

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información.

2.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. DETRI-A1-L2, Área de Investigación: Comunicaciones, Línea de Investigación: Comunicaciones Inalámbricas

2. DETRI-A1-L3, Área de Investigación: Comunicaciones, Línea de Investigación: Propagación y Antenas

CAMPO DEL CONOCIMIENTO (Ver Anexo A: Detalle de los campos del conocimiento)

Campo amplio	Campo detallado	Campo específico
Ingeniería, Industria y Construcción	Ingeniería y Profesiones Afines	Electrónica y Automatización

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	

Alcance Territorial (Marque X, solamente una opción)

Institucional	Nacional	
Parroquial	Internacional	X
Cantonal	No definido	
Provincial		





1	Proyecto de Investigación
Título (mínimo 10 palabras): Evaluación del sistema MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil	
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>En las redes de comunicaciones móviles, los usuarios se encuentran en constante movimiento; este comportamiento completamente impredecible, exige que actualmente la transmisión de las señales se lo realice en todas las direcciones con un consecuente desperdicio de energía. Es por esto, que surge la necesidad de localizar con la mayor exactitud posible la ubicación de las estaciones móviles para direccionar la potencia de las señales a los lugares donde realmente se lo requiera.</p> <p>En este proyecto se propone implementar un sistema prototipo de determinación de la ubicación de estaciones de comunicaciones móviles, para ello se realizará lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Se propondrá un procesamiento en el dominio temporal y de frecuencias de las muestras para la detección de las señales recibidas en cada uno de los elementos del sistema de antenas,2. Se revisará el estado del arte de los algoritmos propuestos para la detección del ángulo de llegada de las señales incidentes, como parte de este estudio se desarrollará la simulación de cada uno de los algoritmos estudiados para comprobar su efectividad y evaluar sus ventajas y desventajas,3. De acuerdo al estudio previo, se procederá a establecer los requerimientos de hardware para la implementación del algoritmo que presente el mejor desempeño de acuerdo a exactitud y utilización de recursos,4. Se procederá a implementar los algoritmos seleccionados en una tarjeta FPGA para su simulación y experimentación. <p>El principal beneficio que se puede alcanzar con esta propuesta es la reducción del consumo de potencia de los equipos transmisores, gracias a la posibilidad de direccionar la transmisión de las señales exactamente a las zonas requeridas con el menor desperdicio posible, y de esta manera reducir los costos por la operación de este tipo de redes. Entre otros beneficios que se pueden mencionar están los siguientes: disminución de la interferencia, aumento de la relación señal a ruido y de la velocidad de transmisión.</p>	
Palabras clave (4-6): Difference of arrival DoA, Massive MIMO, location estimation, azimuth and elevation computation.	

2	Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- **Evaluar la capacidad del sistema MASSIVE MIMO en lo que respecta a exactitud y requerimientos de recursos de hardware para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil**

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Estudiar el fundamento teórico y analizar mediante simulación el comportamiento del canal inalámbrico en las redes de comunicación móvil.
- b. Proponer y probar un método de procesamiento en el dominio temporal y de frecuencias de las muestras en banda base para la detección de las señales recibidas en cada uno de los elementos del sistema de antenas.



- c. Analizar y simular un sistema de recepción MASSIVE MIMO, en el enlace ascendente, para la estimación de las características de las señales incidentes.
- d. Simular el algoritmo para la detección del ángulo de llegada en 2D (dos dimensiones) de señales incidentes en un sistema MASSIVE MIMO.
- e. Diseñar el arreglo de antenas MASSIVE MIMO para su implementación en el prototipo.
- f. Implementar un algoritmo básico para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en 2D con un sistema MASSIVE MIMO.
- g. Evaluar la precisión, el tiempo de procesamiento y la cantidad de recursos requeridos de los algoritmos analizados.

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. En el sistema a evaluar mediante simulación se tomará en cuenta una cantidad limitada de transceivers (módulos transmisores y receptores) conectados a los elementos del sistema MASSIVE MIMO.
- b.
- c.
- ...

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a. Por la disponibilidad de una gran cantidad de elementos receptores en un sistema MASSIVE MIMO es posible la determinación de la dirección de arribo en 2D de señales incidentes de estaciones de usuario con una exactitud aceptable y requerimientos reducidos de hardware en una red de comunicación móvil.
- b.
- ...

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

- a. Con el estudio y la simulación propuestos se tendrá una idea clara acerca del comportamiento de las señales en el canal inalámbrico de una red de comunicación móvil. Los resultados obtenidos servirán de insumo para las etapas posteriores, ya que estas señales con sus características particulares se utilizarán como entradas para los análisis siguientes.
- b. El tratamiento de las señales recibidas en cada uno de los elementos del sistema de antenas se realizará en el dominio del tiempo y la frecuencia con la finalidad de recuperar los parámetros principales de dichas señales, estos parámetros se procesarán con los algoritmos estudiados para obtener los resultados deseados.
- c. Con un análisis teórico aplicando la teoría del álgebra lineal se procesarán las matrices de las señales transmitidas, recibidas y de los coeficientes del canal de un sistema MASSIVE MIMO. En base al análisis teórico se realizarán simulaciones que permitirán determinar las características de las señales recibidas en cada uno de los elementos de un sistema MASSIVE MIMO.
- d. Se simulará un algoritmo básico para la detección del ángulo de llegada en 2D de señales incidentes en un sistema MASSIVE MIMO. Se analizarán los resultados obtenidos para establecer la exactitud y complejidad de dicho algoritmo.
- e. Se diseñará el arreglo de antenas MASSIVE MIMO para ser utilizado en el prototipo de detección.
- f. Se implementará en hardware un algoritmo básico para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en 2D, se evaluará la exactitud del algoritmo implementado y la cantidad de recursos utilizados del hardware.
- g. Se evaluará la precisión, el tiempo de procesamiento y la cantidad de recursos requeridos al aplicar los algoritmos analizados para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes al utilizar un sistema de antenas Massive MIMO.



investigación

El incremento del número de usuarios y del uso de terminales de comunicación móvil provoca una mayor demanda de energía, que tiene a su vez un impacto importante sobre la economía y el ambiente. En las redes de comunicación móvil existe una gran cantidad de estaciones base para cubrir toda el área requerida. En dichas estaciones base la mayor cantidad de energía consumida se debe a los procesos de transmisión de las señales y se observa que actualmente no realizan un uso completamente eficiente de la energía.

Por esto, en la actualidad es de mucho interés la creación de las tecnologías verdes (green technologies) que tienen la aspiración de alcanzar una reducción en el consumo de energía sin comprometer la calidad que experimentan los usuarios al utilizar los servicios [1].

En [2] se menciona que aproximadamente el 57% de la energía total consumida en las redes de comunicación móvil corresponde al consumo de energía en las estaciones base, lo que implica que una reducción del consumo de energía en esta sección de la red influirá significativamente en el consumo total de potencia.

En este proyecto se propone desarrollar un prototipo que permita evaluar la capacidad de un sistema de antenas MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil, con la finalidad de que sea posible direccionar la energía de las señales transmitidas desde la estación base a las ubicaciones donde realmente se encuentran los terminales de usuario, disminuyendo de esta manera el desperdicio de energía.

MASSIVE MIMO es una de las tecnologías propuestas para su implementación en redes de comunicación móvil de quinta generación (5G). De una revisión de la literatura se constató que existe una cantidad limitada de trabajos de investigación actuales acerca de la combinación de MASSIVE MIMO y de la estimación de Dirección de Arribo (DoA) de señales incidentes. Por los dos aspectos antes mencionados, el proyecto que se propone es actual y requiere de la ejecución de estudios adicionales.

En el proyecto de investigación propuesto se abordan temas relacionados con los sistemas de antenas, ya que MASSIVE MIMO implica el uso de antenas con una gran cantidad de elementos constitutivos que para su estudio se requiere de un análisis matemático con la aplicación de la teoría de Álgebra Lineal.

Por esto, la propuesta se relaciona con las Líneas de Investigación:

- Comunicaciones Inalámbricas con código DETRI-A1-L2 del Área de Investigación de Comunicaciones del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información DETRI.
- Propagación y Antenas con código DETRI-A1-L3 del Área de Investigación de Comunicaciones del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información DETRI.

4 Impacto de la investigación

4.1 Impacto Social (máximo 250 palabras)

Esta propuesta de proyecto de investigación tendrá un impacto social desde el punto de vista ambiental, ya que la reducción del consumo de energía requerida para la transmisión de las señales desde la estación base hacia los terminales de usuario en las redes de comunicación móvil, provocará una reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y un uso eficiente de la energía utilizada.

4.2 Impacto Económico (máximo 250 palabras)

Los resultados que se logren obtener al finalizar el proyecto de investigación, permitirán reducir los costos de operación de las redes de comunicación móvil, ya que al lograr direccionar las señales transmitidas a las zonas que realmente se lo requiera, existirá una reducción en la energía consumida por su uso eficiente.

4.3 Impacto Político (máximo 250 palabras)

Con el prototipo a desarrollar en el proyecto se demostrará que es posible la reducción del consumo de energía en las redes de comunicación móvil, de esta manera las Instituciones y Organismos podrán plantear





como política estatal el despliegue de redes que utilicen la energía eficientemente. De tal manera, que el Ecuador sea un referente regional y mundial de un país con redes de comunicaciones amigables con el medio ambiente.

4.4 Impacto Científico (máximo 250 palabras)

Esta propuesta de proyecto de investigación se encuentra dentro de dos áreas que actualmente son de interés para la comunidad científica: los sistemas de antenas MASSIVE MIMO y la detección de la dirección de arribo de señales incidentes.

Los sistemas de antenas Massive MIMO permiten aumentar la cobertura y la capacidad de los sistemas inalámbricos de comunicaciones, en cambio una detección efectiva de la dirección de arribo de señales incidentes permite mejorar la eficiencia de la energía utilizada para la transmisión de las señales en las redes inalámbricas de comunicación móvil.

En la propuesta de proyecto de investigación se desarrollará todo el marco teórico necesario para realizar las simulaciones requeridas que permitirán sustentar posteriormente la implementación del prototipo final.

Las simulaciones y el prototipo implementado se pondrán a consideración de la comunidad científica mediante las publicaciones que se logren preparar y de esta manera contribuir al desarrollo de las áreas de investigación que se abordan en este proyecto.

4.5 Otro Impacto (máximo 250 palabras)

5 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X
e. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	

6 Descripción, metodología y diseño del proyecto

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

La detección de la dirección de llegada (DOA) de señales incidentes con agrupaciones de un número pequeño de antenas se ha tratado en la literatura en los trabajos de [3-7] mediante la aplicación de algoritmos, como ESPRIT y Root MUSIC.

Además en [8] se estudia la aplicación del algoritmo K-means en conjunto con arreglos de antenas para establecer subarreglos que permitan reducir el costo de fabricación de radares monopulso.

La determinación de DOA de señales incidentes exige la ejecución de un emparejamiento de los ángulos de elevación y azimuth que en la literatura se analizan en [9-12].

En [13-14] se realizó un análisis del desempeño de Massive MIMO para sistemas de comunicaciones inalámbricas, en esta tecnología se dispone de una cantidad significativa de antenas en la estación base y cuyos beneficios principales es el incremento de capacidad, uso eficiente de la potencia de transmisión y reducción de la latencia.

Para la determinación de la distancia del enlace entre transmisor y receptor se aplican modelos de propagación, que de acuerdo a [15] puede aplicarse el modelo de Okumura-Hata en redes celulares avanzadas.

Algo fundamental, que no se ha reportado en los anteriores trabajos, es el análisis de la señal y las réplicas que se generan al atravesar el canal inalámbrico, en el presente estudio se considerarán estas réplicas



utilizando los elementos disponibles en el sistema MASSIVE MIMO. En esta parte del proyecto se realizará un estudio teórico de los modelos utilizados para caracterizar las señales incidentes y sus réplicas en el canal inalámbrico de una red de comunicación móvil multiusuario.

A continuación con los modelos estudiados se simulará el comportamiento del canal inalámbrico para obtener las características específicas de las señales recibidas en una red de comunicación móvil multiusuario en el dominio del tiempo y de la frecuencia. En este proyecto el estudio se centrará en el enlace de subida, es decir el enlace que va desde los equipos de usuario hasta las estaciones base. Este análisis permitirá establecer las características de las señales que llegan al receptor en el enlace de subida.

Las señales recibidas como una suma de las réplicas multitrayectoria se podrían expresar de la siguiente forma:

$$S_0(t) = A_0 \cos(W_0t + \phi_{01}) + A_1 \cos(W_0t + \phi_{02}) + A_2 \cos(W_0t + \phi_{03}) + \dots + A_N \cos(W_0t + \phi_{0N})$$

$$S_1(t) = A_0 \cos(W_1t + \phi_{11}) + A_1 \cos(W_1t + \phi_{12}) + A_2 \cos(W_1t + \phi_{13}) + \dots + A_N \cos(W_1t + \phi_{1N})$$

...

$$S_p(t) = A_0 \cos(W_pt + \phi_{p1}) + A_1 \cos(W_pt + \phi_{p2}) + A_2 \cos(W_pt + \phi_{p3}) + \dots + A_N \cos(W_pt + \phi_{pN})$$

En donde:

$S_i(t)$ – subportadora i en el dominio del tiempo,

W_i – frecuencia angular de la subportadora i ,

ϕ_{ij} – desfase de la réplica j en la subportadora i ,

A_j – Amplitud real de la réplica j ,

p – cantidad de subportadoras.

Un aspecto importante que no se ha tratado concluyentemente en la literatura es el uso de la tecnología Massive MIMO para la detección de DOA, lo cual podría ser beneficioso por la disponibilidad significativa de información de las señales recibidas y su posterior procesamiento en aplicaciones específicas.

Para probar el funcionamiento del sistema MASSIVE MIMO en la detección de DoA mediante simulación se utilizarán los algoritmos conocidos como MUSIC, RootMUSIC y ESPRIT.

Se realizará un estudio teórico de MASSIVE MIMO para determinar la forma de representación y análisis de las señales recibidas en los elementos del sistema.

La subportadora recibida en cada uno de los elementos de la agrupación de antenas en función de la respuesta impulsiva del canal tendría la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} S_{01}(t) \\ \dots \\ S_{0rx}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11}(t) & \dots & h_{1tx} \\ \dots & \dots & \dots \\ h_{rx1}(t) & \dots & h_{rxtx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{01}(t) \\ \dots \\ x_{0tx}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{01}(t) \\ \dots \\ n_{0rx}(t) \end{bmatrix}$$

En donde:

$S_{0i}(t)$ – subportadora 0 recibida en el elemento i de la agrupación de antenas en el dominio del tiempo,

$h_{ij}(t)$ – respuesta del canal en el dominio del tiempo entre la antena receptora i y la antena transmisora j ,

$x_{0j}(t)$ – subportadora 0 transmitida por la antena j en el dominio del tiempo,

$n_{0i}(t)$ – ruido en la subportadora 0 del receptor i en el dominio del tiempo,

rx – cantidad de elementos de la agrupación de antenas receptoras,

tx – cantidad de elementos de la agrupación de antenas transmisoras.

Se simulará el comportamiento de un sistema MASSIVE MIMO para determinar las características de las señales recibidas en el dominio del tiempo y la frecuencia. Aplicando los algoritmos existentes de detección del ángulo de llegada de señales incidentes, se evaluarán los resultados obtenidos y se determinará el algoritmo que presente el mejor desempeño y requiera la menor utilización de recursos. Por la gran cantidad de elementos receptores en el sistema MASSIVE MIMO se presenta la posibilidad de aprovechar esta característica y realizar modificaciones a los algoritmos con la finalidad de mejorar el desempeño y reducir la cantidad de recursos empleados en la ejecución. Esto se tratará de probar en el proyecto planteado.

Se aplicará alguno de los métodos matemáticos del álgebra lineal para el análisis del sistema de acuerdo al algoritmo seleccionado. El análisis consistirá en resolver el sistema de ecuaciones y determinar los ángulos de incidencia de las señales recibidas en la agrupación de antenas tipo Massive MIMO.

En el presente proyecto se considerará un sistema de antenas Massive MIMO cuadrangular de $n \times n$ elementos.

Una vez probados los algoritmos mediante simulación, se programarán en el lenguaje VHDL y se realizará su implementación en hardware.



Los algoritmos optimizados mediante la simulación se implementarán en una tarjeta FPGA y se ejecutarán las pruebas necesarias para probar su funcionamiento y evaluar la precisión, el tiempo de procesamiento y la cantidad de recursos utilizados.

Bibliografía

[1] X. Jiang, H. Chao, G. Muntean, G. Ghinea and C. Xu, Green Communication for Mobile and Wireless Networks, Mobile Information Systems, 2016, pp. 1-2.

[2] S. Lakshmi, R. Roshni, Paulthi B. and Roshini D., Green Radio Technology for Energy Saving in Mobile Towers, International Journal of Information and Electronics Engineering, Vol. 3, No. 1, 2013, pp. 40-43.

[3] M. M. Abdalla, M. B. Abuitbel and M. A. Hassan, Performance evaluation of direction of arrival estimation using MUSIC and ESPRIT algorithms for mobile communication systems, Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2013 6th Joint IFIP, Dubai, 2013, pp. 1-7.

[4] S. Pazos, M. Hurtado, C. H. Muravchik, DoA Estimation Using Random Linear Arrays Via Compressive Sensing, IEEE Latin America Transactions, vol. 12, No. 5, 2014, pp. 859-863.

[5] M. P. Priyadarshini and R. Vinutha, Comparative performance analysis of MUSIC and ESPRIT on ULA, Radar, Communication and Computing (ICRCC), 2012 International Conference on, Tiruvannamalai, 2012, pp. 120-124.

[6] W. Suleiman, M. Pesavento and A. Zoubir, Performance analysis of direction-of-arrival estimation using the decentralized root-MUSIC, Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP), 2015 IEEE 6th International Workshop on, Cancun, 2015, pp. 329-332.

[7] S. Mubeen, M. Prasad, J. Rani, "Smart antenna for DoA using MUSIC and ESPRIT," IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSRJECE), 2278-2834, Volume 1, Issue 1 (May-June 2012), pp. 12-17.

[8] X. Yang, W. Xi, Y. Sun, T. Zeng, T. Long and T. K. Sarkar, Optimization of Subarray Partition for Large Planar Phased Array Radar Based on Weighted K-Means Clustering Method, in IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, vol. 9, no. 8, pp. 1460-1468, Dec. 2015.

[9] Martin, Kyle T., Eigenvalue Pairing for Direction Finding with Vector Sensor Arrays, Master's Theses, University of Rhode Island, 2013.

[10] A. J. van der Veen, P. B. Ober and E. F. Deprettere, Azimuth and elevation computation in high resolution DOA estimation, in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 40, no. 7, pp. 1828-1832, Jul 1992.

[11] Y. F. Gao, Q. Wan and L. Zou, A CCM-based Pair-matching Method for Two-dimensional Arrival Angles Estimation, Communication Problem-Solving (ICCP), 2014 IEEE International Conference on, Beijing, 2014.

[12] K. T. Wong and M. D. Zoltowski, Uni-vector-sensor ESPRIT for multisource azimuth, elevation, and polarization estimation, in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 45, no. 10, pp. 1467-1474, Oct 1997.

[13] Performance Analysis of Massive MIMO for 5G Wireless Communication Systems, Islam M. D., Kamruzzaman M., TazkiaJessey, Zahan S., Hassan M. S., IEEE, ICCCA2016, 2016.

[14] Spectral-Efficiency Analysis of Massive MIMO Systems in Centralized and Distributed Schemes, Kanga G. N., Xia M., Aissa S., IEEE Transactions on Communications, Vol.64, No. 5, 2016.

[15] Ajay, Mishra; John, Wiley, "Radio Network Planning and Optimisation in Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G.Evolution to 4G", 1st ed., England, Wiley. 2007.

7 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

7.1 Infraestructura y equipos

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

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio ZZ	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209 del edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y	Una descripción detallada de los equipos se presenta en la siguiente tabla	



Electrónica

Item	Equipo	Marca	Modelo	Ubicación
1	Fuentes de poder DC	Topward	6303	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
2	Osciloscopio	Tektronix	TBS1102B-EDU	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
3	Generador arbitrario de señales	Instek	AFG-2025	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
4	Analizador vectorial de señales	Anritsu	MS2830A-041	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
5	Computador de escritorio	Dell	Optiplex 9010	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
6	Tarjeta FPGA	Digilent Inc.	Spartan 3E	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI
7	Tarjeta FPGA	Digilent Inc.	Virtex 5	Laboratorio de Electrónica de Alta Frecuencia E-209, DETRI

7.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos solicitados para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

Item	Equipo	Cantidad	Marca/Modelo	Justificación	Ubicación
1	Computador portátil	2	HP / EliteBook 820 G3	Se requiere para instalación de software que se utilizará en la simulación de algoritmos e implementación en hardware del prototipo.	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información
2	Tarjeta FPGA	2	Digilent / Genesys 2 Kintex – 7 FPGA Development Board	En este dispositivo se implementará el prototipo. Se utilizará para realizar pruebas en hardware de los algoritmos propuestos. Una tarjeta se utilizaría	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información



				como transmisor y la otra como receptor	
3	Módulos Transceptores de RF	12	Digilent / Pmod RF2	Estos dispositivos serán los transceptores que permitirán transmitir por medio de señales de radio frecuencia. Cada uno de los módulos tiene una antena. De acuerdo a las pruebas que se realicen serán utilizados como transmisor o receptor	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información
4	Tarjetas de expansión	4	Digilent / FX2 Module	Dos tarjetas de expansión para cada FPGA con la finalidad de hacer conexiones externas de los módulos RF	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información
5	Coberturas de protección para las tarjetas FPGA	2	Digilent / Protective Covers for XUPV2P Board	Protección para las tarjetas FPGA que recomienda el fabricante	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información
6	Kits de cables	2	Digilent	Para conexión entre módulos	Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información

7.3 Fondos Adicionales

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*

No se tiene previsto recibir fondos de otros organismos.



AÑO 1

Título del proyecto

Evaluación del sistema MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	11	mes	\$ 435,00	\$ 4.785,00	\$ 474,80	\$ 5.222,83
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1			\$ 435,00	\$ 4.785,00	\$ 474,80	\$ 5.222,83
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Tarjeta FPGA	2	1	\$ 2.600,00	\$ 5.200,00	\$ 2.912,00	\$ 5.824,00
2.2 Módulos Transceptores de RF	12	1	\$ 30,00	\$ 360,00	\$ 33,60	\$ 403,20
2.3 Tarjetas de expansión	4	1	\$ 60,00	\$ 240,00	\$ 67,20	\$ 268,80
2.4 Coberturas de protección para las tarjetas FPGA	2	1	\$ 44,00	\$ 88,00	\$ 49,28	\$ 98,56
2.5 Antena MASSIVE MIMO	2	1	\$ 250,00	\$ 500,00	\$ 280,00	\$ 560,00
2.6 Kits de cables	2	1	\$ 100,00	\$ 200,00	\$ 112,00	\$ 224,00
2.7						
Subtotal 2			\$ 3.084,00	\$ 6.588,00	\$ 3.454,08	\$ 7.378,56
3 Equipo Informático						
3.1 Computador portátil	1	1	\$ 1.534,00	\$ 1.534,00	\$ 1.718,08	\$ 1.718,08
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ 1.534,00	\$ 1.534,00	\$ 1.718,08	\$ 1.718,08
4 Insumos y reactivos						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3 Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4 Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5 Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior	2		\$ 150,00	\$ 300,00	\$ 168,00	\$ 336,00
7.2 Viaticos y subsistencias al interior	2		\$ 100,00	\$ 200,00	\$ 112,00	\$ 224,00
Subtotal 7			\$ 250,00	\$ 500,00	\$ 280,00	\$ 560,00
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 8			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior	1		\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 112,00	\$ 112,00
9.2 Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 9			\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 112,00	\$ 112,00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 13.507,00		\$ 14.991,47



AÑO 2

Título del proyecto

Evaluación del sistema MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil

Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato							
1.1	Ayudantes de investigación		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2	Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado							
2.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático							
3.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos							
4.1	Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2	Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3	Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4	Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5	Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada							
5.1	Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2	Item 2 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.3	Item 3 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.4	Item 4 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.5	Item 5 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo							
6.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas							
7.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas							
8.1	Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2	Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 8				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9 Pago de inscripciones							
9.1	Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2	Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 9				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10 Pago de publicaciones y patentes							
10.1	Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2	Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2	Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -





VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Evaluación del sistema MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 4.785,00	\$ 6.588,00	\$ 1.534,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500,00	\$ -	\$ 100,00	\$ -	\$ 13.507,00
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 4.785,00	\$ 6.588,00	\$ 1.534,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500,00	\$ -	\$ 100,00	\$ -	\$ 13.507,00

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 5.222,83	\$ 7.378,56	\$ 1.718,08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 560,00	\$ -	\$ 112,00	\$ -	\$ 14.991,47
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 5.222,83	\$ 7.378,56	\$ 1.718,08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 560,00	\$ -	\$ 112,00	\$ -	\$ 14.991,47

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Evaluación del sistema MASSIVE MIMO para la detección del ángulo de llegada de señales incidentes en redes de comunicación móvil

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que la propuesta sea descalificada de la convocatoria de la EPN.
- Que todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán compartidos entre los investigadores y la EPN.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos de investigación.



Firma del Director del Proyecto

Nombre: PABLO ANIBAL LUPERA MORILLO

C.I.: 1712627536

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido avalada por el Consejo del Departamento de DETRI....., en sesión del día 26/07/2018... mediante resolución No. R.D.:024

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.



Firma del Jefe del Departamento

Nombre: Fabio González

C.I.: 170844029-0

*Se debe adjuntar el acta en el que conste la resolución que avala la propuesta de proyecto