



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. HIDROMETEOROLOGÍA
2. MODELACIÓN HIDROLÓGICA
3. GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

1 Proyecto de Investigación

Título:

“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN POTENCIAL DE LA PRECIPITACIÓN SATELITAL OBTENIDA DE LA MISIÓN – GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT (GPM) – A LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR”

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La precipitación, una variable hidrológica fundamental para el correcto entendimiento del ciclo hidrológico, ha sido poco explorada en regiones tropicales como el Ecuador. Muestra de esto, es la densidad de la red meteorológica del INAMHI que en varias regiones del país no cumple los mínimos recomendados. Productos de precipitación satelital lanzados como GPCP, TRMM han mostrado resultados parcialmente positivos al ser evaluados para el manejo de recursos hídricos. Actualmente, productos como IMERG de la recientemente lanzada misión GPM, se concentran en mejorar los resultados de los productos anteriormente lanzados.

Esta propuesta investigará el uso potencial del producto IMERG en el manejo de recursos hídricos para regiones con escasez de datos de campo. Se evaluará el producto IMERG, a diferentes escalas temporales, con precipitación observada en campo. Luego, se realizarán esfuerzos por mejorar esta información de precipitación mediante una variedad de métodos espaciales; para finalmente validar los productos de precipitación mejorados.

La mejora del producto IMERG complementará la información de precipitación generada en campo por las instituciones nacionales y contribuirá a la gestión integral de los recursos hídricos en el Ecuador. Así como, en su desarrollo, mostrará cuales con las metodologías de mejora más apropiadas para este tipo de productos remotos.

Palabras clave (4-6):

Hidrometeorología, sensores remotos, precipitación satelital, IMERG



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

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

- Evaluar la potencial aplicación del producto mejorado IMERG, de precipitación satelital de la misión “Global Precipitation Measurement (GPM)”, a la gestión integrada de recursos hídricos en el Ecuador.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Recolectar, procesar y analizar la información de datos precipitación satelital IMERG, observaciones de precipitación, nivel y caudal.
- b. Evaluar los datos del producto IMERG en comparación con observaciones de precipitación de campo a diferentes escalas temporales (horaria, diaria y mensual).
- c. Aplicar técnicas para mejorar y ajustar a la precipitación satelital IMERG en base a los datos observados de precipitación para el Ecuador a nivel horario, diario y mensual.
- d. Validar la precipitación satelital IMERG corregida mediante metodologías como validaciones cruzadas, inter-comparaciones y modelos hidrológicos distribuidos en cuencas representativas del Ecuador con escasez de datos.

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

Las líneas de investigación del DICA mencionadas previamente, plantean como una prioridad científica del departamento el estudio de: la hidrometeorología; la gestión de los recursos hídricos y la modelación hidrológica.

Esta investigación promueve la investigación y el desarrollo de un grupo de investigación sobre una temática de última generación en el campo de la hidrometeorología, como lo son los sensores remotos y la información satelital generada mediante ellos. Adicionalmente, la hidrometeorología es un eje transversal a las demás líneas de investigación que podrían ser potenciadas con resultados favorables de la presente investigación específicamente en los campos de: pronósticos meteorológicos, pronósticos de inundaciones, sequías y deslizamientos; generación información hidrológica para proyectos hidroeléctricos, proyectos de agua potable, proyectos de riego, diseño de puentes y drenaje; especialmente es cuencas o regiones que cuentan con escasos datos de precipitación o cuyos datos no aseguran una buena calidad.

Ejecutar el presente proyecto incluiría a la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en una temática que se encuentra en auge a nivel mundial, debido al reciente lanzamiento de la misión Global Precipitation Measurement (GPM) en 2014, y en la cual científicos de todo el mundo están interesados en investigar, especialmente científicos de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) a cargo de generar la información del producto de precipitación satelital IMERG. Lo anotado anteriormente aumenta la posibilidad de: colaboraciones a nivel internacional, acceso libre a la información del producto IMERG y a la publicación de los resultados de la investigación.

Adicionalmente, este proyecto de investigación está vinculado a la recién creada maestría “Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería para la Gestión de los Recursos Hídricos”, que es ejecutada con apoyo de la red VLIR de Bélgica e instituciones nacionales como la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y la Universidad de Cuenca, en relación a herramientas espaciales aplicadas a la hidrología, la modelación hidrológica y en general a la gestión de recursos hídricos.

Este proyecto se liga a otros esfuerzos que se están desarrollando como el proyecto de “Pronósticos Hidrológicos para la gestión de recursos hídricos con énfasis en el riesgo de inundación” presentado a la Secretaría de Educación Ciencia y Tecnología (SENESCYT) por la EPN, ESPOL e INAMHI.



5.3 Productos esperados

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio); | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica; | <input type="checkbox"/> |
| c. Proyecto de Titulación; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); | <input checked="" type="checkbox"/> |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada; | <input type="checkbox"/> |
| f. Patente presentada; | <input type="checkbox"/> |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input checked="" type="checkbox"/> |

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

- Registro espacio temporal del producto de precipitación satelital IMERG, observaciones de precipitación, nivel y caudal.
- Protocolos de recopilación de datos IMERG y análisis de precipitación observada en campo.
- Informe de evaluación del producto IMERG en el Ecuador sin correcciones o ajustes.
- Informe de la implementación y aplicación de técnicas para la corrección y ajuste espacial del producto de precipitación satelital IMERG basada en las observaciones de precipitación.
- Informe sobre la metodología de validación de la precipitación satelital IMERG corregida mediante observaciones de precipitación y mediante modelación hidrológica distribuida.
- Al menos un artículo científico presentado en una revista indexada, según los requerimientos de la convocatoria.
- Al menos 2 planes de tesis de maestría y dos proyectos de titulación de pregrado propuestos. Al menos uno de cada uno defendido.
- Folletos de difusión para potenciales usuarios.
- Perfil de proyecto de investigación que toma como base los resultados del proyecto actualmente propuesto en las líneas de investigación de como gestión de riesgos hidrogeodinámicos y gestión de los recursos hídricos.

6. Descripción, metodología y cronograma de trabajo

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

Descripción

La comprensión del ciclo hidrológico, especialmente frente a eventos adversos como sequías e inundaciones, se hace cada vez más necesario. Sin embargo, como indican estudios (Wohl et al., 2012; Pradon et al., 2015) la precipitación y otras variables hidrometeorológicas claves para entender el ciclo hidrológico en las zonas tropicales se encuentran poco exploradas debido a la poca inversión de recursos.

En el Ecuador, esta situación se refleja en la red nacional de estaciones meteorológicas del INAMHI que no cuentan con la densidad de cobertura mínima sugerida por la Organización Meteorológica Mundial (WMO No.168, 2008) de 250 km²/estación para zonas montañosas, 575 km²/estación para zonas de planicies internas y 900 km²/estación para zonas costeras; especialmente evidente en la región amazónica, al norte de la región costera y en la mayoría de provincias de la región interandina, como se muestra en la figura 1.

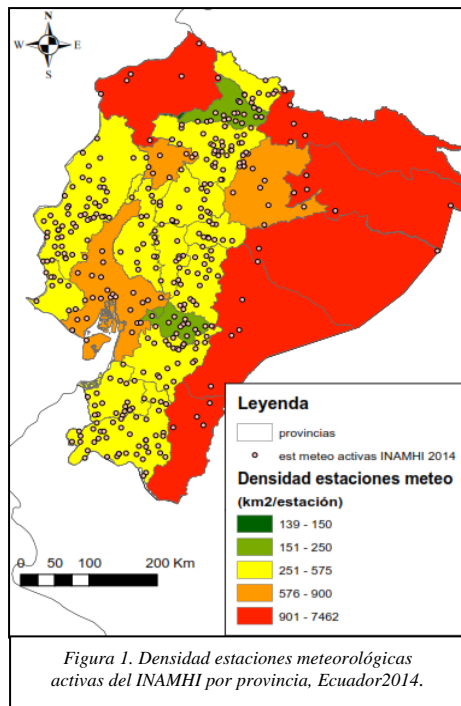


Figura 1. Densidad estaciones meteorológicas activas del INAMHI por provincia, Ecuador 2014.

La necesidad de contar con información de precipitación global en sitios sin observaciones motivó la ejecución de varios proyectos entre los primeros el Global Precipitation Climatology Project (GPCP) (Huffman et al., 1997), al cual luego seguiría el lanzamiento, en 1997 por parte de la NASA y JAXA, de la misión TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) lo que permitió contar con estimaciones de precipitación satelital espacialmente distribuida por 17 años, como en el caso de TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) (Huffman et al., 2007). Actualmente, esta misión ha llegado a su fin y ha sido recientemente reemplazada como indican los autores (Hou et al., 2014) por la misión GPM (Global Precipitation Measurement) que brinda mediciones de precipitación más precisas.

La misión GPM provee estimaciones de precipitación a través de un variedad de productos, de los cuales IMERG (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM) se destaca, como indica (Huffman et al., 2015), por proveer estimaciones de libre acceso basadas en la inter-calibración de varios sensores activos y pasivos, con resoluciones temporales y espaciales finas (30 minutos, 0.1°x0.1°).

El proyecto se concentrará en lograr mejorar el producto IMERG, a diferentes escalas temporales: horarias, diarias y mensuales, mediante la aplicación de técnicas de ajustes de sesgos, geoestadística como diferentes tipos de kriging y merging con observaciones de precipitación de campo. Los resultados obtenidos serán evaluados estadísticamente con métodos dicotómicos de verificación de ocurrencia de lluvia y validados mediante métodos como: validación cruzada e inter-comparación, así mismo se realizará modelación hidrológica distribuida en cuencas con escasez de estaciones meteorológicas para validar los productos corregidos y comprobar su utilidad.

El proyecto está sustentado en la participación del proponente principal de este proyecto que cuenta con experiencia en la investigación con sensores remotos aplicados a los recursos hídricos, específicamente el radar meteorológico de precipitación localizado en Untertuerkheim al sur de Alemania. Adicionalmente, se cuenta con el respaldo científico y colaboración del grupo liderado por el PhD. Wouter Buytaert (<https://scholar.google.co.uk/citations?user=AMm6y9IAAAAJ&hl=es>), profesor principal de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental del Imperial College Londres, el mismo que cuenta con varias publicaciones en cuanto a evaluación y análisis de precipitación satelital, así como en modelación hidrológica de cuencas; cuya presencia garantiza la calidad de la investigación y la publicación en una revista indexada del Q1 o Q2. Se adjunta carta de compromiso del PhD. Buytaert.

A fin de llegar al cumplimiento del proyecto se ha considerado la participación de cuatro estudiantes dos de maestría y dos de pregrado en dos períodos. El perfil de los maestrantes será en el área de hidrometeorología, modelación hidrológica y de recursos hídricos; con bases en programación en lenguaje R, u otro lenguaje orientado a objetos, modelación hidrológica; así como buen manejo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).



Metodología

La metodología está enfocada en mejorar el rendimiento del producto IMERG de precipitación satelital, generado por la misión GPM, a escalas temporales como: horaria, diaria y mensual. Las escalas horarias y diarias tienen potencial uso en aplicaciones hidrológicas para caudales máximos y mínimos; mientras que la precipitación mensual se proyecta como insumo para entender los patrones climáticos de las zonas de estudio.

Las técnicas empleadas para mejorar al producto IMERG se basarán en investigaciones realizadas durante varios años por varios autores para productos como TRMM 3B42 o TMPA (TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis) de la misión Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM), siendo el producto IMERG el símil de estos productos para la misión GPM; aprovechando en este último producto el incremento de resolución espacial y temporal.

En primera instancia se evaluará el producto IMERG para todo el Ecuador tal cual es distribuido por la NASA; luego de lo cual se procederá a mejorar y validar el mismo considerando la cuenca del río Napo y Guayas que presentan una considerable escasez de datos sobre todo en sus zonas altas.

A fin de desarrollar el proyecto eficientemente se recibirá capacitación por parte del PhD. Wouter Buytaert y su grupo de trabajo en las instalaciones del Imperial College London a través de una visita de investigación por parte del Director del Proyecto. Adicionalmente, se cuenta con el apoyo, como docente colaborador, del Master Danilo Yáñez en lo relacionado a temas de caracterización biofísica de las cuencas de estudio en lo relacionado a modelación hidrológica y en técnicas geo-estadísticas.

1. Recolectar, procesar y analizar la información de datos precipitación satelital IMERG, observaciones de precipitación, nivel y caudal.

La información del producto IMERG en sus diferentes versiones es de acceso libre a través de diferentes portales vinculados a NASA, variando según sus funcionalidades y formatos, entre los que se encuentran:

- Mirador, <http://mirador.gsfc.nasa.gov>
- Giovanni, <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- PPS/STORM, <https://storm.pps.eosdis.nasa.gov/storm>

La información de campo será solicitada a las instituciones a cargo de generar la información y potenciales usuarios como el INAMHI y el Municipio de Quito a través del EPMAPS y FONAG, etc.

2. Evaluar los datos del producto IMERG en comparación con observaciones de precipitación de campo a diferentes escalas temporales (horaria, diaria y mensual).

Las estimaciones de precipitación recolectadas por la misión TRMM y sus diferentes productos han sido objeto de diversas evaluaciones en diferentes regiones del planeta (Liu et al., 2014; Gao et al., 2013; Sohn 2010) y específicamente en la región andina (Zulkaflí et al. 2014; Ochoa et al., 2014; Arias-Hidalgo et al., 2013; Scheel et al., 2010). El proyecto aplicará las diferentes técnicas desarrolladas en la literatura de referencia entre las que se encuentran: comparación con observaciones de precipitación de campo, análisis de sesgos, correlaciones, estimación de errores, modelación hidrológica, etc. El empleo de las técnicas descritas anteriormente para TRMM ha mostrado a nivel temporal un mejor resultado de valores mensuales que diarios e indicando la subestimación o sobreestimación de lluvias tanto leves como fuertes.

3. Aplicar técnicas para mejorar y ajustar a la precipitación satelital IMERG en base a los datos observados de precipitación para el Ecuador a nivel horario, diario y mensual.

Partiendo de algunas investigaciones a nivel mundial (Nerini et al. 2015, Verdin et al., 2015; Dinku et al., 2013; Xie et al., 2011; Vila D. et al., 2009) con la intención de mejorar los resultados de los productos de precipitación satelital mediante técnicas se aplicarán métodos relacionados a observaciones de campo como: modelos de mezcla (merging), corrección y remoción de sesgos (bias correction), geoestadística: diferentes tipos de Kriging. Estos métodos han mostrado la potencialidad de incrementar la calidad de la precipitación satelital sobre todo para áreas con redes meteorológicas de baja densidad.

4. Validar la precipitación satelital IMERG corregida mediante metodologías como validaciones cruzadas, inter-comparaciones y modelos hidrológicos distribuidos en cuencas representativas del Ecuador con escasez de datos.

Los resultados obtenidos serán validados por diversos métodos como validación cruzada, inter-comparaciones, balance hídrico y modelación hidrológica distribuida en las cuencas definidas anteriormente. Se buscará analizar sobre todo los resultados en función de variables como la aplicación sobre zonas húmedas que áridas y el efecto topográficos, factores importantes a considerar para el Ecuador.



Referencias Bibliográficas

- Arias-Hidalgo, M., Bhattacharya, B., Mynett, a. E., & van Griensven, a. (2013). Experiences in using the TMPA-3B42R satellite data to complement rain gauge measurements in the Ecuadorian coastal foothills. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(7), 2905–2915. <http://doi.org/10.5194/hess-17-2905-2013>. (Julio, 2015)
- Gao, Y. C., & Liu, M. F. (2013). Evaluation of high-resolution satellite precipitation products using rain gauge observations over the Tibetan Plateau. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), 837–849. <http://doi.org/10.5194/hess-17-837-2013>. (Julio, 2015)
- Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. a., Kummerow, C. D., Kojima, M., ... Iguchi, T. (2014). The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(5), 701–722. <http://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00164.1>. (Julio, 2015)
- Huffman, G. J., Bolvin, D., Nelkin, E. (2015). *Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG) Technical Documentation, NASA*. http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_G_doc.pdf. (Julio, 2015)
- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J., Wolff, D. B., Adler, R. F., Gu, G., ... Stocker, E. F. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8(1), 38–55. <http://doi.org/10.1175/JHM560.1>. (Julio, 2015)
- Huffman, G. J., Adler, R. F., Arkin, P., Chang, A., Ferraro, R., Gruber, A., ... Schneider, U. (1997). The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(1), 5–20. [http://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0005:TGPCPG>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0005:TGPCPG>2.0.CO;2)
- Liu, M., Xu, X., Sun, A. Y., Wang, K., Yue, Y., Tong, X., & Liu, W. (2014). Evaluation of high-resolution satellite rainfall products using rain gauge data over complex terrain in southwest China. *Theoretical and Applied Climatology*, 1–17. <http://doi.org/10.1007/s00704-014-1092-4>
- Nerini, D., Zulkafli, Z., Wang, L.-P., Onof, C., Buytaert, W., Lavado, W., & Guyot, J.-L. (2015). A comparative analysis of TRMM-rain gauge data merging techniques at the daily time scale for distributed rainfall-runoff modelling applications. *Journal of Hydrometeorology*, (June), 150410133624000. <http://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0197.1>
- Ochoa, a., Pineda, L., Crespo, P., & Willems, P. (2014). Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates and WRF retrospective precipitation simulation over the Pacific–Andean region of Ecuador and Peru. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(8), 3179–3193. <http://doi.org/10.5194/hess-18-3179-2014>. (Julio, 2015)
- Padrón, R. S., Wilcox, B. P., & Crespo, P. (2015). Rainfall in the Andean Páramo—New Insights from High-Resolution Monitoring in Southern Ecuador. *Journal of Hydrometeorology*, (MARCH), 150310071254003. <http://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0135.1>. (Julio, 2015)
- Scheel, M. L. M., Rohrer, M., Huggel, C., Santos Villar, D., Silvestre, E., & Huffman, G. J. (2010). Evaluation of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) performance in the Central Andes region and its dependency on spatial and temporal resolution. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. <http://doi.org/10.5194/hessd-7-8545-2010> (Julio, 2015)
- Sohn, B. J., Han, H. J., & Seo, E. K. (2010). Validation of satellite-based high-resolution rainfall products over the Korean Peninsula using data from a dense rain gauge network. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(4), 701–714. <http://doi.org/10.1175/2009JAMC2266.1> (Julio, 2015)



- Verdin, A., Rajagopalan, B., Kleiber, W., & Funk, C. (2015). A Bayesian kriging approach for blending satellite and ground precipitation observations. *Water Resources Research*, 51(2), 908–921. <http://doi.org/10.1002/2014WR015963> (Julio, 2015)
- Vila, D. a., de Goncalves, L. G. G., Toll, D. L., & Rozante, J. R. (2009). Statistical Evaluation of Combined Daily Gauge Observations and Rainfall Satellite Estimates over Continental South America. *Journal of Hydrometeorology*, 10(2), 533–543. <http://doi.org/10.1175/2008JHM1048.1> (Julio, 2015)
- Wohl, E., Barros, a., Brunzell, N., Chappell, N. a., Coe, M., Giambelluca, T., ... Ogden, F. (2012). The hydrology of the humid tropics. *Nature Publishing Group*, 2(9), 655–662. doi:10.1038/nclimate1556 (Julio, 2015)
- Xie, P., & Xiong, A. Y. (2011). A conceptual model for constructing high-resolution gauge-satellite merged precipitation analyses. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(21), 1–14. <http://doi.org/10.1029/2011JD016118> (Julio, 2015)
- Zulkafli, Z., Buytaert, W., Onof, C., Manz, B., Tarnavsky, E., Lavado, W., & Guyot, J.-L. (2014). A Comparative Performance Analysis of TRMM 3B42 (TMPA) Versions 6 and 7 for Hydrological Applications over Andean–Amazon River Basins. *Journal of Hydrometeorology*, 15(2), 581–592. <http://doi.org/10.1175/JHM-D-13-094.1> (Julio, 2015)



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

6.2 Cronograma de trabajo anual:

Actividad	Primer Año 1						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Recopilación, procesamiento, y análisis de información precipitación e hidrológica existente y productos IMERG	30%	40%	30%				100%
Creación de una base de datos de precipitación-caudales para analizar los datos espacio - temporales.		30%	30%	40%			100%
Capacitación en el manejo de IMERG			100%				100%
Evaluación de información cruda de productos IMERG				30%	50%	20%	100%
Presentación de resultados parciales de en congresos internacionales						100%	100%
Reporte año 1						100%	100%

Actividad	Segundo Año 2						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Capacitación en el merging, ajuste de datos IMERG y validación.	100%						100%
Aplicación de diferentes métodos para mejorar la información de precipitación satelital IMERG	15%	35%	35%	15%			100%
Validación de precipitación IMERG corregida mediante diversas técnicas incluyendo validación cruzada y modelación hidrológica				30%	50%	20%	100%
Presentación de resultados en congresos internacionales						100%	100%
Elaboración de publicaciones científicas			50%			50%	100%
Reporte final del proyecto						100%	100%



7	Fechas de inicio y fin
	Fecha inicio: 1 Febrero 2016 Fecha fin: 31 Enero 2018

8	Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.					
	<p>8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.</p> <table border="1"><thead><tr><th><i>Proyecto</i></th><th><i>Director</i></th><th><i>Colaborador</i></th></tr></thead><tbody><tr><td><i>PIJ</i></td><td><i>20 HSS</i></td><td><i>10 HSS</i></td></tr></tbody></table> <p>8.2 Infraestructura y equipos</p> <ul style="list-style-type: none">- Oficinas Laboratorio de Aerofotogrametría y Sensores Remotos – LAFSER del DICA,- Oficinas de la DICA para asistentes de investigación <p>8.3 Breve justificación del equipo requerido</p> <ul style="list-style-type: none">- El equipo necesario se describe a continuación:<ul style="list-style-type: none">o Dos equipos de computación de alto rendimiento que permita realizar, de manera eficiente y rápida, un análisis y procesamiento de datos; así como ejecución de modelamientos de precipitación IMERG corregidos y caudales;o Dos dispositivos de almacenamiento externo de gran capacidad para datos crudos y procesados; y una impresora multifunción con el fin de facilitar tanto la impresión de resultados preliminares como la eficiente administración del proyecto.o Una impresora multifunción con el fin de facilitar tanto la impresión de resultados preliminares como la eficiente administración del proyecto.o Equipos de posicionamiento global (GPS) como herramientas durante las visitas de campo para verificación de localización de estaciones meteorológicas y puntos de interés dentro de las cuencas.- Se adjuntan las proformas correspondientes a detalle de cada uno de los equipos. <p>8.4 Fondos Adicionales</p> <p>-</p>	<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaborador</i>	<i>PIJ</i>	<i>20 HSS</i>
<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaborador</i>				
<i>PIJ</i>	<i>20 HSS</i>	<i>10 HSS</i>				



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

9	Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)		
	Primer Año		
	1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>1 Maestrante contratado por 9 meses</i> <i>1 Egresado contratado por 9 meses</i>	16,318 4,290	36% 9%
	Subtotal	20,608	45%
	2. Maquinaria y Equipos <i>2 Computadores de alto rendimiento, 1 impresora multifunción, 1 GPS y 2 discos externos. Ver proformas.</i>	12,965	29%
	Subtotal	12,965	29%
	3. Reactivos y materiales de laboratorio <i>Material papelería y tintas</i>	500	1%
	Subtotal	500	1%
	4. Literatura especializada <i>Suscripción en revistas y libros especializados</i>	1,000	2%
	Subtotal	1,000	2%
	5. Viajes técnicos y de muestreo <i>Visita capacitación Imperial College London (15 días)</i> <i>Visita de campo (3personas/5días)</i>	5,600 1,350	12% 3%
	Subtotal	5,600	15%
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones <i>Presentación de resultados en congresos internacionales</i> <i>Revistas indexadas y folletos informativos</i>	2,860 500	6% 1%
	Subtotal	4,000	7%
	TOTAL	45.383,00 + IVA	100
	Segundo Año		
	7. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>1 Maestrante contratado por 9 meses</i> <i>1 Egresado contratado por 9 meses</i>	16,318 4,290	48% 13%
	Subtotal	20,608	61%
	8. Maquinaria y Equipos		
	Subtotal	0	0%
	9. Reactivos y materiales de laboratorio <i>Material papelería y tintas</i>	500	1%
	Subtotal	500	1%
	10. Literatura especializada <i>Suscripción en revistas</i>	1,000	3%
	Subtotal	1,000	3%
	11. Viajes técnicos y de muestreo <i>Visita capacitación Imperial College London (15 días)</i> <i>2 Visitas de campo (3personas/5días)</i>	5,600 2,700	17% 8%
	Subtotal	5,600	25%
	12. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones <i>Presentación de resultados en congresos internacionales</i> <i>Revistas indexadas y folletos informativos</i>	2,860 500	8% 9%
	Subtotal	4,000	10%
	TOTAL	33.767,00 + IVA	100
	TOTAL PRESUPUESTO	79.150,00 + IVA	100



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

10	Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
	Quito, 10 de Julio del 2015 Nombre: Carlos Sebastián Páez Bimos CC: 1716792153	Firma del Director

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental al que pertenece el Director del Proyecto , 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.	
_____ JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: Ximena Hidalgo CC:	_Quito 10 de Julio de 2015_ Lugar y fecha