



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN**



P11 15-23

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN: Interno

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Ingeniería Eléctrica y Electrónica - FIEE

DEPARTAMENTO: Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información - DETRI

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Conectividad y Desarrollo de Aplicaciones para Internet

1 Proyecto de Investigación

Título:

Desarrollo de Prototipos para Redes de Comunicaciones Basados en Hardware Libre

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Los sistemas de comunicaciones (redes de comunicaciones) en los últimos años han experimentado una enorme evolución tanto en hardware como en software; en cuanto al software, la filosofía de libre es una idea que se encuentra muy cimentada y que cuenta con el apoyo de un gran número de comunidades y empresas; en tanto que la idea de hardware libre si bien es una idea reciente, es una tendencia que va en aumento y que ha ido tomado fuerza en los últimos años a nivel nacional e internacional, tanto en el campo profesional como en el académico. Actualmente un variado número de universidades e instituciones de prestigio se encuentran realizando investigación a diferentes niveles utilizando plataformas de hardware libre [6-12].

Una plataforma de hardware libre o hardware de tipo open source, es un dispositivo cuyas especificaciones técnicas y diagramas esquemáticos son de acceso público de forma gratuita o a través de algún tipo de pago, y al no estar asociados a ningún tipo de licencia o propiedad intelectual, este tipo de hardware resulta muy adecuado para la realización de prototipos de bajo costo muy versátiles, flexibles y escalables, que faciliten la investigación y sean aplicables en diferentes niveles que puede ir desde prácticas de laboratorio a sistemas complejos operando en producción. Debido a su bajo costo el hardware libre es plenamente accesible a los investigadores, docentes y estudiantes y propicia el entorno para fomentar el conocimiento en detalle de los procesos involucrados en diferentes sistemas de comunicaciones, el mejoramiento de los mismos y a mediano y largo plazo la generación de sistemas y soluciones propias publicables y aplicables.

Por ello en el presente proyecto se propone desarrollar prototipos de laboratorio y documentación didáctica, que impulsen la investigación y la difusión en aspectos relacionados a tecnologías que utilicen tanto hardware y software libre. Se pretende desarrollar prototipos de sistemas de comunicaciones de aplicación variada, comprobar su funcionamiento y rendimiento, y analizar las

Palabras clave (3-5): sistemas de comunicaciones, hardware libre, software libre, prototipos

2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto

Apellidos: Tipantuña Tenelema	Dirección particular: Calle Colonche y Pasaje Federico Pérez
Nombres: Christian José	Teléfono casa: 2626366
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 26/05/1986	Teléfono celular: 0995719229
Cargo actual en la EPN: Profesor Titular Auxiliar	Teléfono oficina: 2976300
Fecha de nombramiento definitivo: 6 de Marzo de 2014	Ext. EPN: 2341
Horas de dedicación al proyecto: 16 horas semanales	Correo electrónico: christian.tipantuna@epn.edu.ec

Formación de pregrado y postgrado

Títulos	Fecha	Institución/Universidad/País
Master Universitario di II Livello in Wireless Systems and Related Technologies	17 de septiembre de 2013	Politecnico di Torino/Italia
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones	08 de abril de 2011	Escuela Politécnica Nacional/Ecuador

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

-2-

3 Datos personales y académicos del Docente Investigador		
Apellidos: Rodríguez Hoyos Nombres: Ana Fernanda		Dirección particular: Triana y Orellana Teléfono casa: 2073613
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 2/12/1985		Teléfono celular: 0982227657
Cargo actual en la EPN: Profesor Titular Auxiliar		Teléfono oficina: 2976300 Ext. EPN: 2332 Correo electrónico: ana.rodriguez@epn.edu.ec
Fecha de nombramiento definitivo: 1 de Octubre 2014		
Horas de dedicación al proyecto: 8 horas semanales		
Formación de pregrado y postgrado		
Títulos	Fecha	Institución/Universidad/País
Máster en Ingeniería Telemática	Julio de 2013	Universidad Politécnica de Catalunya/España
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones	Diciembre de 2010	Escuela Politécnica Nacional/Ecuador

3 Datos personales y académicos del Docente Investigador		
Apellidos: Estrada Jiménez Nombres: José Antonio		Dirección particular: Triana y Orellana Teléfono casa: 2073613
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 29/06/1983		Teléfono celular: 0998260741
Cargo actual en la EPN: Profesor Titular Agregado		Teléfono oficina: 2976300 Ext. EPN: 2332 Correo electrónico: jose.estrada@epn.edu.ec
Fecha de nombramiento definitivo: 1 de Marzo de 2014		
Horas de dedicación al proyecto: 8 horas semanales		
Formación de pregrado y postgrado		
Títulos	Fecha	Institución/Universidad/País
Máster en Ingeniería Telemática	Julio de 2013	Universidad Politécnica de Catalunya/España
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones	Septiembre de 2007	Escuela Politécnica Nacional/Ecuador

4	<p>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <p>Objetivo General</p> <p>Desarrollar Prototipos para Redes de Comunicaciones Mediante la Utilización de Hardware Libre</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none">• Realizar una revisión de los fundamentos del hardware libre, generalidades y características.• Realizar una revisión de las características técnicas y de funcionamiento de al menos dos plataformas de hardware libre disponibles en el mercado.• Generar, recopilar y analizar información sobre la aplicación de tecnologías de hardware libre en redes de comunicaciones.• Desarrollar prototipos en los que se implemente servicios en redes comunicaciones empleando hardware libre.• Evaluar el desempeño de los prototipos implementados, analizar ventajas y desventajas.• Elaborar material didáctico de apoyo que incentive y facilite el tratamiento de temas relacionados con los servicios de redes comunicaciones utilizando plataformas de hardware libre a nivel de pregrado y postgrado.• Difundir los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la investigación mediante cursos, seminarios y conferencias. <p>Resultados y productos esperados</p> <ul style="list-style-type: none">• Dos o más prototipos, de servicios de redes de comunicaciones utilizando hardware libre, que contribuyan a la enseñanza de redes de comunicaciones en distintas asignaturas de las carreras del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información DETRI, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.• Organización de grupos de estudiantes interesados en esta área para su formación académica.• Documentación didáctica para la realización de prácticas de laboratorio que podrían aportar a la enseñanza de asignaturas tales como: Fundamentos de Comunicaciones, Telemática, Seguridad en Redes, Sistemas Operativos Linux, Telefonía y Desarrollo de Software.• Documentación sobre el proceso seguido para implementar los prototipos y las pruebas realizadas.• Se propondrán distintas actividades de difusión y participación de la comunidad académica, relacionadas con este proyecto.• Al menos un artículo en revista científica indexada.• Documentos como parte de los proyectos de titulación (al menos 2) de estudiantes de pregrado.• Propuesta para la ejecución de un proyecto posterior.• Formación de masa crítica interesada en trabajar con plataformas de hardware libre para la implementación de servicios en redes de comunicaciones. <p>Usuarios/Beneficiarios</p> <ul style="list-style-type: none">• Profesores e investigadores universitarios de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, que estén interesados en actualizar el pensum de las asignaturas a su cargo, para incluir detalles relacionados con la utilización del hardware libre para la implementación de servicios en redes de comunicaciones.• Estudiantes universitarios interesados en investigar el estado del arte de las plataformas de hardware libre.• Estudiantes universitarios que requieran emplear plataformas de hardware libre como parte de sus respectivos proyectos de titulación.• Investigadores, académicos y estudiantes que necesiten implementar redes y sistemas de comunicaciones de bajo costo.
----------	--

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO

-4-

5	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</p> <p>Los objetivos científicos del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI) están enmarcados en 11 líneas de investigación orientadas a promover la docencia, la investigación y la extensión en las áreas de conocimiento relacionadas con la Electrónica, las Telecomunicaciones y las Redes de Información.</p> <p>Los sistemas y redes de comunicaciones son un aspecto esencial en el ámbito en el que se desarrollan las carreras de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones y de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información, por ello estar a la vanguardia en cuanto a tendencias e innovaciones es crucial para garantizar la adecuada labor de investigadores y personal académico, además de poder brindar una formación de excelencia a los estudiantes. La utilización del hardware libre aplicado al desarrollo de prototipos de redes de comunicaciones y a sistemas en producción es un tema que ha despertado el interés de una variedad de universidades y de institutos de investigación [6-12], la implementación de una variedad de aplicaciones y servicios es posible gracias a que el hardware libre baja notablemente los costos de implementación de los diferentes prototipos. Al ser las redes de comunicaciones un tópico de gran interés y de un ámbito muy extenso, la aplicabilidad del hardware libre en comunicaciones tiene sin duda alguna un gran potencial, ya que el rango de acción es muy amplio y las aplicaciones y servicios pueden ser muy variadas, por ejemplo, el hardware libre puede ser utilizado para impulsar líneas de investigación relacionadas con sistemas embebidos, sensores inalámbricos, servicios como telefonía IP y muchos más. Como punto de partida en el presente proyecto se plantea el desarrollo de al menos dos prototipos, pero con la información recopilada, los conocimientos y destrezas adquiridos a corto, mediano y largo plazo es posible realizar diversos tipos de sistemas y que a su vez sean cada vez más complejos.</p> <p>Bajo esta perspectiva, nuestro proyecto plantea la implementación de prototipos para la investigación de redes de comunicaciones, que es relevante para las siguientes líneas de investigación, definidas por el DETRI: Sistemas de Seguridad, Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas, Conectividad y Software de Comunicación de Datos.</p> <p>La EPN al ser un referente nacional en cuanto a ciencia y tecnología debe estar a la vanguardia de los cambios científicos y tecnológicos, tendencias como el Internet de las Cosas IoT (Internet of Things), comunicación M2M (Machine to Machine), redes WSN (Wireless Sensor Networks) o sistemas de SDR (Software Defined Radio) son cada día más comunes y muy relevantes de ser tratados, discutidos y analizados, pero a su vez son tecnologías costosas debido al equipamiento o licencias; es por ello que la utilización del hardware libre resulta idónea para la realización de investigación en las tendencias mencionadas anteriormente y otros campos relacionados a la profesión, ya que debido a la naturaleza intrínseca del hardware libre es posible realizar prototipos versátiles, escalables y totalmente funcionales con un fracción del costo de lo que representaría la utilización de un equipo comercial propietario. Además, al analizar e implementar paso a paso una red de comunicaciones es posible realizar un estudio minucioso de los sistemas, conceptos, fundamentos y abstracciones, ya que a diferencia de los esquemas tradicionales se tiene una completa visión de los procesos, bloques y etapas que componen una red de comunicaciones, esto es un aspecto muy relevante ya que este tipo de ambiente permite entender y estudiar de mejor manera los fundamentos teóricos impartidos en clase.</p> <p>Finalmente cabe mencionar que nuestro equipo de investigación estará formado por investigadores especializados en distintas áreas parte de las disciplinas de Ingeniería en Telecomunicaciones y Redes de Información, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none">• Redes de comunicaciones• Comunicaciones inalámbricas• Privacidad y Hacking Ético• Sistemas Operativos• Telefonía IP• Desarrollo de Software
----------	--

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO

-5-

6	Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido
	<p style="text-align: center;">Descripción y justificación del proyecto</p> <p>El presente proyecto consiste en el desarrollo de Prototipos para Redes de Comunicaciones Basados en Hardware Libre, las plataformas que se van a utilizar son Arduino [13] y Raspberry Pi [6], de ser necesario es posible que se utilicen otras plataformas de hardware libre, con la finalidad de garantizar la funcionalidad completa de los prototipos.</p> <p>En el proyecto explícitamente se menciona la utilización de plataformas de hardware libre pero de manera implícita se contempla la utilización de software también de tipo open source y que sea compatible con el hardware libre.</p> <p>Principalmente se planea trabajar con Arduino y Raspberry Pi debido a que para estas plataformas se dispone de variada literatura, de un gran número de sitios web, comunicados virtuales e información de universidades alrededor de todo el mundo.</p> <p>La utilización de las plataformas de hardware libre son una tendencia en aumento a nivel nacional e internacional ya que en base a ellas es posible implementar un gran cantidad de sistemas para aplicaciones muy variadas, por ello la EPN y el DETRI no puede quedar resagados y lo que se pretende ante la aprobación del proyecto es involucrar al DETRI y a la EPN en estos campos de investigación que son muy actuales y que se encuentran relacionados a un gran número de tecnologías por citar algunas: IoT, SDR, M2M, WSN, entre otras [9-12].</p> <p>A fin de cumplir con los objetivos planteados en el proyecto se menciona el desarrollo de dos prototipos uno de los cuales va ser un sistema de comunicaciones unificadas de bajo costo y el otro un sistema de seguridad perimetral y de navegación segura para entornos domésticos, si bien se ha mencionado en el presente documento que se va a desarrollar e implementar al menos dos prototipos, se tiene contemplado a la medida de lo posible y si existe la disponibilidad de tiempo un control doméstico para entorno doméstico, un sistema SDR que trabaje con hardware libre y un prototipo para monitoreo de gases contaminantes.</p> <p>En nuestro proyecto proponemos, en principio, recopilar la información necesaria de los elementos y dispositivos de hardware y de software y de la utilización de los mismos para realizar prototipos de redes de comunicaciones. Posteriormente y habiendo realizado las configuraciones necesarias para hardware y software se planea realizar la implementación de los prototipos y una vez con esto proceder a verificar su funcionamiento y rendimiento.</p> <p>Las metodologías y procesos realizados en las diferentes fases de la ejecución del proyecto servirán para elaborar documentación de soporte como guías didácticas de laboratorios, estos laboratorios estarán enfocados al contenido de varias asignaturas de las carreras del DETRI, tales como: Fundamentos de Comunicaciones, Comunicaciones Inalámbricas, Telemática, Redes WLAN, Redes LAN, Redes WAN, Sistemas Operativos, Sistemas Operativos Linux, Telefonía, Programación, Seguridad en Redes y Desarrollo de Software.</p> <p>También se propondrán ideas para estimular un estudio posterior y más avanzado en temas relacionados al hardware y software libre.</p> <p>Finalmente, se realizará actividades de difusión con el fin de formar una masa crítica que puedan abordar temas relacionados a la utilización de hardware libre en proyectos de investigación y titulación a nivel de pregrado y posgrado.</p> <p>Cabe resaltar, además, que en caso de aprobarse este proyecto, se dará un gran impulso para la formación de investigadores, académicos y estudiantes ya que al final del proyecto se dispondrá de la información de los prototipos los mismos que se utilizarán como casos de estudio y de punto de partida para el análisis, desarrollo e implementación de sistemas más complejos.</p>

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO

-6-

Procedimiento - Metodología

Consulta y análisis de información sobre los aspectos teóricos, técnicos y funcionales de los dispositivos, programas y aplicaciones que se utilizarán para el desarrollo de los prototipos para redes de comunicaciones.

Instalación y configuración de las plataformas de hardware y software.

Configuración del hardware y software de acuerdo a los requerimientos de cada prototipo, considerando la adición e inclusión de elementos y dispositivos adicionales en caso de ser necesario.

Implementación de dos o más prototipos para redes de comunicaciones.

Realización de pruebas y documentación de resultados obtenidos.

Evaluación del funcionamiento y desempeño de los prototipos implementados en diferentes escenarios (al menos 2), análisis de ventajas y desventajas frente a sistemas tradicionales que son propietarios y que no utilizan hardware libre.

Elaboración de documentación técnica que describa los procesos realizados para cumplir los objetivos de este proyecto, así como de documentación didáctica que pueda ser utilizada en laboratorios de las distintas asignaturas de las carreras de Telecomunicaciones y Redes de Información.

Justificación de equipo requerido

El equipamiento requerido para la realización del presente proyecto consiste de hardware y software de tipo open source. Respecto al software, se va a hacer uso de interfaces de desarrollo de tipo opensource y de distribuciones basadas en Linux, este tipo de software al ser de libre acceso no necesita del pago de licencias; en específico, todo el software contemplado en el proyecto esta disponible de manera gratuita en los sitios oficiales de los diferentes proyectos (comunidades o empresas).

Respecto al hardware, las plataformas de hardware libre con las que se van a trabajar son un Single Board Microcontroller (SBM) – Arduino [13] y un Single Board Computer (SBC) – Raspberry Pi [6], en caso de ser necesario se contempla el uso de elementos y dispositivos adicionales que en su mayoría serán de tipo open source a fin de garantizar el correcto funcionamiento y la plena operabilidad de los diferentes prototipos.

Para la ejecución del presente proyecto no se requiere de equipamiento, por ello el presupuesto estimado es nulo, debido a que tanto el software como el hardware necesario para la ejecución del proyecto se encuentra disponibles para los investigadores. El software a utilizar es de libre acceso, no se necesitan licencias para la utilización de los diferentes programas y sistemas operativos. Respecto al hardware, cada uno de los investigadores participantes en el presente proyecto dispone de varias plataformas de hardware Arduino y Raspberry Pi obtenidas a lo largo de la ejecución de sus respectivos programas de maestría, razón por la cual, al momento se cuentan con todos los elementos de hardware y software para ejecutar el presente proyecto.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

	<p style="text-align: center;">-9-</p> <p>Bibliografía</p> <p>[1] Richardson, M., Shawn, W., 2012. Getting started with Raspberry Pi. 1era Ed., Estados Unidos, O'Reilly Media, 176 pp.</p> <p>[2] Landivar E., 2011. Comunicaciones Unificadas con Elastix. Vol. 1 (Spanish Edition), 2da Ed., 353 pp.</p> <p>[3] Bustos, J., Landivar E., 2011. Comunicaciones Unificadas con Elastix. Vol. 2, 2da Ed., 314 pp.</p> <p>[4] Pu, Di; Wyglinski, Alexander M., Digital Communication Systems Engineering with Software-Defined Radio. Primera Edición. Artech House. U.S. 2013.</p> <p>[5] Zhang, Lei; Implementation of Wireless Communication based on Software Defined Radio. Programa oficial de postgrado en Ingeniería de Sistemas y Servicios para la Sociedad de la Información, Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones. Julio de 2013.</p> <p>[6] Computador de placa reducida y de bajo costo, Fundación Raspberry Pi. http://www.raspberrypi.org http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/</p> <p>[7] Raspbian: Sistema operativo libre basado en Debian y optimizado para el hardware Raspberry-pi. http://www.raspbian.org/</p> <p>[8] GNURADIO: Conjunto de herramientas del tipo open-source y software libre que permite a través de bloques de procesamiento de señal implementar radios en software. http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki</p> <p>[9] University of Cambridge, Digital Technology Group, Software Defined Radio (SDR). http://www.cl.cam.ac.uk/~abr28/</p> <p>[10] SDR Forum, Wireless Innovation Forum. http://www.wirelessinnovation.org</p> <p>[11] Georgia Institute of Technology, Software Defined Radio Lab. http://www.gtri.gatech.edu/icl/sdrl</p> <p>[12] Telefónica S.A. https://m2m.telefonica.com/m2m-media/m2m-blog/item/618-top-m2m-trends-for-2014.</p> <p>[13] Microcontrolador de placa reducida Arduino. https://www.arduino.cc</p>
7	<p>Fecha de inicio</p> <p>28 de septiembre de 2015. Período 2015-B</p>
8	<p>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de dedicación mensual del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. Director de proyecto: el máximo que permite el reglamento de la convocatoria (16 horas semanales). Es muy probable que se dedique más tiempo. Docente colaborador: el máximo que permite el reglamento de la convocatoria (8 horas semanales). Es muy probable que se dedique más tiempo. • Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto Infraestructura física y servicios de red e Internet disponibles en el DETRI. Equipamiento a nivel de hardware y software disponible por parte de los investigadores. • Otros fondos de otros organismos (si los hubiere) No existen

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

-10-

9	Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, estén sustentados con proformas actuales	
	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US\$)
	1. Contratación de pasantes	
	Subtotal	0,00
	2. Equipos	\$0,00
	Subtotal (sin IVA)	\$ 0,00
	3. Reactivos y materiales de laboratorio	0,00
	Subtotal	\$ 0,00
	4. Literatura especializada	0,00
	Subtotal	\$ 0,00
	5. Viajes técnicos y de muestreo	0,00
	Subtotal	\$ 0,00
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales	0,00
	Subtotal	\$ 0,00
TOTAL (sin IVA)	\$0,00	
10	Firma del aplicante	Lugar y Fecha
	Nombre: Christian José Tipantuña Tenelean CC: 1720979093	Quito 10/07/2015
DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO		
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento....., en Sesión del..... mediante Resolución No..... y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.</p>		
<p>JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Xavier Calderón CC:</p>		<p>(lugar y fecha)</p>