

“Medición, Caracterización y Modelamiento del Rango de Frecuencias Asignado a Radiodifusión AM (525-1705 KHz) de la Banda MF del Espectro Electromagnético en la FIEC, Campus Prosperina”

Carlos Alfredo Cely León ⁽¹⁾, Jefferson Angelo Bravo Gómez ⁽²⁾, Washington Medina Moreira ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, email: ccely90@gmail.com ⁽¹⁾,
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, email: jabravo@fiec.espol.edu.ec ⁽²⁾,
Magister en Gestión de Empresas de Telecomunicaciones, email: wmedina@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

Este trabajo consiste en el estudio del comportamiento espectral electromagnético de la banda de frecuencias portadoras para la radiodifusión que utiliza modulación AM, con el fin de poder obtener datos estadísticos de la utilización de los canales de transmisión licenciados por el ente regulatorio nacional, ARCOTEL. De esta forma se obtiene el porcentaje de eficiencia correspondiente a cada canal, el cual nos sirve para el desarrollo de un patrón o modelo probabilístico de la calidad de servicio brindado por las organizaciones de radiodifusión. Además se detalla cuáles fueron los equipos necesarios para poder realizar dichas mediciones, la metodología usada para obtener los datos y por último el presupuesto de enlace. Como instancia final se presenta el análisis de las mediciones realizadas, centradas particularmente en el ciclo de trabajo de cada día, y a partir de dicho análisis, modelar la capacidad de uso de la banda de frecuencias medias, donde se puede incluir nuevas tecnologías en los espacios no utilizados de dicha banda, logrando un uso eficiente y eficaz de esta porción del espectro radioeléctrico.

Palabras Clave: *Frecuencia Media, Potencia de Umbral, Ciclo de Trabajo, Matriz de Transición.*

Abstract

This work consists on the study of the electromagnetic spectral behavior of the band carrier frequencies for broadcasting using AM modulation, in order to obtain statistical data of the use of broadcasting channels licensed by the national regulatory body, ARCOTEL. Thereby the efficiency percentage for each channel is obtained which helps us to develop a pattern or probabilistic model of the quality of service provided by radio broadcasting organizations. In measurements the methodology used to obtain the data and finally the linking budget. Finally, the analysis of measurements made is presented, centered particularly in the work daily cycle and from this analysis modeling the usability of the medium frequency band, where new technologies can be included in the unused spaces of that band achieving and efficient and effective use of this portion of the radio spectrum.

Keywords: *Frequency Media, Threshold power, Duty Cycle, Transition Matrix.*

1. Introducción.

El uso de las transmisiones inalámbricas en los últimos tiempos ha tenido un auge en el Ecuador, y es de vital importancia, ya que nos encontramos en plena era del desarrollo y no podemos quedarnos relegados con la tecnología. Es por esto que se necesita una distribución eficiente de bandas del espectro electromagnético para el uso en aplicaciones específicas, sean estos en radiodifusión, televisión, telefonía fija y móvil, comunicaciones satelitales, etc., siempre y cuando el medio principal para la transmisión de información sea el aire.

Dentro de la división del espectro, la radiodifusión AM básicamente es el proceso en el que una señal portadora de alta frecuencia es modulada por una señal modulante de frecuencia media (MF), permitiendo así la transmisión de información que se imprime en la portadora.

En la actualidad la banda de transmisión AM, posee una baja audiencia debido principalmente a la calidad de la señal receptada y así mismo por las distintas interferencias de radiofrecuencia producidas ya sea por la electricidad estática, el ruido de los motores, los rayos de las tormentas que afectan de manera muy considerable a la señal en estas frecuencias, y los tipos de variaciones que alteran la amplitud de la señal modulada.

El servicio de radiodifusión sonora en el Ecuador utiliza ciertas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Bandas de radiodifusión

Bandas	Rangos de Frecuencias
Frecuencia Modulada (FM)	88 - 108 MHz
Amplitud Modulada (AM)	525 - 1705 KHz
Onda Corta Tropical (OC)	3000 - 5100 KHz (varios rangos)
Onda Corta Internacional (OC)	5100 - 2600 KHz (varios rangos)

En Guayas hay un total de 37 estaciones de radio de amplitud Modulada, AM, concesionadas y operando a nivel provincial, donde incluyen ciudades como Milagro, El Empalme, entre otras, y en la ciudad de Guayaquil hay concesionadas 29 estaciones que brindan servicios en el área local y algunas emisoras a sus alrededores, a continuación se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Concesiones de Radiodifusión AM

No.	Nombre Estación	Frecuencia [KHz]
1	RADIO SANTIAGO	540
2	C.R.E.SATELITAL	560
3	UNO	580
4	RADIO CIUDADANA	600
5	MORENA AM	640
6	CARROUSEL	660
7	RADIO ATALAYA	680
8	RADIO SUCRE	700
9	CARAVANA AM	750
10	REVOLUCION	770
11	K 800	800
12	HUANCABILCA	830
13	SAN FRANCISCO	850
14	CRISTAL	870
15	FUTBOL AM	910
16	AMIGA	1010
17	ECUANTENA	1030
18	AGUILA	1050
19	SISTEMA DOS	1080
20	FILADELFIA	1170
21	ESTUDIO UNIVERSIDAD CATOLICA	1190
22	RADIO EL MUNDO	1210
23	GALACTICA	1230
24	RADIO UNIVERSAL	1270
25	CENIT	1300
26	TELERADIO A.M.	1350
27	Z UNO	1400
28	DINAMICA	1490
29	INOCAR	1510

En la actualidad, existe un organismo superior que mantiene el control y regulación de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ARCTEL, que reemplaza en funciones a la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL, y al Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL.

2. Proceso de medición

Para el desarrollo de este proyecto, se requiere de dos partes fundamentales como son la adquisición de datos con el previo cálculo de presupuesto de enlace, que se obtienen partir de la antena receptora AM y recopilado por medio del analizador de espectros AGILENT E4404B; por otra parte está el análisis de las muestras recopiladas y el modelamiento respectivo.

2.1. Antena receptora AM

El dispositivo que tiene como misión recoger y difundir ondas radioeléctricas, se lo denomina antena. Y son las antenas las que convierten las ondas electromagnéticas en señales eléctricas y viceversa. En la actualidad existen varios tipos de antenas pero en general todas ellas cumplen la misma función que es de servir receptor-emisor de una señal de radio.

La antena usada, fue una MIDLAND 18-244 M con base magnética, también denominada Antena magnética CB Móvil. Tiene una longitud de 66 cm y una ganancia de 1.5 dB. Fabricada con acero inoxidable para una conservación exterior perfecta. Más especificaciones a continuación:

Tabla 3. Especificaciones técnicas de la antena

Ganancia	1,5 dB
Longitud	66 cm
Impedancia	50 ohm
Peso	500 gr
Diámetro de la base magnética	9 cm
Longitud del cable RG58	2.75 m

2.2. Analizador de espectros

Para la elaboración de este proyecto se usó el analizador de espectros de la marca AGILENT modelo E4404B, que abarca un ancho de banda desde los 9kHz hasta los 6.7GHz, que es compatible con el software INTUILINK, mediante comunicación usb.

2.3. Pérdida de enlace

Para el cálculo de pérdida de niveles de recepción de potencias se considera el tipo de cable usado, para el estudio, cable coaxial RG58, donde todo fabricante indica en las especificaciones técnicas la pérdida de dB por metro, pérdida en los conectores.

$$L_T = L_c + L_{cc}$$

L_c : Pérdida en dB por longitud del cable

L_{cc} : Pérdida por conectores

L_T : Pérdida Total de Potencia

La pérdida por conectores es mínima por lo que se desprecia, obteniendo que:

$$L_T = L_c = P_{WL} \left[\frac{dB}{m} \right] \cdot L[m] \quad [dB]$$

La pérdida de señal en dB por metro PWL es de 1,056 dB/m, la longitud del cable L usado es de 12,75m, multiplicando ambos factores se obtiene una pérdida total de potencia igual a $L_T = 13,464 \text{ dB}$.

2.4. Potencia umbral de detección

El cálculo de la potencia umbral para el procesamiento de datos y análisis, parte de considerar pérdidas totales por líneas de transmisión de la antena, al analizador, ganancia que brinda la antena de recepción, un margen de interferencia M, y la potencia generada por ruido que es igual a la potencia del ruido térmico. A continuación expresa como se determina la potencia en dB generada por el ruido P_N .

$$P_N = -174 + 10 \log(BW[Hz]) \quad dBm$$

Reemplazando el valor de BW , 1180kHz, en la ecuación anterior se obtiene una potencia de ruido igual a:

$$P_N = -113,28 \text{ dBm}.$$

Para determinar cuánto equivale nuestra potencia umbral, compensando valores por ganancias de antena y pérdidas por cables y estimando un margen de interferencia recomendado por la IEEE de 10 dB (M), se obtiene la siguiente expresión:

$$P_{TH} = P_N + L_T + M - G_{Ant}$$

Reemplazando valores de P_N , L_T , M y G_{Ant} (1,5 dB), el valor umbral queda en:

$$P_{TH} = -91.316 \text{ dB}$$

Siendo el valor métrico para referenciar y determinar si un canal dentro del espectro de radio o frecuencia se encuentra siendo usada si la potencia recibida es mayor al umbral en el transcurso del día, caso contrario se encontraría libre.

2.5. Ocupación de la banda MF

Para determinar el porcentaje de uso diario de una frecuencia i de nuestro rango del espectro de estudio, el ciclo de trabajo promedio por día, se utiliza el siguiente algoritmo de análisis que implica el uso de la P_{TH} comparándolo con la P_R de cada punto de frecuencia obtenido en un instante de tiempo j durante las 24 horas.

Por cada punto de frecuencia hay un valor finito de cantidad de datos (N_f) con un valor de P_R , se contabiliza cuantos valores de P_R están por encima del umbral P_{TH} por día, denominando a esta cantidad como N_i , como lo se lo interpreta en la figura siguiente.

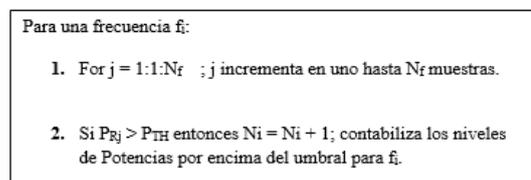


Figura 1. Figura ejemplo

Una vez contabilizado cuantas muestras de una frecuencia i superan el umbral, se determina el Duty Cycle (DC) que indica el porcentaje de ocupación de alguna frecuencia dentro del espectro en el transcurso del día, expresando esta determinación en la siguiente ecuación.

$$DC = \frac{N_i}{N_f} \times 100\%$$

3. Análisis de Resultados

Para todos los días, se realizaron 3 gráficas de análisis, en las cuales se representa, el nivel de potencia, el ciclo de trabajo y el porcentaje de ocupación, y la disponibilidad de un rango de frecuencia por hora del día

3.1 Días Ordinarios

Para el análisis del día lunes, se aprecia en la figura 2 correspondiente a la potencia, que en ciertos rangos de frecuencia, no existen picos de potencia por encima del umbral ya calculado anteriormente, esto nos da a entender, que no todas las frecuencias dentro de la banda MF son utilizadas para la radiodifusión.

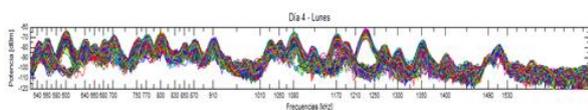


Figura 2. Potencia vs Frecuencia

La figura 3 correspondiente al ciclo de trabajo, podemos notar lo mencionado, por ejemplo que en el rango de frecuencia que va desde los 950 KHz hasta los 1010 KHz y desde los 1530 KHz hasta los 1705 KHz, no existe transmisión alguna durante el día. En la figura 4 correspondiente a la ocupación de la frecuencia por la hora del día, se observa que existen espacios en blanco en ciertas frecuencias, por ejemplo que la frecuencia de 1170 KHz, a partir de las 19:00 del día lunes, hasta las 04:00 del día siguiente no transmite, quedando ese espacio para ser utilizado de manera adecuada.

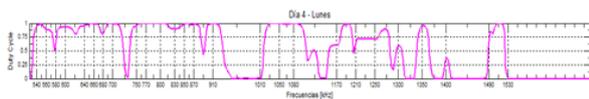


Figura 3. Ciclo de Trabajo

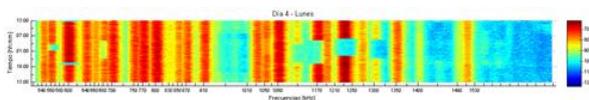


Figura 4. Disponibilidad

El método de análisis para los demás días ordinarios, desde el martes a viernes es similar al descrito del día lunes.

Cabe recalcar que el comportamiento ocupacional de estos días es similar, no hay una variación considerable, puesto que las estaciones de radiodifusión tienen un horario definido de transmisión durante los días laborables, posteriormente notaremos que si existe variación en los fines de semana. Todo lo descrito de manera previa se puede visualizar en las figuras 5, 6, 7, correspondientes al día viernes.

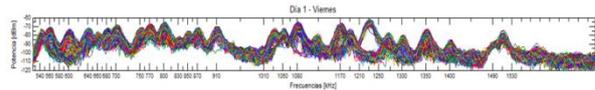


Figura 5. Potencia vs Frecuencia

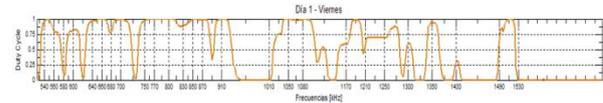


Figura 6. Ciclo de Trabajo

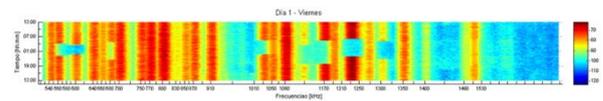


Figura 7. Disponibilidad

Se determinó el porcentaje de ocupación promedio de lunes a viernes de las radiodifusoras concesionadas para AM. En la figura 8 se observa el porcentaje de ocupación de los días ordinarios. La mayoría de las estaciones concesionadas transmiten permanentemente, muy por encima del 50% de ocupación, salvo el caso de radio AMIGA que en el sector de estudio, apenas llegaba al 1.22%.

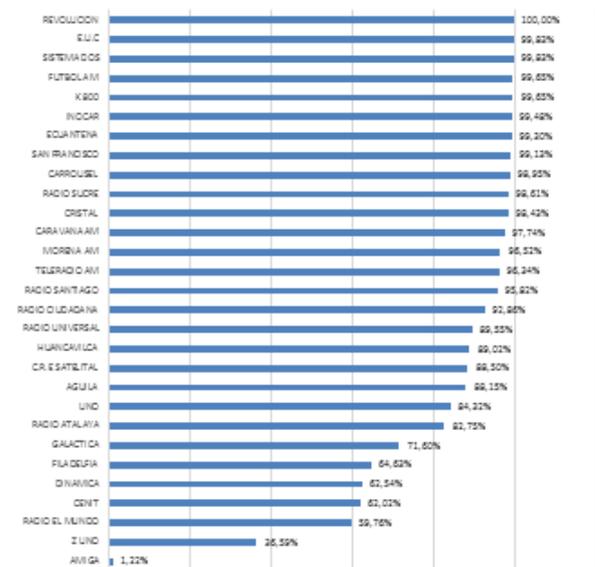


Figura 8. Ocupación de días ordinarios vs. Estaciones de Radiodifusión

3.2 Fin de Semana

Se sigue el mismo proceso que los días ordinarios, pero cabe destacar que en estos días, como son sábado y domingo, se hace evidente los distintos cambios ocurridos con el comportamiento de la señal.

Nos centraremos como ejemplo en dos frecuencias en particular, como son la de 600 KHZ y la de 1230 KHZ. En la figura 3 que corresponde al día lunes, se observa que el porcentaje de ocupación para la frecuencia de 600 KHZ es casi el 90% y para la de 1230 KHZ cerca del 75%. En contra parte, en la figura 10 correspondiente al día sábado, este porcentaje de ocupación decae notoriamente, en el caso de los 600 KHZ a un 60% y en el caso de los 1230 KHZ por debajo del 50%.

Los figuras 9 y 12 corresponden a los de potencia vs frecuencia de sábado y domingo respectivamente, de igual forma las figuras 10 y 13 describen el ciclo de trabajo de dichos días. Por último las figuras 11 y 14 describen la disponibilidad de la frecuencia por la hora de los días sábado y domingo.

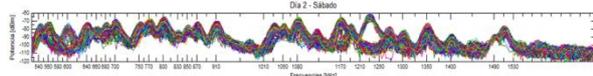


Figura 9. Potencia vs Frecuencia - sábado

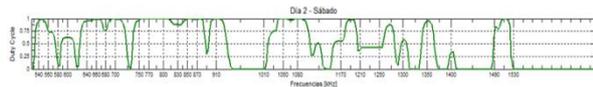


Figura 10. Ciclo de Trabajo - sábado

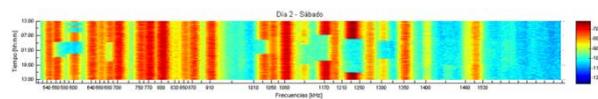


Figura 11. Disponibilidad - Sábado

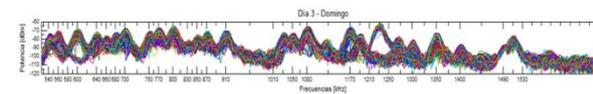


Figura 12. Potencia vs Frecuencia - Domingo

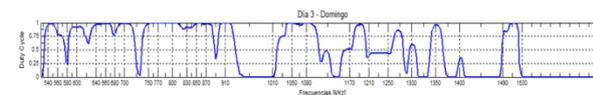


Figura 13. Ciclo de Trabajo - Domingo

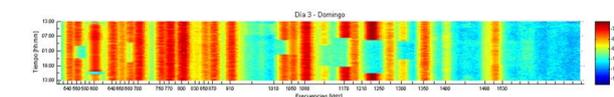


Figura 14. Disponibilidad - Domingo

En la figura 15 se puede observar el porcentaje de ocupación en el fin de semana, y con respecto a los días ordinarios, es notable el cambio de algunas estaciones en su ocupación, por ejemplo radio UNO de un 84.32% decae de forma precipitosa a un 6.27%, GALACTICA de un 71.60% decae a un 42.16% y por último radio AMIGA deja de emitir señal alguna durante el fin de semana.

Porcentaje de ocupación de fin de semana.

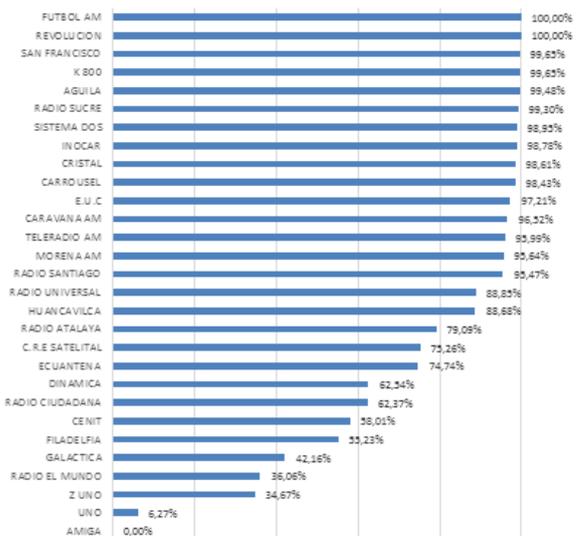


Figura 15. Ocupación de fines de semana vs. Estaciones de Radiodifusión

4. Modelamiento de Resultados

El objetivo de modelar el comportamiento de la ocupación del ancho de banda del espectro MF fue determinar en qué porcentaje puedo predecir que la banda se encuentre ocupada o desocupada, o cual es la probabilidad de transición de ambos cambios de estados.

La sucesión de niveles de PR durante intervalos iguales de tiempos, se lo plantea como un proceso estocástico, donde no son predecibles de forma exacta los valores de la observación pero se lo determina en forma de probabilidades para cualquier valor distinto que se encuentre por encima o debajo del PTH en un instante de tiempo. El modelo más próximo al comportamiento y patrón de resultados, es el método de cadenas de Markov, el cual es un proceso estocástico.

4.1 Cadena de Markov

El modelo de Markov indica que si el estado actual X_t y los estados previos X_1, \dots, X_{t-1} son conocidos, entonces la probabilidad del próximo estado X_{t+1} no depende de los estados anteriores X_1, \dots, X_{t-1} , y solo depende del estado actual X_t , lo que implica que:

Para $t = 1, 2, 3, \dots$ y para cualquier sucesión de estados S_1, \dots, S_{t+1} .

La razón de probabilidad satisface la siguiente expresión.

$$P(X_{t+1} = S_{t+1} | X_1 = S_1, X_2 = S_2, \dots, X_t = S_t) = P(X_{t+1} = S_{t+1} | X_t = S_t)$$

Se define el espacio paramétrico T y el espacio de estados S del proceso. El espacio paramétrico es el

conjunto de todos los posibles valores que puede tomar el tiempo, y el espacio de estados es el conjunto de todos los posibles valores que puede tomar el proceso.

Para el modelo solo existe dos posibles estados, si una frecuencia del ancho de banda del espectro está ocupado se lo define como 1, y desocupado como 0. Por lo tanto el espacio de estado S será:

$$S = \{0, 1\}$$

Y el espacio paramétrico T sería:

$$T = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$$

Por las variaciones en el tiempo.

4.2 Probabilidades de Transición

La probabilidad de transición es aquel valor probabilístico que me determina si un estado próximo j es posible ocurrir después un tiempo t conociendo el estado actual i.

Para la determinación de las probabilidades de cambio de estados, se considera todas las muestras tomadas durante los 7 días. Las probabilidades obtenidas para el modelamiento son:

- La probabilidad de que se encuentre desocupado en un tiempo t+1, si el estado actual es desocupado es del 90,85% por lo tanto la probabilidad de que se encuentre ocupado en un tiempo t+1 si el estado actual es desocupado es de 9,15%.
- La probabilidad de que se encuentre desocupado en un tiempo t+1, si el estado actual es ocupado es de 8,47% por lo tanto la probabilidad de que se encuentre ocupado en un tiempo t+1 si el estado actual es ocupado es de 91,53%.

4.3 Matriz de Transición

Matriz cuadrada P definida por la cantidad de estados k posibles, siendo el tamaño de la matriz k x k. Por lo que se define que toda matriz de transición P de cualquier cadena de Markov finita con probabilidades de transición estacionarias es una matriz estocástica como se denota en la siguiente expresión.

$$Si p_{ij} = P(X_{t+1} = S_j | X_t = S_i) \implies P = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & \dots & p_{kk} \end{pmatrix}$$

Con respecto al modelo presentado con los datos obtenidos de nuestro análisis podemos definir que nuestra matriz de transición es de 2 x 2 por solo existir dos posibles estados a ocurrir.

Con lo denotado en probabilidades de transición definimos los elementos de la matriz P para nuestro modelo, siendo así:

$$\begin{aligned} P_{00} &= 0,9085 \\ P_{01} &= 0,0915 \\ P_{10} &= 0,0847 \\ P_{11} &= 0,9153 \end{aligned}$$

Quedando la matriz P de transición de la siguiente manera:

$$P = \begin{pmatrix} P_{00} & P_{01} \\ P_{10} & P_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,9085 & 0,0915 \\ 0,0847 & 0,9153 \end{pmatrix}$$

4.4 Vector de Probabilidades

Se determina que las probabilidades iniciales de que este ocupado y desocupado son de 0,5185 y 0,4815 respectivamente, obteniendo un vector de probabilidades iniciales v.

$$v = (0,4815 \quad 0,5185)$$

Entonces el vector de probabilidades iniciales y la matriz de transición logran determinar la probabilidad para el estado en un segundo instante de tiempo t_{n+1} , que viene dado por el nuevo vector $w = vP$.

Si se quiere determinar la probabilidad para un instante de tiempo $t=n+2, n+3, \dots, n+m$ se usa la expresión siguiente:

$$w = vP^m$$

La probabilidad de que se encuentre ocupado y/o desocupado después de transcurrido 0:02:31 min al estado actual se las determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} w &= vP = (0,4815 \quad 0,5185) \begin{pmatrix} 0,9085 & 0,0915 \\ 0,0847 & 0,9153 \end{pmatrix} \\ w &= (0,48136 \quad 0,51864) \end{aligned}$$

A partir del vector w se dice que la probabilidad de que esté ocupado después un instante de tiempo de 0:02:31 min es del 51,864% y de que esté desocupado es de 48,136%.

Con los resultados obtenidos se define el diagrama de flujo de transición como se observa en la figura 16.

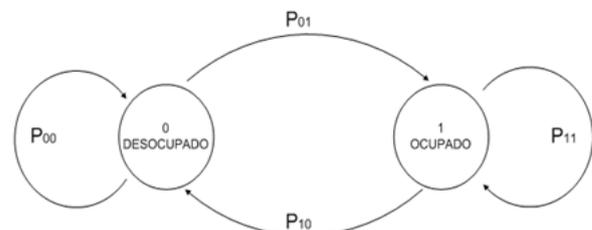


Figura 16. Diagrama de Transición de Markov

4.5 Simulación del modelo de Markov

Para la verificación y validación de la cadena de Markov, se hace uso de las funciones de los Modelos ocultos de Markov (HMM) que brinda Matlab dentro de su ToolKit, entre estas funciones están `hmmgenerate`, `hmmestimate`.

La función `hmmgenerate(len,TRANS,EMIS)` genera una secuencia de estados y de las emisiones a partir de un modelo de Markov especificados por la longitud de datos `len`, matriz de probabilidades de transición `TRANS`, y matriz de probabilidades de emisión `EMIS`.

La función `hmmestimate(seq,states)` calcula estimaciones de máxima verosimilitud de probabilidades de transición y de emisión de una secuencia de las emisiones y una secuencia conocida de los estados.

En matlab se crea la matriz de Transición `T` con las probabilidades de transición de estados posibles obtenido desde los datos analizados. Como se muestra en la siguiente expresión.

$$T = \begin{pmatrix} 0.9085 & 0.0915 \\ 0.0847 & 0.9153 \end{pmatrix}$$

Se crea el vector de emisiones iniciales `EmAct`, con las probabilidades de ocupación y desocupación. Véase siguiente expresión.

$$EmAct = \begin{pmatrix} 0.4815 \\ 0.5185 \end{pmatrix}$$

Se implementan las funciones antes mencionadas para el modelo simulado de Markov y luego compararlo con el modelo implementado con los datos obtenidos durante el estudio de la banda de frecuencias medias. En la siguiente expresión se aprecia los comandos y el procedimiento total para la comparación.

```
T = [0.9085 0.0915 ; 0.0847 0.9153];
EmAct = [0.4815 ; 0.5185]
[sequency , states] = hmmgenerate(574,T,EmAct);
[estimateT, estimateEm] = hmmestimate(sequency, states);
```

A partir del punto anterior se obtienen los siguientes resultados, matriz de transición estimada.

$$estimateT = \begin{pmatrix} 0.9158 & 0.0842 \\ 0.0870 & 0.9130 \end{pmatrix}$$

Con estos resultados obtenidos en Matlab se realiza el histograma con los resultados simulados para realizar la comparación del comportamiento con el histograma obtenido a partir del modelo implementado, Cadena de Markov, para así validar la implementación.

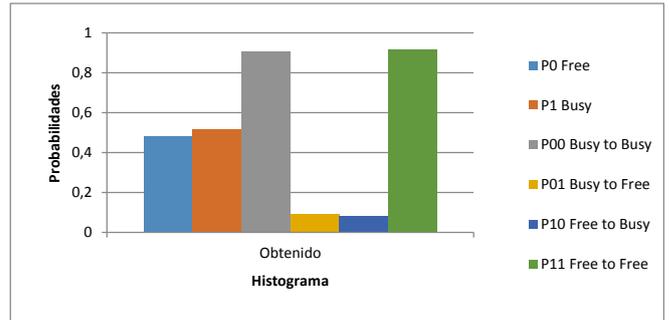


Figura 17. Histograma del Modelo Real

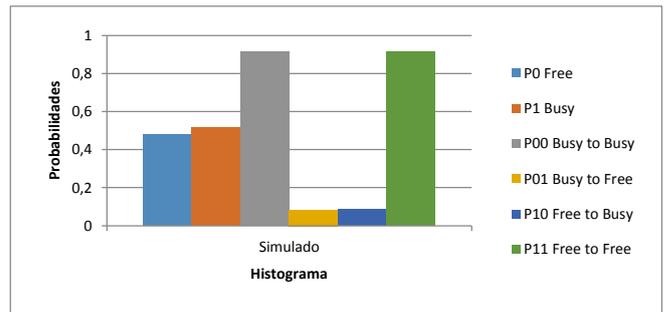


Figura 18. Histograma del Modelo Simulado

A partir de la figura 17 y figura 18, se puede evidenciar que el comportamiento para el caso del modelo real obtenido y del modelo simulado de Markov, es casi idéntico y sus variaciones entre las probabilidades de transición de un estado a otro son mínimas.

Por tanto se puede concluir que los datos obtenidos dentro de nuestro estudio, si corresponden a un modelo de Markov, tal como se lo enuncia en la simulación de Matlab.

5. Conclusiones

- Con el análisis realizado se puede observar que el comportamiento de la señal dentro de los días ordinarios es similar, pero al momento de ser fin de semana, sufre un evidente cambio, decayendo su porcentaje de ocupación de manera abrupta en ciertas frecuencias.
- La mayoría de frecuencias concesionadas transmiten algún tipo de señal, pero existen rangos de frecuencia como por ejemplo desde los 950 KHz hasta los 1010 KHz, desde los 1410 KHz hasta los 1485 KHz y desde los 1530 KHz hasta los 1705 KHz, que no emitieron señal alguna durante todo el proceso de medición, dando a entender que son espacios vacíos y desocupados, donde se puede implementar el uso de nuevas tecnologías sin problema alguno.
- Los resultados del análisis del estudio de este rango de frecuencias portadoras de la banda MF nos determina una media ocupacional del espectro del 51.85%, obteniendo un 48.15% de

espectro libre para implementar nuevas tendencias de innovación tecnológicas usando emisiones de información por radiofrecuencia RF como se expresa en el párrafo anterior, logrando aumentar la eficiencia y ocupación a la vez de esta banda del espectro.

- Al analizar la desviación estándar con respecto a la media ocupacional global, el resultado es de 0.0255, obteniendo así una varianza de 6.5×10^{-4} . A partir de esto, se evidencia que los cambios de porcentaje ocupacional entre días es mínima.
- A partir del modelo implementado para predicción de ocupación de la banda MF en tiempos futuros se logra determinar que la variación porcentual predicha sea de ocupación o desocupación es mínima, donde puede variar un $\pm 5\%$.

6. Recomendaciones

- La distribución de las frecuencias portadoras para ser concesionadas no se encuentran en un reparto equitativo de forma que se pueda usar de manera eficiente para no desperdiciar bandas de frecuencias, por lo que se recomienda implementar un plan de acción con labores prospectivas para regular el ancho de banda de frecuencias concesionadas, según las normas internacionales de la ITU y IEEE se recomienda un BW de 9 o 10 kHz, dicho BW puede generar en AM una baja calidad de sonido, lo recomendable para cada concesión debe ser de un BW 20 kHz y no de 30 a 50 kHz como se encuentran en separaciones de canales encontrados en el estudio técnico, mejorando así la calidad de la información transmitida y recibida.
- Una de las formas que se puede usar las frecuencias donde no hay recepción de señal en el área de estudio, es implementando un sistema de radiodifusión local con modulación AM que solo brinde cobertura a la zona de ESPOL sin crear interferencia alguna a emisiones fuera del área mencionada que operen en la frecuencia que se use para la transmisión, considerando que este riesgo puede aumentar por las noches.

7. Bibliografía

[1] Huidobro, Juan Manuel y Luque Ordoñez, Javier, “Comunicaciones por Radio”, Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético, Ra-Ma Editorial, España 2013.

[2] Tomasi, Wayne, “Electronic Communications Systems: Fundamentals Through Advanced” versión Español, 2003 México.

[3] Guamán, <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/189/2/Capitulo%201.pdf>, fecha de consulta noviembre 2014

[4] SUPERTEL, <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/radiodifusion/>, fecha de consulta noviembre 2014

[5] Huidobro, Juan Manuel y Luque Ordoñez, Javier, “Comunicaciones por Radio”, Tecnologías, Redes y Servicios de Radiocomunicaciones. El Espectro Electromagnético, Ra-Ma Editorial, España 2013. 70

[6] Rojas María, <http://disenoantenas.blogspot.com/>, fecha de consulta noviembre 2014

[7] UIT, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-7-200005-I!!PDF-S.pdf, fecha de consulta noviembre 2014

[8] SUPERTEL, <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/espectro/>, fecha de consulta noviembre 2014

[9] SUPERTEL, <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/radiodifusion/>, fecha de consulta noviembre 2014

[10] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-de-Ley-de-Radiodifusion-y-Television.pdf>, fecha de consulta noviembre 2014

[11] Faúndez Zanuy, Marcos “Sistemas de Comunicaciones”. Ed. MARCOMBO S.A. Barcelona, España. 2001.

[12] Innova Technologies, <http://www.radiocomunicaciones.net/teoria-antenas.html>, fecha de consulta noviembre 2014

[13] Locura Digital S.A, http://www.locuradigital.com/emisoras_c_b_27_mhz/midland/midland_alan_48_bs_antena_27.html, fecha de consulta noviembre 2014

[14] Mora, Juan, <http://www.slideshare.net/jjmorave/analizador-de-espectros-5518987>, fecha de consulta noviembre 2014

[15] KEYSIGHT TECHNOLOGIES, <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-9815EN.pdf>, fecha de consulta noviembre 2014

[16] Agilent Technologies, <http://hibp.ecse.rpi.edu/~connor/education/EISpecs/intuilink.pdf>, fecha de consulta noviembre 2014

[17] Mathworks, http://es.mathworks.com/products/matlab/index.html?s_tid=gn_loc_drop, fecha de consulta noviembre 2014

[18] TeamViewer, <http://www.teamviewer.com/es/products/remotecomtrol.aspx>, fecha de consulta noviembre 2014

[19] Martínez, Alfredo, http://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund10.pdf, fecha de consulta febrero 2015