

**EVALUACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO VHF/ UHF EN
PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN LOJA PARA EL DESPLIEGUE DE
SISTEMAS DE RADIO COGNITIVA**

Andy Fabricio Vega León

*Departamento de Eléctrica y Electrónica; Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí,
Ecuador*

andyvega82@hotmail.com

Resumen: La paulatina demanda, sobreutilización y subutilización espectral son factores que han denotado a nivel gubernamental y de investigación una búsqueda de soluciones legales y tecnológicas para optimizar el uso del espectro radioeléctrico. Bajo este argumento, el documento aborda una evaluación del estado actual del uso de las bandas de frecuencia entre los 54 MHz a los 1000 MHz dentro del cantón Loja. Específicamente se visitó cada una de las trece parroquias rurales del cantón en diferentes horarios y días, monitoreando el espectro radioeléctrico insistentemente obteniendo resultados debidamente tabulados que permiten vislumbrar su actual actividad y elevado margen de desocupación, y con ello concluir en la posibilidad del establecimiento de redes de Radio Cognitiva.

Palabras Clave: Telecomunicaciones, frecuencia, espectro, Radio, cognitiva.

Abstract: The gradual demand, overuse and underuse are factors that have spectral denoted research at government and a search for legal and technological solutions to optimize the use of radio spectrum. Under this argument, the paper discusses an evaluation of the current status of use of the frequency bands between 54 MHz to 1000 MHz in Loja Canton. Specifically, we visited each of the thirteen rural parishes of the canton in different times and days, monitoring the radio spectrum

repeatedly getting properly tabulated results glimpses his current activity and high unemployment margin, and thus conclude on the possibility of establishing Cognitive Radio networks.

Keywords: Telecommunications, frequency, spectrum, Radio, cognitive.

I. INTRODUCCIÓN

La limitada disponibilidad espectral y el uso ineficiente del espectro a nivel nacional, generan la necesidad de buscar nuevas alternativas tecnológicas de comunicación, las cuales puedan coexistir operando en bandas de frecuencia, que en principio han sido asignados por ejemplo para uso exclusivo de emisoras de radio y televisión. La utilización de tecnologías de radio cognitiva aparece como una alternativa que permite implementar servicios de telecomunicaciones inalámbricos operando en bandas VHF y UHF cuyas ventajas técnicas de propagación pueden ofrecer aplicaciones con un elevado grado de calidad de servicio y amplia cobertura [1]. Actualmente a nivel nacional y específicamente en la provincia de Loja, no existe un estudio detallado por parte de organismos gubernamentales o privados dentro del sector de las telecomunicaciones que muestren el estado actual de uso del espectro radioeléctrico en el rango de frecuencias de 54MHz a 1000MHz; de esta forma, en el presente estudio se aborda una evaluación de la ocupación de las frecuencias electromagnéticas asignadas

a los servicios de radiodifusión y televisión abierta en localidades rurales del cantón Loja, aportando también con información referente al estado actual del ancho de banda de otros servicios de telecomunicaciones hábiles también en este rango; todo con el fin de que en proyectos posteriores se pueda plantear soluciones específicas para implementar servicios de telecomunicaciones con tecnologías de redes de radio cognitiva. Para la consecución de este estudio se efectuó un monitoreo y toma de medidas de las radiaciones electromagnéticas dentro de la banda de 54MHz a 1000MHz, posteriormente, para cada uno de los sitios de análisis, correspondiente a trece parroquias rurales del cantón, se evaluó los niveles de energía radiados así como también el tiempo de presencia de las señales para finalmente establecer en porcentajes la actual ocupación de los diferentes sistemas de telecomunicaciones habilitados para usar esta banda en el cantón Loja. La concesión del espectro electromagnético (54MHz – 1000MHz) para el cantón Loja, su monitoreo, evaluación de niveles de energía y presencia de señales radiadas por empresas públicas o privadas de radio, televisión y otros sistemas de comunicación como CDMA450, telefonía celular, buscapersonas, plan militar, meteorología, etc; más los resultados de anchos de banda ocupados o subutilizados por los sistemas antes mencionados componen el presente documento.

II. CONCESIÓN ESPECTRAL PARA EL CANTÓN LOJA RANGO 54MHZ – 1GHZ

En las tablas 1 y 2 se muestran las empresas de radio y televisión respectivamente dentro del cantón Loja que poseen concesión para el uso del espectro radioeléctrico en la banda de evaluación. Por otra parte, en la tabla 3,

hemos identificado los diferentes sistemas de telecomunicaciones que se encuentran compartiendo el espectro radioeléctrico según consta en el Plan nacional de frecuencias del Ecuador [2].

III. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ESPECTRAL.

A. PROCEDIMIENTO

El procedimiento establecido consiste en medidas del espectro de radiofrecuencia en las bandas de 54MHz a 1000 MHz para las parroquias rurales de El Cisne, Gualiel, Chantaco, Taquil, Chuquiribamba, San Lucas, Santiago, Jimbilla, Malacatos, Vilcabamba, San Pedro de Vilcabamba, Quinara y Yangana del Cantón Loja. Para llevar a cabo el estudio de las medidas de densidad de energía para cada una de las concesiones de frecuencia en el rango 54MHz a 1000MHz se ha utilizado un analizador de espectros MARCA: ANRITSU - MODELO: MT8212B y dispositivos externos (Transición PL-BNC, Cable coaxial RG58 a 50ohm, conectores RF, Antena Discono), esto con el objeto de detectar la presencia de señales electromagnéticas disponibles o no por aplicaciones de radiodifusión, televisión o cualquier otra actividad de las telecomunicaciones que poseen concesión para su uso dentro de la banda en estudio.

Para una mejor observación y proceso de evaluación del espectro en estudio, se efectuó una subdivisión de la banda comprendida entre 54MHz a 1GHz. En la subdivisión se considera los rangos de aplicación y uso del espectro según el Plan Nacional de Frecuencias [2]. La necesidad de tener un ancho de banda configurado en el analizador de máximo 350MHz por sus características técnicas de fabricación, permite tener una resolución frecuencial

clara donde los valores de frecuencia por portadora medidos se observan de manera clara pudiendo efectuar las evaluaciones de las frecuencias concesionadas para radio y televisión al momento de la medición. El número de sub bandas obtenidas de la división y su aplicación es de seis. Ver tabla 4.

Para la obtención de los niveles de energía referida a la radiación electromagnética de los sistemas de telecomunicaciones en cada una de las parroquias antes mencionadas, se estableció un horario de medida aleatorio en cada lugar y en días distintos. El porqué de elegir días diferentes y horas distintas, es para adquirir las estadísticas suficientes que evidencien el comportamiento de las emisiones electromagnéticas presentes en el rango donde se efectuó el presente estudio; las particularidades de cada región y Posteriormente se efectúa la adquisición de las muestras (barrido espectral) con un tiempo de duración por barrido en cada sub banda de 2,2 segundos; en total se monitorea por treinta minutos cada sub banda para cinco instantes distintos del día. Considerando aleatoriedad en la medición, se efectúa la visita a cada sitio en tres diferentes fechas generándose un número de medidas de niveles de energía suficientes que permitieron discriminar sobre la presencia total, temporal e incluso ausencia de las señales electromagnéticas y con ello en función de las prestaciones técnicas de los sistemas de radio cognitiva vislumbrar su potencial uso.

TABLA 1. Emisoras de Radio Concesionadas en el Cantón Loja [2]

Cantón	Categoría	Número	Nombre de la Estación	Frecuencia en Mhz	Tipo	Área de Servicio
	Frecuencia Modulada	1	Boquerón FM	93,7	M	Loja
	Frecuencia Modulada	2	Caravana AM	101,3	R	Loja
	Frecuencia Modulada	3	Cariamanga FM	104,5	R	Loja
	Frecuencia Modulada	4	Ecuasur FM	102,1	R	Loja
	Frecuencia Modulada	5	El Cisne	91,3	M	Loja
	Frecuencia Modulada	6	Estación de Radio y Televisión Universitaria	98,5	M	Loja
	Frecuencia Modulada	7	J.C Radio	107,3	R	Loja
	Frecuencia Modulada	8	Kocodribo Radio 98,1 FM	98,1	M	Loja
	Frecuencia Modulada	9	La Hechicera 88.9 FM	88,9	M	Loja
LOJA	Frecuencia Modulada	10	La Voz del Santuario	99,7	M	Loja
	Frecuencia Modulada	11	Loja 97,9 FM	97,9	M	Loja
	Frecuencia Modulada	12	Luz y Vida FM	88,1	M	Loja
	Frecuencia Modulada	13	Matovelle FM	100,1	M	Loja
	Frecuencia Modulada	14	Misión San Antonio	94,9	R	Loja
	Frecuencia Modulada	15	Mix FM	105,7	R	Loja
	Frecuencia Modulada	16	Municipal FM	90,1	R	Loja
	Frecuencia Modulada	17	Ondas de Esperanza 94,1 FM	94,1	M	Loja
	Frecuencia Modulada	18	Planeta F.M Stereo	106,1	M	Loja
	Frecuencia Modulada	19	Poder	95,5	M	Loja
	Frecuencia Modulada	20	Radio Corporación 97,3 FM	97,3	M	Loja
	Frecuencia Modulada	21	Radio Legislativa	95,7	R	Loja
	Frecuencia Modulada	22	Radio Pública	90,5	R	Loja
	Frecuencia Modulada	23	RS Musical	89,3	R	Loja
	Frecuencia Modulada	24	Rumba estero	106,9	M	Loja
	Frecuencia Modulada	25	Satelital	100,9	R	Loja
	Frecuencia Modulada	26	Semillas de Amor	89,7	M	Loja
	Frecuencia Modulada	27	Sociedad FM	99,3	M	Loja
	Frecuencia Modulada	28	Sonorama FM	103,7	R	Loja
	Frecuencia Modulada	29	Super Laser Panamericana	104,7	M	Loja
	Frecuencia Modulada	30	Vikabamba Stereo	102,5	M	Loja
	Frecuencia Modulada	31	Zapotillo FM	96,1	R	Loja

TABLA 2. Emisoras de Televisión Concesionadas en el Cantón Loja [2]

Cantón	Categoría	Número	Nombre de Estación	Canal de Operación/ Frecuencia Mhz	Tipo	Área de Servicio
	Televisión Abierta	32	Cadena Ecuatoriana de Televisión	8 - (180-186)	R	
	Televisión Abierta	33	Canal Uno	26 - (542-548)	R	
	Televisión Abierta	34	Corporación Ecuatoriana de Televisión	2 - (54-60)	R	
	Televisión Abierta	35	Ecotel	22 - (518-524)	M	
	Televisión Abierta	36	Ecuador TV	49 - (680-686)	R	
	Televisión Abierta	37	Oromar	36 - (602-608)	R	Loja
	Televisión Abierta	38	Red Telesistema (R.T.S)	9 - (186-192)	R	
	Televisión Abierta	39	Teleamazonas	5 - (76-82)	R	
	Televisión Abierta	40	Teleatahuapa (RTU)	30 - (566-572)	R	
	Televisión Abierta	41	Telerama	24 - (530-536)	R	
Loja	Televisión Abierta	42	Televisión del Pacífico	11 - (198-204)	R	
	Televisión Abierta	43	Telesora del Sur	13 - (210-216)	M	
	Televisión Abierta	44	Tropical TV	32 - (578-584)	R	
	Televisión Abierta	45	UCSG Televisión	34 - (590-596)	R	
	Televisión Abierta	46	UV Televisión	4 - (66-72)	M	

B. MÉTRICA

Una de las principales características de las CRN's (Redes de Radio Cognitiva) es la capacidad de detectar la emisión de señales radioeléctricas correspondientes a usuarios primarios para no causarles interferencias y revelar espacios frecuenciales que brinden oportunidades de funcionamiento de estas redes para la transmisión de datos [1]. Para esto, cada usuario cognitivo monitorea el espectro de manera individual haciendo uso de técnicas de censado y, posiblemente, comparte las observaciones del mismo con otros usuarios. Las técnicas de detección de energía, detección por filtro adaptado y detección ciclo estacionaria pueden ser utilizadas, para el proceso de evaluación del espectro radioeléctrico [3].

TABLA 3. Atribución Espectral Otros Sistemas de Telecomunicaciones [2]

Rango de Frecuencia en MHz	Aplicaciones
Banda: 108 – 174 MHz	
108 – 117,975	Radionavegación Aeronáutica
117,975 – 137	Móvil Aeronáutico
137 – 137,025	
137,025 – 137,175	Móvil Por Satélite
137,175 – 137,825	
137,825 – 138	
138 – 143,6	Fijo
	Móvil
143,6 – 143,65	Sistemas de Radio de dos Vías
143,65 – 144	Uso reservado Plan Militar de Aficionados
144 – 146	Aficionados por Satélite
146 – 148	Aficionado
148 – 149,9	Fijo
	Móvil
	Móvil por Satélite
149,9 – 150,05	Móvil por Satélite
150,05 – 156,4875	Fijo
	Móvil
156,83 – 174	(Sistemas de Radio de dos Vías)
Banda: 216 – 512 MHz	
216 – 220	Fijo
	Móvil
	Radilocalización
220 – 225	Aficionados
	Fijo
225 – 235	Fijo
	(Enlaces Radioeléctricos)
235 – 267	Fijo
	Enlaces Radioeléctricos
	Móvil
267 – 272	Fijo
	Móvil
	(Operaciones Espaciales Espacio)
272 - 273	Fijo
	Móvil
	(Operaciones Espaciales Espacio)
273 – 312	Fijo
	Móvil
312 – 315	Fijo
	Móvil
	Móvil por satélite (Tierra Espacio)
315 – 322	Fijo
	Móvil
322 – 328,6	Fijo
	Móvil
	Radioastronomía
328,6 – 335,4	Radionavegación Aeronáutica
387- 400,05	Fijo
	Móvil
	Móvil por satélite
	Radionavegación
400,05-512	Varias aplicaciones (Meteorología,
Banda: 608 – 1000 MHz	
608 – 614	Radioastronomía
698 – 902	Sistemas Troncalizados Buscapersonas Bidireccional
902 - 928	Fijo
	MDBA
928 – 942	Fijo
	Móvil
	Buscapersonas Unidireccional
942 – 1000	Radionavegación
	Fijo
	Móvil

TABLA 4. SUBDIVISIÓN DEL ESPECTRO 54MHz A 1GHz Y PARÁMETROS DEL ANALIZADOR.

Parámetro	Valores					
Rango de frecuencias	54 Mhz – 108Mhz	108 Mhz – 174Mhz	174 Mhz – 216Mhz	216 Mhz – 512Mhz	512 Mhz – 698Mhz	698 Mhz – 1000Mhz
Frecuencia Span	54Mhz	66Mhz	42Mhz	296Mhz	186Mhz	302Mhz
Nivel de Referencia	-100dBm a -50dBm					
Escala	5 dB/div					
RBW	300KHz					
VBW	3KHz					
Pre amplificador	-----					
Tipo de Medida Radioeléctrica	Espectrograma					

En este estudio se utilizó como métrica de análisis el método de detección de energía; de esta forma se podrá comparar la potencia de las señales medidas generadas por las distintas aplicaciones de telecomunicaciones en la banda de 54 MHz a 1000MHz con un cierto umbral de decisión y determinar que la señal está presente si el nivel de energía está por encima de dicho umbral. De acuerdo a lo establecido en los sistemas cognitivos, las estaciones base abandonan un canal si detectan señales sobre los siguientes umbrales [3]:

- Televisión digital (TDT): -116dBm
- Radio y Televisión analógica: -94dBm

Actualmente en nuestra región no existen emisiones de televisión digital terrestre, por lo tanto, se establece como único umbral de comparación el valor de -94dBm para todos los sistemas de radio y televisión.

Por otra parte, para obtener resultados de ocupación espectral de los sistemas de telecomunicaciones distintos a los de radio y televisión se evaluó su ocupación en función del tiempo de aparición o presencia de las señales en un período de análisis de tres días con una duración de 150 minutos diarios.

IV. RESULTADOS

Los resultados finales alcanzados por las mediciones tienen como objeto identificar el grado de utilización actual del espectro radioeléctrico en el rango de frecuencias comprendidas entre 54MHz a 1000MHz y de esta forma poder adaptar futuros métodos de asignación o redistribución del espectro y una posible reestructuración del marco legal e identificar las bandas espectrales más apropiadas para un futuro despliegue de las redes de radio cognitiva.

Alrededor de las 13 parroquias rurales del cantón Loja, la subutilización del espectro radioeléctrico es evidente ya que las evaluaciones efectuadas muestran que diferentes empresas de radio y televisión legalmente concesionadas mantienen niveles de radiación bajo los -94dBm e incluso inferiores a los -100 dBm; valores de energía que representan vacancia del espectro según los sistemas de radio cognitiva. Las parroquias de San Lucas, Santiago, Quinara, Yangana y Jimbilla son quizá las que presentan mayor desventaja frente a las radiaciones electromagnéticas; en las tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 observamos los resultados correspondientes a las evaluaciones realizadas en cada sub banda de estudio.

Para los datos obtenidos en la tabla 5 (rango 54MHz – 108MHz); las parroquias rurales de Chuquiribamba, San Pedro de Vilcabamba y Vilcabamba son los sitios donde aproximadamente el 42% del ancho de banda de la sub banda está en uso. Por ejemplo, en la ciudad de Vilcabamba se posee valores de señal radioeléctrica superiores a -94dBm en 26 de las 31 emisoras de radio y, 3 de las 3 de televisión; considerando según la regulación nacional que cada emisora de radio FM dispone de 200KHz de ancho de banda para su difusión y en el caso de la

televisión de 6 MHz, el total de ancho de banda concesionado en uso para esta subbanda sería de 23,2 MHz lo que representa un 42,96% del total de la banda. Finalmente, para estas zonas una extensión de aproximadamente el 55% del ancho de banda total de la subbanda está en desuso o simplemente se encuentra subutilizado.

TABLA 5. RESULTADOS OCUPACIÓN RANGO 54MHZ – 108MHZ

SubBanda 1					
SUB-BANDA: 54 MHz - 108MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox. MHz	Ancho de Banda Subbanda	Ancho de Banda disponible Aprox. MHz	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
El Cisne	24	54	30	44.44%	55.56%
Gualel	2	54	52	3.70%	96.30%
Chantaco	4.4	54	49.6	8.15%	91.85%
Chuquiribamb	23.4	54	30.6	43.33%	56.67%
Taquil	4.8	54	49.2	8.89%	91.11%
San Lucas	0.4	54	53.6	0.74%	99.26%
Santiago	0.4	54	53.6	0.74%	99.26%
Jimbilla	0.2	54	53.8	0.37%	99.63%
Malacatos	19.6	54	34.4	36.30%	63.70%
San Pedro de Vicabamba	22.2	54	31.8	41.11%	58.89%
Vicabamba	23.2	54	30.8	42.96%	57.04%
Quinara	1.4	54	52.6	2.59%	97.41%
Yangana	1.4	54	52.6	2.59%	97.41%

En el documento emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador “Ocupación del espectro VHF (138 - 144 y 148 - 174MHz) por provincias en (MHz), 2013” [4], para el caso particular de la provincia de Loja, se puede observar que el porcentaje de ocupación del espectro en este rango a enero 2013 es del 7%, dato obtenido de dividir el valor del espectro radioeléctrico utilizado en los rangos 138MHz a 144 MHz y de 148 a 174MHz que es igual a 2,25MHz para los 32MHz de ancho de banda que se posó en este rango; esto sin duda brinda posibilidades de uso de los sistemas CRN. En la tabla 6, podemos observar que los resultados correspondientes a los valores de espectro radioeléctrico usado es igual para todas las parroquias

rurales del cantón (únicamente se considera como existente el rango de frecuencias aplicadas al Plan Militar de Frecuencias), esto debido a que los datos de las evaluaciones efectuados muestran que el espectro se encuentra en desuso o la aparición de las comunicaciones son esporádicas en el tiempo.

TABLA 6. RESULTADOS OCUPACIÓN RANGO 108MHZ – 174MHZ

SubBanda 2					
SUB-BANDA: 108 MHz - 174MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox. MHz	Ancho de Banda Subbanda	Ancho de Banda disponible Aprox. MHz	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
El Cisne	6	66	60	9.09%	90.91%
Gualel	6	66	60	9.09%	90.91%
Chantaco	6	66	60	9.09%	90.91%
Chuquiribamb	6	66	60	9.09%	90.91%
Taquil	6	66	60	9.09%	90.91%
San Lucas	6	66	60	9.09%	90.91%
Santiago	6	66	60	9.09%	90.91%
Jimbilla	6	66	60	9.09%	90.91%
Malacatos	6	66	60	9.09%	90.91%
San Pedro de Vicabamba	6	66	60	9.09%	90.91%
Vicabamba	6	66	60	9.09%	90.91%
Quinara	6	66	60	9.09%	90.91%
Yangana	6	66	60	9.09%	90.91%

Para el rango de 174MHz a 216MHz, son cuatro emisoras de televisión que tienen permiso para emitir señales en esta porción del espectro dentro del cantón. Las parroquias rurales de Jimbilla, Gualel, San Lucas y Santiago son casos particulares de las acciones de evaluación efectuadas, los niveles de energía percibidos son de -100dBm en radio y televisión, lo que para una eventual aplicación de las redes de Radio Cognitiva, la disponibilidad del espectro radioeléctrico en este rango es de hasta el 100% (Ver tabla 7). La especial ubicación geográfica de estos sectores; es decir, sitios altamente montañosos y apartados de las torres de transmisión de radio y televisión forman

un factor preponderante en la deficiente penetración de las señales de televisión.

**TABLA 7. RESULTADOS
OCUPACIÓN RANGO 174MHZ –
216MHZ**

SubBanda 3					
SUBBANDA: 174 MHz - 216MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox.	Ancho de Banda Subbanda	Ancho de Banda disponible Aprox.	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
	MHz				
El Cisne	18	42	24	42.86%	57.14%
Gualel	0	42	42	0.00%	100.00%
Chantaco	6	42	36	14.29%	85.71%
Huquiribamb	6	42	36	14.29%	85.71%
Taquil	18	42	24	42.86%	57.14%
San Lucas	0	42	42	0.00%	100.00%
Santiago	0	42	42	0.00%	100.00%
Jimbila	0	42	42	0.00%	100.00%
Malacatos	12	42	30	28.57%	71.43%
San Pedro de Vilcabamba	6	42	36	14.29%	85.71%
Vilcabamba	6	42	36	14.29%	85.71%
Quinara	6	42	36	14.29%	85.71%
Yangana	6	42	36	14.29%	85.71%

En el rango de 216MHz a 512MHz existen varios sistemas de telecomunicaciones operando en esta sub banda, el de mayor relevancia y actividad es el sistema CDMA 450 que según se pudo constatar a través de datos proporcionados por funcionarios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, agencia Loja, las únicas parroquias rurales que poseen servicios de telefonía inalámbrica fija son Quinara, Vilcabamba, San Pedro de Vilcabamba, Malacatos y San Lucas. Descartando el ancho de banda usado por los sistemas CDMA 450, aun en el rango de 216MHz a 512MHz el ancho de banda disponible en las diferentes zonas (Ver tabla 8) para aplicaciones de sistemas de Radio cognitiva es promisorio. Por otra parte, en las parroquias rurales de Gualel, Jimbilla y Yangana los servicios de telecomunicaciones Fijo – Móvil para radioaficionados, fijo-móvil operaciones espaciales espacio-tierra, meteorología, radioastronomía,

investigación, etc; presentan un espacio espectral desértico, la aparición de señales radioeléctricas es exigua, posibilitando así un potencial despliegue de redes cognitivas para este sector.

En el documento emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones [6], el mismo que está referido a la ocupación del espectro en las sub-bandas UHF de 440 Mhz a 512 Mhz se evidencia; que a excepción del espectro comprendido entre 450 MHz a 470 MHz (sub-banda orientada al uso de sistemas de telefonía fija inalámbrica), todos los demás valores de frecuencia mantienen un bajo porcentaje de utilización. Una vez más el mediano y en algunos casos el bajo consumo del espectro apertura el posible despliegue de las redes CRN.

**TABLA 8. RESULTADOS
OCUPACIÓN RANGO 216MHZ –
512MHZ**

SubBanda 4					
SUB-BANDA: 216 MHz - 512MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox.	Ancho de Banda Sub-banda	Ancho de Banda disponible Aprox.	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
	MHz				
El Cisne	42	296	254	14.19%	85.81%
Gualel	0	296	296	0.00%	100.00%
Chantaco	42	296	254	14.19%	85.81%
Huquiribamb	42	296	254	14.19%	85.81%
Taquil	43.12	296	252.88	14.57%	85.43%
San Lucas	85.12	296	210.88	28.76%	71.24%
Santiago	42	296	254	14.19%	85.81%
Jimbilla	0	296	296	0.00%	100.00%
Malacatos	43.12	296	252.88	14.57%	85.43%
San Pedro de Vilcabamba	43.12	296	252.88	14.57%	85.43%
Vilcabamba	43.12	296	252.88	14.57%	85.43%
Quinara	43.12	296	252.88	14.57%	85.43%
Yangana	0	296	296	0.00%	100.00%

La sub-banda de los 512MHz a 698MHz se ha dedicado para el uso exclusivo de emisiones de televisión abierta UHF a excepción del rango frecuencial comprendido entre los valores de 608MHz a 614 MHz (AB = 6MHz), el mismo que ha sido orientado para aplicaciones de radioastronomía. En la tabla número 9 se puede observar

que los porcentajes de ocupación espectral son bajos en casi la totalidad de las parroquias; únicamente en la parroquia de El Cisne la actividad es mayor. La mayor cantidad de señales de televisión que poseen concesión en este sitio del espectro tienen una penetración cuyos niveles de energía son menores a -94dBm.

**TABLA 9. RESULTADOS
OCUPACIÓN RANGO 512MHZ –
698MHZ**

SubBanda 5					
SUBBANDA: 512 MHz - 698MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox.	Ancho de Banda Subbanda	Ancho de Banda disponible Aprox.	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
	MHz				
El Cisne	18	186	168	9.68%	90.32%
Gualel	6	186	180	3.23%	96.77%
Chantaco	6	186	180	3.23%	96.77%
Jhuquiribamb	6	186	180	3.23%	96.77%
Taquil	6	186	180	3.23%	96.77%
San Lucas	6	186	180	3.23%	96.77%
Santiago	6	186	180	3.23%	96.77%
Jimbilla	0	186	186	0.00%	100.00%
Malacatos	6	186	180	3.23%	96.77%
San Pedro de Vicabamba	6	186	180	3.23%	96.77%
Vicabamba	6	186	180	3.23%	96.77%
Quinara	6	186	180	3.23%	96.77%
Yangana	6	186	180	3.23%	96.77%

Finalmente, las comunicaciones móviles son quizá los sistemas de telecomunicaciones que mayor penetración presentan en los últimos años de desarrollo tecnológico, redes con amplias coberturas se han desplegado a nivel nacional y la provincia de Loja no ha sido la excepción. Pese al elevado crecimiento de estas redes, aún se encuentran espacios geográficos donde los escenarios de cobertura celular son inexistentes posibilitando así un virtual uso de redes secundarias. Las parroquias de Yangana, Quinara y Jimbilla aún muestran un espectro relativamente limpio ante emisiones electromagnéticas en este rango. Durante los tiempos de observación desarrollados en estos sectores, las radiaciones percibidas fueron esporádicas, escasas, y en la mayoría de

los casos inexistentes. A decir de los pobladores, las radiaciones celulares son imperceptibles en el sector; por lo tanto es altamente permisible la aplicación de redes cognitivas para estos sectores. Cincuenta mega hercios de esta sub-banda están dedicados a las comunicaciones móviles; de los cuales 25MHz pertenecen a los enlaces ascendentes o de uplink (Comunicación entre Estación Móvil –MS- y la Estación Base –BTS), de esta manera los niveles de energía comprendidos entre los valores de: 824 MHz a 835 MHz; 835 MHz a 845MHz; 845MHz a 846,5MHz; 846,5 MHz a 849 MHz; se presentan imperceptibles a las evaluaciones pese a la existencia de cobertura dentro de todos los sectores parroquiales a excepto de los sectores de Jimbilla, Quinara y en algunos valores de frecuencia para Yangana; la posibilidad de que las señales no sean monitoreadas se debe a la baja potencia que generan los equipos móviles; por otra parte y pese a los bajos niveles de señal presentes en la banda celular de uplink, para nuestro análisis hemos considerado estos valores de frecuencia como no disponibles para las redes de radio cognitiva.

**TABLA 10. RESULTADOS
OCUPACIÓN RANGO 698MHZ –
1GHZ**

SubBanda 6					
SUBBANDA: 698 MHz - 1000MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox.	Ancho de Banda Subbanda	Ancho de Banda disponible Aprox.	% Espectro Utilizado	% Espectro Disponible
	MHz				
El Cisne	64	302	238	21.19%	78.81%
Gualel	36.5	302	265.5	12.09%	87.91%
Chantaco	53.5	302	248.5	17.72%	82.28%
Jhuquiribamb	50	302	252	16.56%	83.44%
Taquil	50	302	252	16.56%	83.44%
San Lucas	36	302	266	11.92%	88.08%
Santiago	36	302	266	11.92%	88.08%
Jimbilla	0	302	302	0.00%	100.00%
Malacatos	108	302	194	35.76%	64.24%
San Pedro de Vicabamba	50	302	252	16.56%	83.44%
Vicabamba	50	302	252	16.56%	83.44%
Quinara	0	302	302	0.00%	100.00%
Yangana	22	302	280	7.28%	92.72%

Posteriormente, y luego de haber analizado el uso espectral dentro de cada sub banda, en la tabla número 11 se ha consolidado los resultados de la evaluación para todo el rango comprendido entre 54MHz a 1000MHz. Los resultados de bajo uso espectral representan verdaderas oportunidades de despliegue de los sistemas de Radio Cognitiva, es importante recalcar que las acciones de redistribución u ordenamiento y optimización del uso de las frecuencias es necesario no solo dentro de esta región si no que seguramente a nivel nacional.

TABLA 11. RESULTADOS GLOBALES 54MHZ – 1GHZ

BANDA DE EVALUACIÓN					
54MHz - 1000MHz					
Parroquias	Ancho de Banda Utilizado Aprox.	Ancho de Banda	Ancho de Banda disponible Aprox.	% Espectro Utilizado Global	% Espectro Disponible Global
	MHz				
Loja	449.2	946	496.8	47.48%	52.52%
El Cisne	166	946	780	17.55%	82.45%
Gualel	50.5	946	895.5	5.34%	94.66%
Chantaco	117.9	946	828.1	12.46%	87.54%
Huquiribamba	133.4	946	812.6	14.10%	85.90%
Taquil	127.92	946	818.08	13.52%	86.48%
San Lucas	133.52	946	812.48	14.11%	85.89%
Santiago	90.4	946	855.6	9.56%	90.44%
Jimilla	6.2	946	939.8	0.66%	99.34%
Makacatos	194.72	946	751.28	20.58%	79.42%
San Pedro de Vilcabamba	133.32	946	812.68	14.09%	85.91%
Vilcabamba	134.32	946	811.68	14.20%	85.80%
Quinara	62.52	946	883.48	6.61%	93.39%
Yangana	41.4	946	904.6	4.38%	95.62%

V. TRABAJOS RELACIONADOS

Para el Ecuador no existe un estudio relevante sobre los reales niveles de disponibilidad del espectro radioeléctrico, las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca como principales centros de desarrollo nacional tampoco disponen de investigaciones que permitan vislumbrar la sobreutilización, subutilización o desocupación total de bandas de frecuencia comprendidas en el rango de 54MHz a 1GHz.

Únicamente la Superintendencia de Telecomunicaciones presenta resultados de un seguimiento mensual de los porcentajes de ocupación del espectro para valores de frecuencia comprendidos en los rangos de 138 – 144, 148 - 174MHz y 440 - 512 MHz ; estos resultados son emitidos de manera anual; pese a ello los anchos de banda monitoreados son reducidos frente al amplio margen espectral donde se desarrollan los diferentes sistemas de telecomunicaciones. El presente trabajo siembra un precedente sobre la realidad radioeléctrica dentro de los sectores más vulnerables del cantón Loja, pese a ser una investigación efectuada en puntos específicos como las cabeceras parroquiales del mencionado cantón, representan una reducida extensión geográfica comparada con todo el territorio nacional; su contribución obliga a efectuar un estudio pormenorizado de la realidad del país en el uso de frecuencias y su reestructuración con fines de optimización.

Por otra parte a nivel internacional se han efectuado varios análisis sobre el estado del espectro radioeléctrico y su uso, buscando de esta manera implementar sistemas de banda ancha rural inalámbrica basados en redes de coexistencia y radios cognitivas en ambiente IEEE 802.22. Por ejemplo en Argentina se han efectuado trabajos que revisan criterios técnicos y económicos de la expansión del acceso en banda ancha desde el concepto de Redes Inalámbricas de Área Regional (WRAN) en zonas rurales de ese país, con el despliegue de redes en las bandas de VHF y UHF actualmente asignadas a canales de la TV abierta [5]. Así mismo para el caso español se ha realizado un análisis y caracterización de la ocupación espectral en entornos urbanos exteriores e interiores en el contexto de redes de radio cognitiva de acceso dinámico al espectro [1].

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

✚ A pesar de un amplio despliegue de los sistemas de telecomunicaciones a nivel global, específicamente en el Ecuador la brecha tecnológica para el acceso a los diferentes sistemas y servicios de telecomunicaciones aún es evidente. Poblados aledaños o alejados de las ciudades más representativas para el desarrollo de un cantón son las más vulnerables. Para el cantón Loja concretamente dentro de sus cabeceras parroquiales, se presenta una excesiva subutilización del espacio radioeléctrico donde los anchos de banda legalmente concesionados están escasamente ocupados e incluso despejados valores medios como el 50% de desocupación y valores amplios de hasta el 99% de disponibilidad se han logrado obtener, lo que seguramente ocasiona un desaprovechamiento del recurso espectral. Independientemente de la zona geográfica donde se efectuó la evaluación, el espectro de los sectores investigados muestran anchos de banda de hasta 939.8 MHz de subutilización, por ello la oportunidad de desplegar alternativas tecnológicas de telecomunicaciones como las redes de Radio Cognitiva o Redes de acceso dinámico al espectro capaces de coexistir con las actualmente presentes es promisorias y, de esta forma, llenar la vacancia espectral con nuevos servicios de comunicación con el fin de optimizar el uso del espectro radioeléctrico.

✚ El Plan Nacional del Buen Vivir demanda necesidades de telecomunicaciones y así mismo, el sin número de poblaciones escasamente atendidas a nivel nacional con tecnologías de comunicación e información, apertura la posibilidad de ejecutar nuevas evaluaciones espectrales posiblemente para todo el territorio nacional. Buscar y mantener un

constante control del uso real del espectro radioeléctrico puede ser fundamental para una mejor visualización y nuevas opciones de aplicaciones tecnológicas. Finalmente establecer un estudio técnico detallado para el despliegue de las Redes y servicios basados en técnicas de Radio Cognitiva son los trabajos que se pueden desanudar a partir de la contribución del presente estudio.

Referencias Bibliográficas

[1] Susana Molina Corbacho. (2009). Análisis y caracterización de la ocupación espectral en entornos urbanos exteriores e interiores en el contexto de redes Cognitive Radio de acceso dinámico al espectro. Tesis de maestría no publicada. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña

[2] Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2012). Plan Nacional de Frecuencias, Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico. Ecuador. Recuperado el 20 de diciembre de 2012 de: www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com...doc.

[3] Edwin Patricio Simancas Chamba. (2006). Análisis del Estándar IEEE 802.22 (Wireless Regional Area Network (WRAN) y su posible implementación en el Ecuador. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional.

[4] Superintendencia de Telecomunicaciones. (2013). Estadísticas Fijo Móvil Terrestre. Ocupación del espectro VHF (138 - 144 y 148 - 174MHz) por provincias en (MHz). Recuperado el 12 de Febrero de

2013 de:
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=1541&Itemid=581

[5] Darío M. Goussal. (2009). Planeamiento de sistemas de banda ancha rural inalámbrica basados en redes de coexistencia y radios cognitivas en ambiente IEEE 802.22. Recuperado el 20 de Enero de 2013 de:
<http://www.clerargentina.org.ar/presAcademicas/PDF/Nacionales/XXII%20CLER%20-%20Dario%20Goussal.pdf>

[6] Superintendencia de Telecomunicaciones. (2013). Estadísticas Fijo Móvil Terrestre. Ocupación del espectro UHF (440 - 512 MHz) por provincias en (MHz). Recuperado el 12 de Febrero de 2013 de:
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=1541&Itemid=581