

## PRESENTACIÓN DE UNA EXPERIENCIA EXITOSA DE APROPIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA DE LA UTP

### Presentation of a successful experience of appropriation of the investigation in the program of physical engineering of the UTP

#### RESUMEN

El programa de Ingeniería física de la Universidad Tecnológica de Pereira ha estructurado una metodología alrededor de la elaboración de los proyectos de grado por parte de sus estudiantes que permite que estos se sientan identificados con las líneas de investigación que maneja el programa y con los grupos de investigación que las dirigen. Este trabajo se empieza a realizar desde los primeros semestres con base en la presentación de los grupos de investigación que apoyan el programa y de sus líneas de investigación; además con base en el trabajo que se desarrolla en los semilleros de investigación del programa en el que participan activamente los grupos de investigación. Mediante este trabajo previo, buena parte de los estudiantes del programa al llegar al curso de trabajo de grado I, ya se encuentran completamente identificados con el área de investigación en que desearían trabajar su tesis y un buen porcentaje de ellos ya tienen temas concretos de investigación gracias a su vinculación temprana a los grupos de investigación que apoyan de manera directa el programa. Se quiere presentar en este trabajo esta experiencia concreta desarrollada de una manera metodológica junto con los resultados obtenidos.

**Palabras claves:** Investigación formativa, ingeniería, experiencia.

#### ABSTRACT

The Physical Engineering program of the Technological University of Pereira has structured a methodology around the elaboration of the students' graduation projects, which allows them to feel identified with the research lines administered by the program, and with the research groups which lead them. This work starts from the first semesters, based on the presentation of the research groups which support the program and their research lines, as well as on the work developed in the program research nurseries where the research groups participate actively. Through this preliminary work, a good number of students of the program, upon reaching the graduation project stage, are already identified with the research area in which they would like to work their thesis, and a considerable number of them already has specific research topics, thanks to their early participation in the research groups which directly support the program. The aim of this work is to present this concrete experience developed in a methodological way together with the results obtained thereby.

**Key words:** formative research, engineering, experience.

#### 1. Introducción

El programa de ingeniería física fue aprobado por el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica de Pereira mediante el acuerdo N° 040 del 12 de Diciembre de 1995. El correspondiente plan de estudios fue aprobado por el Consejo Superior mediante el acuerdo N° 15 del 12 de Octubre del 2002, iniciando labores de docencia el primer semestre académico del 2003; en la actualidad ya han egresado dos cohortes del programa. Se pretende formar en este programa un ingeniero con excelente formación en física y matemáticas, fuerte en instrumentación, control e informática, con

fundamentación básica en las otras áreas de las ciencias naturales y con claridad sobre su papel social. Un ingeniero con estas características reúne las condiciones académicas para colaborar eficazmente en la creación de tecnología moderna y en la adaptación de la misma debido a su gran versatilidad en el desempeño dentro de diferentes campos como la medicina, la industria y el medio ambiente, entre otros.

El Programa de Ingeniería física, consciente de su estado actual y de sus retos para con el desarrollo de la región y del país ha asumido las recomendaciones brindadas por el Consejo Nacional de Acreditación con respecto a la Investigación. El CNA[1] ha distinguido entre

#### HUGO ARMANDO GALLEGO

Profesor asistente  
Facultad de ciencias básicas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
ugo@utp.edu.co

#### LUIS ENRIQUE LLAMOSA R

Profesor Titular  
Facultad de ciencias básicas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lellamo@utp.edu.co

#### JOSÉ DEL C. GÓMEZ E.

Profesor titular  
Facultad de ciencias básicas  
Universidad Tecnológica de Pereira  
jogomez@utp.edu.co

investigación formativa e investigación propiamente dicha. La investigación formativa no pretende generar conocimientos nuevos. Desarrolla la capacidad de reflexión y de crítica. Reconoce al proceso de aprendizaje como un proceso de construcción de conocimiento, apropiación de conocimientos ya existentes pero nuevos para el que aprende. Igualmente considera que dentro de una investigación de tipo formativo, la enseñanza debe ser objeto de reflexión permanente sobre la base de la vinculación entre la teoría y la práctica pedagógica.

Según el CNA, la investigación formativa es una exigencia para todo tipo de institución y programa académico. La investigación en sentido estricto es obligatoria para las universidades y para todas las instituciones de educación superior cuya Misión y Proyecto Institucional incluyan la generación de conocimientos como una de sus tareas fundamentales.

La investigación formativa en el programa de Ingeniería Física de la UTP se ha dado de manera transversal en su plan de estudio a través de los trabajos de grado desarrollados por los estudiantes para optar al título de ingenieros físicos, en las siguientes modalidades[2]: Monografía; aplicación del conocimiento del programa de formación; trabajos de Investigación o innovación; práctica universitaria; creación de empresas. El programa de Ingeniería Física de la Universidad Tecnológica de Pereira ha estructurado una metodología alrededor de la elaboración de los trabajos de grado por parte de los estudiantes, que permite que estos se sientan identificados con las líneas de investigación que maneja el programa y con los grupos de investigación que las dirigen. Es de notar que este trabajo se empieza a realizar desde los primeros semestres, realizando actividades y días académicos, donde se presentan los grupos de investigación que apoyan el programa y al mismo tiempo se induce a los nuevos estudiantes del programa qué es un semillero de investigación, sus beneficios y compromisos.

Los semilleros de investigación del programa se realizan como una propuesta de formación a largo plazo para los estudiantes, en donde se genere talento humano pre-calificado en investigación, y donde surjan candidatos idóneos, comprometidos y motivados, con alta posibilidad de iniciar una carrera académica en los ámbitos de maestría y doctorado, cuyo producto humano y de investigación sea a la vez revertido y aprovechado por la universidad en el futuro, para beneficio de la sociedad en general.

A continuación se considera de gran importancia determinar algunos de los beneficios y compromisos que se tratan de inculcar tempranamente en los estudiantes de ingeniería física que pertenecen a los semilleros de investigación.

**Beneficios:** Familiarizarse desde etapas tempranas con las diferentes formas de investigación y producción de conocimiento. Desarrollar la observación, la expresión oral y escrita, la argumentación la sistematización y categorización de la información, el pensamiento

inductivo, deductivo y abductivo. Iniciarse como investigadores. Propiciar la capacidad de trabajar en grupo. Fortalecer la creatividad. Fortalecer valores como el respeto, autoestima, solidaridad, aprovechamiento del tiempo. Aprender a aceptar la incertidumbre en el conocimiento, el error como fuente de aprendizaje, la investigación como camino en el cual no siempre se encuentran respuestas satisfactorias. Fomentar nuevas formas de aprender. Recibir constancias y cartas de recomendación institucional para la hoja de vida como futuro profesional o para aplicar a becas, convocatorias nacionales e internacionales, pasantías y demás estímulos académico-científicos. Trabajar "de la mano" con los profesores investigadores de la universidad. Vincularse tempranamente a los grupos de investigación. Fortalecer las tesis o trabajos de grado. Trabajar en proyecto colectivos. Recibir prioridad para utilizar herramientas tecnológicas. Disfrutar de algún apoyo financiero por parte de la universidad o por organizaciones externas. Ser candidatos a jóvenes investigadores de COLCIENCIAS como estudiantes recién egresados.

**Compromisos:** Elaborar y cumplir con un código de ética. Aportar su espíritu e interés investigativo en la resolución de las problemáticas que convocan su atención. Participar crítica y activamente en los talleres y actividades que se programen al interior del semillero. Ajustarse a los lineamientos y cronograma acordados para el buen desarrollo del semillero. Cumplir con las tareas y actividades propuestas en conjunto, de acuerdo con la dinámica propia del semillero. Elaborar las memorias escritas necesarias al desarrollo del ejercicio investigativo. Respetar la propiedad intelectual.

Existe un concepto que para las circunstancias particulares del programa de Ingeniería física se puede considerar errado respecto a que la investigación en ingeniería y tecnología debe ser necesariamente de corto plazo, y de tipo "práctico". Algunos sostienen incluso que la investigación en ingeniería no existe, como si el razonamiento científico perteneciera a los laboratorios y los genios de las ciencias básicas. Sin embargo, y afortunadamente en el programa de ingeniería física de la Universidad Tecnológica de Pereira se han podido integrar y generar resultados por parte de los estudiantes dentro de sus trabajos de grado que podrían estar enmarcados dentro de las diferentes modalidades de investigación que el manual de Frascati[3] recoge del concepto generado por la UNESCO de Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT) y bajo el cual se agrupa una serie de actividades sistemáticas estrechamente relacionadas con la generación, adelanto, divulgación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Estas incluyen actividades como I&D, educación y entrenamiento científico y técnico y los servicios científicos y tecnológicos, en los cuales cabe la metrología, la certificación y la normalización técnica.

## 2. Metodología

Mediante el acuerdo 25 del 1 de agosto de 2005[5] la UTP señala las normas sobre la administración y el fomento de la Investigación. En este acuerdo se señalan normas en las cuales se incluyen a los estudiantes de pregrado mediante diferentes tipos de apoyos, como las convocatorias anuales para apoyo a los proyectos de trabajo de grado de los estudiantes y el apoyo a los semilleros de investigación de la universidad.

Con base en los artículos 4 a 9 del acuerdo 25 de 2005 por medio del cual se reglamentan los trabajos de grado para todos los programas de pregrado en la UTP, se pueden desarrollar trabajos de grado en las siguientes modalidades:

Monografía, aplicación del conocimiento del Programa de formación, estudios de investigación o innovación, práctica Universitaria, creación de empresas.

En el programa de Ingeniería física de la UTP se han desarrollado trabajos de grados que muestran resultados de investigación formativa dentro de las diferentes modalidades de investigación. Se quiere a continuación hacer un análisis sintetizado de estas modalidades con el objeto de generar una discusión con base en los resultados obtenidos dentro del programa acerca de la pertinencia de estos trabajos dentro de ellas.

**La investigación básica:** El Manual Frascati la entiende como el trabajo experimental o teórico realizado principalmente para adquirir un nuevo conocimiento de la base de los fenómenos y hechos observables subyacentes, sin ninguna aplicación o uso particular en perspectiva. La investigación básica no tiene aplicaciones específicas inmediatas a la vista pero puede ser orientada hacia un área de intereses para la organización que la ejecuta. Los resultados de la investigación básica no son negociables y son publicados usualmente en revistas científicas y circulados entre colegas interesados. Se suele distinguir en un nivel mayor de desagregación entre básica pura y básica aplicada [4]:

- **La investigación básica pura** pretende únicamente hacer ciencia, es decir, contribuir a la ampliación del conocimiento sobre determinados temas elegidos al azar.
- **La investigación básica dirigida** difiere de la anterior en que selecciona las líneas de trabajo de modo que, de los resultados que se obtengan, pueda derivar alguna utilidad no concretada a priori.

**La investigación aplicada:** La investigación aplicada es también investigación dirigida a conseguir conocimiento científico y/o tecnológico, pero se dirige, sin embargo, hacia fines prácticos o hacia un objetivo. La investigación aplicada es emprendida bien para determinar los posibles usos de la investigación básica o para determinar nuevos métodos o formas de lograr algunos objetivos específicos y predeterminados. El conocimiento o la información derivados de ella son a menudo patentados pero pueden ser mantenidos en secreto.

**Desarrollo experimental:** El desarrollo experimental es un trabajo sistemático que parte del conocimiento existente, de aquel que se genera en la investigación o de la experiencia práctica, y cuyo objetivo es producir nuevos materiales, productos o aparatos; montar nuevos procesos y sistemas y mejorar sustancialmente aquellos ya producidos o que se encuentran en funcionamiento. Comprende a su vez desarrollo de prototipos y construcción y operación de planta piloto.

**Innovación tecnológica:** La tecnología necesita de la ciencia y ésta de la primera; ambas producen conocimientos o aplicaciones de mutuo beneficio para su existencia y progreso. Sin embargo, conviene afirmar con múltiples investigaciones del desarrollo tecnológico, que la tecnología no llega a tener un valor práctico hasta que no se convierte en una «innovación tecnológica». Se entiende por innovación tecnológica el proceso mediante el cual una invención o idea se introduce en la economía. Una definición un poco más amplia sería la introducción por primera vez de nuevos productos, procesos o maneras de hacer las cosas.

No es suficiente la investigación en el laboratorio, olvidándose que el desarrollo costará diez o veinte veces más. La causa de que muchos resultados no salgan de los laboratorios, pese a diversos apoyos y subsidios, y de que se hagan críticas a las instituciones de investigación por imprácticas, puede deberse a la naturaleza costosa de todo el proceso de I+D e innovación. Explica también que en países como Colombia la industria prefiera volcarse al exterior a buscar los desarrollos tecnológicos «llave en mano», evitándose los riesgos e incertidumbres de la etapa de desarrollo. Una opción radica en la realización de esfuerzos adaptativos a las condiciones propias. Las más exitosas economías occidentales (ejemplo: Alemania, Japón, USA), no sólo tienen una fuerte base de investigación científica y tecnológica, sino que son capaces de convertir sus capacidades de investigación en bienes y servicios comercializables internacionales. Una manera simple de representar esto sería por medio de una pirámide de actividades con una cantidad de ciencia en su ápice, seguido de cantidades progresivamente más grandes de tecnología, ingeniería y producción.

**Grupos de investigación y semilleros:** Actualmente existen en el programa, semilleros de investigación conformados por alumnos de los primeros semestres, los cuales son soportados por los siguientes grupos de investigación los cuales con sus respectivas infraestructuras, apoyan de manera directa el programa de ingeniería física:

- Grupo Propiedades Magnéticas y Magneto-Ópticas de nuevos materiales.  
Líneas de investigación: metalurgia de polvos, magnetismo de nuevos materiales, Magneto óptica de materiales Blandos.

- Grupo de Plasma, Láser y aplicaciones.  
Líneas de investigación: depósito de películas delgadas por ablación láser, espectroscopia de emisión óptica de los plasmas y crecimiento de películas delgadas
- Grupo Electrofisiología.  
Líneas de investigación: Instrumentación biomédica, análisis de bioseñales, metrología electromédica, metrología de variables eléctricas, metrología electromagnética.
- Grupo de diseño y construcción de prototipos para experimentos de demostración.  
Líneas de investigación: Estudio, adaptación y pruebas de sensores y actuadores, programación en alto y bajo nivel para el manejo de sensores y actuadores, electrónica básica, diseño de experimentos, técnicas de análisis de datos experimentales, diseño y construcción de prototipos de equipo de demostración en física básica.
- Grupo de gravitación y cosmología:
- Grupo CIIF (Centro de Investigaciones de Ingeniería Física)
- Laboratorios de metrología de la universidad.

Estos semilleros se constituyen con estudiantes de primeros semestres, los cuales con base en la información suministrada en los eventos académicos del programa, tales como charlas, seminarios, días académicos, días de integración y con el trabajo enfocado en este proceso a través de la asignatura de metodología de la investigación, van realizando actividades encaminadas en los mismos, madurando así su rol en este proceso de conocimiento y de ambientación en el campo de investigación formativa dentro de las diferentes áreas o líneas de investigación que manejan los grupos dentro de los semilleros en los cuales colaboran..

Durante su inicio académico y en el transcurso de los semestres, de acuerdo a su sentido de pertenencia y sus aportes, los alumnos se van acercando de una manera más objetiva a los grupos correspondientes, en los cuales se inician, realizando funciones más específicas, y desarrollando prácticas con resultados más eficientes.

Una vez identificados con sus grupos, llevan a cabo procesos de investigación teniendo en cuenta que la observación, la descripción y explicación de la realidad que se investiga debe ubicarse en la perspectiva de lineamientos teóricos.

Por lo anterior se exige al joven investigador, la identificación de un marco de referencia sustentado en el conocimiento científico, donde el marco teórico y el estado del arte le permite ubicar el tema objeto de investigación dentro del conjunto de las teorías existentes con el propósito de precisar en qué corriente de pensamiento se inscribe y en qué medida significa algo nuevo o complementario. Posteriormente se debe hacer la descripción detallada de cada uno de los elementos de la

teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación.

Finalmente el marco conceptual le define a sus investigadores, el significado de los términos (lenguaje técnico) que van a emplearse con mayor frecuencia y sobre los cuales convergen las fases del conocimiento científico (observación, descripción, explicación y predicción).

En asignaturas, como trabajo de grado I, se busca formar en el alumno la competencia correspondiente a la elaboración de proyectos de investigación pertinentes que lleven a la producción de nuevos conocimientos o a la transferencia de éstos para la solución de problemas concretos en organizaciones o instituciones del medio, permitiendo que la competencia general sea formular proyectos de investigación con base en problemáticas sociales, económicas, financieras y productivas o técnicas, desarrollando las competencias específicas que se mencionan a continuación.

- Diferenciar los distintos tipos de investigación y sus requisitos.
- Establecer problemas de investigación teniendo en cuenta la situación y el contexto de los sujetos y de los objetos involucrados.
- Formular el modelo de gestión del proyecto de investigación con base en protocolos establecidos para el efecto.
- Usar diferentes técnicas estadísticas para la recolección, procesamiento, presentación y análisis de la información.
- Diseñar un anteproyecto de investigación.
- Afianzar la lectoescritura, teniendo en cuenta la comprensión metacognitiva de la literatura científica.
- Trabajar en equipo en el marco de la realización del anteproyecto de investigación, con base en los requerimientos metodológicos y formales establecidos.

Es de notar que la gran mayoría de grupos que apoyan el programa de Ingeniería Física pertenecen o están adscritos a la facultad de Ciencias Básicas, sin embargo se ha logrado la conformación del denominado CIIF (Centro de Investigación de Ingeniería Física), el cual pertenece directamente al programa y reúne a los grupos mencionados y a otros que han venido apoyando el programa dentro de los semilleros de investigación y en la dirección de los trabajos de grado. La misión de este Centro es la de generar espacios de discusión e investigación relacionados con los campos de acción de Ingeniería Física, dentro de un contexto interdisciplinario, que permita fundamentar bases científicas sólidas para el desarrollo de la región y del país. Las líneas de investigación que maneja el centro y que dan origen a semilleros de investigación son las siguientes:

Instrumentación (diseño y construcción de dispositivos para cuantificar variables físicas y variables fisiológicas); Ingeniería Biomédica; comunicaciones; procesamiento digital de imágenes; física forense (propone nuevos campos de aplicación de los trabajos de grado de ingeniería física, con la aplicación de la programación a la balística forense, las colisiones de vehículos, la materialización de trayectorias y otros temas afines a la física); modelos fisiológicos (acercamiento a la Fisiología Humana desde el punto de vista de la Ingeniería, estudio de fenómenos fisiológicos, mediante modelos matemáticos y su respectiva simulación); metrología de variables eléctricas, electromédica, electromagnética; física de materiales; magnetismo; física del plasma, láser y aplicaciones.

Como se mencionó, además de los grupos adscritos al programa existen otros grupos que apoyan al Centro de investigaciones de ingeniería física, ellos son:

Grupos de la UTP: Grupo ADA: su objetivo es el de desarrollar proyectos de investigación relacionados con software educativo, desarrollo de programas académicos y apoyo al enriquecimiento de la estructura tecnológica de las organizaciones en lo referente a computación e informática. Grupo SIRIUS cuyo objetivo es el de Investigar las tecnologías de punta en los dispositivos de lógica programable para el desarrollo de sistemas digitales con tiempos de desarrollo óptimos y bajos costos. Grupo Líder (Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Electrónica y Robótica), Cuerpo Técnico Investigativo – Fiscalía General de la Nación.

Grupos Externos: Grupo de seguimiento el corazón por vía satélite. PhD Jorge Reynolds; Grupo de modelos electrofisiológicos. PhD José María Ferro. Instituto de investigación e innovación en bioingeniería. Valencia - España

Esta idea de congrega a los investigadores que apoyan el programa alrededor de este centro, ha dado excelentes resultados, los cuales serán expuestos en la correspondiente sección de este trabajo.

### 3. Resultados y conclusiones

Con lo expuesto anteriormente dentro de la metodología que se ha implementado en lo que corresponde a la investigación formativa dentro del programa de ingeniería física de la UTP podemos exponer los siguientes resultados y conclusiones:

- Se ha logrado la colaboración de los investigadores de los grupos adscritos al programa, quienes de una manera desinteresada apoyan al programa en los procesos de investigación formativa, involucrándose dentro de las diferentes actividades extracurriculares que se programan desde los primeros semestres conducentes a la conformación de los semilleros de investigación en diferentes áreas relacionadas con las líneas de investigación que se manejan en los grupos.

- Ha sido posible darle identidad al trabajo de investigación formativa que se desarrolla en el programa, mediante la conformación del CIIE (Centro de Investigación de Ingeniería Física), mediante el cual se unen todos los esfuerzos de los diferentes investigadores pertenecientes a los grupos adscritos al programa, que con su sentido de pertenencia impulsan las diferentes líneas de investigación de sus grupos, colaborando de manera directa dentro de los semilleros de investigación del programa y colaborando mediante la vinculación temprana de estudiantes a sus grupos de investigación, donde de manera general los estudiantes terminan concretando sus trabajos de grado con problemas de investigación que están enmarcados dentro de los proyectos de investigación de los mismos grupos y que cuentan con financiación interna o externa según el caso.

- El trabajo que desarrollan los estudiantes del programa de ingeniería física de la UTP es muy bien recibido y valorado dentro de los grupos de investigación gracias a la responsabilidad con que los estudiantes lo asumen, la cual está fundamentada en el sentido de pertenencia y en la formación temprana que reciben los estudiantes en lo que respecta al código de ética que se debe seguir dentro de su participación en los semilleros de investigación a los que tempranamente ellos pertenecen.

- Otro de los aspectos que hace que los grupos de investigación valoren la participación de estudiantes de ingeniería física dentro de ellos, es su excelente fundamentación en ciencias básicas, además de la formación fuerte que reciben en el manejo de herramientas que competen a la instrumentación científica, control y programación. Estos aspectos hacen que estos estudiantes puedan integrarse fácilmente con grupos interdisciplinarios de diferentes áreas, en los cuales participan activamente en la solución de problemas que tienen que ver con el uso de estas herramientas y en los cuales su fundamentación en ciencias básicas es primordial.

- Los estudiantes de ingeniería física han demostrado que en el desarrollo de sus trabajos de grado pueden abordar problemas de investigación de diferentes tipos; los cuales encajan dentro de la investigación básica, la investigación aplicada, el desarrollo experimental y la innovación y desarrollo tecnológico; todo lo anterior gracias a su formación y al trabajo que se viene realizando dentro de los semilleros y grupos de investigación.

- Ha sido de especial importancia el apoyo de los grupos de investigación del departamento de física, los cuales cuentan en la actualidad con 8 doctores en física. Estos grupos han encontrado en los estudiantes de ingeniería física excelentes prospectos de investigadores en física, los cuales cuentan con herramientas adicionales a las de un físico común como son el manejo de la instrumentación científica, el control y la programación de alto y de bajo nivel, lo cual los hace excelentes

colaboradores en los grupos de física experimental como se ha demostrado hasta ahora a nivel regional y nacional.

- El carácter interdisciplinario de los alumnos en el programa de Ingeniería Física se nota, cuando encontramos que a pesar de que en el momento sólo se han graduado 23 estudiantes, los proyectos de trabajo de grado incluyen una gran variedad de temas en diferentes áreas del conocimiento tales como:

- Diseño e implementación de procedimientos técnicos para la calibración y ensayo de equipo en general.
- Desarrollo de planes de negocio para la creación de empresas de servicios en metrología.
- Aplicaciones del procesamiento digital de señales en reconocimiento de la voz, por comparación de espectros de escala y coeficientes Wavelets.
- Estudio de ondas gravitacionales y aproximaciones en segundo orden.
- Caracterización de los coeficientes de fricción de distintas vías planas de Pereira con base en la distancia de frenado.
- Estudio espectroscópico del plasma de aire en diversos materiales producido por láser.
- Estudio y análisis de películas delgadas.
- Instrumentación especializada para los grupos de física experimental.
- Estudio y análisis de casos de procesamiento digital de imágenes.

Temas en los cuales los estudiantes se han visto involucrados con entidades como el Ingenio Risaralda, Comfamiliar, Cedecaf (Centro de imágenes diagnósticas del eje cafetero), La fiscalía (casos de accidentalidad), Departamento de física forense de la fiscalía, Secretaría de Educación, Laboratorios de metrología, grupos de física experimental a nivel local y regional.

- De la misma manera se ha demostrado que la formación de los ingenieros físicos y su participación temprana en semilleros y grupos de investigación unida a la importancia cada vez más grande que la universidad da a las actividades de emprendimiento ha permitido desarrollar trabajos de grado en la modalidad de creación de empresas – planes de negocios, en los cuales la formación en metrología y calidad que proporciona el programa ha sido de especial importancia.

- Se considera que la formación rigurosa en la elaboración de proyectos de investigación es una de las bases más importantes dentro de la formación de futuros ingenieros investigadores; es por esta razón que en curso de trabajo de grado I los estudiantes obtienen su nota final con base en la aprobación por parte del comité curricular del programa, de su anteproyecto de trabajo de grado. En algunos casos se ha dado que estudiantes ya

hayan logrado este requisito antes de ver esta asignatura, gracias al trabajo que vienen realizando desde semestre anteriores en los grupos de investigación.

- El trabajo de los estudiantes de ingeniería física en muchos casos ha ido más allá de la simple investigación formativa al verse involucrados con tareas de responsabilidad dentro de los proyectos de investigación de los grupos que apoyan el programa.

- Se ha creado una cultura investigativa dentro del programa que comprende como toda manifestación cultural, organizaciones, actitudes, valores, objetos, métodos y técnicas, todo en relación con la investigación, así como la transmisión de la investigación o pedagogía de la misma.

#### 4. Referencias

- [1] Documento: Conceptos y Aplicaciones de la Investigación Formativa, y Criterios para Evaluar la Investigación científica en sentido estricto. Bernardo Restrepo Gómez, Coordinador del Consejo Nacional de Acreditación – CNA, Colombia
- [2] Acuerdo N° 25 Por medio del cual se reglamentan los Trabajos de Grado para todos los Programas de pregrado de la UTP.
- [3] Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental - Manual de Frascati 2002- ISBN 84-688-2888-2 - © OCDE 2003.
- [4] Serie “APRENDER A INVESTIGAR” Módulo 1: CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y DESARROLLO – ICFES - 3ª Edición: (corregida y aumentada) 1999.
- [5] Acuerdo 25 del primero de agosto de 2005 mediante el cual se señalan las normas sobre la administración y el fomento de la Investigación en la UTP.