

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 1 - DATOS INFORMATIVOS

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 24/01/2019

Título del proyecto:

Análisis de redes LAA (Licensed Assisted Access) con enfoque en la obtención de parámetros útiles para la detección y offloading de nodos ocultos en redes CSMA.

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):

1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Comunicaciones Inalámbricas

2.

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Hidalgo Lascano Pablo Wilian	1801537448	6	Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información	Magister en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones

Codirector (Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Urquiza Aguiar Luis Felipe	1717545287	4	Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes	Doctor en Ingeniería Telemática.

Colaboradores

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Becerra Camacho Fernando Vinicio	1721297750	4	Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes	Magister

Colaborador(es) Externos

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Campos Yucailla Pablo Aníbal	1803234861			Magister

* HSS = Horas Semana Semestre





HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

Datos Personales				
Nombre completo:	Pablo Wilian Hidalgo Lascano			
No. de identificación:	1801537448	Nacionalidad:	Ecuatoriano	
Fecha de nacimiento:	20/09/1959	Celular:	0999715353	Ext. EPN: 2239
Correo institucional:	pablo.hidalgo@epn.edu.ec			
Cargo actual en la EPN:	Coordinador de Carrera			
Facultad:	Ingeniería Eléctrica y Electrónica			
Departamento:	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información			

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., M.Sc., Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones	1985	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Procesamiento Digital de Señales
Magister en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones	2014	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
12/03/2018 15/01/2019	ISABELA - Iot Student Advisor & BEst Lifestyle Analyser	Investigador colaborador / Revisión de artículos científicos generados por otros miembros del grupo. Proceso de pruebas para obtener información sobre el comportamiento de estudiantes y su correlación con el rendimiento
1999 - 2000	Promotor de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información de la Escuela Politécnica Nacional	Elaboración del Proyecto para la creación de la Carrera
01/05/1993 01/03/1996	Sistema de Comunicaciones de la Escuela Politécnica Nacional	Administrador de la Infraestructura de Telecomunicaciones

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Dávila Gustavo, Torres Oscar, Rivadeneira Jorge, Hidalgo Pablo, Software application based on ECC to compute parameters of security association protocols specified in IEEE 802.15.6, JIEE, Vol 28, 2018, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.
2.	Camana Mario, Hidalgo Pablo, García Carla, “Análisis de QoS empleando el Planificador de Referencia en HCCA”, JIEE, Vol 27, 2017, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.
3.	Enríquez Vodia, Hidalgo Pablo, Metodología de Valuación de Riesgos Como Parte del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI) Aplicado a un Data Center de Alta Gama. Revista Politécnica, 36(1). Septiembre 2017.
4.	Camana Mario, Hidalgo Pablo, García Carla, Analysis of QoS for the EDCA and HCCA Mechanisms by Simulation in a WLAN for Voice, Video, and Data, 2017 IEEE XXIV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2017. Cusco – Perú. Agosto 2017

PS



Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

Función/Cargo: Profesor Principal
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de enero de 1992 - actual
Actividades: Coordinador de Carrera, Preparación y dictado de clases, revisión de exámenes, participación proyectos de investigación

Función/Cargo: Profesor Agregado II
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de diciembre de 1990 – 31 de diciembre de 1991
Actividades: Preparación y dictado de clases, revisión de exámenes.

Función/Cargo: Profesor Agregado I
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de septiembre de 1988 a 30 de noviembre de 1990
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Profesor Auxiliar
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de noviembre de 1986 a 31 de agosto de 1988
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Profesor Asistente
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de septiembre de 1985 a 31 de octubre de 1986
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Profesor a Tiempo Parcial
Institución: Universidad San Francisco de Quito
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de abril de 1993 a 30 de junio de 1997
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Profesor a Tiempo Parcial
Institución: Escuela Politécnica del Ejército
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de noviembre de 1996 a 31 de enero de 1997
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Asesor Técnico – Presidencia del Directorio de Andinatel S.A.
Institución: Andinatel S.A
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de febrero a 31 de marzo de 2006
Actividades: Asesoramiento Técnico en Proyectos de Andinatel S.A

Función/Cargo: Consultor
Institución: Presidencia de la República
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de octubre a 31 de diciembre de 2006
Actividades: Participación en Proyecto de Aseguramiento Universal de Salud (PROAUS) de la Secretaría Nacional de los Objetivos del Milenio (SODEM)



Función/Cargo:	Consultor
Institución:	Mision CIAT (Centro Interamericano de Administradores Tributarios)
País / Ciudad:	Ecuador / Quito
Período:	Abril – Mayo de 1998, Noviembre – Diciembre de 1998, Abril – Mayo de 1999, Julio a Septiembre de 1999, abril a Mayo de 2002.
Actividades	Participación en Proyectos Técnicos de Comunicaciones para el Servicio de Rentas Internas (SRI).
Función/Cargo:	Ingeniero de Proyectos
Institución:	APEQS - COTELA
País / Ciudad:	Ecuador / Quito – D.F. México / México
Período:	1 de Junio de 1994 a 31 de agosto 1995
Actividades	Participación en Proyectos de comunicaciones estratégicas en HF y VHF.
Función/Cargo:	Consultor
Institución:	Contraloría General de la República de Panamá
País / Ciudad:	Panamá / Panamá
Período:	1 al 31 de marzo y 1 a 31 de diciembre de 1997
Actividades	Participación en el diseño de la Red de Área Extendida de la Contraloría General de la República de Panamá.
Función/Cargo:	Consultor
Institución:	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
País / Ciudad:	Ecuador / Quito
Período:	Mayo a Septiembre de 1997, Enero a Marzo y Septiembre a Octubre de 1998
Actividades	Participación en el Proyectos de Telecomunicaciones para la I y II Etapa del Sistema de Trolebuses de Distrito Metropolitano de Quito.

HOJA DE VIDA DEL CODIRECTOR DEL PROYECTO

Datos Personales				
Nombre completo:	Luis Felipe Urquiza Aguiar			
No. de identificación:	1717545287	Nacionalidad:	Ecuatoriano	
Fecha de nacimiento:	03/05/1983	Celular:	0996615630	Ext. EPN: 2311
Correo institucional:	luis.urquiza@epn.edu.ec			
Cargo actual en la EPN:	Profesor Titular Auxiliar			
Facultad:	Eléctrica y Electrónica			
Departamento:	Telecomunicaciones y Redes de la Información			



Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., M.Sc., Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Univer sidad	Ciudad/País	Area o línea de investigación de la tesis
Ingeniero en Electrónica y Redes Información	2008	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Redes de área extendida, Calidad de servicio (QoS)
Máster en Ingeniería Telemática	2012	Universitat Politécnica de Catalunya	Barcelona/Espa ña	Redes ad hoc vehiculares, privacidad de información
Doctor en Ingeniería Telemática	2016	Universitat Politécnica de Catalunya	Barcelona/Espa ña	Redes ad hoc vehiculares, protocolos de encaminamiento
Máster en Estadística e Investigación Operativa	2018	Universitat Politécnica de Catalunya	Barcelona/Espa ña	Algoritmo de punto interior para ubicación óptima de videos.

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
01/01/2014 . 01/05/2016	“E-iRoads: Ecuador - Inteligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)	Investigador colaborador / Revisión de artículos científicos generados por otros miembros del grupo. Desarrollo de trazas de movilidad realistas para las vías de acceso a Quito.
01/01/2014 . 01/05/2016	Modelamiento de la Packet Error Rate (PER) incluyendo condiciones de Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) para transmisiones Ad-Hoc.	Investigador colaborador/ Revisión de artículos científicos generados por otros miembros del grupo. Análisis y modificación del código del simulador NS-3 para incluir condiciones de PAPR
01/01/2014 . 01/05/2016	INcident MonitoRing In Smart COMunities	Investigador / Revisión de artículos científicos generados por otros miembros del grupo. Desarrollo de protocolos de encaminamiento para comunicaciones anycast en VANETs
01/01/2014 - 30/06/2015	Ayuda puente: EMergency Response In Smart COMunities (EMRISCO)	Investigador / Estudio de Calidad de servicio en comunicaciones para una ciudad inteligente

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Rodríguez-Hoyos, A., Estrada-Jiménez, J., Urquiza-Aguilar, L., Parra-Arnau, J., & Forné, J. (2018, April). Digital Hyper-Transparency: Leading e-Government Against Privacy. In eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 2018 International Conference on (pp. 263-268). IEEE
2.	Tripp-Barba, C., Urquiza-Aguilar, L., Aguilar-Igartua, M., Parra-Arnau, J., Rebollo-Monedero, D., Forné, J., & Pallarès, E. (2013). A collaborative protocol for anonymous reporting in vehicular ad hoc networks. Computer Standards & Interfaces, (0). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2013.06.001
3	Rebollo-Monedero, D., Forné, J., Pallarès, E., Parra-Arnau, J., Tripp, C., Urquiza, L., & Aguilar, M. (2014). On collaborative anonymous communications in lossy networks. Security and Communication Networks, 7(12), 2761–2777. https://doi.org/10.1002/sec.793
4.	Urquiza, L., Rodríguez, A., Tripp, C., & Aguilar, M. (2016). Evaluation of VANET Performance for Anonymous Reporting through Coherent , Automatic Address Resolution (CAAR). Revista Politécnica, 37(1), 1–8. Retrieved from http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/567

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)	
Función/Cargo:	Profesor Titular Auxiliar
Institución:	Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad:	Ecuador / Quito
Período:	1 de septiembre de 2017 -actual
Actividades	Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias, participación proyectos de

B



investigación

Función/Cargo: Profesor Ocasional
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de julio de 2016 – 31 de agosto de 2017
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias, participación proyectos de investigación

Función/Cargo: Asistente de cátedra
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de marzo a 30 de agosto de 2010
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Asistente de Investigación
Institución: Departamento de Ingeniería Telemática – Universitat Politècnica de Catalunya
País / Ciudad: España / Barcelona
Período: 1 Febrero 2011 – 5 de septiembre 2012 y 1 de enero de 2014 – 1 de mayo de 2016
Actividades: Participación en las actividades del grupo de investigación SeRvicios TELemáticos.

Función/Cargo: Asistente de cátedra
Institución: Escuela Politécnica Nacional
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de marzo a 30 de agosto de 2010
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias

Función/Cargo: Ingeniero Servicios Tecnológicos
Institución: Unidad de Ejecución Especializada/ Ministerio de Gobierno del Ecuador
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de julio de 2008 a 5 de marzo de 2010
Actividades: Planificación de actividades de soporte a proyectos e instalaciones.

Función/Cargo: Técnico
Institución: Cuerpo de Ingenieros del Ejército / Petrocomercial
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: 1 de diciembre 2007 a 1 de julio 2008
Actividades: Participación en el diseño e implementación de proyectos de tecnología.

HOJA DE VIDA DEL PROFESOR COLABORADOR EXTERNO DEL PROYECTO (1)

Datos Personales			
Nombre Completo:	Pablo Anibal Campos Yucailla		
No. de Identificación:	1803234861	Nacionalidad:	Ecuatoriana
Fecha de nacimiento:	19/01/1980	Celular:	0998793351
Correo institucional:	pcampos@unizar.es		
Cargo Actual en la EPN:			
Facultad:	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica		
Departamento:	Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información		



Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Magister	2006	Politécnico de Turín	Turín/Italia	Redes Móviles, Redes Inalámbricas
Ing.	2005	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Servicios de Red y Telecomunicaciones

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2016-actualidad	Contribución a la gestión de recursos radio en Sistemas Móviles 4G/5G en escenarios heterogéneos	Investigador
2009-2012	Estudio e Implementación del Proyecto SCADA en Petroproducción.	Fiscalizador y Administrador de la Infraestructura de Telecomunicaciones
2007-2008	Planificación, Diseño técnico y elaboración de Bases para provisión de servicios móviles con tecnología CDMA en la banda 450 MHz para Pacifictel.	Ingeniero de Proyectos.

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Pablo Campos, Ángela Hernández-Solana, Antonio Valdovinos-Bardají. Dealing with the Hidden Node Problem in Multioperator LAA-LTE Scenarios. The 7 th IFIP/IEEE International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks. 26-28 September 2018, Toulouse-France.
2.	Pablo Campos, Ángela Hernández-Solana, Antonio Valdovinos-Bardají. Detection and Impact of the Hidden Node Problem in LAA-WiFi Coexistence Scenarios. The 14 th IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference. 25-29 June 2018, Limassol-Cyprus.
3.	Pablo Campos, Ángela Hernández-Solana, Antonio Valdovinos-Bardají. Detección de Nodo Oculto en Escenarios LAA-WiFi. Presentación Poster en las VII Jornada de Jóvenes Investigadores del Instituto de Investigación e Ingeniería de Aragón. 24 Mayo 2018, Zaragoza-España.

Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)	
Función/Cargo:	Investigador
Institución:	Universidad de Zaragoza (I3A).
País / Ciudad:	España / Zaragoza
Período:	octubre 2016 a noviembre 2018
Actividades:	Investigador dentro del Grupo Communications Networks and Information Technologies (CENIT) del I3A con el tema de Contribución a la gestión de recursos radio en Sistemas Móviles 4G/5G en escenarios heterogéneos.
Función/Cargo:	Ingeniero Campo 2
Institución:	Weatherford.
País / Ciudad:	Ecuador / Quito
Período:	febrero 2012 a febrero 2016
Actividades:	Ingeniero levantamiento artificial y optimización petrolera para (ORN) Rio Napo, Petroamazonas, EP Petroecuador a través del sistema LOWIS. Mantenimiento, soporte y desarrollo de redes de comunicaciones (fibra óptica, satelital, celular, networking) para red de comunicaciones del sistema Lowis.
Función/Cargo:	Fiscalizador y Administrador Infraestructura Telecomunicaciones SCADA
Institución:	Petroproducción.
País / Ciudad:	Ecuador / Lago Agrio
Período:	febrero 2009 a febrero 2012
Actividades:	Fiscalización del Proyecto SCADA (área de telecomunicaciones) consistente en una red de fibra óptica (500 Km) y radioenlaces para intercambio de datos de monitoreo y control de Variadores de pozos, Estaciones de Producción, unidades de fiscalización de crudo y datos eléctricos del Sistema Interconectado de Petroecuador.
Función/Cargo:	Dirección de Planificación Corporativa/ Ingeniero de Proyectos
Institución:	Pacifictel S.A.



País / Ciudad: Ecuador / Guayaquil
 Período: noviembre 2007 a octubre 2008
 Actividades: Planificación, diseño técnico (ubicación de sitios, cálculo de capacidades del recurso radio, cálculo de cobertura y servicios para telefonía y datos 1X, cálculo de radioenlaces PDH y SDH) y elaboración de Bases para la provisión de servicios de telefonía inalámbrica para las provincias de Cañar, Azuay, Loja, Zamora y Morona Santiago, usando la tecnología CDMA en la banda de 450 MHz.

HOJA DE VIDA DEL COLABORADOR DEL PROYECTO

Datos Personales				
Nombre Completo:	Fernando Vinicio Becerra Camacho			
No. de Identificación:	1721297750	Nacionalidad:	Ecuatoriana	
Fecha de nacimiento:	18/05/1988	Celular:	0998943162	Ext. EPN: 2263
Correo institucional:	fernando.becerrac@epn.edu.ec			
Cargo Actual en la EPN:	Técnico Docente Politécnico			
Facultad:	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica			
Departamento:	Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información			

Educación universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)				
Título	Año	Institución/Universidad	Ciudad/País	Área o línea de investigación de la tesis
Magister	2018	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Maestría en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones
Ingeniero	2014	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Ingeniería en Electrónica y Redes de Información

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2017-2018	Desarrollo de un testbed de computación en la nube para implementar prototipos de funciones NFV y aplicaciones para SDN	Investigador
2015-2016	"Herramienta para la generación automática de Seguridad en comunicaciones usando JAVA	Investigador
2012-2014	Iniciativas en TV Digital de la EPN	Investigador

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las más relevantes dentro de los últimos cinco años y que se encuentren alineados al proyecto de investigación)	
1.	Becerra Fernando, Mejía David y Bernal Iván, "Virtualizing and Deploying a Solution to MP-TCP's Shared Bottlenecks as a Network Function". IEEE ETCM 2018, Third Ecuador Technical Chapters Meeting. Cuenca, Ecuador, October 2018. Obtuvo el premio: "Best Communications Paper Award".
2.	Becerra Fernando, Mejía David y Bernal Iván, "Solving MP-TCP's Shared Bottlenecks Using a SDN with OpenDayLight as the Controller". 2018 IEEE ANDESCON, Cali, Colombia, August 22nd to 24th.
3.	Becerra Fernando, Mejía David y Bernal Iván, "Plugin para Composer NCL y Aplicación Interactiva para TV Digital orientada a Educación Superior". Revista Politécnica. Volumen 33, No. 3, Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. Enero de 2014.



Experiencia profesional, otros trabajos científicos y técnicos (cite lo más relevante o las más recientes)

Función/Cargo: Técnico Docente Politécnico
Institución: Escuela Politécnica Nacional.
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: Septiembre 2014 a la actualidad
Actividades: Preparación, dictado, revisión de exámenes de materias, participación proyectos de investigación

Función/Cargo: Soporte Técnico
Institución: Telmat
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: Mayo 2014 a septiembre 2014
Actividades: Soporte técnico a usuarios finales a nivel de redes de información

Función/Cargo: Jefe del departamento de sistemas
Institución: Textiles el Rayo
País / Ciudad: Ecuador / Quito
Período: Noviembre 2011 a Julio 2012
Actividades: Soporte e Implementación de un Sistema ERP en la fábrica "Textiles el Rayo"

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS
ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA**

Investigación Básica <input type="checkbox"/>	Investigación Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):	
1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información	
2.	
LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:	
1. Comunicaciones Inalámbricas	
2.	

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)	
Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)	
Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio;	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	X
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	



1 Proyecto de Investigación
Título: Análisis de redes LAA (Licensed Assisted Access) con enfoque en la obtención de parámetros útiles para la detección y offloading de nodos ocultos en redes CSMA.
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) Este proyecto se enfoca en los retos relacionados a una mejor gestión de los recursos radio en redes CSMA (Carrier Sense Multiple Access), en donde se aborda el problema de Nodo Oculto. Este problema aparece cuando en una red con dos nodos que comparten el acceso al medio tienen una zona de cobertura común ubicada en medio de ambos, de tal modo que, debido a problemas de obstrucción, pérdidas de propagación, los nodos no son capaces de escucharse entre sí. Por consiguiente, existe la posibilidad que los dos nodos transmitan simultáneamente y por ende un tercer nodo receptor ubicado en la zona de cobertura común percibirá la señal recibida afectada por colisiones. Actualmente 3GPP ha estandarizado el uso de LAA (Licensed Assisted Access) el cual es una tecnología 4.5G que usa un algoritmo similar a Wi-Fi para acceder al medio denominado Listen Before Talk, de tal modo que se pretende aprovechar las fortalezas de esta tecnología celular en relación con métricas de calidad y reportes de estado del canal CQI del equipo móvil para detectar bajo qué condiciones estas métricas indican que un nodo receptor se encuentra en una zona de cobertura común y proceder a su “offloading” cuando este se justifique.
Palabras clave (4-6): CQI, Channel Quality Indicator, Wi-Fi, LAA, LBT, Nodo Oculto.



2 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

Hipótesis

Las métricas asociadas al equipo de usuario (UE) en una red LAA pueden ser empleadas para determinar si este equipo se encuentra en una zona de colisión cuando los nodos transmisores enfrentan la condición de nodos ocultos.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Desarrollar una solución para mejorar el rendimiento de una comunicación de UE ubicados en zona oculta en una red LAA mediante la técnica de offloading.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Estudiar el estado del arte asociado a presencia y detección de nodos ocultos en redes de acceso al medio por censado de portadora (CSMA).
- b. Analizar el efecto de Nodos Ocultos sobre UE ubicados en zonas ocultas
- c. Evaluar redes LAA en contextos homogéneos mediante un conjunto de métricas que identifique a UE en zonas ocultas y en un canal ideal de comunicaciones.
- d. Desarrollar un algoritmo para realizar offloading de un equipo de usuario, en condiciones de nodo en zona oculta en una red LAA

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Comprender los últimos desarrollos asociados a la presencia y detección de nodos ocultos.
- b. Mediante una herramienta de simulación cuantificar la afectación sobre un UE ubicado en zona oculta y sobre la celda en un escenario, con diferentes niveles de carga de celda servidora y celda interferente.
- c. En escenarios LAA-LAA obtener métricas que permitan identificar cuándo un UE está ubicado en una zona oculta.
- d. Obtener un algoritmo que en forma automática y dentro de ventanas de 200 ms determine si un UE está sufriendo colisiones por estar ubicado en zona oculta y proceda al cambio de banda (offloading) cuando represente un problema para sí mismo y para la celda servidora.

3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

El constante incremento del tráfico inalámbrico generado por los dispositivos móviles ha motivado a compañías de telecomunicaciones a buscar alternativas para mejorar la capacidad de las redes 4G. Una de estas soluciones consiste en el uso de la banda no licenciada en el espectro de los 5 GHz. Teniendo esto en consideración, el 3GPP ha estandarizado el uso de la tecnología Licensed Assisted Access (LAA) [1], [2] la cual emplea el algoritmo Listen Before Talk (LBT), que permite una “justa” y “amigable” coexistencia con otras tecnologías que actualmente usan la banda no licenciada como Wi-Fi, al menos en aspectos relacionados con throughput y latencia [2], [3]. Igualmente esta tecnología cumple las exigencias de algunos reguladores locales, que exigen el uso de técnicas de sensado de portadora para acceder al medio cuando se opera en el espectro compartido.

La principal fuerza que motiva a los operadores LTE a implementar el uso de LAA es el ahorro que se puede obtener por el uso del espectro libre; pero esto tiene un costo ya que actualmente existen otras tecnologías que explotan esta banda desde hace tiempo, como es el caso de Wi-Fi. Por este motivo cuando ambas



tecnologías entren en operación, sobre áreas geográficas comunes, existe la probabilidad que puedan aparecer áreas sobrepuestas, a estas áreas se las denomina zonas ocultas o zonas de colisión. Por tanto, con la finalidad de asegurar la coexistencia y minimizar la interferencia, es necesaria una clara comprensión de cuál es el real efecto que los nodos ubicados en zonas ocultas puedan introducir en sus respectivos nodos servidores. En este contexto, es útil aprovechar las fortalezas que LTE ha desarrollado a través de los años en relación a estrategias de gestión de recursos de radio, control de interferencia entre celdas, y emplear esta información, en conjunto con las métricas ya presentes en LTE, para enfrentar de mejor manera los problemas típicos de las redes de espectro compartido.

El problema de nodo oculto ha sido constante en redes CSMA, en donde dos nodos transmisores debido a su condición de nodos ocultos no pueden escucharse, de tal manera que ambos nodos pueden transmitir simultáneamente. Al existir algún nodo receptor ubicado en la zona oculta, la señal recibida sufrirá de colisiones provenientes del nodo interferente, a pesar que los algoritmos de sensado del medio están ejecutándose permanentemente. Como consecuencia, altos niveles de interferencia y grandes fluctuaciones de SINR se esperan para los terminales ubicados en la zona de mutua cobertura, lo cual al final resulta en una ineficiente asignación de recursos de radio, constantes errores y mayor tiempo de ocupación del canal en sucesivas retransmisiones, que al final inciden sobre el QoS y degradan la experiencia del usuario. Por tal motivo, encarar eficientemente el problema del nodo oculto es un tema actual. En particular, el proveer un aceptable valor de QoS en la banda no licenciada requiere establecer alguna estrategia que permita detectar la presencia de nodos ocultos y encontrar un criterio básico para decidir si un UE enfrentando este problema debería permanecer en la banda no licenciada o debería ser cambiado a la banda licenciada.

La temática asociada con la comprensión, evaluación y desarrollo de un algoritmo que ponga las bases para encarar los problemas asociados al nodo oculto, es un aspecto que encaja en la línea de Investigación de Comunicaciones Inalámbricas del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones, y Redes de Información. Como se detalla más adelante, la propuesta permite mediante el uso de un software de simulación de código abierto, aceptado por la comunidad científica, analizar a nivel de subcapa MAC y capa PHY las interacciones que se dan con las señales transmitidas, que siguen un modelo de tráfico de tipo "Poisson", para diferentes valores promedio de tráfico en una red homogénea. Sin duda los resultados iniciales de este trabajo podrán servir de base para soluciones similares en redes Wi-Fi.

4 Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicación científica indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	



5 Descripción y metodología y diseño del proyecto

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

Estado del arte

El problema asociado con nodos ocultos ha sido estudiado para redes que usan técnicas de acceso al medio, basado en CSMA. Detecciones proactivas y reactivas son dos métodos para sobrellevar el problema; sin embargo, en ambos casos los problemas asociados son: confiabilidad del método de detección, sobrecarga asociada con la señalización para realizar la predicción e interferencia o degradación aceptable del servicio antes de proponer una acción reactiva. En el presente proyecto de investigación la acción reactiva consistirá en seleccionar un canal alternativo para “offload” a los usuarios, desde una portadora no licenciada a una licenciada.

En [8], el concepto de Radio Environment Map (REM) fue propuesto en una manera amplia y genérica. REM explota las mediciones realizadas por los dispositivos (niveles de señal, interferencias, carga, etc.) en un ambiente multi-RAT (Radio Access Technique), para realizar predicciones acerca del ambiente radio y escoger el mejor canal a usar. La principal limitación es que este estudio no es aplicable para una implementación práctica y que no encaja con la aplicación del estándar de LAA. Pocos trabajos se enfocan en el problema de nodo oculto en redes LAA. Entre ellos, [9] propone la selección del canal y “offloading” del usuario basado en el promedio de las medidas de Channel Quality Indicator (CQI) (CQI_{avg}) reportadas por los UEs. El algoritmo propuesto de selección del canal, calcula el CQI_{avg} de todos los UEs para cada canal (el esquema almacena el máximo CQI de cada UE) y selecciona el canal con el máximo CQI_{avg} , corregido por un factor. El “offloading” de UEs con bajo CQI_{avg} es considerado inapropiado, debido a que estos UEs pueden estar en el borde de la celda y su cambio de banda no implica necesariamente una mejora en la red. De este modo, [9] sugiere “offload” de los UEs más afectados por la interferencia, a la banda licenciada; el criterio utilizado es cambiar de banda los UEs con la más alta diferencia entre el máximo CQI almacenado y el CQI medido. La principal limitación del método propuesto, es que necesita que cada UE mida un CQI_{avg} para cada canal no licenciado. De esta manera, el eNodeB tiene que operar en cada una de las bandas no licenciadas por algún tiempo para permitir que el método sea práctico, lo que en un ambiente real no es adecuado. Además, este trabajo considera que el UE con mayor diferencia es aquel que más afecta a la red, lo cual no es necesariamente cierto.

En [4]-[7], 3GPP RAN1 WG explora posibles soluciones para el problema de nodo oculto. Entre ellas, se consideran el uso de CSI/Interferencia, Mediciones/Reportes y Control de la Potencia en el enlace descendente. Alternativamente, un UE (empleando transmisión full dúplex) puede recibir datos y simultáneamente transmitir un tono de ocupado a los eNodeBs ocultos (detectando el tono de ocupado, el eNodeB pospone la transmisión hasta que el canal esté libre). Esta última opción es similar a enviar una señal CTS (aplicada en WiFi), pero requiere que el UE transmita datos en el canal ascendente en la banda no licenciada.

Medidas de interferencia (ej. Valores de RSSI) sobre un valor umbral pueden ser utilizados por el UE como un “disparador” para informar a su eNodeB acerca de la presencia de un nodo oculto. Esta información puede ser usado por la celda servidora para “offload” el UE al canal licenciado. Sin embargo, el reporte del Channel State Information (CSI) ha sido considerado un mejor candidato antes que las medidas de interferencia en el largo plazo; esto debido a que la interferencia generada por los nodos ocultos sigue un comportamiento aleatorio. A pesar de ello, las medidas de CSI pueden resultar en reportes de CQI imprecisos debido a que las fluctuaciones de interferencia son más rápidas que el retardo del reporte de CSI.

Más consideraciones son necesarias para solventar el problema de nodo oculto. Soluciones basadas en Potencia sugieren incrementar la potencia de las transmisiones a los UE afectados por los nodos ocultos, basados en el reporte de CSI. Incrementando la potencia del eNodeB, los nodos ocultos interferentes alrededor del UE, ubicado en la zona oculta, no podrían acceder al canal debido a que estos siempre sensarán al canal como ocupado, además de incrementar en general la interferencia de la red.



En nuestra contribución, los reportes de CQI en periodos corto de tiempo se utilizarán para el “scheduling”, a pesar que se está consciente de que a menudo estos no reflejan la condición del canal al instante que el eNodeB realiza la transmisión hacia el UE ubicado en zona oculta (UEha). Nuestra solución propondrá el uso de la distribución estadística de los valores de CQI reportados por los UEs, para determinar si un terminal en específico es afectado por el problema de nodo oculto en contraste con [9]. Debido al uso del algoritmo LBT, se espera que la distribución tenga un comportamiento oscilante entorno a dos situaciones: transmisiones con colisión y libre de colisión. Además, el porcentaje de los valores de CQI asociados con la condición de colisión puede ser empleado como un potencial estimador de la carga de tráfico del nodo interferente. Adicionalmente se considerarán valores de tiempo de ocupación de canal, pérdidas de paquetes, diferentes valores de carga de tráfico de la celda servidora e interferente en un canal que siga un modelo definido por un organismo de estandarización, de tal modo que todos estos parámetros serán evaluados para definir el algoritmo de “offloading” para el nodo detectado en zona oculta.

Descripción del proyecto

Este proyecto pretende abordar el problema de nodo oculto en redes homogéneas LAA, para lo cual se analizarán las métricas disponibles en la tecnología LTE, y cómo éstas serán afectadas con la variación de la carga de tráfico del nodo interferente y del nodo servidor. Se analizarán también otras métricas referentes a las condiciones del canal, reportadas por todos los UEs dentro de la cobertura del eNodeB. Esta información en conjunto permitirá obtener una mejor comprensión de cuáles son las variables principales que definen el comportamiento de un UE localizado en una zona oculta y cómo su presencia afectará a los otros elementos al interior de la celda. Una vez que se logre una adecuada comprensión del fenómeno de nodo oculto, de la afectación sobre UE ubicados en zona oculta y de la operación de la tecnología LAA, se procederá a desarrollar un algoritmo que dentro de una ventana temporal identifique la presencia de un UeHa, y proceda a su “offloading” cuando este nodo tenga un impacto real sobre el rendimiento de la red a la que está asociado. Todo esto se realizará sobre el software de simulación de redes NS3.

Metodología

En primer lugar, se procederá a una actualización de conocimientos enfocados a sistemas móviles 4G/5G, poniendo énfasis en redes con acceso al medio por sensado de portadora en la banda de 5 GHz. A través de diferentes fuentes de información, se estudiará el estado de arte en relación con el desarrollo de redes LTE que compiten por el acceso al medio inalámbrico, analizando en específico las capas de Acceso radio y capa física con enfoque a la gestión de recursos radio. El siguiente paso consiste en la selección de la herramienta de simulación que permita el análisis de redes LAA y que admita el despliegue de redes homogéneas; el software seleccionado y que cumple estos requerimientos es NS3 [10]. De esta manera se evaluarán las bondades y limitaciones del software a la vez que se medirá el grado de cumplimiento de acuerdo a los estándares definidos para la red LAA en la banda de 5 GHz. Este conocimiento de la implementación de estándares en la pila de protocolos de LTE permitirá obtener las métricas necesarias para evaluar los parámetros que definan con mejor precisión la presencia y comportamiento de nodos ocultos.

Del análisis del estado del arte en relación a detección de nodos ocultos se puede concluir que a pesar de que existen algunas alternativas de solución, este problema permanece como un tema abierto, esto se debe en especial al carácter dinámico y aleatorio del comportamiento del canal, y del tráfico de la celda servidora e interferente. Por tanto, la complejidad del problema amerita el uso de una herramienta de simulación, que permitirá la creación y evaluación de diferentes escenarios tal como se muestra en la Figura 1.

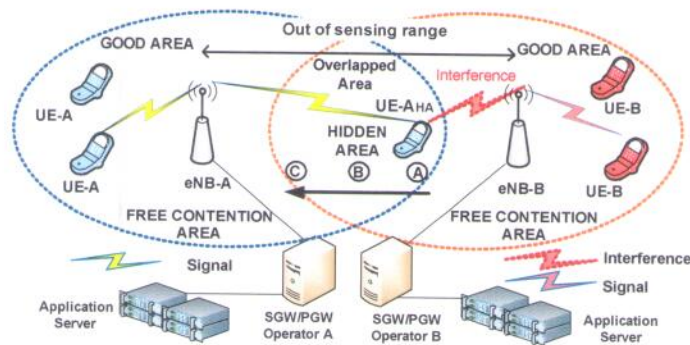


Figura 1 Escenario con presencia de Nodo Ocultos

El escenario considera dos eNodeBs (eNB-A y eNB-B) manejados por dos operadores independientes, en la banda de 5 GHz y con un ancho de banda de 20 MHz; ambos nodos se encuentran fuera del área de sensado, una de la otra. En medio de dichas celdas se encuentra un área común solapada (zona oculta), en esta área se ubica un UE el cual ocupará 3 diferentes posiciones dentro del área oculta, lo cual permitirá obtener diferentes niveles de interferencia. El modelo de propagación a emplear es una versión modificada del modelo ITU InH Indoor el cual habilita el uso de patrones NLOS y LOS sin consideración de desvanecimientos o fenómenos de multirayectoria. Cada celda dispondrá de 10 UEs los cuales accederán a una aplicación en el servidor que envía archivos de 5 MB de tamaño, que cumple un proceso de Poisson con una tasa promedio λ [archivos/segundo], la cual variará desde 0.5 a 3.0 [archivos/segundo]; esto permitirá generar procesos aleatorios e independientes para el tráfico de la celda servidora e interferente. Los archivos serán transmitidos sobre datagramas UDP para simular la transmisión de tráfico de datos full-buffer.

Basados en este esquema básico pero completo en donde se consideran los aspectos más importantes asociados con el canal, interferencia y gestión de recursos radios, se determinarán diferentes métricas disponibles según el estándar de LTE y otras no estandarizadas que se obtendrán principalmente desde subcapa MAC y capa PHY. A continuación se procederá con el análisis estadístico, con la finalidad de evaluar aquellas que definen de mejor manera la presencia de nodos ocultos. Posteriormente se evaluarán los porcentajes de pérdidas de paquetes, números de retransmisiones, throughput, tiempo de ocupación del canal y distribuciones de CQI para evaluar en qué medida la red servidora es afectada por la presencia de nodos ocultos. Finalmente, con la información de detección de nodo oculto y afectación de las métricas aquí evaluadas de QoS, se procederá a determinar aquellas que serán empleadas para la elaboración del algoritmo de detección de nodo oculto y de "offloading". La comprensión de los estándares asociados a LTE cuando opera como una tecnología LAA, junto con la gran cantidad de información recibida en los reportes del UE e información obtenida por medio de la herramienta de simulación en instancias claves de la pila del protocolo LTE permitirá abordar el problema de nodo oculto desde otro punto de vista que anteriormente no era posible debido a las características propias de Wi-Fi u otras redes de acceso al medio que no permiten tener a disposición toda esta gama de información. Una vez clasificada, ordenada y analizada toda esta información se obtendrán los parámetros claves que permitirán desarrollar una propuesta de solución en forma de un algoritmo que permita la detección de UE en zona oculta y el "offloading" cuando su presencia constituye un problema para la red.

Bibliografía

- [1] "LTE-U Forum: Alcatel-Lucent, Ericsson, Qualcomm Technologies Inc., Samsung Electronics & Verizon," in *Technical Report Coexistence, Study for LTE-U SDL V1.0*, 2015.
- [2] 3GPP-TR36.889, "Study on Licensed-Assisted Access to Unlicensed Spectrum," 2015.
- [3] S. Han, Y. C. Liang, Q. Chen, and B. H. Soong, "Licensed-Assisted Access for LTE in Unlicensed Spectrum: A MAC Protocol Design," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 34, no. 10, pp. 2550–2561, 2016.
- [4] 3GPP R1-145128, "Avoiding hidden node problem by full-duplex radio from UE perspective," *Inst. Inf. Ind. RAN#79*, p. 3, 2014.
- [5] 3GPP R1-151047, "Discussion on hidden node issue for LAA," *Samsung, RAN Ad-hoc Meet.*, 2015.
- [6] 3GPP R1-150420, "Solutions to DL LAA Hidden Node and Channel Reuse," *Inst. Inf. Ind.*, p. 6, 2015.



- [7] 3GPP R1-151123, "Discussion of hidden node problem of LAA," *Huawei, HiSilicon*, p. 4, 2015.
- [8] T. Farnham, "REM based approach for hidden node detection and avoidance in cognitive radio networks," in *GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference*, 2012, pp. 1391–1397.
- [9] A. M. Baswade, V. Sathya, B. R. Tamma, and A. A. Franklin, "Unlicensed Carrier Selection and User offloading in dense LTE-U networks," *2016 IEEE Globecom Work.*, 2016.
- [10] L. Giupponi, T. Henderson, B. Bojovic, and M. Miozzo, "Simulating LTE and Wi-Fi Coexistence in Unlicensed Spectrum with ns-3," *arXiv Prepr. arXiv1604.06826*, 2016.



6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Intel Core i7-7700 CPU 3.6 GHz, 16 GB RAM	Computador personal, director	Laboratorio de Comunicaciones Unificadas
Intel Core i7-7700 CPU 3.6 GHz, 16 GB RAM	Computador personal, colaborador	

6.2 Breve justificación del equipo requerido

No se solicita equipo adicional pues los algoritmos planteados para este proyecto pueden ser implementados y evaluados en los computadores personales de los participantes del proyecto.

6.3 Fondos Adicionales

No existen otros fondos que financien directamente este proyecto.

