos de medición.
- Falta de corroboración de una teoría.

De las necesidades prácticas también surgen cientos de otras necesidades y requerimientos, es decir, aparecen problemas y obstáculos para el desarrollo y el progreso de la vida y de los seres humanos.

Es aquí donde se establecerá la cuestión a investigar desprendida del análisis de los artículos, especialmente de las aristas y sus correspondientes planos de relación.

Es de anotar que, el problema a investigar debe ser planteado de tal forma que, al finalizar su redacción, su solución sea concreta, alcanzable, medible, susceptible de ser validada y acotada en el tiempo.

Concreta

Dicho de otra manera, la solución debe ser lo más específica posible para poder identificar lo que se desea lograr. Preguntas muy amplias no conducen a la formulación y menos al desarrollo de una investigación; por lo tanto, se deben acotar. Se trata de pensar en que no solo debe formularse la pregunta, esta debe poder llegar a responderse y, además, dicha respuesta debe alcanzarse dentro del tiempo destinado para el proyecto. Una pregunta muy amplia dejará tantas posibilidades abiertas que, por un lado, es difícil que puedan identificarse y abordarse todas las vías de solución; y por otro, es altamente probable que, aunque se identificaran, no hubiera tiempo material para trabajar en todas ellas. Al enfocar el estudio en algo concreto será más fácil organizar los esfuerzos y conseguir completar la investigación a satisfacción.

Alcanzable.

Básicamente el proyecto debe ser realizable. Esta cuestión se avanzaba en el punto anterior. El proyecto debe plantearse de forma el equipo de investigación pueda llevarlo a cabo. Para ello, se deben considerar principalmente dos factores: disponibilidad de personal y disponibilidad de materiales, herramientas o equipos. En cuanto al personal, este debe contar con las habilidades, destrezas y conocimientos para solucionar el problema planteado. Respecto a los materiales, las herramientas y los equipos, se debe contar con la accesibilidad a ellos o con el presupuesto requerido para adquirirlos. En problemas específicos que requieran de personal especializado o equipos de alta tecnología, será importante calcular el presupuesto necesario

para compras y contrataciones, además de la propia posibilidad de adquirir dichos equipos, materiales o el número necesario de profesionales.

Medible.

El problema a resolver debe contar, en la solución formal, con métodos de medición que permitan compararlo con otros modelos. Esto se torna evidente cuando se quiere mejorar alguna metodología, ya que habrá que probar, de forma objetiva, qué aspectos de la solución aportada mejoran el estado del arte. Además, durante el estudio del estado del arte, es probable que se hayan identificado qué metodologías o parámetros de comparación se utilizan habitualmente en el área de estudio. Los profesionales de esta área serán los encargados de valorar la validez del estudio una vez realizado y, si no incluye estos métodos de medición, pueden descartarlo por falta de rigor.

Susceptible de ser validable.

Se debe contar siempre con una referencia —un *gold standard*— que permita definir cuán bueno es el producto desarrollado. Se trata de la verdad absoluta o, lo más parecido a ella, con la cual se cuenta. En un sistema de procesamiento de imágenes de baja calidad el *gold standard* podría ser la imagen original, de alta calidad e, idealmente, sin degradación.

Acotado en el tiempo.

El problema debe formularse de forma que se pueda alcanzar una solución en un periodo de tiempo predefinido. Una propuesta de solución no acotada en el tiempo corre el riesgo de tornarse inviable, puesto que no podrán asegurarse ni el personal ni los recursos necesarios para llevarla a cabo. Para estimar el tiempo necesario para un proyecto de investigación se deben considerar todos los aspectos susceptibles de retrasar la ejecución. Se podría nombrar por ejemplo la toma de datos, que puede llevar desde

unos meses a varios años; la entrega de equipos, sobre todo si se trata de aquellos muy especializados o para entrega en zonas remotas o, incluso, el propio procesamiento de la información. Incluso, se puede encontrar la situación inversa, en la que el problema planteado requeriría de un tiempo finito, pero, aun así, superior al disponible. Estas situaciones son muy comunes, ya que a menudo el desarrollo de una idea de investigación está ligado a la financiación disponible para un proyecto, aquel que puede tener como requisito la terminación del mismo en un periodo concreto de tiempo. En este escenario deberá valorarse si merece la pena reducir los alcances buscados centrando la investigación en una parte de su idea, de forma que sea posible completar la propuesta en el tiempo disponible para ello.

En resumen, aunque el corazón del planteamiento del problema debe ser la idea de investigación que haya surgido de su estudio del estado del arte —particularmente de las aristas identificadas, ya que estas darán la idea de qué aspectos no han sido aún resueltos por la comunidad investigativa—; al exponer la propuesta de investigación no se debe olvidar que, en definitiva, va a proponer una solución a una problemática y esta debe ser viable. Por lo tanto, mientras se redacta la proposición no se debe olvidar acotar la idea de forma que la solución a la misma se vuelva manejable, esté enfocada, pueda compararse con otros estudios usando mediciones objetivas y tenga una duración limitada en el tiempo.

Finalmente, es importante recalcar que en la redacción del problema no debe estar implícita su solución. Todo, al unísono, debe contemplar una redacción que conduzca a entender que existe una problemática latente y que esta debe ser solucionada. Si la solución es evidente o incluso ya realizada en parte o en su totalidad, gracias al trabajo de algún otro grupo de investigación, la propuesta sería fácilmente rechazada, puesto que el proceso investigativo no aportaría nada al conocimiento. El investigador debe tener en cuenta que el objetivo final será la formulación de una propuesta de proyecto, la cual debe demostrar, a un ente

patrocinador, que merece la financiación solicitada y que se debería invertir en él, sea porque va a solucionar el problema o porque ve algún tipo de rentabilidad en algún producto que emergerá del mismo. Se quiere señalar que en este contexto la rentabilidad no debe entenderse únicamente como monetaria. A veces, el organismo patrocinador será una entidad sin ánimo de lucro, o cuya misión es la creación de nuevo conocimiento o la formación de investigadores. La rentabilidad en estos casos puede venir dada por la investigación en sí misma, por su desarrollo y por los productos (ponencias, artículos o desarrollos de software, entre otros) que de ella se deriven. En cualquier caso, con independencia del ente patrocinador, conviene tener presente que siempre se deberá convencer a alguien de que la idea es buena, realizable y, sobre todo, solucionará un problema o reportará un beneficio, el cual no podría obtener sin invertir en el proyecto.

En el EJEMPLO NRO. 26 se expone un posible planteamiento del problema de un proyecto. En este se puede ver que se comienza presentando las dificultades y limitaciones relacionadas con la temática de investigación y se propone una forma de solución para dichas restricciones. Se trata de resumir, para un lector externo —que además podría no ser experto en la materia—, los problemas prácticos encontrados en su temática de investigación y en las limitaciones de las soluciones propuestas hasta la fecha.

En el ejemplo dado se propone una técnica de análisis de imágenes médicas, por lo que se inicia con una explicación de la importancia y los beneficios para la comunidad médica del procesamiento de imágenes. A partir de ahí, se empieza a enfocar el problema desglosando los enfoques seguidos hasta la fecha por otros grupos de investigación e informando de las limitaciones de cada una de estas soluciones. Se trata de resumir los planos de relación explicitando cada paso del problema que se asocia a cada enfoque; esto para asegurar que queda patente, que no existe una solución completamente satisfactoria en la literatura y que, por lo tanto, la propia propuesta solucionará un problema real e identificado, pero todavía no resuelto.

Al final, se verbaliza el problema y la posible solución en forma de pregunta. Además, en el ejemplo se desglosan tanto el objetivo general de la propia propuesta completa, como una serie de objetivos específicos, los cuales se deben cumplir a lo largo del desarrollo del proyecto. Si bien estos hacen parte de una sección diferente del proyecto, se han decidido incluir pues deben conducir a resolver la pregunta de investigación que se formula en este apartado.

«Planteamiento del problema

Aspectos médicos

El uso de resonancias magnéticas (MRI) del cerebro, se ha convertido en una herramienta estándar para diagnóstico [1], seguimiento de enfermedades [2], evaluación de tratamientos [3] y monitoreo en el desarrollo del cerebro [4]. Además dichas imágenes médicas se obtienen a través de procesos no invasivos, sin dolor, precisos y contiene un buen contraste entre tejidos [5]. La segmentación de estructuras cerebrales es un problema fundamental en análisis de imágenes biomédicas, lo cual se refiere al proceso de asignar etiquetas sobre la imagen, con un significado biológico para cada pixel o voxel. Por lo tanto, pixeles o voxeles con la misma etiqueta comparten ciertas características o pertenecen a la misma región del cerebro [5]. Este proceso de segmentación en la práctica por los especialistas se hace de manera manual, sin embargo son poco reproducibles, es una tarea que consume demasiado tiempo (debido a la cantidad de imágenes a analizar), desgasta la capacidad visual del especialista [6]. Por ende, surge la necesidad de métodos que permitan dar apoyo a los especialistas en tareas de segmentación.

Uno de los retos más conocidos en el estado del arte es la segmentación de tumores en el cerebro, los cuales se deben al crecimiento innatural de células, produciendo masas que van dañando los tejidos cerebrales [7]. Se caracterizan por ser estructuras altamente no lineales ya que varían en forma, volumen y ubicación en el cerebro lo cual dificulta la tarea de segmentarlos [8]. Dada la necesidad de encontrar con precisión el área donde se

ubica el tumor cerebral, varios métodos basados en intensidades han sido propuestos: [9] Taheri et al. presenta una aproximación basada en umbrales llamada TLS, [10] Ali et al. propone una mejora en la definición del umbral, [11] Vijayarangan incorpora el uso de umbrales por histogramas [12] Anandgaonkar y Sable proponen un método basado en clustering adaptativo [13] Sujun et al. propone el uso de umbrales con información extraída de análisis morfológicos.

Formulación del problema de investigación

La interpretación automática y análisis de objetos en una imagen es el núcleo de visión por computadora y análisis de imágenes médicas. Una aproximación popular es el análisis por síntesis [14], el cual afirma que con el fin de poder explicar una imagen, se necesita ser capaz de sintetizar su contenido. Esto se puede lograr mediante el ajuste de una metodología probabilística a una imagen, que tenga correspondencia uno a uno entre el modelo y la imagen. La imagen entonces puede ser explicada utilizando la información de la metodología propuesta. Entre mejor sea la representación por el modelo de las estructuras a analizar, se hace más fácil el ajuste del modelo. Por esta razón las metodologías de forma estadísticas se han vuelto muy populares. Los ejemplos más importantes de los modelos estadísticos de forma son los modelos de forma activa [15] y los modelos deformables [16]. Pero pese a los grandes aportes de los modelos deformables en 3D, estos siguen presentando problemas sobre la habilidad de representar variaciones de una forma compleja, especialmente cuando el número de muestras de entrenamiento es mucho más pequeño que las dimensiones del modelo de forma, ya que estos proveen un sub-espacio que puede ser insuficiente para generar un modelo flexible y específico [17, 18]. Lo anterior se debe a que estos modelos utilizan técnicas de datos embebidos, como lo es el análisis de componentes principales (PCA) [19-21] que también está asociado como técnica de regularización, sin embargo PCA requiere de un gran número de muestras de entrenamiento para obtener la capacidad suficiente de generalización. Además esta técnica de reducción de dimensión (PCA) no contempla el ruido

en los datos, lo cual conlleva variaciones atípicas del modelo deformable [17]. Sin embargo se han realizado intentos por incorporar una matriz de covarianza que represente deformaciones sintéticas con la finalidad de suplir la carencia de datos [22, 23], pero se ha destacado que el método requiere de una matriz de covarianza que pueda ser representada de manera completa, lo cual es sólo factible para formas discretas y en algunos casos es necesario que el modelo inicial sea de rango finito [24] [...] Debido a que se necesita de un método que permita a los médicos especialistas en neurocirugía analizar estructuras cerebrales correspondientes en diferentes pacientes o la evolución de una estructura cerebral a través del tiempo [27]. [...] [El problema de investigación debe resolver la siguiente pregunta:] ¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelo probabilísticos de variables latentes para la segmentación de estructuras cerebrales relacionadas con tumores?» (Jiménez, 2018, p. 5-6).

«Objetivo general

Desarrollar una metodología probabilística [de variable latente] basada en procesos Gaussianos para codificar patrones volumétricos relevantes sobre imágenes médicas, en tareas de segmentación de estructuras cerebrales ante condiciones de ruido y no linealidad de datos» (Jiménez, 2018, p. 15).

Objetivos específicos

1. Desarrollar un modelo de representación deformable basado en procesos Gaussianos con el fin de codificar la variabilidad de estructuras cerebrales ante condiciones de entrenamiento con poca cantidad de muestras.
2. Desarrollar una estrategia de sintonización automática de la función de covarianza del proceso Gaussiano empleado en el modelo de representación deformable, con el fin de mejorar el rendimiento de la segmentación

3. Desarrollar una estrategia de emparejamiento del modelo deformable basado en procesos Gaussianos, el cual permita realizar el ajuste de una imagen médica dada con el fin de segmentar el volumen de las estructuras cerebrales.

EJEMPLO NRO. 26. *Posible planteamiento del problema para un proyecto de investigación para la segmentación de estructuras cerebrales en imágenes médicas.*

Adaptado de (Jiménez Sierra 2018).

4.2. Pregunta de investigación

Un apartado aparte merece la redacción de la pregunta de investigación. Ya que esta resume el propósito último de su trabajo e identifica el problema y los métodos utilizados para resolverlo.

*La **pregunta de investigación** es el culmen del planteamiento del problema; en ella se resume el hueco de investigación encontrado y la propuesta de solución. Al igual que el planteamiento del problema, se desarrolla a partir de las **aristas** encontradas.*

Como se evidenció en el EJEMPLO NRO. 26, tras la presentación del contexto investigativo se llega a un punto en el cual queda patente que existe, en definitiva, un hueco de investigación sobre el cual trabajar. Se debe entonces formular la pregunta de investigación que, en el EJEMPLO NRO. 26, se ha subrayado, la cual debe resumir la idea investigativa y ser lo suficientemente concreta para que el trabajo propuesto consiga responderla. Nótese que la resolución de dicha pregunta debe ser posible únicamente tras realizar su investigación, si esta tiene una respuesta antes de realizar su trabajo, entonces ¿para qué realizarlo?

No se trata de formular preguntas demasiado extensas, las cuales lo que hacen es confundir más que aclarar el problema a resolver; pero tampoco debe caerse en el error de considerar que, dada la explicación previa, no es necesario alargarse demasiado en la formulación de la pregunta. Una buena pregunta

de investigación debe resumir el objetivo buscado y acotar los métodos que se van a utilizar para lograrlo. Como ya se comentó, un proceso investigativo con objetivos demasiado abiertos no es deseable pues se vuelve irrealizable. De la misma forma, una pregunta demasiado abierta es susceptible de tener múltiples respuestas, muchas de las cuales no serán estudiadas en la propia investigación o, incluso peor, pueden haber sido resueltas dando la impresión de que no se va a aportar nada nuevo. Deben, por lo tanto, evitarse las preguntas de respuesta más amplia que los objetivos del trabajo o cuya respuesta pueda deducirse de la propia formulación del problema.

Algunas preguntas demasiado abiertas podrían ser las de la TABLA NRO. 6:

Pregunta	Posibles problemas
«¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelos probabilísticos de variables latentes para la segmentación de estructuras cerebrales relacionadas con tumores?» (Jimenez Sierra, 2018, p.6)	(Pregunta original)
¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D?	No se especifica dominio de aplicación, tampoco ningún detalle de la metodología a seguir; la respuesta puede ser tan amplia como se quiera. Una pregunta de este tipo induce a pensar que no se tiene clara una posible idea de solución, con lo que el proyecto es susceptible de no concluir.
¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelos probabilísticos?	En la formulación del problema se mencionan modelos de forma estadísticos como los modelos deformables. Si bien se detalla que estos tienen problemas en la representación de formas complejas, podría interpretarse que estos son una solución y la pregunta quedaría respondida en su propio planteamiento.

¿Cómo estimar la volumetría de estructuras que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelos probabilísticos de variables latentes para la segmentación de estructuras relacionadas con tumores?	La pregunta parece casi la misma que la original, pero carece de la información referente a la localización de las estructuras tumorales, en este caso el cerebro. Aunque el resto de la propuesta de investigación hable de estructuras cerebrales, resulta un error grave no incluirlo en la pregunta, ya que se pasa de delimitar el problema al cerebro a incluir cualquier tipo de tumor en cualquier localización.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TABLA NRO. 6. *Variaciones sobre una pregunta de investigación. Errores posibles.*

Adaptada de: (Jiménez Sierra, 2018, p. 6).

Al igual que deben evitarse las preguntas cuya respuesta (o aparente respuesta) se encuentre resumida en el propio planteamiento del problema, es recomendable evitar las cuestiones de respuesta demasiado cerrada o incluso binaria, o lo que es lo mismo, de tipo «sí» o «no», «verdadero» o «falso», «correcto» o «incorrecto», entre otros. Como se indicó anteriormente, el objetivo de la pregunta de investigación es ser respondida tras efectuarse el proceso investigativo y no antes. Una pregunta de respuesta tan cerrada es más fácil que sea respondida con el propio estudio del estado del arte, lo cual invalidaría la premisa de que la respuesta debe ser alcanzable solo tras realizar los experimentos.

También puede suceder que, al plantear una pregunta de respuesta afirmativa o negativa, su propia investigación no sea suficiente para poder responder completamente a dicho interrogante. Se puede poner como ejemplo una pregunta en la cual se cuestione si podría llegar a realizarse alguna tarea específica utilizando técnicas de aprendizaje de máquina. Al suponer que el resultado de la propia investigación sea negativo, la respuesta, aun así, no sería una simple negación, ya que lo máximo que se podría asegurar es que, con los métodos y técnicas particulares estudiadas no se llega a una solución positiva.

Incluso si nada de esto ocurre, aun podría darse el caso de que la respuesta a su pregunta —al ser tan cerrada— se obtenga con muchos menos experimentos de los que interesaría realizar.

Aunque los revisores en general no le penalizarán por una pregunta de este tipo, siempre y cuando sea evidente que el trabajo a realizar está suficientemente justificado, no está de más evitar la incoherencia. Puede que se desee realizar un número determinado de pruebas y variar distintos parámetros de un método de cálculo hasta encontrar el más eficiente, pero si la pregunta estaba formulada como la posibilidad de aplicar un cierto método a la resolución de un problema, la respuesta no implicaría analizar el método más eficiente, si no aplicar el general y ver si funciona. De nuevo, no es habitual que un revisor penalice la propuesta por una formulación de este tipo, ya que la lectura del documento completo debería dejar claro cuántas opciones se van a explorar y por qué; pero, si es posible, se recomienda evitar la incongruencia.

En la TABLA NRO. 7 se presentan algunas preguntas de investigación de respuesta binaria y una posible alternativa. Como se muestra, los dos primeros ejemplos son preguntas con respuesta «sí» o «no», las cuales no se encuentran inmediatamente respondidas en el estado del arte, pero que podrían restringir el rango de experimentos necesarios para responderlas. Sin embargo, el último ejemplo supone una pregunta que, tras el estudio del estado del arte, parece que podría responderse inmediatamente con una afirmación. Al no incluir ninguna restricción relativa a la bondad de los modelos y, sabiendo que ya se han hecho modelos (con mayores o menores problemas) de la conectividad cerebral durante el desarrollo de otras tareas, la respuesta más evidente es que sí se puede crear el modelo buscado (otra cuestión sería si este va a ser ajustado a la realidad, pero la pregunta no limita estos aspectos).

Pregunta binaria	Alternativa
¿Es posible estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelo[s] probabilísticos de variables latentes para la segmentación de estructuras cerebrales relacionadas con tumores?	«¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelo[s] probabilísticos de variables latentes para la segmentación de estructuras cerebrales relacionadas con tumores?» (Jiménez Sierra, 2018, p. 6).
¿Puede un sistema de apoyo al diagnóstico de cáncer de mama recuperar información histórica de otros pacientes relevante para el especialista en la etapa de diagnóstico, además de clasificar y localizar grupos de MCC, empleando técnicas de aprendizaje de máquina orientadas a la visualización?	¿Cómo diseñar un sistema de apoyo al diagnóstico de cáncer de mama que pueda recuperar información histórica de otros pacientes, relevantes para el especialista en la etapa de diagnóstico, además de clasificar y localizar grupos de MCC, empleando técnicas de aprendizaje de máquina orientadas a la visualización? (Universidad Tecnológica de Pereira <i>et al.</i> , 2018)
¿Es posible establecer un modelo que permita describir la conectividad eléctrica cerebral en función de la ejecución de tareas cognitivas en el estado de reposo y en las transiciones de conciencia bajo anestesia?	«¿Cuáles son las características de actividad eléctrica cerebral que permiten establecer un modelo de conectividad en función del estado de reposo, de las transiciones de conciencia bajo niveles de anestesia y durante la ejecución de tareas cognitivas, utilizando las técnicas de Electroencefalografía intracraneana (iEEG) con Electroencefalografía (ECoG) y Potenciales de Campo Local (LFP)?» (Universidad Tecnológica de Pereira <i>et al.</i> , 2019)

TABLA NRO. 7. *Variaciones de la pregunta de investigación, ejemplos de preguntas de respuesta binaria.*

Adaptada de (Jiménez Sierra 2018), (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2018) y (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2019).

Por último, se quiere señalar que la pregunta de investigación debe evitar los términos que supongan un juicio de valor. Términos como «bueno», «malo», «sencillo» o «complicado» introducen una variabilidad no deseada en la respuesta. Lo que es sencillo para una persona, puede resultar complicado para otra. Una solución no es simplemente buena ni mala, ni mejor ni peor que otra; sino que solventa algunos parámetros, los cuales la solución anterior dejaba sin resolver o se centra en aspectos que, para cierta aplicación o contexto de uso, son más deseables. En la TABLA NRO. 8, se presentan algunos ejemplos a modo de comparativa.

Pregunta modificada para incluir juicio de valor	Argumentación
«¿Cómo estimar la volumetría de estructuras cerebrales que permitan modelar la variación de un conjunto determinado de formas 3D mediante el uso de modelo[s] probabilísticos de variables latentes para [...] [una buena] segmentación de estructuras cerebrales relacionadas con tumores?» (Jiménez Sierra, 2018)	Una buena segmentación es un juicio de valor. ¿Cuánto error es aceptable si se busca una buena segmentación? ¿Se contabilizarán todos los errores por igual? ¿Eran malas todas las segmentaciones hechas hasta el momento?
¿Cómo diseñar un sistema sencillo de apoyo al diagnóstico de cáncer de mama que pueda recuperar información histórica de otros pacientes relevantes para el especialista en la etapa de diagnóstico, además de clasificar y localizar grupos de MCC, empleando técnicas de aprendizaje de máquina orientadas a la visualización? (Universidad Tecnológica de Pereira <i>et al.</i> , 2018)	Aquí se ha modificado el ejemplo para incluir la sencillez en la pregunta. Pero ¿qué supone un sistema sencillo? Para un ingeniero experimentado, un sistema sencillo puede ser un programa que requiere de manipular directamente las variables en el código. Para un oncólogo puede ser un sistema muy visual con botones para cada función.

TABLA NRO. 8. *Ejemplos de variaciones de la pregunta de investigación, ejemplos de preguntas con juicios de valor no deseados.* Adaptado de (Jiménez Sierra 2018) y (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2018).

4.3. Justificación

Tras describir la problemática encontrada durante el estudio de los artículos previos y al haber argumentado suficientemente la existencia del problema a investigar se debe, así mismo, argumentar la pertinencia de dicha investigación. Una

La justificación explica los motivos por los cuales la investigación propuesta es pertinente, beneficiosa, y realizable para algún ente u organismo.

justificación persigue explicar los motivos por los cuales se realiza una acción, en este caso, los motivos por los cuales se propone una investigación en particular. Se trata de una parte fundamental del proceso: vendérselo a un ente independiente. Si se tiene en cuenta que la propuesta de un proyecto de investigación es, de hecho, una mera propuesta; sin una argumentación convincente de la necesidad de llevar a cabo la propia investigación; la propuesta será probablemente rechazada. Por lo tanto, se deben argumentar

las razones por las cuales la solución al problema encontrado es necesaria y debería ser financiada por el organismo que la evalúe. En definitiva, deben describirse, en este apartado, los factores que hacen del proyecto algo necesario, pertinente y, a la par, viable; y destacar los aspectos relacionados con las líneas de interés del organismo al cual se le presenta la propuesta.

En este sentido, aspectos como los impactos de la investigación en la sociedad, en la ciencia, en la economía o en cualquier otro aspecto que los autores consideren relevante deberán mencionarse y argumentarse. Siempre priorizando aquellos elementos que tengan interés para el organismo evaluador.

Para ayudar a organizar esta sección, es útil mantener las siguientes cuestiones en la mente y tratar de responderlas:

- a) **¿Qué se va a hacer?** Un resumen de aquello que se va a desarrollar con la investigación.
- b) **¿Por qué se va a hacer?** La respuesta a esta pregunta tiene dos partes. Por un lado, se deben argumentar —basándose en lo encontrado en el análisis de las aristas y de la formalización— las razones por las cuales se cree que el tema propuesto es de interés en el contexto de la temática investigativa. Por otro lado, es recomendable mencionar las razones por las cuales llevar a cabo esta investigación y no otra distinta, es importante para el organismo evaluador.
- c) **¿Qué voy a aportar?** ¿Qué espero obtener? ¿Qué beneficios se derivarán de la investigación que puedan ser relevantes para el organismo evaluador? Es importante destacar que no se quiere decir con esto que el ente beneficiario de la culminación del proyecto deba ser directamente el ente financiador. Múltiples empresas sin ánimo de lucro, gobiernos, entidades educativas o filántropos, entre otros pueden abrir convocatorias para la presentación de proyectos. Por lo tanto, es necesario consultar qué

temáticas de investigación son las que estos organismos están interesados en financiar y presentar el proyecto allí donde encaje según los impactos que vaya a tener.

- d) **¿Cómo se va a hacer?** Al pensar en esta pregunta se debe tener presente que no se trata de contestar de forma detallada cada paso que se va a tomar en la investigación —lo que se encuadraría mejor en la sección de metodología—, sino describir el proceso general. Sin embargo, sí se deben esbozar las razones por las cuales se considera que la realización del proyecto por parte del equipo de investigación es adecuada y podrá ser llevada a buen término. En otras palabras, debería justificarse la viabilidad del proyecto, tal y como ha sido concebido, teniendo en cuenta los actores que esté previsto participen en el mismo.

En definitiva, se debe imaginar que se tiene que convencer a alguien para que invierta en el proyecto. Para ello, es imprescindible explicar por qué el proyecto es necesario y relevante, cómo encaja dentro de la convocatoria a la cual se presenta, quién se beneficiaría de él una vez terminado y por qué el equipo de investigación es el adecuado para llevar a cabo la tarea.

La justificación se compone típicamente de tres apartados.

1. La **pertinencia**: justifica la importancia de la investigación dado que existe un problema ya identificado. Se usan los planos de relación de **contexto** para su redacción.
2. La **viabilidad**: referente a la capacidad de llevar a cabo la investigación descrita. Se sirve de los planos de relación entre los **puntos y entre las formalizaciones**. También puede incluirse la **experiencia del grupo investigador** como prueba de la capacidad de llevar a cabo el proceso investigativo.

3 *Los **impactos**: beneficios derivados de la consecución de los objetivos perseguidos. Se derivarán de los motivos que llevaron a tener la primera idea y de los objetivos específicos que finalmente se definan.*

Además de esto, ciertos tipos de investigaciones también se beneficiarán de una estimación de los plazos en que dichos beneficios se harán tangentes. En proyectos muy largos, parte de los beneficios estimados pueden tener lugar antes de finalizar la investigación, lo cual es importante que quede patente en la propuesta. Igualmente, se puede mencionar que en algunos tipos de investigación, aparte de los riesgos y otros aspectos relacionados, podría ser interesante una estimación de los tiempos para que los beneficios declarados se empiecen a manifestar.

En una convocatoria estándar de proyectos se puede esperar que los apartados requeridos en la justificación al menos incluyan los siguientes: *pertinencia, viabilidad e impactos esperados.*

La pertinencia se relaciona con los motivos que pueden esgrimirse para argumentar la necesidad de llevar a cabo un proyecto. Estos pueden ser muy diversos, desde argumentar que mediante el proyecto se construirán o refutarán teorías o metodologías; hasta resolver un problema social específico, pasando por el análisis de las causas de algún fenómeno aún no estudiado, siendo el objetivo último poder modificarlo o utilizarlo en nuestro favor. Es muy probable que, desde el mismo momento en que se tuvo la primera idea, de la cual nació poco a poco el proyecto, haya considerado diversas razones por las cuales este podría ser interesante. Así mismo, el estudio de artículos previos y de otra documentación relacionada, probablemente habrá aportado una visión más amplia del problema y, sobre todo, de por qué la propuesta de investigación es necesaria. Debe redactar esta justificación dando los argumentos objetivos que haya recopilado. Para ello debe servirse de los planos de relación de los descriptores de contexto.

Por otro lado, los planos de relación entre los puntos y la formalización de los artículos estudiados serán la base principal de los argumentos a la hora de justificar la viabilidad de la propuesta, ya que el hecho de que existan otros trabajos exitosos en el área demuestra que este tipo de investigaciones son realizables. Otro aspecto interesante, en ocasiones incluido para justificar la viabilidad de un proyecto, es la experiencia del grupo investigador o los equipos de los cuales se dispone. Si dichas características suponen un elemento diferenciador es recomendable mencionarlos, pero siempre recordando que se trata de una argumentación y no de un *Curriculum Vitae*. No es necesario ahondar en múltiples detalles, solo resumir lo que se considere más relevante.

Se pueden encontrar multitud de tipos de impactos o beneficios de proyectos. Por ejemplo, prácticamente todos los planes de investigación tendrán como beneficiario común a la comunidad científica. La utilidad de la investigación para otros científicos es, casi siempre, un beneficio intrínseco de cualquier proyecto investigativo. Otros aspectos relevantes son la trascendencia en el tiempo; el aporte de nuevos algoritmos o herramientas, sean de software o de hardware, beneficios sociales, entre otros.

Además, se debe tener en consideración que los artículos que sirven de base fueron, en definitiva, escritos por científicos de carne y hueso quienes pueden considerarse expertos en su temática de investigación. Por lo tanto, no se ha de descartar acudir a otros colegas que trabajen en áreas similares, aquellos con quienes se puedan debatir las ideas principales. La justificación es la argumentación a favor del proyecto. Un debate con otros expertos puede servir de primera prueba de contacto al descubrir, gracias a una simple conversación, si hay aspectos que no se habían considerado y que deberían incluirse.

En resumidas cuentas, se debe justificar la *pertinencia* de la investigación (la importancia de la misma en términos de que exista un problema que necesite resolverse), la *viabilidad* (por

qué es previsible que los grupos de investigación puedan llevarla a cabo) y los *impactos o beneficios* que se esperan (a quién afecta y en qué sentido).

En el EJEMPLO NRO. 27, se adjunta una justificación de una propuesta de proyecto en la cual, aspectos como la pertinencia, la viabilidad y los impactos se han destacado bajo tres epígrafes diferentes. Es de anotar que los impactos pueden encontrarse un tanto resumidos en este ejemplo, ya que solo se han incluido los más específicos del proyecto propuesto. Es así porque en la convocatoria, para la cual se desarrolló esta justificación, se reservó una sección aparte únicamente para listar dichos impactos y es en dicho apartado donde se añadieron los impactos menores o más comunes, como los referentes a la comunidad investigativa.

«Pertinencia

Las Asociaciones de Profesionales de Atención Temprana en el año 2005, definen el concepto de estimulación precoz, estimulación temprana o atención temprana al conjunto de intervenciones dirigidas a la población infantil de 0 a 6 años de edad, a la familia y al entorno que lo rodea [1-15, 20-38]. Estas intervenciones deben ser individuales y planificadas por un equipo multidisciplinario que proyecten como objetivo principal dar respuesta, lo más pronto posible, a las necesidades transitorias o permanentes que presentan los niños con trastornos en su desarrollo o que tienen el riesgo de padecerlos [28, 29].

Los primeros años se caracterizan por la progresión del desarrollo infantil y, así, la adquisición de sus funciones como el control cefálico, el rolado, la sedestación, la autonomía de desplazamiento, la comunicación, el lenguaje verbal y la interacción social; es aquí cuando una serie de ejercicios encaminados al juego y la diversión despiertan la atención del niño siendo posible el manejo integral con estímulos repetitivos que desarrollarán la capacidad cerebral del niño por medio de engramas motores, por ende la estimulación provocará una adaptación más fácil al medio familiar, escolar y social [18-30].

El compromiso con los niños y niñas con alteraciones comunicativas como secuelas de Discapacidad Motriz y/o Cognitiva comienzan en el periodo prenatal, perinatal y postnatal y se pueden extender hasta la edad adulta. Los individuos afectados presentan una multiplicidad de problemas y la intervención temprana efectiva, eficiente y eficaz, implica una amplia gama de profesionales y especialistas de diferentes áreas [32, 38]. En el usuario que presenta discapacidad motora y/o cognitiva, se ven comprometidos aspectos estructurales y cognitivos desde el punto de vista anatómico y/o fisiológico; que comprometen reflejos básicos como lo son la succión, la respiración y la deglución. De aquí que existiendo incoordinación entre los mismos, generan alto riesgo de broncoaspiración, otitis a repetición, trastornos de la alimentación, disfagia, trastornos en la comunicación de tipo ecolálico y anártrico [23, 32, 35-41], entre otros.

Las patologías causantes de riesgo de discapacidad identificados en la etapa perinatal como la prematuridad extrema, retardo del crecimiento intrauterino, peso extremadamente bajo al nacer, cardiopatías, enfermedades metabólicas y la asfixia perinatal acompañado de defectos congénitos mayores son detectadas al momento del nacimiento [22-30]. Un diagnóstico precoz y una atención integral pueden facilitar el manejo integral generando ganancia de las capacidades sociales [22-30]. En Pereira durante el año 2015 nacieron 5500 niños y niñas y de estos, 165 nacieron con bajo peso al nacer (3 %) [38, 39]. Los niños con prematuridad extrema son entre 0.3 a 0.4 % de los recién nacidos y con prematuridad alcanza hasta el 8.3 % [22-30]. Los niños con anomalías congénitas mayores son el 3 % de los recién nacidos y requieren manejo para evitar la discapacidad al igual que niños con las otras patologías aquí enunciadas [34, 38]. Cuanto más tardío se dé el inicio a las posibilidades terapéuticas, el pronóstico empeorará en todos los sentidos [28, 31]. Por lo tanto, una atención a temprana edad podría disminuir las secuelas del paciente en su etapa de desarrollo.

Además, la desarticulación en la ruta de atención de los pacientes diagnosticados con asfixia perinatal en los centros hospitalarios de la ciudad, el retardo en la autorización de terapias, y la falta de un

modelo integral para la atención de estos pacientes, evidencia la necesidad de crear un programa integral para la atención de niños con este tipo de patologías entre los 0 y 6 años [22-31].

Es por esto que Comfamiliar Risaralda desde hace un año implementó un programa llamado COMSENTIDO que realiza manejo interdisciplinario con intervención de neuroestimulación durante la fase hospitalaria y posteriormente de manera ambulatoria con un apoyo a la familia y el paciente. Buscando mejorar su desarrollo infantil, fomentar una mejor adaptación al medio que los rodea, proporcionar mayores capacidades físicas e intelectuales, aumentando así las oportunidades de supervivencia y mejorando la calidad de vida del paciente con asfixia perinatal [38-41].

Las guías de Práctica Clínica sobre Encefalopatía Hipóxico-Isquémica Perinatal en el Recién Nacido, indican que el examen de resonancia magnética (MRI), a diferencia de la ecografía cerebral, ofrece una mejor visualización de las lesiones, determinando su localización, extensión y gravedad de forma más exacta y permite la detección de mielina. Por eso esta técnica de imagen constituye el patrón oro (*gold-standard*) para el estudio de la lesión cerebral en recién nacidos con asfixia perinatal [17, 18, 23, 45]. Sin embargo, el análisis de la volumetría cerebral se realiza mediante la segmentación manual de los contornos que determinan el volumen cerebral. Además, este tipo de enfoques pueden ser demandantes en términos de tiempo, y conllevan a resultados con error debido al etiquetado manual, lo cual hace que no sean reproducibles (la volumetría cerebral cambia a partir de cada paciente) [43]. Las metodologías propuestas para el modelado de estructuras cerebrales, se pueden dividir generalmente en dos grandes ramas: semiautomáticas y automáticas [44-56]. Los métodos semiautomáticos principalmente incluyen modelos de contornos activos [48-50], modelos de selección de nivel [55-60] y el reciente modelo corte-tumor (TC) [58-65]. Pero estas metodologías semiautomáticas requieren la intervención humana, lo cual conlleva a resultados pocos precisos debido a la inicialización de los parámetros de identificación de las estructuras cerebrales. Las

metodologías automáticas principalmente incluyen atlas, métodos de registro, y clasificadores supervisados [64-66].

Aunque estos métodos trabajan independientemente sin la intervención humana, conllevan a resultados insatisfactorios [48-53]. Además se resalta la carencia de métodos que permitan explotar de una mejor manera la información en 3D que contiene la MRI con el fin de realizar análisis volumétricos con medidas reales, evoluciones en el tiempo de estructuras y deformaciones [54-65]. Por lo tanto, es necesario desarrollar una metodología que permitan modelar la variabilidad de las estructuras cerebrales en una población de estudio para cuantificar rasgos intra-paciente y entre-pacientes [48, 58-66]. Este tipo de programas soportados por desarrollos tecnológicos en el área de la salud, permitirá al sistema de salud, tener herramientas automáticas que a partir del aprendizaje basado en datos, permitirá realizar el análisis automático de la volumetría cerebral.

Cabe resaltar que Comfamiliar tiene muchas fortalezas en actividades incluyentes para personas con Síndrome de Down, prematuros, con cardiopatías, con asfixia perinatal, con enfermedades metabólicas y con anomalías congénitas que unen el soporte. Sin embargo, dentro del sistema de salud y más específicamente en las instituciones prestadoras de salud, no existen áreas dedicadas al desarrollo tecnológico de metodologías basadas en aprendizaje de datos que impacten la calidad de la atención en salud. Es por esto, que es pertinente desarrollar sistemas automáticos que cuantifiquen la variabilidad de la volumetría de los pacientes estudio, con el fin de analizar los desenlaces clínicos en el crecimiento y desarrollo de los pacientes con asfixia perinatal. Finalmente, es de vital importancia desarrollar un modelo de atención integral para estimulación temprana; que apoye a las familias de pacientes con asfixia perinatal a mejorar su calidad de vida soportada por herramientas de desarrollo tecnológico.

Viabilidad

La ley 1618 DE 2013 (Febrero 27) define las personas con y/o en

situación de discapacidad: Aquellas personas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a mediano y largo plazo que, al interactuar con diversas barreras incluyendo las actitudinales, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con las demás [28-34]. El Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces establecerán los mecanismos tendientes a garantizar la investigación y la prestación de la atención terapéutica requerida integrando ayudas técnicas y tecnológicas a la población con discapacidad múltiple [24-30].

Por consiguiente el Ministerio de Salud bajo sus políticas de fomentar la SALUD MATERNA Y PERINATAL, permiten a instituciones en el campo de la salud y la investigación, acceder a apoyos y soporte para el desarrollo de modelos de atención y herramientas tecnológicas para el mejoramiento de los resultados clínicos en los diferentes tratamientos para la atención a la población con encefalopatías relacionadas con la asfixia perinatal [17-19]. Además, Comfamiliar bajo el programa de atención a la población discapacitada y atención integral a la niñez desde hace más de nueve años han generado actividades que empiezan con el recién nacido con noxas neurológicas como asfixia perinatal, prematuridad o anomalía congénita con un proceso de neuroestimulación y acompañamiento a la familia, orientado a un enfoque clínico que es acompañado de un proceso social con talleres de arte, música, hidroterapia, literatura, y acompañamiento escolar con posterior asistencia al instituto en una carrera técnica o en la universidad con una carrera universitaria y una posterior oferta de empleo con un modelo de inclusión de la familia en la sociedad.

El grupo de investigación de automática ha generado productos que contribuyen al desarrollo del conocimiento en las áreas de procesamiento de imágenes médicas y sistemas de aprendizaje automático, bajo las cuales pueden evidenciarse movilizaciones académicas, cursos de corta duración y un número considerable de productos en la línea de análisis de imágenes médicas, los cuales garantizan la viabilidad en el desarrollo de nuevas tecnológicas que, soportadas por trabajos en el estado del arte con respecto a

modelos probabilísticos de atlas cerebral, permiten evidenciar aportes al desarrollo del conocimiento en el área de sistemas automáticos para el análisis de volumetría cerebral [52-62]. A su vez, las funciones del asesor internacional del Dr. Mauricio A. Álvarez de la Universidad de Sheffield, UK, permitirán potenciar de manera positiva el impacto y la generación de nuevo conocimiento de sistemas de aprendizaje de máquina orientados a aplicaciones médicas.

Impacto

A partir de las herramientas automáticas de análisis de volumetría que permitan modelar la estructura y la forma del cerebro al utilizar técnicas de aprendizaje de máquina, se pretende contribuir en el campo académico e investigativo en el cual se desarrollen nuevas metodologías basadas en aprendizaje probabilístico, las cuales modelan, de manera robusta, las variaciones de los contornos de forma que presentan la volumetría cerebral del paciente con asfixia perinatal a quienes previamente se ha descartado una enfermedad metabólica como aminoacidopatía o acidosis metabólica, y así brindar herramientas cuantitativas de la curvatura y de la evolución del cerebro del paciente con asfixia perinatal. Es por esto que el desarrollo de este tipo de herramientas computacionales podrá apoyar en la individualización de los parámetros de neuroestimulación para la valoración del riesgo materno perinatal. Además, se pretende impactar la población objetivo con un modelo personalizado de atención al paciente con asfixia perinatal que, a partir del análisis automático de la volumetría cerebral, permite obtener resultados clínicos positivos de la fisioterapia neurológica, apoyada por herramientas tecnológicas de aprendizaje automático; y, por ende, lograr un estado máximo de crecimiento y desarrollo en niños con asfixia perinatal» (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*, 2018).

EJEMPLO NRO. 27. *Justificación de un proyecto de investigación. Pertinencia, viabilidad e impacto.*

Tomada de (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*, 2018).

4.4. Estado del arte

Un apartado adicional a completar durante el proceso de redacción de una propuesta es siempre el estado del arte. Esta sección podría llamarse, así mismo, estado de la cuestión o de la técnica, situación actual o últimos avances; siempre y cuando se esté redactando en el idioma español, ya que la expresión «estado del arte» constituye una traducción literal de la locución inglesa *state-of-the-art*, traducción censurable según la Real Academia Española (RAE) (2005)¹¹, pero que se ha decidido mantener en este documento por lo extendido de su utilización a la fecha actual.

El estado del arte es un adjetivo usado en inglés para aplicarse a un producto o desarrollo que incorpora las más modernas o avanzadas técnicas o metodologías en el momento actual (Oxford Learner's Dictionaries, s.f.)¹². La sección de la propuesta titulada estado del arte partirá de este concepto, de modo que se pensará en ella como el capítulo en el cual se incluirá la situación actual del conocimiento sobre el propio tema de investigación centrándose en aquellas metodologías más modernas y avanzadas. Se trata, por lo tanto, de un análisis de las investigaciones más recientes o innovadoras, las cuales se enfocaron en temas similares o muy relacionados con el tema a investigar.

Se desea hacer hincapié en el hecho de que se trata de las metodologías más modernas y avanzadas. Un estado del arte de un proyecto no es una revisión general de la historia sobre el desarrollo de un producto o de un ámbito de la ciencia, sino de un resumen de lo más puntero, lo más actual y, aquello que, en definitiva, resuelve el problema investigado de la manera más eficaz.

11 Tal como se recoge en el *Diccionario panhispánico de dudas* (2005): el «Estado del arte. Calco censurable del inglés *state of the art*. En español, se recomienda sustituirlo por las expresiones estado o situación actual, últimos avances o estado de la cuestión, según los casos» (Real Academia Española (RAE), 2005a).

12 Definición de la expresión inglesa *state-of-the-art* según los diccionarios Oxford Learner's: «using the most modern or advanced techniques or methods; as good as it can be at the present time».

El estado del arte incluye las más modernas o avanzadas técnicas o metodologías en el momento actual aplicadas a un problema en particular. Se utilizarán, por lo tanto, planos de relación de métodos y materiales.

En ocasiones, durante la redacción se sentirá que, para que el lector del proyecto entienda algún matiz de un desarrollo novedoso, se deben mencionar técnicas anteriores, ya establecidas, que de otra manera no se incluirían en el estado del arte. Estas técnicas, las cuales pueden suponer las bases de muchos de los estudios más novedosos sobre algún tema en particular logran mencionarse en esta sección, pero siempre de forma somera y escueta. No es necesario ahondar en explicaciones sobre dichas técnicas; ya que, atendiendo a la definición de lo que debe ser un estado del arte, no suponen el desarrollo más avanzado de la técnica; por lo tanto, no es ni necesario, ni recomendable en realidad, extenderse en su explicación.

Por otro lado, aquellas técnicas más punteras y eficaces que se hayan desarrollado en los últimos tiempos merecerán una explicación más detallada. Con ello se persigue que el revisor del propio proyecto comprenda los matices que hacen unas investigaciones diferentes de otras. Al final, el propósito será proponer una nueva vía investigativa o una técnica novedosa y, por lo tanto, es fundamental asegurarse de que se entienden las diferencias entre la propia propuesta y aquellas ya existentes que estudian la misma problemática.

En ocasiones el estudio de la literatura previa publicada llevará a descubrir que distintos autores han tratado el mismo tema de investigación con perspectivas o aproximaciones a la solución muy diferentes. La sección «Estado del arte» es un resumen de lo más actual; por tanto, deben incluirse todas las teorías o metodologías adoptadas por los distintos grupos de investigación, aunque algunas de ellas parezcan contradictorias. Es una revisión objetiva

de lo que, hasta el momento, han aportado otros investigadores al conocimiento sobre una temática o a la solución de algún problema en particular; siempre enfocada en los desarrollos más modernos o eficaces.

En ocasiones, puede se puede presentar la disyuntiva de si se debe o no incluir una explicación detallada sobre cierta técnica o si se debería, más bien, mencionarla escuetamente y solo referenciarla. Puede darse esta situación si, por ejemplo, el problema ha surgido en años recientes y las soluciones ensayadas abarcan un espectro muy amplio de caminos. Esto lleva a que la explicación de todas ellas, de forma detallada, suponga un texto largo o, incluso, tedioso para leer, sin que por ello se esté aportando una información valiosa para el contexto concreto de la propuesta de investigación. También podría encontrarse que las últimas soluciones experimentadas tienen una cantidad grande de inconvenientes. Por ejemplo, la comunidad científica podría no haberlas validado completamente, por lo cual, suele ser habitual tomar como referencia otro desarrollo más establecido y comprobado. Así, en una situación como esta, la solución pasa por pensar en qué es lo propuesto para investigar y cuáles de las técnicas encontradas en la literatura serán de utilidad para compararse, particularmente, con su proyecto. Aquellas investigaciones, incluso las más novedosas y exitosas que se centren en el tema a investigar —pero que por alguna razón no sean comparables con la propuesta— no necesitarán una explicación detallada.

En definitiva, se deben priorizar aquellas investigaciones cuyos resultados, una vez terminado el trabajo, van a servir para compararse y concluir si hubo alguna mejora respecto al estado del arte o, por el contrario, resulta mejor la propuesta existente anteriormente en la literatura.

Un esquema de la línea de pensamiento a la hora de seleccionar qué investigaciones o metodologías merecen una explicación detallada en el capítulo de estado del arte, se presenta a continuación.

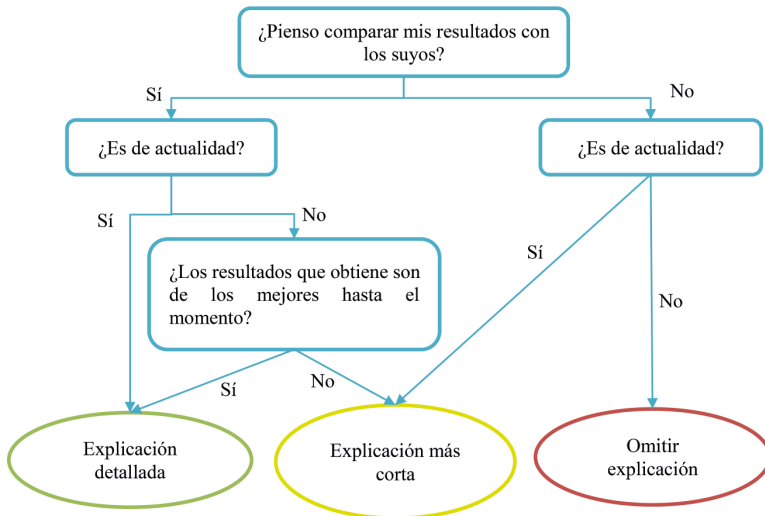


FIGURA NRO. 9. *Cómo seleccionar las metodologías de la literatura para incluir en el estado del arte.*

Elaboración propia.

En el esquema de la FIGURA NRO. 9 se incluyen tres categorías a la hora de clasificar las técnicas publicadas por otros autores: aquellas cuya explicación detallada es imprescindible, las que pueden mencionarse con alguna explicación corta y las que no deberían incluirse a menos que su mención sea necesaria para la explicación de otra técnica. Cabe mencionar que, según el propósito de la redacción, un estado del arte puede incluir explicación detallada de aquellas técnicas que, originalmente, se utilizaron para abordar la solución de algún problema en concreto; aunque estas no sean ni las últimas publicadas ni las más eficaces. Más que un estado del arte, esto sería una revisión de la bibliografía; útil para muchas disciplinas y propósitos, pero que, en el contexto de la redacción de una propuesta de investigación, no es necesario.

También se observa en la misma FIGURA NRO. 9 que hay una parte de las metodologías publicadas con las cuales podría interesar compararse que no se incluyen entre las imprescindibles, sino que se recomienda simplemente una explicación corta. Se

podría pensar que si una técnica no es ni de actualidad ni obtiene los mejores resultados, no es necesario compararse con ella y, por lo tanto, no debería incluirse ninguna mención a la misma. Esto es cierto en la mayoría de los casos, pero en ocasiones se encontrará que cierta técnica o metodología base sigue siendo usada como comparación en muchas de las publicaciones científicas; generalmente porque las demás técnicas más avanzadas tienen alguna limitación o son tan específicas para una situación concreta que no han logrado una aceptación generalizada. En estos casos se podría decidir que, para que un experto en el área comprenda y acepte la validez de la propuesta, se debe comparar igualmente con esta técnica base; quizá no tan actual, pero aún utilizada por otros autores como comparativa.

Al centrarse en los campos más técnicos, en los que la investigación suele perseguir la solución de algún problema en particular, el estado del arte será la recopilación de las metodologías seguidas por otros grupos de investigación para lograr el objetivo buscado y cuyos resultados se quieren mejorar o ampliar con el estudio. Así, esta información se encontrará en la sección de métodos y materiales, por lo cual habrá que remitirse a consultar los planos de relación sobre las metodologías aplicadas por los diferentes autores.

Las metodologías aplicadas y sus relaciones, las cuales se deben tener ordenadas en los planos de relación de métodos y materiales deberán, por lo tanto, organizarse en función de las que se consideren de importancia fundamental para la propuesta y las que pueden mencionarse o explicarse de forma corta. Si el número de metodologías recopiladas es demasiado alto, se puede crear un nuevo documento de tipo borrador en donde se ordenen estas en función de su importancia relativa con el proyecto propuesto; aunque, en general, es suficiente con comprender las distintas metodologías para hacerse un esquema mental de lo que será imprescindible explicar detalladamente y de lo que puede omitirse. Por supuesto, deberá explicar las técnicas más importantes para el trabajo y es esencial que estas se hayan

comprendido previamente. La explicación, clara y detallada, debe ser así mismo un resumen enfocado en lo importante, algo no realizable a menos que se hayan asimilado perfectamente las particularidades de la técnica que se trata de explicar.

Un ejemplo de un fragmento del estado del arte para una propuesta de proyecto se encuentra a continuación en el EJEMPLO NRO. 28.

«Para el análisis Automático de Estructuras cerebrales

El análisis de imágenes médicas en las últimas décadas ha crecido exponencialmente, ya que ha demostrado, en áreas de enfermedades de neurología, oncología o cardiología, entre otras, ser un soporte para brindar diagnósticos, analizar la evolución de pacientes y para la planeación de terapias y exámenes de seguimiento, mejorando la relación costo-eficiencia de los sistemas del cuidado de la salud [42-43]. Uno de los pilares de esta rama de investigación es la segmentación de estructuras, la cual es un proceso de asignación de marcas con un significado biológico a cada pixel o voxel de la imagen, de tal manera que cada región con la misma marca comparta ciertas características o pertenezca a una misma región anatómica.

En el campo de visión por computador pueden encontrarse gran cantidad de técnicas que han sido desarrollados para la segmentación de estructuras como lo son aproximaciones por región creciente [44], técnicas de agrupamiento [45] o cortes gráficos [46]. Todos estos métodos de segmentación han sido aplicados en medicina [45-46], sin embargo, debido a la gran cantidad de factores que pueden afectarles, tales como ruido, degradación, distorsión y movimiento, es difícil obtener un método infalible para cualquier tarea de segmentación

Metodologías bayesianas

Los métodos de segmentación probabilísticos tratan de inferir la segmentación más probable dada una imagen observada, lo cual,

acorde con la ley de Bayes, puede ser aproximado a la probabilidad de la imagen actual dada cierta segmentación, junto con la probabilidad a priori de la segmentación. Esto se puede lograr a partir de la estimación del máximo a posteriori (MAP). El prior codifica la organización espacial de las estructuras anatómicas. Existe una gran cantidad de trabajos sobre estas metodologías que difieren principalmente en la manera en que el prior y la verosimilitud son definidos, así como en el método de optimización elegido para optimizar los parámetros del modelo. Cuando se habla de estructuras cerebrales, a menudo los priors son elegidos en la forma que tienen los atlas probabilísticos, mientras que la verosimilitud es comúnmente modelada como una mezcla de Gaussianas (GMM), donde los parámetros media y varianza son estimados por el algoritmo expectation-maximization (EM). En [54, 55] el prior es una malla basada en un atlas probabilístico, donde la deformación es estimada en un esquema coordinado ascendente con el algoritmo de Levenberg-Marquardt en combinación con los parámetros de una distribución Gaussiana (EM). En [57] se propuso un método para la segmentación de todo el cerebro formando la base del conocido software FreeSurfer [56-60]. Además, se propone modelar la distribución de intensidad para cada estructura cerebral en cada ubicación como una distribución Gaussiana y los priors pueden ser dados por la información global espacial dada por el atlas y la relación espacial local entre las clases anatómicas, lo cual es aproximado por un MRF no-estacionario anisotrópico.

Metodologías basadas en modelos deformables

Las técnicas basadas en modelos deformables comienzan con un contorno inicial ubicado en la imagen, lo cual puede ser realizado de manera manual o automática. Dicho contorno será deformado iterativamente generando un nuevo contorno en cada iteración. Una de las versiones más básicas de estos modelos son los modelos de contornos activos (ASM) [58-61], donde el contorno inicial es deformado por la influencia de fuerzas internas y externas. Las

fuerzas internas relacionan las características de la superficie y pretenden mantener un contorno suavizado, mientras que las fuerzas externas están relacionadas con las características de las regiones adyacentes a la superficie y son las responsables de atraer el modelo hacia la estructura de la superficie. En [62] se propuso un modelo deformable discreto mejorado para la segmentación del hipocampo, abordando problemas de optimización de los pesos asociados a las fuerzas internas, estabilidad del contorno y extracción de características de la imagen para el cálculo de energías externas. Sin embargo este método es fuertemente dependiente de los parámetros elegidos y del polígono inicial. Zarpalas [63] propone un método con el fin de mejorar la calidad de la segmentación y detectar errores con el fin de evitar su propagación, y utiliza mezclas de diferentes ASMs, todos balanceados por una distribución de gradientes en las fronteras, lo cual intenta diferenciar las regiones que requieren de un conocimiento a priori de las regiones que pueden ser segmentadas solo por la información de escala de grises.

En [54] se propuso una representación multi-escala para la estructura haciendo uso de la transformada Wavelet. Dada la forma inicial obtenida por la fusión de etiquetas, se segmenta alternando los datos y haciendo uso de un proceso multi-escala basado en la forma, evolucionando iterativamente el contorno hasta lograr su convergencia. Otra aproximación parecida a esta es la realizada en [55], donde proponen una segmentación multi-región haciendo uso de la información multi-nivel que incluye un prior topológico e información topológica del atlas. Esta representación topológica fue embebida en la ecuación de la energía de multi-nivel y junto con el término de curvatura se restringe la evolución de la curva [55-66]» (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*, 2018).

EJEMPLO NRO. 28. *Fragmento del estado del arte de un proyecto.*
Tomado de (Caja de Compensación Familiar de Risaralda *et al.*,
2018).

4.5. Objetivos

Los objetivos de la propuesta son otra parte importante a tener en cuenta. En el EJEMPLO NRO. 26 se podía ver una estructura habitual en la que se presenta un objetivo general del proyecto y varios objetivos específicos.

*Los **objetivos** que suponen la solución del problema identificado y, por lo tanto, se derivarán de las **aristas**, se dividen en objetivo general y objetivos específicos.*

- *Objetivo general: propósito último del proyecto completo.*
 - *Objetivos específicos: son aquellos de ámbito específico cuya consecución llevará, al final del proyecto, a cumplir con el objetivo general. Se alinean con las etapas del proyecto.*
-

El objetivo general se corresponderá con el propósito último del proyecto completo, mientras que los objetivos específicos se alinearán con las distintas etapas de investigación o experimentación previstas para poder alcanzar ese objetivo general. Así, un proyecto como el del ejemplo, cuyos objetivos se destacan en el EJEMPLO NRO. 29, tiene tres objetivos específicos, los cuales serán de magnitud más limitada que el objetivo general y que se irán cumpliendo en momentos intermedios durante la duración del proyecto.

«Objetivo General

Desarrollar una metodología probabilística [de variable latente] basada en procesos Gaussianos para codificar patrones volumétricos relevantes sobre imágenes médicas, en tareas de segmentación de estructuras cerebrales ante condiciones de ruido y poca cantidad de muestras.

Objetivos específicos

1. Desarrollar un modelo de representación deformable basado en [...] procesos Gaussianos con el fin de codificar la variabilidad de estructuras cerebrales [ante condiciones de entrenamiento con poca cantidad de muestras]» (Jiménez, 2018, p. 15).
2. Desarrollar una estrategia de sintonización automática de la función de covarianza del proceso Gaussiano empleado en el modelo de representación deformable, con el fin de mejorar el rendimiento de la segmentación ante condiciones de ruido y artefactos (rotación, escala).
3. Desarrollar una estrategia de emparejamiento del modelo deformable basado en procesos Gaussianos, el cual permita realiza el ajuste de una imagen médica dada con el fin de segmentar el volumen de las estructuras cerebrales.

EJEMPLO NRO. 29. *Objetivos de un proyecto de investigación.*
Adaptado de (Jiménez 2018).

Es preciso recordar que todos los objetivos, el general y los específicos, representan aquello que se quiere alcanzar, es decir, son parte de la solución del problema; por lo tanto, deben cumplir con los requisitos pedidos a la solución propuesta en el planteamiento del problema. En la TABLA NRO. 9 se presentan las distintas características que deben cumplir los objetivos, y cómo estas se relacionan con los objetivos específicos 1, 2 y 3 del EJEMPLO NRO. 29. Puede verse, por ejemplo, que la justificación para considerar un objetivo alcanzable es la disponibilidad de materiales y personal especializado y considerar, por lo tanto, que las tareas necesarias para alcanzar el objetivo se encuentran dentro del área de experiencia y las capacidades del equipo de trabajo. También se logra evidenciar que todos los objetivos se encuentran limitados en el tiempo, ya que se les da un periodo establecido para su consecución.

Quizá se haya notado que algunos de los aspectos incluidos en la tabla no se encuentran especificados en el planteamiento del problema, pero es necesario recordar que la propuesta final de investigación incluirá un desglose de las fases del proyecto, el personal necesario y el cronograma, entre otros aspectos. Incluso, en el caso de que la proposición se encuentre todavía en un estado inicial, debe mantenerse presente que los objetivos se encuentran comprometidos con el cumplimiento de las condiciones mencionadas, puesto que, de otra forma, no se podrá justificar la propuesta cuando llegue el momento de presentarla de forma completa.

Característica	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3
Concreto	Se realizará un modelo de deformación basado en procesos gaussianos.	Se realizará de forma automática una sintonización de los parámetros a partir una función de costo.	Emparejamiento entre el modelo y una imagen médica dada.
Alcanzable	Se cuenta con el asesoramiento y la colaboración de posdoctores en el área y las máquinas para ejecutar los procesos.	Se cuenta con el asesoramiento y colaboración de posdoctores en el área y las máquinas para ejecutar los procesos.	Se cuenta con el asesoramiento y colaboración de posdoctores en el área y las máquinas para ejecutar los procesos.
Medible	Se utilizarán medidas de similitud y disimilitud.	Maximizar la verosimilitud del modelo probabilístico.	Se aplicarán el coeficiente DICE, Jaccard y similitud estructural.
Validable	Modelo clásico que utiliza PCA.	El <i>ground truth</i> es la base de datos BRATS 2015.	El <i>ground truth</i> es la base de datos BRATS 2015.
Limitado en tiempo	Doce meses.	Seis meses.	Seis meses.

TABLA NRO. 9. *Ejemplo de análisis de los objetivos.*
Adaptado de (Jiménez 2018)

Hay un aspecto importante a destacar de los objetivos específicos. Si bien no es obligatorio, existe una tendencia a relacionar cada uno de ellos con una o varias fases del proyecto y, todos ellos, deben poder evaluarse antes de pasar al siguiente objetivo. Es por ello que, no solo el objetivo general debe ser medible y validable, si no cada uno de los objetivos específicos.

En ocasiones, la validación final del sistema desarrollado hace parte de los propios objetivos específicos, normalmente al final del proyecto. Esto no debe inducir a pensar que

Los objetivos generales o específicos deben ser validables.

dicha validación solo es necesaria sobre el sistema completo desarrollado. Cada objetivo se alcanzará tras la realización de una serie de tareas y, antes de pasar a la siguiente, se debe validar el resultado obtenido. En las fases del proyecto, por lo tanto, se deberá especificar que se va a realizar dicha validación y cómo se va a proceder. Tan solo en casos puntuales, en los que el objetivo, claramente, no requiera de una metodología de validación (por ejemplo, en la recopilación inicial de datos), se podrá omitir la especificación de una forma de validación.

La validación final del sistema completo puede hacer parte de los objetivos, bien porque se quiera destacar que tras la unión de varios sistemas (previamente validados) se va a proceder a la aprobación completa o bien porque se haga referencia a una validación de naturaleza distinta a las realizadas previamente. Por ejemplo, en una investigación sobre sistemas de apoyo al diagnóstico clínico se podrán encontrar las validaciones técnicas aplicadas a cada uno de los subsistemas y al sistema completo; y, probablemente, una validación del sistema completo llevada a cabo por profesionales de la salud. Al indicar un objetivo separado con la validación final, se destacará dicha validación y, por lo tanto, se responderá a la necesidad última de que el equipo o sistema desarrollado sea útil para la comunidad médica.

4.6. Metodología

La metodología supone definir lo que se va a hacer para conseguir los objetivos declarados. En este apartado se incluyen las fases del proyecto con una descripción de las tareas que se ejecutarán y, si es necesario, un cronograma.

*La **metodología** incluye específicamente qué se va a hacer y cómo. Es la descripción de las tareas necesarias para conseguir los objetivos declarados. Para diseñar este plan de trabajo se tendrán presentes las metodologías de otros grupos de investigación recopiladas en los planos de relación de **métodos y materiales**.*

Por consiguiente, es aquí donde se especifica qué se va a hacer, qué se pretende conseguir con dicha tarea y cuánto tiempo se necesitará. El nivel de detalle alcanzado en la redacción de la metodología depende de cuánta información se considere importante incluir en el documento y del espacio disponible para ello. Al final esto será un texto escrito el cual, una persona o un grupo de personas, deberán leer y que, de ser aprobado, se deberá llevar a cabo. El equilibrio entre lo demasiado detallado y lo muy amplio dependerá del grupo evaluador. Ante la duda, la mejor política es consultar proyectos aprobados por esa misma entidad en años anteriores.

Una herramienta útil para comenzar a presentar esta sección pasa por dibujar un diagrama de flujo de las actividades más generales a realizar sin entrar en los detalles de cada tarea, sino con títulos generales que engloben las actividades a ejecutar. Esta herramienta visual puede servir de mucha ayuda a un evaluador a la hora de comprender las fases propuestas para alcanzar la consecución de los objetivos.

Más adelante, en esta misma sección, las tareas concretas deben especificarse con más detalle, pero este primer diagrama servirá para mostrar el método a seguir de forma general. Aparte de servir para organizar de forma general el trabajo, será una ayuda visual muy importante para el revisor del proyecto, puesto que contribuye en la creación de un esquema mental sobre cómo se llevarán a cabo las actividades necesarias para el logro del proyecto.

Como ya se había dicho, es común relacionar las distintas fases de la investigación con los objetivos específicos declarados. De esta forma, se facilitará la tarea del evaluador, ya que podrá identificar rápidamente qué tareas servirán para completar qué objetivos.

Aunque esta relación entre las fases del proyecto y los objetivos no es obligatoria (numerosos investigadores no la practican), resulta muy útil; dado que no se pasará por alto ninguna labor necesaria para ningún objetivo y, por ejemplo, se podrá especificar al final una fase de validación para cada uno de ellos.

Aunque ya se mencionó, se quiere recordar la necesidad de validar cada módulo desarrollado para cumplir los objetivos específicos. Aunque no es necesario incluir un objetivo de validación para cada progreso, sí es ineludible incluir una fase, dentro de dicho objetivo, para la validación del sistema desarrollado.

Un caso de un objetivo específico de un proyecto y sus fases asociadas se encuentra en el EJEMPLO NRO. 30. Como puede verse, un único objetivo específico puede tener varias actividades o fases asociadas. En este caso se han declarado tres fases donde la última es correspondiente a la validación.

«Respecto al objetivo específico uno:

Se busca desarrollar técnicas computacionales para disminuir el ruido, eliminar artefactos y mejorar el contraste de las imágenes. Se realizará una etapa de preprocesamiento con el fin de mejorar la calidad de la imagen, en la cual se busca atenuar el ruido aditivo y eliminar artefactos como las líneas, verticales y horizontales, presentes en la mayoría de las mamografías. Esta etapa se debe desarrollar procurando la preservación de los bordes de las estructuras propias de la imagen [7, 11] [...]

Fase 1: desarrollo del módulo de acondicionamiento de imágenes mamográficas teniendo en cuenta la remoción del ruido y la eliminación de los artefactos, mejorando el contraste de los registros bajo estudio. Dentro de las técnicas a explorar se incluyen en el dominio espacial los filtros de mediana, mediana adaptativa, media, Gaussiano, y Wiener [7, 48, 49, 50]. Se incluyen también en el dominio de la frecuencia los filtros basados en transformada wavelet [7, 11, 48], los cuales ayudan a mejorar el realce de las MCC, dado que estas cuentan con componentes de altas frecuencias. Además, se desarrollarán nuevas alternativas de preprocesamiento que incluyan modelos adaptativos Kernel, filtrado no lineal utilizando redes neuronales profundas y alternativas de representación no lineal para el tratamiento de ruido aditivo [57, 58, 59].

Fase 2: desarrollo del módulo de caracterización de las mamografías a partir de una subdivisión de la imagen en regiones, para la extracción y selección de descriptores locales que permitan obtener información relevante y no redundante de las MCC. Esto para representar adecuadamente grupos de MCC. Para ello, se dividirán las imágenes en regiones de donde se extraerán características que pueden ser obtenidas ya sea con el cálculo de energías de textura [13], o deducidas a partir de la matriz de coocurrencia [14]. Asimismo, se explorarán características de tipo morfológico como área, perímetro, compacidad, eje X, eje Y, elongación, media, varianza, gradiente de píxeles de contorno, gradiente de regiones de contorno y contraste de fondo [15]. Todo ello mediante el uso de estadística de las intensidades, características de forma y características de estructura lineal [16], o características extraídas mediante el uso de Wavelets [17].

Fase 3: validación estadística de las metodologías desarrolladas para el preprocesamiento de las mamografías, en términos de la relación señal a ruido y del acierto en la etapa de clasificación de los grupos de MCC categoría BI-RADS 3» (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2018)

EJEMPLO NRO. 30. *Fases asociadas a un objetivo específico de un proyecto de investigación.*

Tomado de (Universidad Tecnológica de Pereira *et al.*, 2018).

Las fases del proyecto definen, de forma práctica, qué es lo que se va a implementar y en qué orden. Si se necesita recolectar datos lo normal es que se especifique una fase para dicha recolección al principio del proyecto. Se deberá considerar si estos datos han de comprarse, si deben tomarse previa autorización escrita por parte de los sujetos del estudio, si hay varios tipos de datos o si para su toma se requiere de algún equipo de medida el cual habrá que adquirir, entre otros. Todas estas cuestiones deben tenerse en cuenta y programarlas en la metodología. Gracias a ello podremos controlar el tiempo necesario para cada fase y cuáles de ellas no pueden comenzar sin haber terminado la anterior.

El cronograma del proyecto servirá también a este respecto, ya que mostrará de forma gráfica y compacta de las etapas previstas en el proyecto y su duración. En el ejemplo de la TABLA NRO. 10 se muestra el gráfico de un cronograma hipotético en el cual se han sombreado los meses dedicados a cada actividad o fase del proyecto.

ACTIVIDAD	MES																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Fase 1	■	■	■																					
Fase 2				■	■	■	■																	
Fase 3							■	■	■	■														
Fase 4										■	■	■												
Fase 5											■	■	■											
Fase 6													■	■	■	■								
Fase 7																	■	■	■					
Fase 8																		■	■	■				
Fase 9																				■	■	■	■	
Fase 10																						■	■	■
Fase 11														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

TABLA NRO. 10. *Ejemplo de cronograma de un proyecto de investigación.*

Elaboración propia.

En este ejemplo se tiene un proyecto de duración igual a dos años. Se observa, por un lado, que las primeras fases (fase 1 y 2) son consecutivas sin ningún solapamiento. Esto puede suceder porque la fase 2 dependa completamente de la fase 1 sin cuya

finalización no puede dar comienzo. Por otro lado, se ve que ciertas actividades como la fase 7 y la 8 pueden desarrollarse de forma paralela. Finalmente, se quiere destacar que la última actividad suele corresponder con la redacción del informe del proyecto. Al ser así, es lógico que ocurra lo representado en el cronograma: dicha redacción comience con mucha antelación a la fecha de finalización del proyecto, ya que los resultados parciales y las etapas concluidas pueden y deben empezar a redactarse, para así estar seguros de que en el último momento no haya olvidos acerca de incluir alguna información o tarea intermedia que fuera importante durante el desarrollo del proyecto.

Conclusiones

Un proyecto de investigación comienza con una idea, pero esta debe desarrollarse de forma ordenada, siguiendo una metodología para asegurar que la propuesta está suficientemente justificada y argumentada. Sin seguir un procedimiento preestablecido, podría suceder que lo que se quiere probar ya haya sido estudiado, validado o, incluso peor, descartado.

La formulación de un proyecto lleva implícita, además, la idea de que haya una convocatoria de proyectos. Por consiguiente, el enfoque investigativo debe estar en sintonía con dicha convocatoria, especialmente si se solicita financiación.

En este libro se ha pretendido dotar al lector de unas pautas a la hora del estudio de la literatura previa, así como clarificar qué se espera encontrar en cada una de las secciones más habituales en los proyectos de investigación. Si bien cada convocatoria puede demandar aspectos únicos, los cuales tendrán que afrontarse con las herramientas de las cuales se disponga en cada caso; existen secciones demandadas en todas las convocatorias y es importante saber, en cada caso, qué información poner en cada una.

El análisis de los artículos previos y, sobre todo, la organización de los descriptores encontrados supondrá una ayuda fundamental tanto para verificar que la propuesta es novedosa y original, como para organizar la redacción de la propuesta de proyecto.

Referencias bibliográficas

- AGUILAR RAMÍREZ, R. (2016). *NEURODBS: Aplicativo de procesamiento de imágenes médicas para apoyar procedimientos de estimulación cerebral profunda* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/11059/7657>.
- ARIAS ODÓN, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6.a Ed.). Editorial Episteme.
- CAJA DE COMPENSACIÓN FAMILIAR DE RISARALDA, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, UNIVERSITY OF SHEFFIELD Y FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL AREANDINA. (2018). *Desarrollo de un sistema automático de análisis de volumetría cerebral para el monitoreo en la fisioterapia-neurológica en pacientes con asfixia perinatal* [Convocatoria 807-2018]. Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud.
- CANALES, F.H.; ALVARADO, E.L. y PINEDA, E. B. (1994). *Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud* (2.ª Ed.). Organización Panamericana de la Salud. <http://187.191.86.244/rceis/registro/Methodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>.
- COELHO, F. (2020). Qué es investigación. *Significados*. <https://www.significados.com/investigacion/>.
- CUELLAR FIERRO, J. F. (2015). *Desarrollo de un módulo gráfico 3D que permita al especialista identificar visualizar y manipular de manera interactiva el volumen de tejido activo (VTA) en la región del núcleo subtalámico* [proyecto de extensión,

convocatoria 706 de 2015]. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://www.utp.edu.co/vicerrectoria/investigaciones/investigaciones/DetallesProyecto/1904>.

DUARTE-GARCÍA, E. (2007). Gestores personales de bases de datos de referencias bibliográficas: características y estudio comparativo. *El profesional de la información*, 16(6), 647–656. <https://doi.org/10.3145/epi.2007.nov.12>.

FALAGAS, M. E.; PITSOUNI, E. I.; MALIETZIS, G. A. & PAPPAS, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: Strengths and Weaknesses. *The FASEB Journal*, 22(2), 338-342. <https://doi.org/10.1096/fj.07-9492lsf>.

GERIG, T.; SHAHIM, K.; REYES, M.; VETTER, T. & LÜTHI, M. (2014). Spatially Varying Registration Using Gaussian Processes. In P. GOLLAND, N. HATA, C. BARILLOT, J. HORNEGGER y R. HOWE (Eds.). *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention-MICCAI 2014. MICCAI 2014 Lecture Notes in Computer Science*, 8674, (pp. 413-420). https://doi.org/10.1007/978-3-319-10470-6_52.

GILMOUR, R. & COBUS-KUO, L. (2011). Reference Management Software: a Comparative Analysis of Four Products. *Issues in Science and Technology Librarianship*, 66. <http://www.istl.org/11-summer/refereed2.html>.

HEGOA. (2020). *Localización de citas*. http://www.hegoa.ehu.es/articles/text/localizacion_de_citas.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ-COLLADO, C. Y BAPTISTA LUCIO, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4.ª Ed.). MC Graw Hill.

- HIRSCH, J. E. (2005). An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569-16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>.
- HOLGUÍN LONDOÑO, M. (2018). *Pronóstico de vida útil remanente en rodamientos con base en la estimación de la probabilidad de la degradación* [Tesis doctoral, Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/11059/9672>.
- IHLE, M.; FELDWISCH-DRENTROP, H.; TEIXEIRA, C. A.; WITON, A.; SCHELTER, B.; TIMMER, J. & SCHULZE-BONHAGE, A. (2012). EPILEPSIAE-A European Epilepsy Database. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 106(3), 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.08.011>.
- JIMÉNEZ SIERRA, D. A. (2018). *Metodología probabilística para la segmentación de estructuras cerebrales basada en procesos Gaussianos* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/11059/9351>.
- KESHAV, S. (2007). How to Read a Paper. *Computer Communication Review*, 37(3). <https://doi.org/10.1145/1273445.1273458>.
- LE, Y. H.; KURKURE, U. & KAKADIARIS, I. A. (2013). PDM-ENLOR: Learning Ensemble of Local PDM-Based Regressions. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1878-1885. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2013.245>.
- LERMA GONZÁLEZ, H. D. (2009). *Metodología de la investigación. Propuesta, anteproyecto y proyecto* (5.^a Ed.). ECOE Ediciones. http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2048/login?user=proveedor&pass=danue0a0&url=http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2051/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=483354&lang=es&site=eds-live&ebv=EB&ppid=pp_27.

- LEVINE-CLARK, M. & GIL, E. L. (2008). A Comparative Citation Analysis of Web of Science, Scopus, and Google Scholar. *Journal of Business & Finance Librarianship*, 14(1), 32–46. <https://doi.org/10.1080/08963560802176348>.
- LI, J.; BURNHAM, J. F.; LEMLEY, T. & BRITTON, R. M. (2010). Citation Analysis: Comparison of Web of Science®, Scopus™, SciFinder®, and Google Scholar. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 7(3), 196–217. <https://doi.org/10.1080/15424065.2010.505518>.
- MERRIAM-WEBSTER DICTIONARY. (s.f.). *Voxel*. En Merriam-Webster Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/voxel>.
- OXFORD LEARNER'S DICTIONARIES. (s.f.). *State of the Art*. En Oxford Learner's Dictionaries. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/state-of-the-art>.
- PARDO, J. M.; ANGUERA, X. & WOOTERS, C. (2006). Speaker Diarization for Multi-Microphone Meetings Using Only Between-Channel Differences. In S. RENALS, S. BENGIO, J. G. FISCUS, (Eds.), *Machine Learning for Multimodal Interaction. MLMI 2006. Lecture Notes in Computer Science*, 4299, (pp. 257-264). Springer. https://doi.org/10.1007/11965152_23. RAMOS CHAGOYA, E. (2014). *Metodología de la investigación*. monografias.com. <https://www.monografias.com/trabajos102/metodologia-investigacion-procedimiento/metodologia-investigacion-procedimiento.shtml>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Contexto*. En diccionario de la lengua española. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de <https://dle.rae.es/contexto>.

- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). (s.f.). *Teléfono inteligente*. En diccionario de la lengua española. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de <https://dle.rae.es/teléfono?m=form#GkqQMnE>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). (2005a). *Alternarivas para «Estado del arte»*. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de <https://www.rae.es/dpd/arte>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). (2005b). *Parafrasear*. En diccionario de la lengua española. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de <https://dle.rae.es/parafrasear?m=form>.
- SHANNON, K. M. (2018). *Guía para leer artículos de investigación académica ¡Aprenda a abordar este laborioso proceso con un enfoque sistemático!* Towards data Science. <https://towardsdatascience.com/guide-to-reading-academic-research-papers-c69c21619de6>.
- SIGNIFICADOS. (2020). *Significado de proyecto de investigación*. <https://www.significados.com/proyecto-de-investigacion/>.
- SOTO, A. I. (2010). *Gestores de referencias y citas bibliográficas*. Universidad Tecnológica Metropolitana, Escuela de Bibliotecología. http://eprints.rclis.org/14558/1/Gestores_de_referencias_y_citas_bibliogr%C3%A1ficas.pdf.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, CAJA DE COMPENSACIÓN FAMILIAR DE RISARALDA Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2018). *Desarrollo de un sistema de apoyo al diagnóstico para la clasificación localización de biomarcadores no palpables asociados al cáncer de mama en una etapa temprana* [Convocatoria 807-2018]. Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO E INSTITUTO DE EPILEPSIA Y PARKINSON DEL EJE CAFETERO S.A. (2016). *Desarrollo de un sistema de soporte clínico basado en el procesamiento estocástico para mejorar la resolución espacial de la resonancia magnética estructural y de difusión con aplicación al procedimiento de ablación de tumores* [Convocatoria 744-2016]. Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA E INSTITUTO DE EPILEPSIA Y PARKINSON DEL EJE CAFETERO S.A. (2019). *Estudio de conectividad eléctrica cerebral empleando electroencefalografía intracraneal (iEEG) para el modelado de mecanismos neurales del cerebro en reposo y en actividad cognitiva durante transiciones de estados de consciencia* [Convocatoria 844-2019]. Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud.

VARGAS-CARDONA, H. D.; ÁLVAREZ-LÓPEZ, M. A. y OROZCO, Á. A. (2016). Estimación de la propagación eléctrica cerebral generada por la DBS en pacientes con enfermedad de Parkinson de la región sur-occidente de Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 34(1), 116-138. <https://doi.org/https://doi.org/10.14482/inde.33.2.6368>.

VARGAS CARDONA, H. D. V.; ÁLVAREZ, M. A.; DAZA, G.; GUIJARRO, E. & OROZCO, Á. (2014). Volume of Tissue Activated in Patients with Parkinson's Disease from West-Center Region of Colombia Treated with Deep Brain Stimulation. In L. M. ROA ROMERO (Ed.), *XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013* (pp. 182-185). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-00846-2>.

- VARGAS-CARDONA, H. D.; OROZCO, Á. A.; ÁLVAREZ, A. M. & ÁLVAREZ, M. A. (2019). Tensor Decomposition Processes for Interpolation of Diffusion Magnetic Resonance Imaging. *Expert Systems With Applications*, 118, 92-108. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.005>.
- YAN, J.; GUO, C. & WANG, X. (2011). A Dynamic Multi-Scale Markov Model Based Methodology for Remaining Life Prediction. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25(4), 1364-1376. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.10.018>.
- YANG, F.; ZHU, Y. M.; LUO, J. H.; ROBINI, M.; LIU, J. & CROISILLE, P. (2014). A Comparative Study of Different Level Interpolations for Improving Spatial Resolution in Diffusion Tensor Imaging. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 18(4), 1317-1327. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2014.2306937>.

La ciencia no hace más que avanzar y llevarnos a sitios nuevos e inexplorados. Pero la ciencia no avanza sola, hay que empujarla; acompañarla; trabajar días, meses, años o incluso más, hasta conseguir lo que se busca. Porque es así como todo empieza: buscando algo.

En algún momento, alguien se da cuenta de que tiene una necesidad concreta para la cual no existe solución; o simplemente se le ocurre una idea de algo nuevo que le gustaría que existiera. Esa primera chispa puede venir de cualquier fuente y en cualquier circunstancia. Muchas no pasarán de ese punto, del comentario entre amigos sobre lo útil que podría ser cierta aplicación; pero otras encontrarán en esa primera idea el nacimiento de una parte del futuro.

Así empezará un proyecto de investigación, con una idea transformada con los días en un objetivo más definido. De esta manera empezaron todos los grandes y pequeños descubrimientos. Y este proyecto no será solo una idea; será una planificación, será un estudio de lo que existe y lo que no; será tiempo y dinero invertido.

En este libro trataremos sobre el proceso a seguir para poder redactar una propuesta de proyecto de investigación. En él se darán unas pautas sobre cómo pasar de una idea indefinida a un proyecto real — susceptible de ser aprobado por un grupo de evaluadores — y con capacidad de llevarse a cabo con éxito.

Facultad de Ingenierías
Colección Trabajos de Investigación

eISBN: 978-958-722-463-4

ISBN: 978-958-722-464-1

