

# ANÁLISIS DE COBERTURA DE LA TDT EN LA HABANA MEDIANTE EL EMPLEO DE RADIOMOBILE.

Ing. O. Vera Sardiñas<sup>1</sup>, Ing. A. Álvarez González<sup>2</sup>, Ing. M. Gómez Pellón<sup>3</sup>

*1 Radiocuba Oficina Central, Habana 406 / Obispo y Obrapía, Habana Vieja, Cuba.  
omar@cm.radiocuba.cu*

*2 Radiocuba, Construcción y Montaje, 17 /A y B, Plaza de la Revolución, Cuba.  
maya@cm.radiocuba.cu*

## Resumen:

Se presenta un análisis de la cobertura de los 7 transmisores de Televisión Digital Terrestre (TDT) en la ciudad de La Habana mediante el empleo del software "Radiomobile" adaptado a las características de estos sistemas.

Se determinan las coberturas para los umbrales de intensidad de campo establecidos para Cuba en UHF, de 54 dBmV/m a 10 m sobre el suelo para E(95,50), es decir, 50 % del tiempo en un 95 % de las ubicaciones, con variantes para otras alturas y atenuaciones adicionales que simulan las condiciones de antenas interiores a distintas elevaciones.

Palabras claves: Televisión Digital Terrestre, Radiomobile, Cobertura, UHF, VHF.

## Abstract:

An analysis of the coverage of the 7 Digital Terrestrial Television (DTT) transmitters in the Havana city is presented using the "Radio Mobile" software adapted to the characteristics of these systems.

The coverage for the field intensity thresholds established for Cuba in UHF is determined, from 54 dBmV / m to 10 m above the ground for E (95.50), ie 50% of the time in 95% of the locations, with variants for other heights and additional attenuations that simulate the conditions of interior antennas to different elevations.

Key words: Digital Terrestrial Television, Radiomobile, UHF, VHF

## 1.- Introducción

Las coberturas de señales de Radio y TV en las bandas de UHF y VHF están determinadas por los parámetros técnicos de los sistemas de transmisión y por la topografía y otras características del terreno y del medio.

Radiocuba dispone de un software profesional EMLAB RF Software especializado en el cálculo de cobertura radioeléctrica, pero su uso está limitado a una máquina específica para la cual se adquirió su licencia, relativamente cara.

Existe el software libre "Radiomobile", concebido especialmente para el cálculo de radio enlaces de estaciones fijas y móviles, que hace uso de ficheros SRTM

(Shuttle Radar Topographi Mision) disponibles en la Internet, para obtener los datos topográficos requeridos, con resolución de 3 seg. de grado, equivalentes a unos 90 m en el terreno. Disponemos de estos ficheros para todo el territorio nacional.

Para su empleo en el tratamiento de señales de Radiodifusión de TV y FM presenta dos inconvenientes que deben ser salvados:

- No dispone en su repertorio de los patrones de los sistemas de radiación necesarios.
- Los umbrales de cobertura no se especifican en  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  como se requiere, sino como sensibilidad del receptor en  $\mu\text{V}$ .

En este trabajo se da solución a ambos inconvenientes y se experimentan diversas situaciones de casos reales.

## **2.-Objetivos**

- Presentar el software de Radiomobile para el cálculo de coberturas de la TDT.
- Obtener patrones de los sistemas de radiación de la TVD utilizados en la Habana e introducirlos al Radiomobile.
- Convertir el dato de sensibilidad del receptor a intensidad de campo para su uso en el Radiomobile
- Presentar un tutorial resumido con las especificidades y datos requeridos para facilitar la explotación de "Radiomobile".
- Realizar el cálculo de cobertura para todos los canales de la TDT en la Habana.
- Demostrar que sucede con la cobertura al variar la altura de las antenas receptoras.
- Validar los resultados obtenidos mediante la comparación con el software profesional EMLAB.

## **3.- Obtención de los patrones para los sistemas de radiación utilizados en las transmisiones de la TDT.**

Para comenzar el trabajo con el radiomobile se necesita incluirle a este los modelos de los patrones de los sistemas de radiación que se van a estudiar.

### **3.1.- Interpolación de patrones a partir de datos conocidos.**

Los patrones de radiación definen la distribución de ganancias relativas de la antena tanto en el plano horizontal como en el vertical. Al lóbulo de máxima ganancia se le suele asignar 0 dB y a partir de este valor las atenuaciones para los ángulos restantes quedan expresados como pérdidas con valores negativos en dB.

Sólo disponemos de datos elementales de algunos patrones como los DMT, que ofrecen los ángulos para la caída de 3 dB (mitad de potencia) y para la caída de 6

dB (mitad de voltaje, cuarto de potencia).

A partir de estos datos, y mediante el uso de ecuaciones de enlace para los 360 grados del patrón horizontal y los 180 grados del vertical que hagan pasar las curvas por esos puntos, puede disponerse de una interpolación bastante fiel del patrón vertical en un semicírculo de 180 grados que se corresponde con el lóbulo principal del horizontal, Radio Móvil lo hace corresponder con cada uno de los restantes lóbulos horizontales, con ganancias que se adaptan a las de esos lóbulos.

En dependencia de lo más conveniente para hacer coincidir los puntos, se conformaron cuatro tipos de ecuaciones para enlazar los segmentos de curvas polares, a partir de ángulos y ganancias iniciales hasta ángulos y ganancias finales en cada segmento, con transiciones suave-suave (función coseno desde la cresta negativa hasta la cresta positiva), suave-brusca (función coseno desde la cresta negativa hasta el cruce por cero), brusca-suave (función coseno desde el cruce por cero hasta la cresta positiva) y brusca-brusca (función lineal de pendiente constante). Se confeccionaron hojas de cálculo en Excel para realizar las operaciones descritas y graficar los resultados (*Interpolación de patrones.xls*).

### **3.2.- Obtención de patrones combinados a partir de patrones simples interpolados.**

Los paneles pueden ser combinados en sistemas de dos, tres o cuatro caras con uno, dos y hasta 16 niveles, de forma simétrica o asimétrica, en dependencia de las ganancias que se necesiten hacia las direcciones de interés.

Cuando la distribución es simétrica en cuatro caras, el patrón horizontal adopta una forma omnidireccional con lóbulos máximos en la dirección de los paneles. Al aumentar el número de niveles, se mantiene la forma del patrón horizontal, pero se estrecha o aplasta el vertical a costa de lo cual se incrementa la ganancia del sistema. A cada duplicación del número de niveles corresponde un incremento de 3 dB en la ganancia.

El patrón horizontal combinado se obtiene mediante la suma de los valores lineales de las ganancias individuales de los patrones dispuestos en cada cara. Para ello hay que:

- rotar los patrones en correspondencia con las caras, a partir de una cara de referencia
- expresar cada ganancia en forma lineal (logaritmo inverso dividido por 10)
- sumar las ganancias de todas las caras
- convertir en dB la ganancia resultante (10 veces el logaritmo de la suma)
- normalizar el patrón combinado para la posible desviación de 0 dB del o los lóbulos de máxima ganancia.

Para lograr la combinación del patrón vertical y conseguir el correspondiente

aplastamiento se hace necesario no sumar, sino multiplicar los valores lineales individuales.

Para la realización de estas operaciones se confeccionaron hojas de cálculo en Excel, que ofrecen además una visualización gráfica de los resultados (*Combinación de patrones.xls*).

Adecuando convenientemente las operaciones a realizar pueden lograrse distintas combinaciones de paneles en formaciones asimétricas, tanto en azimuts como en ganancias y número de caras. Se lograron así los patrones para los sistemas de radiación de cada transmisor digital.

En ocasiones, para garantizar el servicio en zonas cercanas a la torre porta antenas se necesita desplazar hacia abajo el patrón de algún o algunos paneles, lo cual puede lograrse mediante desplazamientos mecánicos o desfasajes eléctricos, modificando la longitud de los alimentadores. Estas inclinaciones pueden conseguirse mediante giros de uno o más patrones simples antes de efectuar el producto o implantarse mediante rotaciones hacia abajo del patrón vertical combinado en el ángulo necesario.

#### **4.- Conversión de la intensidad de campo en dB $\mu$ V/m a sensibilidad del receptor en $\mu$ V.**

Otro dato necesario para el trabajo con Radiomobile es la sensibilidad del receptor ( $\mu$ V) que es calculada para los umbrales correspondientes de intensidad de campo planificados para los servicios de la TDT en Cuba.

Es posible obtener la sensibilidad del receptor a partir de la intensidad de campo medio y una constante  $k$ . Dicha constante depende del flujo del vector densidad de potencia (vector de Pointing) que atraviesa el área efectiva de la antena.

$$V(dB) = E_{med} - k$$

$$k \text{ (dB/m)} = -29.8 + 20 \log f(\text{MHz}) - G(\text{dB})$$

donde:

$V$  (dB): voltaje recibido a la entrada del receptor (entregado por la antena a través de su bajante)

$E_{med}$  (dB $\mu$ V/m): intensidad de campo existente en el espacio en que ha sido colocada la antena

$f$ : frecuencia

$G$ : ganancia de la antena

Luego convertimos la sensibilidad del receptor obtenida en dB a  $\mu$ V, dato que usaremos en el Radiomobile.

$$V(\mu V) = 10^{\frac{V(dB)}{20}}$$

Se ofrecen hojas de cálculo en Excel (*Cálculo de un factor  $k$  y umbrales para*

*analógico y digital.xls*) para obtener el factor k de un dipolo de media lambda para todas las canalizaciones de VHF y UHF en 6 MHz, así como los niveles en  $\mu\text{V}$  a introducir en Radiomobile como sensibilidad del receptor para los umbrales correspondientes.

## 5.- Coberturas de las transmisiones de TDT en ciudad de La Habana.

Para garantizar el servicio de la TDT en la ciudad de La Habana en la etapa inicial de “simulcast” Radiocuba ha instalado una red de transmisores que se detallan en la tabla 1.

Centro	Canal	Servicio	Potencia (W)
Televilla	38	SD	5000
	36	HD	2000
Habana Libre	48	SD	1000
	50	HD	700
Balcón de Lawton	31	SD	100
Alamar	51	SD	500
Guanabo	23	SD	100

Tabla 1. Red de transmisores para la TDT en ciudad de La Habana

Al configurar en Radiomobile la red de transmisores con sus características técnicas se pueden obtener las coberturas para cada especificación.

Los parámetros a configurar en la red de transmisores son los siguientes:

- Nombre y rango de frecuencias de cada canal, polarización (horizontal), y clima (marítimo subtropical).
- Campo E (95,50) en modo broadcast para un 50 % de ciudad en el caso de ciudad Habana.
- Potencia del transmisor, sensibilidad del receptor, ganancia del sistema de radiación (lóbulo principal), altura de su centro eléctrico, patrón de radiación y ángulo de rotación y las pérdidas adicionales en líneas, filtros, etc.
- Coordenadas geográficas del transmisor y altura sobre el suelo (el sistema lo puede tomar de los datos topográficos del SRTM).

### 5.1- Coberturas de las transmisiones de TDT La Habana usando la norma de intensidad de campo establecida para Cuba.

Lo ideal para la recepción es utilizar antenas exteriores a no menos de 10 m sobre el suelo o sobre azoteas elevadas, según plantea la norma de recepción para la televisión. A continuación, se muestran ejemplos de cobertura para cada canal usando la norma de intensidad de campo establecida para Cuba en UHF de 54 dB $\mu\text{V}/\text{m}$  a 10 m sobre el suelo en modo broadcast para E (95,50), es decir, 50 % del tiempo en un 95 % de las ubicaciones [2]. En todos los casos se considera una urbanidad de un 50 %.

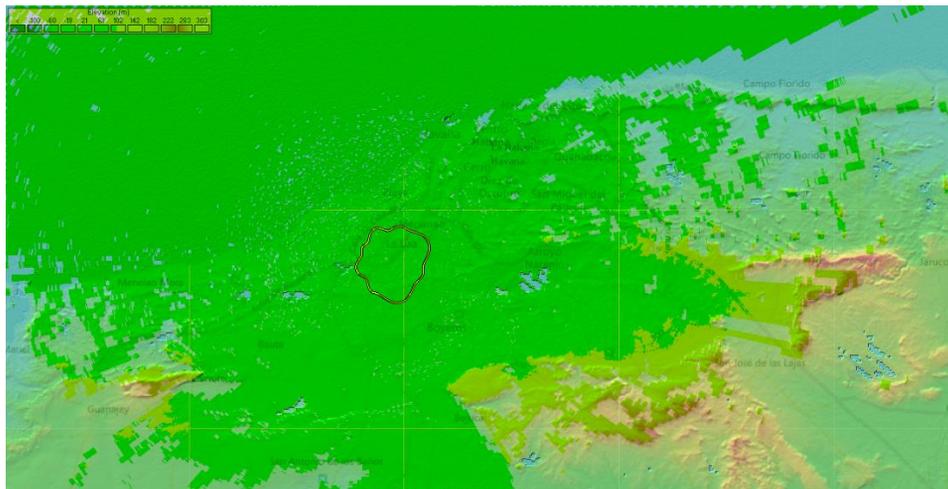


Fig.1.Cobertura del canal 38 (Televilla)

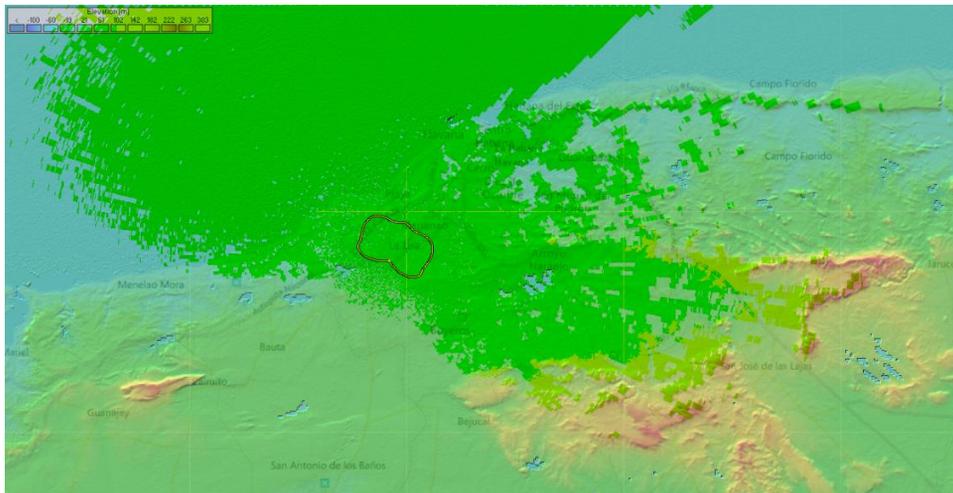


Fig.2.Cobertura del canal 36 (Televilla)

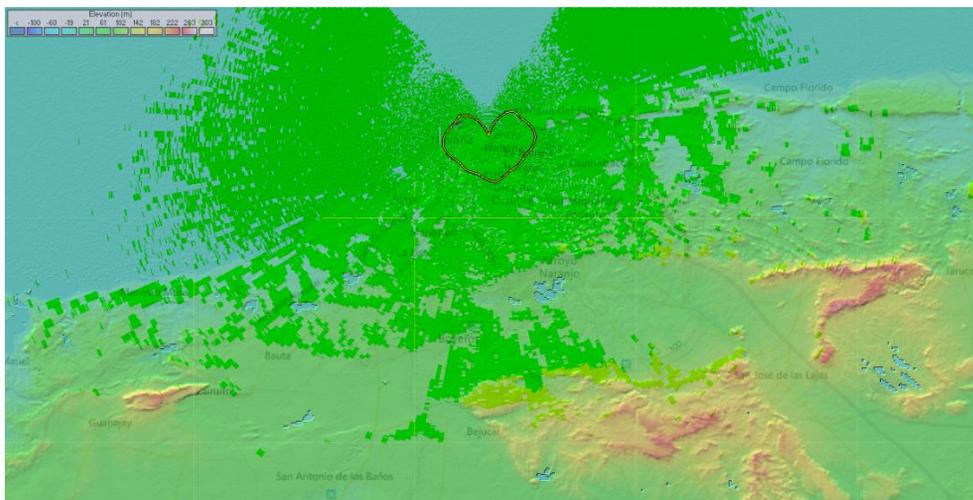


Fig.3.Cobertura del canal 48 (Habana Libre)

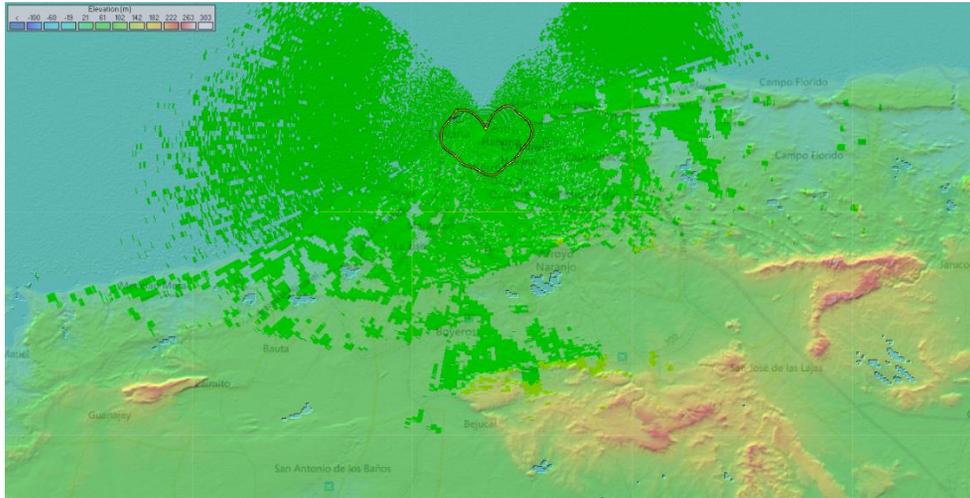


Fig.4.Cobertura del canal 50 (Habana Libre)

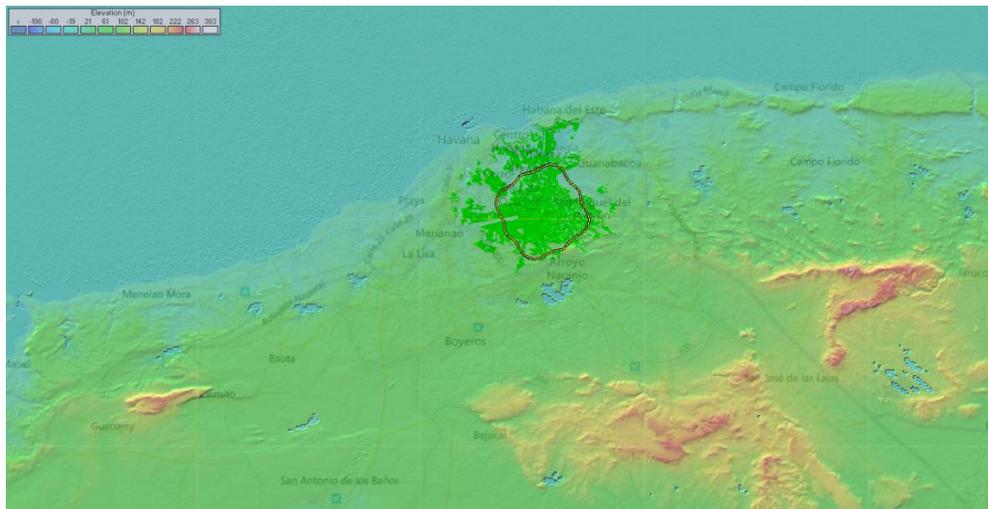


Fig.5.Cobertura del canal 31 (Balcón de Lawton)

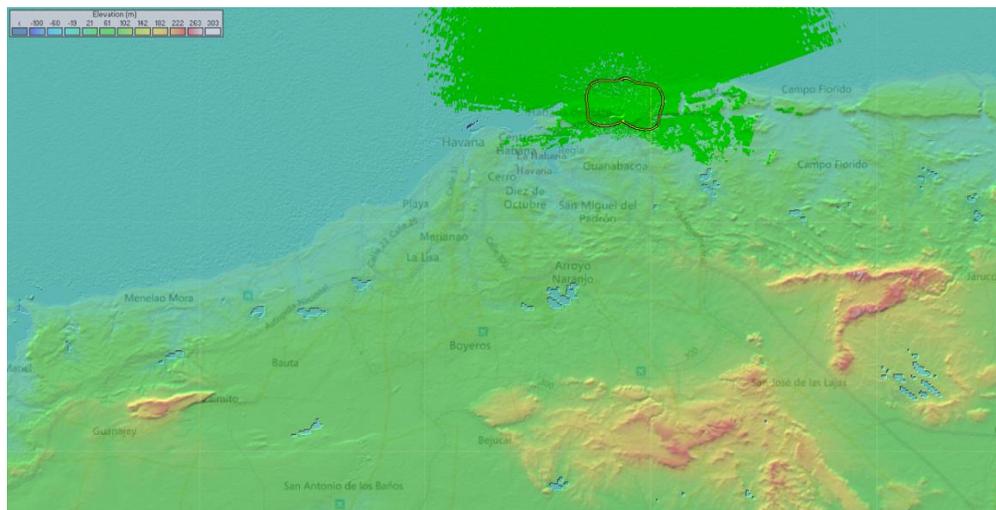


Fig.6.Cobertura del canal 51 (Alamar)



Fig.7.Cobertura del canal 23 (Guanabo)

El área de cobertura que genera cada transmisor se muestra en el color verde más intenso de la figura. Se trabaja sobre mapas topográficos digitales de alta resolución de la Tierra de la SRTM (Shuttle Radar Topographi Mision). Para cada transmisor se muestra además la forma y la rotación del patrón de radiación correspondiente.

Las mayores coberturas se consiguen con los transmisores del canal 38 y 36 de Televilla y del 48 y 50 del Habana Libre, por ser los de mayores potencias y altura de antenas. La cobertura del 36 se ve afectada en la región suroeste por no tener paneles en esa dirección. Dentro de las zonas de cobertura se observan regiones de silencio debido a obstrucciones por accidentes topográficos. Toda la Red en su conjunto da cobertura satisfactoria a toda la provincia y algo más.

## 5.2- Coberturas de las transmisiones de TDT variando la altura de las antenas receptoras.

En la práctica puede resultar costoso realizar instalaciones de antenas a 10m sobre el suelo y también estas suelen ser vulnerables. En tales casos son muy socorridas las soluciones con antenas interiores.

La señal recibida en interiores resulta afectada por reflexiones múltiples y debilitada al penetrar paredes, pisos y otros obstáculos, en dependencia del grosor y tipo de materiales de los mismos. Una atenuación adicional de 10 dB es una simulación media aceptable para una antena interior próxima a una puerta o ventana que da al exterior [1]. Cuando la señal tiene que atravesar más de una pared y además existen obstrucciones adicionales, las atenuaciones suelen ser mucho mayores y hay que recurrir forzosamente a antenas exteriores, no necesariamente en las azoteas.

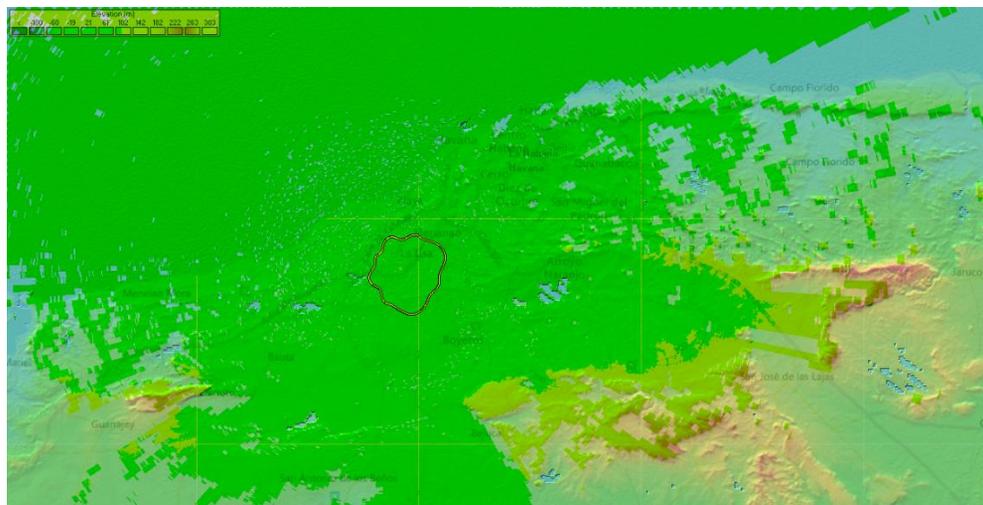
Se realizan los cálculos utilizando antenas receptoras a 15 m y 1,5m con 10 dB de atenuación adicional simulando una antena interior en plantas elevadas y una antena interior en planta baja respectivamente. En la fig.8 presentamos tres



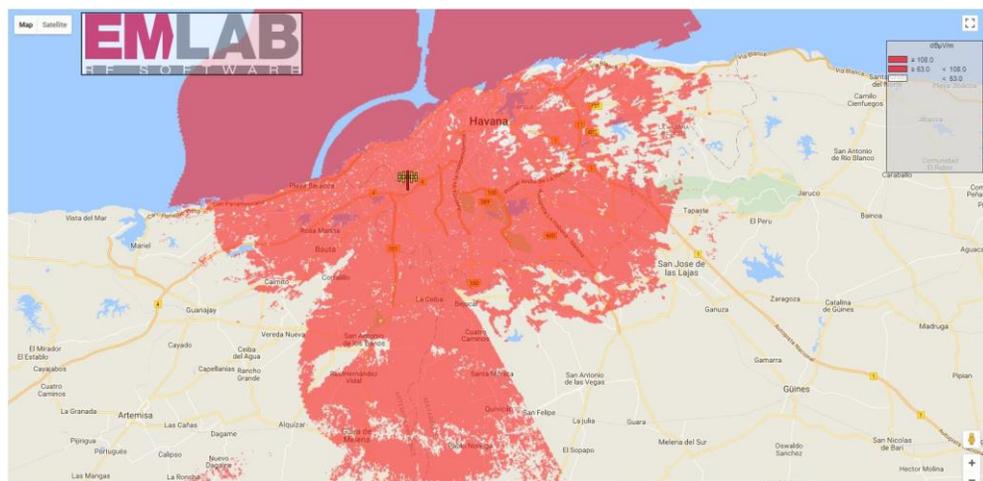
Se observa en fig.8 como varía el área de cobertura (color verde intenso) según la altura de la antena receptora y se incrementa la atenuación de la señal. En la fig.8 a) mostramos la cobertura según la norma de recepción (antena a 10m sobre el suelo) y en las fig.8 b) y c) presenciamos como esta área de cobertura disminuye al tener que atravesar a señal más obstáculos para llegar a la antena receptora. De lo que se desprende que las antenas interiores en plantas bajas (1,5 m de altura) pueden constituir una solución satisfactoria en las zonas más cercanas al transmisor. Para plantas elevadas (15 m o mayores) la cobertura con antenas interiores es similar a la de antenas exteriores a 10 m sobre el suelo y se justifican con mayor razón las antenas interiores.

## 6.- Comparación de los resultados obtenidos con Radiomobile y EMLAB.

Los resultados obtenidos en este trabajo con el software Radiomobile son comparados con los resultados de las simulaciones del software EMLAB. La fig.9 presenta esta comparación para el canal 38 de Televilla.



a)



b)

Fig.9 Cobertura del canal 38 empleando el software: a) Radiomobile, b) EMLAB.

En la fig.9 a se presenta la cobertura del software Radiomobile (color verde intenso) para el canal 38 de Televilla y en la fig.9 b su símil (color rojo) empleando el software EMLAB. En los resultados mostrados se puede apreciar la similitud de ambas coberturas. Se destacan como coincidencias la hendidura producida por accidentes del relieve en la región sudeste y las irregularidades en la región este y en las proximidades de la costa este. Las comparaciones de las coberturas con los otros transmisores muestran también notables coincidencias.

## **7.- Conclusiones**

Se presentó el software Radiomobile como una herramienta para el cálculo de coberturas radioeléctricas como complemento del software EMLAB actualmente usado en Radiocuba. El empleo de Radiomobile tiene la ventaja de que puede ser utilizado por cualquier técnico en cualquier División.

Se obtuvieron los patrones para los sistemas de radiación utilizados en las transmisiones de la TDT y se realizó la conversión de la intensidad de campo en dB $\mu$ V/m a sensibilidad del receptor en  $\mu$ V. Ambos datos serán usados en los cálculos de cobertura, por lo que se elaboraron hojas de cálculo que facilitan su obtención.

Se presentó un tutorial resumido del uso del software y de los datos necesarios para su manejo y se calculan las coberturas de los siete transmisores de la TDT en La Habana. Incluyendo además variaciones en la elevación de la antena receptora y atenuaciones de la señal. Lo que permite estudiar coberturas para antenas interiores a distintas alturas, constituyendo una herramienta para brindar recomendaciones al respecto.

Se realizó la comparación entre las coberturas obtenidas con Radiomobile y las obtenidas mediante EMLAB corroborando la confiabilidad de Radiomobile para estos cálculos cuando es utilizado de la forma descrita.

## **8.- Recomendaciones**

El análisis aplicado hasta ahora para La Habana puede extenderse fácilmente al resto de las provincias a partir de que se disponga de las características técnicas de cada instalación.

A su vez puede utilizarse el Radiomobile para realizar estudios de cobertura de los nuevos escenarios que caracterizarán el cambio progresivo hacia el apagón analógico, tanto en VHF como en UHF.

Además se pueden explorar variantes con otras ubicaciones, cambios de potencia, de altura así como otras distribuciones y orientaciones de paneles.

## **7.- Referencias Bibliográficas**

[1] Dayana Fátima Mendes Gonçalves. “Caracterización indoor y ampliación de un REM (Radio Environment Map) en el campus nord de la UPC”, febrero 2015.

[2] Alfredo Walker Heredia, Manuel Combarro Simón, Luis Giraldo. Raymond Rodríguez, “Proyecto de asignación de canales para la transmisión de televisión digital terrestre en cuba”

## **8.- Bibliografía**

“Radio Mobile - RF propagation simulation software”. <http://radiomobile.pe1mew.nl>

“Aldena Telecomunicazione Srl- EMLAB”. <http://www.aldena.it>”

“Sistemi d 'Antenna – Componenti Passivi - Studi di Copertura”. Gruppo DMT. 2003

“Antenna & Auxiliary Equipment”. Grupo DMT

“Tutorial de Radio Mobile”. Grupo de Radiocomunicación Departamento SSR ETSIT- UPM. Febrero de 2007.

“Caracterización indoor y ampliación de un REM (Radio Environment Map) en el campus nord de la UPC”. Dayana Fátima Mendes Gonçalves. febrero 2015.

“Proyecto de asignación de canales para la transmisión de televisión digital terrestre en cuba”. Alfredo Walker Heredia, Manuel Combarro Simón, Luis Giraldo.

“Informe de evaluación de la Televisión Digital Terrestre, norma DTMB, y determinación de las zonas de cobertura en la Zona de Demostración de La Habana”. LACETEL®. [www.lacetel.cu](http://www.lacetel.cu)