



## PROYECTO JUNIOR PIJ-15-20

### **"E-iRoads: Ecuador - Intelligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)"**

En la ciudad de Quito D.M., a los veintitrés días del mes de septiembre del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Junior **PIJ-15-20 "E-iRoads: Ecuador - Intelligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)"**, por una parte la **Ph.D. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Xavier Alexander Calderón Hinojosa** en calidad de **Director del Proyecto Junior PIJ-15-20**, al tenor de lo siguiente:

#### **1. ANTECEDENTES:**

- a) El 4 de mayo de 2015, el Consejo de Investigación y Proyección Social mediante Resolución 22, aprueba el Cronograma de la Convocatoria para la presentación de Proyectos de Investigación Internos, Semilla, Junior y Multi e Interdisciplinarios 2015.
- b) El 21 de septiembre de 2015, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, mediante Resolución 53, se aprobaron los proyectos junior 2015, entre ellos el denominado: "E-iRoads: Ecuador - Intelligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)", presentado por el M.Sc. Xavier Calderón.
- c) Mediante Memorando EPN-VIPS-2016-0593-M, del 31 de mayo de 2016, se informa a los Directores de los proyectos Junior 2015 que la fecha de inicio de los proyectos es el 1 de junio del 2016, y que en caso de que sus proyectos iniciaran en una fecha anterior debían notificarla a la Dirección de Investigación. En este contexto, el M.Sc. Xavier Calderón, notificó a la Dirección de Investigación mediante Memorando Nro. EPN-PIJ-15-20-2016-0011-M, que la fecha de inicio de su proyecto fue el 1 de mayo de 2016.

#### **2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código de Proyecto</b>	PIJ-15-20
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>E-iRoads: Ecuador - Intelligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)</i>
<b>Director del Proyecto</b>	<i>M.Sc. Xavier Alexander Calderón Hinojosa</i>
<b>Codirectora del Proyecto</b>	<i>Ph.D. Ana María Zambrano Vizúete</i>
<b>Colaboradores del Proyecto</b>	<i>Ph.D. Luis Felipe Urquiza Aguiar Ph.D. Robín Gerardo Álvarez Rueda</i>
<b>Departamento</b>	<i>Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información</i>
<b>Líneas de Investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Software de comunicación de datos</i></li><li>• <i>Desarrollo para aplicaciones para internet</i></li></ul>





<b>Objetivo</b>	<i>Analizar, diseñar e implantar un Sistema de Transporte Inteligente (ITS) en la entrada y salida de grandes ciudades, mediante el uso de Sistemas de Tiempo Real. (caso de Estudio: Ciudad de Quito)</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inicio: 1 de mayo del 2016</li><li>• Fin planificado: 30 de abril del 2018</li><li>• Prórroga Ordinaria: 8 meses, hasta el 31 de diciembre de 2018</li><li>• Suspensión: 4 meses, desde el 1 de agosto de 2018 al 30 de noviembre de 2018</li><li>• Fin: 1 de mayo de 2019</li><li>• Duración total: 32 meses</li></ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	29 de agosto del 2019
<b>Presupuesto asignado</b>	\$ 79.008,00 USD (setentainueve mil ocho dólares americanos con 00/100)
<b>Presupuesto ejecutado</b>	\$ 39.114,89 USD (treintainueve mil ciento catorce dólares americanos con 89/100)

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-PIJ-15-20-2019-0038-M del 27 de agosto de 2019 el M.Sc. Xavier Calderón, Director del Proyecto PIJ-15-20, presenta el Informe Final del Proyecto Junior, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, y que se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Se ha logrado cumplir con el objetivo general de esta propuesta de investigación, mismo que contempla el desarrollo de una aplicación móvil para la captura de los datos/observaciones de parámetros de la carretera. Esta aplicación móvil vincula a la ciudadanía en una colaboración Crowdsensing para la determinación de variables de la carretera como la velocidad promedio, tiempo promedio de llegada e Índice Medio de tráfico. Estos resultados incrementan la consciencia situacional de los conductores para optimizar la toma de decisiones.
- Se han realizado pruebas de integración para validar el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos desarrollados para este proyecto de investigación. Es decir, se ha probado el mecanismo de notificación a los usuarios finales, y la adecuada recolección de los parámetros de la carretera. Además, se han realizado pruebas de validación del sistema total, las cuales comprendieron probar el sistema desarrollado en las vías de entrada a Quito. Los resultados fueron cercanos a la realidad, con un porcentaje de error bajo, lo cual indica que este software está en la capacidad de generar resultados valederos y relevantes para la comunidad del transportistas de Quito. Evidentemente, este proyecto depende de la cantidad de usuarios en el sistema (Crowdsensing), pues a medida que crezca el Crowdsensing, los datos serán más cercanos a la realidad.
- Se pudo verificar que el simulador SUMO es una herramienta muy versátil y de mucha utilidad para obtener simulaciones de tráfico vehicular con datos precisos, por lo cual se adaptó la herramienta JOSM para mejorar su eficiencia y se consideraron los parámetros que el software permite configurar para cumplir este objetivo.





- Adicionalmente, SUMO permite configurar diferentes escenarios de densidad vehicular en su funcionamiento, lo cual es de vital importancia para poder visualizar algunas posibles soluciones al implementar mejoras de movilidad en el tráfico en las entradas y salidas de Quito, teniendo en cuenta que mientras más cercanas a la realidad sean estas simulaciones, más cercanas a la realidad serán las soluciones.

#### PRODUCTOS:

1. Artículo: "2hGAR: 2-Hops Geographical Anycast Routing Protocol for Vehicle-to-Infrastructure Communications"; Urquiza Luis, Aguilar Mónica, Tripp Carolina, Calderón Xavier; "15th ACM International Symposium" (Scopus); DOI: 10.1145/3132062.3132076; noviembre 2017.
2. Artículo: "Situation Awareness in the Large Forest Fires Response. A solution based on Wireless Mesh Networks"; Zambrano Marcelo, Esteve Manuel, Pérez Israel, Carvajal Federico, Zambrano Ana; "IEEE XPLORE Digital Library. Proceedings: IEEE ComSoc LATINCOM 2017" (Scopus); DOI: 10.1109/LATINCOM.2017.8240147; octubre 2017.
3. Artículo: "Performance Analysis of a VANET with optimal infrastructure location in setting urban"; Cumbal Renato, Calderón Xavier, Hicampié Roberto, Urquiza Luis, Arévalo Germán; "IEEE XPLORE Digital Library. Proceedings: IEEE COLCOM 2018"; DOI: 10.1109/ColComCon.2018.8466713; abril 2018.
4. Artículo: "Simulation and analysis of Vehicular traffic in the access routes for the city of Quito with geographic maps in SUMO (urban mobility Simulation)"; Mena Ricardo, Urquiza Luis, Calderón Xavier, Zambano Ana; "Journal of science and research: Revista Ciencia e Investigación" (Latindex); ISSN: 2528-8083; diciembre 2018.
5. Artículo: "VTM: Vehicular Traffic Monitor via Images Processing of Google Maps"; Caiza Luis, Álvarez Robin, Urquiza Luis, Calderón Xavier, Zambano Ana; "PE-WASUN'18 Proceedings of the 15th ACM International Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks"; ISBN: 978-1-4503-5961-0; DOI: 10.1145/3243046.3243055; agosto 2019.
6. Artículo: "Performance Evaluation of an AANET in Quito's Control Area"; Rivera Henry, Urquiza Luis, Calderón Xavier, Zambano Ana; "Springer International Publishing, International Workshop on Communication Technologies for Vehicles" (Springer); ISBN: 978-3-030-25528-2; DOI: 10.1007/978-3-030-25529-9\_7; julio 2019.
7. Artículo: "Linkage of IoT Technologies with the SWE (SOS) Standard for the Development of a Heterogeneous Intelligent Transport System (Case Study Quito)"; Zambrano Ana, Ortiz Eduardo, Zambrano Marcelo, Calderón Xavier, Urquiza Luis; "Springer International Publishing, International Workshop on Communication Technologies for Vehicles" (Springer); ISBN: 978-3-030-25528-2; DOI: 10.1007/978-3-030-25529-9\_6; julio 2019.





8. Artículo: "Sistema de Transporte Inteligente Heterogéneo en la ciudad de Quito bajo el paradigma del estándar SWE-SOS y notificaciones IoT"; Zambrano Ana, Calderón Xavier, Ortiz Eduardo, Zambrano Óscar; "14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2019; Coimbra Business School - Instituto of Accounting and Administration of CoimbraCoimbra; Portugal" (Scopus); ISSN: 21660727; DOI: 10.23919/CISTI.2019.8760715; marzo 2019.
9. Artículo enviado para revisión: "Intelligent Transportation Systems (ITS): the Quito Case Study"; Zambrano Ana, Ortiz Eduardo, Zambrano Marcelo, Calderón Xavier; "International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology" (Scopus Q2); ISSN: 20885334, 24606952; julio 2019.
10. Conferencia: "2hGAR: 2-Hops Geographical Anycast Routing Protocol for Vehicle-to-Infrastructure Communications"; Urquiza Luis; The 20th ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile System. MSWIM 2017, Miami, EEUU; noviembre 2017.
11. Conferencia: "Situation Awareness in the Large Forest Fires Response. A solution based on Wireless Mesh Networks"; Ana Zambrano; IX Conferencia Latinoamericana de Comunicaciones, Guatemala, Guatemala; noviembre 2017.
12. Conferencia: "VTM: Vehicular Traffic Monitor via Images Processing of Google Maps"; Urquiza Luis; 15th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor and Ubiquitous Networks, PEWASUM - 2018, Montreal, Canada; noviembre 2018.
13. Conferencia: "Performance Analysis of a VANET with optimal infrastructure location in setting urban"; Cumbal Renato, Calderón Xavier; The 11th IEEE Colombian Conference on Communications and Computing - COLCOM2018, Medellín, Colombia; mayo 2018.
14. Conferencia: "Performance Evaluation of an AANET in Quito's Control Area"; Urquiza Luis; 14th workshop related to intelligent communication technologies especially in: Nets4Cars Any road transportation system (e.g. cars, buses, trucks...), Nets4Train Trains conventional and high-speed, metros, etc. And Nets4Aircraft, Colmar, Francia; mayo 2019.
15. Conferencia: "Linkage of IoT Technologies with the SWE (SOS) Standard for the Development of a Heterogeneous Intelligent Transport System (Case Study Quito)"; Ortiz Eduardo; 14th workshop related to intelligent communication technologies especially in: Nets4Cars Any road transportation system (e.g. cars, buses, trucks...), Nets4Train Trains conventional and high-speed, metros, etc. And Nets4Aircraft, Colmar, Francia; mayo 2019.
16. Tesis de Maestría en Conectividad y Redes de telecomunicaciones: "Análisis del desempeño de una VANET mediante el uso de protocolos de enrutamiento y la ubicación óptima de la infraestructura RSU para alcanzar un throughput eficiente en





escenarios urbanos"; Cumbal Simba José Renato;  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17207>; marzo 2017.

17. Tesis de Maestría en Conectividad y Redes de telecomunicaciones: "Evaluación de desempeño de protocolos de enrutamiento AODV y OLSR en redes Ad-Hoc aeronáuticas, para tráfico aéreo dentro del área de control Quito"; Rivera Puga Henry Arnulfo; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19436>; mayo 2018.
18. Tesis de Maestría en Conectividad y Redes de telecomunicaciones: "Rediseño del sistema C4R (Citymob for roadmaps), con la implementación de nuevas opciones en las herramientas del motor de simulación de tráfico vehicular SUMO (0.30.0), para la obtención de simulaciones más realistas"; Oñate Chávez Santiago Javier; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19695>; agosto 2018.
19. Tesis de Maestría en Conectividad y Redes de telecomunicaciones: "Análisis, caracterización y simulación del transporte de vehículos de carga pesada (caso de estudio: Quito)"; Mena Villacís Ricardo Iván; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19673>; agosto 2018.
20. Proyecto de titulación de Ing. En Electrónica y Telecomunicaciones: "Análisis de las herramientas de generación de demanda de tráfico en SUMO. Caso de estudio: Vías de acceso a Quito"; Coloma Gómez William Santiago; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20260>; mayo 2019.
21. Conferencia para difusión de resultados a la comunidad de la EPN: "Simulación y Análisis de Tráfico Vehicular en las Rutas de Acceso para la Ciudad de Quito con Mapas Geográficos en SUMO (Simulación de Movilidad Urbana)"; Mena Ricardo; XXVIII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica; noviembre 2018.
22. Seminario para difusión de resultados a la comunidad de la EPN: "Programación aplicada al manejo de mapas geográficos orientados a sistemas inteligentes de transporte"; Álvarez Robin, Caiza Jhonatan; Implementación de un Analizador de tráfico vehicular, Departamento de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información; marzo 2019.
23. Seminario para difusión de resultados a la comunidad de la EPN: "Sistema de Transporte Inteligentes"; Calderón Xavier; Seminario de Actualización. Maestría en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones; abril 2019.
24. Perfil de proyecto de mayor impacto: "Smart Parking Cities: Sistema Inteligente para la Gestión de Lugares de Estacionamiento en Quito-Ecuador utilizando Comunicación IoT"; en donde se ha tomado como referencia el proyecto de investigación PIJ-15-20 para el desarrollo de una alternativa que contribuya al descongestionamiento vehicular de Quito





#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:


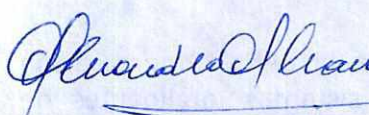
El monto asignado al Proyecto Junior PIJ-15-20 fue de \$ 79.008,00 USD (setentainueve mil ocho dólares americanos con 00/100), y se ejecutó \$ 39.114,89 USD (treintainueve mil ciento catorce dólares americanos con 89/100), conforme al detalle emitido por la Unidad de Gestión de Investigación y Proyección Social del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, que se adjunta a la presente Acta y forma parte integrante de la misma.

#### 5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Junior PIJ-15-20 "**E-iRoads: Ecuador - Intelligent Roads. Un Sistema inteligente para la gestión de tráfico en las periferias de grandes ciudades (Caso de Estudio: Quito)**".

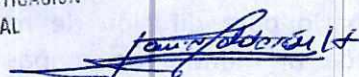
Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veintitrés días del mes de septiembre del año dos mil diecinueve.



Ph.D. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación  
y Proyección Social

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCIÓN SOCIAL



M.Sc. Xavier Calderón  
Director del Proyecto  
PIJ-15-20

sp/cr

Rx: 26/Sept. /2019

