



DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ANTENAS CON GANANCIA CONSIDERABLE PARA USOS COLECTIVOS

DESIGN AND MANUFACTURE OF ANTENNAS WITH CONSIDERABLE GAIN FOR COLLECTIVE USE

Tuan Ernesto Cordoví Rodríguez¹, David Beltrán Casanova², Roberto Jiménez Hernández³

1 Antenas VC, Cuba, tuan@antenasvc.co.cu, Carretera Central No. 536-A Esquina a Tirso Díaz, Santa Clara, Villa Clara

2 Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), Cuba, dbeltranc@uclv.edu.cu

3 Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), Cuba, jimenez@uclv.edu.cu

RESUMEN: *El trabajo se enfoca en el diseño de antenas de alta ganancia fabricadas especialmente con productos ociosos o de lento movimiento de los almacenes de la Empresa de Antenas de Villa Clara. Su uso está destinado para las antenas de las instalaciones de sistemas de transporte de señal de Televisión Digital Terrestre (TDT) en edificaciones las cuales son productos de gran demanda en la actualidad. Esta tarea también fue orientada por la Comisión Nacional de Televisión Digital como una propuesta al mejoramiento de la recepción de la TDT. Mediante los sistemas de antena colectiva se evita la proliferación de antenas individuales en edificios multifamiliares que atentan contra el entorno. Se han realizado algunas propuestas, dentro de estas, se destacan las antenas con reflector de panel, de ganancia y longitud considerable, elegidas después de un breve estudio de diversos modelos de antenas extranjeras, con la tecnología para la fabricación de las mismas que se posee en la actualidad y utilizando materiales de lento movimiento. También de acuerdo a la utilidad para la recepción colectiva se considera por la capacidad de asegurar la señal con la calidad requerida en los terminales de usuarios fundamentalmente en zonas de baja cobertura en la banda UHF donde los parámetros para la recepción de la señal de TDT no poseen la calidad requerida. Como resultado se obtuvieron nuevos diseño de antena para su inserción en los montajes de los sistemas de recepción colectivas.*

Palabras Claves: Antena, Uda-Yagi, ganancia, cabecera CATV, nivel de potencia.

ABSTRACT: *The work focuses on the design of high gain antennas made especially with idle or slow-moving products from the warehouses of the Antenna Company of Villa Clara. Its use is intended for the antennas of the installations of systems of transport of signal Digital Terrestrial Television (TDT) in buildings which are products of great demand at present. This task was also guided by the National Commission of Digital Television as a proposal to improve the reception of DTT. Through the collective antenna systems the proliferation of individual antennas in multi-family buildings that threaten the environment is avoided. Some proposals have been made, among them, the antennas with panel reflector, of considerable gain and length, chosen after a brief study of different models of foreign antennas, with the technology for the manufacture of the same that is possessed currently and using slow moving materials. Also according to the utility for collective reception is considered for the ability to ensure the signal with the required quality in the user terminals, mainly in areas of low coverage in the UHF band where the parameters for the reception of the DTT signal are not they possess the required quality. As a result, new antenna design was obtained for its insertion into the assemblies of the collective reception systems.*

KeyWords: Antenna, Yagi-Uda, gain, CATV head end, power level.

1. INTRODUCCIÓN

La función de la instalación con antena colectiva o sistema *Master Antenna TV (MATV)* es recibir las señales de televisión, procedentes de emisiones terrestres, y de satélites, para adaptarlas en el equipo de cabecera y así poder distribuir las a través del cableado del edificio hasta las tomas de usuario instaladas en el interior de las viviendas. Las instalaciones colectivas constan de sistemas de recepción de antenas colectivas, un sistema de cabecera y un sistema de distribución, para repartir la señal a todos los vecinos. Los modelos para las instalaciones de antenas colectivas más utilizadas se muestran en la Figura. 1.

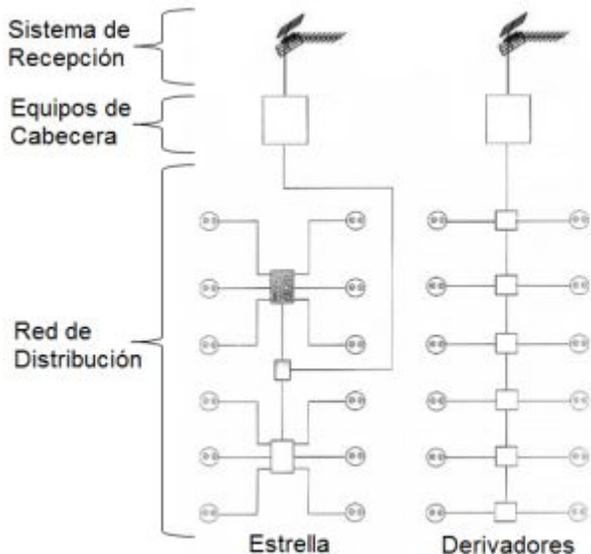


Figura. 1: Ejemplo de sistema de antena colectiva MATV

También en sistemas de antenas colectivas la robustez que presenta la TV Digital consiste en que el nivel de señal se encuentre dentro de los límites de aceptación, la misma se podrá disfrutar con alta calidad, pero a medida que disminuye el nivel de la señal, siendo débil con respecto a los ruidos u otras interferencias que influyen, aparece el característico Precipicio Digital (*Cliff Digital*) que es la incapacidad de detección del receptor que comienza a "pixelarse" hasta dejar de verse la imagen por completo, y es lo que justifica el dicho popular de "se ve o no se ve".

- Parámetros fundamentales a medir en la recepción de la TDT en instalaciones de antenas

colectivas

La Potencia de la señal es la que se recibe en la toma de la vivienda o local, se mide en dBm. El valor admisible mínimo conocido como TOV Umbral de Visibilidad (*Threshold Of Visibility*), según el Estandar UIT-R BT. 2032-2 y en pruebas realizadas en laboratorios indican valores inferiores de -85 dBm para algunos receptores repartidos a la población cubana [1]. Sin embargo en la práctica, en algunas mediciones realizadas con antenas exteriores en diferentes localidades del territorio nacional los niveles débiles oscilaban por debajo de -68 dBm los cuales también se en la Tabla I por la UIT-R la cual se elige como referencia.

Tabla I: Indicadores de recepción de la señal en receptores de TVD

Rango de niveles según UIT-R BT.2035-2	Indicador según UIT-R BT.2035-2
>-15dBm	Muy intenso
-15dBm>nivel>-28dBm	Intenso
-28dBm>nivel>-53dBm	Moderado
<-68dBm	Débil

La Razón de Error en la Modulación, MER (*Modulation Error Ratio*) en términos de QAM o Modulación de Amplitud de Cuadratura (*Quadrature Amplitude Modulation*) es la modulación usada en la TDT. Es la razón entre la magnitud del símbolo promedio y la magnitud del error promedio para el símbolo que normalmente se expresa en dB. Es la equivalente a la relación señal a ruido (S/N) pero en la modulación. La mayoría de los receptores actuales decodifican correctamente la señal con un MER > 20 dB con una modulación de 64 QAM. El valor mínimo aconsejable para la MER en una antena es de 23 dB. Este parámetro puede alterarse por las señales multitrayecto, interferencias, ruidos provocados por el hombre entre otros [2].

2. ESTUDIO SOBRE LA RECEPCIÓN DE LA TDT EN LAS EDIFICACIONES

Como objeto de estudio se expone el caso en el poblado de Remedios donde se recibe con dificultad las señales del canal 22 de Caibarién y el canal 13 de Santa Clara. En la actualidad existen 4 transmisores de DTMB en la provincia de Villa Cla-



ra. El transmisor del canal 22 está situado en el batey del central azucarero Marcelo Salado, antiguo ingenio Reformas, en el municipio de Caibarién. El mismo posee una potencia de 100 W y le da cobertura al poblado de Caibarién a través de un conjunto de 4 antenas de panel de 10.5 dBi. Las antenas están ubicadas en dirección opuesta a solo 5 km del poblado de Remedios en el cual se recibe la señal con muy baja intensidad.

En las mediciones de intensidad de campo realizadas, se pudo comprobar que la señal del transmisor del canal 22 se recibe con mayor intensidad que la del transmisor del canal 13. Aun así en la comprobación de la cobertura del canal 22 en UHF se obtuvieron valores de 50.1 dBμV/m y -82.7 dBm por debajo de lo establecido para la norma china en Cuba [3]. También el poblado queda casi fuera de la zona de cobertura del transmisor del canal 22 en el mapa de los municipios de Remedios y Caibarién mostrado en la simulación del software EMLAB en la Figura. 2.

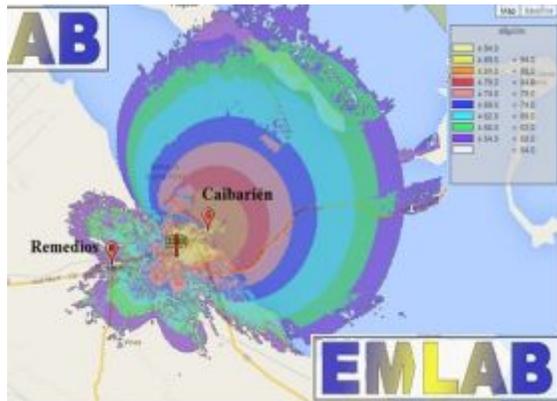


Figura. 2: Zona de cobertura del transmisor de 100 W en el municipio de Caibarién (Fuente: RADIO-CUBA)

En una primera medición en la azotea del hotel se usó un dipolo AM-030 en la modalidad de UHF, donde la potencia de la señal recibida estaba en los límites establecidos de -61.5 dBm y con un MER aceptable de 22.3 dB. Cuando se colocó un distribuidor de señal (*Splitter TSV-8SB*) de 1 entrada y 8 salidas, se atenuaron los niveles de señal aproximadamente 12 dB con la obtención de un nivel de -73 dBm (por debajo de -68 dBm establecido como referencia) y el MER cerca de los 19dB mostrados en la lectura del analizador de TV *DEVISER S7000* en la Figura. 3 que conlleva a trabajar los receptores cerca del umbral de recepción donde prevalece la señal débil.



Figura. 3: Primera medición realizada con un dipolo de $\lambda/2$ PROMAX AM-030 sobre el canal 22 de Caibarién

Se requirió que los niveles en cada STB se encuentren con una potencia cercana a los -60 dBm y la MER por encima de 22 dB, adecuados para un buen funcionamiento del sistema con un margen de seguridad de 8 dB para compensar el futuro deterioro de la señal causado por agentes ruidosos, entre otros [4]. También pérdidas del sistema (L_{sist}) de 12 dB ocasionadas por el distribuidor y el cable bajante con sus respectivos conectores se compensan con la colocación de una antena, con una ganancia igual o mayor que las pérdidas introducidas o sea:

$$G_{ant} = L_{sist} + 2.15 = 12 + 2.15 \approx 14 \text{ dBi} \quad (1)$$

Esta problemática se resolvió con una Antena Uda-Yagi híbrida con reflector esquinado de una ganancia aproximada de 14 dBi destinada para trabajar solo en el canal 22.

3. PROPUESTA DE ANTENA UDA-YAGI CON REFLECTOR ESQUINADO COMO ANTENA PARA USO COLECTIVO PARA TDT

Para la recepción de la TDT en lugares alejados del transmisor se utilizan antenas de relativa alta ganancia en la banda de UHF como las antenas Uda-Yagi, pero estas poseen anchos de banda relativamente estrechos. Aunque las antenas Log-Periódicas son de mayor ancho de banda, son más complejas eléctrica y mecánicamente [5]. No representan una buena solución debido a su considerable longitud en correspondencia a una relativa alta ganancia.

La antena a usar es del tipo Uda-Yagi, muy utilizada para la recepción de TV. El principio de la antena se basa en un elemento radiante o dipolo, al cual se le incorpora elementos parásitos paralelos en el mismo plano a distancias determinadas para transformar el patrón de potencia y lograr la direccionalidad necesaria. Con la inserción del reflector



esquinado se obtiene mayor ganancia y coeficiente de radiación trasera (*Front to Back*) disminuyéndose considerablemente el efecto de los ruidos y señales interferentes provenientes de otras direcciones [6] [7].

En este caso se utiliza como elemento activo un dipolo doblado con impedancia de entrada 300Ω fabricado con la tecnología existente, el cual posee mayor ancho de banda que el dipolo simple debido a que las susceptancias de los modos de radiación y de transmisión se compensan [6]. Con la inserción de un balun 4:1 se logra el acople al alimentador de cable coaxial RG-6 de 75Ω .

3.1 Criterios de diseño de la antena Uda-Yagi con reflector esquinado de 14 dBi

Teniendo en cuenta el buen desempeño de la antena Uda-Yagi en banda estrecha se tomó como criterio fundamental realizar una antena que cubriera el canal 22 en la banda de UHF.

Como propuesta de diseño inicial se realizó una antena para el ancho de banda de 6 MHz con una frecuencia central de 521 MHz correspondiente al canal 22. Se tuvieron en cuenta como parámetros constructivos fundamentales las longitudes de los elementos y los espaciamentos entre ellos, recomendadas el método tabular conocido como método de la NBS (National Bureau of Standard) ofrecido en el documento original *Meter P Viezbijke, "Yagi Antenna Design", NBS Technical Note 688, December 1976*. Nos da la posibilidad de llegar a soluciones de ingeniería de una forma relativamente rápida y confiable, por basarse en mediciones experimentales. Provee un procedimiento para determinar los parámetros geométricos de la antena Uda-Yagi para una ganancia directiva determinada (sobre un dipolo de media longitud de onda) [6][7].

Posteriormente se realizó el modelado y la simulación a través del paquete de software utilitario profesional *CST Microwave Studio 2017* (CST-MS). Teniendo en cuenta su poder de cálculo, se utilizó para antenas de este tipo, ya que constituye un software muy recomendado para antenas de VHF y UHF. En la Figura. 4 se puede observar como queda conformado un modelo geométrico sobre CST-MS en comparación al modelo real equivalente.

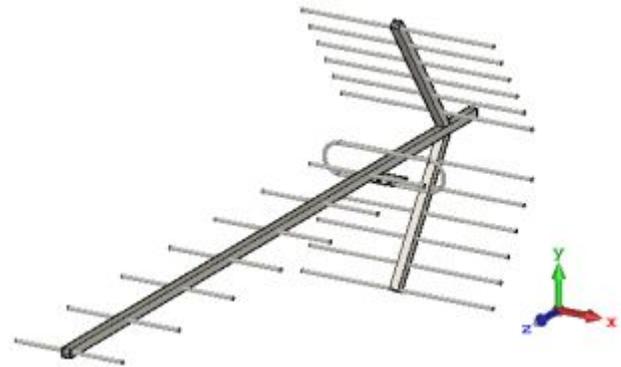


Figura. 4: Modelo de antena Uda-Yagi de 7 directores y reflector esquinado de 300Ω empleado en el software CST-MS

Luego de la última optimización, se obtuvo como resultado una antena que posee características de razón de onda estacionaria (ROE) por debajo de 2 en la banda de UHF desde el canal 14 al 30. En las demás frecuencias quedan fuera del rango debido a que la ROE se encuentra con valores muy superiores de 2. Tal comportamiento se muestra en la Figura. 5. donde se encuentra señalada la frecuencia central del canal 22 correspondientes a la ROE a los 75Ω debido a la inserción de un balun 4:1 línea *Microstrip* simulado a través de CST-MS, que se utiliza para la transformación de impedancia de 300Ω a 75Ω un modelo del que se encuentra en estado ocioso en el almacén.

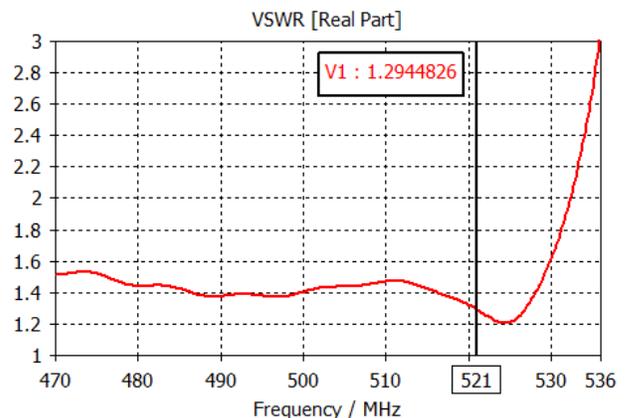
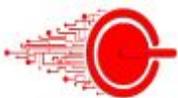


Figura. 5: Comportamiento de la ROE en la bandas de frecuencia de trabajo para una línea de cable coaxial de 75Ω

La ganancia, en la banda de UHF del canal 14 al 30, posee un valor promedio de 13.4 dBi y las frecuencias comprendidas del canal 22 se encuentran con valores aproximados de 14 dBi dentro del rango teórico de máxima ganancia de potencia de la antena. La curva de ganancia en función de la frecuencia se muestra en la Figura. 6. donde se encuentra señalada la frecuencia central del canal 22.



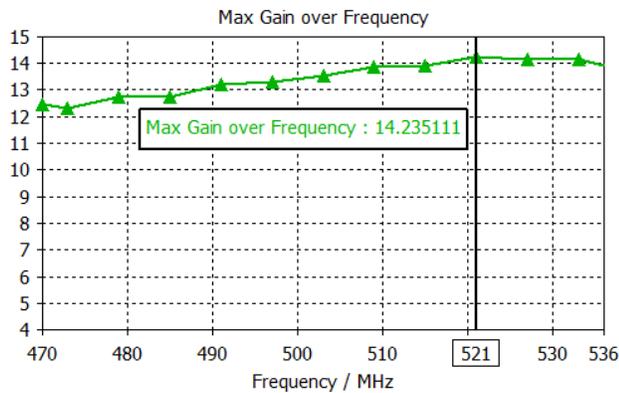


Figura. 6: Ganancia de la antena Uda-Yagi de 300Ω en las bandas de frecuencias de trabajo

La antena posee un coeficiente de radiación trasera o *Front to Back* promedio de 26 dB para la banda de trabajo. Esta relación se puede observar con un incremento en la frecuencia central 521 MHz del canal 22 en la Figura. 7, de interés por el momento, lográndose un alto rechazo a los ruidos e interferencia provenientes de la parte trasera de la antena, debido a la disminución del nivel de los lóbulos traseros producidos principalmente con los reflectores reforzados con varillas de diámetro 8 mm.

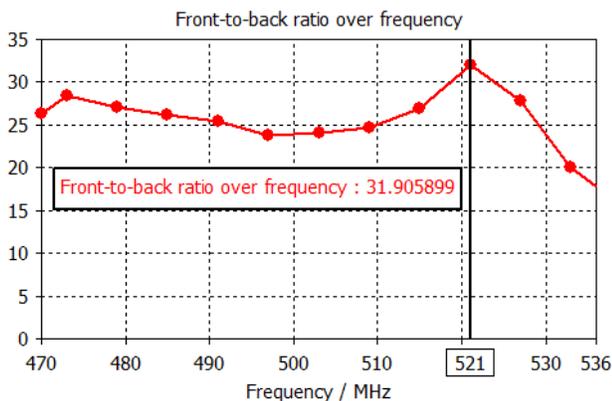


Figura. 7: Coeficiente de radiación trasera en la banda de trabajo

A continuación en la Figura. 8 se muestra el patrón de radiación de potencia en 3D a la frecuencia de 521MHz.

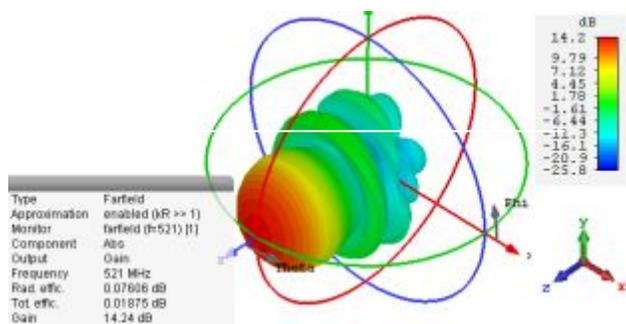


Figura. 8: Patrón de Radiación en 3D

4. MEDICIONES DE PARÁMETROS TÍPICOS DE LA ANTENA PROPUESTA

Después de los cálculos y simulaciones se dio la tarea de fabricar dos prototipos de la antena propuesta mostrada en la Fig. 9 con el objetivo de realizar algunas mediciones.



Figura. 9: Prototipo Antena Uda-Yagi de 9 elementos con reflector esquinado

3.2 Mediciones de Pérdidas por Retorno y ROE

A continuación se muestra las pérdidas por retorno (PR) de un prototipo de antena fabricada. Se muestran las pérdidas por retorno de la simulación y de la medición con un analizador de espectro *DEVI-SER DSA 8853T*. También se muestra en la Figura. 10 la disposición de cada dispositivo para efectuar la medición de este parámetro.

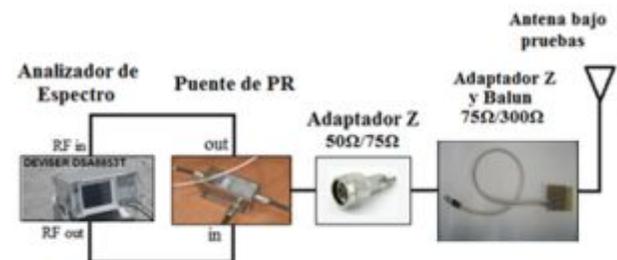


Figura. 10: Esquema de dispositivos para la medición de pérdidas por retorno

Muchos analizadores de espectro no tienen la opción de medir la ROE, pero éstos miden las pérdidas por retorno. En la Figura. 11 se muestra en la curva verde las pérdidas por retorno en función de la frecuencia ofrecidas por el analizador de espectro en la banda de UHF donde se observa que la

antena posee buen desempeño en la parte baja de la banda, de 470 MHz hasta 530 MHz, donde los valores se encuentran por debajo de -10 dB con respecto a la línea roja que indica 0 dB.

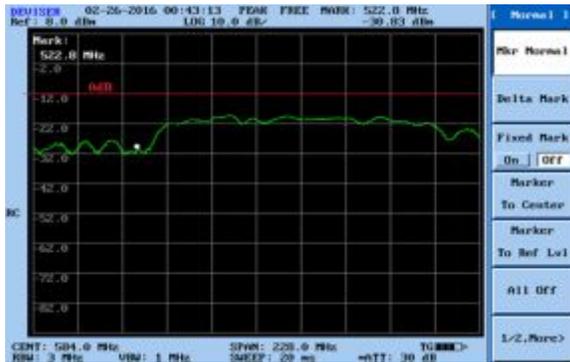


Figura. 11: Medición de las pérdidas por retorno en la antena Uda-Yagi con reflector esquinado en la banda de UHF

A partir de las pérdidas por retorno (PR) medidas se puede calcular la ROE. El método se basa en las siguientes ecuaciones, calculando el módulo del coeficiente de reflexión ($|\Gamma|$) desde (2) en (3) y sustituyéndolo en (4).

$$PR = 20 \log |\Gamma| \quad (2)$$

$$|\Gamma| = 10^{PR/20} \quad (3)$$

$$ROE = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (4)$$

Estas ecuaciones permiten transformar las PR en ROE y a través de un archivo de texto los valores son importados en una grafica de resultados en el CST-MS la cual permite una comparación gráfica de la ROE mostrada en la Figura. 12.

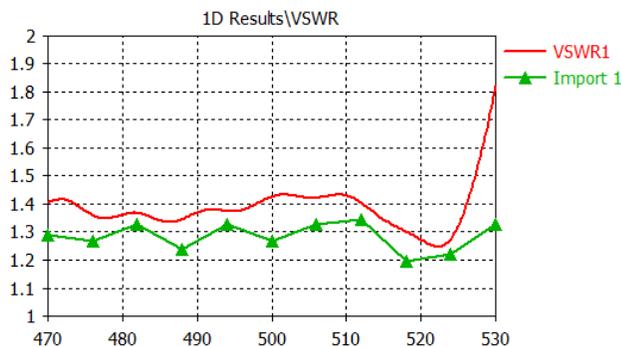


Figura. 12: Gráfico comparativo entre la ROE medida y simulada

En la figura se puede notar que la ROE de la medición está dentro del margen de aceptación para una antena de TV, con una ROE inferior a 2.0.

3.3 Mediciones de Ganancia, Coeficiente de Radiación Trasera y Patrón de radiación

La medición se realizó por el método absoluto, utilizando dos antenas idénticas con igual características radioeléctricas, separadas 10 m cumpliendo con los requisitos del campo lejano: $Dist=2(L_{max} 2)/\lambda$, donde se recomienda que ningún objeto metálico debe estar cercano a la antena a esa distancia y L es la longitud de la antena de 1.5 m [8]. Se instaló una como receptora y la otra como transmisora con un generador de RF con 0 dBm. En la Figura. 13 se muestra el esquema utilizado para la medición.

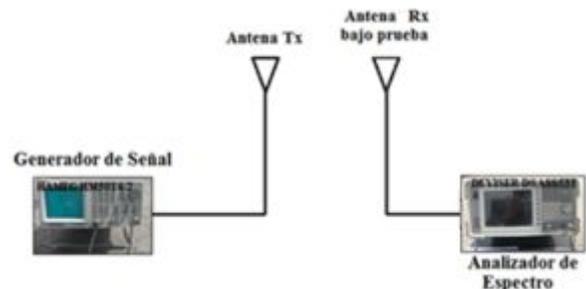


Figura. 13: Esquema de dispositivos para la medición de parámetros típicos de antenas

Tanto la ganancia, el coeficiente de radiación trasera, y el patrón de radiación se en la antena receptora bajo prueba, soportadas por un mástil de 3 m y una base giratoria con resolución de 10° . La ecuación para calcular la ganancia de las antenas se basa en la Ecuación de transmisión de Friis utilizada para cálculos de radioenlaces:

$$P_r = P_t + G_{ant1} + G_{ant2} - P_p - P_c \quad [dBm] \quad (5)$$

Donde P_c son las pérdidas en los cables de alimentación y los adaptadores, P_p son las pérdidas de propagación:

$$P_p = 20 \log(4\pi Dist/\lambda) \quad [dB] \quad (6)$$

Suponiendo que $G_{ant1} = G_{ant2} = G_{ant}$ en la Ec. (6), la ganancia de la antena se determina como:

$$G_{ant} = \frac{P_r - P_t + P_p + P_c}{2} \quad [dBi] \quad (7)$$

$$G_{ant} = \frac{-26.8 - 0 + 46.8 + 7.2}{2} = 13.6 \text{ dBi} \quad (8)$$

El coeficiente de radiación trasera o F/B lo marca la diferencia de la potencia recibida en direcciones



contrarias frente a la antena transmisora obteniéndose un valor aproximado de 30 dB. El patrón de radiación se muestra en la Figura. 14 donde se muestra una comparación comparativa gráfica con respecto al simulado.

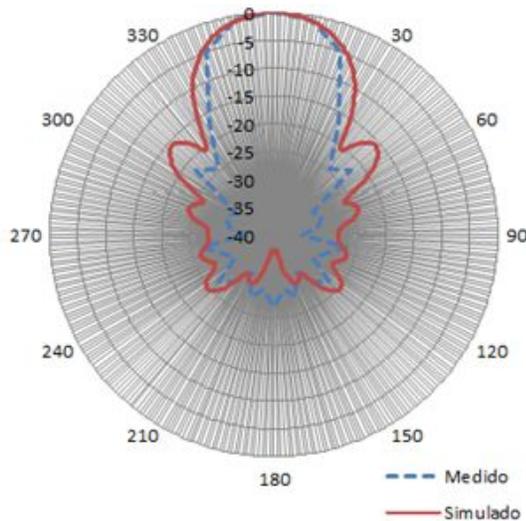


Figura. 14: Gráfico comparativo entre los patrones de radiación en el Plano E simulado y medido

Según los parámetros determinados se puede señalar que existe para el método de medición una desviación de -0.53 dBi en la ganancia y -10 dB en la F/B.

Se puede concluir que este método presenta desviaciones debido a la cercanía de los objetos y del suelo en el espacio comprendido entre las dos antenas. Así lo demuestra las diferencias entre el patrón de radiación horizontal o plano E medido y simulado. Para las mediciones precisas de antenas se recomienda usar una cámara anecoica con paredes completamente absorbentes.

5. INSTALACIÓN DE ANTENAS DE USO COLECTIVO PARA LA RECEPCIÓN DE TDT EN UNA CABECERA MATV

El Sistema de Recepción se realizó considerando las pérdidas de los distribuidores de señal (Splitter) y del cable coaxial. El tramo mas largo desde la antena al Splitter posee aproximadamente 20 m de cable RG-6 de 75 Ω y las pérdidas del mismo calculadas en la frecuencia central del canal 22, en 521 MHz, son de 3.4 dB según la hoja técnica del cable coaxial dadas a conocer por el fabricante.

Por otro lado tenemos las pérdidas por los conectores y distribuidores, que para el caso de los conectores se toma en consideración el peor de los casos, o sea 0.5 dB por cada rama (tramos de cable coaxial con un conector en cada extremo) y el Splitter TSV-8SB según las ofrecidas por el fabri-

cante, que en este caso es 10.4 dB.

No se consideran las pérdidas de los cables cortos de 1 m para la conexión desde el Splitter al STB en la cabecera del sistema MATV. Por tanto en los terminales de la antena, se precisa tener, como mínimo, -45.2 dBm de potencia, para que los Set Top Box puedan realizar la decodificación de la TDT sin ningún tipo de afectación con niveles cerca de -60 dBm recomendados.

El esquema del sistema montado se muestra en la Figura. 15 formado por diversos componentes que están ubicados en un Rack que constituye la cabecera del Sistema MATV de dicho hotel. Los enlaces que pueden estar comprometidos son los que van desde el distribuidor y los STB si no existen los niveles de señal recomendados.

El sistema está compuesto por la antena prototipo, un bajante de 20 m hasta el distribuidor TSV-8SB al cual están conectados los 8 STB SOYEA, modelo SDP-160. Cada STB está configurado para trabajar en un programa de los 8 que conforman los canales digitales de definición estándar los cuales sus salidas de video y audio en banda base de cada se modulan en un modulador del tipo PCM55 con un canal de RF de CATV. Luego se mezclan todas las señales de las salidas de los moduladores en un solo medio físico de cable coaxial a través de un combinador pasivo de 12 entradas y 1 salida del tipo PHC-12G, que posee una pérdida de -18 dB, y por ello, da lugar a la colocación de un amplificador de señal para elevar los niveles a un valor suficientemente útil como para que en todas las tomas de usuarios llegue la señal analógica por encima de 0 dBmV con la calidad requerida. Estos sistemas son montados por la empresa TELECABLE de CIMEX y COPEXTEL las cuales se consideran clientes potenciales de antenas de relativa alta ganancia para usos colectivos en instalaciones estatales.

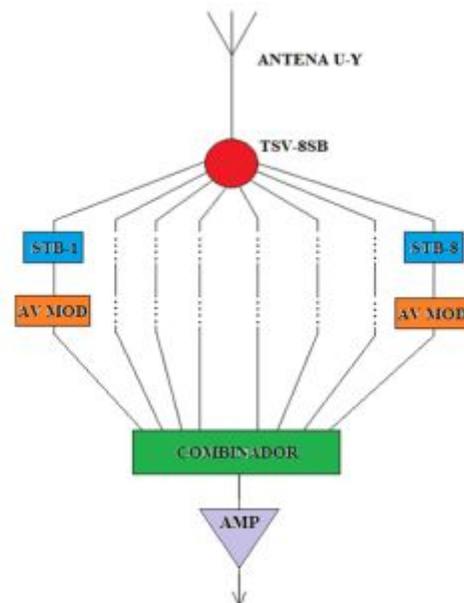


Figura. 15: Esquema del Sistema MATV, con STB y una antena Uda-Yagi con ganancia considerable.

6. MEDICIONES DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA RECEPCIÓN DE LA TDT

Para las mediciones se utilizó un analizador de TV DEVISER S7000 que brinda múltiples prestaciones sobre todo en la norma DTMB China. Los valores de señal recibida en cada punto de interés, en el lugar donde se encuentra instalado el sistema de antena colectiva, se muestran en la Tabla 2.

Tabla II: Niveles recibidos con la antena y en cada terminal de STB

Puntos Medidos	Pot. Canal 22 (dBm)	MER Canal 22 (dB)
Antena Uda-Yagi con RE	-49.4	>28.1
Terminal de Set Top Box	-60.5	>24.6

La señal en cada terminal de STB posee valores idénticos debido a que comparten el mismo distribuidor. En este caso todos los niveles están por encima de -68 dBm con un margen de 7.5 dBm de seguridad suficiente para mantener la señal con la calidad planificada.

7. MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN

Las antenas del tipo Uda-Yagi aumentan en tamaño y en cantidad de elementos al aumentar la ganancia. Es por ello que las antenas con ganancia considerable son extremadamente largas. Esto trae consigo que se utilicen diversos soportes para mantener su estructura y fijación al mástil. Por otro lado la mayoría de los clientes utilizan el cable coaxial y es por ello que requiere la inserción de un balun que haga la transformación de impedancia de 300Ω a 75Ω y Ω adaptarlo al dipolo es el que se fabrica en la entidad. Los materiales para la fabricación de antenas de ganancia considerable en la gran mayoría son de lento movimiento u ociosos. Dentro de los mismos se encuentran:

- Taco de goma para escalera.
- Soportes T larga.
- Soportes T corta.
- Soportes T inclinada
- Extensor de Boom
- Balun *Microstrip* de 300Ω a 75Ω .
- Varilla de diámetro 8 mm.
- Tapón extremo de varilla de diámetro 8mm.

Las partes fundamentales junto al despiece de la primera propuesta se muestran en la figura. 16.

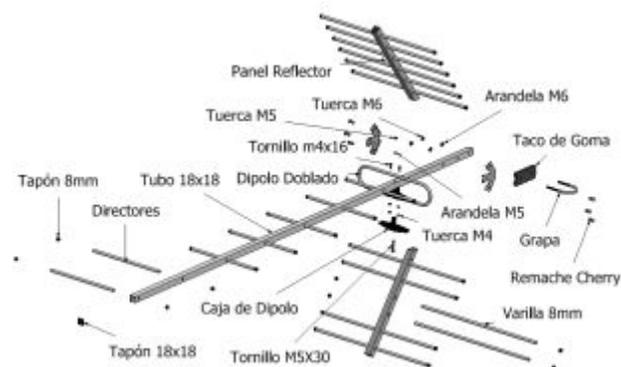


Figura. 16: Modelo de despiece señalizado

8. CONCLUSIONES

A través de este trabajo se muestra fundamentalmente la actividad que realiza la Empresa de Antenas de Villa Clara, encontrándose inmersa en el desarrollo y despliegue de la Televisión Digital en todo el territorio nacional. Se demuestra la capacidad de llevar a cabo la fabricación de antenas con productos de lento movimiento u ociosos de la propia entidad con el objetivo de ser más eficientes. También se muestra una nueva variante de instalación de antenas colectivas agregadas a los servicios MATV y como caso de estudio fue escogido un Hotel de Villa Clara por sus condiciones de mala recepción de la TDT. Como resultado se dejó realizado un nuevo producto de antena para UHF como punto de partida para los demás diseños bajo el mismo principio. También se hicieron diversas mediciones para comprobar los parámetros radioeléctricos fundamentales. Por último se logró dejar cada toma de los Set Top Box con niveles por encima de los valores mínimos teóricos, dando posibilidad de una señal de excelente calidad.

Se consideró seguir perfeccionando estos diseños, agregando otros modelos de antenas con características similares que también empleen recursos materiales ociosos o de lento movimiento y posibilidad de prestar servicios especializado a las demás instituciones estatales que lo deseen.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fundora, J. A. A.: "Antena de Banda Ancha para la Recepción de Televisión", Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE, pp. 2 – 3, Ciudad de La Habana, 2013.
2. Álvarez, R. C. et al.: "Recomendaciones Para El Diseño De Receptores De TVD Para Cuba". 3er



FORO Internacional de TDV de la Habana, 2015. pp. 3-4.

3. Alvaríno, R. *Grupo de Calidad del Servicio de Televisión Digital Terrestre*. Grupo de Calidad del Servicio de Televisión Digital Terrestre. 2009.

4. HEREDIA, A. W. et al. "Proyecto de Asignación de Canales para la Transmisión de Televisión Digital Terrestre en Cuba". 3er FORO Internacional de TDV de la Habana, 2013, pp. 5-6.

5. Mártony, J. *Antenas Receptoras Para La TV Digital*, CUE Ltda, 2014. [en línea]. Disponible en Web: www.cue.com.uy.

6. Fundora, J. A. A. "Antena de Banda Ancha para la Recepción de Televisión", Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE, pp. 2 – 3, Ciudad de La Habana, 2013.

7. Jiménez, Roberto. *Fundamentos de la Ingeniería Electromagnética*. Santa Clara: Editorial "Samuel Feijoo", 2011. 302 pp. ISBN 978-959-250-749-4.

8. Kraus, John D. *Antennas*, New Delphi: 2da Edición, McGraw-Hill, 1988. 549 pp. 805 pp. ISBN 0-07-035422-7

1. SÍNTESIS CURRICULARES DE LOS AUTORES

Tuan E. Cordoví Rodríguez. Master en Telemática. Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica en el año 2010 en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV). Se desempeña como Especialista Principal del Dpto. I+D+i de la Empresa de Antenas de Villa Clara. Correo: tcordovi@gmail.com, Teléfonos: 042 291364, +53 58497783.

David Beltrán Casanova. Graduado en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la UCLV en el año 1991, Máster en Telecomunicaciones en el año 1996. Jefe de la Disciplina Sistemas de Radiocomunicaciones en Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la UCLV.

Roberto Jiménez Hernández, Profesor Titular, Consultante y de Mérito, Doctor en Ciencias Técnicas. Graduado en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en Noviembre de 1964 en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas en la Especialidad de Telecomunicaciones. Graduado de Doctor en Ciencias Técnicas en la especialidad de Radiocomunicaciones (Ph. D.) en el Instituto Nacional de Investigaciones de Radio de Moscú en Junio de 1979 en el tema "Investigación de los parámetros eléctricos de las antenas lineales para radiodifusión y radiocomunicaciones".

