

LOS PROBLEMAS EN TECNOLOGÍA: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Giovanni Bermúdez*
girober@express.net.co,
 Harvey Gomez**
xhgconeduc@hotmail.com

«La ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que puede conocer el hombre. Pero la ciencia en su hacer. La ciencia como fin que debe ser perseguido, es algo tan subjetivo y condicionado psicológicamente como cualquier aspecto del esfuerzo humano, de modo que la pregunta ¿cuál es el objetivo y significado de la ciencia? recibe respuestas muy diferentes en diferentes épocas y diferentes grupos de personas»

Albert Einstein

1. Aspectos Conceptuales sobre Ciencia, Técnica y Tecnología

A través de su desarrollo el hombre ha buscado de manera incansable una forma de explicarse la realidad a partir de su capacidad de raciocinio; así, ha intentado crear herramientas de conocimiento que en un sentido amplio determinen un acercamiento lo más preciso posible a ella, ya sea desde una perspectiva explicativa o para generar en torno a ella procesos de transformación.

Así se ha dado origen a la Ciencia, entendida como «el conjunto de conocimientos racionales, ciertos y probables, obtenidos metódicamente, sistematizados y verificables, que hacen referencia a objetos de una misma naturaleza (...) para que lo anterior se dé, la ciencia formula problemas hipótesis, y mediante su experimento y control llega a establecer leyes y teorías»¹.

Palabras Claves:

Investigación Tecnológica
 Metodología de Investigación
 Proyectos Tecnológicos
 Problemas en Tecnología
 Matriz de Vester

* Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Ingeniería en Electrónica y de Computadores de la Universidad de Los Andes. Profesor Tiempo Completo adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Miembro del Comité de Investigaciones de la Facultad

** Licenciado en Ciencias Sociales de la Universidad Distrital F.J.C.. Profesor Tiempo Completo Ocasional adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital F.J.C.. Estudios de Maestría en Sociología de la Educación en la Universidad Pedagógica Nacional

¹ TAMAYO y TAMAYO, Mario. "El proceso de la Investigación Científica". 3ª Ed. Limusa, México. 2000, p. 23

Se puede afirmar entonces que la Ciencia es un conjunto de conocimientos que producen leyes y teorías de los procesos naturales y sociales, las cuales deben ser susceptibles de confrontación y verificación en la realidad, determinándole de esta manera su carácter de *objetividad*, y de paso su función en la producción de nuevo conocimiento². Dicho de otra forma, se puede afirmar que la *ciencia* en su quehacer tiene la función de renovarse permanentemente, partiendo de una *ciencia normal* aceptada socialmente, que en un proceso paradigmático de transformación logre revoluciones científicas que cambian la percepción global acerca del conocimiento científico³.

Respecto a la aclaración conceptual acerca de los significados de *técnica* y *tecnología* la situación se torna un poco más compleja debido a varias razones, entre las cuales cabe resaltar la existencia de posiciones que no las diferencian, considerando que la *técnica* ha existido desde siempre y que el fenómeno que se desarrolla a partir de la segunda fase de la primera revolución industrial no es más que el perfeccionamiento de la *técnica*; otros, por el contrario, afirman que la *tecnología* es inherente a la historia de la humanidad.

En este escenario polémico se intentará dar una conceptualización que diferencie cada uno de estos campos de conocimiento, no sin antes aclarar que se trata de una posición que ha surgido con el desarrollo epistemológico de la Ciencia en el seno de la cultura occidental.

Para una mayor aprehensión de los conceptos de *técnica* y *tecnología* se tendrán en cuenta tres perspectivas: La perspectiva epistemológica, socio - institucional y la an-

tropológica⁴. Desde la primera perspectiva la *técnica* «supone un saber práctico (saber cómo) que puede estar constituido por un plan de actividades, operacionales, procedimientos, destrezas, pertinentes para lograr un fin determinado. En muchos casos este saber práctico no se encuentra sistematizado en teorías o consignado en manuales, guías. Para su difusión puede recurrir a otros medios como la transmisión verbal de los procedimientos en cuestión»⁵.

Desde esta perspectiva la *técnica* busca transformar la naturaleza y se asocia a todas aquellas formas de conocer y hacer, diferentes a la ciencia, que aunque pueden estar conformadas por un conjunto de conocimientos ordinarios, pericias artesanales, además de componentes estéticos, ideológicos y filosóficos, no logran ser considerados, conocimientos tecnológicos. Para algunos autores este tipo de conocimiento conforma el grupo de los *etnoconocimientos*⁶, ya que se distancian del vínculo orgánico que a partir del surgimiento del capitalismo industrial se da entre la ciencia y una nueva forma de hacer, la *tecnología*.

La *tecnología*, por su parte, está relacionada con los problemas del conocimiento en general y del científico en particular; así, se considera como una ciencia aplicada que reviste ciertas características con respecto a la ciencia: las relaciones que se dan no son de tipo jerárquico y son demasiado complejas; las innovaciones tecnológicas están estimuladas por el conocimiento científico pero estas no tienen que corresponder necesariamente a las últimas teorías científicas y, por último, la ciencia establece los límites de las posibilidades físicas de un artefacto pero no determina la forma final del mismo⁷.

2 Al respecto ver a Mohammad Namakforoosh, quien afirma que la ciencia debe ser vista desde un punto dinámico, es decir, como un proceso en donde las teorías y principios se convertirán en dogma si no se someten a la investigación y desarrollo continuo

3 JUN, T. S. "La estructura de las revoluciones científicas". Bogotá. FCE. 1992, P. 155

4 Ver a William González y Luis H. Hernández, quienes plantean en su artículo "Tecnología y Técnica: Tres Perspectivas", una conceptualización interdisciplinaria de la ciencia, la tecnología y la técnica, resaltando el papel importante de la técnica en la evolución del hombre

5 GONZÁLEZ, W., HERNÁNDEZ L. H. "Tecnología y Técnica: tres perspectivas. En *Energía y Computación*. Universidad del Valle, V. IX - N° 1 - Segundo Semestre de 2000, P. 7

6 HESS, David. *Science and Technology in multicultural World: the culture politics of facts and artifacts*. New York. Columbia

7 GONZÁLEZ, W., HERNÁNDEZ L. H., op. cit., p. 9 University Press, 1995. P. 311

Desde un punto de vista socio-institucional, la técnica tiene su inicio con el mismo origen de la humanidad, pero en la cultura occidental surge en la edad media, a partir del surgimiento de instituciones que amparaban y transmitían las tradiciones artesanales, logrando en la mayoría de los casos transformaciones en el estilo de las destrezas, las cuales no se pueden considerar innovaciones. Por su parte la tecnología está estrechamente relacionada con la organización de la producción de la industria moderna, caracterizada por la conformación de grandes empresas al final del siglo XIX, donde surgen laboratorios industriales encargados de la producción de tecnología; para el caso de los Estados Unidos juega un papel preponderante la participación de los profesores universitarios, y de las universidades⁸ (MIT) en la solución de problemas de producción, situación que da origen a un vínculo estrecho entre la Universidad y la empresa, característica primordial de la investigación tecnológica durante el siglo XX.

Por último, desde una concepción antropológica se logra un mayor grado de conceptualización sobre la técnica, ya que esta ciencia le da un papel preponderante en el desarrollo evolutivo de la especie humana, «*El rol de la técnica en el hombre es el de remplazar la dotación biológica de origen, es decir, los órganos. La tarea de la técnica ha consistido en descargarlos de su misión de respuesta a una incitación o excitación del medio y en definitiva de reemplazarlos y superarlos. Descarga, reemplazo y superación serían las tres variables antropológicas que fundan la técnica*»⁹.

Bajo esta óptica, tanto la técnica como la tecnología cumplen con la función de remplazar *la dotación biológica de*

origen, pero en dos niveles diferentes: la técnica reemplaza a partir de herramientas; la tecnología lo hace a partir de las máquinas¹⁰.

Hasta este punto, la intención de los autores ha sido el identificar cómo a partir de un proceso de conceptualización, que permite diferencias notables entre ciencia, técnica y tecnología, el objetivo de la investigación, y por lo tanto su proceso de formulación, dependen del campo de acción en el cual se encuentre inscrita la investigación a desarrollar.

2. Investigación Científica y Tecnológica: Algunas Diferencias

Para una mayor aprehensión de la metodología propuesta más adelante es necesario entender los diferentes procesos de la investigación científica y tecnológica, no sin antes destacar que esta última se define como una de las diferentes formas de investigación científica aplicada¹¹. Sin embargo, existe un tipo de proyectos de investigación aplicada que mejor podría calificarse como proyecto de revalidación científica, porque en él se tratan de confirmar nuevas teorías existentes a nivel universal, teniendo presente condiciones específicas de los países en desarrollo; así, no se trata de investigaciones originales pero pueden contribuir a la generación de nuevos conocimientos. El grueso de investigaciones en los países en desarrollo se puede ubicar en este tipo¹².

La investigación científica se puede definir como el procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico

8 Un caso específico es el que se da en 1900 con la compañía General Electric, que para ser competitivo frente a los desarrollos alemanes, recurre al profesor Willis R. Whitney, profesor de química en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, para que organice un laboratorio dedicado a dar solución a los problemas relacionados con la cadena de producción y la elaboración de artículos.

9 GONZÁLEZ, W., HERNÁNDEZ L. H. "Tecnología y Técnica: tres perspectivas. En *Energía y Computación*. Universidad del Valle, V. IX – N° 1 – Segundo Semestre de 2000, P. 7

10 Según Lewis Mumford, la diferencia entre la máquina y la herramienta radica en tres aspectos: el grado de independencia, el manejo de la habilidad y la fuerza motriz del operador. Mientras la herramienta se manipula la máquina funciona automáticamente. Por esta razón la diferencia entre la máquina y la herramienta se expresa en el grado de especialización e impersonalidad que adquiere la primera con respecto a la segunda.

11 Para la UNESCO la investigación aplicada consiste en la investigación original realizada para la adquisición de nuevos conocimientos pero encaminada principalmente hacia una finalidad u objetivo práctico determinado.

12 BID, SECAB, CINDA. *Administración de Programas y Proyectos de Investigación*. Santiago de Chile. CINDA, 1990. P 34.

que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano, y que además cuenta con una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidas a través de una serie de operaciones lógicas, tomando como punto de partida datos objetivos¹³.

De lo anterior se logra un punto de encuentro entre la investigación científica y tecnológica fundamental: se parte de datos objetivos de la realidad que permiten el planteamiento de un problema, y en consecuencia poder brindar una solución. Pero así mismo los proyectos de investigación tecnológica se diferencian en cuanto al objetivo, resultados, planeación, recursos y formas de liderazgo (Ver Tabla 1).

3. Metodología de Investigación para Proyectos de Investigación Tecnológica

Una metodología de investigación consiste en una serie de normas, reglas y procedimientos que permiten optimizar el proceso de investigación basándose en algún criterio, y en función de la necesidad de los participantes y de la disponibilidad de recursos¹⁴. Los criterios de optimización pueden variar en cada caso: disminuir el tiempo y costo de desarrollo, aumentar la calidad de investigación, disminuir el costo del proyecto. Además, una metodología debe ser el resultado de una determinación a largo plazo para que permita el desarrollo de un procedimiento completo, eficiente y coherente de forma que los participantes en la investigación puedan llegar a utilizarla.

| Diferencias en cuanto a | Proyectos Científicos | Proyectos Tecnológicos |
|-------------------------|---|--|
| Objetivo | Producción de conocimientos nuevos (siempre ligados al propósito de rebasar las barreras del conocimiento existente y de marcar un nuevo umbral a una disciplina) | Producción de conocimientos aplicables a la producción de un bien o servicio demandado por el mercado (y tendientes a su aplicación de acuerdo con reglas comerciales) |
| Resultados | Tienden a identificar leyes de validez universal. Son ampliamente difundidos, con reconocimiento público, sobre todo entre los especialistas de la disciplina. | Pueden ser válidos únicamente para el contexto de una organización Los resultados son equiparables a mercancías, con propiedades definidas |
| Planeación | Más flexible | Más rígida |
| Recursos | Equipos unidisciplinarios de trabajo. Costos y plazos no rigurosamente regidos por planes | Equipos de trabajo grandes y multidisciplinarios. Costos y plazos definidos y poco flexibles. |
| Liderazgo | El liderazgo se ejerce por una misma persona en todas las etapas del proyecto. El mismo líder juega diferentes roles. | El liderazgo cambia de mano según la etapa de desarrollo. Los diferentes roles son desempeñados por varias personas. |

Tabla 1. Diferencias entre proyectos científicos y tecnológicos (FUENTE: Cadena, Waissbluth, y Solleiro, 1989)

13 TAMAYO y TAMAYO, Mario. "El Proceso de la Investigación Científica". 3ª Ed. Limusa, México. 2000, P. 46 – 47

14 PRENDA. "Metodología para el diseño de ASIC's". Universidad Politécnica de Madrid. Febrero de 1996.

De una metodología se espera que:

- Facilite una evaluación temprana de la viabilidad, así como el tiempo y costo de su desarrollo
- Mejore la comunicación interpersonal, es decir, que facilite la captura de los requisitos así como la capacidad de poder probar adecuadamente su cumplimiento
- Favorezca la organización y gestión del proyecto de investigación
- Aumente la productividad y calidad; para ello se requiere un mayor uso de herramientas que permitan la automatización del proceso, así como de estándares que garanticen su independencia de las herramientas
- Garantice la obtención del producto y pueda cubrir una amplia gama de aplicaciones

La metodología se basa en una serie de etapas sucesivas, en cada una de las cuales se realiza una tarea distinta para la elaboración correcta de un proyecto de investigación. La que aquí se propone se compone de las siguientes etapas: (i) Análisis y priorización de problemas; (ii) Alternativa de solución; (iii) Diseño metodológico; (iv) Aspectos de administración y control; (v) Ejecución del proyecto; (vi) Evaluación y (vii) Documento Final. La base de esta metodología fue tomada de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)¹⁵.

Analizada la metodología de investigación, mediante el desarrollo de algunos proyectos, se logró desarrollar un proceso unificado y propio¹⁶. En la Figura 1 se muestra en forma general la metodología de investigación para proyectos de desarrollo tecnológico propuesta

La utilización correcta de la metodología para la formulación de proyectos de investigación no garantiza obtener los resultados esperados de la investigación, pero sí

representa la seguridad de no improvisar, de optimizar los recursos, de conciliar las necesidades y requerimientos del entorno con las posibilidades de acción del investigador, para consolidar un trabajo permanente y relevante con la realidad.

El desarrollo de una metodología concreta para proyectos de investigación tecnológica se constituye entonces en una herramienta que facilita la toma de decisiones, clarifica el camino y orienta el trabajo del investigador, al estimular y permitir contrarrestar los supuestos de partida, consolidar las hipótesis acertadas y modificar aquellas que presentaron errores y equivocaciones.



Figura 1. Metodología de Investigación para Proyectos de Desarrollo Tecnológico

4. Análisis y Priorización de Problemas

Un gran número de proyectos fracasan porque el problema no está bien definido, debido a que simplemente

¹⁵ La utilización de la metodología de CORPOICA fue difundida por el Comité de Investigaciones de la Facultad Tecnológica, bajo la dirección del Ing. Jairo Chaur a través del primer seminario permanente de investigación tecnológica en el primer semestre de 1998.

¹⁶ Implementado inicialmente en el Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

los investigadores imponen soluciones sin conocer suficientemente los orígenes y las consecuencias del problema.

El problema de investigación debe ser entendido como el desfase entre la realidad y una situación deseada, lo cual obliga a la realización de un proceso metodológico que permita, de una manera clara, determinar los datos objetivos. En tal sentido se hace necesario la utilización de técnicas que permitan analizar la situación para determinar las relaciones causa – consecuencia que se dan en una situación problemática. Dichas técnicas permiten una coherencia entre el diagnóstico del problema y el planteamiento de la solución, contribuyendo en la identificación de los elementos básicos de los problemas,

Sin importar el modelo para describir el problema de investigación, la definición del problema, análisis y priorización, que permiten una primera aproximación a la

solución, son tareas que requieren un trato especial y una parte creativa por parte del investigador. Es un primer proceso de síntesis de diversas metodologías aplicables, en el que se refleja el conocimiento del investigador.

Este primer paso de la metodología de investigación es fundamental, pues un problema bien definido es un problema prácticamente resuelto. Así, analizar correctamente un problema es alcanzar la mitad de la solución y se convierte en el insumo fundamental para la proyección de las alternativas tecnológicas en el proceso de diseñar opciones en un proyecto de desarrollo tecnológico.

El análisis y priorización de problemas es el momento en el cual el investigador dimensiona y entiende la realidad del problema, relacionándolo con los criterios de productividad, competitividad, sostenibilidad y equidad¹⁷. En la Figura 2 se presenta un mapa conceptual propuesto en donde se explica el proceso para el análisis

| Pregunta de Investigación | Aporte al Proceso | Aporte a la Investigación |
|---|--|---------------------------|
| ¿Qué investigar? | Elección del tema de investigación | |
| ¿Cuál es la situación actual? ¿Qué propósito tiene la investigación? ¿Para qué se va hacer? | Formulación del problema Objetivos generales y específicos Justificación | Problema de investigación |
| ¿Qué se pretende probar? ¿Qué se va hacer en la investigación? | Hipótesis y variables Alternativa de solución tecnológica | Solución Tecnológica |
| ¿Cómo se va a realizar la investigación? ¿Dónde se va a realizar? | Estrategia metodológica Población y muestra | Metodología |
| ¿Qué investigaciones se han realizado sobre el problema en cuestión? ¿Cuál es la teoría a utilizar en la solución? | Antecedentes Marco teórico – conceptual | Marco de Referencia |
| ¿Cuánto va a costar? ¿Cuándo se ejecuta la investigación? | Presupuesto Cronograma | Administración y Control |
| ¿A qué fuentes escritas se va a referir el investigador? | Bibliografía | Referentes |

Tabla 2. Preguntas de Investigación y Contribuciones Específicas para su Desarrollo

17 CORPOICA. "Manual para la Gestión de Proyectos de Desarrollo Tecnológico". CORPOICA, Bogotá, 1995. P. 39

sis y priorización de problemas, aunando esfuerzos para la comprensión de su naturaleza y orientando el entendimiento a través del planteamiento de hipótesis, variables, formulación y objetivos que lleguen a justificar el proyecto de investigación.

Siempre que se comienza un proceso de investigación se recomienda tener en cuenta la solución a las preguntas de investigación que aborden en su totalidad el proceso a desarrollar. El desarrollo de las preguntas de investigación, que se presentan a continuación, están enmarcadas dentro de la metodología de investigación propuesta y el proceso de elaboración de la misma.

Para entender el proceso de análisis y priorización de un problema a investigación, cada etapa es aplicada al desarrollo de un problema típico. En este caso se toma el proceso de detección y desactivación de minas antipersonales no convencionales en Colombia¹⁸.

4.1. Identificación del Problema

Para el desarrollo de esta etapa se requiere enunciar el problema, describirlo, cuantificarlo e identificarlo. La herramienta más sencilla para identificar correctamen-

te los problemas es la utilización de descriptores e identificadores para cada uno de los problemas enunciados. Los descriptores deben ser precisos, monitoreables y no deben tener relación de causalidad; los identificadores deben determinar al descriptor en razón de cantidad, calidad y tiempo.

La tabla para la identificación de problemas es un mecanismo de organización de la información, en donde se ubica el problema con sus correspondientes descriptores e indicadores. La Tabla 3 muestra la forma de colocar la información necesaria para la identificación de los problemas; para el caso en cuestión, solo se da explicación a uno de los problemas.¹⁹

Los problemas identificados para este proyecto de investigación son:

- Uso indiscriminado de minas antipersonales no convencionales
- Altos costos de detección de minas por pérdidas humanas y daños físicos
- Bajo porcentaje de detección y desactivación de minas en Colombia
- Alto costo de tecnologías aplicadas en la detección y desactivación de minas
- Alto porcentaje de durabilidad de minas

| PROBLEMA | DESCRIPTOR | IDENTIFICADOR |
|--|--|--|
| Problema 1 | Descriptor 1 | Identificador 1 |
| Problema 2 | Descriptor 2 | Identificador 2 |
| Problema 3 | Descriptor 3 | Identificador 3 |
| Altos costos en pérdidas humanas y daños físicos | Las técnicas para la detección y desactivación empleadas en nuestro país son muy ortodoxas. Respecto a la detección, los grupos antiexplosivos de las Fuerzas Militares cuentan tan sólo con perros y detectores de metales, los cuales presentan grandes limitantes, de acuerdo con las formas físicas y camuflaje de una mina enterrada en el suelo. Lo anterior lleva a concluir que se cuenta con técnicas rudimentarias de detección, que hacen más peligrosa esta tarea. | Por cada 100 minas desactivadas muere un desminador y dos resultan lesionados. |

Tabla 3. Un Ejemplo de Identificación de Problemas

¹⁸ Este tema fue desarrollado como proyecto de investigación por un grupo de estudiantes de Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación de la Universidad Distrital. El proyecto está soportado por el grupo de interés en Robótica, con proyección de intercambio con la Universidad de los Andes, y con posible financiación de entidades no gubernamentales

¹⁹ Sistema de Detección de Minas Antipersonales no Convencionales". Tesis de Grado. Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación. Facultad Tecnológica, Universidad Distrital F.J.C., 2001

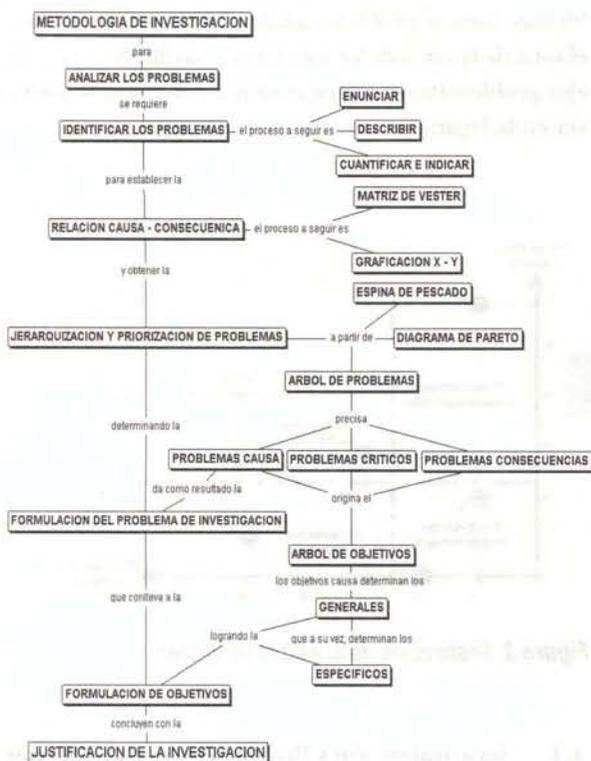


Figura 2. Análisis y Priorización del Problema de Investigación. Mapa Conceptual

4.2. Relación Causa – Consecuencia

En este punto se requiere entender la relación existente entre los problemas estableciendo cuáles son causas del problema de investigación y cuáles son consecuencia. La herramienta que facilita el proceso de establecer este tipo de relaciones en la situación problemática es la Matriz de Vester²⁰. Esta herramienta ofrece la ventaja de permitir la participación de diversas personas en la comprensión y explicación de los problemas.

La Matriz de Vester es un formato de doble entrada en donde se ubican los problemas identificados. Para construirla se deben haber identificado previamente los problemas, procediendo a establecer el nivel de causalidad entre ellos, el cual es definido como la relación de causa del problema en cuestión con los demás establecidos; por lo general, se califica a criterio del investigador de la siguiente forma:

- No es causa 0
- Es causa indirecta 1
- Es causa muy directa 2

Para el caso que se ejemplifica (detección y desactivación de minas antipersonales no convencionales en Colombia) se identifican cinco problemas con relaciones de causalidad para el primer problema, como se muestra en la Figura 3.

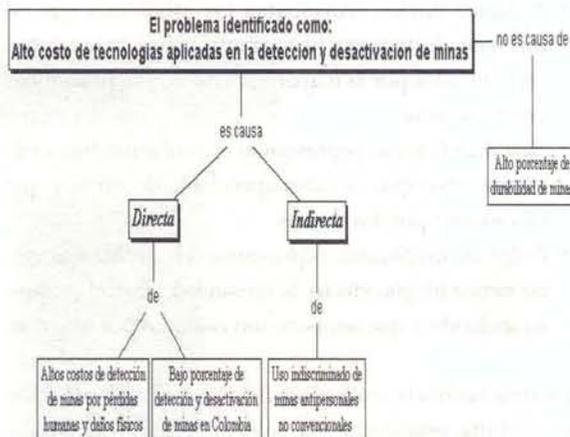


Figura 3. Relación de Causalidad para el Primer Problema

| PROBLEMAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | TOTAL ACTIVOS |
|---------------|---|---|---|---|---|---------------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| TOTAL PASIVOS | 2 | 3 | 6 | 1 | 0 | 12 |

Tabla 3. Matriz de Vester

La Matriz de Vester establece la suma de los niveles de causalidad por fila y columna para establecer el total de activos y pasivos. El total de activos es la suma del puntaje horizontal de cada problema y corresponde a la apreciación del nivel de causalidad del problema sobre los demás (nivel causa). El total de pasivos es la suma del puntaje vertical de cada problema y corresponde a la apreciación del nivel de causalidad de los demás sobre el problema analizado (nivel consecuencia). La suma total pasiva debe ser igual al total activo.

20 Instrumento de planificación desarrollado por Frederic Vester, científico alemán, aplicado con mucho éxito en el campo del desarrollo regional

La matriz caracteriza la actividad o pasividad de cada problema, de acuerdo con su oportunidad de intervención en la investigación. A través de estrategias y acciones de desarrollo utilizando la siguiente descripción por categoría:

- *Problemas Activos*: representan los problemas que influyen sobre los demás, pero no son causados por otros, es decir, son problemas causa
- *Problemas Pasivos*: representan los problemas que no influyen de manera importante sobre otros, pero son causados por la mayoría, es decir, son problemas consecuencia
- *Problemas Críticos*: representan el problema (normalmente uno) que es causa apreciable de otros y que es causado por los demás
- *Problemas Indiferentes*: representan los problemas que no tienen ningún efecto de causalidad sobre el conjunto analizado y que tampoco son causados por ninguno.

La matriz facilita la realización del proceso de evaluación que permite establecer verdaderas relaciones causa – consecuencia entre los problemas identificados. Las reglas que facilitan dicha evaluación son: (i) la relación de un problema consigo mismo no tiene ningún nivel de causalidad, por lo tanto el valor de la relación es cero, como lo expresa la diagonal sombreada de la matriz presentada en Tabla 3. (ii) Establecimiento del nivel de causalidad interproblemático: los niveles de causalidad no pueden ser iguales al nivel más alto; por ejemplo, si el problema X es causa directa (valor 2 en el nivel de causalidad) del problema Y, la relación posterior del problema Y no puede ser causa directa del problema X; ya que en este sentido de relación, uno de los dos debe ser consecuencia.

Para poder identificar la categoría de cada problema se utiliza la graficación de la Matriz de Vester en un plano de dos dimensiones en donde el eje X corresponde a los totales activos y el eje Y a los totales pasivos, como se observa en la Figura 3. Para generar los cuadrantes problemáticos se debe tomar el total generado de la suma de los niveles de causalidad de los problemas y dividirlo entre el número de problemas analizados. Este total encontrado corresponde a los ejes problemáticos que determinan los cuadrantes para la tipificación de los pro-

blemas. Para el problema analizado hasta el momento, el total de la suma de los niveles de causalidad es 12 y los ejes problemáticos corresponden a 2.4 como se puede ver en la Figura 3

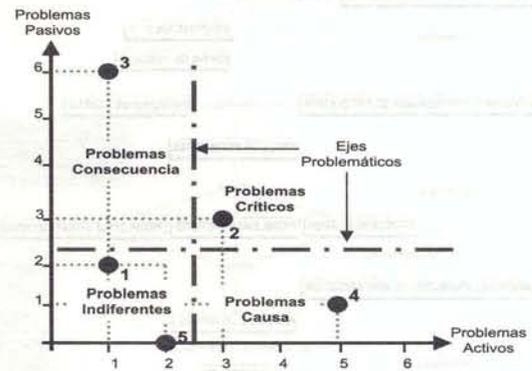


Figura 3. Graficación de la Matriz de Vester

4.3. Jerarquización y Priorización de Problemas

Entre las técnicas más utilizadas se encuentra la desarrollada por K. Ishikawa, que algunos denominan «*espina de pescado*» o de causa y efecto, cuya utilización generalmente está acompañada con el Diagrama de Pareto; sin embargo existen otras técnicas de análisis similares entre las cuales se encuentra la denominada «*árbol de problemas*», utilizada por la GTZ como método de planificación ZOPP, pero que en realidad sólo permiten establecer las relaciones jerárquicas de los factores causales y su grado de incidencia sobre el problema que se analiza²¹. El árbol de problemas tiene la ventaja de facilitar el análisis por medio de la descomposición lógica de las relaciones causa – consecuencia, hasta llegar a la causa básica de los problemas.

En el árbol se identifica un problema central, y con base en él se jerarquizan los demás según se considere la relación causa – consecuencia, ordenándolos desde aque-

21 CORPOICA. *Manual para la Gestión de Proyectos de Desarrollo Tecnológico*. CORPOICA, Bogotá, 1995. p. 39

llos que son causados por un sinnúmero de problemas y a su vez no son causa de otros (nivel superior), hasta los que influyen sobre muchos y no son causados por otros (nivel inferior). En la Figura 4 se presenta un esquema del árbol de problemas para la investigación en cuestión.

En el ejemplo anterior, y de acuerdo con la graficación X – Y, de los cinco problemas dos quedaron ubicados en el cuadrante de los problemas indiferentes (problemas 1 y 5). Dichos problemas no son tomados para jerarquización, ya que el proceso de priorización permite exactamente identificar cuáles problemas no revisten importancia en el sistema problémico del proceso de investigación.



Figura 4. Árbol de problemas

4.4. Formulación del problema

El procedimiento que inicia con la identificación del (los) problema(s), continúa con el análisis y priorización y termina con un proceso de jerarquización, permitiendo de manera clara y concisa formular el problema de investigación.

La formulación depende de varios factores que son necesarios recalcar, uno de ellos; la secuencia metodológica ya que un paso depende del inmediatamente anterior. En ese sentido el primer paso denominado identificación es crucial si se tiene en cuenta que es aquí donde se abordan los problemas existentes, se

describen y fundamentalmente se plantean los cuantificadores y descriptores, que en últimas determinan el carácter cuántico²² de la investigación tecnológica.

La formulación de acuerdo al procedimiento anterior se convierte en una situación formal, ya que se logra a partir de la transcripción de los problemas causa con los respectivos indicadores y cuantificadores, identificados en la parte inferior del árbol de problemas. Para ejemplificar el proceso se retoma el árbol de problemas, en donde el problema 4 (altos costos de tecnología aplicados en la detección y desactivación de minas), sería el problema causa. En este sentido la formulación sería la siguiente:

La tarea de detección y desactivación de minas antipersonales se hace realmente laboriosa, complicada y peligrosa, dado que no se sabe con certeza la ubicación exacta de los campos minados ni tampoco cuántas minas pueden estar enterradas dentro de un posible campo minado. Por esta razón, no hay duda que las técnicas de desminado en Colombia y otros países del mundo no entregan muchas veces resultados satisfactorios, por lo tedioso y peligroso que resulta realizar este trabajo.

Se calcula que para desactivar los 110 millones de minas sembradas en el mundo se necesita de US\$33 billones, tardará 1.100 años, y el costo de detección y desactivación oscila entre US\$300 y 1000 por mina. Las técnicas para la detección de minas antipersonales con que cuenta Colombia son básicamente dos: (i) perro adiestrado; (ii) personal dotado de detector de metales. Actualmente las Fuerzas Militares están tratando de incorporar tecnología de punta, pero el inconveniente real es que los tipos de minas antipersonales desarrollados en Colombia son de tipo no convencional²³. En consecuencia, es necesario implementar tecnología de punta que nos ofrezca precisión, rapidez y confiabilidad, lo cual es sinónimo de equipos de alta tecnología, que en la actualidad son manejados sólo por países desarrollados como Holanda, Inglaterra, España, Estados Unidos, etc.

²² La investigación científica, como la investigación aplicada y aún más la investigación tecnológica, están soportados sobre datos precisos y objetivos, en donde la objetividad se traduce en cuantificadores de la realidad. De proponerse una solución tecnológica a un problema formulado, la única manera de determinar el punto óptimo de la solución es la verificación respecto al comportamiento del sistema problémico, comparado con los resultados arrojados por la solución en términos de los respectivos indicadores y cuantificadores.

²³ UNISUR. "Guía de Anteproyectos y Proyectos de Grado". Bogotá

Muchos de los autores clásicos de la investigación científica e inclusive tecnológica²⁴, recomiendan que el proceso de formulación se enuncie en forma de pregunta. Para el caso de la metodología, que es tema central de este artículo, el procedimiento ha obligado a una aproximación certera a la realidad, que permite afirmar el enunciado del problema formulado.

5. Algunas Experiencias en la Implementación de la Metodología

La metodología de investigación ha sido empleada para que los estudiantes obtengan un proceso de formación investigativa inculcada a partir de varias asignaturas y reforzada a través de la creación de un *Seminario de Investigación Tecnológica*²⁵. Los resultados de la implementación han sido el intercambio de información entre la Universidad y el sector industrial, la evaluación de sus procesos productivos y el desarrollo de soluciones tecnológicas pertinentes. Este desarrollo ha fortalecido la creación de Grupos de Investigación²⁶.

Los siguientes son los resultados de un análisis estadístico realizado a la base de datos de los proyectos realizados hasta el segundo semestre de 2000²⁷.

• Ciudades Vinculadas

En la Figura 5 puede observarse que la mayoría de empresas visitadas, con proyectos de investigación tecnológica ejecutados o en ejecución, se encuentran localizadas en Bogotá (el 96% de los casos).

• Tamaños de Empresas

En la Figura 6 se muestra un análisis de los tamaños de empresas visitadas en donde se encuentra algún proyecto en ejecución o ejecutado. Se observa la orientación a brindar apoyo tecnológico a las pequeñas y medianas empresas (PYME's).



Figura 5. Ciudades en las cuales se Adelantan Proyectos de Investigación Tecnológica



Figura 6. Tamaños de Empresas en las Cuales se realizan Proyectos de Investigación Tecnológica

• Sectores de Producción

Las empresas vinculadas a los proyectos de investigación tecnológica pertenecen a diferentes sectores de producción, que van desde la producción artesanal hasta la producción de Cerveza. La mayoría de desarrollos están actualmente ejecutándose sobre procesos de manufactura. En la Figura 7 se visualizan los resultados obtenidos.

• Localidades vs. Número de Proyectos de Investigación Tecnológica

La Figura 8 muestra una comparación entre el número de proyectos de investigación tecnológica ejecutados o en ejecución, según localidad de Bogotá. Se observa que la zona con mayor influencia es la suroccidental.

24 NAMAUFOROOSH, Mohammad. "Metodología de la investigación". Limusa. México, 1993.

25 Se describe la experiencia en el Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica

26 En especial del Grupo de Investigación en Instrumentación y Control de la Facultad Tecnológica (GIC - TUD), que ha centralizado el desarrollo de actividades de carácter investigativo orientadas a inculcar la metodología en Grupos de Interés y en diversas asignaturas

27 En el Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica y demás carreras adscritas

