

Normatividad para las Frecuencias ISM Orientada hacia Aplicaciones de Dispositivos Xbee-802.15.4-Pro*

ISM Frequency Regulations for Xbee-802.15.4-Pro Device Applications

Artículo de Investigación Científica - Fecha de Recepción: 28 de febrero de 2014 - Fecha de Aceptación: 1° de octubre de 2014

Gustavo Emilio Echeverry Vásquez

Especialista en Gerencia Integral de la Telecomunicaciones. Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá (Colombia), gustavo.echeverry@unimilitar.edu.co

Yairo Cabezas Burbano

Especialista en Interventoría de Proyectos de Telecomunicaciones. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá (Colombia), yairo.cabezas@unimilitar.edu.co

Nancy Esperanza Olarte López

Especialista en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá (Colombia), nancy.olarte@unimilitar.edu.co

Para citar este artículo / To reference this article:

G. Echeverry, Y. Cabezas and N. Olarte, "Normatividad para las Frecuencias ISM Orientada hacia Aplicaciones de Dispositivos Xbee-802.15.4-Pro," *INGE CUC*, vol. 10, no. 2, pp. 81–90, 2014.

Resumen: Los dispositivos de comunicación inalámbricos existentes pueden llegar a generar pérdidas en la información transmitida, inherentes al tratamiento de los datos a transmitir. La tecnología WLAN (Red de Área Local Inalámbrica) está ligada a las restricciones propias de los dispositivos, teniendo en cuenta parámetros como: ancho de banda, potencia de radiación y el alcance de los mismos. Es por esto que en la actualidad se ha avanzado en el desarrollo de sistemas que permiten trabajar con mayor velocidad y procesamiento de información, facilitando así la interacción con el usuario. Los resultados mostrados en este artículo demuestran que es posible transmitir señales de tipo biomédico, sean electrocardiográficas (ECG), respiración o presión sanguínea (BP), de forma inalámbrica bajo una frecuencia de 2,4GHz, lo anterior sujeto también a la regulación existente en Colombia, que conoceremos en este documento, y que permite realizar actividades de tipo industrial, científica y médica (ISM).

Palabras clave: ISM, WLAN, LRWPAN, DSSS, potencia de radiación, ancho de banda, velocidad de transmisión.

Abstract: Existing wireless communication devices today may generate loss of conveyed information, inherent to the data processing to be transmitted. WLAN technology (Wireless Local Area Network) is linked to devices' specific restrictions and takes into account other parameters such as: bandwidth, radiation power, and range. For this reason, a great progress in developing systems to work faster and process information efficiently has been made, thus, becoming more user-friendly. The results shown in this article demonstrate that it is possible to transmit biomedical signals such as electrocardiograph (ECG), respiration, and blood pressure (BP) activities, among others, through a 2,4GHz-frequency wireless network. Nevertheless, the abovementioned situation is subject to existing regulations in Colombia regarding industrial, scientific, and medical activities (ISM), which will also be expounded.

Keywords: ISM, WLAN, LRWPAN, DSSS, Radiation power, Bandwidth, Transmission speed.

* Artículo de Investigación Científica derivado del proyecto de investigación titulado "Diseño e implementación de un centro de experimentación para la transmisión y recepción de datos biomédicos -", Fecha de Inicio: Enero de 2013 -Fecha de Finalización: Enero de 2014.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el diagnóstico clínico, seguimiento y tratamiento de pacientes han sido de gran importancia, ya que su impacto reside en el control y monitoreo, en ocasiones de manera remota [1], de muchos parámetros biológicos que se deben medir.

Aunque se implementan sensores que ayudan a adquirir señales [2], para posteriormente procesarlas y visualizarlas mediante otros dispositivos, estos registran la actividad (señal) [3] y la comunican de forma individual a través de cables, lo cual limita la movilidad del paciente y del personal médico [4].

Una posible solución a éstos inconvenientes es implementar desde y hacia puntos remotos [5], un sistema de red inalámbrica, permitiendo una mayor flexibilidad y disminución de costos en insumos físicos.

Aunque en los puntos extremos, como es el caso del ambiente hospitalario [6], [7], las señales recibidas de los pacientes pueden llegar a ser afectadas por el ruido del ambiente electromagnético (ruido de tipo EMI) [8]. Por los motivos anteriores, es importante no sólo obtener una señal de índole biomédico con el menor ruido posible durante su procesamiento, sino también, considerar que el canal de transmisión a elegir no tenga pérdidas que puedan llegar a afectar la forma usual de la señal, siendo esto indispensable para la posterior, óptima y oportuna lectura por parte del especialista.

El objeto del presente trabajo, es dar a conocer las normas más importantes existentes en nuestro país en cuanto a sistemas de comunicación inalámbrica se trate, de manera específica para frecuencias ISM, y a su vez resaltar las cualidades que este medio brinda, de manera particular, en la transmisión local de señales procesadas de manera no invasiva, ya tratadas bajo otros proyectos del grupo de investigación.

En primer lugar, se tendrá en cuenta la regulación en Colombia para frecuencias ISM, en específico en la frecuencia 2.4GHz, normatividad para algunos desconocida, pero de gran importancia ya que contiene parámetros a tener en cuenta para la transmisión fiable de datos y ciertos rangos de valores estándares en nuestro país, que no sólo aplican para el caso particular de la comunicación señales biomédicas. Posteriormente se darán a conocer algunas técnicas no invasivas del procesamiento de señales de tipo ECG, presión sanguínea, respiración y temperatura, las cuales fueron transmitidas bajo el escenario inalámbrico en diferentes distancias de forma local.

Luego, se evidenciarán los resultados más importantes relacionados a la valoración normativa y las especificaciones de la tecnología ZigBee frente a otras, resaltando parámetros como: Potencia, costo,

velocidad de transmisión, rango de interconexión, entre otros, junto con los resultados de las pruebas de transmisión inalámbrica de las señales ya mencionadas. Por último se tienen las conclusiones y las referencias bibliográficas que aportaron ampliamente en el desarrollo del documento.

II. METODOLOGIA

Dentro de este espacio, inicialmente se tendrá en cuenta la regulación de la norma ISM, expedida por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, empezando desde su evolución, caracterización de algunas bandas de frecuencias en el territorio colombiano [9], y algunos usos específicos. En particular se resaltarán la Resolución número 689 de 2004 “Por la cual se atribuyen bandas de frecuencia en el territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico” [10]. Luego, se mostrarán algunas pruebas llevadas a cabo bajo el tratamiento y transmisión de señales de tipo biomédico bajo el uso de la tecnología ZigBee.

Evolución de la norma ISM

Hace algunos años, cuando se hablaba de protocolos de *EDCT (Enhanced Digital Cordless Technology)* desarrollados por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) y *WDCT (Wireless Digital Cordless Technology)* se asociaban estas tecnologías de forma exclusiva a la comunicación existente entre los primeros teléfonos inalámbricos, los cuales en sus orígenes operaban en la banda de 900 MHz; aunque esta misma ha ido desplazándose en el espectro debido a la incursión de la telefonía celular hasta alcanzar las bandas de 2.4 GHz y de 5.1 GHz.

Con el tiempo apareció la tecnología Bluetooth [11] como una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal (WPAN), la cual también utilizaba el espectro de 2.4 GHz [12]. Debido a toda la tecnología emergente, la ITU (*International Telecommunication Union*) habilitó la *Recomendación ITU-T K.79 (06/2009)* [13] para la banda ISM.

Asimismo, el Ministerio de Comunicaciones mediante la Resolución 689 de 2004 [10] atribuyó el uso de algunas bandas de frecuencias radioeléctricas de forma libre dentro del territorio colombiano, mediante el uso de sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, también conocidas como WLAN (*Wireless LAN*), la cual contempla la utilización del espectro ensanchado, la modulación digital de banda ancha y, a su vez, de baja potencia, tal como se estableció en la norma. La Tabla I muestra las bandas para la operación de dichos dispositivos inalámbricos siempre que su nivel de potencia no interfiera con otros sistemas.

TABLA I. BANDAS DE FRECUENCIA PARA REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN)

FRECUENCIA INICIAL	FRECUENCIA FINAL
902 MHz	928 MHz
2400 MHz	2483,5MHz
5150 MHz	5250 MHz
5250 MHz	5350 MHz
5470 MHz	5725 MHz
5725 MHz	5850 MHz

Fuente: [10].

Como se observa, el rango de frecuencias para el tema de interés está entre los 2400 y 2483,5. Por otro lado, en la misma resolución también se nombran los sistemas de acceso inalámbrico WAS (*Wireless Access Systems*) y las redes inalámbricas de área local RLAN (*Radio Local Area Network*), las cuales operan en las bandas que se pueden apreciar en la Tabla II:

TABLA II. BANDAS DE FRECUENCIA PARA REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (RLAN)

Frecuencia Inicial	Frecuencia final
5150 MHz	5250 MHz
5250 MHz	5350 MHz

Fuente: [10].

Cabe destacar que la misma reglamentación impide que se propague cualquier tipo de señal en el espectro para estas frecuencias con potencias que oscilan entre 125 mW y 1 W.

Así mismo, es de suma importancia tener en cuenta que los siguientes valores de parámetros establecidos por el Ministerio de Comunicaciones (Tabla III), para el uso de la banda de 2,4 GHz, [10]

Para hacer un breve análisis, acerca de hasta qué valor debería ser la ganancia de la antena (dBi), de manera particular para la frecuencia 2,4GHz, configurando un módulo transmisor en potencia máxima, el anterior cuadro se interpretaría de la siguiente forma: “La potencia máxima de transmisión para un enlace es de 1 Watt (30 dBm) y la PIRE máxima es de 36 dBm. Para enlaces punto a punto, si la ganancia de la antena es mayo a 6 dBi, se

TABLA III. USO DE LA BANDA 2,4 GHZ SEGÚN MINISTERIO DE COMUNICACIONES

Banda (GHz)	Potencia Máxima de Transmisión (dBm)	PIRE máxima (dBm)	Potencia Máxima de Transmisión (dBm) G>	Potencia Máxima de Transmisión (dBm) G> 6dBi
2,4 - 2,835	30	36	30-[(G-6)/3]	30-(G-6)

Fuente: [14].

disminuye la potencia del trannmisor en 1 dBm por cada 3 dBi que sobrepase la ganancia de la antena a 6 dBi. Si el enlace es bajo la configuración punto-multipunto y si la ganancia de la antena es mayor a 6 dBi, se disminuye la potencia del transmisor en 1 dBm por cada dBi que sobrepase la ganancia de la antena a 6 dBi” [14].

Paralelamente, mediante la Resolución 797 de 2001 [15] se atribuyeron las frecuencias y bandas radioeléctricas para uso libre por parte del público en general, en aplicaciones de telemetría, telecomando, telealarmas, telecontrol vehicular, dispositivos de operación momentánea de voz y datos (*walkie talkie*), que contengan niveles de potencia bajos o intensidad de campo, según las características manifiestas en dicha resolución. En la Tabla IV se muestran los diferentes niveles de potencia a los cuales se puede radiar según la frecuencia utilizada.

TABLA IV. TABLA DE FRECUENCIAS PARA DISPOSITIVOS DE OPERACIÓN MOMENTÁNEA

BANDAS DE FRECUENCIAS (MHZ)	LÍMITE DE POTENCIA O DE INTENSIDAD DE CAMPO (a 3 metros)
40,66 a 40,70	10 mV/m
70 a 108	1250 uV/m (470 nW)
138 a 149,9	1250 a 3750 μV/m
150,5 a 156,5	1250 a 3750 μV/m
156,9 a 174	1250 a 3750 μV/m
174 a 260	3750 a 12500 μV/m
260 a 328,6	3750 a 12500 μV/m
335,4 399,9	3750 a 12500 μV/m
406 a 470	3750 a 12500 μV/m
470 a 960	12500 uV/m (47 μW)
Mayor a 1427	12500 uV/m (47 μW)

Fuente: [15].

Analógicamente, por medio de esta misma resolución también se dan a conocer las frecuencias sus correspondientes bandas, las cuales podrán ser utilizadas por el público en general y acorde con la aplicación se les asigna la frecuencia y el nivel de potencia de operación, tal como se muestra en la Tabla V.

TABLA V. FRECUENCIAS Y BANDAS DE FRECUENCIAS PARA APLICACIONES DE TELEMETRÍA Y TELECONTROL CON BAJOS NIVELES DE POTENCIA O DE INTENSIDAD DE CAMPO

BANDAS DE FRECUENCIAS (MHZ)	LÍMITE DE POTENCIA O DE INTENSIDAD DE CAMPO	APLICACIONES
0,045 a 0,49	1 mW	Localizadores de cables
0,535 a 1,705	100 mW	Telemetría Biomédica
26,957 a 27,283	300 mW	Controles remotos para modelos
29,72 a 30,0	300 mW	
36,0 a 36,6	300 mW	
72,0 a 74,8	300 mW	
174 a 216	700 nW	Telemetría biomédica
433 a 434,79	10 mW	Telecomando, telecontrol, Controles remotos para modelos
433 a 434,79	1 mW	Medidores de agua
451,025 a 451,675	700 nW	
426,0250 a 426,1375	1 mW	Telemetría, telecontrol
426,0375 a 426,1125	1 mW	Telemetría, telecontrol
429,2500 a 429,2375	1 mW	
429,8125 a 429,9250	10 mW	
433,0 a 434,79	10 mW	
449,8375 a 469,9250	10 mW	
469,4375 a 469,4875	10 mW	
894 a 896	500 uV /m (a 3 m)	
897,125 a 897,500	500 uV /m (a 3 m)	
905 a 908	500 uV /m (a 3 m)	
915 a 924	500 uV /m (a 3 m)	
924 a 928	500 uV /m (a 3 m)	
928 a 929	500 uV /m (a 3 m)	
932 a 935	500 uV /m (a 3 m)	
936,125 – 940,000	500 uV /m (a 3 m)	

Fuente: [15].

Por otro lado, para llevar a cabo la aplicación de la normatividad mencionada a la práctica, se consideró de forma inicial, el tratamiento de señales de tipo biomédico para su posterior transmisión de manera inalámbrica.

Cabe resaltar, que durante el año 2011, bajo el grupo de investigación se llevaron acondicionamientos particulares de manera no invasiva de las siguientes señales: Electrocardiográfica (ECG) y Temperatura. Dos años después y sin tratamiento invasivo, se diseñaron los circuitos para visualizar las señales de Presión Sanguínea y Respiración. Se tuvieron en cuenta estas cuatro señales, ya que hoy en día, la Universidad Militar dentro de sus laboratorios cuenta con el simulador de paciente Fluke PS420 (Fig. 1) [16], el cual, dentro de sus cualidades, genera estas cuatro señales mencionadas, pero para su posterior transmisión y visualización, era necesario el tratamiento electrónico particular de cada señal.



Fig. 1. Simulador de Paciente Fluke PS-420.

Fuente: [16].

Las cuatro señales: ECG, Temperatura, Respiración y Presión Sanguínea, aunque son diferentes en cuanto a sus características, todas tuvieron las mismas fases para su tratamiento, las cuales se pueden apreciar a continuación (Fig. 2).

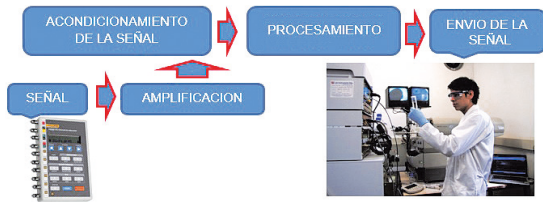


Fig. 2. Fases para el tratamiento de cada una de las señales de tipo biomédico.
Fuente: [17].

Posteriormente, al obtener los circuitos finales se llevaron a cabo pruebas en protoboard (Fig. 3).

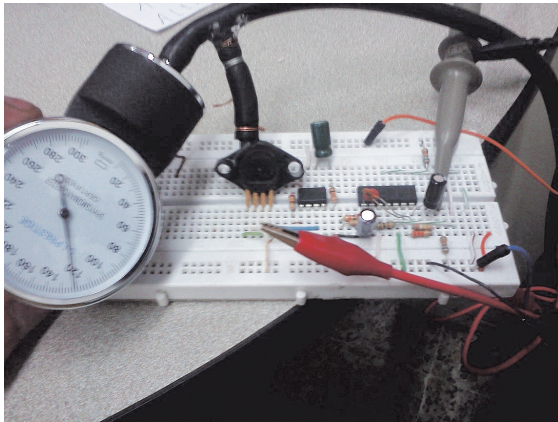


Fig. 3. Pruebas de la señal de Presión Sanguínea en PCB.
Fuente: [18].

Finalmente se diseñó el circuito impreso final que acondiciona las 4 señales tratadas para su transmisión local por RS-232 y también por XBee (Fig. 4). Para este circuito impreso, la alimentación de los 5V proviene por USB, luego el regulador de voltaje deriva -5 y +5 V, el ingreso de las señales generadas por el paciente PS 420 Fluke están ubicadas en la parte derecha, seguido de las etapas de acondicionamiento, procesamiento de señales y etapa de transmisión, cuyos resultados se incluirán en detalle en el siguiente capítulo III.

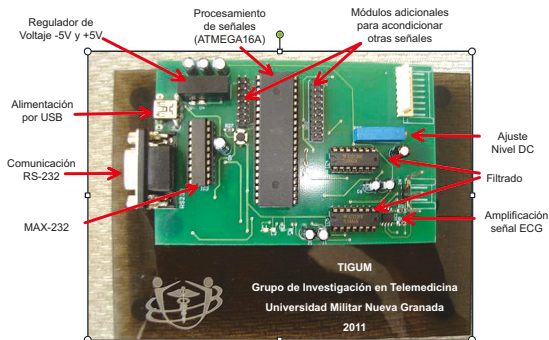


Fig. 4. Circuito impreso final.
Fuente: [19].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el reciente uso de dispositivos permitidos para realizar diferentes tipos de experimentación se encuentran los denominados XBee (Fig. 5), que se sujetan a los parámetros nacionales e internacionales anteriormente enunciados, los cuales surgen de ZigBee, que es un estándar de comunicaciones inalámbricas [20] diseñado por la ZigBee Alliance.

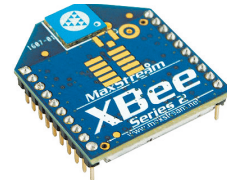


Fig. 5. Dispositivo XBee
Fuente: [21].

La ventaja proporcionada por estos dispositivos radica principalmente en su bajo costo y las diferentes topologías que se pueden aplicar con los mismos, dentro de las cuales se encuentran: punto a punto, punto multipunto y la MESH o en malla. Ver Fig. 6, Fig. 7 y Fig. 8.



Fig. 6. Comunicación punto a punto
Fuente: Autores.

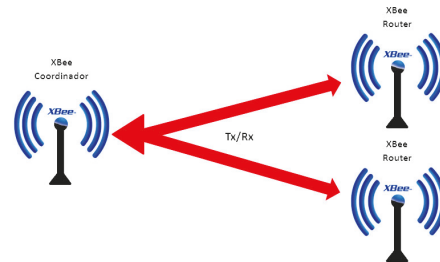


Fig. 7. Comunicación punto multipunto
Fuente: Autores.

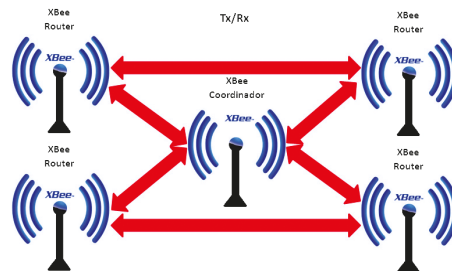


Fig. 8. Comunicación MESH
Fuente: Autores.

Las especificaciones técnicas para estos dispositivos se describen en la Tabla VI.

TABLA VI. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS XBEE.

Specification XBee	
Performance	
Indoor/Urban Range	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) international variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 2 miles (3200 m), up to 5000 ft (1500 m) international variant
Transmit Power Output	50mW (+17dBm) 10mW (+10dBm) international variant 63mW (+18dBm) 10mW
RF Data Rate	250,000 bps
Data Throughput	up to 35000 bps (see chapter 4)
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 1 Mbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-102dBm
Power Requirements	
Supply Voltage	3.0 - 3.4 V
Operating Current (Transmit, max output power)	170mA (@3.3V) international variant
Operating Current (Receive)	45mA (@3.3 V)
Idle Current (Receiver off)	15mA
Power-down Current <	3.5 A typical @ 25oC
General	
Operating Frequency Band	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960 x 1.297 (2.438 cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip, RPSMA, or U.FL Connector
Networking & Security	
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint, Peer-to-peer, and Mesh
Number of Channels	14 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID and Addresses, Cluster IDs and Endpoints (optional)
Agency Approvals	
United States (FCC Part 15.247)	FCC ID: MCQ-XBEEPRO2
Industry Canada (IC)	IC: 1846A-XBEEPRO2
Europe (CE)	ETSI
Australia	C-Tick
Japan	R201WW08215142
RoHS	Compliant
Colombia	Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias Capítulo V Notas Nacionales

Fuente: [22].

Cabe resaltar que los equipos XBee utilizan el tipo de modulación DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum*). El protocolo utilizado para los módulos *Zig Bee* fue desarrollado en forma conjunta con el grupo de trabajo de la IEEE, y dio

como resultado el *Protocolo 802.15.4*, el cual se convirtió en estándar para las redes LRWPAN (*Low Range Wireless Personal Area Network*) algunas de sus características principales se resumen en la Tabla VII.

TABLA VII. PROPIEDADES DEL IEEE 802.15.4

Propiedad	Rangos
Bandas de frecuencias y rangos de transmisión	868 MHz: 20 kbp/s 915 MHz: 40 kbp/s 2.4 GHz: 250 kbp/s
Alcance	10 a 20 metros
Latencia	Por debajo de 15 milisegundos
Canales	868 MHz: 11 canales 915 MHz: 11 canales 2.4 GHz: 16 canales
Modos de direccionamiento	Cortos de 8 bits 64 bits de direccionamiento
Canal de acceso	CSMA-CA y rasurado CSMA-CA
Seguridad	128 AES
Red	Hasta 264 dispositivos
Rangos de temperatura	Rango de temperatura industrial -40 °C a +85°C

Nota: La latencia es el retardo que se produce en las redes debido a la suma de cada uno de los retardos temporales producidos en los dispositivos que la integran.

Fuente: [23].

Por otro lado, el número de canales de los dispositivos *XBee* de segunda generación (*XBee S2*) explica que el número de canales que tiene para trabajar es de 16, el ancho de banda de cada canal debe estar dentro del rango de frecuencias de los 2400 MHz y los 2483,5 MHz (ver Tabla I), aunque en la normatividad se especifican 16 canales; también se dice que el ancho de banda asignado a cada canal es de 5 MHz.

El rango utilizable para los mismos se da bajo la siguiente fórmula (1):

$$\begin{aligned} \text{Ancho de banda} &= (f > \text{MHz}) - (f < \text{MHz}) \quad (1) \\ \text{Ancho de banda} &= 2483,5 \text{ MHz} - 2400 \text{ MHz} \\ \text{Ancho de banda} &= 83,5 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Para determinar la frecuencia de operación de cada uno de los canales se utiliza (2).

$$F_{ch} = 2405 \text{ MHz} + 5 \text{ MHz} * (k-11) \quad (2)$$

Donde k es el número de canal, siempre que $11 \leq k \leq 26$. Por ejemplo, si el canal seleccionado para la transmisión es el 20, la frecuencia a la cual estaría transmitiendo el dispositivo, se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} F_{ch} &= 2405 \text{ Mhz} + 5 \text{ MHz} * (20-11) \\ F_{ch} &= 2405 \text{ Mhz} + 45 \\ F_{ch} &= 2450 \text{ Mhz} \end{aligned}$$

De (2) se deriva la Tabla VIII:

TABLA VIII. FRECUENCIA DE LOS CANALES IEEE 802.15.4

N° de Canal	Frecuencia de canal
11	2405
12	2410
13	2415
14	2420
15	2425
16	2430
17	2435
18	2440
19	2445
20	2450
21	2455
22	2460
23	2465
24	2470
25	2475
26	2480

Fuente: [24].

Esto sería cierto si las frecuencias de operación de cada canal no tuviesen un intervalo de guarda (3) a fin de evitar *overlaps* (*traslape*) de información de un canal a otro.

De lo anterior se deduce que si se utilizan 16 canales de transmisión, estos ocuparían un ancho de banda de 80 Mhz, que solo permite tener 3.5 Mhz para ser utilizados en los en los 17 intervalos de guarda que separan cada uno de los canales; lo anterior viene dado por (3):

$$\text{Intervalos de guarda} = n + 1 \quad (3)$$

Donde n es el número de canales y es igual a 16

$$\begin{aligned} \text{Intervalos de guarda} &= 16 + 1 \\ \text{Intervalos de guarda} &= 17 \end{aligned}$$

A partir de esto se podría deducir que cada intervalo de guarda es de 0,2 MHz tal como se visualiza en la Fig. 9 (Esta deducción es recomendable como objeto de estudio para un posterior proyecto de investigación).

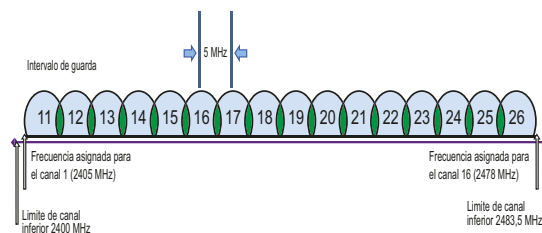


Fig. 9. Frecuencias de canalización para la norma 802.15.4 Fuente: [24].

De acuerdo a los parámetros anteriores, para llevar a cabo las pruebas de las señales acondicionadas, se escogió el módulo Xbee-802.15.4-Pro (Fig. 10), el cual tiene una frecuencia de trabajo ISM de 2,4GHz, ideal para enlaces cortos [25]. A continuación se relacionan los resultados obtenidos



Fig. 10. Módulo Xbee-802.15.4-Pro
Fuente: [26].

Las pruebas se llevaron a cabo en el Bloque E, quinto piso sede calle 100 de la Universidad Militar Nueva Granada, cuya longitud máxima del pasillo es 56 metros. Las Fig. 11 y Fig. 12 que se muestran a continuación evidencian de extremo a extremo la vista del pasillo.



Fig. 11. Vista sur pasillo Bloque E quinto piso
Fuente: Autores



Fig. 12. Vista norte pasillo Bloque E quinto piso
Fuente: Autores

Las señales acondicionadas, obtuvieron los siguientes resultados (Fig. 13, Fig. 14), al visualizarse en osciloscopio antes de llevar a cabo su transmisión punto a punto en diferentes distancias en el pasillo, (20 metros, 40 metros y 56 metros)



Fig. 13. Señal de Presión Sanguínea Acondicionada
Fuente: [18]

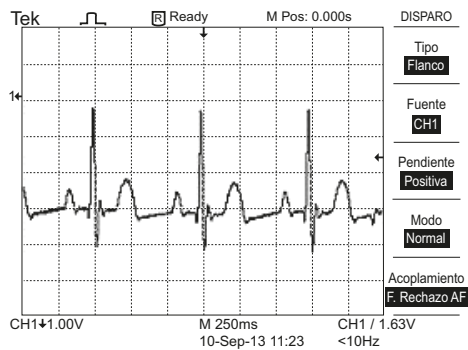


Fig. 14. Señal Electrocardiográfica Acondicionada
Fuente: Autores

De extremo a extremo se conectaron equipos portátiles (computadores) a cada módulo Xbee, quienes ya tenían una entrada de adaptación al circuito impreso final (Fig. 4), el resultado final, en la prueba de 56 metros (de extremo a extremo), para la señal ECG, visualizada en pantalla (Fig. 15) mediante un software diseñado bajo la plataforma JAVA, fue el siguiente:

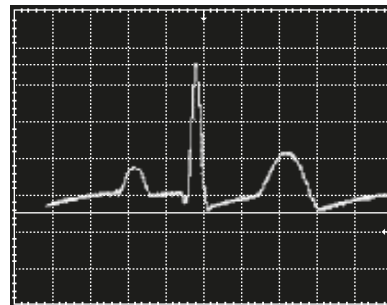


Fig. 15. Señal Electrocardiográfica transmitida punto a punto
Fuente: Autores

TABLA IX. TABLA COMPARATIVA PARÁMETROS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

Tecnología	WI-FI	BLUETOOTH	ZIGBEE	WIMAX MÓVIL	GPRS	IRDA
Potencia	15 dBm	20dBm	4dBm-20m	Controla la potencia de transmisión	33 dBm	30 dBm
Costo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Velocidad de Transmisión	11-54 Mbps	1Mbps	250Kbps 40Kbps 20Kbps	15 Mbps 35 Mbps 75 Mbps	9.6 a 171 Kbps	9.600 bps y 16 Mbps
Rango de interconexión	100m	10-100m	10-100m	50Km teórico Real estimado 5KM	10 m	0-1m
Topología	Estrella	Estrella	Estrella, árbol y clúster	Malla, punto-multipunto	Punto a punto y punto-multipunto	Punto a punto
Aplicaciones	Navegar por Internet, redes de computadores transferencia de archivos, monitoreo	Wireless USB, móviles, informática casera, monitoreo de señales	Control remoto, productos dependientes de la batería, sensores, monitoreo de signos vitales y monitoreo de bajo costo	Transferencias en vivo, navegación por la Web, VoIP, streaming de video y MobiTV, monitoreo.	www, telnet E-mail, chat Imagen, FTP Audio, Video, GPS, monitoreo	Procedimientos de pago, sincronización de dos PDA

Fuente: [18].

Como se puede apreciar en la anterior Fig. 15, la señal obtenida no se ve afectada por ruido o perturbaciones debido a fuentes externas, a pesar de transmitirse por un medio inalámbrico.

Por otro lado, también se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros, comparando algunas tecnologías también inalámbricas (Ver Tabla IX), para la elección del medio de transmisión (ZigBee)

IV. CONCLUSIONES

La máxima tasa de transferencia permitida por los módulos XBee es 250 Kbps, esta limitante hace que este tipo de tecnología no sea el apropiado para transmitir aplicaciones como video, el cual requiere un gran ancho de banda para ser transmitido en tiempo real.

Los dispositivos del estándar ZigBee permiten realizar transmisiones a cortas y medianas distancias debido a los rangos de potencia propios de los mismos y su frecuencia de trabajo, para el caso de la frecuencia ISM de 2,4GHz los módulos Xbee se implementarán para enlaces cortos, mientras para los que trabajan en 900 MHz se incluirán en diseños con alcances medianos.

Las aplicaciones de los dispositivos de tecnología XBee han crecido de forma significativa, aun cuando ya existe regulación respecto a esta tecnología que permite el uso de los mismos.

V. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad por la financiación del proyecto de investigación titulado: “Diseño e Implementación de un Centro de experimentación para la transmisión y recepción de datos Biomédicos”

A la revista INGE CUC por sus oportunas sugerencias a este documento.

REFERENCIAS

- [1] P. R. P. Gonçalves, “Monitorização Remota de Pacientes em ambulatório”, Ph.D. dissertation, Universidade Fernando Pessoa, Porto- Portugal, 2008.
- [2] E. Mamani Gutiérrez “Telemetria: Aplicação de rede de sensores biomédicos sem fio”, M.S. thesis, Universidade de Brasília, Brasília (Brasil), 2006.
- [3] L.M. Avalos y S.B. D'Alessandro, *Sistema de telemetría aplicado a ECG*, Universidad Nacional del Mar del Plata. Argentina, 2009.
- [4] B. M. Santos, “Módulo inalámbrico para redes de sensores biomédicos”, *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 31, n° 2, pp. 16-22, 2011.
- [5] E. Dueñas Alvarenga, C.E. Flores Ayala y J.R Zavala Trigueros, “Diseño de acceso inalámbrico al sistema de información de un hospital desde PDA”, Universidad Don Bosco, Soyapango (El Salvador), 2007.
- [6] N. Vidal Martínez y J.M. López Villegas, *Tècniques de simulació FDTD per aplicacions biomèdiques*, 2012.
- [7] A. Aragüés, J. Almingol, J.D. Trigo, J. Escayola, M. Martínez-Espronedca, I. Martínez y J. García, “Análisis de tecnologías de transporte con perfiles médicos especializados para el estándar ISO/IEEE11073”, XXVIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica, CASEIB 2010.

- [8] A. E. Escobar-Ordóñez, C. A. López, J. E. Ramírez y H. Cadavid, "Medición del Campo Eléctrico Ambiente de Alta Frecuencia en un Hospital", *Tecnológicas*, n° 24, pp. 85-95, 2010.
- [9] L. F. Pedraza, A. Molina, and I. Paez, "Spectrum occupancy statistics in Bogota-Colombia", in *2013 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)*, 2013, pp. 1-6.
- [10] Ministerio de Comunicaciones, Resolución 000689 de 21 de abril de 2004. Bogotá, D.C. (Colombia), 2004. "Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencia para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, y se dictan otras disposiciones". [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/images/documentos/R00689d2004.resolucion.pdf>
- [11] D. E. Martincoski, "Sistema para telemetría de electrocardiograma utilizando tecnología Bluetooth", MSc. Thesis, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis (Brasil), 2003
- [12] R. D. Gomes y M. A. Spohn "Estudo Experimental da Utilização Espectral na Banda ISM de 2.4 GHz", in *9th International Information and Telecommunication Technologies Symposium*, Rio de Janeiro. UNIRIO, pp. 1-8, Universidade Federal de Campina Grande (Brasil), 2010.
- [13] International Telecommunication Union. Telecommunication Standardization Sector of ITU. ITU-T K.79 (06/2009). Series K: Protection against interference. Electromagnetic characterization of the radiated environment in the 2,4 GHz ISM band. [Online]. Available: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.79-200906-I!!PDF-E&type=items
- [14] R. Cárdenas Castiblanco, "Uso de la banda de 2,4 GHz según la regulación colombiana," *Revista Tecnum*, vol. 14, no. 27, pp. 75–88, 2010.
- [15] Ministerio de Comunicaciones, Resolución 000797 de 08 de junio de 2001 "Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias radioeléctricas para su libre utilización dentro del territorio nacional". Bogotá, D.C. (Colombia), 2001. [Online]. Available: <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Normatividad/Legislacion/R00797d2001.pdf>
- [16] Fluke Biomedical, "PS420 Patient Simulator." 2013. [Online]. Available: <http://www.flukebiomedical.com/biomedical/usen/patient-simulators/PS420-patient-simulator.htm?PID=56628>.
- [17] XI Encuentro Regional de Semilleros de Investigación Redcolsi - Nodo Bogotá Cundinamarca. ISBN 978-958-8422-46-6, Autores: Laura Marcela García Herrera, Nancy Olarte, Gustavo Echeverry, Yairo Cabezas. 8, 9, 10 de Mayo de 2013, Universidad Manuela Beltrán, Bogotá – Colombia.
- [18] Universidad Militar Nueva Granada. Documento cierre informe final ING-1202, proyecto "Diseño e implementación de un centro de experimentación para la transmisión y recepción de datos biomédicos". Vicerrectoría de Investigaciones. Bogotá, Febrero 2014.
- [19] N.E. Olarte López, A Rubiano Fonseca. (2013). Sistema de almacenamiento de señales biológicas, con acceso remoto y parámetros de seguridad. Tecnum: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento, (37), 74-83.
- [20] Macías, César Armando López et al. *Sistema inalámbrico de sensores basado en ZigBee con topología de malla*. México, D.F.: Instituto Tecnológico de los Mochis, pp. 1-9.
- [21] M. Satomi and H. Perner-Wilson, "Wireless XBEE", 2011. [Online]. Available: <http://www.kobakant.at/DIY/?p=1215>
- [22] Digi International Inc., "XBee/XBee-PRO SE (Smart Energy) Manual. Specifications of the Xbee/Xbee-PRO SE RF Module", LearningAce, 2010. [Online]. Available: <http://www.learningace.com/doc/735659/4063614790d0d6b674d15769932f3aae/xbee-se-manual>
- [23] F. M. Archundia Papacetzzi, "El estándar IEEE 802.15.4", en *Wireless Personal Area Network (WPAN) & Home Networking*, 2003. [Online]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo_4.html.
- [24] IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers, "IEEE 802.15TM: Wireless Personal Area Networks (PANs)", IEEE-SA, 2005. [Online]. Available: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.15.html>.
- [25] M. Zennaro, A. Bagula, D. Gascon, and A. Bielsa, "Long Distance Wireless Sensor Networks: simulation vs reality." In *Proceedings NSDR '10*, San Francisco, California, USA. Jan, 2010.
- [26] XBee/XBee-PRO 802.15.4 Professional Kit Getting Started Guide. 2012. [Online]. Available: <http://ftp1.digi.com/support/documentation/9000098>