

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el desarrollo de *software* se ha convertido en uno de los pilares industriales a nivel mundial junto con la microelectrónica, cómputo y telecomunicaciones, debido a que desde hace algunos años los programas computacionales han sido responsables en parte del impulso científico y tecnológico que actualmente dispone la humanidad (Dabat y Ordoñez, 2009). El principal activo en la industria de *software* son los profesionales con áreas relacionadas a este campo de acción, siendo estos necesarios para la construcción de herramientas tecnológicas que soporten las actividades en las diferentes ramas del conocimiento y aspectos cotidianos, como las aplicaciones que son utilizadas en los computadores personales, *smartphones*, *tablets*, televisores, electrodomésticos y cualquier elemento tecnológico. Hace algunos años solo en Estados Unidos se requerían más de 700.000 profesionales, y en el mundo cerca de 3.000.000 de personas (Peñaloza Báez, 2008). No solo aspectos básicos y cotidianos implican la intervención de un *software*, también se encuentran elementos críticos que pueden afectar la salud y el bienestar de un conjunto de personas. Es aquí donde entra en juego una delgada línea entre la funcionalidad de los diferentes sistemas de información desarrollados y la calidad de estos, debido a que según el campo de acción de un determinado sistema de información pueden no tolerarse fallas que pueden poner en peligro la vida de las personas, como lo es el caso de *software* médico, el de un medio de transporte como un avión, *software* aeroespacial, etc. (Rivera, Ranfla, y Bátiz, 2010). En esta frágil línea, se debe tener en cuenta que un *software* que funcione y realice las actividades para lo que fue desarrollado no implica que este sea de calidad, debido a que puede fallar en cualquier momento por no tener en cuenta características que permitan soportar elementos de saturación de fallos en tiempo de ejecución al momento de su implementación.

La construcción de *software* por parte de un profesional no solo implica el desarrollo y codificación, también intervienen elementos de diseño, arquitectura y definición clara de requerimientos que direccionen a un producto confiable que satisfaga de manera óptima las necesidades para las que fue construido y que además, no ponga en peligro la integridad de un ser humano según el entorno en el cual se desempeñará. Es por ello que los profesionales de este campo deben adquirir las competencias investigativas necesarias con el propósito de mejorar los procesos de obtención y captura de requerimientos, con el fin de definir a cabalidad los diferentes elementos que precisarán y limitarán los diferentes alcances del *software* que se esté construyendo, y con base en esto poder tomar la decisión correcta respecto a metodologías de desarrollo y diseño de arquitectura que brinde la escalabilidad, mantenibilidad, eficiencia, eficacia y seguridad que un *software* debe ofrecer.

Colombia no es ajeno a la demanda de profesionales de desarrollo de *software* que se tiene actualmente, se calcula que el déficit de profesionales en este campo es cerca de unos 15.000 y que para el 2019 será de unos 90.000 profesionales como explica Medina (2014). Es por esto que se debe impulsar estrategias para formar y capacitar a un número de ciudadanos en este campo de impacto. La ciudad de Armenia al ser un sector de movimiento académico, debido a su alto número de instituciones académicas y de formación se hace responsable de la alta calidad, desempeño y buen nombre de la cantidad de profesionales que se forman, y la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío EAM al brindar un espacio académico en la formación de este campo

en particular busca mecanismos por los cuales se pueda mejorar la calidad de los profesionales que forma en el desempeño de sus labores.

Como explica García (2011) el *software* actualmente es algo tan “natural” que las personas que interactúan con el creen que es sencillo desarrollar cualquier tipo de programa informático, pero sin tener conceptos claves como requerimientos (metodología para obtenerlos e identificarlos, documentarlos y diseñarlos), arquitectura y pruebas no se pueden producir elementos de calidad. Además, cuando se requiere desarrollar un sistema de información o una aplicación computacional, lo único que se tiene en cuenta en el proceso de contratación es que solo se tenga conocimientos acerca de un determinado lenguaje de programación, siendo esto mano de obra barata que no brindará ningún tipo de garantía.

Es por ello, que el programa de Ingeniería de Software define la sublínea de investigación Ingeniería de Software con el fin de buscar medios por los cuales se pueda mejorar aún más los programas computacionales desarrollados, desde el punto en el que se identifica una determinada necesidad y se concibe la idea tecnológica, pasando por todo su análisis, diseño e implementación, hasta el punto de que es utilizado por un ser humano, enmarcado en un ambiente de calidad, eficiencia, eficacia, robustez, escalabilidad y mantenibilidad que brinde seguridad a los usuarios y las personas implicadas en el uso del *software* desarrollado.

1. MARCO INSTITUCIONAL

El esfuerzo y acompañamiento nacional que actualmente se promueve en la formación de personal capacitado en el desarrollo de *software*, impulsa a las instituciones educativas para apostar a este campo de conocimiento, buscando y fomentando una formación de alta calidad en sus profesionales, brindando espacios de trabajo e investigación en tecnologías y metodologías de vanguardia que perfeccionen el proceso de desarrollo de *software*, aumentando la calidad del producto final. Con esto se busca que la región sea un punto de atención en el campo internacional, al brindar profesionales capacitados y comprometidos en su campo de acción, permitiendo inversiones extranjeras en el sector, aumentando las oportunidades laborales y la calidad de vida de los profesionales.

Líneas institucionales de investigación

El sistema de investigación de la Escuela de Administración y Mercadotecnia se ha enmarcado según las necesidades del sector, con el fin fomentar la investigación enfocado a la búsqueda de soluciones regionales y así, aumentar la calidad, productividad y el empleo local. Las diferentes líneas definidas por la institución son:

- Desarrollo socioeconómico regional enfocado a tres aspectos fundamentales: La agroindustria, el turismo y la internacionalización.
- Desarrollo sostenible.
- Diseño e implementación de metodologías de innovación tecnológica para optimizar los procesos de las industrias, agroindustrias y empresas prestadoras de servicio.
- Diseño, comunicación y mercadeo.

La ingeniería de *software*, al ser una actividad que puede ser aplicada a cualquier campo en el que se pueda o necesite implementar una solución tecnológica como la medicina, bioinformática, aeronáutica, mercadeo, etc. tendrá espacio para los profesionales que se desenvuelvan en este campo de acción, brindando la posibilidad de aplicar, investigar y mejorar elementos enfocados a la calidad de un producto final de desarrollo de *software* (análisis del problema en particular, diseño de la solución para el problema, implementación - codificación, pruebas y mantenimiento), por lo que se pretende mejorar dichos procesos con la definición de un marco de investigación que lo apoye.

Definición de sublíneas de investigación

Tomando como base lo señalado en el documento de definición de la línea institucional de investigación de la Facultad de Ingenierías establecida por Herrera y Olivero (2013), un elemento clave de investigación en el campo de la ingeniería de *software* es la ingeniería de requerimientos, patrones de diseño y testeo, todo enmarcado en el ciclo de vida de desarrollo y construcción de un *software*.

Desde 1985 hasta el presente, se han desarrollado herramientas, metodologías y tecnologías que se mostraban como una solución integral para la planeación de un desarrollo de programas informáticos, establecimiento de costos y gestión de calidad en el desarrollo computacional, pero estas no son aplicadas satisfactoriamente o no se ajustan a un determinado sector, debido a que en donde fueron diseñadas e implementadas correspondían a un entorno totalmente diferente (Gilbert y Peña, 2005; Toro y Cardona, 2010).

Según el acuerdo 06 del 25 de septiembre establecido por la EAM (2007), una de la sublíneas de investigación que deben existir dentro del programa de Ingeniería de Software está fuertemente relacionado con los diferentes tópicos que comprenden las múltiples metodologías de desarrollo con calidad de un producto tecnológico, y que además tenga concordancia según la interacción entre los diferentes programas técnicos y profesionales. Como el campo de desarrollo de *software* puede ser considerado una actividad que logra ser altamente interdisciplinar, al poder ser aplicado a cualquier campo del conocimiento o actividad cotidiana, todos estos elementos establecidos están siendo superados para la sustentación de la creación y definición de esta sublínea de investigación. Con base en la resolución n.º 038 de la EAM (2009), en su artículo segundo que establece que con base en los principios de ciencia y tecnología, se debe transformar al Quindío en un departamento competitivo poniendo a disposición las diferentes líneas y sublíneas de investigación. Para lograr esto se debe soportar el área tecnológica con procesos de ingeniería de *software*, para así obtener un resultado de calidad.

Plan de desarrollo institucional 2011 - 2019

El PDI (Plan de Desarrollo Institucional de la EAM 2011 – 2019), establece como prioridad la consolidación de la industria de *software*, a partir de la generación de valor agregado enfocado al sector primario, para soportar la agenda interna y de competitividad apoyado además por el Departamento de Planeación Nacional. Para lograr este valor agregado la institución busca articular la cadena de *software* a las diferentes cadenas productivas regionales como la educación (en todos

los niveles), la agroindustria, bioindustria, turismo, salud, sector financiero y de servicios, mejorando así la productividad (Bejarano, 2011).

Adicionalmente una de las metas a corto plazo definidas en el PDI es la acreditación de alta calidad de múltiples programas como Publicidad y Mercadeo, Administración de Empresas, Negocios Internacionales e Ingeniería de Software, por lo que se hace necesario fomentar elementos de participación y fortalecimiento del programa como la creación de líneas de investigación, permitiendo una participación continua de los interesados y fortaleciendo el programa, usando los productos y derivados de las investigaciones como carta de presentación frente a entidades externas y terceros.

2. CONTEXTO GLOBAL, NACIONAL Y REGIONAL

2.1 Política global

Actualmente unas de las empresas rentables del mundo son las de desarrollo de *software*, siendo este un sector capital de importancia mundial que para el año 2008, llegó a USD 303,8 miles de millones de dólares como manifiesta Datamotrinor (2009), y que se encuentra en el centro de todas las transformaciones, principalmente si se analizan temas como la economía digital, evolución empresarial y la gestión del conocimiento. Además, el campo de desarrollo de *software* es considerado una industria blanca, que no contamina y genera fuentes de trabajo bien remuneradas como expone Peñaloza (2008). Asimismo, declara que entre los diferentes casos de éxito en el mundo se encuentra la India como una manufacturera de *software* por excelencia y Brasil, que es apoyada por el sector gubernamental para competir eficazmente con Estados Unidos, Irlanda y Canadá que poseen una fuerte industria de *software*. Además, se calcula que Bangladesh, tiene unos 10.000 desarrolladores Freelance que ganan unos 15 millones de dólares por año, suma que equivale a la cuarta parte de las exportaciones de *software* del país.

En los países en vía de desarrollo se están abriendo nuevos mercados para los creadores de *software*, abarcando aspectos como el e-government (Gobierno Electrónico), aplicaciones móviles enfocadas al acceso a noticias, entretenimiento, administración pública, atención de la salud, servicios de información de los mercados y transferencias de dinero. Para el enfoque de desarrollo de aplicaciones móviles se estima que en el 2011 en el mundo se generaron ingresos entre 15.000 y 20.000 millones de dólares (UNCTAD, 2012).

El sector Latino Americano, tenía una participación del 2,72 % para el año 2005, distribuida de la siguiente manera: Brasil 52 %, México 17 %, Argentina 12 %, Chile y Venezuela 5 %, Colombia 3 % y el resto de países 6 % (World Information Technology and Services Alliance, 2006). Para el año 2010, la región Latino Americana presenta el tercer mejor crecimiento promedio de PIB (Producto Interno Bruto), con un crecimiento del 3,2 % comparado al año anterior y respecto al promedio mundial que fue 2,8 %. Además, este crecimiento Latino Americano es encabezado por los mismos países fuertes en el desarrollo de *software* como explica Gartner (2009).

Igualmente, Gartner (2009) indica que entre los años 2007, 2010 y 2013 analizando la regiones de Asia/Pacífico, América Latina, Medio Oriente / África, y Europa del Este, el estimado del mercado combinado de estos alcanzará un total de USD 1.375 Mil Millones en el gasto de TI en todo el mundo, en el cual América latina posee un 8,1 % del total mundial y se posiciona en segundo puesto después de Asia / Pacífico. En este informe también se destaca el hecho que en América Latina la inversión de presupuesto en el sector TI por parte de proveedores externos es cada vez mayor, estableciéndola como un destino adecuado dentro de las estrategias de inversión tecnológica y de desarrollo de *software*.

Organizaciones internacionales reguladoras

Con el fin de regular, controlar y estandarizar el proceso y las etapas involucradas en el desarrollo de programas computacionales, múltiples organizaciones se han integrado en alianzas para fomentar buenas prácticas de ingeniería de *software*, para garantizar la producción de soluciones que satisfagan los requerimientos de los clientes, entre estas se encuentran las siguientes como revelan Toro y Cardona (2010):

IEEE (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers, inc.*): es una asociación internacional sin ánimo de lucro con sede principal en Piscataway en USA y subsedes en más de 190 países del mundo. Cuenta con alrededor de 370.000 miembros entre profesionales y estudiantes con carreras afines de ingeniería, diseño, derecho, administración, medicina, biología. Su misión es básicamente fomentar la prosperidad global para beneficio de la humanidad, a través del mejoramiento continuo de los procesos de ingeniería, en la creación, desarrollo, integración, participación y aplicación del conocimiento de la informática, ciencia electromagnética y la electro tecnología. Esta entidad es un líder mundial en el desarrollo de normativas internacionales que soportan las telecomunicaciones, las TIC y la generación de energía - servicios y Colombia pertenece al IEEE Región 9 (Latino América), donde tiene diferentes tipos de membresía, clasificados básicamente en dos grupos: profesionales y miembros estudiantiles.

La creación de las normativas generadas por la IEEE se segmenta en las diferentes organizaciones que la componen como la *Standards Association* (IEEE-SA) que produce las normas que responden a las necesidades globales de la industria, el Gobierno y el público para una amplia gama de tecnologías e industrias. La *Computer Society* (IEEE-CS) es la sociedad más grande en la IEEE y es el organismo líder para proveer información técnica y de servicios a estudiantes y profesionales de la computación, la informática y los sistemas en el mundo. Esta se enfoca en avanzar sobre la teoría y aplicación de la informática y la tecnología de la información de procesamiento. Esta entidad en el 2004 publicó la SWEBOOK, el cual establece las líneas base para el cuerpo de conocimiento en el ámbito del proceso de ingeniería de *software*, cumpliendo con la responsabilidad de promover el adelanto teórico y práctico en esta área de estudio. También se encuentra la *Technical Council on Software Engineering* (TCSE) que alienta a la aplicación de métodos de ingeniería y principios para el desarrollo de programas computacionales, y trabaja para incrementar los conocimientos profesionales sobre las técnicas, herramientas y datos empíricos para el mejoramiento de la calidad de *software* en su diseño, desarrollo, administración y mantenimiento. Finalmente se encuentra la *Software & Systems Engineering Standards Committee* (S2ECS), que es el comité que tienen como objetivo el desarrollo y mantenimiento de *software* de una manera pertinente, coherente, completa y eficaz.

Los resultados y normativas como el SWEBOK mencionado anteriormente y otros resultados de las demás organizaciones pueden ser de ayuda futuras investigaciones de la sublínea planteada, tomándolo como referente para la definición de proyectos específicos según las tendencias mundiales planteadas por la organización.

ISO (Organización Internacional de Normalización): es el desarrollador y editor de normas internacionales más grande del mundo, compuesta por una red de institutos de normalización en 163 países. Además, es una organización no gubernamental que integra el sector público y privado permitiendo llegar a un consenso sobre las soluciones que satisfagan tanto los requerimientos del negocio como las necesidades de la sociedad. Entre las diferentes temáticas abordadas por la ISO se encuentra la agricultura, la construcción, ingeniería mecánica, productos sanitarios y las TIC.

European Software Institute (EIS): es una organización privada sin fines de lucro, lanzada como una iniciativa de la comisión Europea, con el apoyo del Gobierno Vasco y las principales empresas europeas que trabajan en el campo de la tecnología de la información. Su principal actividad es ayudar a la industria de *software* en sus objetivos de producir productos de mayor calidad, a tiempo, de la mejor manera y con un costo menor. Esto lo logra ofreciendo servicios de consultoría y formación, apoyo tecnológico a través de su equipo de expertos y una red de alianza en todo el mundo enfocados especialmente a las pymes.

Otras entidades reguladoras: existen muchas otras entidades reguladoras a nivel internacional, entre las cuales destacan La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), NASCCOM (India), *American National Standards Institute* (ANSI), Comisión Panamericana de Normas Técnicas (CONPANT), *International Software Benchmarking Standards Group* (ISBSG), *Centre for Software Engineering* (CSE), *Association for Computing Machinery* (ACM), *British Standards Institution* (BSI), Red sobre Experimentación y Medición en Ingeniería de *Software* (REMIS), CESSI (Argentina), SOFTEXT (Brasil), GECHS (Chile), CAMTIC (Costa Rica), AESOFT (Ecuador), SOFEX (Guatemala), APESOFT (Perú), AMITI (México), CAVEDATOS (Venezuela), CUTI (Uruguay), CTIP (Paraguay), CBTI (Bolivia), CONACYT (El Salvador), etc.

Política nacional

Como explica el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2008a) la nación colombiana debe contar con mecanismos de retención de personal calificado en el desarrollo de TI, con el fin de evitar la pérdida de personal con talento y que se encuentra en proceso de formación al campo extranjero, además debe capturar una porción del mercado creciente de TI, para así consolidar este campo de acción como un sector empresarial netamente nacional. Este proceso es importante tomando como base que el sector de TI es una industria global que para el año 2008, abordaba cerca de US \$ 303,8 MM según Datamotinor (2009) y que ha venido en un constante crecimiento esperado cercano al 7 - 8 %. Además, explican que en Colombia el sector de TI es poco especializada, y se orienta al mercado doméstico y se enfoca principalmente a:

- Comercialización y soporte de *software* empaquetado.
- Desarrollo de *software* a la medida.
- Consultoría e integración de sistemas.

“Si Colombia llega a consolidarse como un referente internacional en el campo de TI, podría aspirar a generar US\$ 1,300 MM y cerca de 32,000 empleos en algunos años. Adicionalmente, este

esfuerzo tendría un impacto significativo en otros sectores de la economía gracias al incremento de su productividad” (Ministerio de Comercio - Industria y Turismo, 2008b). Para poder consolidarse Colombia tiene que empezar a desarrollar *software* con calidad a partir de elementos diferenciadores, que lo hagan posicionarse como referente internacional, es por ello que a partir de las investigaciones que se realicen en la EAM en esta línea de investigación, se pueden desarrollar elementos diferenciadores enfocados al mejoramiento de la calidad de un producto final en un proceso de desarrollo de *software*.

Entidad nacional reguladora: La federación Colombiana de la industria de *Software* (FEDESOFTE), es la entidad con mayor representatividad del sector TIC en Colombia, incluyendo la industria de desarrollo de *software* y tecnologías informáticas relacionadas. Cuenta con alrededor de 180 afiliados en el País, y tiene convenios con el gobierno, el campo académico y otro tipo de entidades promoviendo la gestión de calidad entre otros aspectos (FEDESOFTE, 2015; Toro y Cardona, 2010).

Desarrollo del sector BPO&O (Tercerización de procesos de negocio) como uno de clase mundial: esta alianza basa su formulación sobre la tercerización de servicios o de procesos de negocio, tomando como eje central la subcontratación de funciones de procesos de negocio con proveedores de servicios externos o internos en una organización como las ventas, mercadeo, gestión de recursos humanos, finanzas, contabilidad, administración e ingeniería. En esta alianza se hace evidente que para alcanzar todos estos objetivos tienen en cuenta *software* robusto, de calidad y que se ajuste al entorno nacional colombiano. Una prueba de ello es la especificación de iniciativas que deben ser planteadas para lograr dichos objetivos, entre las que se encuentra la construcción de parques tecnológicos de servicios remotos de *software*, para aumentar la cantidad de finca raíz apta y mejorar la calidad y cobertura de energía y telecomunicaciones, todo enfocado a mejorar la infraestructura y el acceso al *software* para Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2008b). Adicionalmente, se propone aprovechar la experiencia y experticia del sector de *software* para el desarrollo de sistemas de información y la seguridad de estos, a través de una colaboración constatare con el sector y con personal altamente calificado que tengan los conocimientos técnicos para tal fin.

Adicionalmente, en el informe de sostenibilidad sobre BPO&O presentado por Garavito, Karina, y Pinzón (2012), el plan estratégico que se propone para fortalecer el campo de la tercerización de procesos está enfocada a tres segmentos: ITO (Servicios de tecnología de la información), BPO (Procesos empresariales) y KPO (Proceso de conocimiento). De estas la ITO es la que se enfoca específicamente en el campo TIC, y para fortalecer este frente en específico, se deben aplicar las siguientes líneas de acción tercerizando los siguientes aspectos:

- *Software* como servicio.
- Plataformas tecnológicas como servicio.
- Infraestructura como servicio.
- Servicios de TI prestados desde la nube o cloud computing.
- Tercerización de la gerencia.
- Manejo de centros de datos (data centers).
- Servicios de *testing* de *software*.

Aunque a nivel nacional las empresas más grandes de la industria de *software* enfocadas al desarrollo y mantenimiento de sistemas de información, aplicaciones y la gestión de proyectos se

encuentran ubicadas en Bogotá, Medellín y Cali, otras regiones como el sector Cafetero se han destacado por las oportunidades que ofrece para el crecimiento de la industria, debido a la disponibilidad de talento humano a costos competitivos como exponen Garavito, Karina y Pinzón (2012). Esta región en específico debe fortalecer todos los procesos de desarrollo de aplicaciones y sistemas de información, involucrando directamente la estrategia de *Software*, plataformas tecnológicas y servicios de TI ofrecidos desde la nube como servicios. Para que la EAM pueda aportar a este proceso de crecimiento se deben definir temáticas y proyectos de investigación, para identificar las posibles debilidades existentes en la región y así, focalizarse en estos posibles elementos mejorándolos, aplicando tecnologías emergentes y de vanguardia para el crecimiento regional.

Documento Conpes 91: este documento fue establecido por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (2005), y aborda los compromisos adquiridos por Colombia en la cumbre del milenio en septiembre del 2000 en el marco de la Asamblea General de Naciones Unidas. En este documento se establece un listado de estas estrategias las cuales son:

1. Acceso universal al sistema educativo de todos los niños a partir de los seis años comenzando en el nivel de preescolar.
2. Prioridad a las zonas rurales especialmente en el nivel de secundaria.
3. Otorgar incentivos económicos, incluyendo mecanismos de subsidios directos a los más pobres, condicionados a su asistencia y permanencia escolar.
4. Establecer y fortalecer los esquemas de participación privada para la prestación del servicio educativo, dirigidos a la ampliación de cobertura.
5. Implementación de experiencias exitosas y fortalecimiento de los modelos de educación rural.
6. Trabajar por el mejoramiento de la calidad, comenzando por realizar un monitoreo continuo del avance en el logro, mediante comparaciones nacionales e internacionales.
7. Implementación de sanciones al incumplimiento de la norma de educación básica obligatoria.
8. Mejoramiento de la infraestructura escolar mediante el uso adecuado de los recursos correspondientes a la partida de calidad del Sistema General de Participación.
9. Uso de tecnologías de información en básica y media, para el desarrollo de las competencias que necesitan los estudiantes con el fin de lograr el aprovechamiento del desarrollo científico y tecnológico.
10. Promoción de la educación técnica y tecnológica, con el fin de atender las demandas del país para mejorar la competitividad frente al mercado mundial.
11. Fortalecimiento de los sistemas de información y modernización de las entidades territoriales.
12. Uso eficiente de los recursos del sistema general de participación.

De este listado de estrategias destaca una de las doce para el logro de la educación básica universal, la cual es el uso de las TIC para el desarrollo de competencias enfocadas a la naturaleza, apropiación – uso, solución de problemas y su aplicación en la sociedad y que necesitan los estudiantes con el fin de lograr el aprovechamiento del desarrollo científico y tecnológico como lo explica MEN y Ascofade (2008), siendo necesario un *software* local de alta calidad para alcanzar este objetivo. Adicionalmente, se encuentra que en las metas universales definidas en dicho documento se establece que, en conjunto con el sector privado, se debe velar el aprovechamiento de los beneficios de las nuevas tecnologías de la información y de comunicación, siendo necesario una

actualización constante y la definición de nuevas metodologías de un ciclo de desarrollo de *software* para aprovechar estas nuevas tecnologías.

ISO 26000 (guía de responsabilidad social): la norma ISO 26000 establecida por la Secretaría central de ISO (2010), contiene los lineamientos necesarios para que cualquier tipo de organización alcance los beneficios de operar de manera socialmente responsable. Para la implementación de esta normativa se deben tener en cuenta algunos criterios como la apuesta por el compromiso con la calidad y la transparencia del producto o servicio, la toma de conciencia y responsabilidad empresarial en materia cultural, ambiental-legal y se debe aspirar a conocer y controlar el alcance de la empresa sobre los grupos de interés. Con base en estos lineamientos se puede tener una base para futuros proyectos y alianzas generadas entre la sublínea de investigación y empresas o terceros, para trabajar en armonía y así contribuir a la culminación satisfactoria de los posibles proyectos generados. Esta guía puede ser ampliamente integrada en todo el proceso académico y de formación de ingeniería de *software*, aplicado directamente al ciclo de desarrollo para obtener un producto de calidad enmarcado en el alcance del proyecto establecido.

Documento Conpes 3668: el Conpes 3668 establecido por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (2008), indica que el Quindío tiene como fortalezas el campo de desarrollo de *software*, el cual lo aplica a proyectos productivos de gestión. Esto es un mensaje claro para fortalecer este campo para el mejoramiento continuo del campo a través del desarrollo y la investigación, con el fin de aumentar los procesos de calidad de desarrollo de *software* durante todo su ciclo de vida.

Documento Conpes 3582: Aquí se establece la política nacional de ciencia, tecnología e innovación, y definen los diferentes campos y actividades que encierran los elementos para realizar I+D (Investigación y desarrollo). Este campo abarca las diferentes actividades relacionadas con el desarrollo de *software*, siendo necesario la creación de medios y espacios de investigación que fomenten la producción y creación de nuevas tecnologías en este campo de acción (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2009).

Programa de ciencia, tecnología e innovación en electrónica, telecomunicaciones e informática (Colciencias): el Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática tiene la misión de promover, fomentar y apoyar la generación de conocimiento, la innovación y el desarrollo tecnológico a través de la formación permanente del recurso humano, transferencia e intercambio de tecnologías, y de una continuada actividad científico-tecnológica en forma conjunta entre la academia y los sectores productivos con efectiva interacción a escala internacional (COLCIENCIAS, 2015). Con el fin de incrementar la capacidad y la actividad de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el área de informática, para su aplicación al desarrollo productivo y social del país se estableció el siguiente conjunto de áreas temáticas en el campo TIC:

- Buenas prácticas de desarrollo de *software*.
- Seguridad informática.
- Desarrollo de aplicaciones y contenidos digitales para procesos de producción, gestión y administración en mipyme.
- Arquitecturas empresariales.
- Contenidos multimedia, animación digital, realidad virtual y 3D.
- Sistemas complejos e inteligentes.
- Sistemas de información geográficos y ambientales.

- Redes sociales y plataformas colaborativas.
- Grillas computacionales, computación en la nube y *software* como servicio
- Sistemas de realidad aumentada
- Ubicuidad y usabilidad
- Sistemas centrados en el usuario
- Nuevas tendencias de desarrollos en la web.
- Desarrollo de contenidos y aplicaciones digitales para mipymes en plataformas móviles e interoperabilidad entre las mismas.

De este conjunto de áreas temáticas, la que se aplica directamente a la sublínea de investigación de la EAM es *Buenas prácticas de desarrollo de software*, debido a que afecta directamente todo el ciclo productivo, con el fin de obtener un producto final robusto, seguro, eficiente y escalable para implementar cualquier producto en el ámbito nacional e internacional.

MINTIC (Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicación): el MinTIC es la entidad encargada de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Además, dentro de sus funciones está el incremento y facilitación del acceso a todos los habitantes del territorio nacional a las tecnologías de la información y las comunicaciones y a sus beneficios (MinTIC, 2015a). Dentro del plan estratégico propuesto por el MinTIC (2014), se resalta que entre los logros obtenidos entre los años 2010 y 2014 se encuentra el fomento al desarrollo de *software* orientado a dispositivos móviles a través del programa Apps.co, con maratones de desarrollo de *software* para el emprendimiento TIC. Esto puede ser un llamado de atención a una temática de investigación para la sublínea, debido a que el desarrollo de *software* orientado al campo móvil está siendo promovido y alentado, siendo necesario establecer metodologías eficientes y de calidad para este tipo de orientación.

Dentro de las metas establecidas por el MinTIC entre los años 2014 y 2018, se encuentra la reducción de la brecha digital existente para las personas con algún tipo de discapacidad, a través del desarrollo de *software* accesible y que facilite las actividades digitales de esta población, apoyando así un desarrollo inclusivo, equitativo y sostenible para todos. Para obtener buenos resultados y un impacto real sobre las personas que tengan algún tipo de discapacidad, se hace necesario tener claro la mecánica de trabajo y de obtención clara de requerimientos para ofrecer *software* que realmente permita una mayor interacción y participación según la discapacidad de una determinada persona.

2.2 Política departamental y local

PEDCTI (Plan estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación) Quindío 2022: Uno de los mecanismos para la ejecución de estrategias de regionalización de la Ciencia, Tecnología e Innovación es la generación de capacidades para apoyar el mejoramiento de la competitividad sectorial y regional con base al conocimiento y la investigación. Para lograrlo se elaboró el plan estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación para orientar la inversión en CTel (Ciencia, tecnología e investigación) en el departamento hasta el año 2022. En este documento se especifican los diferentes programas de I+D (Investigación y desarrollo), y en estos se encuentra el entorno de la industria de *software*.

En este documento también se establece el modelo a seguir en I + D + i (Investigación, desarrollo e innovación) en el sector productivo de *software*, todo esto enmarcado con una serie de enfoques y

estrategias a seguir a corto y mediano plazo. De manera genérica lo que se desea es la focalización de esfuerzo en la propiedad intelectual y generación de *spin-off*, orientando a los negocios tecnológicos al desarrollo de *software* educativo, servicios de telecomunicaciones, simulación para la toma de decisiones (agroindustria y turismo), tercerización KPO y desarrollo de *software* por demanda y a la medida. A mediano plazo se propone transferir *software* genérico para las pymes, gestión tecnológica, desarrollo de aplicaciones móviles enfocadas a la realidad virtual, generar investigación aplicada en arquitectura de procesadores, comunicaciones inalámbricas, bioinformática, portabilidad y uso de software, simulación y optimización a nivel industrial. Para lograr lo descrito, se requerirá fuerte capital humano, como maestros y doctores en áreas de ciencias económicas y afines, matemáticas y ciencias de la computación (Ingeniería de sistemas y software) así como expertos en gestión de propiedad intelectual y de la CTel PEDCTI Quindío (2013). Estos enfoques y estrategias a mediano y corto plazo se encuentran distribuidos en 5 categorías: negocios tecnológicos, innovación y propiedad intelectual, transferencia tecnología, investigación aplicada e investigación básica. Además, para cada uno de estos niveles se ve la necesidad de profesionales posgraduados en el campo de la ingeniería de sistemas y *software*, siendo necesario la formación de profesionales capacitados de alta calidad por parte de la EAM, para que puedan aspirar a un nivel académico como el que se requerirá.

- **Negocios tecnológicos:** en esta área se establece que a corto plazo se debe enfocar esfuerzos en la tercerización de los procesos (BPO, ITO, KPO), generación de contenidos digitales, *software* educativo (para el diseño y gestión logística, de materiales y de la producción), aplicación de LEAN y SAAS, servicios de telecomunicaciones, domótica, telemática, automatización, telemedicina, software a la medida y por demanda, gestión comercial, modelos de negocio y simulación para la toma de decisiones. Para focalizar estos esfuerzos se requerirán maestros en economía o afines, doctores y maestros en matemáticas y ciencias computacionales (Ingeniería de sistemas, *software* y electrónica).
- **Innovación y propiedad intelectual:** en esta área se establece que a corto plazo se debe enfocar esfuerzos en la gestión de la innovación, formación de patentes, generación y aplicación de marcos regulatorios para el manejo de la propiedad intelectual y mecanismos de protección de la propiedad intelectual en la generación de *spin-off* y *start up*. Para focalizar estos esfuerzos se requerirán expertos en gestión de la propiedad y de la CTel
- **Investigación básica:** a corto plazo es necesario la formación den PSP - TSP, certificación de personal en PMP (Profesional en gestión de proyectos), física de materiales y electrónica, modelamiento matemático, heurística y meta heurística. En estos objetivos a mediano plazo es necesario la colaboración de doctores y maestros en matemáticas y ciencias de la computación (ingeniería de sistemas y *software*).
- **Transferencia tecnológica:** a mediano plazo es necesario la adopción de tecnologías para el desarrollo de aplicaciones móviles avanzadas adaptando técnicas y tecnologías de realidad virtual, además se debe realizar una gestión tecnológica e implementación de *software* genérico para mipyme. En estos objetivos a mediano plazo es necesario la colaboración de doctores y maestros en matemáticas y ciencias de la computación (ingeniería de sistemas y *software*).

- **Investigación aplicada:** a mediano plazo es necesario realizar investigación aplicada en arquitectura de *software*, bioinformática, videojuegos e interfaz amigable con el usuario, mecatrónica, redes, simulación y optimización industrial, ambientes y objetos virtuales de aprendizaje, portabilidad y uso de **software**, CMMI (Procesos de calidad de *software*), arquitectura de procesadores, comunicaciones inalámbricas, instrumentación - procesamiento de señales y bioelectrónica. Para lograrlo se hace necesario la presencia de doctores y maestros en ciencias de la educación, matemáticas y ciencias de la computación (ingeniería de sistemas, *software* y electrónica).

Informe nacional de competitividad: según el Informe Nacional de Competitividad 2014 - 2015 presentado por el Consejo privado de competitividad (2015), una de las fortalezas que presenta la región del Quindío es en el índice de Gobierno abierto (uso de las TIC en el sector gubernamental para facilitar el acceso a los ciudadanos a los datos sistematizados del sector público) ubicándose por encima del promedio nacional. Esta fortaleza puede ser tomada como ejemplo a nivel nacional y puede ser mejorada aún más en la región, definiendo elementos de ingeniería de *software* que brinden sistemas y portales de participación ciudadana, con análisis de requerimientos que permitan ofrecer sistemas intuitivos e interactivos, que ofrezcan datos verídicos, confiables y entendibles para los interesados. Adicionalmente, al ser sistemas de entidades gubernamentales, deben aplicarse elementos que permitan ser sistemas robustos y seguros, siendo este un posible tema de investigación para la sublínea de investigación.

MinCIT (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo): El MinCIT es la entidad encargada de apoyar la actividad empresarial, productora de bienes, servicios y tecnología, así como la gestión turística de las regiones del país, con el fin de mejorar su competitividad, su sostenibilidad e incentivar la generación de mayor valor agregado, lo cual permite consolidar su presencia en el mercado local y en los mercados internacionales, cuidando la adecuada competencia en el mercado local, en beneficio de los consumidores y los turistas, contribuyendo a mejorar el posicionamiento internacional de Colombia en el mundo y la calidad de los colombianos (MinCIT, 2015b).

El Quindío, al ser parte del triángulo del café, se convierte en un atractivo turístico importante a nivel nacional, siendo necesario la construcción de herramientas tecnológicas que informen y guíen a los turistas que llegan, con el fin de disfrutar el atractivo turístico del café. Como el desarrollo de *software* aplicado a este sector turístico es del sector público, debe tener los elementos necesarios que brinden escalabilidad, robustez, mantenibilidad y accesibilidad para la demanda de usuarios que pueda tener dichos desarrollos.

Industria de *software* en Quindío: Como explica PEDCTI Quindio (2013), para el año 2007 se tenía un registro de 215 empresas relacionadas con TIC, las cuales 160 eran de desarrollo de *software* y servicio de *hardware*. De este sector específico, para el año 2010 los servicios ofrecidos se enfocaban un 25 % en desarrollo web, 19 % en *software* a la medida, siendo una tendencia que se presenta igualmente en los departamentos de Caldas y Risaralda, tomando como clientes principales el sector industrial, de servicios y comercial. Además, los principales compradores para Armenia se encuentran en el mercado nacional con un total de 43 % e internacional con una participación de 29 %, mientras que el local y regional abarcan un 14 % cada uno respectivamente. Igualmente explica que entre los principales clientes se encuentran la Alcaldía de Armenia, El Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío, Parque del Café, Federación Nacional de Biocombustibles, Comunidad Católica del Occidente de Colombia Claretianos, Publicar Panamá, Empresa Suiza de Relojes, Bolsa de valores, Bancolombia, Clínicas,

terminales aéreos y terrestres, Gobernación del Quindío, alcaldías municipales, sector turístico, Claro, entre otros (Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío, 2007).

La EAM en conjunto con la FDQ (Fundación para el Desarrollo del Quindío) en el año 2011 realizó un perfil tecnológico del *software* en el departamento del Quindío, donde se encontró que existían 34 empresas que se dedicaban al desarrollo de *software*. Respecto a los servicios que ofrecen, un 35,3 % se enfocan en los sistemas administrativos y su mercado objetivo son las empresas en general y las entidades de Gobierno PEDCTI Quindío (2013). Como explican la EAM Y la FDQ (2011) los sectores que más impacto tienen son el turístico 5,9 %, la salud con un 11,8 %, la cadena de guadua 5,9 %, y la construcción; el sector inmobiliario, comercio y energía ocupa un 67 %. Dicho reporte también indica que del recurso humano que dispone las empresas de desarrollo de *software* un 77 % son profesionales en ingeniería de sistemas o ingenierías afines, 6 % son tecnólogos o técnicos, 5 % tienen algún tipo de especialización, 4 % están entre masters, estudiantes o practicantes y 2 % bachilleres.

En el documento presentado por EAM y la FDQ (2011) muestra que las necesidades de capacitación de las empresas de desarrollo de *software* se centran en tecnologías y temáticas como: NET, calidad de *software*, mercadeo, arquitectura de *software*, administración de proyectos, ingeniería de *software*, computación móvil, inteligencia de negocios, cloud computing, PHP y Oracle. Respecto a metodologías de desarrollo se encuentra que un 18 % utilizan XP (*eXtreme Programming*), 15 % alguna metodología propia, 12 % trabajan según los requerimientos del proyecto, 9 % trabaja con ICONIX, 6 % con ISO y SCRUM; y 3% con otras metodologías como AUPC, *Rapid Development*, *Caos Methodology*, TSP y MVC. Esta cantidad de metodologías es un claro llamado de atención a la academia sobre la necesidad que existe en fortalecer el aprendizaje, gestión y control de los procesos que involucren los múltiples enfoques utilizados, además en procesos que certifiquen dichas metodologías dando un valor agregado a las empresas de desarrollo regional. Es desafortunado que, localmente pocas empresas tienen certificaciones de calidad de *software*, siendo solo una organización la que tiene CMMI nivel 5, la empresa Riazor tiene una certificación ISO, ALLIX posee certificación Siemon, Oracle y Microsoft. No solo se tienen pocas certificaciones sino que de las reconocidas y demandadas nacionales no se encuentran en la región como TSP y PSP.

Parquesoft: es la entidad que promueve y apoya el desarrollo de la industria de *software* en el país. En Armenia fue establecida en el año 2004 y ha contado con el apoyo de Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío, la Gobernación del Quindío, las Alcaldía de Armenia y la Alcaldía de Calarcá, Parque Nacional del Café, Coofquindio, Sumset, Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, el Sena y la empresa de Teléfonos de Bogotá. En el 2009 alcanzó ventas en la industria de *software* de Armenia por un total de 3000 millones de pesos, registrando un crecimiento con respecto al año anterior del 7 % y en el cual para el año 2013 contaba con alrededor de 31 empresas para asesorías. Según el documento estipulado por el Departamento Nacional de Planeación (2007), el cual es un acuerdo de voluntades y decisiones entre el Gobierno Nacional, las entidades territoriales, el sector privado, los representantes políticos y la sociedad civil sobre las acciones estratégicas que debe realizar el país para mejorar su productividad establece a Parquesoft como una necesidad clave y un aliado estratégico para el progreso regional. Esto se evidencia en el fuerte interés de integrar la industria de desarrollo de *software* en las diferentes cadenas productivas de la región, como lo es el turismo, la agroindustria y las confecciones. Esto es logrado a partir de la consolidación de Parquesoft Quindío como incubadora de empresas, articulada a las universidades, al sector privado y la formación de talento humano con formación en las universidades de la región

y en Parquesoft Quindío. En el mismo documento se indica la ventaja competitiva que tiene Colombia, al ser el único país latinoamericano que cuenta con una red de *clusters* tecnológicos especializados en desarrollo de *software*, los cuales tienen una importante presencia en las regiones, pues:

El modelo del Parque tecnológico de software, se ha convertido en un innovador modelo de asociación y está consolidando el corredor de ciencia y tecnología en el sur occidente colombiano, integrando sedes en las ciudades de Cali, Popayán, Pasto, Buga, Tuluá, Palmira, Armenia, Manizales, Pereira y Buenaventura (EAM y FDQ, 2011).

3. EPISTEMOLOGÍA

3.1 Apropiación de conocimiento por nivel de formación:

- **Nivel técnico:** los estudiantes que se encuentren en este nivel de formación pueden participar activamente en la línea de investigación enfocados al desarrollo de *software* desde sus diferentes ramas, pero desde un nivel de complejidad baja utilizando diseños y siguiendo directrices definidas con una determinada tecnología. La línea de investigación apoyará y fortalecerá las cátedras de diseño de *software* y desarrollo web, enfocados al área de gestión de requerimientos, modelamiento y desarrollo web 2.0.
- **Nivel tecnológico:** los estudiantes que se encuentren en este nivel de formación pueden participar activamente en la línea de investigación enfocados al desarrollo, diseño y coordinación de *software* desde sus diferentes enfoques desde un nivel de complejidad medio, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, rendimiento, tiempos de entrega y esfuerzo necesario según unos requerimientos previamente establecidos. La línea de investigación apoyará y fortalecerá las cátedras de programación avanzada I y II, ingeniería de *software* I, análisis de algoritmos, diseño de bases de datos y administración de bases de datos. Todos estos enfocados al diseño, administración y desarrollo con criterios mínimos de calidad.
- **Nivel universitario:** los estudiantes que se encuentren en este nivel de formación pueden participar activamente en la línea de investigación enfocados al desarrollo, diseño, dirección, control y evaluación de *software* desde sus diferentes enfoques desde un nivel de complejidad elevado, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, rendimiento, tiempos de entrega, esfuerzo necesario, tecnología a utilizar y metodología a seguir según las necesidades del entorno. La línea de investigación apoyará y fortalecerá las cátedras de desarrollo en equipo, ingeniería de *software* II y III y arquitecturas. Todos estos enfocados al modelamiento, implementación de arquitecturas y al trabajo en equipo.

3.2 Áreas y temas de investigación: a nivel nacional, las diferentes entidades educativas deben direccionar principalmente sus enfoques de investigación a los regímenes planteados en la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colciencias, Integrados con las necesidades locales de la institución académica y a las tendencias mundiales. Para lograrlo, la EAM debe tener presente los elementos planteados, refinado con las necesidades locales y tendencias mundiales para realizar una investigación equilibrada entre lo que necesita actualmente el sector y lo que necesitará. Adicionalmente, con base en los elementos definidos en la ISO 26000 se pretende formar profesionales éticos, que fomenten la transparencia y responsabilidad social en las diferentes

empresas de *software* locales. Con las temáticas definidas en esta línea de investigación, la EAM busca subsanar y fortalecer el campo de la ingeniería de *software* en el sector local, investigando y desarrollando mecanismos por los cuales, se puedan mejorar los procesos y prácticas actualmente realizadas en la región para el desarrollo de programas computacionales.

Áreas de investigación: con base en los elementos planteados en el Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática de Colciencias, la realidad del sector y las tendencias mundiales se definen las siguientes áreas de investigación:

- **Buenas prácticas de desarrollo de *software*:** profundizar en la aplicación y generación de buenas prácticas para el desarrollo de programas computacionales, la cual puede ser basado y sustentado con los elementos planteados por la *Technical Council on Software Engineering* (TCSE) que alienta a la aplicación de métodos de ingeniería y principios para el desarrollo de programas computacionales, y trabaja para incrementar los conocimientos profesionales sobre las técnicas, herramientas y datos empíricos para el mejoramiento de la calidad de *software* en su diseño, desarrollo, administración y mantenimiento.
- **Desarrollo de *software* seguro:** profundización y generación de prácticas y elementos clave para asegurar que los programas informáticos que se desarrollen cumpla con elementos de seguridad que brinden robustez y estabilidad, frente a ataques externos y acceso a datos a usuarios no permitidos.
- **Modelamiento y gestión de requerimientos de *software*:** profundización en la toma, diseño, administración y control de los requerimientos en el desarrollo de un programa informático. Esto puede ser tomado del SWEBOK, que alienta a la aplicación de métodos de ingeniería y principios para el desarrollo de programas computacionales y trabaja para incrementar los conocimientos profesionales sobre las técnicas, herramientas y datos empíricos para el mejoramiento de la calidad de *software* en su diseño, desarrollo, administración y mantenimiento.
- **Cloud computing:** profundización e investigación en la generación de *software* en la nube, para el acceso y uso masivo a través de la red, facilitando así su masificación, distribución y uso.
- **Sistemas centrados en el usuario y usabilidad en el desarrollo de *software*:** investigación y generación de métricas para la evaluación del nivel intuitivo y de utilidad de un programa computacional desarrollado para un usuario que accede por primera vez a este.
- **Desarrollo para dispositivos móviles:** investigación en computación ubicua para el desarrollo de sistemas peer to peer y GPS.
- **Desarrollo orientado a la web:** investigación en el desarrollo de elementos web 2.0 y 3.0.

- **Testing, métricas de calidad y evaluación de *software*:** desarrollo e investigación de elementos para realizar pruebas sobre un sistema computacional desarrollado, asegurando que el producto entregado será de calidad. Para esto se puede tomar como base lo presentado por la European Software Institute (EIS), en la que su principal actividad es ayudar a la industria en sus objetivos de producir mejores productos y de mayor calidad, a tiempo, de la mejor manera y con un costo menor.
- **Industrialización de *software*:** investigación y desarrollo de elementos que permitan industrializar el desarrollo de programas computacionales, con el fin de disminuir los tiempos de desarrollo y generando productos de alta calidad.
- **Proceso de desarrollo de *software* personal y en equipo:** investigación, generación y refinamiento de buenas prácticas de desarrollo de programas informáticos personal y en equipo, con el fin de administrar las habilidades de los desarrolladores, identificando debilidades y fortalezas para la asignación adecuada de tareas o para el mejoramiento de las falencias personales en la construcción de *software*.
- **Inteligencia de negocios:** investigación, desarrollo y aplicación de tableros digitales para la visualización rápida de consolidados sobre historiales de datos, con el fin de apoyar a la toma de decisiones enfocados al acceso eficiente de resultados según el caso de aplicación.
- **Minería de datos:** investigación y uso de metodologías para el uso de sistemas expertos para la aplicación de algoritmos especializados, con el fin de descubrir conocimiento oculto sobre historiales de datos aplicando diferentes enfoques y métodos, ayudando a la toma de decisiones a partir de la comprensión del comportamientos de un conjunto de datos.

Las áreas de investigación mencionadas, son soportadas y fortalecidas por los espacios académicos del programa de Ingeniería de Software, con el fin de formar a todos los estudiantes en la investigación.

Tabla 1. Espacios académicos por área de investigación.

Área	Espacios académicos
Buenas prácticas de desarrollo de <i>software</i>	Diseño de <i>software</i> , programación avanzada I - II, ingeniería de <i>software</i> I - II – III y arquitecturas de <i>software</i> .
Desarrollo de <i>software</i> seguro	Diseño de <i>software</i> , programación avanzada I - II, ingeniería de <i>software</i> I - II – III y arquitecturas de <i>software</i>
Modelamiento y gestión de requerimientos de <i>software</i>	Ingeniería de <i>software</i> I, II y III
Cloud computing	Infraestructura de <i>software</i> y arquitectura de <i>software</i> .
Sistemas centrados en el usuario y usabilidad en el desarrollo de <i>software</i>	ingeniería de <i>software</i> I, II y III

Desarrollo para dispositivos móviles	Electivas I, II y III con énfasis en desarrollo para dispositivos móviles.
Desarrollo orientado a la web	Programación web y en las electivas I, II y III con énfasis en desarrollo web.
Testing, métricas de calidad y evaluación de <i>software</i>	Diseño de <i>software</i> , ingeniería de <i>software</i> I, II y III.
Industrialización de <i>software</i>	Programación avanzada I y II, arquitecturas de software y en las electivas I, II y III con énfasis en desarrollo .NET.
Proceso de desarrollo de <i>software</i> personal y en equipo	Diseño de software, desarrollo en equipo, programación avanzada I y II
Inteligencia de negocios	Seminario de graduación
Minería de datos	Seminario de graduación.

Temas de estudio: con el fin de fortalecer las áreas constituidas en las áreas de investigación se pueden establecer las siguientes temáticas, las cuales solo abarcan algunos de todos los posibles temas, pero pueden ser tomadas en una etapa inicial:

- Crecimiento y fortalecimiento de las microempresas a través de *cloud computing* y la computación móvil.
- Mejoramiento de procesos de desarrollo.
- Usabilidad orientado a personas con algún tipo de discapacidad.
- Desarrollo ubicuo y web para el fortalecimiento del sector turístico del sector.
- Metodologías de desarrollo.
- Arquitectura orientada a la saturación y ataques masivos.
- Gestión de requerimientos e incidencias.
- Desarrollo web 2.0 orientado a micro empresas.
- Desarrollo web 3.0 y redificación de la información.
- PSP (Personal *Software* Process) y TSP (Team *Software* Process)
- Diseño de dashboards enfocados en la visualización del comportamiento de la deserción estudiantil.
- Aplicación de árboles de decisión en datos del sector turístico en Armenia.

4. ESTRUCTURA DE LA SUBLÍNEA

4.1 Nombre

Ingeniería de Software

4.2 Concepto

La sublínea de investigación en Ingeniería de Software abarca los diferentes elementos que deben ser tenidos en cuenta en el correcto desarrollo de programas informáticos, incluyendo metodologías y tecnologías de vanguardia enfocadas al sector productivo de este campo de estudio, como las métricas de calidad, trabajo en equipo, gestión de proyectos, seguridad, análisis y modelamiento. Adicionalmente, comprende la investigación y desarrollo de tecnologías de alto impacto, tales como la computación en la nube, la aplicación de inteligencia de negocios y minería de datos para la toma de decisiones y descubrimiento de conocimiento.

4.3 Enfoque de la sublínea hacia la transformación productiva

La ingeniería de *software* tiene como fin el desarrollo de programas computacionales que optimicen la gestión, control y uso según el entorno de aplicación del producto desarrollado, facilitando la administración de datos y su utilización en la vida cotidiana. En los últimos años, el *software* ha sido clave en la optimización de diferentes procesos que van desde el campo industrial (control en la fabricación de productos en masa), empresarial (sistemas de información bancarios, ventas, trámites del sector público), sector salud (sistemas para el control de los signos vitales de una persona) hasta aspectos básicos de la vida cotidiana (georreferenciación, chats, etc.). Para poder cumplir frente a la demanda de creación y mejoramiento del *software* existente para optimizar aún más todos estos procesos, se hace necesario la incorporación y formación de profesionales talentosos, que puedan abordar y solucionar todas estas necesidades y problemáticas.

Este mundo demandante y cambiante obliga al área encargada del desarrollo de *software* a modificar y generar nuevos paradigmas que se ajusten a estas necesidades emergentes. Entre estas nuevas necesidades se encuentran la centralización de los datos sin importar la ubicación, la explotación de estos para el descubrimiento de conocimiento y su visualización para la toma de decisiones. Es por esto que la línea de investigación propone dentro de las diferentes temáticas establecidas, abordar temas de cloud computing, inteligencia de negocios y minería de datos, con el fin de profundizar en estos nuevos paradigmas que generen un alto impacto en el sector.

Con base en lo definido en la ley 1341 del 30 de julio de 2009 en su artículo 5 sobre las entidades del orden nacional - territorial y las tecnologías de la información y las comunicaciones, se ve claramente la importancia que el *software* tiene en el sector público y productivo desde sus diferentes ámbitos, con el fin de optimizar los procesos y tiempo de respuesta de las diferentes áreas que requieran su aplicación (MinTIC, 2009). Adicionalmente, como plantea la ANSI (Institución Americana de Estándares), cualquier programa computacional desarrollado debe cumplir con unos estándares de calidad que son evaluados aplicando metodologías profesionales, como las planteadas en esta línea de investigación para su profundización, aplicación y mejoramiento, con el fin de emplearlas en el sector y así ofrecer productos de alta calidad (ANSI, 2001, 2003a, 2003b, 2004).

Colombia actualmente se encuentra bien posicionada en Latinoamérica respecto a calidad de *software* se refiere, debido a que ocupa el primer lugar en certificación de calidad CMMI, esto lo informa *Software Engineering Institute - SEI* (2015), ya que para marzo de 2015 Colombia se encuentra superando a potencias de *software* como Brasil y Chile. En un resumen clarificado por parte del MinTIC (2015c) se indica que Colombia tienen un total de 56 organizaciones certificadas con CMMI, de las cuales 44 son nivel 3 y 12 nivel 5. De este total y según los resultados mostrados en este documento, la región solo cuenta con una certificación de este estilo. Por ejemplo, Armenia aporta poco a dicho consolidado global, por lo que se debe fortalecer este ámbito y así, convertir a la región en un importante aliado estratégico y potencia en el desarrollo de *software*, garantizando la calidad del trabajo frente a terceros.

4.4 Pertinencia con la oferta educativa de la EAM

Como explica Medina (2014), el país tiene un déficit en la cantidad de profesionales enfocados al área de desarrollo de *software*, para la producción de productos de base tecnológica que impulsen el crecimiento económico y social nacional. Estos productos deben tener altos estándares de calidad, para ser competitivos a nivel internacional, convirtiendo a Colombia en un aliado estratégico para el desarrollo de este tipo de productos y soluciones.

Para el cumplimiento de estos objetivos, no solo se necesita tener profesionales con conocimientos en dicha temática sino que se deben focalizar esfuerzos en investigar y desarrollar elementos que permitan fortalecer la calidad de los productos que se ofrecerán, tomando como base los nuevos paradigmas y tendencias mundiales, con el fin de ser competitivos regional e internacionalmente, aumentando así la inversión extranjera, la calidad de vida de los ciudadanos y fortaleciendo la economía nacional.

Adicionalmente, esto se logrará con la articulación y el constante apoyo mutuo entre la academia y el sector empresarial como las casas de desarrollo de *software*, para generar una retroalimentación continua que permita dirigir investigaciones aplicadas, útiles a las necesidades inmediatas y aplicables para el sector y el contexto nacional. Es por esto que la EAM debe tener presente los elementos planteados, si desea generar un alto impacto con las investigaciones que se realicen y que estas puedan ser aplicadas de una manera ágil, contribuyendo así al sector productivo local.

Para el cumplimiento de las metas planteadas y lograr el impacto efectivo sobre el sector productivo, los estudiantes que encuentren en la carrera y línea de investigación de Ingeniería de Software requieren una fuerte fundamentación teórica y conceptual sobre todos los elementos involucrados, con el fin de realizar una profunda investigación que genere artefactos, metodologías y productos que apoyen el mejoramiento y crecimiento continuo en el campo tecnológico. Esto debe ser combinado con una fuerte sensibilización acerca de responsabilidad social en su continua práctica y desarrollo profesional, con el fin de que se pueda entender mejor la realidad social y cultural de las empresas y las barreras tecnológicas que actualmente se tienen, las cuales son elementos de suma importancia y que por lo general no son valorados, llevando al fracaso de una investigación relevante con posibles aplicaciones positivas.

4.5 Objetivos de la línea

4.5.1 Objetivo general de la línea

Formular proyectos de investigación enfocados a las tecnologías de información y comunicación, para la generación de alto impacto en el desarrollo industrial de *software* regional, con el fin de mejorar la aplicación de procesos de desarrollo, aumentado así la calidad del producto final.

4.5.2 Objetivos específicos

- Guiar a los estudiantes según su nivel de formación en la vinculación y acoplamiento a los diferentes campos temáticos de investigación, con el fin fermentar desde una edad temprana la práctica de la investigación.
- Establecer subgrupos de investigación que permitan a estudiantes y profesores profundizar y debatir sobre los diferentes paradigmas existentes involucrados en cada una de las etapas de *software*, como también los enfoques vanguardistas actuales para el tratamiento de los datos generados en un *software*.
- Apoyar la ejecución de proyectos de investigación, enfocados al mejoramiento de los paradigmas existentes en las diferentes etapas involucradas en el desarrollo de *software*, para el mejoramiento productivo del desarrollo regional.
- Fomentar la generación de artículos de carácter científico por parte de los integrantes de la sublínea de investigación, con el fin de compartir los hallazgos obtenidos dentro del grupo y obtener así el reconocimiento propuesto.

5. RESULTADOS ESPERADOS

5.1 En el corto plazo

Establecer los cimientos teóricos, metodológicos, conceptuales y epistemológicos de las diferentes áreas de formación e investigación de la sublínea, con el fin de consolidar un equipo de trabajo para la definición de proyectos de investigación a través de la identificación de problemas y debilidades de la región.

Definir proyectos de investigación básica, enfocados a la certificación en PSP - TSP (desarrollo de *software* personal y en equipo), gestión de proyectos de base tecnológica PMP (Profesional en gestión de proyectos) o áreas afines con las temáticas planteadas en la sublínea de investigación.

5.2 En el mediano plazo

Definir proyectos puntuales en áreas virtuales o simuladas, centrados en las temáticas de investigación de la sublínea, aplicados directamente a las problemáticas y debilidades identificadas que requieran la implementación de tecnologías de información y comunicación para subsanarlas.

Generación de alianzas estratégicas con otros grupos de investigación, para la generación de conocimiento interdisciplinar, favoreciendo así el éxito de los proyectos en desarrollo y el aumento en la visión de más proyectos de investigación.

5.3 En el largo plazo

Aplicar en ambientes reales el conocimiento derivado de los diferentes proyectos de investigación de la sublínea, con el fin de optimizar los procesos o debilidades identificadas, para así mejorar el sector productivo y económico organizacional a nivel regional, nacional e internacional.

Formar a nivel magistral y doctoral a los docentes de la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío partícipes de la sublínea, con el fin de fortalecer los espacios de investigación, generando proyectos de alto impacto en el sector.

Por medio de los contenidos de carácter científicos publicados, consolidarse como uno de los grupos sobresalientes de investigación de *software* en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSI. (2001). *ISO 9126-1 Information technology -- Software product evaluation: quality*. USA: ANSI.
- ANSI. (2003a). *ISO 9126-2 Software engineering -- Product quality: External metrics*. USA: ANSI.
- ANSI. (2003b). *ISO 9126-3 Software engineering -- Product quality: Internal metrics*. USA: ANSI.
- ANSI. (2004). *ISO 9126-4 Software engineering -- Product quality: Quality in use metrics*. USA: ANSI.
- Bejarano, O. (Ed.) (2011). *Plan de desarrollo EAM 2011 - 2019*. Armenia: Escuela de Administración y Mercadotecnia
- Cámara de Comercio de Armenia. (2007). *Clúster del software en el Quindío*. Armenia: Cámara de Comercio de Armenia.
- COLCIENCIAS. (2015). Electrónica, Telecomunicaciones e Informática. Recuperado de http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/electr-nica-telecomunicaciones-e-inform-tica
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2005). *Conpes 91: Metas y estrategias de Colombia para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio - 2015*. Bogota: Departamento Nacional de Planeación
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2008). *Documento Conpes 3668: Informe de seguimiento a la política nacional de competitividad y productividad*. Bogota: Departamento Nacional de Planeación

- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2009). *Conpes 3582: Política nacional de ciencia, tecnología e innovación*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación
- Consejo Privado de Competitividad. (2015). *Informe nacional de competitividad 2014 - 2015*. Bogotá: Consejo Privado de Competitividad
- Dabat, A., y Ordoñez, S. (2009). *Revolución informática, nuevo ciclo industrial e industria electrónica de exportación*. México: UNAM
- Datamotinor. (2009). *Global Industry Guide [Datamotinor]*. Recuperado de http://www.datamonitor.com/store/Product/software_global_industry_almanac_2009?productid=E6014574-DB33-47CF-9A30-7FA02B3F574A
- Departamento Nacional de Planeación. (2007). *Agenda interna para la productividad y la competitividad*. Armenia: DNP
- EAM. (2007). *Acuerdo n.º 06 por el cual se definen y adoptan las líneas de investigación institucional y sublíneas de investigación de programas en la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío EAM*. Armenia, Colombia.
- EAM. (2009). *Resolución n.º 038 de octubre 09 de 2009: Por medio de la cual se constituye el evento anual de investigaciones Encuentro interinstitucional de Semilleros de investigación EAM para la Fundación Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío EAM*. Armenia, Colombia.
- EAM y FDQ. (2011). *Perfil tecnológico de software en el departamento del Quindío*. Armenia: FDQ-EAM.
- FEDESOFTE (2015). *Federación Colombiana de la Industria del Software [FEDESOFTE]*. Recuperado de <http://www.fedesoft.org>
- Garavito, J., Karina, A., y Pinzón, S. (2012). *Informe de sostenibilidad: sector de tercerización de procesos de negocio*. Bogotá: BPO&O.
- García, S. (2011). *Sobre el estado del arte y otras penas en el desarrollo de software*. Recuperado de <http://blog.soreygarcia.me/2011/02/sobre-el-estado-del-arte-y-otras-penas.html>
- GARTNER. (2009). *Gartner Perspective: IT Spending 2010*. Recuperado de http://www.gartner.com/it/themes/economy/economy_100.jsp
- Gilbert, G. y Peña, G. (2005). *Ingeniería del Software en Entornos SL*. Barcelona: Fundación para La Universidad Oberta de Cataluña.
- Herrera, J. y Olivero, J. (2013). *Diseño e implementación de metodologías de innovación tecnológica para optimizar los procesos de las industrias, agroindustrias y empresas prestadoras de servicios*. Armenia: Escuela de Administración y Mercadotecnia.

- Medina, M. A. (2014). Hay déficit de 15.000 ingenieros para industria TIC: Mintic, *El Espectador*. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/economia/hay-deficit-de-15000-ingenieros-industria-tic-mintic-articulo-503625>
- MEN y Ascofade. (2008). *Ser competente en tecnología ¡Una necesidad para el desarrollo!* Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- MinTIC. (2009). *Ley 1341 del 30 de Julio* [MinTIC]. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-3707.html>
- MinTIC. (2014). *Plan Vive Digital Colombia 2014 - 2018* [MinTIC]. Ministerio de tecnologías de la informacion y comunicacion. Recuperado de http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-5193_recurso_2.pdf
- MinTIC. (2015a). *Acerca del MinTIC* [MinTIC]. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>
- MinCIT. (2015b). *Misión y Visión*. [MinTIC]. Recuperado de <http://www.mincit.gov.co/mipymes/publicaciones.php?id=21777>
- MinTIC. (2015c). *Acerca del MinTIC* [MinTIC]. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008a). *Desarrollando el Sector de BPO&O como uno de Clase Mundial*. Bogota: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008b). *Desarrollando el sector de TI como uno de Clase Mundial*. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- PEDCTI Quindio 2022. (2013). *Eje de ciencia, tecnologia e innovacion regional en el paisaje cultural cafetero*. Bogota: Colciencias.
- Peñaloza M. (2008). *La industria del software, una oportunidad para México*. Recuperado de <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2002/enero/software.htm>
- Rivera, M., Ranfla, A., y Bátiz, J. (2010). Aprendizaje tecnológico en empresas de software en México. Cuatro territorios locales. Recuperado de http://www.izt.uam.mx/economiatyp/numeros/numeros/33/articulos_PDF/33_3_Abstract.pdf
- Secretaria central de ISO. (2010). *ISO 26000 Guia de responsabilidad social*. In Secretaria central de ISO (Ed.). Ginebra: ISO
- Software Engineering Institute - SEI (2015, 08 de julio). CMMI Institute: *Publised appraisal results: CMMI Institute* [CMMI]. Recuperado de <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx>

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE SOFTWARE
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

Elaboro por Ms. Johnny Alexander Salazar Cardona
Docente de carrera Facultad de Ingenierías EAM

Toro, A., y Cardona, L. (2010). *Estado del arte de la ingeniería del software en el ámbito Nacional e internacional de acuerdo a organizaciones que tratan la disciplina*. Pereira: Universidad Católica Popular del Risaralda.

UNCTAD. (2012). *Se abren nuevas posibilidades para la industria local del software en los países en desarrollo*. Recuperado de <http://unctad.org/es/Paginas/PressRelease.aspx?OriginalVersionID=109>

WITSA (2006). *Digital Planet 2006: The Global Information Economy*. Arlington: WITSA.