

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Software de comunicación de datos

1 Proyecto de Investigación

Título:

Implementación de un sistema piloto que permita la geolocalización de zonas con mejores características meteorológicas para la generación artificial de nubes (Caso de estudio zona norte del Distrito Metropolitano de Quito).

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El proyecto a implementarse plantea la realización de un sistema piloto que permitirá: la adquisición, almacenamiento, procesamiento, presentación y análisis de información meteorológica a través del uso de la electrónica, telecomunicaciones y redes de información. El procesamiento de esta información del clima se realizará con el propósito de determinar las zonas, en donde exista la mayor probabilidad de ocurrencia de precipitación¹, dicha información puede ser utilizada para la generación artificial de nubes y posteriormente de lluvia.

En el presente proyecto como caso de estudio se considera la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito. La información se almacenará en un sistema que irá instalado en un UAV (Unmanned Aerial Vehicle) y será enviada a tierra para la generación de isogramas² digitales. La información meteorológica georeferenciada obtenida será analizada por un algoritmo que permita la localización de zonas de mayor predisposición a la formación de núcleos de condensación para la producción de nieves artificiales y la consecuente generación de lluvia.

¹ Fenómeno asociado a la "precipitación" de lluvia, granizo, nieve u otro tipo de partículas.

² Representación gráfica de la homogeneización de valores similares sobre un plano o mapa.



Palabras clave (4-6):

Hardware para almacenamiento, comunicaciones inalámbricas, bases de datos, isogramas, clima, meteorología, nubes, lluvia.

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

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Desarrollar un sistema piloto que permita, a través del uso de la Electrónica, Telecomunicaciones y redes de información la geolocalización de regiones con características meteorológicas adecuadas para la generación artificial de nubes en la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito).

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Instalación de una tarjeta Raspberry Pi® a un dron DJI Phantom 3 Standard con sensores para medición de parámetros meteorológicos.
- b. Adquisición y almacenamiento de información meteorológica a través del uso de una tarjeta Raspberry Pi® y de sensores de temperatura, humedad y presión.
- c. Georeferenciación de la información del clima obtenida con sensores conectados a una tarjeta Raspberry Pi® a través del uso de una tarjeta GPS (*Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global).
- d. Transmisión entre tarjetas Raspberry Pi® (una instalada en un dron y otra en tierra) de la información almacenada de clima con la ayuda de tarjetas para comunicación RF (Radio Frequency, Radio Frecuencia) o WIFI (Wireless Fidelity, Fidelidad Inalámbrica).
- e. Generación de una base de datos con información meteorológica obtenida en el sobrevuelo de un UAV en diferentes puntos de un sector considerando diferentes alturas.
- f. Producción de isogramas de: temperatura, humedad y presión con la información de parámetros meteorológicos almacenados en una base de datos.
- g. Implementación de un algoritmo para localización de zonas de mayor predisposición a la formación de núcleos de condensación para la producción de nubes artificiales y la consecuente generación de lluvia, teniendo en cuenta la información proveniente de isogramas y de una base de datos de parámetros ambientales.
- h. Realización de pruebas de generación de nubes artificiales mediante el uso de un UAV artillado con CO2 en estado sólido o bengalas de yoduro de plata.

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

- **Resultados esperados**

- a. Tarjeta Raspberry Pi® con sensores para medición de parámetros meteorológicos instalada en un dron DJI Phantom 3 Standard.
- b. Tarjeta Raspberry Pi® con sensores de temperatura, humedad y presión, adecuadamente configurada para la adquisición y almacenamiento de información meteorológica.
- c. Interconexión de una tarjeta GPS (*Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento



	<p>Global) en una tarjeta Raspberry Pi® para la georeferenciación de la información de clima.</p> <ul style="list-style-type: none">d. Puesta en marcha y operación continua de la transmisión entre tarjetas Raspberry Pi® (una instalada en un dron y otra en tierra) de la información almacenada de clima mediante el uso de tarjetas para comunicación RF (Radio Frequency, Radio Frecuencia) o WIFI (Wireless Fidelity, Fidelidad Inalámbrica).e. Base de datos operativa con información meteorológica obtenida en el sobrevuelo de un UAV en diferentes puntos de un sector considerando diferentes alturas.f. Isogramas de: temperatura, humedad y presión, obtenidos con información de parámetros meteorológicos almacenados en una base de datos.g. Algoritmo, para localización de zonas de mayor predisposición a la formación de núcleos de condensación para la producción de nubes artificiales, operativo.h. Resultados de la generación de nubes artificiales mediante el uso de un UAV artillado con CO2 en estado sólido o bengalas de yoduro de plata.
--	--

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
	<p>La generación de lluvia artificial ha sido un tópico evaluado por décadas por la Organización Mundial de Meteorología (WMO), institución que cuenta con comités de expertos en Investigación para la Modificación del Tiempo y que se encarga de emitir con cierta periodicidad documentos con un amplio análisis de las técnicas y métodos para la “siembra de nubes” (<i>cloud seeding</i>) [1], [9]. La razón por la cual la WMO se esfuerza en llevar a cabo investigaciones sobre la siembra de nubes, es que las aplicaciones para este campo van desde el combate de sequías [4] hasta la modificación del comportamiento de lluvia en una región para disminuir el impacto de accidentes nucleares [5]. A nivel de Latinoamérica la siembra de nubes ha sido conocida con el nombre de “bombardeo de nubes” y se utiliza para aumentar las precipitaciones de las nubes formadas sobre el área de la cuenca de un río en específico cuando existen áreas afectadas por sequías.</p> <p>Uno de los mecanismos más comunes para llevar a cabo la siembra de nubes, consiste primeramente en realizar mediciones de dos maneras, una en tierra registrando parámetros climáticos como: temperatura, humedad y presión [10], y la segunda forma realizando mediciones con el uso de radiosondas³ [6], para luego sobrevolar un área seleccionada con una avioneta artillada típicamente con bengalas de yoduro de plata. En el método anterior se pueden apreciar dos problemas relacionados a la adquisición de información, el primero, si la adquisición se realiza en tierra, la misma no será precisa, y segundo si se obtiene con la ayuda de un globo, la información obtenida no será completa, ya que el globo puede recorrer una dirección completamente diferente al área requerida para la siembra de nubes. Además el uso de avionetas para la siembra de nubes puede provocar inconvenientes, ya que el empuje y la velocidad que una avioneta debe mantener para estar en el aire, impide la generación adecuada los núcleos de condensación necesarios para la generación artificial de nubes al liberar el yoduro de plata.</p> <p>Una solución viable e innovadora para los problemas antes descritos, al menos para Sudamérica, puede darse al utilizar sensores y tarjetas electrónicas para la captura y el almacenamiento de datos meteorológicos, que puedan ser integradas en un UAV para poder llevar a cabo de forma adecuada las mediciones de parámetros en diferentes sectores y alturas en una cierta área de estudio. Adicionalmente a las tareas que se realizan, en la etapa de adquisición, es necesario que la información recolectada se transmita a otra unidad en tierra, mediante el uso de tarjetas de comunicación inalámbrica, para su posterior tratamiento, presentación y análisis. El sistema antes mencionado es viable, si se considera que ya existen tarjetas y sensores adecuados para llevar a cabo las tareas mencionadas, y que adicionalmente el tratamiento, acondicionamiento y presentación de información puede ser realizado en una computadora</p>

³ Tarjeta de adquisición de parámetros meteorológicos con transmisión RF que usualmente es atada a un globo y lanzada desde tierra hacia afuera de la tropopausa.



“laptop”.

La propuesta del proyecto descrito anteriormente encaja en las líneas de investigación de: Sistemas de comunicaciones inalámbricas, Hardware de redes de datos y Software de comunicación de datos, que el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información maneja, y es pertinente mencionar también, que este proyecto permitirá fomentar el desarrollo de tecnologías para el beneficio de la comunidad, un objetivo perseguido arduamente por la Escuela Politécnica Nacional.

4	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 type="checkbox"/>
	e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input checked="" type="checkbox"/>
	f. Patente presentada; <input type="checkbox"/>
	g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input type="checkbox"/>

5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
	<p>5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto</p> <p>- Descripción del proyecto</p> <p>El trabajo a realizarse se enfoca en la implementación de un sistema piloto para: adquisición, almacenamiento, procesamiento, presentación y análisis de información meteorológica [10] obtenida en dos zona de interés: el volcán Pulumhua y San Antonio de Pichincha. Es necesario destacar que la información antes mencionada se obtendrá del sobrevuelo realizado considerando diferentes puntos sobre un plano y la variación de altura, gracias al uso de un dron DJI Phantom 3 Standard [3]. La adquisición y almacenamiento inicial (buffer de datos) de la información de clima se llevará a cabo a través del uso de la electrónica, mientras que la georeferenciación del dato y la transmisión de la misma, entre los módulos aéreo y terrestre se realizará con la ayuda de un sistema GPS y de comunicación inalámbrica respectivamente. Seguidamente la información será almacenada en una base de datos, acondicionada y procesada para la generación de isogramas digitales de: temperatura, humedad y presión. El procesamiento de esta información del clima se realizará a través de un algoritmo que evalúe las variables meteorológicas antes descritas con el propósito de determinar las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de precipitación, por ejemplo zonas con una alta humedad y cambio de presión, dicha información va a ser utilizada para localizar regiones en donde sea factible la generación de núcleos de condensación, los mismos que permiten la producción artificial de nubes. Las zonas determinadas con ayuda del algoritmo delimitarán el área que el UAV sobrevolará artillado con CO₂ en estado sólido (hielo seco), o bengalas de yoduro de plata [1-3] para generación de núcleos de condensación, es decir la producción artificial de nubes.</p> <p>- Metodología y diseño del proyecto</p> <p>La realización del proyecto aborda 5 etapas descritas con detalle a continuación:</p> <p>1) Adquisición, almacenamiento y transmisión de información en aire.</p> <p>Para esta etapa se utilizarán los siguientes componentes: tarjeta Raspberry Pi® [8], sensores (de temperatura, humedad y presión), tarjeta GPS, tarjeta para comunicación inalámbrica (RF o WIFI) [7] y un dron DJI Phantom 3 Standard. La idea principal en este apartado se centra en la adquisición de información meteorológica a través de sensores que van a estar conectados y configurados para trabajar</p>



con una tarjeta Raspberry Pi®. Las variables de clima van a ser registradas cada minuto teniendo en cuenta los siguientes parámetros al momento de la adquisición: día, hora, longitud, latitud y altura. Los datos antes mencionados van a ser almacenados en un buffer que encolará la información durante cinco minutos. Después de transcurrido este tiempo, la información del clima se enviará a tierra, utilizando la tarjeta para comunicación inalámbrica, para su posterior procesamiento. La altura de adquisición de datos se determinará en la práctica teniendo en cuenta dos variantes, la primera, la limitante de distancia de transmisión que permitan los dispositivos en la práctica y la pérdida de señal por el movimiento del UAV; y segundo el limitante de altura máxima de 122 m [2] para un UAV en Ecuador.

En esta instancia es pertinente mencionar que se llevará a cabo una etapa de pruebas con el propósito de verificar que la información meteorológica está almacenándose de forma adecuada. Es necesario comentar también que el dron a utilizarse en este proyecto, ha sido probado anteriormente con una carga adicional a su peso de alrededor de 250 gramos con lo que se ha podido mantener al UAV en el aire por un tiempo de aproximadamente 10 minutos. Se concluye por tanto que el tiempo antes mencionado es el adecuado para la realización del sobrevuelo para la recolección de información del clima de un área pequeña de análisis. Finalmente es necesario acotar que el análisis de las zonas del volcán Pululahua y San Antonio de Pichincha se realizará de forma separada y no al mismo tiempo.

2) Acondicionamiento de información, almacenamiento en base de datos y generación de isogramas digitales.

Para esta etapa se utilizarán los siguientes componentes: tarjeta Raspberry Pi®, una tarjeta para comunicación inalámbrica (RF o WIFI) y una tarjeta WIFI. La idea en este caso es recibir, acondicionar y almacenar la información en tierra obtenida en la etapa anterior de este proyecto. La información de clima será recibida en tierra mediante el uso de la tarjeta para comunicación inalámbrica conectada a la tarjeta Raspberry Pi®, una vez recibida en tierra la información será registrada en un archivo de texto de la siguiente forma, ver Fig. 1:

```
Fecha1, hora1, minuto1, longitud1, latitud1, altura1, temperatura1, humedad1, presión1  
Fecha1, hora2, minuto2, longitud2, latitud2, altura2, temperatura2, humedad2, presión2  
Fecha1, hora3, minuto3, longitud3, latitud3, altura3, temperatura3, humedad3, presión3  
Fecha1, hora4, minuto4, longitud4, latitud4, altura4, temperatura4, humedad4, presión4  
Fecha1, hora5, minuto5, longitud5, latitud5, altura5, temperatura5, humedad5, presión5
```

Fig. 1. Generación del archivo de texto "Fecha1, hora5, minuto5"

Seguidamente se almacenará la información del archivo de texto en una base de datos que estará registrada en una computadora portátil conectada a la tarjeta Raspberry Pi® mediante una red Ad Hoc usando las tarjetas WIFI de la computadora y la tarjeta Raspberry Pi®. Finalmente se procederá a la generación de isogramas de: temperatura, humedad y presión teniendo en cuenta información a tres diferentes alturas. En esta etapa se llevarán a cabo las pruebas correspondientes con el propósito de verificar primero que la transmisión de información meteorológica entre aire y tierra está realizándose de forma adecuada, y segundo, comprobando la integridad de la información mediante un sistema básico de secuencia y acuse de recibo, para el caso de errores se implementará también un algoritmo básico de solicitud de reenvío. Una vez que estén generadas las etapas relacionadas a base de datos e isogramas, a continuación se llevarán a cabo dos sobrevuelos por cada región de análisis para determinar si hasta este punto el sistema piloto está operando adecuadamente, de no ser así en esta instancia se procederá a llevar a cabo las rectificaciones correspondientes.

3) Generación del algoritmo para localización de puntos con alta probabilidad de ocurrencia de lluvia.

Una vez generados tanto la base de datos como los isogramas con información del clima en las áreas de interés, a continuación se procede a generar un algoritmo que permita la selección de las zonas con más alta probabilidad de ocurrencia de lluvia. La selección antes mencionada se llevará a cabo teniendo en cuenta el cambio en las variables de temperatura, humedad y presión. Se localizarán los puntos con mayor humedad, debido a que prestan las condiciones ideales para la generación de núcleos de condensación, y el cambio de presión y temperatura, debido a que el análisis de estas variaciones permiten determinar movimiento de viento sobre las regiones de interés.

4) Generación de núcleos de condensación (Pruebas de generación artificial de nubes).



La generación de núcleos de condensación se llevará a cabo una vez que se hayan determinado las zonas adecuadas para la siembra de nubes, y se realizará instalando en el dron un sistema adecuado para portar CO₂ en estado sólido o bengalas de yoduro de plata. En esta etapa se harán las pruebas correspondientes de generación artificial de nubes, se registrarán los resultados a través de fotografías y la medición de lluvia mediante el uso de una pequeña red de pluviómetros⁴ instalados en la zona en análisis.

5) Análisis de resultados

En esta sección finalmente se presentarán los resultados obtenidos con el sistema piloto. Se mostrarán los datos recogidos durante las pruebas (base de datos), la información procesada (isogramas) y finalmente los resultados de la generación de núcleos de condensación teniendo en cuenta la variación de la climatología de las zonas escogidas.

Bibliografía

- [1] R. Bruintjes. 2013. REPORT FROM EXPERT TEAM ON WEATHER MODIFICATION RESEARCH FOR 2012/2013. Suiza. 6th Joint Science Committee of the World Weather Research Programme.
- [2] B. Carrión, F. Guitarra, E. Gallo. 2015. Resolución No 251/2015. Dirección General de Aviación Civil. Quito. DAC.
- [3] DJI (Dà-Jiāng Innovations Science and Technology). 2015. Manual de usuario Phantom 3 Standard. China. DJI.
- [4] A. Khan. 2000. Qualitative Assessment of the Effectiveness of Summertime Cloud Seeding Experiments in South-eastern Sindh-Pakistan. Pakistan. WMO.
- [5] P. Koloskov, V. Korneev, G. Beryulev, B. Danelyan, V. Stasenko. 2013. TWENTY- FIVE YEARS OF CLOUD SEEDING ACTIVITY TO MODIFY WEATHER CONDITIONS IN CITIES. Rusia. Agency of Atmospheric Technologies. Central Aerological Observatory.
- [6] J. Nash, C. Gaffard, R. Smout, M. Smees. 2007. Introduction to upper air measurements with radiosondes and other in situ observing systems. Observation Development. Inglaterra. Met Office.
- [7] E. Perahia, R. Stacey. 2008. Next Generation Wireless LANs, Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n. Inglaterra. Cambridge University Press.
- [8] E. Upton, G. Halfacree. 2012. Raspberry Pi User Guide. Inglaterra. Jhon Wiley & Sons.
- [9] WMO (World Meteorological Organization). 2013. WMO Expert Committee on Weather Modification Research Chairman report. Suiza. WMO.
- [10] WMO. 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Suiza. WMO.

⁴ Equipo utilizado para la medición de la precipitación considerando una medida de milímetros de lluvia.



6 **Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

6.1 **Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.**
El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Proyecto	Director	Colaboradores
PII y PIS	16 HSS	8 HSS
PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Ricardo Llugsí	Director	8HSS	DETRI
Pablo Lupera	Colaborador	4HSS	DETRI

6.2 **Infraestructura y equipos**


El dron DJI Phantom 3 Standard y la computadora portátil requeridos han sido previamente adquiridos por el Director del proyecto. Los demás dispositivos y elementos citados anteriormente para este trabajo serán adquiridos por el Director del proyecto.

6.3 **Breve justificación del equipo requerido**

6.4 **Fondos Adicionales**

7 **Declaración del Director del Proyecto**

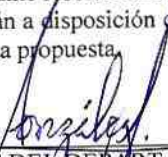
Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.


DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre: Ricardo Llugsí Cañar
CC: 1713827291

Quito, 1 de Junio de 2016
(lugar y fecha)

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de DETRI....., en sesión del día 18/07/2016 mediante resolución No. P.D. 025. Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.


JEFE DEL DEPARTAMENTO
Nombre: Pablo González
CC: 170844029-0

Quito, 05 de 10 de 2016
(lugar y fecha)