

# GUÍA PRÁCTICA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA:

*Apoyo a la formación  
de docentes y estudiantes*

## **Autores:**

Néstor Rafael Perico-Granados

Elvia Yaneth Galarza

Martha Liliana Díaz Ochoa

Heidy Madeleine Arévalo-Algarra

Néstor Rafael Perico-Martínez



**Presidente del Consejo de Fundadores**

P. Diego Jaramillo Cuartas, cjm

**Rector General Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO**

P. Harold Castilla Devoz, cjm

**Vicerrectora General Académica**

Marelen Castillo Torres

**Rector Cundinamarca**

Jairo Enrique Cortes Barrera

**Vicerrectora Académica Cundinamarca**

Carolina Tovar Torres

**Director Centro Regional Girardot**

Elvia Yaneth Galarza

**Directora General de Publicaciones**

Rocío del Pilar Montoya Chacón

**Director de Investigación Cundinamarca**

Juan Gabriel Castañeda Polanco

**Coordinadora de Publicaciones Cundinamarca**

Diana Carolina Díaz Barbosa

Guía práctica de investigación en ingeniería : apoyo a la formación de docentes y estudiantes / Néstor Rafael Perico-Granados, Elvia Yaneth Galarza, Martha Liliana Díaz Ochoa...[y otros 2.]. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO, 2020.

ISBN: 978-958-763-416-7

92p. : il.

1.Elaboración de proyectos -- Enseñanza 2.Investigación científica -- Metodología 3.Investigación y Desarrollo -- Enseñanza i.Galarza, Elvia Yaneth ii.Díaz Ochoa, Martha Liliana iii.Arévalo-Algarra, Heidy Madeleine iv.Perico-Martínez, Néstor Rafael.

CDD: 001.42 G84g BRGH Registro Catálogo UNIMINUTO No. 99595

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib99959>

### **Autores**

Néstor Rafael Perico-Granados  
Elvia Yaneth Galarza  
Martha Liliana Díaz Ochoa  
Heidy Madeleine Arévalo-Algarra  
Néstor Rafael Perico-Martínez

### **Coordinación Editorial**

Diana Carolina Díaz Barbosa

### **Corrección de estilo**

Karen Grisales Velosa

### **Diseño y diagramación**

Sandra Milena Rodríguez Ríos

ISBN: 978-958-763-416-7 (Impreso)

ISBN: 978-958-763-417-4 (Digital)

Primera edición: 2020

©Corporación Universitaria Minuto de Dios- UNIMINUTO

Calle 81B No. 72B-70 - Piso 8

Teléfono +57(1) 2916520 Ext. 6012

Bogotá, D.C. - Colombia

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Todos los capítulos publicados en este libro son seleccionados por el Comité Editorial de acuerdo con criterios establecidos. Están protegidos por el Registro de Propiedad Intelectual. Los conceptos expresados en los capítulos competen a sus autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de UNIMINUTO. Se autoriza su reproducción parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales.



# CONTENIDO

<b>Presentación</b>	<b>9</b>
<b>Introducción</b>	<b>11</b>
• Aspectos preliminares para la investigación formativa	17
• Experiencias formativas	22
<b>Capítulo 1. Construcción y estudio del problema</b>	<b>27</b>
• Tema y problema	27
• Título provisional	28
• Formulación del problema	29
• Descripción del problema	29
• Delimitación del problema	36
• Definición del problema	37
• Planteamiento del problema	38
• Antecedentes	39
• Estado del arte	42
<b>Capítulo 2. Diseño del proyecto</b>	<b>45</b>
• Justificación	45
• Objetivos	50
• Factibilidad	52
• Marco teórico	54

<b>Capítulo 3. Desarrollo del proyecto</b>	<b>57</b>
• Marco metodológico	57
• Método	58
• Metodología	59
• Administración del proyecto	60
• Presupuesto y cronograma	60
• Bibliografía	62
<b>Capítulo 4. Elementos que contribuyen a mejorar el proyecto</b>	<b>63</b>
• Anexos	63
• Temas potenciales para estudiar en proyectos en ingeniería civil	64
• Metodología propuesta para docentes	65
• Trabajo en equipo	66
• Apertura del CVLAC	67
• Acompañamiento al estudiante	68
• Otros aspectos prácticos: talleres	71
• Taller 1	71
• Taller 2	72
• Taller 3	72
• Taller 4	72
• Taller 5	73
• Importancia de los proyectos en la formación profesional	74
• Contribuyen en la formación democrática y solidaria	74
• Se fundamentan en actividades y en la reflexión	75
• Promueven la construcción de principios y valores	76
<b>A modo de conclusión</b>	<b>79</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>81</b>
• Otras fuentes consultadas	88

# • Lista de Figuras •

<b>Figura 1.</b>	Algunos Elementos para la investigación formativa	16
<b>Figura 2.</b>	Vía con material de relleno (Calle 30 e)	33
<b>Figura 3.</b>	Vía en mal estado y postes de luz en lugares inadecuados (Carrera 2e)	34
<b>Figura 4.</b>	Construcciones en zonas de cárcavas	34
<b>Figura 5.</b>	Una forma para promover la participación de la comunidad en un proyecto	36
<b>Figura 6.</b>	Unos elementos previos antes de definir la factibilidad del proyecto o de la investigación	54
<b>Figura 7.</b>	Andenes y ciclo vía, Ruta del Gobernador	77
<b>Figura 8.</b>	Mejoras de espacios deportivos y de recreación	78





# ∴ PRESENTACIÓN ∴

- ∴ El presente libro tiene como propósito facilitar a los docentes y a los estudiantes de pregrado y de posgrado de diferentes programas universitarios, especialmente de ingenierías, la construcción de un proyecto de investigación de forma práctica y muy didáctica, que los pueda llevar de la mano para elaborar su escrito. Asimismo, este texto contiene todos los elementos básicos para cumplir con dicho objetivo y se espera que los lectores lo vean como un libro de consulta permanente y que con agrado lo puedan leer, dado su lenguaje sencillo y orientado a la elaboración de los aspectos mínimos para un buen proyecto, que son necesarios en la investigación formativa.

Es, en este sentido, un libro que aporta elementos necesarios a quienes están interesados en iniciar en los pasos indispensables para construir sus proyectos, para luego adentrarse paulatinamente en las profundidades de la investigación científica. Estas páginas invitan a los lectores a iniciar en la metodología, como procedimiento, para que sigan una ruta precisa y eviten las pérdidas de tiempo en aspectos que los pueden distraer.

Igualmente, se pretende que, dado el alto volumen de información disponible en diferentes medios, los profesores y los estudiantes encuentren un camino que les permita seleccionar los datos pertinentes y llevar a cabo procesos de investigación que les ayuden a construir sus conocimientos de forma sólida. Es una forma de despertar el gusto por la investigación, con mayor razón, porque se promueve la lectura de documentos en bases de datos como Scielo, Redalyc, Dialnet, EBSCO, REDIB, entre otras, como motivación para que a su vez escriban y publiquen los resultados de sus investigaciones. En este sentido, siempre es una buena opción estudiar y potenciar las investigaciones con las herramientas que ofrecen la vigilancia tecnológica y las herramientas digitales. En términos generales, este es el alcance del texto; no pretende teorizar ni desarrollar grandes conceptos.

Se precisa que el texto se circunscribe a la investigación empírico-analítica, dado que tradicionalmente es la más utilizada por los ingenieros, en las que usualmente se hacen trabajos de campo y de laboratorio y luego con los datos y las cifras se hace el análisis que corresponde. Así se obtienen las conclusiones que de ellas se derivan. Sin embargo, es necesario establecer que existen varios maestros que están trabajando con profesionales de esta disciplina en la investigación cualitativa, especialmente en la investigación acción educativa, para promover transformaciones desde la docencia que permitan superar la sola construcción física del mundo y contribuyan en la parte misional del ingeniero para hacer de este universo un sitio mejor para vivir en lo social, político, económico y cultural. De todas maneras, con este proceso se profundiza y se construyen competencias humanas de distinta índole, con todos los actores (Perico-Granados *et al*, 2020). Entonces, es una invitación a los estudiantes y profesores para profundizar en esta línea y en las otras opciones de investigación para promover desde ahora el mundo de esta y de las siguientes generaciones. Al respecto, esperamos recibir la retroalimentación que todo escrito merece para seguir mejorando lo expuesto en esta edición.

# ∴ INTRODUCCIÓN ∴

- ∴ El ser humano tiene como una de sus características el interés por conocer su realidad circundante. Quiere averiguar el propósito de su existencia y el resultado de sus proyectos. En este sentido, desde niño tiene los elementos para incrementar la curiosidad, conocer su entorno y dar respuesta a estos y otros interrogantes. Lamentablemente, en los procesos educativos casi siempre se soslaya su fomento y cultivo, e incluso en su afán de practicar la pedagogía de la domesticación, se trata de cortar las alas a los infantes, desde los mismos procesos didácticos (Freire y Faundez, 2014). Entonces, se propone profundizar en el método de proyectos, como lo planteó Dewey (2010), para enseñar a pensar a los estudiantes, promover el desarrollo de competencias humanas y promover la construcción de una democracia fuerte.

Al respecto, la curiosidad es un elemento fundamental en la personalidad del investigador que lo lleva a cuestionar, a indagar y a adquirir los conocimientos que le permitan evolucionar y trascender. En el mismo sentido, la curiosidad es fundamental para generar los cambios de

paradigmas que han permitido los grandes saltos cuánticos, los cuales han sido conseguidos por personas que fomentan esta virtud. Ellas han planteado visiones distintas y se han atrevido a pensar de manera diferente, a investigar y a llevar esas ideas a la práctica (Covey, 2012).

Sobre este tema, se pueden citar muchos pensadores, pero se propone a los investigadores que citen al científico Niels Bohr y sus ejemplos para aprender a pensar. A este físico notable, junto a sus compañeros de clase, su profesor de física le planteó el ejercicio de averiguar la altura de un edificio con un barómetro. Pasados varios minutos Bohr no había escrito absolutamente nada, mientras sus compañeros ya tenían la respuesta. El profesor lo increpó y él expresó que tenía la respuesta y que tan solo estaba pensando el orden en que debería poner en el escrito las cerca de veinticinco que tenía previstas describir. Y continuó, en primer lugar, por diferencia de la presión de la parte más alta y la del primer piso, con la fórmula que el mismo profesor les enseñó, se obtiene la altura y que tal vez es la más sencilla y la que todos estaban esperando que dijera. En segundo lugar, con la sombra del edificio, se pone el barómetro vertical y se halla por una sencilla relación de trigonometría, con base en las sombras que proyectan. En tercer lugar, con una escalera se va subiendo con el barómetro, como si fuera un metro y con la sumatoria se encuentra la altura. En cuarto lugar, con una piola se amarra en su extremo y desde arriba se toma la medida. En quinto lugar, desde lo alto, se arroja y se toma el tiempo de caída y se halla la altura, a través de la fuerza de gravedad..., y, por último, con él se golpea la puerta del celador y se le pregunta por la altura. Sin embargo, el estudiante expresó que tenía más procesos analizados y que se los podía explicar con tiempo (Rutherford, 1908). Es preciso explicar que quien relata fue premio Nobel de química a comienzos del siglo XX.

El profesor de Bohr le preguntó, dadas sus veinticinco respuestas, todas válidas, cómo y por qué lo hacía. El notable físico le respondió que afortunadamente él tuvo un excelente profesor que le enseñó a pensar

y no a dar las respuestas que el profesor estaba esperando (Rutherford, 1908). En ese sentido, hoy se dispone de los conocimientos que desarrollaron los investigadores del pasado y quienes de alguna manera han logrado el desarrollo que se vive en la actualidad, a través de sus horas de desvelo e investigación. Entonces, es indispensable que a los estudiantes se les acompañe y se les aporten nuevos ambientes de aprendizaje, con la visualización de amplios horizontes para guiarlos en el proceso formativo con unas experiencias en investigación. De esta manera, se mejoran y se potencian las posibilidades para construir conocimiento y para que ellos aprendan a reflexionar y a pensar y para que tengan diferentes formas de resolver los problemas en la profesión y en la cotidianidad.

Existen muchas maneras para incrementar el interés con el propósito de investigar, como el estudio bibliográfico, el análisis de los conceptos y una gran profundización en el estado del arte o estado del conocimiento sobre un problema específico o del entorno de los estudiantes. Hay múltiples opciones, como las que plantea Cerda (2005) en función del nivel de los investigadores, de su interés y de las posibilidades con las que se cuenta. Al respecto, una forma para fomentar la curiosidad y la investigación es que el estudiante aprenda y construya sus conocimientos con la práctica y la experiencia combinadas con la teoría, a través de proyectos (Perico-Granados *et al.*, 2015a; Perico-Granados *et al.*, *et al.*, 2017b). Sin embargo, por las distintas ocupaciones, especialmente en procesos de aplicaciones ya existentes y poco innovadoras, tanto de docentes como de estudiantes, y por el uso excesivo de la tecnología y los aparatos electrónicos, no se observa el crecimiento significativo en la cantidad de investigadores.

En este sentido, se espera, con esta publicación, promover la investigación formativa, a través de la explicación para la formulación de proyectos de investigación, generados con base en la práctica y la experiencia, en los centros educativos y fuera de ellos, fundamentados en problemas reales, a partir del conocimiento de estos por parte de

los estudiantes y de las comunidades afectadas, que permitan plantear soluciones efectivas. Así mismo, se propone un procedimiento para desarrollar un rastreo teórico y que se armonice con la problemática del entorno, para elegir un tema del área de estudio y de interés de los discentes, con el propósito de estructurar un proyecto de investigación (Perico-Granados *et al.*, 2015a, pp. 166-174).

De igual manera, se pretende explicar la forma de elaborar un proyecto de investigación, que involucre contenidos de ingeniería y que permita aprender investigando. Estos proyectos ayudan a construir conocimientos, con base en los temas desarrollados en las clases, posibilitan que los estudiantes lo hagan de forma natural, disminuye la deserción y la mortalidad académica, la motivación se incrementa y sube de manera importante la asistencia a clase.

Para una mayor claridad, se presentan unas características de los proyectos planteadas por Kolmos (2004). La construcción del conocimiento se fundamenta en la elaboración de un problema y con este se comienza el proceso de aprendizaje. Igualmente, la construcción del conocimiento está orientada por los mismos participantes, especialmente los estudiantes. Ellos son el centro del proceso, aunque el acompañamiento lo hacen los profesores. Así mismo, la experiencia es esencial, tanto la que traen los docentes y los estudiantes, como la que llevan a cabo durante la investigación, ya que son las actividades las que proporcionan los mejores elementos para el proceso de la construcción del conocimiento.

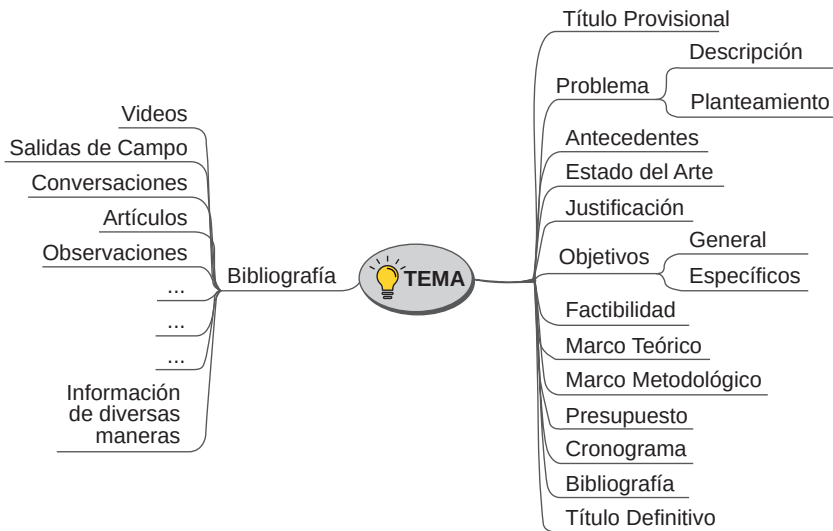
De la misma manera, la autora plantea que se construye la autonomía en un alto grado, porque con esta metodología, los problemas se resuelven tomando decisiones de forma permanente. Se desarrolla la ejemplaridad, definida como la capacidad que se adquiere con las habilidades desarrolladas en un proyecto para ejecutar otros en otras áreas diferentes. Además, existe una alta interacción entre la teoría y la práctica, aspecto que permite un incremento en la construcción del

conocimiento y se utiliza mucho el trabajo en equipo en el desarrollo de las diferentes actividades (Kolmos, 2004). Estos aspectos son los que se llevan a cabo en la construcción de un proyecto de investigación o un proyecto de ingeniería como los que se están proponiendo.

Entonces, para desarrollar de manera efectiva el propósito de describir el procedimiento, para la elaboración de un proyecto de investigación, se hace una explicación paso por paso, de los diferentes puntos que tiene un proyecto de investigación formativa, desde el título hasta los anexos. Como se trata de un texto de formación y de guía para los profesores y para los estudiantes, en lo posible se llevará a cabo de la misma forma en que se pretende que lo hagan ellos. De esta manera, en las citas y en la bibliografía se propone que se trabaje inicialmente con normas Icontec, durante el desarrollo del texto, dado que son a este nivel las más utilizadas. Sin embargo, para publicar artículos se propone que se utilicen las normas de la Asociación Americana de Psicología (APA, por sus siglas en inglés). También, existen las normas IEEE que son usadas con más frecuencia por los ingenieros de sistemas y los electrónicos.

Entre las limitantes iniciales se tiene el que solo se desarrolla la formulación del proyecto, sus componentes y la manera de estructurarlo. Luego de esta formulación puede elaborarse un documento para ver la forma en que se debe escribir el informe de investigación y su divulgación. Entonces, esta publicación contiene la manera para diferenciar un tema de un problema, la descripción de este y su planteamiento. Se propone cómo elaborar los antecedentes y el estado del arte y los principales elementos de la justificación. También está la manera en que se deben elaborar los objetivos y la factibilidad, junto con el marco teórico. Finalmente, se describe la forma de presentar el marco metodológico, el presupuesto y el cronograma de actividades junto con la bibliografía. Esta es una forma de elaborar un proyecto y está presentado de forma coherente y secuencial y a la vez permite comprender los diferentes procesos fácilmente, como se observa en la figura 1.

**Figura 1.**  
Algunos Elementos para la investigación formativa



**Fuente:** Elaboración propia.

En resumen, el propósito de la guía es facilitar a los lectores, estudiantes y docentes, la comprensión global de un proyecto de investigación, como investigación formativa, en pocas páginas, de fácil lectura y que permiten su aplicación de manera didáctica. Se toman como referencia los autores mencionados, pero se condensan en menos palabras sus propuestas, sin que falte una parte importante en la formación inicial de los investigadores.

Aspiramos, los autores, que este texto básico contribuya al fomento de la investigación en la comunidad académica, especialmente en los docentes y en los estudiantes y para que sus productos se puedan publicar en revistas de divulgación o en revistas indexadas. Igualmente se espera que el grupo de enfoque de este manuscrito pueda hacer presentaciones con ponencias nacionales e internacionales por diferentes medios, aspecto que puede motivar los procesos en su conjunto.



---

# Aspectos preliminares para la investigación formativa :

- En la segunda década del siglo XXI, la formación de los profesionales presenta varias dificultades, entre ellas está la que se genera por el desarrollo científico y tecnológico, que, aunque para la mayoría de las personas es útil en sus quehaceres, en muchas oportunidades ocasiona que los estudiantes y profesionales hagan sus labores de forma mecánica. Este aspecto sucede con frecuencia por la formación instrumental que en varios centros educativos se lleva a cabo. Así, algunos de ellos aceptan como cierto aquello que se obtiene por medio de un programa de computador y esperan que solucione los problemas técnicos y los problemas de la cotidianidad. Al respecto, para Covey (2012) y Freire y Faundez (2014), la racionalidad técnica, con criterios de formación instrumental, desplaza la formación humana, caracterizada por el análisis de lo social, político y cultural de su entorno. Entonces, para salir de la visión unidireccional que se presenta en unos profesionales, se debe profundizar en una formación que privilegie el pensamiento crítico, la autonomía, la cooperación y la colaboración y en un alto grado la solidaridad. Así, se espera que se supere la formación tradicional que tiene como fundamento la exposición continua del maestro y la memorización de contenidos.

En este sentido, este texto trata de promover la investigación formativa y sentar las bases para la posterior investigación propiamente dicha, con unos elementos para formar en el pensamiento crítico. Este es un proceso que se debe llevar a cabo durante toda la carrera, a través de una motivación continuada, con base en diferentes

didácticas y herramientas como videos, lecturas, visitas a obras, promoción de actividades con toma de muestras en terreno, elaboración de ensayos de laboratorio y de diferentes proyectos de investigación en el aula, durante los tiempos de acompañamiento del docente y en el trabajo independiente.

La investigación se aprende investigando, como lo plantea la pedagogía activa y lo expresa Dewey (2010) en *Cómo pensamos*. Es haciendo investigación como se va construyendo el conocimiento, resolviendo problemas, mediante proyectos, para lo cual los recursos que más se aconseja son las salidas de campo, el trabajo en laboratorios, análisis de resultados, la experiencia permanente y su confrontación con los conceptos de los diferentes autores. Igualmente, contribuye en el proceso la participación de los estudiantes, con la utilización de las herramientas para sacar las muestras de suelo o la toma del agua para su análisis y su posterior procesamiento en los laboratorios que corresponden en las diferentes áreas, con la previa explicación teórica del docente. Paralelamente, el maestro formula preguntas que les sirven de guía a los estudiantes, para que ellos a su vez las hagan en el proceso y así construyan mejor el conocimiento. Estos cuestionamientos contribuyen a un desarrollo más efectivo del recorrido y permiten una mayor reflexión y un mejor aprendizaje.

En este aspecto, autores como Perico-Granados *et al.* (2014a) y Hernández *et al.* (2018) proponen que el profesor, con las preguntas previas, haga que los estudiantes consulten los libros y desarrollen la visita, inquieren sobre las diferentes particularidades, investiguen y, con nuevos datos de la teoría, construyan un ensayo. De esta manera, ellos siguen conversando sobre el tema con especialistas, revisan los conceptos y llevan a cabo una contrastación con los aspectos teóricos y con base en esas reflexiones elaboran el escrito, que es una forma de poner en blanco y negro los conocimientos construidos

Esta es una forma para incrementar la curiosidad del estudiante. Al respecto, Dewey (2010) plantea que con estos proyectos se construya un elemento fundamental en el carácter del investigador, que lo lleve a indagar y a adquirir los conocimientos que le permitan evolucionar como ser humano. Él propone que con la experiencia y el conocimiento teórico es como se construye el conocimiento. Así se encuentra el caso de Cristóbal Colón, con el descubrimiento de América, quién retó la sabiduría del momento, expresada en que por el occidente no se podía llegar a las Indias y con su persistencia ante los reyes católicos construyó viabilidad a su proyecto, y así, por accidente, pero por su insistencia, curiosidad e investigación, llegó a América.

De la misma manera, Tomas Kuhn (1992) relata otros cambios de paradigma, por ejemplo, después de que Tolomeo seguía sosteniendo, en el siglo II, que el mundo era plano y que el sol giraba alrededor de la tierra, Copérnico, en el siglo XVI, con su investigación, y apoyado por Galileo Galilei, en el siglo XVII, generaron un cambio de paradigma, que para la época fue revolucionario. Siguieron otros cambios de paradigmas con las leyes de Newton, la teoría cuántica de Einstein y con la teoría de los agujeros negros de Stephen Hawking. Covey (2004) desarrolla mucho más el concepto de cambio de paradigmas y describe ejemplos de cambios drásticos y de cambios lentos, con base en la investigación formativa y en el método de proyectos. Entonces, con la orientación que puede ofrecer el método de proyectos, se pretende que ayude con la promoción de elementos para reflexionar, pensar y en lo posible cambiar paradigmas que no funcionan y que son dañinos para la sociedad y para el ambiente y plantear unos nuevos por parte de quienes lo utilicen.

De otro lado, experimentando y haciendo se construyen con más facilidad los conocimientos; es decir, volviendo a hacer lo que otros ya hicieron, pero con los medios del lugar y con la construcción teórica

recibida en los centros educativos o de forma autodidacta. Para ello se deberá asistir a las acciones prácticas, como los ensayos de laboratorio, con la previa interacción teórica con sus docentes y con la consulta de los principales conceptos de autores en lo posible reconocidos.

En este sentido, Ruiz *et al.* (2010) proponen que los docentes trabajen en la promoción de una mayor participación de los estudiantes en proyectos de investigación y en prácticas de laboratorio. Ellos plantean que los resultados han sido excelentes cuando desarrollan proyectos en estructuras, tanto en el nivel de aprendizaje como en el incremento en la asistencia a clases. Con estas experiencias los estudiantes tienen contacto con más facilidad con los conocimientos. Estos proyectos, en lo posible, deberán tener como mínimo una duración de un semestre, para obtener resultados satisfactorios, con el seguimiento y valoración periódica y progresiva del maestro y con mayor razón si se tienen pretensiones para su desarrollo científico.

En consecuencia, para cimentar la investigación, es deseable fomentar mucho más el trabajo de los discentes con semilleros y con grupos de investigación en todos los semestres. Para Perico-Granados *et al.* (2014b), una forma efectiva para armar un semillero de investigación es que el docente investigador les proponga a aquellos estudiantes que vea con interés para construir conocimiento, lecturas sobre temas que les sean útiles y que les puedan apasionar. Estos grupos pueden crecer con las experiencias en campo, en visitas a obras y en los laboratorios y con la revisión de lecturas y ensayos cortos con los que se sientan cercanos los estudiantes. Ellos pueden hacer otro tanto para elaborar sus propios conceptos, a partir del análisis de resultados que elaboren con base en los autores que consulten y que luego decanten según sus prácticas ejecutadas.

De esta manera, con la propuesta de Perico-Granados (2017), se plantea que, entre el primer semestre de la carrera y el quinto, se denominen semilleros *junior*, y del sexto al décimo, semilleros *senior*. En los semilleros *junior* se promoverá el gusto por la profesión, con lo cual se tiende a disminuir la deserción, a través de proyectos de investigación con los contenidos que acerquen a los principiantes a la ingeniería civil, a las grandes obras y a la esencia de la profesión. Al respecto, los estudiantes construyen competencias disciplinares y competencias humanas, con la guía oportuna del maestro y con el acercamiento a las lecturas apropiadas y a las experiencias inspiradoras.

De otro lado, en los semilleros *senior* se irá preparando a los estudiantes para el desarrollo de su trabajo de grado, con proyectos más precisos y elaborados. Como la investigación es una actividad de elección del estudiante, se requiere motivación del medio, comenzando por sus maestros. Estos deben crear los ambientes propicios y mostrar los escenarios y horizontes potenciales para incrementar el crecimiento humano y disciplinar. Así se profundizará en todos los temas, con autores clásicos de la profesión y con los contenidos que los profesores han establecido para su respectiva cátedra. Se trata de aprender a elaborar un proyecto de investigación, para lo cual se deberán trabajar como mínimo los elementos que se proponen en este texto, que son útiles para desarrollar y para presentar otras formas de proyectos.

## Experiencias formativas :

- Todo el tiempo, en todo momento se está produciendo el proceso formativo, para todas las personas y es mayor en función de los ambientes que se construyan para obtener el máximo rendimiento. Con más precisión, para Gadamer (2007), la formación se lleva a cabo de manera permanente en lo físico, mental, emocional e incluso en lo espiritual. Son los docentes quienes, en primer lugar, están comprometidos con buscar esos mejores ambientes de aprendizaje. En este sentido, existen muchas formas para construir el conocimiento, y entre las diferentes maneras de hacerlo, se pueden elegir los métodos por problemas y por proyectos de investigación. En este último caso, se elabora el proyecto, se desarrolla la investigación, se hace el informe y se debe, de alguna manera, promover su divulgación, que en lo posible debe hacerse a través de un artículo en revista indexada o de un libro, como producto parcial o final. Para Freire y Faundez (2014), esta es una de las formas más efectivas para que aprendan los estudiantes, en contacto con la realidad, con problemas reales y del contexto, que ellos conozcan en su barrio, vereda o municipio, porque los motiva mucho más, dado que pueden aportar a la solución real de algo que ellos están viviendo.

Al respecto, el estudiante de Ingeniería Civil tiene entre sus manos herramientas como los ensayos de laboratorio para estructuras, geotecnia, vías, pavimentos, movilidad, recursos hídricos, acueductos, alcantarillados, sostenibilidad y recuperación del ambiente, saneamiento básico, administración y gerencia, entre otros. Con las experiencias que estos procesos le suministran, puede incrementar de manera importante la interacción con los conocimientos, con sus compañeros, con otros docentes y con la realidad circundante. De esta manera se facilita

el nivel de aprendizaje en diferentes áreas desde las ciencias básicas, los espacios académicos de básicas de ingeniería, articuladas con los espacios académicos de profundización, hasta las electivas de los últimos semestres.

Como un ejemplo, cuando los estudiantes elaboran los cilindros de prueba y los rompen, aprenden elementos de ciencias básicas, como los vectores, y a la vez practican la ingeniería. De la misma manera, cuando elaboran el ensayo de proctor modificado, para determinar la compactación de una carretera, o llevan a cabo un ensayo de densidad con el cono de arena, construyen conocimiento de las ciencias básicas y de las básicas de ingeniería. Igualmente, cuando hacen el cálculo de una viga, se pueden establecer por áreas los valores del esfuerzo cortante y los del momento para saber la cuantía de los refuerzos, a partir de ensayos de laboratorio. Por eso es precisa una mayor dedicación del maestro para construir ambientes de aprendizaje y obtener el máximo rendimiento con los estudiantes.

Entonces, las prácticas, la toma de muestras en el sitio de trabajo, los ensayos de laboratorio y las visitas de campo a las obras son esenciales en la construcción del conocimiento porque pueden comparar lo que ven en la práctica con el marco teórico y con los conceptos previos, hacen el análisis de resultados y construyen sus propias conclusiones. De esta forma, con la elaboración del proyecto, desde la construcción del problema, el estudio del estado del arte, formulación de objetivos, hasta su ejecución, la construcción del conocimiento se potencia de forma significativa. Adicionalmente, con la elaboración del informe final y su sustentación en diferentes espacios académicos y públicos, como congresos y seminarios, los estudiantes decantan y consolidan lo aprendido.

Otro aspecto que los maestros deben promover en sus estudiantes, en los salones de clase y en los ambientes que puedan crear, es la perspectiva política para su participación efectiva con el fortalecimiento de la democracia. A través de la práctica de la ingeniería se puede promover

la equidad social con mayor fundamentación en las competencias humanas como la solidaridad, la cooperación, la autonomía y, de esta manera, se asegura que se diseñen y construyan, siempre obras seguras, en los sitios que benefician a la mayor cantidad de personas, con privilegio de las que menos recursos tienen. Los nuevos ingenieros, como agentes de cambio, tienen la opción de promover el desarrollo social que permita una mejor prestación de los servicios públicos, con mayor accesibilidad para todas las personas y siempre con la protección del ambiente.

En el mismo sentido, se destacan como herramientas importantes que facilitan la investigación, la capacidad de comunicación y la competencia para escribir de manera apropiada. Es esencial una adecuada interacción entre docentes con estudiantes, y entre estos mismos, con el propósito de expresar las ideas de forma fluida. Igualmente, es necesaria la práctica frente a otras personas para sustentar los hallazgos de sus búsquedas por medio de las exposiciones frente a sus propios compañeros. De esta manera, con la ejecución del proyecto y la preparación en equipo para la sustentación se incrementa el aprendizaje de un 15 % a un 90 % (Ruiz *et al.*, 2010).

En este sentido, autores como Tamayo (2003), Perico-Granados *et al.* (2015b) y Hernández *et al.* (2018) presentan como elementos relevantes para una efectiva comunicación el entusiasmo, la expresión corporal, el contacto visual, la mímica, el uso del espacio, la confianza, la estructura del texto y de lo que se pretende expresar, la pausa y el tono de voz y la entonación. Igualmente, ellos proponen que se requiere aprender el uso de ayudas como las audiovisuales, el micrófono, trípode y atril, los cuales son útiles al momento de llevar a cabo conferencias, ponencias y exposiciones en público. Estos elementos permiten a los investigadores expresar sus ideas, afrontar debates, comunicar los resultados de investigaciones y se convierten en aspectos importantes en la formación, tanto de los docentes como de los estudiantes.



En este sentido, la investigación tiene como propósito para los estudiantes, que ellos comiencen a buscar la información que pueden complementar, inicialmente con lo establecido en los contenidos de los currículos y los proporcionados por el docente. Esa búsqueda puede hacerse, en un primer momento, en los libros de referencia, en otros textos, en artículos divulgados en revistas especializadas, científicas, en bases de datos y en proyectos de investigación que tratan temas similares.

También, es posible conseguir la información en las acciones pasadas de cada uno de los participantes, con su entorno, con sus vivencias o con las experiencias ajenas, dado que, de acuerdo con Freire y Faundez (2014), el conocimiento se apropia con la construcción de los problemas cercanos a las personas y con la búsqueda de su solución, aspecto que resulta más efectivo si se hace de forma comunitaria. De la misma manera, con base en lo expresado por Schön (1992), la formación de los prácticos, como los ingenieros, requiere de una alta capacidad de reflexión en sus procesos, para que tanto en la parte humana como en la parte social puedan tomar las mejores decisiones. Sin embargo, tal vez lo más importante es lo que puedan llegar a comprobar los mismos estudiantes en los laboratorios, en las visitas de campo, en los recorridos, directamente en los problemas, en las soluciones o en las obras y en la interacción de la teoría y la experiencia y su proceso reflexivo. Entonces, una forma de construir el conocimiento es promover en los estudiantes el análisis de problemas cercanos, que hagan su construcción y en equipo estudien las posibles soluciones de tal manera que permitan la reflexión comunitaria para que en conjunto ellos puedan consolidar sus conocimientos.





# Capítulo 1

## Construcción y estudio del problema

### ⋮ Tema y problema

Se recomienda que los investigadores seleccionen el tema a partir del gusto que sientan o por su interés en el área de ingeniería. Es necesario que sea algo que les apasione en conjunto a los estudiantes, ya que se sugiere que se haga en equipo, con el propósito de que aprendan más y tengan un nivel de recordación mayor (Ruiz *et al.*, 2010, pp. 24-26). Así mismo, en lo posible, el tema deberá corresponder a elementos cercanos a ellos mismos, en el aspecto espacial, en el temporal o simplemente porque les parece más importante.

Una vez definido el tema, se precisará el problema, el cual debe buscarse en su entorno, como producto de la observación, de su experiencia o que vean que es algo que amerita su estudio. Un tema es algo muy general y global que se puede ver como de gran cobertura y que se puede describir como el continente de muchos problemas. Por el

contrario, el problema es algo más específico, más preciso que se puede delimitar con más facilidad, en el espacio, en el tiempo y las variables o las categorías para trabajar (Tamayo, 2003, pp. 111-120).

En este aspecto, desde la observación del problema hasta la ejecución y terminación completa del proyecto, se logra incrementar el conocimiento, por medio de ambientes de aprendizaje como los laboratorios, aplicación de técnicas de recolección de información como entrevistas y encuestas en campo, visitas a obras o empresas, entre otros. Estas son vivencias reales por las cuales se logran obtener conclusiones y aportar soluciones óptimas como estudiantes y luego como profesionales reflexivos de su entorno (Tamayo, 2003, pp. 111-191; Hernández *et al.*, 2018, pp. 55-56).

En este sentido, como un ejemplo, mientras el tema puede ser los acueductos, el problema es posible precisarlo como la falta de agua potable en las cabeceras municipales de Betétiva, Covarachía y Tipacoque, en el departamento de Boyacá, en Colombia. Igualmente, mientras el tema es la gestión del riesgo, el problema se precisa como las inundaciones y procesos de deslizamiento en Agua Blanca, Girardot, (Cundinamarca, Colombia). En el mismo sentido, mientras el tema puede ser las amenazas y la vulnerabilidad, el problema son los posibles deslizamientos en el barrio El Dorado, de Tunja, Boyacá, Colombia. Los problemas requieren de un proceso de construcción para que con su verdadera dimensión se puedan elaborar los objetivos de forma más precisa, como se desarrollará más adelante.

### • • • **Título provisional**

En un proyecto siempre el título será provisional porque se sigue avanzando en el estudio del proyecto, se pueden ir precisando aspectos imprevistos y, por lo tanto, el título puede ir cambiando. Se recomienda que el título definitivo se ponga cuando se concluya la investigación. Para que sea impactante se propone que tenga un máximo de quince

palabras. Autores como Montes del Castillo y Montes Martínez (2017), Arias (2006) y Bavaresco (1994) ofrecen sugerencias en el sentido de que el título tiene por objeto reflejar de forma clara y concisa el contenido del proyecto de investigación. Igualmente, es un error que el título ofrezca una idea de investigación y en el desarrollo de esta se planteen procesos o ideas distintas (Montes del Castillo y Motes Martínez, 2017). Es importante evitar que sea excesivamente largo y detallista, debe ser lo más expresivo de su contenido y corto en lo posible. Unos ejemplos de títulos son:

- ❖ Alertas tempranas sobre inundaciones en Tunja
- ❖ Resultados del método de proyectos en UNIMINUTO
- ❖ Diagnóstico de la formación de ingenieros en Boyacá
- ❖ Aportes de los proyectos en las competencias humanas

## ⋮ **Formulación del problema**

Es el espacio que permite la estructuración de la investigación; en este caso, se debe revisar el problema con base en preguntas como: ¿es un problema nuevo o ya existen trabajos sobre él?, ¿cuáles son las soluciones pertinentes?, ¿vale la pena estudiar la problemática? (Ortiz, 2009). El investigador en este punto transforma la idea de investigación en una estructura más precisa y formal. Para expresar de manera clara el problema a investigar, se requiere presentar de forma descriptiva, analítica, objetiva, crítica y demostrable los datos más significativos. Debe estar implícito en esta parte el tema, el espacio, tiempo, población, síntomas, origen y consecuencias que se presentan del problema (Ríos, 2017).

### ***Descripción del problema***

La formulación del problema es un aspecto crucial que es necesario estudiar de forma detenida, para que se sepa a ciencia cierta qué es lo que se quiere investigar. Comienza con la descripción de este, que

es la manera como se hace visible que existe. Si hay un problema, se puede conseguir la solución. Al contrario, si no lo hay, entonces no hay nada que resolver y no es necesaria una solución. Así que es importante establecer una muy buena construcción del problema, con una visión amplia y desde todos los ángulos posibles para tener un horizonte claro. Al respecto, es necesario precisar que es diferente el modelo de aprendizaje basado en problemas y el método de aprendizaje orientado por proyectos. En el primero se estudia a fondo el problema y en ese proceso se construye conocimiento, con una metodología especial, que no es el objeto de estudio de este texto. Del segundo es el procedimiento que se sigue a lo largo del documento que se está haciendo.

Para Ríos (2017), el investigador debe conseguir cifras y datos que precisen lo que se quiere destacar del problema y, de esta manera, permitir que otras personas vean lo mismo cuando lean la descripción. Para llevar a cabo un buen proyecto de investigación se deben dar datos y cifras precisos que hagan visible el problema; se deberá conseguir información de estadísticas, de otros autores, del medio, de la experiencia, de encuestas y entrevistas provisionales o de exploración que él mismo desarrolla para establecer pautas que permitan construir mejor el problema. Es una forma de observar el panorama completo, desde diferentes ángulos, con aspectos precisos, que permiten anclarlo a la realidad.

Para ilustrar, Toledo (2010) propone observar un ejemplo que fue propuesto como proyecto y luego desarrollado en la capital del departamento de Boyacá. En un recorrido por las calles del barrio El Dorado, de la ciudad de Tunja en Colombia, en el año 2010, se observó que cerca del 60 % de las calles están sin pavimentar, todas son muy angostas, con cerca de tres a cuatro metros de ancho y no cumplen las especificaciones mínimas para que puedan circular los carros por ellas. Solamente tres calles tienen afirmado y las otras, cerca del 60 %, están solo en subrasante, o sea que apenas se les ha quitado la capa vegetal y tienen un material de relleno. Tan solo una de ellas está pavimentada.

Entonces, se hizo una inspección ocular para encontrar de primera mano los datos que puedan precisar el problema y entre ellos se encontró que en las calles recorridas no existen andenes para el tránsito de peatones. Aproximadamente el 60 % de ellas tienen pendientes muy elevadas y en épocas de lluvia confluyen grandes cantidades de agua, que luego inundan varias viviendas de las zonas bajas. En general se presentan problemas viales, especialmente con calles que continúan con material de relleno y en la que tiene pavimento, este es deficiente (figuras 2 y 3).

Igualmente, se encontraron varios postes de luz que están hincados prácticamente en la mitad de la vía, obstruyendo el libre tráfico de peatones y de bicicletas, dado que no es fácil la circulación de vehículos. Igualmente, la iluminación pública no existe en casi la totalidad de las calles y carreras. En el mismo sentido, se observa que los postes de luz están cerca de las viviendas, en unos casos a menos de 50 centímetros de distancia, con los peligros que esta situación representa para los habitantes de ellas.

En otro aspecto, el agua que llega por el acueducto es insuficiente y las aguas residuales, en varios casos, son transportadas por mangueras por encima de otras viviendas, para hacerlas llegar a un alcantarillado muy reducido. Hay sitios en donde se tiene tubería de cuatro pulgadas para recoger las aguas pluviales y las servidas, y que, en épocas de lluvias, se desbordan con facilidad. Cerca del 60 % de las casas, no tienen servicio de alcantarillado y, por ello, las aguas residuales corren por la mitad de varias calles, en donde juegan los niños, en muchos casos, descalzos.

Del alcantarillado sanitario, en donde existe, se pudieron observar con más precisión dos tramos que son muy deficientes, con tubos de cuatro y seis pulgadas para recoger las aguas de varias casas, que están puestos de manera muy superficial. Así mismo, no existe alcantarillado pluvial, entonces no hay sumideros ni pozos de inspección. En este sentido, es necesario que paralelamente a la construcción del problema, los actores revisen las normas del Reglamento técnico del sector de Agua potable y

Sanearamiento básico, RAS, que esté vigente en el momento del estudio. Igualmente, se invita a los investigadores para que consulten proyectos que tratan temas similares y que ayudan en el proceso de construcción del conocimiento (Araque *et al.* 2020). Adicionalmente, no existen campos deportivos apropiados, ni sitios de recreación adecuados para la población infantil y juvenil y menos para organizar grupos de deportistas recreativos.

Al interior de las casas visitadas se encontró que no tienen una cimentación apropiada que permita transmitir las cargas de las estructuras al terreno, y menos sostenerlas en casos de sismos. En cerca del 50 % de las casas recorridas se encontró que ellas están construidas en tapia pisada y en adobe, aunque existen otras en ladrillo. Se hallaron tres casas sin ninguna cimentación y construidas sobre un relleno, producto de un terraplén de residuos sólidos sin compactación, con alta vulnerabilidad frente a un sismo. Al respecto, los estudiantes deben familiarizarse con las normas sismorresistentes vigentes, para que con pensamiento crítico puedan proponer y promover soluciones efectivas sobre este tipo de estructuras.

En el mismo sentido, los pisos de las viviendas son en general de mala calidad y se observó que cerca del 90 % están en tierra pisada y el 10 % con una pequeña capa de mortero. Varias casas tienen sus paredes cubiertas de moho, como producto de la alta humedad relativa del sitio, y por el agua que se infiltra del terreno, dado que están construidas en sitios a media ladera. Estos aspectos y la falta de drenajes apropiados les generan varias patologías, como los asentamientos diferenciales que se observaron en tres edificaciones.

Igualmente, cerca del 60 % de las casas tienen un área muy reducida, que en unos casos llega a tener tan solo treinta metros cuadrados. Muchos techos están combinados entre teja de zinc, de microcemento y de barro sobre estructuras de madera sin ninguna protección ni tratamiento. El hacinamiento es verdaderamente alto, dado que en seis



de estas casas viven hasta tres familias en cada una, con un número cercano de quince personas en total. Se encontró una casa construida sobre una cárcava y, cuando llueve, el agua pasa por debajo en una cantidad apreciable, sin ninguna adecuación para su conducción y disposición a un alcantarillado.

El crecimiento de edificaciones es notorio en el barrio, con construcciones en zonas de alto riesgo como cárcavas y en sitios de laderas con pendientes muy altas, con cerca del 250 %, con diferencias en cotas de 15 a 20 metros entre la parte más alta y los sitios en que la pendiente es pequeña. Esta condición aumenta el riesgo de deslizamientos, con vulnerabilidad excesiva para las personas que allí habitan, lo mismo que para sus viviendas, como se observa en la figura 4. Es tal vez el problema más grave que existe en esta comunidad, dada la amenaza que se cierne sobre cerca de veinte casas de habitación, unas de ellas hasta con cuatro pisos, de forma directa y para otras quince de forma indirecta.

**Figura 2.**

Vía con material de relleno (Calle 30 e)



**Fuente:** fotografía de Heidy Madeleine Arévalo Algarra, 2019.

**Figura 3.**  
Vía en mal estado y postes de luz en lugares inadecuados (Carrera 2e)



**Fuente:** fotografías de Heidy Madeleine Arévalo Algarra, 2019.

**Figura 4.**  
Construcciones en zonas de cárcavas



**Fuente:** fotografías de Heidy Madeleine Arévalo Algarra, 2019.

De esta manera, se observa que existen varias necesidades en el barrio en lo concerniente a vivienda, obras de urbanismo, salud pública, recreación, transporte, entre otras. Sin embargo, la problematización es mucho más amplia, dado que otro factor que aumenta el riesgo en esta zona es que el agua lluvia no se recolecta por medio de cunetas y se permite el flujo libre del agua, tanto por la ladera, como se observa en la figura 2, como por las calles sin pavimentar. Además, no se cuenta con pozos de inspección ni con su correspondiente alcantarillado pluvial. Sumado a esto se presenta el transporte de sedimentos que obstruyen las pocas rejillas del alcantarillado en las vías que cuentan con estas y este sería el problema que hace más vulnerables a los habitantes, en lo que corresponde a obras civiles.

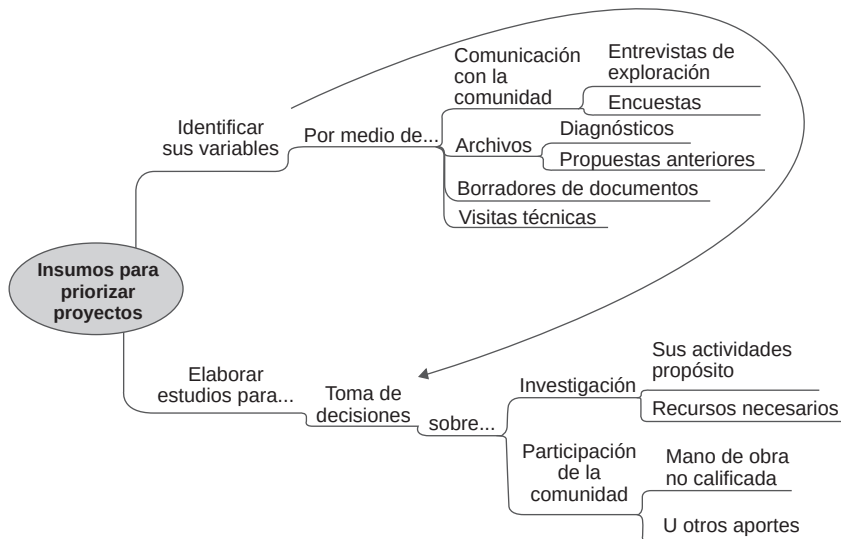
Entonces, en la construcción del problema deben verse todas las aristas, todos los tópicos para que se pueda observar este de manera integral. A través de preguntas se puede llevar a cabo la problematización y la búsqueda de los datos, las cifras y las estadísticas que permiten hacer visible el problema. Las preguntas del ejemplo se relacionan más adelante. No es que se tenga que definir con precisión un número exacto de páginas, pero es deseable para una buena visibilidad y descripción, que esta esté cerca de tres a seis (Cerda, 2005).

Con el propósito de articular el problema con las eventuales soluciones, es conveniente incentivar a la comunidad para que participe de forma activa con propuestas y en forma práctica. Al respecto, en muchas obras de ingeniería la mano de obra no calificada representa hasta un 65 % del costo total, especialmente en la construcción de acueductos y alcantarillados, promedios obtenidos con base en la experiencia de los autores. Entonces, una forma de establecer prioridades es preguntarles a los habitantes su prelación de las diferentes obras en las que ellos estarían dispuestos a poner la mano de obra y de esa manera se pueden hacer los estudios y los diseños de esta para evitar la imposición del profesional. Se puede hacer con encuestas o con cuadros que tengan las diferentes variables identificadas. De esta manera, se permite

aprovechar la colaboración de los posibles usuarios del proyecto con la mano de obra no calificada. Se sugiere observar la figura 5 que puede ilustrar una forma de promover la participación de la comunidad.

**Figura 5.**

Una forma para promover la participación de la comunidad en un proyecto



**Fuente:** Elaboración propia.

## ***Delimitación del problema***

El problema, para su apropiado estudio, deberá concretarse en varios puntos. De toda la problemática estudiada, solamente se tomará una parte de ella para que sea más efectiva su solución. Entonces, de acuerdo con Tamayo (2003), Perico-Granados *et al.* (2015a) y Hernández, *et al.* (2018), se debe delimitar en el aspecto espacial, temporal y en las variables o en las categorías a estudiar, con el propósito de precisar su ejecución. En el ejemplo dado anteriormente, para el rasgo espacial, deberán precisarse las áreas para llevar a cabo el análisis, tomar las pruebas, efectuar las visitas; definir a qué vías se les

hará el estudio, los alcantarillados que se revisarán, los acueductos o cualquier otro aspecto a estudiar. De modo que, solamente se propone tomar ciertas calles o espacios específicos para hacerles el estudio de geotecnia o de pavimentos, o lo que se requiera de saneamiento ambiental, del acueducto o del alcantarillado.

De otro lado, en la parte temporal, se decidirá desde qué momento se hará el estudio, para saber qué datos se deberán conseguir; por ejemplo, si es en hidrología, para saber desde qué fecha se deben conseguir los datos de pluviosidad o de lluvias para llevar a cabo el estudio. En este mismo sentido, deberá decidirse cuánto tiempo será aproximadamente el que se invertirá en la ejecución de los estudios de suelos, estudios de prefactibilidad, de factibilidad o los diseños que se propone desarrollar.

Finalmente, en las variables se decidirá con base en los aspectos encontrados en la problemática, qué rasgos específicos de esos problemas se van a estudiar. Por ejemplo, en este caso, se puede delimitar solo a estudiar, como prioritarios, el inventario, los estudios, diseños y propuesta del acueducto y alcantarillado del barrio El Dorado, en unas determinadas calles y carreras o en todo el barrio.

### ***Definición del problema***

En la definición del problema se precisará de manera muy concisa, en cerca de dos párrafos, el resumen de la descripción del problema, para que, en una breve lectura, un gerente de proyectos pueda saber allí exactamente qué es lo que se presenta como problemática. Si quien lee esta definición queda convencido de que hay un problema que es relevante para analizar, entonces, seguramente, pasará a estudiar la descripción del problema. Aunque en el orden de la presentación la definición vaya antes que la descripción, en la elaboración, la segunda es la que permite luego elaborar una definición más precisa (Tamayo, 2003).

En este sentido, por medio de la definición se logra acercar al lector al problema que se quiere investigar. En este caso se depura el problema, se determina entre el docente y los estudiantes los puntos concretos para ser estudiados (Mora, 2004). Algo importante para resaltar es que una vez identificado el problema, se debe tener presente que este pertenece a un conjunto de conocimientos y si se desea dar solución a un problema global, primero se deben llevar a cabo estudios sucesivos que permitan llegar a ese conjunto de conocimientos (Canales *et al.*, 1986).

### ***Planteamiento del problema***

El planteamiento del problema se puede hacer de manera expositiva, pero se acostumbra a elaborarlo a modo de preguntas que guían el proceso investigativo. De esta manera, se comprende mucho mejor el problema, como se propone en el método de proyectos para su correcta elaboración (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2017b; Hernández *et al.*, 2018). Se debe proponer una pregunta central que sea lo suficientemente abarcadora para permitir dar respuesta a la investigación de manera satisfactoria. A la vez, será lo necesariamente cerrada para delimitar el tiempo, espacio y una o dos variables que permitan concluir el proyecto de investigación. De acuerdo con Canales *et al.* (1986), esta tendrá los tópicos necesarios para desagregarla en tres o cuatro preguntas específicas, que, a su vez, al ser respondidas una a una, estarán respondiendo la pregunta general.

De la misma manera, deberá haber una correspondencia entre la pregunta general y el objetivo general, y entre las preguntas específicas y los objetivos específicos. Igualmente, debe existir relación entre estos con la metodología, el cronograma y el presupuesto. Por ejemplo, para el proyecto que se está planteando se propone la pregunta: ¿cuáles son las características que deberá tener la disposición de las obras de alcantarillado de aguas residuales y cuáles las de aguas pluviales, en el Barrio El Dorado, de la ciudad de Tunja? Esta se puede dividir en varias preguntas específicas, por ejemplo:

- ❖ ¿Cuáles son los estudios de topografía necesarios que se requieren para las obras de alcantarillado de las aguas residuales y cuáles para las aguas pluviales en el barrio El Dorado?
- ❖ ¿Cuáles son los estudios de hidrología que se requieren para las obras del alcantarillado de las aguas pluviales?
- ❖ ¿Cuáles son los diseños de las obras de alcantarillado de aguas residuales y de aguas pluviales en el barrio El Dorado?

## ⋮ Antecedentes

Los antecedentes y el estado del arte son elementos complementarios y desde luego son diferentes. Como antecedentes se entiende todos aquellos aspectos que ayudan a clarificar el problema, que son útiles y que han transcurrido en la construcción del problema que se estudia. Aquí se encuentran, entre otros aspectos, los estudios, las propuestas, probables soluciones, acciones que se han llevado a cabo y que pueden o no estar documentadas. Incluso, pueden aparecer escritas en diagnósticos, proyectos o en artículos. También, se refieren a las entrevistas que se han llevado a cabo y datos y cifras obtenidos de diferentes formas, sin que estén en ningún proyecto (Tamayo, 2003).

Así mismo, para Cerda (2005), los antecedentes son producto de las visitas que se han efectuado al sitio del problema o se han encontrado como referencias y que aparecen (o no) en libros o en artículos. Al respecto, se hará una revisión de las opciones que se tienen para ubicar este tipo de información y adicionalmente se hará como mínimo una visita al sitio del problema para recoger con otras fuentes más aspectos que enriquecerán los antecedentes históricos. Igualmente, se pueden hacer encuestas o entrevistas de exploración, a quienes conocen del tema y, que, en su conjunto, facilitan la comprensión del problema. Para Schmelkes y Elizondo (2010), los antecedentes indican la razón

por la cual interesó el tema a los investigadores, y proporcionan al lector información que comprenda y evalúe el proyecto, sin necesidad de indagar otra publicación o documento en otros espacios. Los antecedentes permiten obtener una visión panorámica de lo hecho hasta el momento y pueden convertirse en el motor tanto del investigador como del lector potencial.

Por un lado, en los antecedentes se hace referencia a los datos encontrados y a la manera como se consiguió la información, a través de qué personas, la fecha, el sitio, el modo y otros datos complementarios. Por otro lado, en el estado del arte se escriben la cita precisa, con normas Icontec (del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación), en el caso colombiano para proyectos, o en normas APA para publicaciones, en general, aunque si se va a publicar en una revista, esta precisará cuáles son las que se deben utilizar. En las universidades, se utilizan más las primeras normas porque son más precisas y cuando un estudiante está comenzando se requiere que inicie con rigurosidad en los procesos investigativos y, desde luego, en la citación.

En los proyectos de investigación para semilleros se recomienda que se utilice más la cita contextual, la cual le permite mayor autonomía y exige una calidad en la interpretación del investigador, siempre que se observen de manera ética las citas. Este caso se presenta cuando el investigador interpreta lo dicho por el autor y con sus palabras escribe lo entendido o interpretado y lo transmite a modo de paráfrasis. Puede haber leído varias páginas y, con base en su interpretación fidedigna, escribe ese texto en su documento o investigación en uno o dos párrafos con las citas correspondientes.

En el caso en que una cita se requiera de forma textual se pone entre comillas lo que se está citando, cuando no supera las cuarenta palabras, si es de una extensión mayor, se debe poner sangría en ambos extremos y un tamaño de fuente menor, además, sin comillas. Se sugiere que



estas citas se hagan la menor cantidad de veces posible y solamente cuando sea estrictamente necesario. Entonces, se recomienda que se haga con una cita corta, de lo contrario se recomienda que se construya la idea y se haga cita como paráfrasis, como está descrito previamente (Perico-Granados *et al.*, 2015a). Esta cita contextual, por supuesto, no lleva comillas, pero sí debe delimitarse con su respectiva referencia como lo establecen las normas, para darle el crédito al autor o autores. En todas las formas de cita se debe incluir la referencia para evitar el plagio y posibles problemas legales.

Con respecto a las normas, existen muchas que se utilizan con base en los requerimientos de la institución o medio donde se publique. Además de las Icontec y las APA, están las IEEE, Vancouver, Chicago, entre otras, y es preciso consultar al momento de presentar el texto para utilizar la última versión, dado que cambian con relativa frecuencia.

De la misma manera, las citas que se hagan en el texto deben tener sus referencias bibliográficas al finalizar el escrito. Las referencias proporcionan la génesis, propósito, metodología e interpretación del trabajo, porque reflejan que la investigación da crédito a quienes precedieron en publicar sus investigaciones o estudios similares (Oyarzún *et al.*, 2012).

Con base en el problema del barrio El Dorado, de acuerdo con Toledo (2010), como antecedentes se deben describir estudios como el que se llevó a cabo de forma interdisciplinaria, entre las facultades de Ingeniería Civil, Arquitectura y Derecho, en el año 2003, en la Universidad Santo Tomás. Del proyecto se encuentran los archivos, como borradores de los documentos que fueron elaborados, en el mismo centro de educación superior, remitidos a Tunja para tramitar los subsidios de vivienda. Al respecto, se hicieron las entrevistas de exploración a unos participantes en esas actividades.

Entre los datos encontrados como antecedentes, y en los cuales coinciden los diferentes entrevistados, está que se llevaron a cabo cerca de cien levantamientos de casas de habitación en el barrio El Dorado, en el año 2003, hecho por profesores y por estudiantes de las facultades citadas. Entre los documentos que se elaboraron están los que corresponden a las mediciones de las áreas en mal estado, de todas y cada una de las casas, y de las propuestas, con sus correspondientes diseños, para los posibles arreglos. Así mismo, se elaboraron los presupuestos para saber el costo de las refacciones, se hicieron los estudios catastrales y de las historias legales de los predios, a través de las escrituras y de los certificados de tradición. Una vez tramitados en su totalidad, fueron aprobados veintiún subsidios de vivienda para ese barrio y fueron ejecutados por la entidad municipal. Esto significa que en ese número de casas se efectuaron los arreglos que se estudiaron y diseñaron por parte de los profesores y estudiantes. De otro lado, para el caso de acueductos y alcantarillados se verificaron los antecedentes específicos de los mismos en el barrio o en una parte, según el caso (Toledo, 2010).

## • Estado del arte

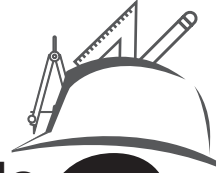
De forma complementaria, el estado del conocimiento o estado del arte es todo aquello que se ha escrito y que está desarrollado en otros proyectos de investigación y que aclaran el proyecto que se está llevando a cabo (Perico-Granados *et al.*, 2015a). En este sentido, se revisarán aquellos escritos que ofrecen información relevante sobre lo que se está investigando y que ahorran tiempo en el proceso. Igualmente, contribuyen en la precisión de lo que está pendiente por investigar para establecer qué se debería profundizar o en qué debe poner sus esfuerzos en esta actividad investigativa. Estos elementos, al ser estudiados, ahorran muchos recursos en este nuevo proyecto, y, adicionalmente, evitan que se pierda tiempo. Entonces, el estado del arte incluye la información que está publicada en artículos, en libros, en proyectos de investigación y que se pueden consultar.

Tamayo (2003) plantea que el estado del arte permite una revisión bibliográfica que debe ser rigurosa. Al respecto, en los referentes bibliográficos existen nuevos rastros sobre la bibliografía consultada que permiten seguir el hilo de forma secuencial y cronológica con los nuevos textos. Especialmente, se refiere a las investigaciones, a los estudios, diseños, proyectos, construcciones o demás acciones que se hayan hecho sobre el mismo problema o problemas similares. Entonces, se hará un barrido de publicaciones de los temas a tratar para tener un buen estado del arte, sobre el cual se pueda construir un excelente proyecto de investigación formativa. Se recomienda verificar en las bases de datos la información de proyectos o investigaciones que se hayan hecho en los últimos años, dado que pueden tener buena información en este sentido. Sin embargo, se recomienda consultar textos clásicos y referenciarlos porque siempre será mejor citar a los autores originales.

En el estado del arte o estado del conocimiento, como también se le conoce, para el ejemplo que se está tratando existen muchos elementos para investigar en las diferentes bases de datos y repositorios de los trabajos de grado y de las tesis de maestría y doctorado. Entonces, se pueden buscar en Ebsco, Redalyc, Dialnet y Scopus, entre otros, para revisar lo que se ha hecho antes sobre los estudios y los diseños de acueductos y alcantarillados. De esta manera, tanto maestros como estudiantes seguirán en el proceso de adentrarse en la construcción de conocimiento sobre la materia y llegarán a buscar los textos de Ricardo Alfredo López Cualla, Jairo Alberto Romero Rojas, Ven Te Chow, entre otros.

Aunque en unas investigaciones de carácter formativo se pueden unificar los antecedentes y el estado del arte, en unas profesiones como ingeniería, sí es conveniente separar los dos aspectos en las investigaciones, porque especialmente para proyectos aplicados, es necesario que revisen los antecedentes de la obra, procesos constructivos, intervenciones, obras ejecutadas, participación de la comunidad, inversiones

y todos los aspectos que ilustren el estado actual de la construcción o del proyecto. En cambio, el estado del arte o conocimiento son aquellas experiencias documentadas en artículos, proyectos o libros que permiten ver posibles soluciones a los docentes y a los estudiantes para que puedan, o no, optar por una de ellas o por hacer una combinación de varias. Pueden, finalmente, desarrollar algo totalmente novedoso a pesar del examen hecho al estado del conocimiento. Los antecedentes son la parte histórica del problema, y el estado del arte se refiere a las perspectivas que se abren para orientar la investigación.



---

## Capítulo

## Diseño del proyecto

# 2

### ⋮ **Justificación**

La justificación es la sección en la que se deben decir las razones por las que vale la pena llevar a cabo el proyecto de investigación. Es la forma de atender la necesidad de respuesta y entrar en sintonía con quienes realmente tengan interés de ejecutarlo. Aquí se expresan los aspectos esenciales para decir por qué el ordenador del gasto deberá tomar ese proyecto para incluirlo en su banco de proyectos y priorizarlo para ponerlo al servicio de la comunidad, especialmente, si se sabe que los costos ambientales son mínimos o tiene muy pocos costos externalizados (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a).

De acuerdo con Sullcaray (2013), es necesario justificar el motivo de llevar a cabo la investigación y los beneficios que se obtienen de ella, proponiendo criterios como la convivencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica de manera muy general. En cambio, para autores como Tamayo (2003)

y Perico-Granados *et al.* (2015a), una apropiada elaboración de la justificación se redacta con base en la revisión de los impactos humano, social, ambiental, científico, tecnológico y económico, entre otros. Esta es una oportunidad más para tomar conciencia del contexto y sus propuestas de construcción para mejorarlo. En este sentido se propone que su análisis y su estudio se hagan en este mismo orden y con esta prioridad.

De acuerdo con Briones (1985), el impacto humano se pone en primer lugar porque es el más importante para desarrollar cualquier proyecto. Si el proyecto no tiene un alto impacto sobre la población, es preferible no hacerlo y buscar otro, lo ideal es que les sirva a muchas personas y, en lo posible, que sea cercano al entorno del investigador. Es probable que haya temas y problemas sobre lagunas grandes en la teoría, pero es preferible dejarle esos problemas a naciones que tienen un nivel de vida mejor que el nuestro y cuentan con más recursos. La responsabilidad de los ingenieros y de los investigadores, en países del sur es la de investigar, estudiar, diseñar y proponer soluciones a problemas reales del entorno que tengan un alto impacto en sus comunidades.

Para Tamayo (2003) y para Perico-Granados *et al.* (2015a), una de las mejores formas para establecer el impacto humano es elaborar un análisis para saber cuántas personas se benefician de manera directa con el proyecto. Entonces, se requiere el análisis de las características de esas personas desde los puntos de vista social, económico, cultural y político, entre otros factores, que permitan establecer las condiciones reales de estos grupos humanos. Cuanto más afectadas se encuentren estas personas en estos indicadores, mucho más necesario es el proyecto y probablemente tenga más oportunidad de ejecutarse.

En segundo lugar, se encuentra el impacto social, que a diferencia del anterior, se trata de revisar el número de personas que se beneficiarán con el proyecto de manera indirecta y sus características (Perico *et al.*, 2015a). En el ejemplo que se tomó del barrio El Dorado, uno de sus

problemas se refiere a sus calles angostas, destapadas y sin disposición adecuada de aguas servidas. Entonces, al resolver el problema, mediante un estudio y un diseño para adecuar la disposición de las aguas servidas y los demás servicios, y estudiar y diseñar la estructura del pavimento, el impacto humano se verá reflejado en las personas que se benefician de forma directa, en este caso los habitantes del barrio El Dorado. En el mismo sentido, el impacto social se puede observar con los beneficios que tienen las personas que viven en los alrededores, en otros barrios, y que pueden usufructuar estos arreglos de manera indirecta, porque al transitar por allí para ir a sus casas, pueden tener un mejor recorrido, más seguro y en mejores condiciones. Igualmente, se presenta esto con los estudios y diseños para los campos deportivos o sitios de recreación, que, una vez hecha la investigación y puesta en práctica, podrán ser utilizados por los habitantes de otros barrios.

En tercer lugar, es esencial revisar el impacto ambiental que puede generar el proyecto, el cual podría ser positivo o negativo. Una vez se comenzó a construir el concepto del calentamiento global y se observó el cambio climático, ninguna profesión se pudo seguir enseñando de la misma manera y menos soslayando los impactos ambientales que generan los proyectos. A veces los impactos ambientales se exigen como un requisito más para el diseño y para la construcción de obras públicas, pero el propósito de este apartado es hacer notar a los estudiantes la importancia de un buen estudio de impacto que genere el proyecto.

De igual manera que en el impacto humano, si el proyecto genera un alto impacto ambiental negativo no debería realizarse, así tenga como meta producir empleo. Al respecto, Leonard (2011) asegura que está demostrado que hay proyectos que se han venido desarrollando hace muchos años, que en teoría generan mucho empleo, pero no han mejorado el nivel de vida de los habitantes de los lugares donde se efectúan, entre ellos están las grandes explotaciones petroleras y de carbón. Tanto en los procesos extractivos de estos productos como en su transporte y procesamiento su impacto ambiental es muy alto.

En este sentido, para Leonard (2011) y para Ávila *et al.*, (2012), en las explotaciones de estos sectores no se tienen en cuenta los costos externalizados, que son aquellos que dejan de pagarse, comenzando por los exiguos salarios a los trabajadores, quienes tienen largas jornadas, en las que inhalan partículas cancerígenas de manera permanente y no tienen los elementos adecuados para evitarlo. La seguridad social es mínima y cuando terminan pensionados, en muchos casos, disfrutan la mesada unos pocos meses, por las enfermedades pulmonares que con certeza aparecerán, incluyendo el enfisema pulmonar, que resultan fatales. Continúa con el daño ambiental que generan los estériles del carbón, al abandonarlos a la vera del camino, producen más contaminación a las tierras, al agua superficial y a las subterráneas, con los metales pesados que poseen.

Así mismo, está el daño que se produce al abrir y profundizar los túneles, los cuales bajan inmediatamente el nivel freático, porque sirven de galería de drenaje, esto deteriora y esteriliza la tierra que está encima de esos socavones. Luego, en la larga cadena de daños, está la contaminación que se produce al trasladar el carbón a su lugar de consumo, cuyo recorrido a veces supera los miles de kilómetros. Termina con la alta contaminación que genera al quemarse, con todos los dióxidos que produce, lo que contribuye de manera muy alta al calentamiento global (Leonard, 2011).

En el mismo sentido, Leonard (2011) plantea que los países en proceso de desarrollo podrán explotar esos minerales, pero exigiendo que se paguen los costos reales al precio del carbón, para poder costear, por lo menos los daños que se relacionaron anteriormente. Este puede ser el verdadero precio del carbón, que es equitativo para quienes lo explotan y para quienes lo usufructúan, que normalmente son los países del primer mundo. Sin embargo, lo ideal es evitar su consumo para que de esta manera se ahorren estos costos ambientales.



En cuarto lugar, en la justificación es posible que el proyecto pueda llegar a tener un impacto científico y un impacto tecnológico. Entonces, se debe estudiar previamente si el proyecto puede contribuir y en qué medida a estos aspectos. Para Perico-Granados, *et al.* (2012), es posible que un proyecto ayude a descontaminar aguas residuales sin utilizar químicos, o a tratar aguas para potabilizarlas, utilizando solamente métodos naturales, con la introducción de innovaciones, nuevos procesos y de tecnologías que disminuyen la contaminación al ambiente. Para Ávila *et al.* (2012), se presenta el caso en que se pueden encontrar nuevos materiales para construir carreteras, como la escoria o el bitumen sin producir muchos daños al medio ambiente. Al respecto, en estos dos ejemplos se puede inferir un impacto ambiental positivo, que adicionalmente puede representar un sello verde para el proyecto y, luego, desde lo económico se pueden redimir en bonos de carbono.

Finalmente, el proyecto deberá producir un impacto económico que, aunque es importante, como se observa en el orden dado como prioridad, no es el primero. Se trata de trabajar con base en esta relación y en este orden para privilegiar el desarrollo humano, antes que el crecimiento solamente económico. El proyecto, desde luego, no deberá producir pérdidas, pero sus grandes utilidades económicas no son la prioridad (Perico-Granados *et al.*, 2015a).

Primero está el beneficio humano, luego el social, ambiental, tecnológico y posiblemente científico y, finalmente, el económico. En síntesis, la justificación contiene los argumentos fundamentales del conocimiento bibliográfico con respecto al tema, en especial en los criterios ya mencionados, por medio de una redacción organizada de los elementos, que describa las razones conceptuales que argumentan cada uno de los impactos. Este apartado permite ver la importancia del proyecto en orden descendente desde el impacto humano hasta el económico y da tanto al investigador como al responsable de tomar las decisiones sobre la ejecución del proyecto, los argumentos valiosos

para obrar en consecuencia. Al respecto, se propone que se revisen los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, con los que tiene relación la profesión de la ingeniería —prácticamente con todos— y se pongan en práctica en las investigaciones de estudiantes y de docentes.

## ⋮ **Objetivos**

Para Perico-Granados *et al.* (2015a), en un proyecto de investigación debe existir una correlación entre el problema, el estado del arte, la justificación, los objetivos, el marco teórico y la metodología que se seguirá para resolverlo. Al respecto Hernández *et al.* (2018) expresan que los objetivos deben apuntar a resolver los problemas que fueron estudiados y descritos y tendrán una relación directa con las preguntas de investigación que se expresaron en el planteamiento del problema. En un principio, los objetivos deben comenzar con un verbo en infinitivo, que significa la acción que se va a seguir para solucionar la problemática. Los verbos deben ser claros y evitar aquellos con contenido ambiguo, como el verbo “realizar”, que significa muchas cosas y no tiene una interpretación concreta.

Para Tamayo (2003), los objetivos deben tener un *qué*, que se refiere a la parte importante de la acción en cumplimiento del gran propósito, qué es lo que se quiere desarrollar. Esta es tal vez la parte central del proceso investigativo, dado que se refiere al conjunto de actividades que de allí se desprenden para llevar a cabo el proyecto. Así mismo, en lo posible, debe tener un *cómo* para precisar más las acciones que se desarrollarán, mediante qué actividades se va a hacer o través de qué medios. De la misma manera, tendrán un *dónde* para saber el sitio de ejecución, y un *cuándo*, lo cual permite que los objetivos se puedan medir en su ejecución. Se puede precisar el *para qué*, en la medida de lo posible.

El objetivo general deberá tener estos elementos y guardará una correspondencia con la pregunta general. Esta ayuda a orientar la investigación, y, en el objetivo general, propone su solución. Los objetivos específicos serán componentes del anterior, como cuando se tiene una torta y esta está compuesta por cuatro o cinco pedazos o componentes, que son los objetivos específicos. Entonces, al resolver o dar cumplimiento a estos se estará cumpliendo el objetivo general. Los objetivos específicos, que en lo posible sean entre tres o cuatro, tienen una relación directa con las preguntas específicas.

De la misma manera, para Muñoz (2011) y para Antuna (2015), en este apartado, es importante establecer qué pretende la investigación. Los objetivos deben expresarse con claridad y ser alcanzables, debido a que son la guía de estudio durante el desarrollo del proyecto. En el mismo sentido, los objetivos específicos se formulan de manera que cada uno de ellos logre un aspecto del objetivo general, es decir, un conjunto de elementos para lograr desarrollar el objetivo general del estudio. En síntesis, deben explicar en palabras simples el propósito que se pretende cumplir, de modo que se identifique fácilmente.

Como un ejemplo de objetivo general de la investigación en el barrio El Dorado, se puede proponer: elaborar los estudios y los diseños del alcantarillado de aguas pluviales y el de aguas residuales en el barrio El Dorado, en la ciudad de Tunja. Como objetivos específicos se pueden proponer, entre otros:

- ❖ Llevar a cabo los estudios de topografía para el alcantarillado de aguas lluvias y aguas residuales en el barrio El Dorado.
- ❖ Analizar la población proyectada a treinta años del barrio El Dorado.
- ❖ Diseñar el alcantarillado de aguas pluviales y el de aguas residuales del barrio El Dorado.

## • Factibilidad

Antes de iniciar a desarrollar el proyecto, es decir, de iniciar su ejecución, se debe observar qué tan factible es comenzarlo y tener la posibilidad de concluirlo. La factibilidad es parte esencial para evitar que, una vez iniciado el estudio, quede grande su composición final. Para ello se debe verificar como mínimo tres variables: los conocimientos, el tiempo de ejecución propuesto y los costos que se tienen previstos que se requieren para terminar el proyecto en su fase de estudio y probablemente de diseño.

En cuanto a los conocimientos, se debe revisar que los que se requieren tienen el acceso adecuado y en tiempos que se puedan prever. Se refiere a los conocimientos sobre la materia que tiene la persona que funge como investigador. Si la persona no tiene todos los conocimientos, entonces debe existir la facilidad para obtenerlos a través de sus docentes o de expertos, que sea sencilla su ubicación y tengan estos la disponibilidad del tiempo requerido. De igual manera, se pueden obtener los conocimientos en los libros que se encuentran en la biblioteca o en las bases de datos disponibles o, probablemente, se pueden obtener a través de la consulta con expertos en el tema.

Para todo proyecto de investigación se debe hacer un cronograma en el que se relacionen las principales actividades que se irán a ejecutar, con base en la metodología o procedimiento y se llevarán contra el tiempo. Así, se sabrá cuánto es el número de semanas o de días que es indispensable invertir en el desarrollo de la investigación. Entonces, con base en el tiempo previsto o sugerido, se verificará si es factible ejecutarlo con ese cronograma (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a). Al respecto, Balestrini (2006) plantea que por medio del cronograma se precisan los compromisos tanto individuales como colectivos por parte del investigador o del equipo de trabajo. En este sentido, se encuentran diferentes formas de elaborar un cronograma

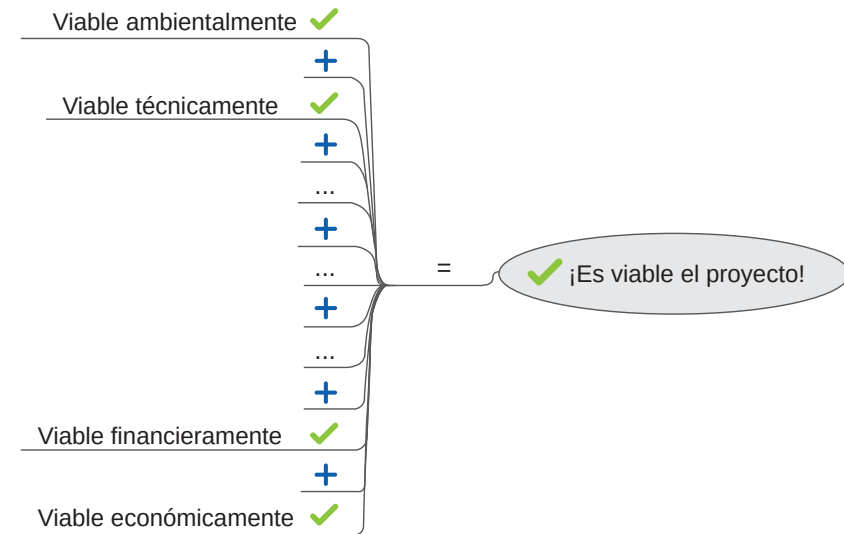
desde el diagrama de Gantt, el de Pert o el CPM. Estos dos últimos son muy similares, aunque se usan para proyectos de cierta complejidad. Entonces, se recomienda para iniciar el diagrama de Gantt, que enfrenta en la vertical las actividades y en la horizontal el tiempo, en días o en semanas.

En el aspecto de factibilidad también se verifica si con los recursos económicos, físicos y con las personas con que se cuenta es posible poner en marcha el proyecto y es factible terminarlo. Es necesario hacer una evaluación de todos los gastos y de los costos que se van a invertir y establecer los ingresos necesarios y sus fuentes para darle cumplimiento al proyecto (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a). En este sentido, es esencial que se revisen los principales parámetros económicos, como los gastos y los costos, para ver si es posible llevar a cabo los estudios, los diseños y la investigación.

De modo que, se requiere tener presente que el presupuesto administrativo es el que permite tener un uso eficiente y productivo de los recursos que se asignaron para el funcionamiento del proyecto. Este proceso influye en decisiones sobre actividades, propósito de la investigación y el monto del recurso para llevarla a cabo (Balestrini, 2006). Con estos elementos se verá si el proyecto es factible en cada una de esas variables. Entonces, de esta manera se escribe en este apartado que el proyecto es factible por conocimientos, por costos y por tiempo con la argumentación que corresponde (Perico-Granados *et al.*, 2015a; Hernández *et al.*, 2018). En este sentido, se puede establecer si es posible llevar a cabo el proyecto de ingeniería o de investigación con las circunstancias actuales, o es necesario construir viabilidad en una de sus variables como los conocimientos, con nuevos expertos o nuevas capacitaciones; en el tiempo, con ampliación de este, y, finalmente, con los recursos económicos y físicos, si es necesario adicionar algunos de ellos. La figura 6 puede ayudar en la ilustración de la factibilidad.

**Figura 6.**

Unos elementos previos antes de definir la factibilidad del proyecto o de la investigación



**Fuente:** Elaboración propia.

## ⋮ Marco teórico

El marco teórico se refiere a las teorías que sustentan el enfoque de la investigación y que pueden tener relación con la física, las matemáticas, la geometría, los suelos, la geotecnia, las estructuras, las vías, la gerencia, la economía, la administración, el medio social, el ambiente, entre otros aspectos. Para Cerda (2005), el marco teórico en un proyecto de investigación formativa, en esencia, está compuesto por los principales conceptos que se están trabajando en el proyecto y por el glosario. Adicionalmente, se pueden incluir otros aspectos como las variables o las categorías iniciales que se van a utilizar en el proyecto. A los principales conceptos se les denomina aproximación conceptual, dado que no son únicas esas definiciones, porque otros autores pueden decir algo diferente sobre la construcción del concepto

que se esté trabajando. Sin embargo, aquí, sí es indispensable, se pueden poner los marcos legales, los marcos históricos y los marcos conceptuales, que deben ir como subtítulos. Sin embargo, se sugiere poner las normas principales que se utilizarán a lo largo de la investigación como las sismorresistentes o las del reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico o las que se requieran para la investigación, según sea el caso. Unas de ellas son voluminosas y entonces se propone que solamente se construyan los conceptos de la parte pertinente al proceso investigativo.

La aproximación conceptual requiere de explicitar los conceptos más importantes que se están trabajando en la investigación y que en esencia se obtienen de los términos que sobresalen y que se encuentran en el título, en las preguntas de investigación y en los objetivos (Perico-Granados *et al.*, 2015a; Hernández *et al.*, 2018). Una vez seleccionados estos términos, se construye o estructura la definición que tiene el investigador y se escribe, siempre como prioridad. Luego se hace la sustentación o argumentación con un mínimo de dos o tres autores y se ponen las respectivas citas bibliográficas.

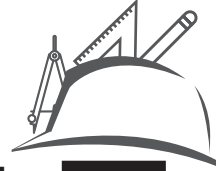
En cada término, que pueden ser en total cerca de diez o doce, se comienza con las palabras: “aproximación al concepto”, y allí se escribe el que corresponda. También se pueden utilizar las palabras: “elementos esenciales del concepto”, y se hace lo mismo que en el inciso anterior. Así mismo, se pueden poner las palabras: “aspectos claves del concepto”, que corresponda. De todas maneras, lo ideal se presenta con una rotación de estas palabras para evitar la monotonía. En el ejemplo del barrio El Dorado se pueden poner, entre otros: aproximación al concepto de aguas pluviales; elementos esenciales del concepto de aguas residuales; características claves del concepto de estudios de topografía para alcantarillados. En cada caso se describe la definición del concepto que tiene construido el investigador y lo argumenta con dos o tres autores.

En el mismo sentido, una vez se haga la cita textual o contextual, que deberá tener los mismos elementos descritos en el estado del arte, se harán las referencias bibliográficas correspondientes, las cuales se ampliarán en el listado final. Para pregrado y para especializaciones se sugiere que se haga con normas Icontec y para artículos en revistas de divulgación y en revistas indexadas y para tesis de maestrías y doctorados con normas APA o IEEE. Las APA se utilizan más en ingeniería civil y las IEEE en otras ingenierías como la electrónica y la de sistemas.

Adicionalmente, en el marco teórico se encuentra el glosario que se refiere a la relación de aquellas palabras que se usan en el proyecto y que no son tan conocidas. Estas se escribirán en orden alfabético y se presenta la definición o el sentido que el autor le quiere dar a esa palabra, en cerca de dos o tres renglones, a cada una. No se deben repetir aquellas palabras que se han estudiado como conceptos importantes en la aproximación conceptual (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a; Hernández *et al.*, 2018). Para seguir con el hilo de nuestro ejemplo, para el alcantarillado se deben definir términos como cota clave, cota batea, atraque, solado, flujo libre, cuenca, tiempo de concentración, entre otros.

En síntesis, indagar sobre otros estudios y sobre la teoría que hace parte de la investigación permite ampliar el horizonte del estudio, con análisis y exposición de las teorías, investigaciones y enfoques teóricos que se consideran importantes para la correcta orientación del proyecto (Hernández *et al.*, 1997). De esta manera, la construcción del conocimiento es mucho más profunda y los estudiantes van a recordar lo aprendido por mucho más tiempo, con base en la consulta de las diferentes teorías, en su reflexión y en la construcción de sus propios conceptos. A esto añaden Hernández *et al.* (2018) que la consulta sobre las teorías implica análisis y exposición de estas, condición que requiere una revisión de autores que han investigado o se encuentran investigando los temas principales sobre el proyecto a desarrollar.





## Capítulo 3

# Desarrollo del proyecto

### ⋮ Marco metodológico

En este apartado se relacionan los métodos que se utilizarán y los procedimientos que se van a llevar a cabo para desarrollar el proyecto y concluirlo. Los primeros se refieren a aquellos caminos que están inicialmente establecidos en las ciencias y que otros autores ya han seguido en sus procesos investigativos. Puede darse el caso en que se trabaje un método que no ha sido estructurado y que por primera vez se abre camino, pero no es lo más común (Perico-Granados *et al.*, 2015a, 166-174). Con frecuencia en la investigación formativa se confunde el método con la metodología, por lo tanto, esperamos establecer la diferencia en los siguientes párrafos.

En el mismo sentido, se define el método, de acuerdo con Palella *et al.* (2006), como la manera o el camino que se sigue para llegar a un fin y que en los procesos de la investigación implica la elaboración

de un plan y la selección de las técnicas para desarrollarlo. En cambio, Guffante *et al.* (2016) definen la metodología como la forma en la que se aplica el método en la investigación, refiriéndose al estudio cuantitativo, cualitativo, descriptivo, propositivo, entre otros, y los procedimientos, técnicas e instrumentos como consideraciones metodológicas aplicadas para desarrollar y cumplir los objetivos propuestos. Mientras el método es el camino que se quiere seguir, la metodología es el conjunto de actividades o tareas que se deben llevar a cabo para cumplir con los objetivos.

## ***Método***

Los métodos se han venido elaborando desde que se comenzó de alguna manera la misma investigación. Se tiene una primera clasificación, tal vez la más general, desde lo cuantitativo y lo cualitativo. Para Cerda (2005) el método cuantitativo se refiere a los proyectos de investigación que se van a trabajar con aspectos medibles en cantidades, como cifras, datos y muy posiblemente con estadísticas. De otro lado, el método cualitativo se refiere a las investigaciones que son personales o individuales, que se desarrollan en esencia con personas y de ellas se hacen resaltar sus cualidades. Este método se trabaja con comunidades muy concretas y las conclusiones que se obtienen son para esa comunidad, razón por la cual no son fácilmente generalizables.

En el método cuantitativo, como clasificación general, normalmente puede haber otros métodos que contribuyen a su precisión con base en los caminos que tome la investigación. Estos pueden ser descriptivos, que significa que se hace una descripción de los procesos que se han desarrollado, y también pueden ser explicativos, dado que casi siempre que se describe algo también se explica. Entonces, en el ejemplo que se estudia en el barrio El Dorado, en el alcantarillado, el método que se sigue es cuantitativo y se ayuda de los métodos descriptivo y explicativo.

## *Metodología*

Se denomina metodología a los procedimientos que se siguen para ir construyendo el proceso investigativo, hasta llegar a su finalización. Una manera sencilla para elaborar la metodología se hace relacionando las tareas que se requieren hacer para dar cumplimiento a cada objetivo. Se hace la misma actividad con todos los objetivos específicos. Entonces, cuando se llevan a cabo cada una de estas actividades de la metodología, se está dando cumplimiento a los objetivos específicos. De forma similar, con el cumplimiento de los objetivos específicos se cumple el general y de esta manera se están resolviendo las preguntas de investigación.

Al respecto, se hace una relación detallada, paso por paso, de las actividades que se requieren para cumplir cada uno de los objetivos, en el mismo orden que se sigue de forma secuencial. En unos casos se hace la redacción en un párrafo de las acciones de cada objetivo específico. Sin embargo, es más clara la presentación de la metodología cuando se hace una relación tarea por tarea, en lo posible como una lista, y de esta manera se visualiza con más claridad el proceso. Entonces, una vez construido el proyecto para llevar a cabo la investigación, esta es la parte que se desarrolla, en lo posible en el mismo orden en que se propuso. Sin embargo, pueden existir variantes si con los avances aparecen elementos que así lo aconsejen.

Es necesario aclarar que el proyecto no tiene resultados ni conclusiones, dado que estas se obtienen cuando la propuesta de investigación se ejecuta y se hace el informe final. Estos aspectos son tema de otro documento. Sin embargo, es bueno observar que el proyecto contiene en su diseño unas propuestas que se ponen en marcha con la metodología. Con el desarrollo de todas sus actividades se obtienen los resultados de la investigación y los estudiantes y docentes investigadores a ellos les hacen los análisis, como una confrontación con los conceptos y teorías propuestos en el marco teórico (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a).

## ⋮ **Administración del proyecto**

El investigador, paralelamente a sus potencialidades como investigador, deberá atender otros aspectos que son fundamentales para iniciar, desarrollar y concluir un proyecto de investigación. Estos son aspectos en los que los investigadores se deben entrenar y convertir en expertos para que los temas investigados sean conocidos por sus pares, por la comunidad científica y por la comunidad académica. Para Perico-Granados *et al.* (2015a), es necesario construirle viabilidad al proyecto, a través de conseguir los recursos económicos y físicos, y, además, comprometer a las personas que estarán involucradas en la ejecución del proyecto. Al respecto, el investigador funge como líder para formar los equipos de colaboradores, obtener los recursos intelectuales, de conocimientos, físicos y económicos y precisar el cumplimiento de los tiempos. El investigador es el responsable de cumplir las metas, alcanzar los resultados y de promover su divulgación.

En este sentido, Hernández *et al.* (2018) plantean que es labor esencial de la investigación y en este caso del investigador principal, buscar la manera de que se divulguen sus investigaciones, a través de publicaciones en revistas, en libros impresos o electrónicos, para lo cual es posible que el investigador también deba estar pendiente de estos procesos para que tengan efectividad sus investigaciones. Otra opción de divulgación es la de participar en congresos, seminarios, simposios y coloquios, que estén relacionados con su temática y presentar en ellos ponencias y conferencias. Así sus conclusiones y sus resultados los pueden conocer otras personas, otros investigadores y la comunidad científica. Además, de esta manera el investigador puede recibir comentarios, normalmente para mejorar; de lo contrario, sus investigaciones se pueden quedar en su computador y en su biblioteca.

### ***Presupuesto y cronograma***

Una vez concluida la elaboración de la metodología es necesario hacer una programación para su ejecución y establecer los costos que se necesitan para concluirla. Entonces, en este apartado es fundamental

tener presente la elaboración del presupuesto, tal como se comentó en la factibilidad, y elaborar el cronograma. Para el primero, el procedimiento comienza con hacer una relación de todos los gastos y las inversiones para la compra de materiales e insumos, y para los estudios y los diseños, si fuere el caso. Allí deben quedar consignados los gastos desde fotocopias; el uso del computador; los viáticos, de ser necesarios; la compra de todos los elementos que se requieren para los ensayos de laboratorio; entre otros. Cuando se precise, también deben incluirse los gastos de mano de obra calificada, como los laboratoristas, y no calificada, así como el uso de la maquinaria, entre otros aspectos (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2015a). Finalmente, se deben relacionar los gastos que se invertirán en ponencias, conferencias, elaboración de los artículos para revistas o de los libros para divulgar los resultados y las conclusiones encontradas.

En los ingresos se pondrán las personas e instituciones que financiarán la investigación, como el mismo investigador, con el aporte del uso del computador, la universidad, con la contribución de los laboratorios, si es el caso, precisando las cantidades en dinero o en especie con las que participa. Entonces, esta información quedará consignada como mínimo en una tabla con tres columnas. En la primera tendrá la relación de las actividades que se van a desarrollar, en la segunda tendrá lo que cuesta su ejecución, con el título de egresos y en la tercera tendrá los ingresos, con la respectiva entidad financiadora o de aportes personales, con la inclusión de su propio trabajo (Tamayo, 2003, pp. 231-255).

En esta misma parte del trabajo es conveniente escribir si hay unos posibles colaboradores en la investigación. Pueden colaborar personas con tiempos que es necesario concertar y allí se deben consignar sus nombres. De la misma manera, es posible que haya instituciones que quieran colaborar con materiales, materias primas o insumos y entonces es indispensable describirlas, para que en el momento apropiado se pueda apelar a ellas. Así mismo, también existe la posibilidad de encontrar otras instituciones que quieran contribuir con recursos

financieros o en especie, por lo cual es claro que se deben dejar establecidos estos acuerdos, con el propósito de saber en qué momento se podría recurrir a ellos. En síntesis, en este numeral se describirán por un lado el presupuesto y por el otro el cronograma de ejecución del proyecto de investigación (Tamayo, 2003).

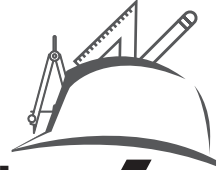
## ⋮ Bibliografía

En el caso de Colombia, el formato para proyectos de pregrado se establece de acuerdo con las normas Icontec. Allí se relacionan todos los textos citados y consultados como libros, artículos, proyectos de investigación y todas las demás fuentes secundarias que fueron utilizadas en el proyecto. Estos se escribirán en orden alfabético, por los apellidos, en mayúscula, seguido de una coma y luego el nombre, solo con mayúscula la primera letra, seguido de un punto. Viene el título del libro, en cursiva, seguido de la ciudad de publicación, con dos puntos y luego la editorial, seguido del año de publicación. Finalmente, irá el número total de páginas que tiene el libro (Tamayo, 2003). Sin embargo, es necesario consultar siempre la última norma del Icontec.

### ***Ejemplo:***

LEONARD, Annie. *La Historia de las cosas*, Bogotá: Fondo de cultura, (2011), 390 p.

De otro lado, cuando se trata de una tesis de maestría o de doctorado o investigaciones formales se utilizan las normas APA, normalmente para proyectos de ingeniería civil, y se usan las IEEE para ingeniería de sistemas y electrónica, como ya se dijo. También se usan estas normas, según la especialidad, para escribir artículos para revistas de divulgación o para revistas indexadas.



## Capítulo

---

# Elementos que contribuyen a mejorar el proyecto

# 4

### ⋮ **Anexos**

El proyecto puede tener anexos, que posiblemente fueron importantes cuando se obtuvo la información, como la transcripción de las entrevistas de exploración, la prueba piloto de la encuesta u otros documentos que pueden ser útiles para quien quiera confrontar los datos y lo propuesto en el proyecto. Igualmente, puede ponerse la información sin procesar o datos crudos que han sido necesarios, pero que no deben quedar en el cuerpo del proyecto. En el ejemplo propuesto, sobre el barrio El Dorado, se deben incluir las entrevistas hechas a los docentes y a los estudiantes, quienes estuvieron trabajando en el tema en esa época o que lo hicieron con posterioridad. Los anexos se ponen después de la bibliografía en los proyectos y en los informes de investigación. Normalmente se hace con las letras del alfabeto en mayúscula, ejemplo: Anexo A, Anexo B y así sucesivamente

## ⋮ **Temas potenciales para estudiar en proyectos en ingeniería civil**

En este apartado, para esta edición, se privilegian unos ejemplos para ingeniería civil. Sin embargo, queda pendiente adicionar otros ejemplos para otras profesiones de la ingeniería. Al respecto, existen muchas áreas identificadas para estudiar en proyectos de investigación en estructuras, en acueductos y alcantarillados, en saneamiento básico y ambiental y en geotecnia vial y en pavimentos en Colombia. De las que se relacionan es importante precisar la delimitación espacial, temporal y de las variables, para que el tema pase a convertirse en un problema más específico. Estos temas pueden formar parte de los que se van a tratar en los proyectos para semilleros *junior* y *senior* o en trabajos de grado.

Sin embargo, estos temas son solamente una guía. Se puede tomar cualquiera de ellos, si son del interés de los estudiantes o los profesores. De acuerdo con Perico-Granados, *et al.* (2017b) y con Hernández *et al.* (2018), el requisito más importante es que los actores tengan interés, que el objeto de estudio sea cercano a ellos y que lo tengan como prioridad para que le puedan dedicar el tiempo necesario en su investigación. De esta manera, se consigue la construcción del conocimiento de forma apropiada y duradera, a través de la reflexión, y las competencias humanas que de ellos se derivan. Entre los temas se destacan los siguientes en aspectos de geotecnia vial y pavimentos: subrasantes expansivas, drenajes en estas, mejoramiento de las mismas, subrasantes blandas, módulo de resiliencia de éstas parcialmente saturadas, variación del módulo de resiliencia de ellas en climas tropicales, estabilización de subrasantes blandas, subrasantes orgánicas, técnicas de caracterización de capacidad de soporte para pavimentos, correlaciones y contracción y desecación de subrasantes. Otros temas incluyen mecánica de fractura de materiales térreos, caracterización dinámica, fatiga de materiales de pavimento, deformaciones plásticas, equipos



de caracterización (pruebas triaxiales, fatiga), análisis de esfuerzos en sistemas multicapa, flujo de materiales de pavimento, drenaje en pavimentos, influencia de modificadores y mezclas de baja capacidad de deformación (Higuera, 2010).

En temas específicos de las estructuras de pavimentos, se tienen los relativos a suelos blandos, suelos expansivos, rehabilitación de estructuras de pavimento, sistemas de administración de pavimentos, desarrollo de sistemas expertos y bases de datos, usos de materiales marginales, instrumentación de pavimentos, análisis y seguimiento de estructuras construidas, ensayos no destructivos, técnicas de evaluación de pavimentos construidos y análisis probabilístico de estructuras de pavimento, entre otros. Estos temas sirven para profundizar contenidos disciplinares y con el método de proyectos, orientado por docentes expertos, se construyen también competencias humanas.

En temas similares está el reciclaje de pavimentos, estabilización de suelos y materiales, uso de materiales reciclados en pavimentos y pavimentos porosos (Higuera, 2010). Sin embargo, se puede ampliar esta relación de las otras áreas y cada docente tiene la opción de dejar abierta la posibilidad para que los estudiantes propongan los problemas para resolver. Entonces se hará un barrido por las áreas de estructuras, en acueductos y en alcantarillados y en saneamiento ambiental y se proporcionará la bibliografía apropiada.

### ⋮ **Metodología propuesta para docentes**

Se proponen unos elementos que han dado resultado, como reflexiones didácticas para promover los procesos investigativos, especialmente para la conformación de semilleros. Es conveniente escuchar a los estudiantes y ver cuáles de los temas que el profesor propone despiertan mayor interés en ellos. Así mismo, es importante observar si los estudiantes proponen otros y, en este caso, se podría eliminar algunos

de los propuestos por el docente, especialmente aquellos que no logren motivarlos o que no sean del interés de ellos (O'Connor y Seymour, 2003). El problema debe quedar bien construido, los objetivos bien establecidos y el proceso metodológico definido en el proyecto, como una relación de tareas o actividades, para evitar la dispersión de los investigadores y que se observe claramente el camino a seguir. De esta manera el sendero queda despejado para llevar a cabo la investigación y con un buen liderazgo del investigador se pueden resolver las dificultades que se presenten.

Es conveniente tener presente lo propuesto por los profesores Ruiz *et al.* (2010), de la Universidad Javeriana, sobre las didácticas activas. Los autores expresan que los experimentos llevados a cabo en los laboratorios permiten complementar los temas desarrollados en las clases. Así, los estudiantes se apropian de los conocimientos de una manera más natural y acorde con sus experiencias. Entonces, la motivación de los estudiantes se incrementa y la asistencia a clases es igualmente alta. Es pertinente reflexionar sobre la enseñanza, la educación y el conocimiento, sin perder nunca de vista los sujetos de la acción educativa: los estudiantes. De esta manera, se recomienda generar este tipo de actividades en las diferentes áreas de la ingeniería civil, así como en los diferentes currículos de los programas de ingeniería.

### ***Trabajo en equipo***

Matus (1987) y Randolph y Posner (1996) afirman que el trabajo en equipo, acompañado por la supervisión del docente, hará que se obtenga una mayor calidad académica, dado que se incrementa la autonomía y se despliegan mayores potencialidades de los estudiantes. En este sentido, se propone que los docentes desarrollen los seminarios indispensables y promuevan desde un principio el trabajo que deberán elaborar los estudiantes, preferiblemente en equipos de dos o tres integrantes. El seguimiento del docente debe ser frecuente, eficaz, efectivo y oportuno, que se puede programar de forma semanal por ejemplo

para observar los avances de los estudiantes, motivarlos y hacer las correcciones de forma apropiada. Se espera que con el trabajo en equipo se pueda obtener paulatinamente una mejor construcción del conocimiento, con una mayor profundidad y rigurosidad. Al respecto, se deben asignar unos tiempos de trabajo en el aula con el docente, otros de tutoría, en tiempos concertados, y unos tiempos de trabajo independiente, con el seguimiento del docente en los momentos que se necesiten.

En el mismo sentido, se requiere de un compromiso de los profesores que enseñen y faciliten la búsqueda de la información en las bibliotecas y en internet, específicamente en las bases de datos y en los libros físicos, como antecedentes, estado del arte y el marco teórico. Para Perico-Granados *et al.* (2017b), es necesario que los docentes expliquen el desarrollo de la forma de elaborar proyectos, en lo posible llevando a cabo talleres para ir construyendo el proyecto inicialmente en el aula de clase y poniendo metas que se puedan cumplir en los tiempos establecidos por la universidad y por el docente. Al respecto, el maestro debe guiar a los estudiantes para que lleven a cabo encuestas y entrevistas de exploración para precisar la construcción del problema y eso los motive para indagar en un buen estado del arte. De la misma manera, el docente puede sugerir la asistencia a los laboratorios para desarrollar ensayos que ofrezcan claridad a sus estudiantes sobre los problemas en proceso y puedan construir mejor los objetivos. Él debe estar atento para que todos los estudiantes participen, en lo posible en equipo, para que tengan un ritmo similar en la construcción del conocimiento.

### ***Apertura del CVLAC***

Igualmente, se propone que con la asistencia del profesor se diligencie el Curriculum Vitae Latinoamericano y del Caribe, CVLAC, en Colciencias, de cada uno de los participantes, con el propósito de vincular su producción al grupo de investigación. Entre esta producción estarán

las ponencias en congresos y eventos nacionales e internacionales, los artículos en diferentes clases de revistas y los libros o capítulos de libros, generados con el proceso investigativo. Esta actividad siempre estimula mucho más a los nuevos investigadores.

Sin embargo, para ello se requiere de un proyecto bien elaborado, que permita buenos resultados. Un proyecto correctamente construido equivale a cerca del 40 % de la ejecución del proyecto y su finalización, dado que se tienen los aspectos esenciales para llevarlo a cabo. De esta manera, los estudiantes se motivan para seguir investigando cuando ven sus producciones en sus CVLAC, como producto de publicaciones hechas en diferentes espacios o socializadas en eventos. Así, ellos participan en semilleros, luego como monitores y probablemente como jóvenes investigadores, tanto en las mismas universidades como financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Minciencias. Muchos estudiantes han hecho este proceso y son excelentes docentes e investigadores.

Este mismo procedimiento se puede llevar a cabo en los tres apartados de una investigación, como este que es el proyecto, el siguiente que es el informe del desarrollo de la investigación y el que corresponde a la escritura del artículo. Para privilegiar la ejecución de los proyectos, cada docente utilizará las ayudas visuales y audiovisuales que crea conveniente, en las exposiciones magistrales, que en lo posible sean mínimas, con privilegio de las didácticas activas, entre las cuales está el método de aprendizaje basado en problemas orientado por proyectos.

### ***Acompañamiento al estudiante***

Autores como Tamayo (2003) y Perico -Granados, *et al* (2017b) proponen que se privilegien siempre los talleres, el juego de roles, los laboratorios, las visitas y la experimentación del estudiante en general. En este sentido, una buena muestra podría tomarla el docente

revisando en conjunto con los estudiantes los proyectos elaborados en la universidad, que se encuentran en la biblioteca, en la página de la facultad en publicaciones o en las revistas del programa. Así mismo, pueden revisar los artículos de las revistas de otras facultades de la universidad y de los libros que se tengan en publicaciones, como producto de investigación. De acuerdo con las circunstancias es conveniente tomar como dispositivo de discusión y tema de análisis, uno o dos videos que tengan relación con la materia que se esté trabajando.

Una buena estrategia para incrementar el proceso investigativo es mostrar las ventajas que se tienen en términos de construcción del conocimiento y en la estructuración personal. Así mismo, las ventajas que ofrecen las investigaciones, tanto en la formación como en los requisitos que se tienen para una futura maestría o doctorado de los mismos estudiantes. Entonces, es conveniente que el docente muestre las estadísticas que se puedan tener en la universidad, sobre el proceso de investigaciones, artículos, ponencias y los egresados que hayan hecho maestrías y doctorados, con base en esta línea de acción. Queda como tarea a los profesores para que indaguen sobre los perfiles de grandes maestros e investigadores y observen y compartan con sus estudiantes su recorrido.

Se reitera la potencialidad que se deriva de la conformación de grupos o equipos de trabajo, integrada por dos o tres personas, que facilita, mejora y promueve el trabajo investigativo. Para Tamayo (2003), una acción sustantiva del docente es la de oficiar como orientador en los tiempos y en los costos del proyecto, llevar a cabo una gran motivación y así se pueda ver un horizonte factible. Si los estudiantes están avanzando a un ritmo interesante y el profesor ve que supera sus capacidades de tiempo, entonces deberá proponer un docente de otro semillero de investigación, que esté especializado en la materia de investigación.

Una vez el proyecto esté bien elaborado, a juicio del profesor, se puede entregar para la revisión del comité de investigación para someterlo a aprobación. Siempre que las actividades de investigación sean dinámicas y despierten el interés de los estudiantes, la asistencia a las clases se incrementa de manera importante y con estos proyectos bien fundamentados se disminuye la deserción y se mejora el índice de aprobados, sin negligencia asistencialista (Freire y Faundez, 2014). El buen docente no descarta temas de investigación. Desde el punto de vista eminentemente técnico todo proyecto se puede ejecutar, puede ser muy pertinente uno propuesto por los estudiantes, entonces, el docente puede orientarlos para ir precisando los temas, establecer la problematización para que sea posible obtener resultados tangibles en un determinado horizonte de tiempo para evitar el desánimo y con una buena delimitación del problema que se va a resolver.

Se insistirá en que, en lo posible, se debe evitar el cambio de proyectos a lo largo del desarrollo del mismo. Para ello es esencial que el profesor dedique un buen tiempo al comenzar, para definir de manera apropiada los temas con cada uno de los grupos de estudiantes. Así, el docente deberá estar muy cercano a la construcción del proyecto para que tenga continuidad, de modo que, los discentes aprenden mucho más que al estar cambiando de tema, porque si optan por esta alternativa puede menoscabar su constancia y disciplina.

Como sugerencia general, es bueno tener presente que las afirmaciones científicas van cambiando paulatinamente y pueden también generar saltos cuánticos (Kuhn, 1992). Por esta razón, es conveniente que los estudiantes se muevan en los cuestionamientos, dudas y preguntas para poder avanzar en los conocimientos. Estos no son monopolio de nadie, ni por mucho tiempo prevalecen de la misma manera. Entonces, adelante para intentar intervenir en ellos y construir sus propios aprendizajes, tanto profesores como estudiantes. Esta misma postura evita

las actitudes dogmáticas para aprender e investigar. La investigación para iniciar, parte de la realidad y no del marco teórico, por lo cual se precisa la importancia de aprender con la experiencia. Al estudiante se le puede enseñar, explicar, pero solo con la experiencia combinada con la teoría construye de forma real sus conocimientos (Dewey, 2010).

El docente siempre deberá dejar claramente establecidas las tareas para el trabajo independiente. En el aula promoverá la reflexión sobre la práctica, que es la praxis, tanto de las visitas como de los ensayos de laboratorio y demás experiencias. En esencia, los contenidos serán prácticos y sólidos con resultados precisos. Los ejemplos siempre estarán orientados a la especialidad por la cual sienta gusto el estudiante, aunque el docente no domine esa área. En este caso, se podría, para ese grupo específico de dos o tres estudiantes, conseguir la orientación de otro profesor.

### ⋮ **Otros aspectos prácticos: talleres**

En un principio, se solicita que se estructuren los grupos de trabajo por afinidades, máximo de tres estudiantes. A partir de allí se propone que los talleres que se lleven a cabo conduzcan a armar el proyecto de investigación.

#### **Taller 1**

▶ **Selección del tema:** este se hará entre los integrantes del respectivo grupo y con la asesoría del profesor. En este mismo taller se llevará a cabo la selección del problema, su descripción, definición, delimitación y planteamiento. Este taller puede llevarse a cabo en varias sesiones y depende de los conocimientos previos, de los intereses y de las perspectivas de los estudiantes y del apropiado acompañamiento del maestro.

## Taller 2

► **Elaboración de los antecedentes y el estado del arte:** se les pedirá previamente que investiguen en libros y en bases de datos los proyectos relacionados con el problema o con otros similares. En este mismo taller se deberá elaborar la justificación, haciendo hincapié en el impacto humano, social, ambiental, tecnológico, científico y económico, en lo posible en este orden (Morín, 2001; Perico-Granados *et al.*, 2017b).

## Taller 3

► **Delimitación de los objetivos y la factibilidad:** además de la asesoría del docente, es conveniente que cada grupo de trabajo escriba los objetivos propuestos, los comparta públicamente, para su proyecto y en un trabajo colaborativo, todos los integrantes del curso contribuyan con sus comentarios al mejoramiento probable de los objetivos. Es necesario el criterio del docente para que se verifique la integración de todos y cada uno de los componentes fundamentales de los objetivos. En este mismo taller es interesante que se vea si el proyecto es realmente factible, con base en lo establecido en el proyecto: conocimientos, costos y tiempos. Los investigadores deben revisar muy bien la factibilidad del proyecto para evitar posteriormente la desmotivación de los estudiantes.

## Taller 4

► **Conformación del marco teórico y del marco metodológico:** especialmente para que se incluyan y se estudien los principales conceptos que alumbran el proyecto y probablemente las teorías y si fuera necesario las normas correspondientes. Es clave la orientación del docente para diferenciar de manera clara los conceptos y el glosario.



Así mismo, estará aquí, en este taller, el marco metodológico que incluyen los métodos probables que se van a utilizar y el procedimiento que se va a seguir para darle cumplimiento a los objetivos del proyecto, convertidos en tareas. Finalmente, se incluirá en este taller el presupuesto y el cronograma con la asesoría del docente.

El profesor tiene también el trabajo de revisar las diferentes actividades que van elaborando los grupos, con el propósito de analizar los tiempos utilizados y requeridos, para el desarrollo de todos y cada uno de los capítulos del proyecto. Así mismo, deberá manifestar su disponibilidad para resolver las consultas tanto de manera presencial como virtual. El proceso y el desarrollo del proyecto adquieren seriedad, si el docente es estricto con estos tiempos y los hace cumplir por los estudiantes, de tal manera que se cumplan las metas periódicas.

### Taller 5

► **Elaboración de los referentes bibliográficos, divulgación y anexos:** de acuerdo con las normas que se estén utilizando se requiere del docente el acompañamiento para que los discentes aprendan de forma correcta la elaboración de los referentes bibliográficos, con base en las citas que hagan en el texto. De la misma manera, cuando se trate de una investigación que pueda requerir apoyo de otros estudiantes, es necesario hacer la divulgación por los medios disponibles para que se encuentre el apoyo que se busca. Es importante que se tenga la asesoría para saber la clase de documentos que pueden ponerse en los anexos, la presentación y su ubicación.

Conviene que el docente tenga un buen banco de proyectos de diferentes especialidades, para que de acuerdo con los gustos de los grupos puedan escoger, en el evento que ellos después de los debates correspondientes, no hayan conseguido precisar un proyecto. De otro lado, la evaluación será global referida al conjunto de capacidades

y atendiendo a los objetivos diseñados, para los diferentes ciclos del proyecto. Dicha evaluación tendrá carácter continuo, y recogerá toda la información posible del proceso, la participación, el trabajo en equipo, los avances y los resultados finales. La evaluación tendrá un carácter formativo, regular, analítico y orientador. Finalmente, todos o unos talleres pueden tener una duración mayor a una sesión de clase, cada uno, con base en los temas, contenidos de aprendizaje y a los intereses de los estudiantes, para permitir una buena construcción del proyecto.

### ⋮ **Importancia de los proyectos en la formación profesional**

#### *Contribuyen en la formación democrática y solidaria*

Por las circunstancias que se viven en la época contemporánea como el incremento de la inequidad social, política, económica y cultural, hoy el mundo requiere de una formación mucho más humana y menos de la que privilegia la racionalidad técnica. Al respecto, para Guadarrama (2012), en la época contemporánea y el vivir diario, es importante entender que este aspecto social desde el punto de vista educativo debe establecer políticas especialmente en lo humanístico. Para Perico-Granados *et al.* (2019), el método contribuye en la formación de las personas y en la de los profesionales, pero de forma muy importante permite la formación democrática, por los procesos que se viven en su ejecución. En este sentido, el aprendizaje es el resultado de varios factores donde no solo se aprende en la escuela, sino que la sociedad es el primer ámbito donde se da una educación al individuo. Al respecto, es conveniente recordar que la escuela y otros centros del saber se conciben como escenarios indispensables en la sociedad, para que el aprendizaje de cada estudiante sea significativo, comprensible y relevante para el pensamiento crítico por medio de métodos experimentales (De Zubiría, 2006).

En la construcción del conocimiento por proyectos, los estudiantes eligen de forma libre el tema que quieren trabajar (Perico-Granados *et al.*, 2017b). Entonces, desarrollan la investigación de forma cooperativa, hasta lograr su producto final (artículo, informe, exposición, etc.). Durante todo el proceso el profesor es un guía que permite el desarrollo, si todo funciona de forma normal y coherente, e interviene si esto no sucede (López de Sosoaga *et al.*, 2015).

### ***Se fundamentan en actividades y en la reflexión***

Para Travieso y Ortiz (2018), en el método existen tres principios relacionados con el aprendizaje, el primero consiste en valorar el aprendizaje como sistema de construcción y no de pasividad. El segundo está en la capacidad de la persona para reflexionar sobre el proceso de pensamiento y la forma en que aprenden, empleando el conocimiento. Por último, se resalta el carácter social del aprendizaje y en este aspecto se asume el conocimiento como la construcción del hombre en su interacción con su entorno y con el ambiente. Entonces, estos tres principios fundamentados por el docente y socializados con sus estudiantes coadyuvan en la construcción de conocimientos con gran solidez y con mayor recordación, para un buen desempeño en la sociedad y con una orientación para fortalecer la democracia para que evite el dominio del mercado y prevalezca el liderazgo de las personas (Pérez-Tapias, 2017)

Para autores como Rodríguez y Cortés (2009) y Perico-Granados *et al.* (2017b), los estudiantes que ingresan en un sistema educativo basado en el aprendizaje por medio de proyectos tienden a ser más autónomos con experiencias positivas y perciben de forma óptima el aprendizaje. Por su parte Martí *et al.*, (2010) afirma que con el método se solucionan problemas complejos tanto en lo social como en lo ambiental. La elaboración de proyectos se muestra como una estrategia didáctica que hace parte de las metodologías activas, con base en una investigación que genera soluciones al planteamiento del problema. De esta manera se resuelven los problemas con un proceso continuo de construcción del conocimiento.

Del mismo modo, para Pujol (2017), el aprendizaje o construcción del conocimiento se hace de forma activa, con base en la experiencia de los actores, tanto con la que se genera en el proceso en sí mismo como con la que los mismos traen de sus vivencias pasadas. Igualmente, se basa en la interacción con el mundo, sumada a la labor del docente en la planeación de los proyectos y en asegurar el proceso continuo de aprendizaje. Las actividades que se llevan a cabo en el desarrollo del proyecto, tanto en labores prácticas o experimentales, entre ellas las visitas a obras, la toma de muestras y los ensayos de laboratorios, como en la confrontación de los conceptos, son las que permiten la reflexión y la construcción del conocimiento.

### ***Promueven la construcción de principios y valores***

El trabajo en la construcción y fortalecimiento de los valores desde los centros educativos primarios, se integra por las familias y los estudiantes, observándose que cuando estos interactúan de forma continua, se logra que el estudiante sea responsable, maduro y capaz (Tamayo, 2003; Perico-Granados *et al.*, 2014b). Sin embargo, con el método de proyectos se tienen espacios para desarrollar competencias humanas y los principios y valores que se requieren en el desarrollo de la profesión. En este sentido, la universidad es el espacio óptimo de aprendizaje en el ámbito profesional, cultural y de desarrollo del carácter humano. En el proceso de la ejecución del proyecto se generan espacios para la colaboración, la solidaridad, la cooperación, la construcción del pensamiento crítico y la autonomía, entre otras competencias humanas. Al respecto, los profesionales contemporáneos requieren de la construcción del conocimiento para la generación de competencias y capacidades para una educación efectiva tanto técnica como humana, dado que cuanto mayor sea la formación del ser humano existe menos probabilidad de corrupción. En este sentido, Perico-Granados *et al.* (2017a) expresan en una investigación que la corrupción en Colombia se presenta de forma inversamente proporcional al nivel educativo.

Cuanta más educación y formación humanística tenga una persona, la probabilidad de corromperse es menor. Es importante implementar metodologías de trabajo y didácticas que permitan estar cerca del interés de los estudiantes y de los profesionales hacia la investigación académica, aspecto que genera como resultado un conocimiento profesional útil para la sociedad.

Una vez construido un proyecto, el reto del ingeniero es hacer lo necesario para ejecutarlo y su mayor satisfacción profesional es ver construida la obra con base en sus estudios y diseños. Al respecto, del ejemplo descrito en el texto, se encontró que en 2019 se pueden observar mejoras en el barrio El Dorado, con respecto a espacios deportivos para los jóvenes y niños. Así mismo, unas vías se han reformado e incluso varias se han pavimentado y se les hizo la señalización, especialmente en la vía principal, como la Ruta del Gobernador. Igualmente, se construyeron andenes más amplios para personas con discapacidad y espacio para ciclistas, como se observa en las figuras 7 y 8.

**Figura 7.**  
Andenes y ciclo vía, Ruta del Gobernador



**Fuente:** fotografía de Heidy Madeleine Arévalo Algarra, 2019.

**Figura 8.**  
Mejoras de espacios deportivos y de recreación



**Fuente:** fotografía de Heidy Madeleine Arévalo Algarra, 2019.

# ∴ A MODO DE CONCLUSIÓN ∴

- ∴ Un proyecto de investigación o proyecto de ingeniería aplicada contribuye de forma efectiva en la construcción del conocimiento tanto en la parte disciplinar como en la formación de competencias humanas. En lo disciplinar acerca a los estudiantes a actividades que probablemente van a hacer cuando se gradúen y las competencias humanas se fortalecen con la interacción frecuente con varios actores, aspectos que con otros métodos no se hacen.

Con docentes que se formen en conducir proyectos de investigación se puede aprender en equipo desde la construcción del problema, la indagación del estado del arte, la justificación y elaboración de objetivos, que con un marco teórico apropiado pueden llevar a la formación de buenos investigadores, expositores y escritores. De esta manera, los discentes se incentivan a investigar para aprender porque ven caminos posibles para recorrer, con elementos retadores para obtener resultados tangibles y que luego pueden divulgar.

Con la construcción del proyecto, los estudiantes se motivan mucho más en los aprendizajes disciplinares por la interacción con los medios, herramientas y procesos de la profesión. Muchas veces ellos construyen el conocimiento con más facilidad con el intercambio de ideas con sus compañeros que cuando solamente asisten a clase. Con el análisis y con las observaciones de visitas y de los procesos decantan y recuerdan por más tiempo lo aprendido.

Con una adecuada orientación de los docentes se forman competencias humanas que se consolidan en el proceso como la solidaridad, la cooperación, colaboración, reflexión, pensamiento crítico, autonomía y trabajo en equipo, entre otras. Estas competencias son parte muy importante de un buen profesional de la ingeniería que puede hacer de este mundo un sitio mejor para vivir como es parte de su misión.

Con el método de proyectos y con maestros que orienten de forma apropiada la construcción de competencias humanas, con la creación de ambientes propicios, los estudiantes pueden contribuir en el fomento de unas comunidades más humanas y más equitativas. Estas permitirán fortalecer la sociedad civil y la democracia, a partir del diseño y construcción de obras seguras y estables, para el beneficio del país, con sostenibilidad ambiental.

Se invita a realizar nuevas publicaciones, a partir de investigaciones, en donde se desarrollen puntualmente otros apartados de los proyectos y se profundice en las potencialidades que se pueden obtener de su apropiada aplicación. Hay mucho campo por estudiar y el reto está en proponer y llevar a cabo estos análisis que permitan mejorar todos los días lo que tiene el mundo para todas las personas.



# ⋮ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ⋮

Antuna, P. (2015). *Guía de procedimientos para la elaboración y presentación del proyecto de investigación de tesis*. Durango: UJED. Recuperado de: [https://issuu.com/carlosmartineztorres/docs/guia\\_de\\_procedimientos\\_para\\_la\\_elab](https://issuu.com/carlosmartineztorres/docs/guia_de_procedimientos_para_la_elab)

Araque-Niño, I., Britto-Aponte, M., Cuellar-Rodríguez, L y Perico-Granados, N. (2020). “Fitorremediación en aguas reiduales sin tratamiento previo, caso: Tierranegra, Boyacá”, *Revista de Tecnología*, 1(1). Recuperado de: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/2950>

Arias, F. (2006). *Mitos y errores en la elaboración de tesis y proyectos de investigación*. (3ª ed.). Caracas: Episteme. Recuperado de: <https://luiscastellanos.files.wordpress.com/2016/04/mitos-y-errores-en-tesis-fidias-g-arias.pdf>

- Ávila, E., Soto, A., Vargas, Y., Rodríguez, A., Mesa, L., y Perico, N. (2012). *Estudios preliminares de Ingeniería Civil con responsabilidad ambiental*. Tunja: Universidad Santo Tomás. Recuperado de: [www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Estudios\\_Preliminares\\_Com.pdf](http://www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Estudios_Preliminares_Com.pdf)
- Balestrini, M. (2006). *Cómo se elabora el proyecto de investigación* (7ª ed.). Caracas: Consultores Asociados Servicio Editorial. Recuperado de: [https://issuu.com/sonia\\_duarte/docs/como-se-elabora-el-proyecto-de-inve](https://issuu.com/sonia_duarte/docs/como-se-elabora-el-proyecto-de-inve)
- Bavaresco, A. (1994). *Proceso metodológico en la investigación*. (2ª ed.). Maracaibo: Universidad del Zulia.
- Briones, G. (1985). *Métodos y técnicas de investigación para las ciencias sociales*. México: Trillas.
- Canales, F., Alvarado, E., y Pineda, E. (1986). *Metodología de la investigación*. México D. F.: Editorial Limusa.
- Cerda, H. (2005). *De la teoría a la práctica, el pensar y el hacer en la ciencia y en la educación*. Bogotá: Magisterio.
- Covey, S. (2012). *La 3a alternativa: Para resolver los problemas más difíciles de la vida*. Barcelona: Paidós.
- De Zubiría, J. (2006). *Los modelos pedagógicos. Hacia una pedagogía dialogante*. (2ª edición). Bogotá: Magisterio Editorial. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/154227729/ZUBiria-Julian-Los-modelos-pedagogicos-hacia-una-pedagogia-dialogante>
- Dewey, J. (2010). *Cómo pensamos: nueva exposición de la relación entre pensamiento y proceso educativo*. Barcelona: Paidós.

- Freire, P y Faundez, A.(2014). *Por una pedagogía de la pregunta: crítica a una pedagogía basada en respuestas a preguntas inexistentes*. São Paulo: Siglo XXI Editores.
- Gadamer, H. G. (2007). *Verdad y método*. Verona: Salamanca.
- Guadarrama, P (2012). *Pensamiento filosófico latinoamericano: humanismo, método e historia* (tomo III). Bogotá: Planeta.
- Guffante, T., Guffante, F y Chávez, P (2016). *Investigación científica. El proyecto de investigación*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimix, A. y Moreno,. L. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Alicante: Área de innovación y desarrollo, S. L. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=y3NKDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P (1997). *Metodología de la investigación*. (4ª ed.). México, D. E: McGraw-Hill. Recuperado de: [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf)
- Higuera, C. (2010). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Kuhn, T. (1992). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: Universidad de Chicago.
- Kolmos, A. (2004). Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados con base en proyectos. *Educar*, (33), 77-96.

- Leonard, A. (2011). *La historia de las cosas*. Bogotá, D. C.: Nomos Impresores S.A.
- López de Sosoaga, A., Ugalde, A., Rodríguez, P. y Rico, A. (2015). La enseñanza por proyectos: una metodología necesaria para los futuros docentes. *Opción*, 31(1), 395-413. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/310/31043005022.pdf>
- Martí, J. A., Heydrich, M., Rojas, M. y Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21. Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/EJM-04-2011-0191>
- Matus, C. (1987). *Adiós señor presidente*. Caracas: Pomaire.
- Montes del Castillo, Á. y Montes Martínez, A. (2017). Guía para proyectos de investigación. *Universitas*, 12(20), 91. Recuperado de: <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/universitas/article/view/20.2014.04>
- Mora, A. (2004). Guía para elaborar una propuesta de investigación. *Revista educación.*, 29(2), 77-97. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/440/44029206.pdf>
- Morín, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Bogotá, D. C.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Muñoz, C. (2011). *Como elaborar y asesorar una investigación de tesis*. (2ª ed.). México, D. F.: Pearson Educación. Recuperado de: [https://issuu.com/arloaiza/docs/como\\_elaborar\\_y\\_asesorar\\_una\\_invest](https://issuu.com/arloaiza/docs/como_elaborar_y_asesorar_una_invest)
- O'Connor, J. y Seymour, J. (2003). *Didácticas para formadores*. Barcelona: Urano.
- Ortiz, N. (2009). *La elaboración de los proyectos de investigación*. El Cid.

- Oyarzún, M. y Aguirre, M. (2012). Relevancia de las referencias bibliográficas en artículos de revistas médicas. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 28, 138-142. Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0717-73482012000200006>
- Palella, S. y Martins, F. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa* (2ª. ed.). Caracas: FEDUPEL. Recuperado de: <https://issuu.com/jesusbricenoprieto/docs/178265729-metodologia-de-la-investi>
- Pérez-Tapias, J. (2107). *La insostenible contradicción de una democracia cínica*, editorial: universidad de Granada
- Perico-Granados, N., Arévalo, P., Suárez, P., Vargas, M., Vargas, Á., Vargas, N. y Sotobán, M. (2012). *Semillero El Espíritu del Ingenio*. Tunja: Universidad Santo Tomás. Recuperado de: [www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Semillero\\_el\\_Espiritu\\_del\\_Ingenio.pdf](http://www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Semillero_el_Espiritu_del_Ingenio.pdf)
- Perico-Granados, N., Acosta, P. y Perico-Martínez, N. (2014a). El ensayo, para formar profesionales reflexivos. *Ingenio Magno*, 5, 111-119. Recuperado de: [http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingenio\\_magno/article/view/885/858](http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingenio_magno/article/view/885/858)
- Perico-Granados, N., Antolínez, N. y Rivera, J. (2014b). Incidencia de las condiciones laborales rurales en el clima de aula. *Quaestiones Disputatae*, 15, 19-31. Recuperado de: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/qdisputatae/article/view/838/811>
- Perico-Granados, N., Caro, C. y Garavito, L. (2015a). El proyecto en la investigación formativa. *In vestigium Ire*, 9(1), 166-174. Recuperado de: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/1156/1122>

- Perico-Granados, N. R., Sánchez-Olarte, H. y Medina-Roa, J. (2015b). Elementos para exposiciones orales en la formación profesional. *Quaestiones disputatae*, 8(16), 69-82. Recuperado de: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/qdisputatae/article/view/954>
- Perico-Granados, N. (2017). *Formación de docentes de Ingeniería Civil en la Universidad Santo Tomas de Tunja* (tesis inedita). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Perico-Granados, N., Pachón, J. y Perico-Martínez, L. (2017a). Educación y ética contra la corrupción. *Revista Digital de Historia de la Educación*, 20, 465-475. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/44975>
- Perico-Granados, N., Sanchez, P y Suárez-Alvarado, P. (2017b). Experiencias del docente y monitorias con el método de aprendizaje basado en proyectos (ABPr). Caso de estudio: unas asignaturas de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás de Tunja. Tunja, Colombia. 331-342. Recuperado de: [http://rdigitales.uptc.edu.co/memorias/index.php/ped\\_practicas/ped\\_practicas1/paper/viewFile/2706/2768](http://rdigitales.uptc.edu.co/memorias/index.php/ped_practicas/ped_practicas1/paper/viewFile/2706/2768)
- Perico-Granados, N. y Arévalo-Algarra, H. (2019). Gestión del riesgo en obras de infraestructura y competencias humanas. [Archivo de vídeo] En: Edumedios UPTC. *Seminario: Gestión del riesgo en infraestructura*. Recuperado el 11 de mayo de 2019, de: [https://www.youtube.com/watch?v=yv9Cw\\_0i-w4&t=2796](https://www.youtube.com/watch?v=yv9Cw_0i-w4&t=2796)
- Perico-Granados, N., Dávila, M., Murcia, K., Arévalo-Algarra, H. (2020). Construcción de competencias humanas en Ingeniería, Universidad de Monserrate, *Revista hojas y hablas*, (19). Recuperado de: <http://revistas.unimonserrate.edu.co:8080/hojasyhablas/article/view/169/219>

- Pujol, F. (2017). *El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje por descubrimiento guiado como estrategias didácticas en Biología y Geología de 4º de ESO (trabajo fin de máster)*. Universidad Internacional de La Rioja. Palma de Mallorca, España. Recuperado de: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/6052>
- Randolph, A. y Posner, B. (1996). *Gerencia de proyectos, cómo dirigir exitosamente equipos de trabajo*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Ríos, R. (2017). *Metodología para la investigación y redacción*. Málaga, España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L. Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros/img/portadas/1662.pdf>
- Rodríguez, E. y Cortés, M. (2009). Evaluación de la estrategia pedagógica «aprendizaje basado en proyectos». Percepcion de los estudiantes. *Educación y educadores*, 13(1), 1-16. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/aval/v15n1/v15n1a08.pdf>
- Rodríguez, S. (2016). *El humanismo en Pablo Guadarrama González e interacción didáctica desde la enseñanza de la filosofía a partir de la música, en el grado decimo (IED Fernando Mazuera Villegas)* (tesis de maestría). Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3546/RodriguezPiñerosSalomon2016.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruiz, D., Magallón, J. y Muñoz, E. (2010). Herramientas de aprendizaje activo en las asignaturas de ingeniería estructural. *Ingeniería y Universidad*, 10(1).
- Rutherford, E. (1908). *La forma de pensar de Niels Bohr*. Recuperado de: <https://roserbatlle.files.wordpress.com/2009/09/la-forma-de-pensar-de-niels-bohr.pdf>

- Schmelkes, C. y Elizondo, N. (2010). *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación*. (3ª. ed). México, D. F.: Oxford University Press. Recuperado de: [https://issuu.com/danielequiz/docs/imanua\\_1](https://issuu.com/danielequiz/docs/imanua_1)
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Madrid: Paidós.
- Sullcaray, S. (2013). *Manual autoformativo - Metodología de la investigación*. Lima: Universidad Continental. Recuperado de: [https://issuu.com/ucvirtual/docs/manual\\_metodologia\\_de\\_la\\_investigacion](https://issuu.com/ucvirtual/docs/manual_metodologia_de_la_investigacion)
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. Ciudad de México: Limusa.
- Toledo, M. (2010). Entrevista de exploración del trabajo ejecutado para subsidios de vivienda. *Universidad Santo Tomás*, 6. Tunja: Archivos del programa de Ingeniería civil, Programa de Vivienda.
- Travieso, D. y Ortiz, T. (2018). Aprendizaje basado en problemas y enseñanza por proyectos: alternativas diferentes para enseñar. *Revista cubana de educación superior*, 37(1), 125-133. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142018000100009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142018000100009).

## Otras fuentes consultadas :

- Amartya, S. y Kliksber, B. (2007). *Primero la gente*, Barcelona: Ediciones Deusto.
- Cerda, H. (1988). *Los elementos de la investigación*. Bogotá, Colombia: Editorial El Búho.



- Constitución Política de Colombia. [Const.]. (1991).
- Covey, S. (2004). *Primero lo primero*, Barcelona, España: Paidós.
- Deslauriers, J-P. (2004). *Investigación cualitativa*, Pereira, Colombia: Papiro.
- Elliot, J. (2005). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata.
- García-Acosta, V. (1997). *Historia y desastres en América Latina*. Bogotá, Colombia: La Red.
- Garduño, R. (2003). *El veleidoso Clima*. México, D. F.: Impresora El Progreso, S.A.
- Garza-Mercado, A. (2007). *Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales y humanidades*. Ciudad de México: Colegio de México.
- Heras, A. (2011). Pensar la autonomía. Dispositivos y mecanismos en proyectos de autogestión. *Intersecciones en Comunicación* 5: 31-64.
- Hernández, A. y Guadalupe, I. (2018). *Metodología de la investigación*. (2ª ed). Hermosillo, México: Colegio de bachilleres estado de sonora. Recuperado de: [https://issuu.com/cobach/docs/metodologia\\_investigacion1](https://issuu.com/cobach/docs/metodologia_investigacion1)
- Hernández-Díaz, F. (1988). *Métodos y técnicas de estudio en la universidad*. Bogotá: Mcgraw-Hill.
- Jiménez, A. (2004). *Formación de profesores de matemáticas: aprendizajes recíprocos escuela-universidad*. Tunja, Colombia: Búhos Editores.
- Max-Neef, M. (1977). *El desarrollo a escala humana: una opción para el futuro*. Medellín: Proyecto 20 editoriales.

- Perico-Granados, N., Barrera-Acevedo, J., Esquivel-Albarracín, D., Perico-Martínez, C. (2019). El método de proyectos en Geotecnia Vial, caso: balasto para vía férrea Belencito Paz de Río. *Quaestiones Disputatae*, 12(24), 53-70
- Perico-Granados, N., Guzmán, E., Vargas, H., Hernández, M., Sánchez, M., Torres, A., et al. (2012). *Primeros pasos en la formación de docentes de Ingeniería Civil*. Tunja: Universidad Santo Tomás. Recuperado de: [www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Primeros\\_pasos\\_en\\_la\\_formacin\\_de\\_docentes\\_de\\_Ingeniera\\_Civil.pdf](http://www.ustatunja.edu.co/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Primeros_pasos_en_la_formacin_de_docentes_de_Ingeniera_Civil.pdf)
- Poveda-Ramos, G. (1993). *Ingeniería e historia de las técnicas*, Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Rengel, W. y Giler, M. (2018). *Publicar investigación científica*. Manabí, Ecuador: Editorial Mar Abierto. Recuperado de: [https://issuu.com/marabiertouleam/docs/publicar\\_investigacion\\_cientifica](https://issuu.com/marabiertouleam/docs/publicar_investigacion_cientifica)
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: UIS.
- Suárez, J. (2003). *Caracterización de los deslizamientos*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Tafur, J. (2009). *Origen, clasificación y características de los residuos sólidos*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.



El libro *Guía práctica de investigación en ingeniería: Apoyo a la formación de docentes y estudiantes*, tiene como propósito facilitar a los docentes y estudiantes de las áreas de ingeniería en la construcción de un proyecto de investigación de forma didáctica, aportando elementos necesarios para quienes están interesados en iniciar y construir proyectos de investigación empírico analíticos, que son métodos tradicionales de la ingeniería.

Invitamos a todos los lectores a iniciar en la metodología, como procedimiento, para que sigan una ruta precisa y eviten las pérdidas de tiempo en aspectos que los pueden distraer. Igualmente, se pretende que, dado el alto volumen de información disponible en diferentes medios, los profesores y los estudiantes encuentren un camino que les permita seleccionar los datos pertinentes y llevar a cabo procesos de investigación que les ayuden a construir sus conocimientos de forma sólida siendo una forma de despertar el gusto por la investigación.



**UNIMINUTO**

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos

Sede Cundinamarca

ISBN: 978-958-763-416-7



9 789587 1634167