

DISEÑO BASICO DE UNA CAMARA SEMIANECOICA PARA EL CENTRO DE INVESTIGACION E INNOVACION Y DESARROLLO ESPACIAL

Cesar Vásquez
e-mail: cvasquez@abae.gob.ve

Resumen: En el presente documento se tratara el proceso teórico para el diseño de una cámara anecoica, donde se dará una breve explicación de los procesos utilizados para la realización de la misma, pasando por una breve explicación de la teoría básica asociada y el desarrollo de algunos cálculos.

PALABRAS CLAVE: Anecoica, cámara, diseño,

ABSTRACT: This document will explain the theoretical process of designing a semi anechoic camera, where a brief introduction of each phase will be given, explaining the basic theory and the development of some calculations.

1 INTRODUCCIÓN

El diseño de cámaras Anecoicas para radiofrecuencias empezó en gran parte empíricamente tras la guerra en la década de 1950. Debido a los avances tecnológicos, el incremento en el uso de transistores en los equipos electrónicos y el desarrollo de la radiodifusión, los conceptos se pusieron más prácticos y se comenzaron a producir comercialmente absorbentes anecoicos de gran rendimiento poniéndose disponibles en la década de 1960. Gracias a las mejoras en el rendimiento conseguidas, se comenzaron a diseñar cámaras usando técnicas de geometría ópticas (GO), mejor conocidas como trazado de rayos, lo que mejoraba la fiabilidad de la misma.

Con la variedad de usos y pruebas que pueden realizarse en las cámaras anecoicas, el diseño de las mismas ha evolucionado adaptándose a mejorar las prestaciones para su uso en particular, es por ello que existen por ejemplo cámaras rectangulares y cámaras cónicas.

Existen pruebas en la que es necesario que el piso de la cámara sea conductivo, en estos casos, al mismo no se les puede colocar material absorbente de RF por lo que son llamadas semi-anechoicas. En vista de esto una cámara Anecoica funcional debería poder ser totalmente Anecoica y Semi-Anecoica a la vez y para lograr este efecto, el piso debe poder ser removido fácilmente.

2 DEFINICIÓN DE UNA CÁMARA ANECOICA

La palabra anecoica significa “no eco”, su nombre se dio debido a que las primeras aplicaciones de estas cámaras se utilizaron para sonido. La industria Electromagnética decidió continuar con este nombre, debido a que la aplicación es muy similar, la diferencia radica en el tipo de onda que los materiales deben absorber, que son ondas electromagnéticas, para poder obtener la señal tal y como se produce. Es por ello que el diseño de la cámara es diferente

Un concepto más apropiado sería de un espacio que absorbe toda la energía que incide sobre sus paredes[1], por lo tanto cualquier fuente energética situada en el interior debería responder como si se encontrara en el espacio libre.

2.1 TIPOS DE CÁMARAS ANECOICAS

Existen cuatro tipos de cámaras anecoicas[2], cámaras de rango compacto, cámaras anecoicas piramidales, cámaras de prueba de campo cercano y cámaras rectangulares; estas últimas se dividen en dos tipos, las totalmente Anecoicas, y las Semi-Anecoicas, las cuales se diferencian por su estructura. Las primeras son totalmente recubiertas de material absorbente, es decir; las paredes, el techo y el piso están totalmente recubiertos por dicho material, mientras que las segundas son recubiertas casi en su totalidad a excepción del piso. El tipo de cámara será elegido de acuerdo a su funcionalidad, ya que cada una está enfocada para la realización de un tipo de medición, para la presente investigación se realizara el diseño de una cámara rectangular, por ser la de mas sencillo diseño y construcción, además de que este tipo de cámara satisface las necesidades del Centro de Investigación e Innovación y Desarrollo Espacial.

2.2 APLICACIONES DE LAS CÁMARAS ANECOICAS

Las cámaras anecoicas tienen varias aplicaciones en diferentes áreas. Dentro del área que nos compete, las aplicaciones que tienen son las siguientes:

- Simulación de condiciones de propagación en el espacio libre.
- Determinación de los Diagramas de Irradiación, Respuestas en frecuencia.
- Análisis de Interferencia (EMI) y Análisis de Susceptibilidad (EMS)
- Análisis de Compatibilidad Electromagnética (EMC).

2.3 VENTAJAS DE UNA CÁMARA ANECOICA

Las ventajas que una cámara anecoica lleva consigo son muchas, algunas de estas ventajas las describiremos a continuación:

- Al ser un recinto cerrado que simula las condiciones de propagación en el espacio libre, no depende de las condiciones climáticas, aumentando así el tiempo de medición.
- Por el hecho de cumplir las características de una cámara de Faraday, evitará que penetren señales interferentes que pudieran dar datos erróneos en la medición.
- Ya que la cámara se encuentra recubierta por dentro de material absorbente, la señal de prueba no tendrá otras señales que vayan a atenuar la señal original.
- Como la cámara no depende de las condiciones climáticas, debido a que no se encuentra en el espacio libre, el mantenimiento de los equipos será mejorado, evitando así que estos se dañen fácilmente.

3 CRITERIOS DE DISEÑO DE UNA CÁMARA ANECOICA

El diseño de la cámara está estrechamente relacionado con el tipo de pruebas que se realizara en la misma, es por ello que para el desarrollo del presente documento se realizara el diseño de una cámara rectangular para realizar pruebas de mediciones con antenas en el rango de 300 MHz a 18 GHz. Por lo que para su correcto diseño se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de mediciones a ser realizadas
- Frecuencia de operación
- Distancia de medición

- Geometría de la cámara
- Método de recepción para las pruebas

3.1 DISEÑO DE UNA CÁMARA ANECOICA RECTANGULAR

El diseño de una cámara rectangular [3] para mediciones de antenas es determinado por los siguientes factores:

- Ecuación de campo lejano $2 \frac{D^2}{\lambda}$, donde D es el diámetro de apertura de la antena y λ es la longitud de onda.
- La menor y la mayor frecuencia de operación de la antena patrón.
- La incertidumbre permitida en las mediciones de la antena.

La directividad de la antena patrón y el funcionamiento del absorbente piramidal de las paredes, determinan el nivel de señal extraña que asigna la incertidumbre de la medida.

3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA

La Figura 1 representa varios términos envueltos en el diseño de la cámara anecoica utilizando el método del trazado de rayos (Ray-tracing). El método de diseño es vinculado a los procesos usados para probar la cámara. Cuando una cámara está siendo probada, un campo de prueba es generado transversalmente cruzando la cámara y a través del centro de la región de prueba, como se muestra en la Figura 1 por la línea T.

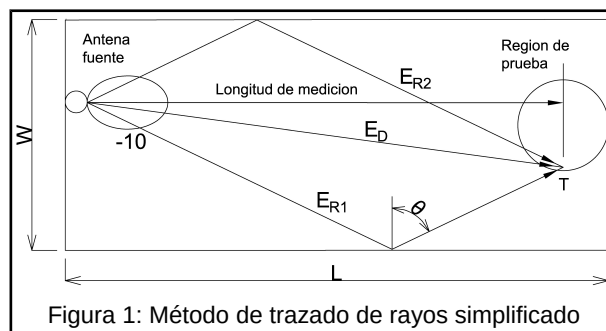


Figura 1: Método de trazado de rayos simplificado

Para que la punta de prueba pueda detectar la fuente de energía extraña (reflejada desde las paredes), esta debe cambiar su fase con respecto a la energía de trayectoria directa. En el caso de la prueba transversal, solamente la energía reflejada desde las paredes laterales será detectada porque todas las otras superficies están en paralelo con el movimiento de la

punta de prueba. Por ello, solo debe ser considerada la energía reflejada desde estas superficies para determinar la cantidad de energía que alcanza la región de prueba.

También debe ser considerada la directividad de la antena fuente, porque el nivel de iluminación sobre las paredes laterales esta en función del ángulo de radiación del lóbulo principal de la antena.

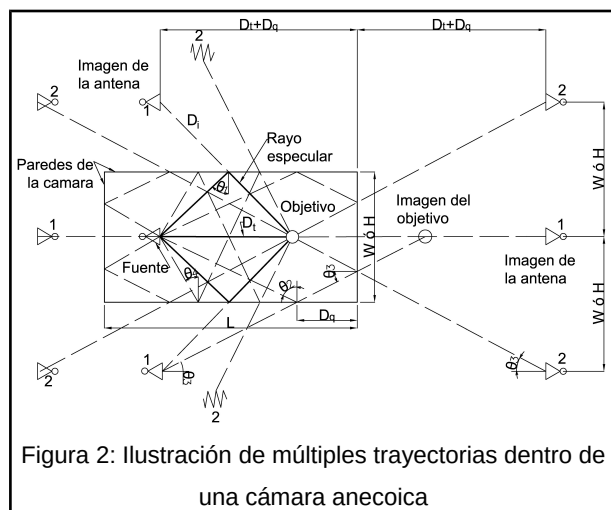
3.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO CON EL MÉTODO DE TRAZADO DE RAYOS

Este procedimiento puede ser usado para estimar el peor caso de nivel de señal reflejada en la región de prueba.

Según [4] es el método convencional para definir el ángulo de incidencia cuando el fabricante del absorbente mide el coeficiente de reflexión del absorbente.

El tamaño de la habitación se determina por el tamaño del equipo bajo prueba y el rango de frecuencias.

La antena patrón y el equipo bajo prueba están situados en el eje longitudinal de la cámara, debido a que el absorbente en las paredes de la cámara no está cumpliendo correctamente su función, la energía puede ser propagada desde la antena patrón a la región de prueba por muchos trayectos. Varios de estos trayectos se muestran en la Figura 2 a continuación:



Los rayos más importantes que están alcanzando la región de prueba son dibujados con líneas sólidas. El primero es el rayo de la trayectoria directa desde la antena patrón a la región de prueba. Los siguientes en importancia son los rayos especulares con reflexión simple desde las paredes laterales (incluyendo el techo

y el piso). Los rayos son dibujados atravesando los absorbentes hasta las paredes de la cámara este es el método convencional para definir el ángulo de incidencia cuando el fabricante de absorbentes mide el coeficiente de reflexión de sus productos. El hecho de que los rayos actuales puedan ser refractados en la superficie del absorbente es ignorado. También es ignorado cualquier cambio en la fase causado por la velocidad de propagación en el absorbente, el cual es más lento que en el espacio libre.

El segundo es el rayo especular de simple rebote proveniente de la pared posterior directamente iluminado por el lóbulo principal de la antena patrón. La pared detrás de la antena patrón también es considerada a continuación.

Finalmente los rayos de dos rebotes que golpean ambas, las paredes laterales y la pared del final, son descompuestos en factores.

3.4 TÉCNICA DE LAS IMÁGENES

Cada uno de los rayos reflejados puede ser analizado como si hubiese venido de una imagen de la antena patrón. Estas imágenes son dibujadas con líneas punteadas en la Figura 2. El número por cada antena imagen indica el número de reflexiones especulares asociadas con esta.

Las imágenes asociadas con reflexiones de un solo rebote son simplemente la imagen del reflejo de la antena patrón en la pared que el rayo golpea, es decir, como si pudiese ver su reflejo en un espejo.

Las imágenes asociadas con las reflexiones de doble rebote son formadas al tomar primero la antena imagen en una pared lateral y luego buscando la imagen de esta imagen en una extensión de la pared del final de la cámara.

Este proceso puede ser continuado *ad infinitum* para representar otros rebotes múltiples. Aquellas imágenes y rayos reflejados asociados son de menor magnitud comparado con los rayos que están en vista directa, porque el rayo es atenuado cada vez más en cada punto de reflexión.

Una ventaja del concepto de Imagen es la facilidad con la que los rayos pueden ser dibujados. La línea que une cada imagen de primer orden (salto simple) con la antena real es perpendicular a la respectiva pared, y la antena real y su imagen son equidistantes de la misma. Similarmente, imágenes de primer orden son representadas en otras paredes (o extensiones de otras paredes) para formar las imágenes de segundo orden (doble salto). Una línea directa dibujada desde cada imagen a la ubicación del blanco (equipo bajo prueba) define la dirección de incidencia sobre el blanco y define

el punto de reflexión especular en la pared. Esto provee una geometría simple para calcular el ángulo de incidencia en el absorbente. Se puede apreciar que la imagen de doble salto en la parte derecha baja de la Figura 2 permite un calculo del ángulo

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{W}{D_t + 2D_q}\right) \quad (1)$$

$$\theta_3 = \arctan\left(\frac{8,2m}{5m + 2(2,7m)}\right) \quad (2)$$

$$\theta_3 = 38,254 \text{ grados} \quad (3)$$

Donde: D_t es la longitud del rango entre la antena y el objeto a probar y D_q es la distancia desde el EUT hasta la pared posterior.

El ángulo de incidencia θ_2 es el complemento de θ_3 , por lo tanto $\theta_2 = 51.746$ grados

Otra ventaja es que ecuaciones simples de propagación en el espacio libre pueden ser usadas para calcular las contribuciones del campo desde cada antena imagen al blanco, asumiendo que las paredes de la cámara no existen. El blanco es iluminado por un grupo de antenas imágenes. Cada antena imagen es supuestamente excitada, con menos potencia que la antena por la cantidad de perdidas en la pared.

Si las paredes de la cámara estuvieran reflejando perfectamente, entonces cada antena imagen sería excitada con la misma señal de potencia que la antena patrón. Sin embargo, las antenas imagen son tratadas como si fuesen excitadas con menos potencia que la antena patrón por un factor solo igual al coeficiente de reflexión del absorbente en el punto cuando el rayo refleja desde la pared.

Para las imágenes de dos rebotes, los coeficientes de reflexión del absorbente son encontrados en cada punto de reflexión sobre la pared y los dos valores de decibels distintos son sumados para encontrar la potencia total de la imagen.

Una consideración adicional es el efecto de la directividad de la antena patrón sobre los rayos reflejados. La antena patrón es alineada para que la cresta de su lóbulo principal este dirigida hacia el centro de la región de prueba. El patrón de radiación de la antena ilumina las paredes con amplitudes de señal más débiles. Las antenas imagen tienen el mismo patrón de radiación que la antena patrón y el ángulo desde el eje del agujero de vista de la imagen para el respectivo rayo es el mismo para cada antena imagen como para la antena patrón. La ganancia de la antena, en decibels respecto a la cresta del patrón de radiación es algebraicamente sumada a la reflectividad de la pared.

Un factor final a ser considerado es la diferencia de la longitud de trayectoria entre el rayo de trayectoria directa y las trayectorias reflejadas. El factor de propagación P a ser aplicado para cada rayo reflejado es:

$$P = 20 \log\left(\frac{D_i}{D_t}\right) \text{ (dB)} \quad (4)$$

Donde D_i es la distancia de la imagen a la ubicación del blanco y D_t es la distancia desde la antena patrón a la ubicación del blanco.

El factor de propagación P es sumado a la ganancia de la antena G y al coeficiente de reflexión de la pared R, para encontrar la amplitud de cada rayo reflejado que alcanza la ubicación del blanco. Cada factor es expresado en decibels y es un número negativo. Expresado como una ecuación se tiene:

$$T = R + G + P \text{ (dB)} \quad (5)$$

Donde T = potencia total de cada rayo de las multitrayectorias que alcanzan el centro de la región de prueba en decibels respecto a el rayo directo, R = coeficiente de reflexión del rayo especular donde este refleja desde el absorbente (Si más de un rebote fuera del absorbente es involucrado, entonces R es la suma del coeficiente de reflexión en cada reflexión especular) G = ganancia del patrón de radiación de la antena, P = propagación (o longitud de trayectoria) en decibels respecto a el rayo directo.

3.5 TRAYECTORIA DE LOS RAYOS

En la Figura 3, se pueden apreciar las multitrayectorias que se producen dentro de una cámara Anecoica, la señal que irradia la antena patrón puede tomar varios posibles caminos para alcanzar la región de prueba.

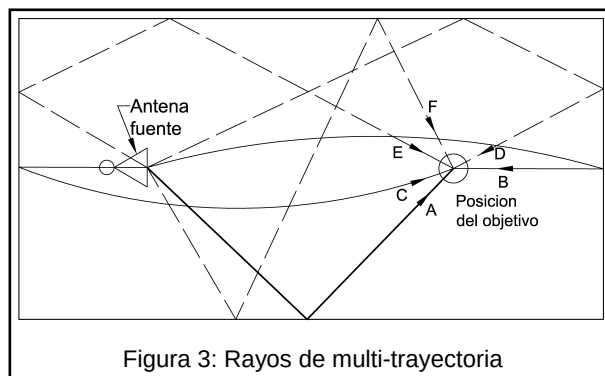


Figura 3: Rayos de multi-trayectoria

Los Rayos A, B y C involucran solamente una reflexión saliendo de la respectiva pared, pero los rayos D, E y F involucran reflexiones saliendo de dos paredes.

Solamente un único rayo de cada tipo es dibujado. Habrá tres rayos adicionales para el rayo A y rayos D, E y F. Esto es, el rayo A es presentado reflejado saliendo de una pared lateral, y habrá otros rayos similares reflejados saliendo de otra pared lateral, del techo y del piso.

Los rayos que involucran tres o más reflexiones no fueron dibujados, porque serán de amplitud insignificante.

Tampoco son dibujados los rayos de múltiples rebotes que no pueden ser dibujados en un plano horizontal o vertical. Por ejemplo, un rayo podría golpear alto en una pared lateral alrededor de medio camino desde la antena al blanco, entonces el rebote sube al techo y luego al blanco. Tales rayos de doble rebote podrían ser comparables en magnitud a los rayos de doble rebote que ya están dibujados.

4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

4.1 TAMAÑO BÁSICO DE LA CÁMARA

El parámetro D es el tamaño de la apertura del elemento bajo prueba EUT. Dado este valor y la frecuencia de operación más alta, la longitud del rango mínima R_{min} de la cámara es determinada.

Para este diseño se tomó el diámetro típico de las antenas, el cual es 0.20m.

$$D=0,20m$$

$$fH=18 \text{ Ghz} \rightarrow \lambda=0,0167m$$

$$fL=300 \text{ Mhz} \rightarrow \lambda=1m$$

Reemplazando estos datos en la ecuación de campo lejano se obtiene:

$$R_{min} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (6)$$

$$R_{min} = \frac{2(0,20)^2}{0,0167} = 4,79 \quad (7)$$

Cada antena dentro de la cámara tiene que cumplir las condiciones de campo lejano con cada uno de sus frentes y entre ellas. Por esto y para optimizar el tamaño de la cámara y su construcción se asignó la distancia desde la antena hacia la pared posterior como $R = 5m$. La distancia desde la antena hacia las paredes laterales, el techo y el piso es de $R = 4,1m$. Y la longitud del rango entre la antena y el equipo bajo prueba es de $R = 5m$.

El siguiente parámetro es el ancho de la cámara W , el cual debe ser

$$W > \frac{R}{2} \quad (8)$$

$$W > \frac{4,79}{2} > 2,395 \quad (9)$$

Esta es la relación de apariencia de la cámara necesaria para que el ángulo de incidencia en las paredes adyacentes y el techo este en el orden de <60 grados.

Este último requerimiento determina el ángulo de llegada del frente de onda incidente a los materiales de la pared lateral, el piso, y el techo. Esto influye en la cantidad de atenuación experimentada por la señal dispersada dentro de la región de prueba

El diámetro de la región de prueba puede estar en el orden de $W/3$. En nuestro diseño el ancho es $W = 8,2m$, por lo que el diámetro de la región de prueba es de $2,73m$.

La región de prueba es el volumen de prueba o zona de silencio, sobre el cual la reflectividad de la cámara es especificada, y debe ser mayor en diámetro que el equipo a ser probado EUT.

$$2,73m > 2m \quad (10)$$

4.2 RANGO DE ELEVACIÓN DE LAS ANTENAS

Para elegir el rango de la longitud de la elevación de las antenas, se debe:

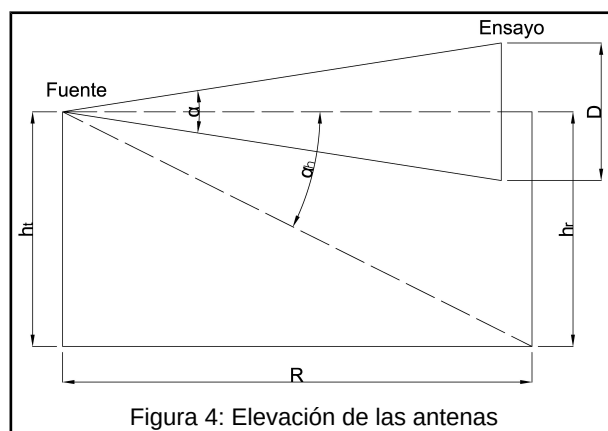


Figura 4: Elevación de las antenas

- Determinar la longitud del rango mínimo, para este diseño se estableció un $R = 5m$
- Determinar el máximo diámetro de la antena patrón

$$d \leq 0,37 \lambda R / D \quad (11)$$

$$d \leq 0,37 * 1m * 5m / 0,2m \quad (12)$$

$$d \leq 9,25m \quad (13)$$

- Otro criterio para el rango de elevación es

$$h_r \geq 4D \quad (14)$$

$$h_r \geq 0,8m \quad (15)$$

Esto asegura una buena iluminación cuando va disminuyendo el ancho del lóbulo y un mínimo rango de reflexiones. Esto verifica que el primer nulo del diagrama de radiación de la antena patrón no caiga mas abajo que la base de la torre de la antena prueba.

Para asegurar que la variación de amplitud vertical a través de la apertura de prueba no afecte la medición, debido a las reflexiones provenientes del piso, se recomienda que la elevación de la antena bajo prueba h_r cumpla con:

$$h_r \geq 3,3D \quad (16)$$

$$h_r \geq 0,66m \quad (17)$$

5 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS ABSORBENTES

5.1 REQUERIMIENTOS DEL ABSORBENTE

Teniendo determinado el tamaño de la cámara, el siguiente paso es determinar el forro anecoico requerido para alcanzar la reflectividad deseada o nivel de energía reflejada en la región de prueba.

Si se quiere que la cámara cumpla con las especificaciones de [5] el rendimiento mínimo de los absorbentes debe ser de 6 dB de 80MHz a 250MHz y para frecuencias mayores 10 dB.

Un requerimiento común de supresión de la energía reflejada de las paredes de la cámara para poder lograr un adecuado aislamiento entre las antenas colocadas en el equipo bajo prueba EUT, consiste en calcular la perdida de enlace entre las antenas bajo prueba y la pared mas cercana de la cámara, esto se calcula mediante:

$$PL(dB) = 20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) \quad (18)$$

entonces el monto de aislamiento requerido es conseguido al restar la perdida de enlace de las antenas de 100dB, esta cantidad de aislamiento es generalmente utilizada en la elaboración de las mismas

Conociendo el valor del ángulo de incidencia, obtenido mediante el método de trazado de rayos 51,746 grados acudimos a la Figura 5 para obtener el espesor del material absorbente

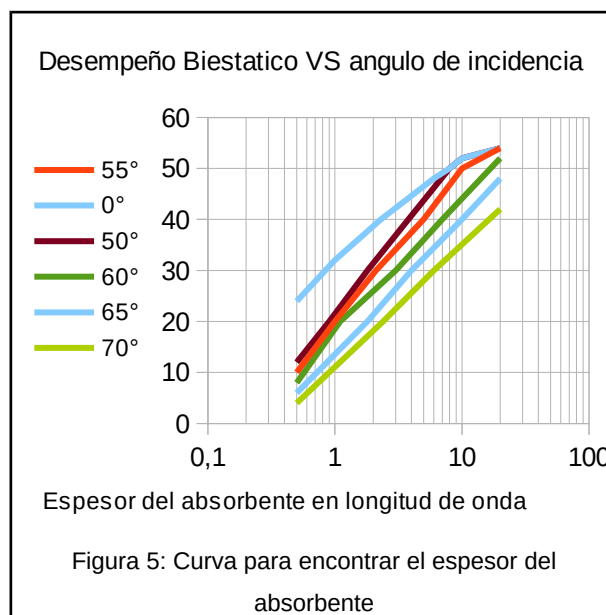
Para la frecuencia mas alta

$$PL = 20 \log \left(\frac{4 * \pi * 4,79}{0,0167} \right) = 71,137 \quad (19)$$

$$71,137 - 100 = -28,863 dB \quad (20)$$

En base a la Figura 5 se puede concluir que el espesor del absorbente es de aproximadamente 3,173cm conseguido al multiplicar el valor obtenido en longitud de ondas por la longitud de onda de la frecuencia

$$\text{Espesor} \approx 1,9 * 0,0167 \approx 3,173cm \quad (21)$$



Por ser un espectro de frecuencias demasiado amplio se debe separar en dos bandas para escoger el tipo adecuado de absorbentes, quedando para los absorbentes piramidales de 1GHz a 18GHz

Frecuencia de operación intermedia $f = 1GHz$

Espesor $2 \approx 1,9 * 0,3 \approx 57cm$

Con estos datos se selecciona de la Tabla 1 el tipo de absorbente a utilizar, el mas adecuado es el P24, que nos ofrece una atenuación de 50dB para 18GHz que esta por encima del mínimo calculado y ofrece una atenuación de 30 dB a 300MHz

Por lo que para las frecuencias bajas estos valores son suficientes para cumplir los requerimientos de [5].

Tabla 1: Rendimiento de los absorbentes piramidales

Tipo	P-4	P-6	P-8	P-12	P-18	P-24	P-26	P-48	P-72
Altura	10,9	15,2	20,3	30,5	45,7	61	91,4	122	183
Peso	1,4	1,6	2,0	2,7	5,4	7,7	10,9	17	23
Puntas por pieza	144	100	64	36	16	9	4	2	1
Reflectividad de incidencia normal (GHz)	0,12							28	33
	0,3					30	35	35	40
	0,5				30	35	37	40	45
	1			30	35	37	40	42	50
	3	30	32	37	40	40	45	50	50
	6	35	40	45	45	45	50	50	50
	10	42	45	50	50	50	50	50	50
	18	50	50	50	50	50	50	50	50
	36	50	50	50	50	50	50	50	50
	50	50	50	50	50	>45	>45	>45	>45

$$L_N = RF_1 \sqrt{1 - F_2^2 - 2F_3} \quad (27)$$

$$W_N = R \sqrt{(F_1^2 - 1) - (1 + F_2^2 - 2F_3)} \quad (28)$$

Resolviendo las ecuaciones 23, considerando N=6 ya que la experiencia ha demostrado que es el número mínimo para lograr buena reflectividad dentro de la cámara, 24 y 25 obtenemos:

$$\begin{aligned} F_1 &= 1,087 \\ F_2 &= 0 \\ F_3 &= 0,440 \end{aligned} \quad (29)$$

por lo que al resolver 26, 27 y 28 nos queda:

$$\begin{aligned} C_N &= 2,5 \\ L_N &= 8,006 \\ W_N &= 6,427 \end{aligned} \quad (30)$$

al comparar los valores encontramos que son inferiores a los calculados anteriormente, sin embargo estos se aproximan a las medidas de la cámara, lo que nos indica que las mismas pueden proporcionar un rendimiento aceptable.

6 VERIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA CÁMARA ANECOICA

Para verificar que el tamaño de la cámara es correcto se utilizan las denominadas Zonas de Fresnel, estas dan una buena aproximación ya que las superficies de la cámara no son planos reales y las longitudes de onda de las microondas no satisfacen las condiciones de óptica geométrica. Las manipulaciones algebraicas para solución de los parámetros deseados se simplifican de la siguiente forma:

$$\varphi = \arctan \left[\frac{(h_r + h_t)}{R} \right] \quad (22)$$

$$F_1 = \left(N \frac{\lambda}{2R} + \sec(\varphi) \right) \quad (23)$$

$$F_2 = \frac{(h_r^2 - h_t^2)}{[(F_1^2 - 1)R^2]} \quad (24)$$

$$F_3 = \frac{(h_r^2 + h_t^2)}{[(F_1^2 - 1)R^2]} \quad (25)$$

Puede ser demostrado que las siguientes expresiones de los parámetros de los límites exteriores de la Nth zona de fresnel donde el centro es medido desde la base de la antena de transmisión

$$C_N = \frac{R(1 - F_2)}{2} \quad (26)$$

7 CONCLUSIÓN

Luego de todos los cálculos realizados podemos observar que la construcción de las cámaras anecoicas no es tarea sencilla, sin embargo tampoco es imposible, ya que conociendo las técnicas y métodos adecuados, además de una básica comprensión de la teoría electromagnética se puede diseñar un recinto de pruebas, para poder realizar ensayos de compatibilidad electromagnética.

Del análisis anterior obtenemos que las dimensiones de la cámara son: Largo: 12,7 m, Ancho: 8,2 m, alto: 8,1 m, para obtener mediciones a 5 m de distancia de la fuente.

8 REFERENCIAS

- [1] Cámara Anecoica, 2014, http://es.wikipedia.org/wiki/Cámara_aneicoica
- [2] C. Di Giulio, Simulation of Anechoic Chamber, 2010, <https://kicp-workshops.uchicago.edu/mw-2010/pdf/7-giulio.ppt>
- [3] V. Rodríguez, "Introducción a las cámaras anecoicas para mediciones de campo electromagnético", .
- [4] L. Hemming, Electromagnetic anechoic chambers: A Fundamental Design and Specification Guide, New York, 2002.
- [5] DoD, "MIL-STD-461F", 2007.