



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**COMPARACIÓN SAR DE UNA ANTENA DIPOLO DOBLADO VERSUS
UN ARREGLO DE DIPOLOS DOBLADOS 2X1 PARA LA BANDA DE 6
GHZ.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Telecomunicaciones

AUTORES: LUIS KEVIN VALDIVIEZO MASABANDA

DIRECTORA: LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN

Quito – Ecuador

2023

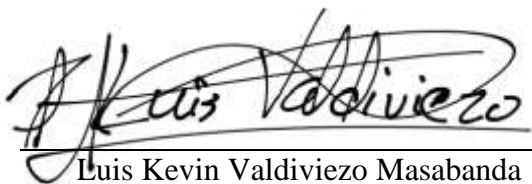
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Kevin Valdiviezo Masabanda con documento de identificación N° 1722789649 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 08 de agosto del año 2023

Atentamente,



Luis Kevin Valdiviezo Masabanda

1722789649

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Luis Kevin Valdiviezo Masabanda con documento de identificación N° 1722789649, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del ARTÍCULO ACADÉMICO: “COMPARACIÓN SAR DE UNA ANTENA DIPOLO DOBLADO VERSUS UN ARREGLO DE DIPOLOS DOBLADOS 2X1 PARA LA BANDA DE 6 GHZ.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de agosto del año 2023

Atentamente,



Luis Kevin Valdiviezo Masabanda

1722789649

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lenin Wladimir Aucatoma Guamán con documento de identificación N° 1717985830, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: COMPARACIÓN SAR DE UNA ANTENA DIPOLO DOBLADO VERSUS UN ARREGLO DE DIPOLOS DOBLADOS 2X1 PARA LA BANDA DE 6 GHZ, realizado por Luis Kevin Valdiviezo Masabanda con documento de identificación N° 1722789649, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Lenin Wladimir Aucatoma Guamán, MSc

1717985830

DEDICATORIA

Este artículo académico encuentra su dedicación en los pilares fundamentales que han sostenido mi camino hacia el conocimiento y la excelencia.

A mi amada familia, cuyo inquebrantable apoyo y amor han sido la base sobre la cual he edificado mi búsqueda del saber. Vuestras palabras alentadoras y vuestra presencia constante han sido el faro que ha iluminado mis pasos en este arduo trayecto. A mi querida abuelita, cuya sabiduría y paciencia han sido un constante recordatorio de la importancia de la perseverancia y la humildad en la búsqueda del entendimiento. Tu legado de valores y cariño ha influido profundamente en mi desarrollo académico y personal.

A mis estimados amigos, quienes han compartido risas y momentos de esfuerzo a lo largo de esta travesía. Vuestra compañía y respaldo moral han sido un valioso estímulo, recordándome la importancia de la camaradería y el intercambio intelectual en la búsqueda del conocimiento.

A los distinguidos ingenieros que han dejado una huella imborrable en el campo del saber, cuyas contribuciones han allanado el camino para futuras exploraciones. Vuestras innovaciones y logros han sido un faro de inspiración que me ha impulsado a seguir explorando nuevas fronteras en esta disciplina.

La presente dedicatoria es un testimonio de mi profundo reconocimiento y gratitud hacia todos ustedes. Sin su constante influencia y apoyo, este logro académico no habría sido posible. Que estas palabras reflejen el respeto y la admiración que siento por cada uno de ustedes.

Con sincera gratitud y estima,

Luis Kevin Valdiviezo Masabanda

AGRADECIMIENTO

En la culminación de este arduo trabajo académico, deseo expresar mi profunda gratitud a todas aquellas personas que han contribuido de manera significativa en esta travesía intelectual.

En primer lugar, elevo mi agradecimiento a Dios, fuente de sabiduría y guía en cada paso de este recorrido académico. Su divina presencia ha iluminado mi camino, infundiéndome fuerza y determinación para enfrentar los retos y superar los obstáculos.

Mi gratitud se extiende a mi familia, cuyo constante apoyo emocional y aliento inquebrantable han sido el pilar sobre el cual he edificado cada paso de este camino. Vuestra fe en mí y vuestro amor incondicional han sido mi inspiración constante.

A mis amigos incondicionales, quienes han compartido no solo momentos de alegría y camaradería, sino también han sido mi soporte moral en los momentos más desafiantes. Vuestra compañía ha enriquecido mi experiencia académica y ha hecho que este viaje sea memorable.

Deseo expresar mi sincera gratitud al Ingeniero Lenin Aucatoma, mi distinguido tutor de tesis, cuya orientación experta y sabios consejos han sido fundamentales en la realización de este trabajo. Su dedicación y compromiso con mi desarrollo académico han dejado una huella perdurable en mi formación.

No puedo pasar por alto el apoyo brindado por la Pastoral. Vuestra asistencia y acompañamiento han sido una fuente de fortaleza espiritual y emocional, brindándome un refugio en momentos de necesidad. Agradezco especialmente la influencia y guía de María Auxiliadora y Don Bosco, cuyos valores y principios han impregnado mi camino académico.

Finalmente, quiero expresar mi reconocimiento a aquellas personas cercanas a mí que han compartido su cariño y aliento a lo largo de mi trayectoria en esta universidad. Vuestras palabras de ánimo y gestos de afecto han sido un recordatorio constante de la importancia de la comunidad en el proceso de aprendizaje.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Vuestra contribución ha enriquecido este logro y ha hecho posible la realización de este artículo académico.

Con gratitud y estima,

Luis Kevin Valdiviezo Masabanda

Comparación SAR de una antena dipolo doblado versus un arreglo de dipolos doblados 2x1 para la banda de 6 GHz.

Luis Kevin Valdiviezo Masabanda
Ingeniería en Telecomunicaciones
Universidad Politécnica Salesiana
Quito, Ecuador
lvaldiviezom@est.ups.edu.ec

Lenin Wladimir Aucatoma Guamán
Ingeniería en Telecomunicaciones
Universidad Politécnica Salesiana
Quito, Ecuador
laucatoma@ups.edu.ec

Resumen—El artículo presenta la simulación y comparación de los niveles del SAR en una antena dipolo doblado vs un arreglo de antenas dipolo doblado 2x1; a una frecuencia de 6 GHz. Primero se diseñan las antenas a estudiar y analizar mediante el software ANSYS Electronics HFSS con el objetivo de ver su funcionamiento, para luego comparar los valores obtenidos de SAR y analizar el impacto que tendrá en el cuerpo humano. Se obtuvo un 698.38 % de aumento sobre el nivel recomendado en los niveles de radiación más pequeño para una sola antena, puesto que entrega valores elevados para el arreglo.

Index Terms—ANSYS, Frecuencia, Antena, Salud, Radiación

Abstract—The article presents the simulation and comparison of SAR levels in a folded dipole antenna vs. a 2x1 folded dipole antenna array; at a frequency of 6 GHz. First, the antennas must be studied and analyzed, the antennas are designed using the ANSYS Electronics HFSS software in order to see how it works/in order to see how it is functioning, to then compare the SAR values obtained and analyze the impact it will have on the human body. A 698.38% increase was obtained over the recommended level in the smallest radiation levels for a single antenna, which gives us much larger values for the array.

Index Terms—ANSYS, Frequency, Antenna, Health, Radiation

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se emplean un sinnúmero de tecnologías que su avance es más y más acelerado, gracias a estos avances la sociedad tiene la posibilidad de mejorar su calidad de vida, sin embargo siempre se debe revisar que todas las emisiones de comunicaciones inalámbricas de nueva generación no causen perjuicios a la salud del ser humano, por este motivo se analiza el SAR en comunicaciones inalámbricas. [1]

La Tasa de Absorción Específica (SAR) es un coeficiente que mide la cantidad de energía de radiofrecuencia (RF) que absorben los tejidos del cuerpo humano cuando se utiliza un equipo emisor de radiofrecuencias, como el celular. Se mide en vatios por kilogramo (W/kg), lo que es igual a la cantidad de Vatios de Energía que absorbe el cuerpo humano por cada kilogramo en la masa corporal. Al hablar del SAR, se busca establecer una correlación a los efectos de la elevación de la temperatura en el cuerpo humano. Para medir la SAR, se

utilizan diferentes herramientas y protocolos de pruebas que permiten verificar que se cumplan los límites de exposición segura a los campos electromagnéticos. El SAR es importante para la seguridad de los dispositivos implementables, ya que los campos de radiofrecuencia utilizados para manipular la magnetización pueden provocar el calentamiento de los tejidos biológicos adyacentes a los electrodos de estimulación y desfibrilación. [2] [3]

La necesidad de desarrollar antenas para la captación de frecuencias surge debido a la búsqueda de una mayor eficiencia en la recepción de señales y a la necesidad de adaptarse a las frecuencias más altas. La FCC indica a los fabricantes de teléfonos móviles, que se aseguren en cumplir con los estándares de calidad. Los valores SAR más altos para cada banda de frecuencia se incluyen en la autorización final para demostrar el cumplimiento de las pautas de RF de la FCC. SAR también es relevante en el contexto de las resonancias magnéticas. Durante una resonancia magnética, los pulsos de RF depositan energía en los tejidos y el SAR es la energía depositada en los tejidos por estos pulsos de RF. Estos dispositivos suelen mostrar los valores en sus ajustes o en la documentación proporcionada. Los límites varían según el país, pero por lo general, los valores de SAR de los teléfonos móviles deben estar por debajo de 4 W/kg en promedio sobre 1 gramo de tejido. Tanto la Comisión Electrotécnica Internacional como la Administración de Alimentos y Medicamentos limitan la cantidad de energía absorbida por el cuerpo durante una resonancia magnética para evitar un aumento de más de 1 °C en la temperatura corporal. [4] [5] [6]

Además se ha hecho análisis del SAR en antenas microstrip en la banda de onda milimétrica utilizando el software ANSYS HFSS. El diseño de la antena se realizó en la banda de 3 GHz y se evaluó el SAR en la configuración mano-cabeza (fantoma) causado por las terminales móviles de 5G. Los resultados de la simulación mostraron valores de SAR dentro del rango establecido por la normativa de la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes). Esto demuestra que los diseños de las antenas no son nocivos para

la salud. [7]

Por ello se ha visto la posibilidad de comparar los valores de SAR de una antena dipolo doblado versus un arreglo de antenas dipolo doblado 2x1 para la identificación del impacto que se obtiene en el SAR al añadir más elementos al sistema radiante y ver cuales pueden ser su efectos dentro del cuerpo humano y el alcance de realizar nuevas tecnologías.

II. DISEÑO DE LAS ANTENAS

Se simuló y diseñó una antena dipolo doblado que funciona a 6 GHz a partir de fórmulas matemáticas las cuales ayudaron a construir un modelo el cual sufrió diferentes variaciones físicas de cada uno de los componentes. La antena dipolo doblado se la diseñó en el software ANSYS HFSS. Los parámetros que fueron utilizados para el dimensionamiento de la antena fueron: la frecuencia (f) como una constante, lambda como una constante, y las variables que fueron calculadas en base a fórmulas matemáticas como el brazo principal(L), los brazos secundarios(l), el puerto de alimentación la separación entre brazos(S), y el radio de curvatura(R) como también el radio del material conductor (r) el cual fue hecho en cobre como se observa en la figura 1. [8] [9]

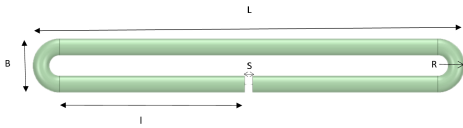


Figure 1. Diseño de la antena dipolo doblado a 6 GHz.

El brazo principal se lo obtiene con una dimensión igual a:

$$L = \lambda/2 \quad (1)$$

El brazo secundario es igual a la longitud del brazo principal menos la separación del puerto de alimentación dividido para dos:

$$l = L - S/2 \quad (2)$$

La separación entre los brazos secundarios del principal es igual o menor a $0.05 \cdot \lambda$:

$$B \leq 0.05\lambda \quad (3)$$

La apertura del puerto de alimentación que separan los brazos secundarios es menor a 0.02λ :

$$S \leq 0.02\lambda \quad (4)$$

La curvatura del radio de los polos se la calcula con la división del tamaño del puerto de la alimentación con el número de Euler elevado a la división de la impedancia y 120:

$$R = \frac{s}{e^{\frac{z_0}{120}}} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta el modelamiento matemático implementado en la simulación se hizo un ajuste para una frecuencia resonante de 6 GHz, para llegar a los parámetros objetivo de funcionamiento de la antena, mismos que corresponden a -10 [dB] en S11 y entre 1 y 2 en VSWR.

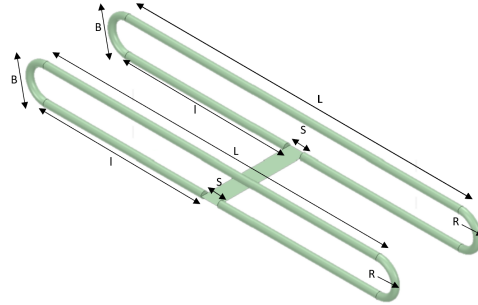


Figure 2. Diseño del arreglo de antena dipolo doblado 2x1 a 6 GHz.

La simulación se la parametrizó con rango de barrido de 4 a 8 GHz con paso de 0.1. [10]

Por otro lado, también se muestra las características del material que se está utilizando. Se usó cobre que es un excelente conductor de electricidad y tiene una alta conductividad térmica, las cuales permiten que la energía de la señal electromagnética se envíe o reciba de manera eficiente, lo cual permite minimizar las pérdidas de energía en el proceso de transmisión, además que tiene una baja resistencia magnética que ayuda a reducir las pérdidas de energía en forma de calor. [11] [12]

Table I
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL CONDUCTOR

Material	Permitividad Relativa (E _r)	Permeabilidad relativa (μ _r)	Conductividad (siemens/m)
	Conductor Eléctrico		
Cobre	6 [Ghz]		
	1	0,999991	58000000
Aislante			
Aire	1,0006	1,0000004	0

Para el diseño de la antena se utilizó cobre como hilo conductor de la antena dipolo doblado; cuyas propiedades se pueden observar en la tabla II y tabla III, tanto para la antena sencilla y el arreglo de antenas. En cada caso se tomó como referencia $\lambda/2$ para el brazo principal, mientras que el brazo secundario es la mitad menos la separación del puerto central de alimentación.

Para la medición del SAR, se utilizó el software ANSYS HFSS bajo un modelo estandarizado de la mano, donde se verificará la absorción de radiación RF. En el modelo de la mano de la figura 3 se realizó la simulación de un fantoma,

Table II
DIMENSIONES DEL MODELO MATEMÁTICO Y EXPERIMENTAL DE LA
ANTENA DIPOLO DOBLADO PARA UNA FRECUENCIA DE 6 GHz

Conductor		Cobre
Frecuencia		
Valor	Parámetro	6 [GHz]
Teórico	F-resonancia	6
Ajustado	(GHz)	6,015
Teórico		0,025
Ajustado		0,0375
Desfase	L [m]	0,01
		50,00%
Teórico	l [m]	0,012
Ajustado		0,01825
Desfase		0,01
Teórico	S [m]	52,08%
Ajustado		0,001
Desfase		0
Teórico	B [m]	0%
Ajustado		0,0025
Desfase		0,01
Teórico	R [m]	0,01
Ajustado		0,0012
Desfase		0,001
Teórico	R [m]	0,001
Ajustado		0,00
Desfase		16,67%

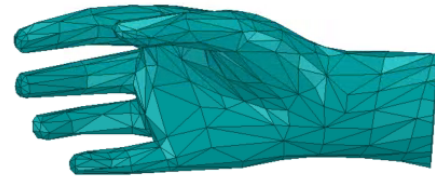


Figure 3. Diseño de la mano.

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A. Antena dipolo doblado y arreglo de antenas

El comportamiento de una antena dipolo doblado se lo pudo identificar desde su variación que a mayor brazo principal más largo, crece su frecuencia, además de que su radio también influye en el hilo conductor; la apertura del puerto de la separación de los brazos de manera similar ayudará a identificar su frecuencia resonante, mientras que la altura de los polos favorecerá su emisión y recepción de datos lo que conlleva que se transforme en una antena que funciona dentro de los parámetros objetivos.

Table III
DIMENSIONES DEL MODELO MATEMÁTICO Y EXPERIMENTAL DE LA
ANTENA DIPOLO DOBLADO CON UN ARREGLO 2X1 PARA UNA
FRECUENCIAS DE 6 GHz

Conductor		Cobre
Frecuencia		
Valor	Parámetro	6 [GHz]
Teórico	F-resonancia	6
Ajustado	(GHz)	6,0150
Teórico	L [m]	0,025
Ajustado		0,0203
Desfase		0,0048
Teórico	l [m]	19,00%
Ajustado		0,012
Desfase		0,00963
Teórico	S [m]	0,00238
Ajustado		19,79%
Desfase		0,001
Teórico	B [m]	0,001
Ajustado		0,001
Desfase		0
Teórico	R [m]	0%
Ajustado		0,0024
Desfase		0,0020
Teórico	R [m]	0,0004
Ajustado		16,67%
Desfase		0,0012
Teórico	R [m]	0,001
Ajustado		0,0002
Desfase		16,67%

que no es más que una parte del modelo de la piel que está compuesto por cuatro capas con un grosor de 25 mm, la primera capa y más delgada de la piel con un grosor de 1.6 mm, segundo esta la capa de grasa con medida de 8 mm, la tercera capa es el músculo y es de 10 mm, mientras que la última capa es de 5.4 mm de hueso.

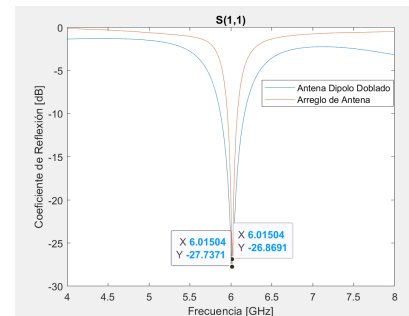


Figure 4. Resultado del Coeficiente de Reflexión S (1,1) de la antena dipolo doblado y su arreglo

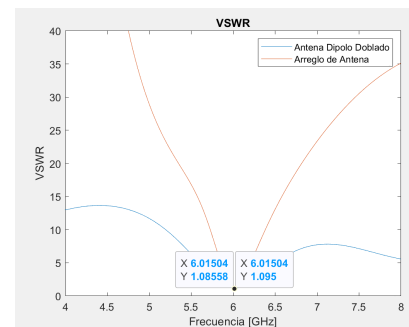


Figure 5. Resultado VSWR de la antena dipolo doblado y su arreglo

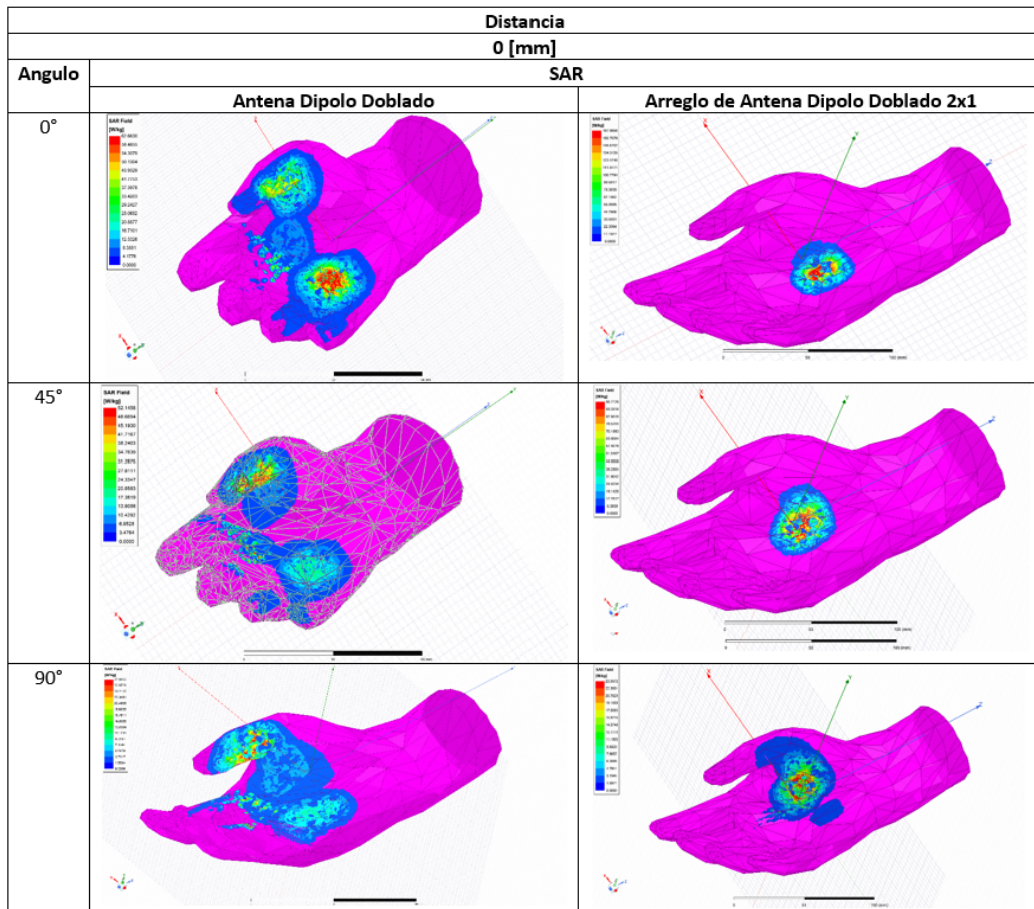


Figure 6. Medición del SAR en el tejido humano en un ángulo a 0°, 45°, 90° de las antenas construidas

B. Resultados del SAR en las Dos Antenas

Los resultados del SAR que se pueden identificar en la tabla IV muestran mediciones a una distancia de 0 milímetros, con inclinación variante de 0,45 y 90 grados; mientras que en la tabla V se observan los valores obtenidos a distancias de 0,0.5 y 1 mm donde indican los valores obtenidos del SAR en W/kg, el color rojo señala el valor máximo obtenido mientras que el color azul el valor mínimo de radiación que puede emitir la antena en dirección a la mano.

En la tabla IV y la figura 6 podemos observar la medición del SAR tanto en la antena simple como en el arreglo de la antena dipolo doblado, teniendo en cuenta la variación de sus ángulos, y el desfase que tiene en cada uno de ellos, lo cual se lo puede interpretar que a mayor inclinación menor será el SAR.

La radiación que produce cada elemento radiante refleja diferentes intensidades sobre la mano, da como resultado que la antena simple cubre una mayor región de radiación, mientras que el arreglo de antenas presenta una menor región de radiación, sin embargo, al ser más directiva, su concentración de radiación es mayor a la antena dipolo doblado, por ello se observa que los valores del SAR varían de acuerdo al

Table IV
VALORES DEL SAR EN UN ÁNGULO A 0°, 45°, 90° DE LAS ANTENAS CONSTRUIDA

Antena Simple	SAR	0°	45°	90°	
	SAR Estándar [W/kg]	4	4	4	
SAR Simulado [W/kg]		62,6630	52,1458	27,9352	
Variación		0	10,5172	24,2106	
Porcentaje de variación		0,00%	20,17%	86,67%	
Arreglo de antena	SAR Estándar [W/kg]	4	4	4	
	SAR Simulado [W/kg]		167,9656	95,7126	23,9572
	Variación		0	72,253	71,7554
	Porcentaje de variación		0,00%	75,49%	299,51%

cambio de relación del ángulo en referencia a la mano, a mayor inclinación, menor será la radiación que reciba, obteniendo que el SAR es igual a 62,6630 [W/kg] en la antena dipolo doblado a un ángulo 0°, mientras que al tener un ángulo de 45°, su intensidad es de 52,1458 [W/kg], y, al aumentar el ángulo a 90° su porcentaje, obtiene un valor de 27,9352 [W/kg], que significa un decrecimiento exponencial mientras varía la posición angular de la antena.

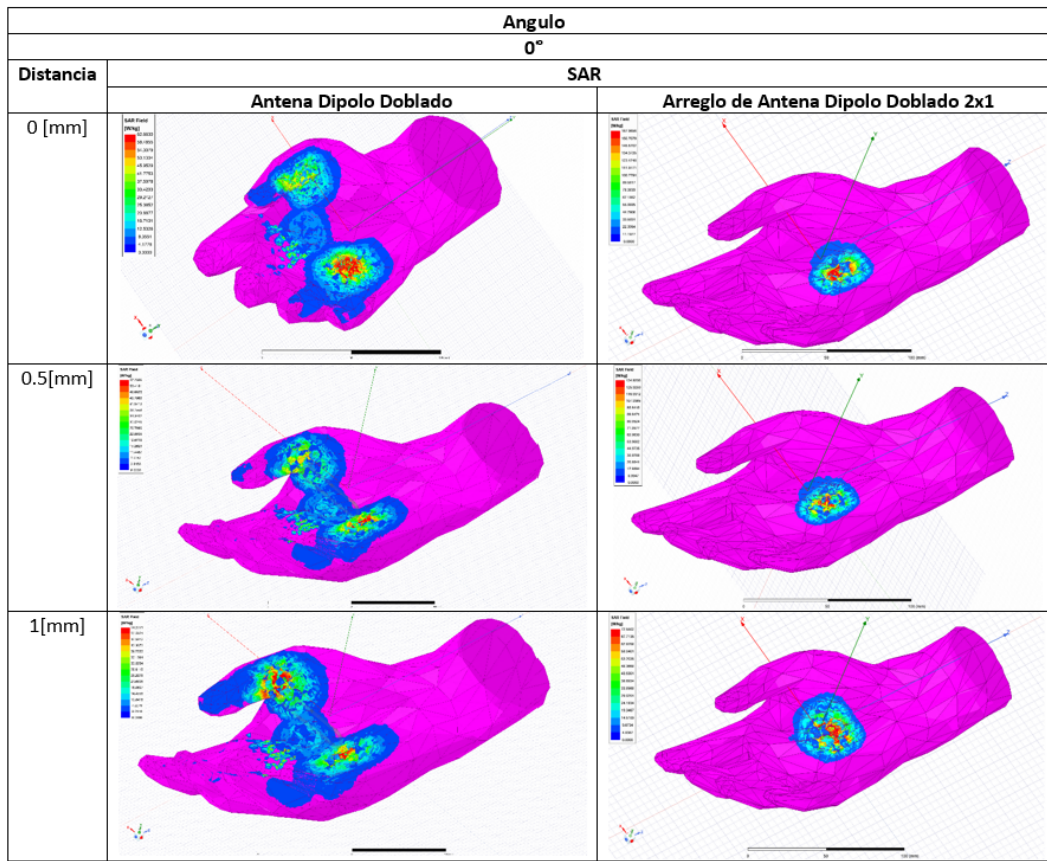


Figure 7. Medición del SAR en el tejido humano con una distancia a 0, 0.5 y 1 mm.

Ahora observamos en la tabla 6 y tabla 7 la medición del SAR pero teniendo como variante la distancia entre la mano y la antena, usando valores de 0, 0.5 y 1 mm., en donde se observa de igual forma un decrecimiento casi exponencial. Observamos la medida del SAR en la antena dipolo doblado del 62,6630 [W/kg] a una distancia 0 [mm], en 0.5 [mm] se observa un decrecimiento en relación a 0 [mm] con un valor de 9,49%, y se obtiene como resultado una medida de 57,2336 [W/kg], de igual forma a la distancia de 1 [mm] se refleja una variación de decrecimiento del 5,58%, con respecto a los valores obtenidos en 0,5mm, con una medida de 54,2091 [W/kg].

La comparación que se puede evidenciar entre la antena dipolo doblado y el arreglo de antenas dipolo doblado 2 por 1, es que el SAR del arreglo es elevado, pero con alta directividad en un punto, lo que se interpreta como una mayor incidencia en un punto o área en específico.

IV. CONCLUSIONES

Al añadir un dipolo doblado y tener un arreglo 2X1, se sobrepasa el valor recomendado para radiaciones en el cuerpo humano (4 W/Kg) llegando a un porcentaje máximo de 4199,14% sobre el nivel recomendado.

Table V
VALORES DEL SAR A UNA DISTANCIA DE 0, 0.5, 1 [MM] DE LAS ANTENAS CONSTRUIDA

	SAR	0 [mm]	0,5[mm]	1[mm]
Antena Simple	SAR Estándar [W/kg]	4	4	4
	SAR Simulado [W/kg]	62,6630	57,2336	54,2091
	Variación	0	5,4294	3,0245
	Porcentaje de variación	0,00%	9,49%	5,58%
Arreglo de antena	SAR Estándar	4	4	4
	SAR Simulado	167,9656	134,9206	72,5502
	Variación	0	33,0450	62,3704
	Porcentaje de variación	0,00%	24,49%	85,97%

Al inclinar los modelos propuestos se obtiene un decrecimiento en el valor del SAR, para cada caso. Esto implica que la radiación cubre áreas más extensas de la mano pero pierde intensidad de radiación sobre la misma.

Al comparar las dos antenas construidas a una frecuencia de 6[GHz] se evidencia que el arreglo tiene una mayor concentración y elevado medición del SAR el cual se concentra en una región en específica, mientras que la antena normal es

menor su medición y el área que esta cubre es muy amplia con y no directiva.

REFERENCIAS

- [1] R. A. C. Pérez, D. A. G. N. A. H. L. M. J. L. M. M. D. S. Carvajal, and D. R. H. Martínez, "Tesis defendida por edén janitzintzin parra fuentes y aprobada por el siguiente comité edén janitzintzin parra fuentes © 2018 queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis," 2018.
- [2] "Antenas : Resonancia magnética, los protocolos y su práctica." [Online]. Available: <https://protocolosresonanciamagnetica.org/2015/01/25/antenas/>
- [3] R. A. C. Pérez, D. A. G. N. A. H. L. M. J. L. M. M. D. S. Carvajal, and D. R. H. Martínez, "Tesis defendida por edén janitzintzin parra fuentes y aprobada por el siguiente comité edén janitzintzin parra fuentes © 2018 queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis," 2018.
- [4] "Relación entre la energía de radiofrecuencia de la rnm y la función de dispositivos implantables - sociedad latinoamericana del ritmo cardíaco / latin american heart rhythm society." [Online]. Available: <https://lahrs.org/relacion-entre-la-energia-de-radiofrecuencia-de-la-rnm-y-la-funcion-de-dispositivos-implantables/>
- [5] C. De, "Universidad politécnica salesiana sede quito."
- [6] O. de Radiocomunicaciones del UIT, "Recomendación UIT-R SM.443-4* - mediciones de anchura de banda en las estaciones de comprobación técnica de las emisiones," 2007. [Online]. Available: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>
- [7] M. En, O. Milimétrica, A. . Jhonny, X. Llumiyinga, B. Fredy, A. Olmedo, G. Tutora, J. Berenice, and A. T. Quito-Ecuador, "Universidad politécnica salesiana sede quito carrera de ingeniería electrónica análisis del efecto del sar provocado por una antena," 2022.
- [8] C. D. Telecomunicaciones, "Universidad politécnica salesiana sede quito."
- [9] C. D. Telecomunicaciones, A. . Lizbeth, J. Caiza, G. Katherine, and M. S. Llamba, "Universidad politécnica salesiana sede quito trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniera en telecomunicaciones."
- [10] "Efficient and accurate simulation of antenna arrays in ansys hfss - padt." [Online]. Available: <https://www.padtinc.com/2020/04/02/efficient-and-accurate-simulation-of-antenna-arrays-in-hfss/>
- [11] "Ventajas y desventajas del cobre vs aluminio en el cableado eléctrico." [Online]. Available: <https://www.electricaplicada.com/ventajas-y-desventajas-del-cobre-vs-aluminio-cableado-electrico/>
- [12] "Los cables conductores de cobre." [Online]. Available: <https://www.sumidelec.com/blog/cables-de-cobre>