

5 EXPLOTACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 EXPLOTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE HUMEDAD

El objetivo de la explotación de las medidas es obtener la permitividad compleja de la arena en función de la cantidad de agua añadida. Para ello, vamos a utilizar el programa que hemos hecho en MATLAB (ver código en el anexo 3). Este programa compara los datos medidos con los ábacos obtenidos en el apartado de desarrollo de la sonda para encontrar, a cada valor de frecuencia, la curva de permitividad más probable. Los valores de permitividad serán, por lo tanto discretos, con una precisión de ± 1 , precisión que aumenta para los valores pequeños. Para compensar los efectos de la discretización, intentaremos buscar curvas de tendencia que hagan que los valores de permitividad sean continuos.

Es necesario decir que, teniendo en cuenta que hemos medido con la sonda SMA, los resultados a partir de 4GHz se considerarán como no explotables. Para demostrar el problema, vamos a mostrar la curva de resultados que nos devuelve MATLAB para una tasa de humedad del 45%:

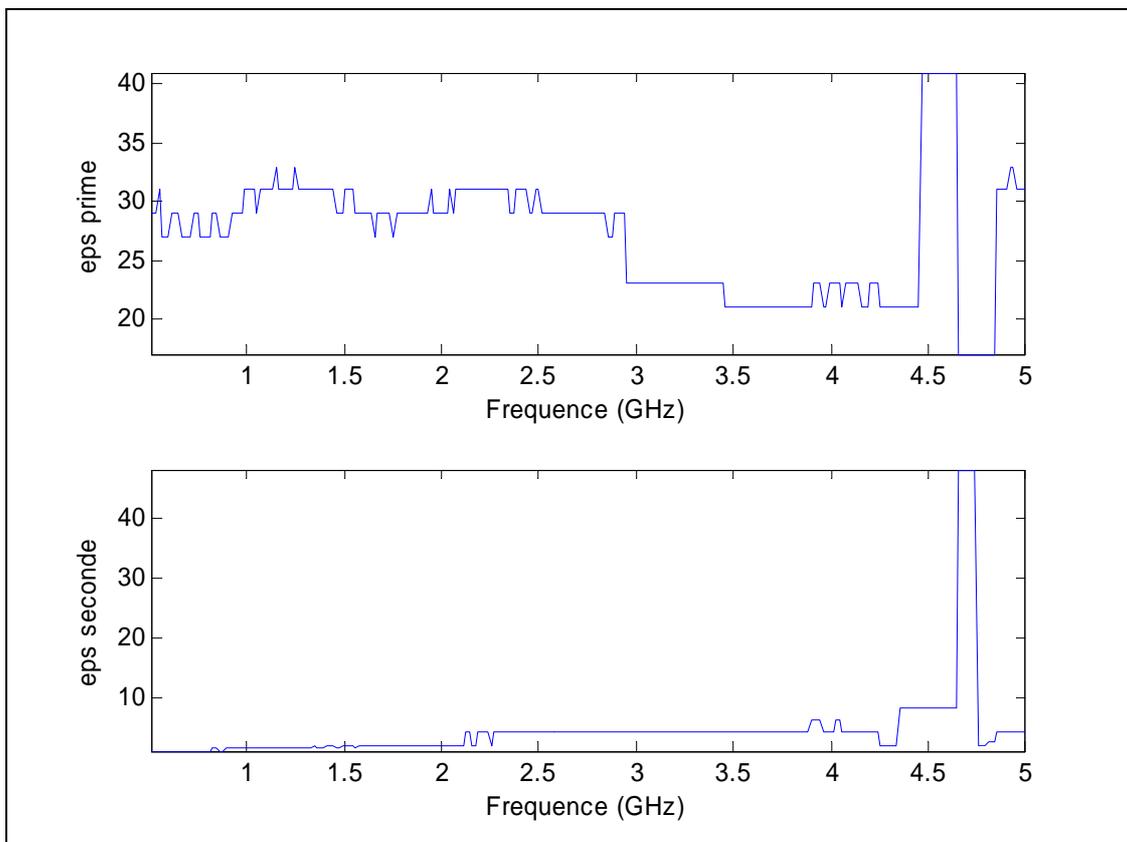


Fig. 5.1: Permitividad de la arena con $m_v=45\%$ (MATLAB)

Es evidente que a partir de 4GHz el programa no es capaz de determinar la permitividad a causa de los defectos del análisis HFSS de la sonda SMA (figs. 3.9 y 3.11). Podemos ver también pequeñas oscilaciones a causa de la discretización de ϵ (aún no se han añadido curvas de tendencia). Son consecuencias del compromiso entre precisión y potencia de cálculo en HFSS. Con un ordenador más potente es posible obtener una precisión más importante.

Hemos dicho anteriormente que para compensar el efecto de la discretización vamos a añadir curvas de tendencia con el programa KaleidaGraph. Veamos los resultados:

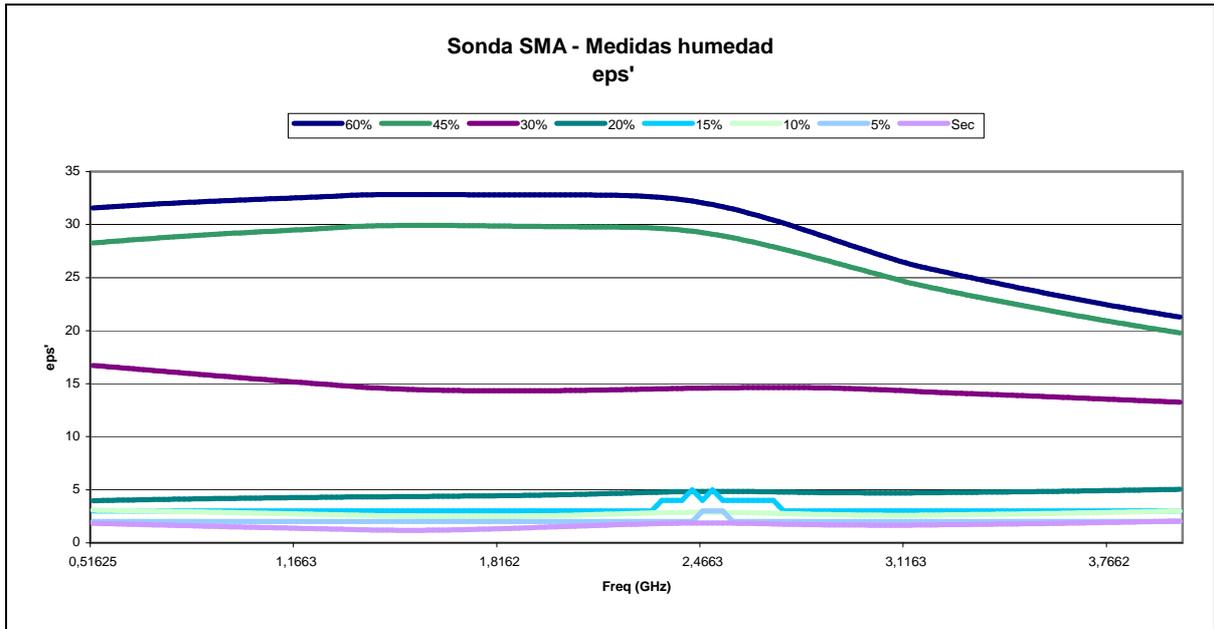


Fig. 5.2: Curvas de tendencia para ϵ' (Excel)

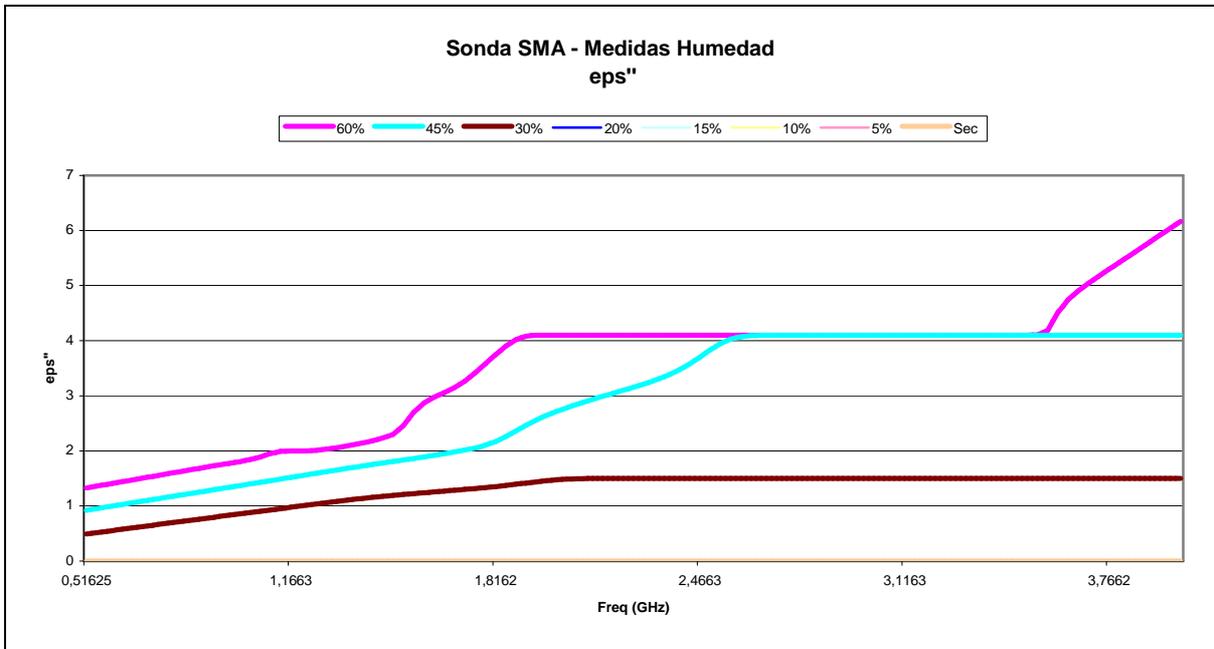


Fig. 5.3: Curvas de tendencia para ϵ'' (Excel)

Los resultados obtenidos son coherentes con la teoría. En primer lugar, la permitividad de la mezcla agua-arena aumenta cuando aumenta la proporción de agua presente en la mezcla, puesto que la permitividad del agua es superior a la de la arena. Podemos ver también que la relación no es lineal, sino que es fuertemente no lineal, siendo entre un 20% y un 30% de agua cuando se produce un gran cambio de permitividad (valor W_t del modelo de Wang y Schmugge).

Es remarcable también que en la gráfica de ϵ'' vemos que es igual a cero si la tasa de humedad vale menos del 20%. Este hecho es una consecuencia directa de la discretización de ϵ'' . Hemos hecho el estudio de $\epsilon''=0$ y de $\epsilon''=0.5$, por lo tanto un valor de 0 sobre la gráfica indica que la permitividad real se encuentra más cerca de 0 que de 0.5, es decir, que interpretaremos el 0 sobre la gráfica como un “valor muy débil de la parte imaginaria de la permitividad”.

5.2 EXPLOTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE SALINIDAD

Para la explotación de estas medidas vamos a repetir el mismo proceso explicado para la explotación de las medidas de humedad, es decir, vamos a utilizar el programa MATLAB que nos dará valores discretos de permitividad y luego con el programa KaleidaGraph vamos a añadir una curva de tendencia.

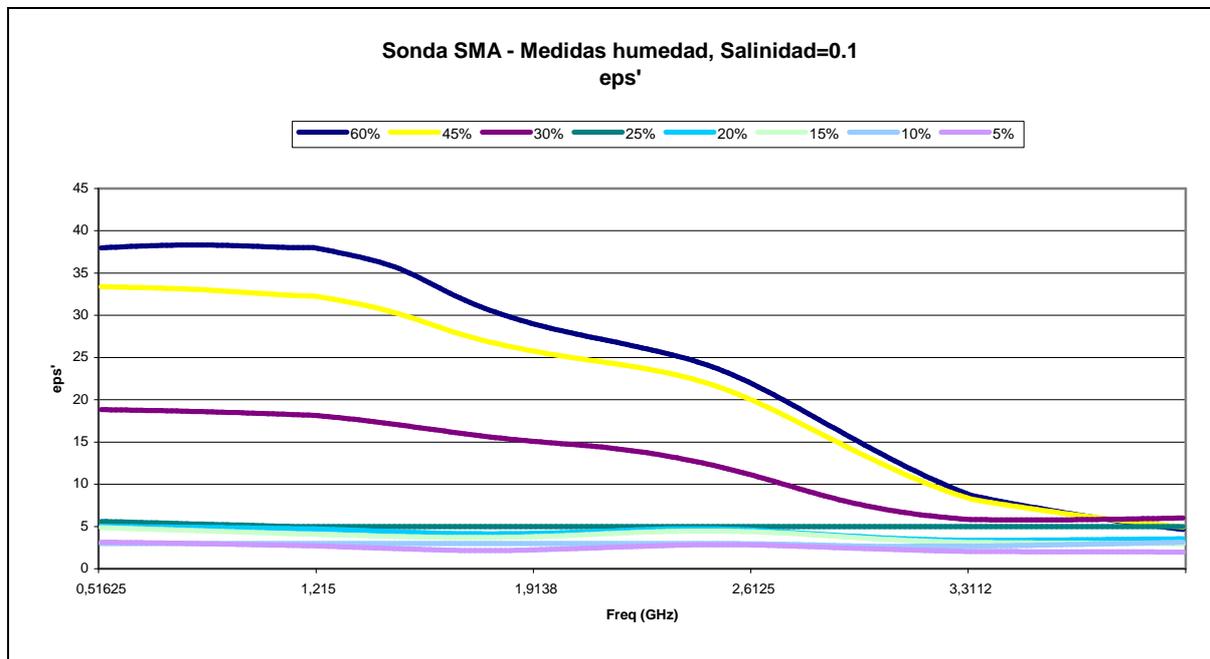


Fig. 5.4: Curvas de tendencia para ϵ' , con una salinidad, $S=100\%$ (Excel)

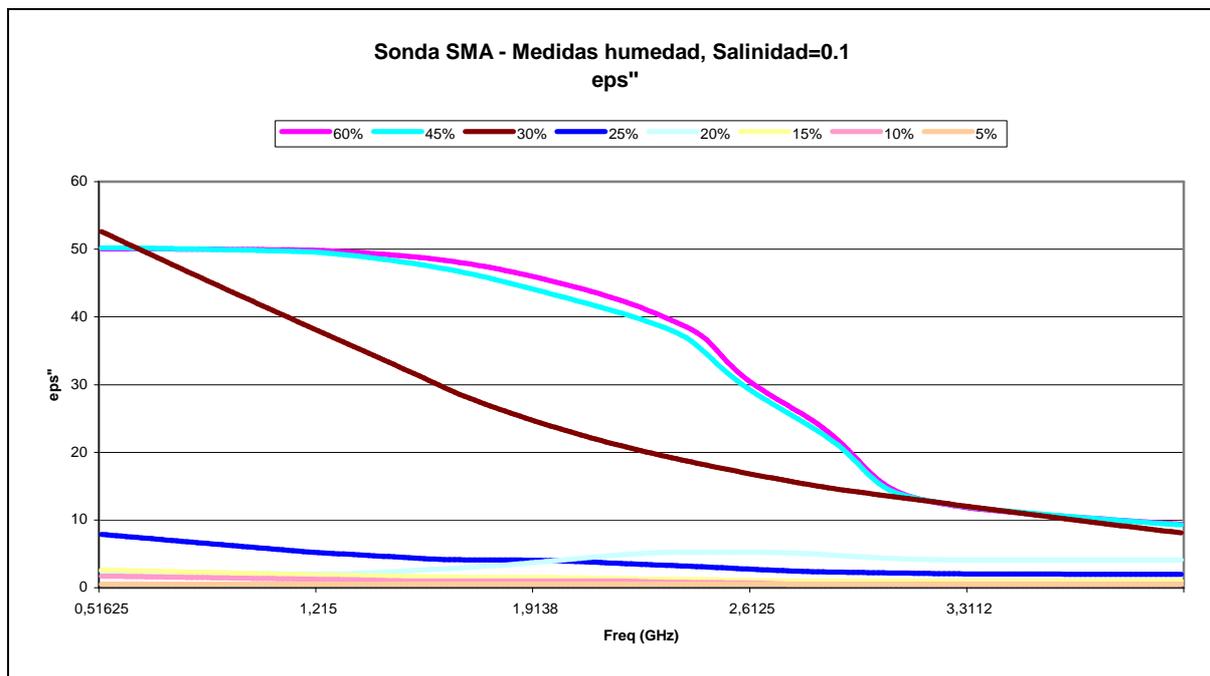


Fig. 5.5: Curvas de tendencia para ϵ'' , con una salinidad, $S=100\%$ (Excel)

Efectivamente, ϵ'' aumenta de una forma muy importante, como se preveía y su comportamiento se invierte para valores altos de humedad, ya que normalmente la permitividad aumenta con la frecuencia. Hay que reseñar que $\epsilon''=50$ era el valor máximo de los ábacos, por lo tanto la información que se obtiene de esta gráfica es que $\epsilon'' \geq 50$. Mirando los resultados podemos ver también que el valor de transición se encuentra entre el 25% y el 30%, como ya suponíamos.

5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON EL MODELO CAPACITIVO DE LA SONDA

En esta sección vamos a comparar los resultados obtenidos para la permitividad con el modelo basado en el comportamiento con los resultados obtenidos por otros investigadores del laboratorio con el método capacitivo. Hay que recordar que el método capacitivo consiste en considerar el sistema sonda-muestra como un circuito capacitivo equivalente y también recordamos que es necesario calcular en primer lugar el valor de dos parámetros, que son C_0 y b . Para obtener los valores de estos dos parámetros es necesario también realizar medidas con materiales de referencia, de permitividades conocidas. En el caso de las medidas de humedad y salinidad, los materiales que se han utilizado han sido el agua, la acetona, el clorobenceno, el diclorobenceno y el nitrobencono.

El resultado obtenido para los parámetros C_0 y b son:

$$C_0=3.259734 \times 10^{-14} \text{ F} \quad b=0.940977$$

Vamos a presentar la comparación para las medidas de humedad:

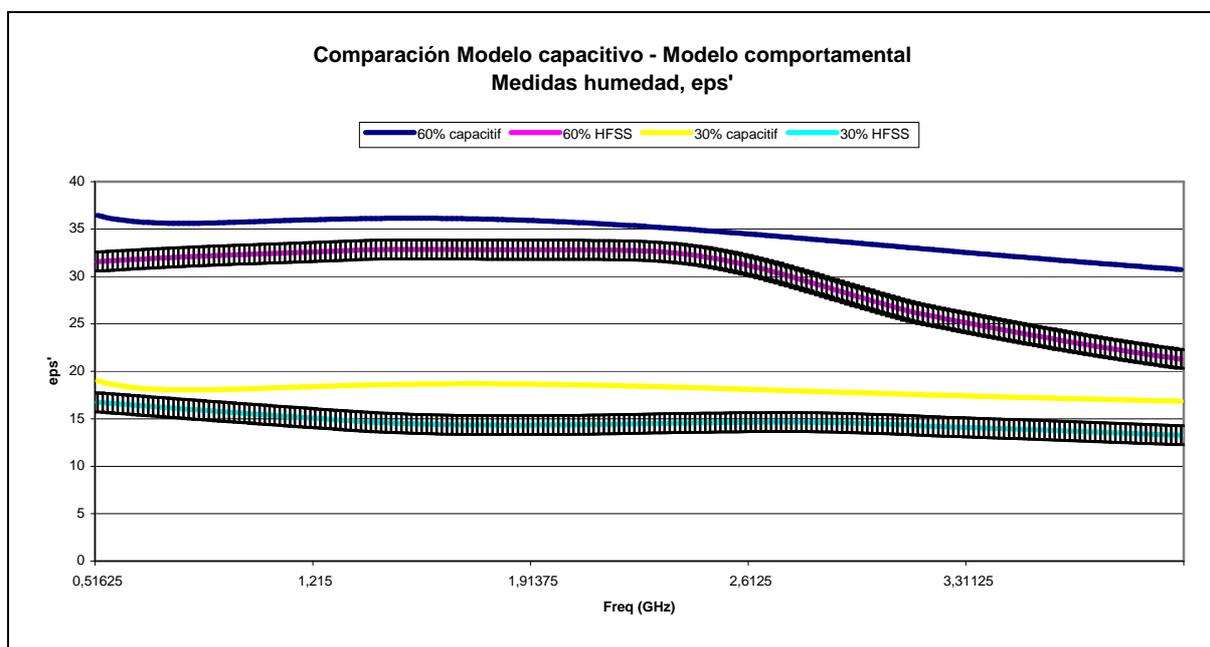


Fig. 5.6: Comparación de los valores fuertes de la parte real de la permitividad (Excel)

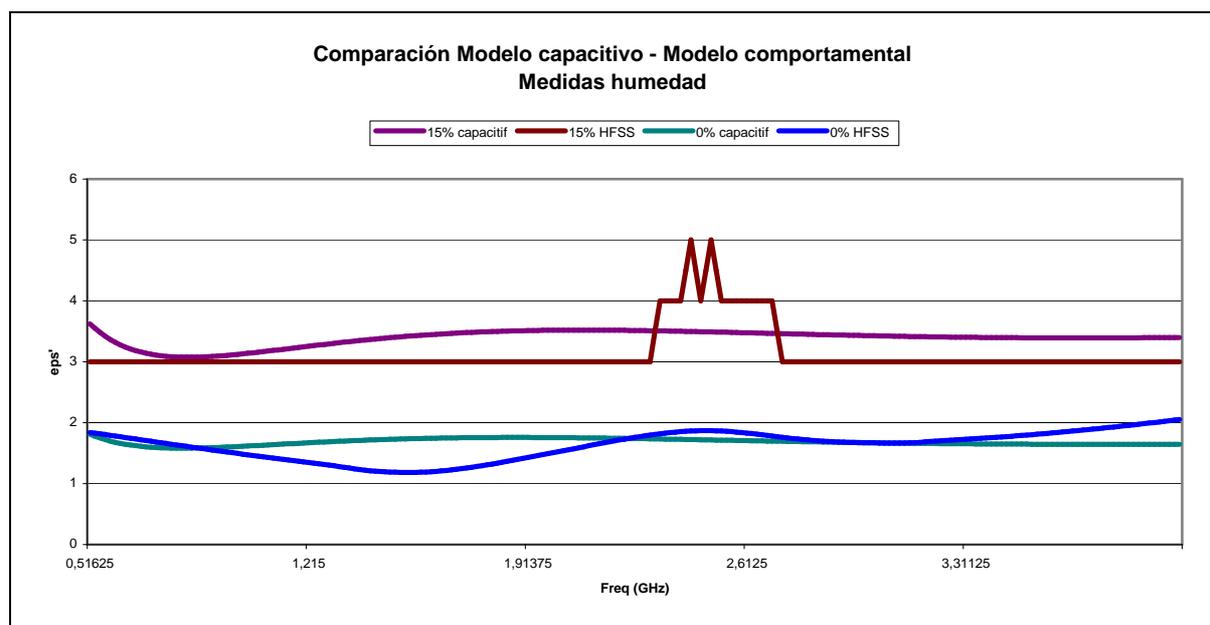


Fig. 5.7: Comparación de los valores pequeños de la parte real de la permitividad (Excel)

En la primera gráfica presentada (figura 5.6) se han añadido barras de error de un valor de ± 1 sobre las curvas del modelo basado en el comportamiento para expresar el error inherente a la discretización.

Para mostrar los resultados de la comparación de la parte imaginaria, no es necesario dividir en dos gráficas ya que para valores pequeños de la tasa de humedad, el modelo basado en el comportamiento da siempre 0 como resultado, recordando que para dicho método, ese resultado significa que la parte imaginaria está más cerca de 0 que de 0.5

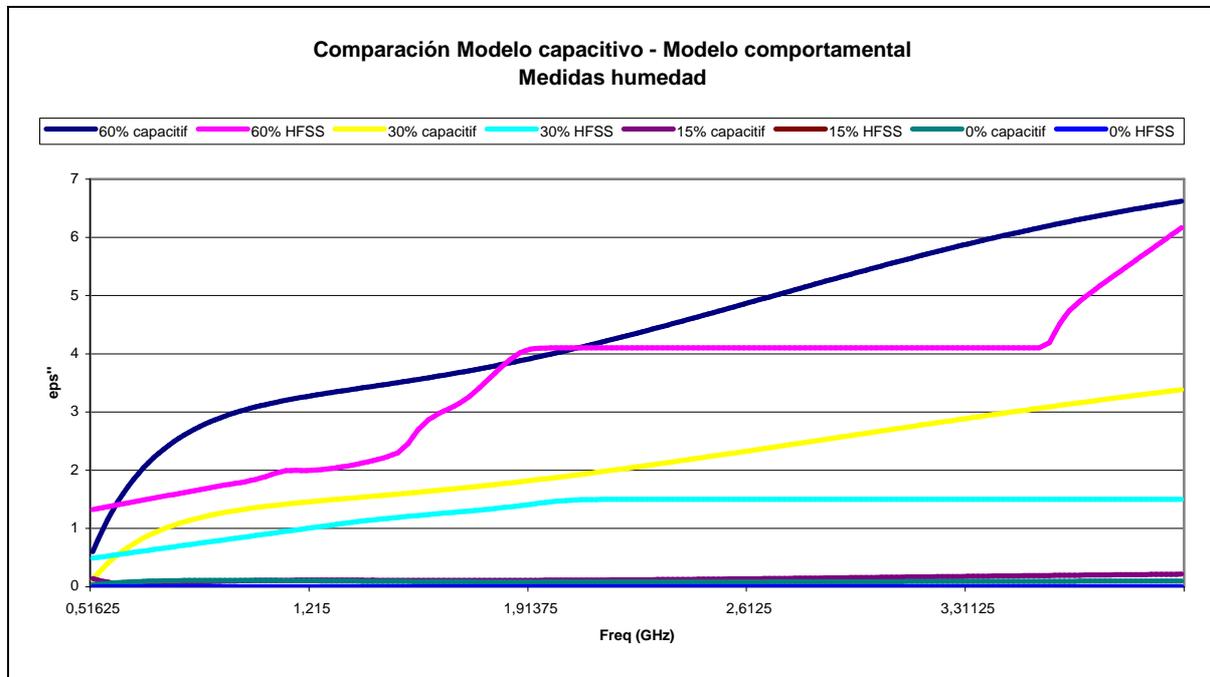


Fig. 5.8: Comparación de la parte imaginaria de la permitividad (Excel)

Hay que tener en cuenta que estamos comparando dos aproximaciones diferentes al comportamiento de la sonda coaxial abierta en un extremo, ya que el método capacitivo tampoco es un método exacto, sino todo lo contrario. En este método se calcula la permitividad a partir de un circuito equivalente que es aproximado. Hay que decir igualmente que el método basado en el comportamiento es un método que aún es experimental y se encuentra en fase de desarrollo. Por ello, podemos decir que los resultados de la comparación son muy positivos porque nos muestran unos resultados del mismo orden de magnitud. Hay solo tres dominios de cálculo para la parte real de la permitividad y solo otros tres en la parte imaginaria, lo que resta precisión al modelo. Futuras ampliaciones del mismo consistirán en aumentar la base de datos, en añadir nuevos dominios y en mejorar la precisión de ϵ en los cálculos.