
5G Potencial y Desafíos

**Jornadas Nacionales de Telecomunicaciones 2018
(JNT 2018)**

Dr.-Ing. Benigno Rodríguez Díaz

**Departamento de Telecomunicaciones
Instituto de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería
UdelaR**



Agenda

- 1.- Potencial**
- 2.- Desafíos**
- 3.- Tecnologías y Desarrollos Considerados en 5G**
 - * Descripción General y Rol en 5G**
 - * Aportes del IIE**
 - * Desafíos Regulatorios**
- 4.- Conclusiones**

1.- Potencial

**IPv6, 2¹²⁸
direcciones IP**

**Comunicaciones
M2M, Car2Car,
etc.**

**Inteligencia
Artificial**

**Desarrollo de
Áreas
Constitutivas de
5G**

etc.

2.- Desafíos

Científicos
(comprenderla
, desarrollarla)

Académicos
(formar científicos
y técnicos, divulgar
socialmente estos
cambios)

Ingenieriles
(modificar los
procesos, vigilar de
cerca el consumo
energético -iniciativa
GreenTouch-)

Regulatorios (no
frenar el
desarrollo,
informarse,
adaptarse -uso
dinámico del
espectro-)

Políticos (usar
todo esto para
bien)

Sociales (saber elegir lo
que me sirve y lo que no
dentro de un conjunto
muy grande de
herramientas)

etc.

3.- Tecnologías y Desarrollos Considerados en 5G

5G es un gran “paraguas” de nuevas tecnologías y desarrollos.

Tecnología o desarrollo X

* Descripción General y Rol en 5G

* Aportes del IIE

[X-Y] Publicaciones.

{Programa de Posgrado} Tema de Tesis.

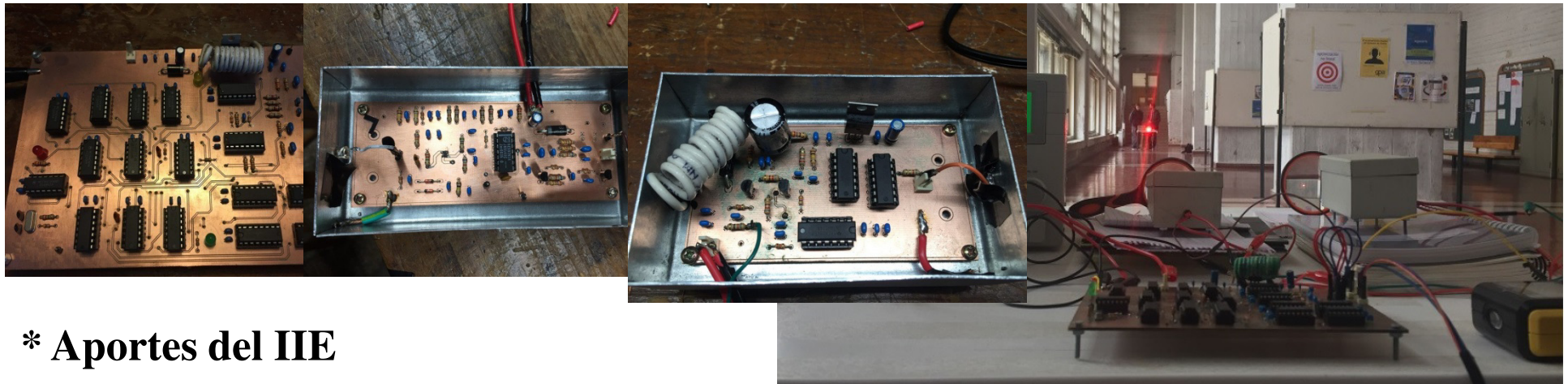
(Proyecto financiado) Tema, Organismo financiador.

* Desafíos Regulatorios

<Tecnología o desarrollo X> Desafío planteado.

3.1.- Láser en Espacio Libro (FSO)

FSO es una tecnología considerada en 5G para desarrollar enlaces de Backhaul. El rol de FSO en 5G consiste en descomprimir el uso de bandas de microondas permitiendo desarrollar enlaces punto a punto sin utilizar estas bandas.



* Aportes del IIE

[1-3] Publicaciones.

Fig. 1: Prototipo de enlace FSO.

{**Maestría en Ing. Eléctrica**} “Enlaces FSO satelitales y terrestres de alto desempeño”.

* Desafíos Regulatorios

<FSO> No se necesita autorización de URSEC.

3.2.- Ondas Milimétricas (MMW)

MMW es una tecnología considerada en 5G para desarrollar enlaces de Backhaul. El rol de MMW en 5G consiste en descomprimir el uso de bandas de microondas permitiendo desarrollar enlaces punto a punto en bandas más altas (ej. 60 GHz). Enlaces más directivos y de menor alcance (mayor reuso espacial).



Fig. 2: Enlace MMW (fuente [4]).



Fig. 3: Enlace híbrido MMW-FSO (fuente [5]).

* Aportes del IIE

[1, 2] Publicaciones.

* Desafíos Regulatorios

<MMW> Flexibilizar e incentivar el uso con respecto a Microondas.

3.3.- MIMO y Beamforming

El uso de múltiples antenas en transmisión y en recepción (**MIMO**) mejora significativamente el desempeño de la transmisión. Esta estrategia ya es ampliamente utilizada desde hace varios años y se observa un incremento en el número de antenas utilizadas en los sistemas (**Massive MIMO**).

El uso de técnicas para dar forma al haz (**Beamforming**, ya sea de forma estática o dinámica) mejora la eficiencia de las transmisiones inalámbricas (mejor SNR, disminuye la interferencia, etc.).

Estas son técnicas que tienen roles importantes a la hora de alcanzar los objetivos propuestos en 5G.

*** Aportes del IIE**

[6-8] Publicaciones.

{**Doctorado en Ing. Eléctrica**} “Beamforming en Sistemas Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)”.

{**Maestría en Ing. Eléctrica**} “MIMO Masivo”.

*** Desafíos Regulatorios**

<**MIMO y Beamforming**> No plantean.

3.4.- Diseño, Fabricación y Caracterización de Antenas Mejoradas

Las antenas juegan un papel destacado en la optimización de cualquier sistema inalámbrico y por tanto tienen un rol importante a desempeñar en 5G.

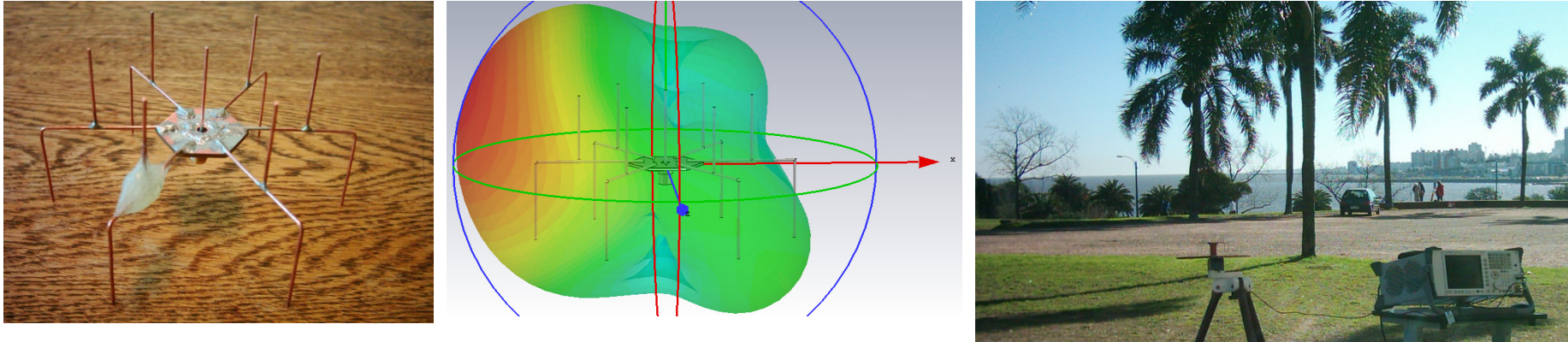


Fig. 4: Diseño, simulación, fabricación y caracterización de antenas.

* Aportes del IIE

[9, 10] Publicaciones.

{**Doctorados en Ing. Eléctrica**} En las áreas de RSI y Beamforming.

(**Proyecto financiado**) “Potenciando las Redes de Sensores Inalámbricos con el uso de Antenas Direccionales para la Agricultura”. Fondo María Viñas.

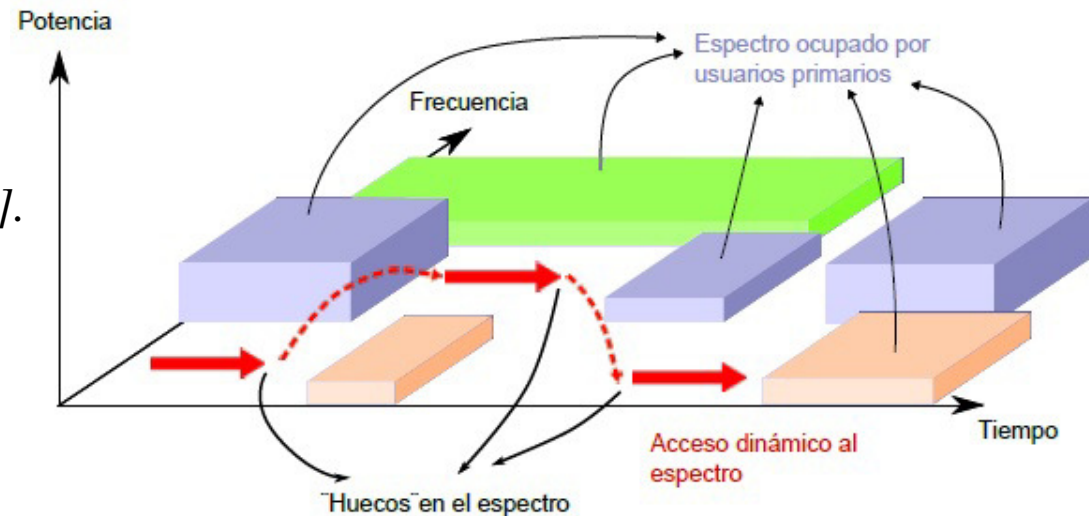
* Desafíos Regulatorios

<**Antenas Mejoradas**> No plantea.

3.5.- Radio Cognitiva (CR)

CR representa un modo más eficiente de utilizar el espectro, permitiendo que un usuario secundario pueda utilizar la misma porción de espectro que fue asignado a un usuario primario sin molestarlo. CR tiene implicancias directas en la gestión del espectro.

Fig. 5: Concepto básico en CR [20].



* Aportes del IIE

[11-20] Publicaciones.

{**Doctorado en Ing. Eléctrica**} “Stochastic Models for Cognitive Radio Networks”.

(**Proyecto financiado**) CSIC Grupos I+D (Grupo Artes).

* Desafíos Regulatorios

<CR> Desarrollar una regulación para utilizar CR en el país.

3.6.- Planificación de Redes

La implantación de toda nueva tecnología necesita de una planificación basada en su conocimiento profundo a los efectos de obtener de esta el máximo provecho posible. La cantidad y diversidad de redes inalámbricas que deben coexistir pueden beneficiarse ampliamente de una correcta planificación previa.

El aumento de la complejidad de las redes inalámbricas requiere de un mayor nivel de planificación.

Este es un aspecto que no habría que descuidar en 5G.

* Aportes del IIE

[21, 22] Publicaciones.

* Desafíos Regulatorios

<Planificación> No plantea.

3.6.- Internet de las Cosas (IoT)

IoT representa un salto cualitativo y cuantitativo en lo que es conexión de dispositivos a Internet. Implica un crecimiento exponencial en el flujo de datos. Modificará la forma en la que vivimos, automatizando gran cantidad de tareas que ya no dependerán de nosotros.

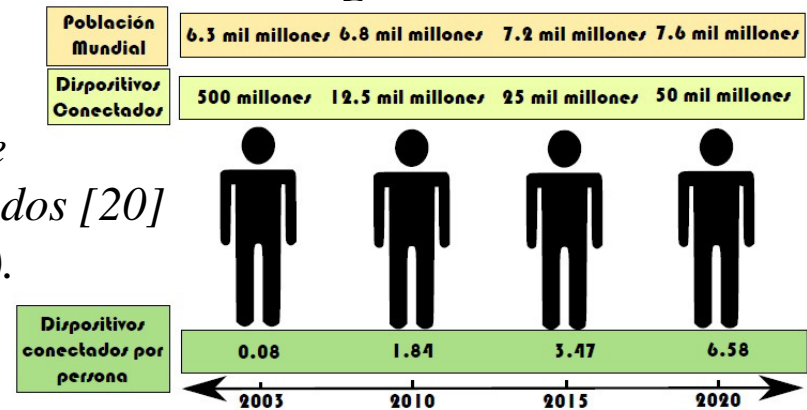


Fig. 6: Evolución de dispositivos conectados [20] (fuente: Cisco 2011).

* Aportes del IIE

{Maestría en Ing. Eléctrica} “Internet de las Cosas (IoT)”.

{Maestría en Ing. Eléctrica} “Internet de las Cosas Aplicada a la Seguridad”.

(Proyecto financiado) “Evaluación de protocolos de interés en la actualidad para IoT y definición de un prototipo con posibles variantes para medición inteligente en programas de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC)”. Cooperación con CSI Ingenieros. Fundación Ricaldoni.

* Desafíos Regulatorios

<IoT > Aumento de dispositivos permanentemente conectados en forma inalámbrica.

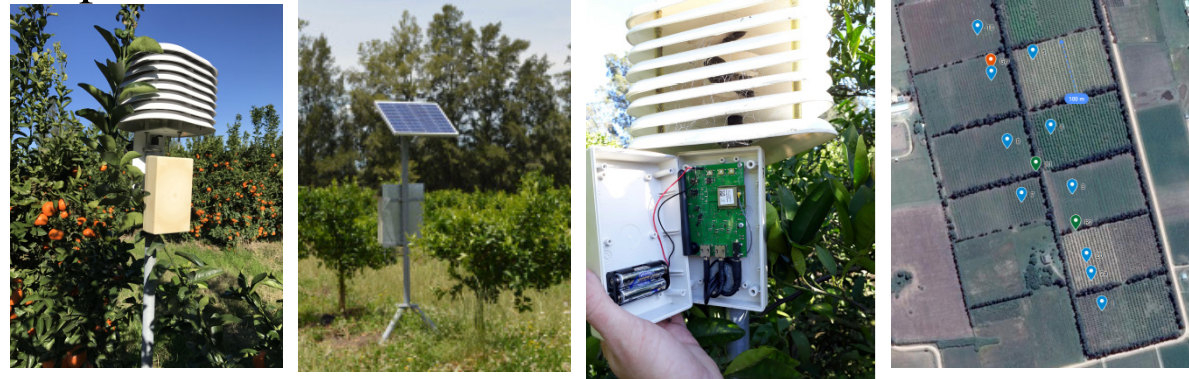
3.7.- Redes de Sensores Inalámbricos (RSI)

Las RSI son redes inalámbricas constituidas por dispositivos autónomos que utilizan sensores para monitorear variables de interés tales como condiciones ambientales. Este tipo de redes, así como las correspondientes a IoT forman parte de 5G.

Fig. 7: Redes de Sensores inalámbricos.

* Aportes del IIE

[23-24] Publicaciones.



{**Doctorado en Ing. Eléctrica**} “Medium Access Control Protocols for Directional Antennas in Wireless Sensor Networks”.

{**Maestría en Ing. Eléctrica**} “LoRaWAN for Demand Response in Smart Grids”.

(**Proyectos financiados**) “GERVASIO, Generalización de Redes de Sensores Inalámbricos como Herramienta de Valorización en Sistemas Vegetales Intensivos”, INIA. FMV ya mencionado en 3.4.

* Desafíos Regulatorios

<**RSI**> Aumento de dispositivos permanentemente conectados en forma inalámbrica.

3.8.- Software Defined Radio (SDR)

Uno de los esquemas planteados para 5G en el acceso es la virtualización del denominado Radio Access Network (RAN). En este caso los módulos de procesamiento banda base se mueven fuera de la Estación base hacia un Datacenter. Como resultado, estas funciones pueden ser implementadas en máquinas virtuales en un Datacenter, lo que permite un escalamiento inteligente a los recursos de cómputos además de disminuir el consumo de energía y la inversión de capital. Éste es prácticamente el mismo esquema que en SDR, que son sistemas de comunicación donde el procesamiento en banda base se realiza en sistemas programables (CPUs, FPGAs, etc.) y el hardware únicamente realiza el pasaje de banda base a pasa banda y viceversa.

* Aportes del IIE

[25-27] Publicaciones.

{**Maestría en Ing. Eléctrica**} “Spying on unintentional radioelectric emanations”.

{**Maestría en Ing. Eléctrica**} “On the implementation of a ISDB-T software-defined radio receiver”.

(**Proyecto financiado**) “Implementación de un receptor de ISDB-T abierto y para metrología bajo el paradigma de Radio Definida por Software”, ANII/DINATEL.

* **Desafíos Regulatorios <SDR>** No plantea.

CONCLUSIONES

5G representa una gran oportunidad, con un enorme potencial y numerosos desafíos en los que trabajar.

Todos tenemos la responsabilidad de que este potencial se use para bien.

En el IIE se están haciendo unas cuantas cosas relacionadas con 5G. Pueden integrarse a trabajar en estas áreas como estudiantes de posgrado, socios, clientes, etc.

Además de las universidades hay varias instituciones que tienen un papel importante en 5G, empresas del estado y privadas (adoptando estos avances), organismos reguladores (adaptando la regulación) y la sociedad en general.

REFERENCIAS

FSO Y MMW

- [1] Nicolás Barabino and Benigno Rodríguez, “Performance Evaluation of FSO and MMW for the Uruguayan Weather Conditions”, *Wireless Personal Communications*, Springer, vol. 73, 2013, pp. 1077-1088, ISSN: 09296212, DOI: 10.1007/s11277-013-1249-y.
- [2] Belén Nolé, Juan Pablo García, Fernanda Rodríguez y Benigno Rodríguez, “Lasers en Espacio Libre y Ondas Millimétricas”, Feira Tecnológica do Inatel (FETIN), Santa Rita do Sapucaí, Brasil, 2013.
- [3] Bruno Benedetti, Lucas González, Matías Roubaud and Benigno Rodríguez, “Construction of a Transceiver Prototype based on Free Space Optics”. *IEEE Revista Latinoamericana*, Aceptado para publicación.
- [4] Hansryd, J., & Eriksson, P. (2009). High-speed mobile backhaul demonstrators. *Ericsson Review*, 2, 10–16. http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2009_02/files/Backhaul.pdf.
- [5] Bloom, S., & Hartley, S. (2002). *The last-mile solution: hybrid FSO radio*. http://www.freespaceoptic.com/WhitePapers/Hybrid_FSO.pdf.

MIMO Y BEAMFORMING

- [6] Juan Pablo Gonzalez and Benigno Rodríguez, “Interference Rejection Degradation in Function of the DOA in a Beamforming System”, *IEEE Revista Latinoamericana*, vol. 13, no. 1, 2015, pp. 48-53.
- [7] Juan Pablo González and Benigno Rodríguez, “Improving the Indoor WLAN Service by Using Polarization Diversity and MRC”. *Wireless Personal Communications*, v.: 95, no. 4, p.: 4917 - 4929, August 2017, Online: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-017-4132-4>
- [8] Benigno Rodríguez and Juan P. González, “A High Performance Class of DSTBC for HAPs”, In Proceedings of the 12th International Conference on Wireless Information Networks and Systems (WINSYS-2015), Colmar, Alsacia, Francia, July 2015.

REFERENCIAS

DISEÑO, FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ANTENAS MEJORADAS

[9] Benigno Rodríguez, Javier Schandy, Juan P. González, Leonardo Steinfeld and Fernando Silveira, “Fabrication and Characterization of a Directional SPIDA Antenna for Wireless Sensor Networks”, In Proc. of the URUCON IEEE 2017, Montevideo, Uruguay, October 2017.

[10] Javier Schandy, Leonardo Steinfeld, Benigno Rodríguez, Juan P. González and Fernando Silveira, “SPIDA Antenna with Multiple Director Elements”, AEÜ - International Journal of Electronics and Communications (en revisión).

RADIO COGNITIVA

[11] Marcelo Delgado and Benigno Rodríguez, “Opportunities for a more Efficient Use of the Spectrum based in Cognitive Radio”. IEEE Revista Latinoamericana, v.: 14, no. 2, p.: 610 - 616, February 2016, Online: http://www.revistaieeela.pea.usp.br/issues/vol14issue2Feb.2016/14TLA2_27DelgadoCaruso.pdf

[12] Gonzalo Carro, Patricia Hernández, Federico Beltramelli, María Simon, Germán Capdehourat and Benigno Rodríguez, “Consideraciones para el Despliegue de Redes basadas en Radio Cognitiva”, Revista Politécnica de Ecuador (en revisión).

[13] María Simón, Patricia Hernández, Gonzalo Carro, Andrés Gómez, Federico Beltramelli, Benigno Rodríguez y Juan Pablo Garela, “Aproximaciones al estudio de la Gestión del Espectro Radioeléctrico”, I Jornadas de Investigación de la Facultad de Información y Comunicación, Montevideo, Uruguay, Noviembre 2015.

[14] Patricia Hernández, Gonzalo Carro, Benigno Rodríguez, María Simón y Federico Beltramelli, “Gestión y uso del espectro radioeléctrico: estado actual y desafíos presentes”, II Jornadas de Investigación de la Facultad de Información y Comunicación, Montevideo, Uruguay, Noviembre 2017.

REFERENCIAS

- [15] Claudina Rattaro, “Stochastic models for Cognitive Radio Networks”, PhD thesis from Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Ingeniería, IIE, 2017.
- [16] C. Rattaro, F. Larroca, P. Bermolen, P. Belzarena, “Estimating the medium access probability in large cognitive radio networks, Ad Hoc Networks”, Volume 63, 2017, Pages 1-13, ISSN 1570-8705, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2017.05.003> [doi.org].
- [17] C. Rattaro, L. Aspirot and P. Belzarena, “Analysis and characterization of dynamic spectrum sharing in cognitive Radio Networks”, International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Dubrovnik, 2015, pp. 166-171. doi: 10.1109/IWCMC.2015.7289076
- [18] C. Rattaro and P. Belzarena. “Cognitive Radio Networks: Analysis of a Paid-Sharing Approach based on a Fluid Model”. In Proceedings of the 2016 workshop on Fostering Latin-American Research in Data Communication Networks (LANCOMM '16). ACM, New York, NY, USA, 40-42. DOI: <https://doi.org/10.1145/294-> [doi.org] 0116.2940120
- [19] C. Rattaro, P. Bermolen, F. Larroca, and P. Belzarena. “A Stochastic Geometry Analysis of Multichannel Cognitive Radio Networks”. In Proceedings of the 9th Latin America Networking Conference (LANC '16). ACM, New York, NY, USA, 32-38. DOI: <https://doi.org/10.1145/2998373.2998450> [doi.org]
- [20] <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/>

PLANIFICACIÓN DE REDES

- [21] Benigno Rodríguez, “Planning of a Broadband Wireless Network Based in OFDM, General Considerations”, In Proc. of the International Conference on Wireless Information Networks and Systemas (WINSYS 2010), Atenas, Grecia, 2010.
- [22] Alejandro Paz and Benigno Rodríguez, “Performance Comparison between the Air Interfaces of LTE and Mobile WiMAX”, IEEE Revista Latinoamericana, vol. 11, no. 4, pp. 1001-1006, 2013.

REFERENCIAS

RSI

[23] Leonardo Steinfeld, Javier Schandy, Federico Favaro, Andres Alcarraz, Juan Pablo Oliver, Fernando Silveira, “Design of a Low Power Wireless Sensor Network Platform for Monitoring in Citrus Production”, I International Conference on Agro BigData and Decision Support Systems in Agriculture, (BigDSSAgro 2017), Montevideo, Uruguay, Sep. 27-29, 2017.

[24] Leonardo Barboni, Fernando Silveira, Alvaro Gómez, “Development of a Wireless Sensor Network System for the Monitoring of Insect Pest in Fruit Crops”, I International Conference on Agro BigData and Decision Support Systems in Agriculture, (BigDSSAgro 2017), Montevideo, Uruguay, Sep. 27-29, 2017.

SDR

[25] Víctor González Barbone, Pablo Belzarena, Federico Larroca, Martín Randall, Paola Romero, Mariana Gelós, “GWN: A framework for packet radio and medium access control in GNU radio”, In Proc. Of the Wireless Innovation Forum Conference on Wireless Communications Technologies and Software Defined Radio (WInnComm 17), San Diego, CA, USA, 13-17 Nov. 2017, pp. 1-10.

[26] Federico Larroca, Pablo Flores-Guridi, Gabriel Gómez, Víctor González Barbone, Pablo Belzarena, “An open and free ISDB-T full seg receiver implemented in GNU radio”, In Proc. of the Wireless Innovation Forum Conference on Wireless Communications Technologies and Software Defined Radio, (WInnComm 16), Reston, Virginia, USA, 15-17 Mar. 2016, pp. 1-10.

[27] Federico Larroca, Pablo Flores-Guridi, Gabriel Gómez, Víctor González Barbone, Pablo Belzarena, “Gr-isdbt: An ISDB-T 1-segment receiver implementation on GNU Radio”, Computing Conference (CLEI), 2015 Latin American, Arequipa, Perú, 19-23 Oct. 2015, pp. 1-8.

Muchas Gracias!!

