



ESTRUCTURA DE UNA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA

Elaborado por:

Dr. Jairo Humberto Torres Acosta

Dr. Elvis Eduardo Gaona García

Dr. Víctor Hugo Medina García

La metodología de Investigación en Ingeniería tiene una estructura propia, además de la que se utiliza para plasmar sus diseños y desarrollos, pues existen diferencias fundamentales con la metodología utilizada en las demás áreas del conocimiento. En relación con la investigación en ciencias se comparten similitudes, no obstante, las ciencias de ingeniería requieren una metodología específica, pues esta fundamenta sus procesos en modelos estructurales que se generan a partir de ciclos de investigación y de diseño ajustados con el desarrollo tecnológico y con los impactos que generan en la sociedad.

Las nuevas propuestas epistemológicas basadas en el **positivismo**¹ y **Post-positivismo**² plantean que las diferencias no son únicamente semánticas y por el contrario, se trata de diferencias con carácter filosófico y epistémico debido al amplio espectro que abarcan las problemáticas propias de la ingeniería y las posibles situaciones no resueltas que se presentan debido a su dinámica y variabilidad. Esto reafirma el convencimiento, que es necesario romper con las concepciones derivadas del positivismo lógico, donde la ingeniería es únicamente una ciencia aplicada, para migrar hacia concepciones más adecuadas, donde se reconoce que la metodología de la investigación en ingeniería debe ser considerada integradora y compleja.

1. Estructura Filosófica y Científica

Etimológicamente una propuesta tiene varios significados y se concibe como un proyecto o idea que se presenta con el objetivo de ser aceptado para realizarlo. En el mundo académico y profesional la propuesta, es el documento que describe un proyecto de investigación a ejecutar en un área de interés, dentro de una línea de investigación, que represente una contribución real al logro de los objetivos de orden institucional y científico, elaborado para solicitar su aprobación y el posible apoyo financiero requerido para su ejecución.

Más específicamente, se trata de informar a los revisores todo lo requerido para su evaluación, registrando información sobre ¿Qué se va a investigar? ¿Cómo se va a hacer y en qué tiempos? ¿Qué productos se van

¹ El “*paradigma positivista es cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico*” (Kolakowski, 1988), sustentando la investigación con el objetivo de comprobar hipótesis por medios estadísticos, o para determinar los parámetros de una variable mediante valores cuantitativos.

² Es un conjunto básico de ideas, sobre el mundo empírico, su conocimiento y su interpretación, por lo que constituye un paradigma que exige datos y teorías verificados desde la perspectiva de la observación del mundo real (Teoría General de Sistemas) adquiriendo significados coyunturales por la dinámica y variabilidad del sistema complejo.



a obtener?, así como sus formas de verificación empírica y validación estadística, con lo cual se establece que es un proyecto de investigación factible, generador de nuevo conocimiento. La redacción debe responder, con apego, a las normas del idioma como redacción y morfosintaxis, aplicando un proceso riguroso de escritura, cumpliendo con los tres principios básicos de la redacción científica: precisión, claridad y brevedad del lenguaje.

La estructura filosófica expresa tanto la disposición de las partes o componentes que forman un sistema, como el conjunto de partes vinculadas no por simple adición, sino de modo interactuante, dependiente y relacional, contemplando el conjunto de sus elementos y funciones, estructurado como un sistema abierto y dinámico debido a la posibilidad de perfectibilidad de su construcción, aclarando que su **funcionalidad**³, requiere la definición concreta de la estructura filosófica.

2. Estructura Epistémica

La **lógica epistémica**⁴ se ocupa del razonamiento sobre el conocimiento como campo de la **lógica modal**⁵; en el sentido modal, la epistemología tiene una larga tradición filosófica originada en la Grecia Antigua, mientras que la lógica epistémica es un desarrollo mucho más reciente con aplicaciones en filosofía, teoría de ciencia computacional, inteligencia artificial, economía y en ciencias técnicas y tecnológicas.

En relación con la estructura epistémica de una propuesta de investigación, se tiene que en la filosofía de la ciencia partiendo del racionalismo crítico, se desarrolla un criterio epistemológico relevante respecto a programas y proyectos específicos de investigación en ciencias (Brower, 2009). En cuanto a la **Investigación en Ingeniería**, surge un paradigma generado por la normal revolución científica, exigiendo apropiar formas particulares en sus estructuras epistémicas que, para su correcta utilización, deben tener en cuenta que la investigación en las **ciencias técnicas y tecnológicas** es de carácter **empírico y experimental**. La Ingeniería funciona integrada al desarrollo científico general, por lo cual el desarrollo del conocimiento y la investigación científica son influenciadas por paradigmas generales que han marcado su desarrollo particular y su integración con la ciencia en general.

Es necesario crear una episteme sobre ciencias de ingeniería, partiendo de la Ingeniería como conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos que permiten innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades de la sociedad. La ingeniería es ciencia pues crea y

³ Adecuación de la forma externa y de la estética de un objeto lo cual constituye un conjunto de atributos que se relacionan con la existencia de su subconjunto de funciones y sus propiedades específicas. Las funciones son aquellas que tienen como objetivo satisfacer las necesidades implícitas o explícitas. En investigación científica es un requisito sine qua non.

⁴ Es un campo de la lógica modal que se ocupa del razonamiento sobre el conocimiento.

⁵ Es un sistema formal que intenta entender el comportamiento deductivo de algún grupo de operadores modales. Los operadores modales son expresiones que califican la verdad de los juicios. Un ejemplo de estos puede ser: "**se sabe qué**", "**es necesario que**", **desde un punto de vista epistémico se sabe qué**", etcétera.



estructura permanentemente un conjunto de conocimientos aceptados como verdaderos, e igualmente es Técnica pues se desarrolla con base en procedimientos sistemáticos con objetivos predeterminados. Históricamente Ciencia y Técnica tuvieron una dicotomía, pues la técnica era considerada sin fundamentación teórica; y la Tecnología como conjunto de conocimientos científicamente ordenados, unifica estos dos conceptos, pues claramente utiliza los conocimientos científicos de la ciencia y los procedimientos de la Técnica.

3. Estructura genérica de la propuesta de investigación

Fundamentada en los antecedentes argumentales desarrollados y teniendo en cuenta que, a pesar del método científico, no se ha apropiado un modelo estructural para el desarrollo de una propuesta en ingeniería, sus particularidades, junto con los criterios filosóficos y epistémicos trazados, permiten plantear la estructura que se considera pertinente, y que se desarrolla a continuación:

3.1 Tema de investigación

Seleccionado de acuerdo con el conocimiento y experticia del investigador, definiendo un vacío de conocimiento o situación no resuelta que sea un problema científico que permita generar nuevo conocimiento.

3.2 Título de la investigación

El título es el componente más importante de cualquier documento científico y semánticamente debe brindar información clara y concisa sobre el tema, definiendo su propósito y el medio para cumplirlo. En relación con el criterio sintáctico, el título se compone de metadatos con una estructura que puede ser definida por palabras, frases u oraciones, que permiten direccionar al lector sobre el tema específico que se plantea, así como a su resultado esperado.

3.3 Estado del arte

En el ámbito de la investigación científica, hace referencia a la frontera de conocimiento o estado más reciente en un área, en términos de Investigación, desarrollo e innovación “I+D+i”, refiriéndose incluso al límite de conocimiento conocido sobre la materia. En ingeniería, igualmente se refiere, a todos aquellos desarrollos de última tecnología realizados a un producto, que han sido probados teóricamente y empíricamente como conocimiento científico, aceptados en la industria, y acogidos por diferentes fabricantes o por la sociedad.

El estado del arte es la argumentación referencial ordenada que conduce a esclarecer en forma concreta el estado de desarrollo en los dominios de conocimiento requeridos por una investigación científica, desde el conocimiento seminal hasta el que se requiera como soporte para la argumentación y desarrollo de ésta. El estado del arte está definido por leyes, teorías y enfoques que permiten a través de su marco de conocimiento o marco teórico esclarecer sus comportamientos y exponer los resultados generados, así



como los aspectos relevantes que permiten al investigador concretar el problema científico que marca el desarrollo y resultado de la investigación.

Dentro del estado arte, el Marco Teórico es el conocimiento específico mínimo necesario que se requiere para comprender el problema de investigación. Es la base teórica de referencia que en principio permite comprender la ubicación temática del problema y sus principales aspectos. Finalmente, se debe tener en cuenta que el estado del arte es un constructo de carácter permanente, dinámico y perfectible, que tendrá tantas versiones como el desarrollo de la Investigación y la dinámica de la ciencia y el conocimiento necesarios así lo requieran.

3.4 El problema de Investigación

Una vez desarrollado el perfil de la idea de investigación y se ha profundizado mediante el avance de un estado del arte inicial, se deben encontrar las condiciones que permitan plantear el problema de investigación, que consiste en el perfeccionamiento y estructuración formal de la idea desarrollada. El paso de la idea al planteamiento del problema exige un tiempo adecuado para la profundización y transversalización del conocimiento pertinente con el tema a tratar, así como la complejidad que este implique, considerando la existencia de estudios de antecedentes y su recolección, verificando los métodos y las técnicas que permitirán el análisis de los datos que se obtengan. Con base en los argumentos desplegados se debe formular el problema científico en términos concretos y explícitos, de manera que sea susceptible de ser investigado con procedimientos científicos (Sellitz, Jahoda, & Deutsch, 1965).

El problema correctamente planteado permite construir un camino que puede conducir a su solución mediante la investigación científica (Ackoff, 1974); su exactitud permitirá mayor probabilidad de llegar a la solución y producto esperado, lo cual requiere una correcta conceptualización y una construcción semántica clara, precisa y accesible, utilizando términos comprensibles, pues en la investigación se requieren la colaboración de muchas entidades, laboratorios y otros investigadores.

Los criterios para el planteamiento del problema de investigación son (Kerlinger & Lee, 1975):

- El problema debe expresar una relación entre dos o más variables.
- El problema debe estar formulado claramente teniendo en cuenta interrogantes como: ¿Cuál es el vacío de conocimiento o situación no resuelta? ¿qué efecto genera científicamente?, ¿en qué condiciones se ha observado?, ¿cuál es la probabilidad de solucionarlo a través de nuevo conocimiento?, ¿cómo se relaciona con los antecedentes y la justificación desplegados en el estado del arte?
- El planteamiento debe implicar la posibilidad de realizar una verificación empírica que como mínimo cuente con aspectos observables y medibles en la realidad mediante el diseño metodológico planteado.

3.4.1 Pregunta de investigación

Es la síntesis del problema formulado, y su delimitación inicial es la base para definir el objetivo de investigación, sobre el vacío o situación no resuelta que se va a solucionar mediante el nuevo conocimiento generado mediante la obtención de los resultados de la investigación.



3.5 Hipótesis

A partir de la obra del fisiólogo y médico francés Claude Bernard (1813-1878) (Bernard, 2005) se observan tres etapas en la investigación experimental: la observación, la hipótesis y la comprobación, a través de la cual se reconoce que la hipótesis es la bitácora que guía la generación de conocimiento científico. En este orden de ideas, un investigador está obligado a formular una o varias hipótesis, que una vez contrastadas permiten generación de conocimiento científico. Las hipótesis se plantean a partir de las preguntas diseñadas con base en el problema científico formulado.

Finalmente, de acuerdo con J. Creswell⁶ (Creswell & Creswell, 2017), se puede definir una hipótesis como una predicción que el investigador sostiene acerca de la relación entre dos o más variables, apoyada en conocimientos organizados y sistematizados.

3.6 Objetivos

Una investigación científica debe cumplir con dos condiciones, primero conllevar una exploración que permite llenar un vacío o situación no resuelta, y generar conocimiento. Los objetivos de investigación tienen características que los diferencian de otros objetivos. Algunas veces se confunde la investigación con la revisión de conceptos, de modo que, en lugar de formular objetivos de investigación, se formulan actividades relacionados con la recopilación del material bibliográfico.

El objetivo general es el logro que permite dar respuesta a la pregunta de la investigación y corroborar la hipótesis de trabajo o de investigación planteada.

3.7 Diseño Metodológico

La metodología (del griego μέθοδος de μετά μετά 'más allá, después, con', ὁδός odós 'camino' y λόγος logos 'razón, estudio'), hace referencia al camino y al conjunto de procedimientos razonables utilizados para alcanzar y verificar el objetivo que rige una investigación científica y las tareas que requieran habilidades, conocimientos en el campo de ciencias empíricas. Con frecuencia puede definirse la metodología como el estudio o elección de un método pertinente o adecuadamente aplicable a un objetivo determinado. En el diseño metodológico se debe considerar el tipo y nivel de investigación a desarrollar, el método y diseño de la investigación elegido, y las técnicas de recolección y análisis de datos a utilizar de acuerdo con el problema y la hipótesis planteados.

El diseño de Investigación como organización esquematizada para relacionar y controlar las variables de investigación tiene como objetivo asignar restricciones controladas a las observaciones de los fenómenos.

⁶ John w. Creswell. es un académico estadounidense conocido por su trabajo en la investigación de métodos mixtos. Ha escrito numerosos artículos de revistas y 27 libros sobre investigación de métodos mixtos, métodos de investigación e investigación cualitativa.



Es una herramienta de dirección para el investigador, que permite definir las etapas secuenciales para encontrar la solución del problema de investigación y la corroboración de las hipótesis. Los criterios de elección de diseños son:

- La coherencia con el tipo de problema a investigar.
- La relación con el grado de control sobre las variables relevantes del estudio.

De otra parte, un diseño metodológico experimental, (Creswell & Creswell, 2017) se fundamenta en seis actividades:

- Formulación de las Hipótesis
- Selección de las variables dependientes e independientes del problema.
- Control de las variables intervinientes
- Manipulación de las variables independientes y variables dependientes.
- Análisis de varianza producida en la variable dependiente o variable de análisis.
- Inferencia de las relaciones entre las variables independiente y dependiente.

3.8 Plan de Trabajo

En esta sección se describe el plan de trabajo con las actividades a realizar y los resultados a obtener en función de tiempo. Debe detallarse con bastante claridad los pasos a seguir en el cumplimiento de los objetivos previstos en la investigación. Debe incluirse un cronograma, que es necesario ajustar dado los periodos de tiempo señalados por el Doctorado en Ingeniería, se explicitan aquellas actividades y tareas que acometerá el investigador. El cronograma es un indicador de coherencia y articulación de la investigación y guarda estrecha relación con la metodología propuesta.

3.9 Resultados e Impactos esperados

Los resultados de la investigación y su impacto deben tener correspondencia con las siguientes categorías para que se destaquen sus posibles beneficios y utilidad:

- Generación de conocimiento
- Nuevos desarrollos tecnológicos
- Fortalecimiento de la capacidad científica
- Fortalecimiento de la capacidad institucional
- Apropiación social del conocimiento

3.10 Recursos Económicos

- Fuentes de financiamiento internas
- Fuentes de financiamiento externos
- Proyectos de Regalías u otro tipo para la Investigación



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Facultad de Ingeniería
Doctorado en Ingeniería

Doctorado
en Ingeniería

<http://doctoradoingenieria.udistrital.edu.co>

3.11 Referencias Bibliográficas

En la bibliografía se señalan las fuentes primarias y secundarias que se tienen en cuenta durante todo el proceso de investigación. La escogencia de la bibliografía no solo debe ser actualizada, sino que debe ser específica y mantener relación con la Línea de Investigación en la que se enmarca la propuesta, por esto es relevante incluir literatura de las principales revistas indexadas y libros especializados en el área.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Facultad de Ingeniería
Doctorado en Ingeniería

Doctorado
en Ingeniería

<http://doctoradoingenieria.udistrital.edu.co>

Referencias

- Ackoff, R. (1974). *Redesigning the future: A systems approach to societal problems*. New York: John Wiley & Sons.
- Bernard, C. (2005). *Introducción al estudio de la medicina experimental. Clásicos de la Ciencia y la Tecnología*. Madrid: Editorial Crítica, S. L.
- Brower, J. (2009). Claves epistemológicas para abordar la investigación. *Polis*, 24.
- Creswell, J. W., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Los Angeles: SAGE.
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2012). *Manual de investigación cualitativa*. España: Gedisa Editores.
- Kerlinger, F., & Lee, H. (1975). *Investigación del comportamiento*. México: McGraw-Hill.
- Kolakowski, L. (1988). *La filosofía positivista*. Madrid: Ediciones Catedra S.A.
- Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de Investigación. *Revista do Centro de Educacao*, 11-32.
- Selltiz, C., Jahoda, M., & Deutsch, M. (1965). *Metodos de Investigación en las relaciones Sociales*. Madrid: Ediciones Rialp S.A.