

# Actividad sobre el Canal Multitrayecto

Alejandro Ayala Gil  
David Contreras Franco

## I. INTRODUCCIÓN

En lo que respecta al canal multitrayecto, es fundamental determinar su comportamiento para poder establecer como los símbolos son afectados por los distintos rayos en un espacio. Por tal motivo, se desarrolla una actividad para poder determinar el comportamiento del canal dentro de uno de los edificios de la universidad, a partir de un conjunto de muestras brindado por un equipo de transmisión de pulsos de muy corta duración.

## II. OBJETIVOS

- Dibujar la respuesta impulsiva para las condiciones de campaña de medición.
- Graficar el Power Delay Profile de las distintas muestras.
- Calcular la dispersión de retardo media y máxima.
- Determinar el tiempo de coherencia y el ancho de banda de coherencia.
- Realizar los objetivos anteriores con un ancho de banda de 80 KHz.
- Establecer una comparación entre las dos situaciones presentadas.

## III. DESARROLLO

### III-A. Campaña de medición

**III-A1. Respuesta impulsiva:** De acuerdo a la respuesta impulsiva brindada por el equipo de transición. Haciendo uso del lenguaje de programación matlab, se grafica la magnitud en cuestiones del tiempo de duración de medición y la respuesta impulsiva. Este resultado se puede apreciar en la figura 1.

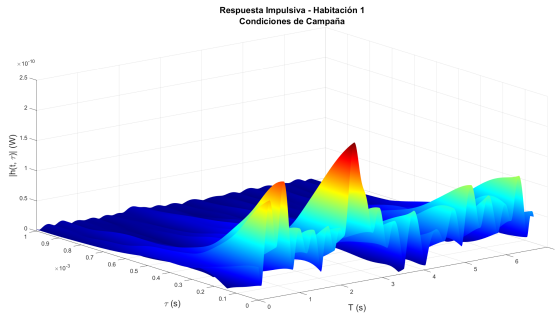


Figura 1. Respuesta impulsiva para las condiciones de medición.

**III-A2. Power Delay Profile:** Para hacer el calculo del PDP, se hace el promedio de la magnitud de todas las muestras. Esto quiere decir que el PDP calculado queda expresado en términos de  $\tau$ . Al realizar este procedimiento se obtiene un vector como se muestra en la figura 2.

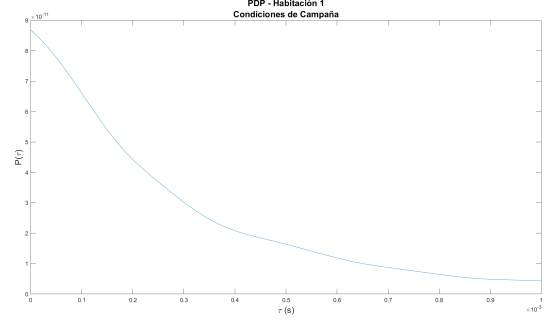


Figura 2. Power Delay Profile de la campaña de medición.

**III-A3. Dispersión de retardo medio y máximo:** En cuanto a la dispersión de retardo media se hace uso de la siguiente ecuación para lograr determinar su valor:

$$\hat{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (1)$$

Evaluando la ecuación a los valores de PDP que se calcularon anteriormente, se obtuvo que la dispersión de retardo medio es  $\hat{\tau} = 262,13 \mu s$ . Por lo que se puede ver en la figura 5 estaría ubicado de esa manera en el PDP.

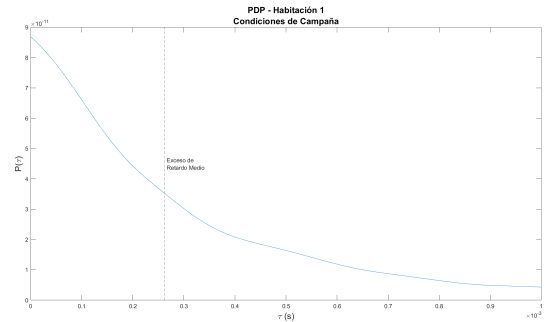


Figura 3. Dispersión de retardo medio en el PDP.

A partir del conjunto de muestras de la respuesta impulsiva, se realiza la figura 4 en la cual se calcula la dispersión de retardo medio en cada instante de tiempo. Considerando el valor calculado anteriormente para la dispersión de retardo medio dentro de la gráfica.

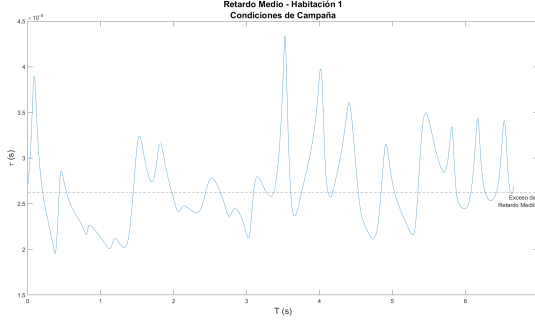


Figura 4. Función de dispersión de retardo medio en cada instante de tiempo.

Ahora, para lograr determinar la dispersión de retardo máximo se hizo una búsqueda sobre el PDP expresado en dBW, en donde se establece el momento máximo en el que dejara de superar la sensibilidad. Para este caso se obtuvo como resultado un valor de  $772,86\mu s$ .

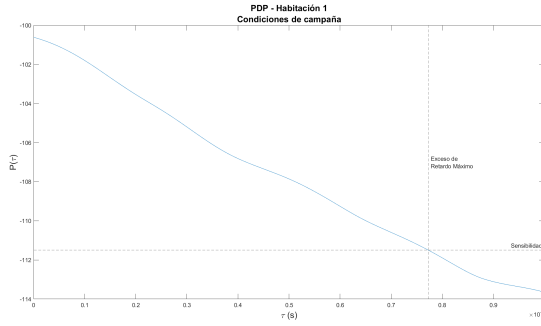


Figura 5. Dispersión de retardo máximo en el PDP.

Realizando el mismo proceso que para el retardo medio al conjunto de datos de la respuesta impulsiva, se tiene en la figura 6 la dispersión de retardo máximo para cada instante de tiempo. Adicionalmente, se estableció en la figura el valor de dispersión de retardo máximo calculado anteriormente.

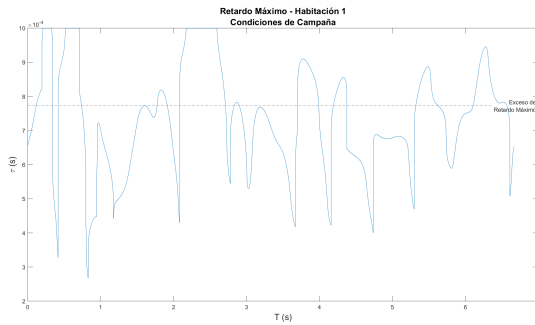


Figura 6. Función de dispersión de retardo máximo en cada instante de tiempo.

**III-A4. Tiempo de coherencia y ancho de banda de coherencia del canal:** Teniendo el valor de dispersión de retardo medio, para poder determinar el valor de  $\sigma$  es necesario determinar primero el valor de retardo RMS. En el que se calcula haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\hat{\tau}^2 = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (2)$$

Luego para calcular el valor de  $\sigma$  se hace uso de la posterior ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\tau^2 - \hat{\tau}^2} \quad (3)$$

Para después, haciendo uso de la ecuación 4 en donde se toma una correlación de 0.5 para determinar aproximadamente el valor del ancho de banda de coherencia, del que se tiene como valor  $B_c \approx 856,59Hz$ .

$$B_c \approx \frac{1}{5\sigma} \quad (4)$$

Seguidamente, se hace uso de la frecuencia Doppler brindada por el ejercicio como 40 Hz para el calculo del tiempo de coherencia. Este tiempo de coherencia se calcula a partir de la ecuación 5. Al hacer uso de esta ecuación se obtiene como resultado para el tiempo de coherencia  $T_c = 4,48ms$ .

$$T_c = \frac{9}{16\pi fd} \quad (5)$$

### III-B. Ancho de banda de 80KHz

**III-B1. Respuesta impulsiva:** Debido a que el ancho de banda ahora se ve delimitado a 80KHz, se tiene que realizar una integración, considerando un tiempo de símbolo de  $12,5\mu s$ , de los distintos tiempos  $\tau$ ; de tal manera que se obtiene como nueva respuesta impulsiva una matriz  $80 \times 10000$ .

Aplicando el mismo proceso realizado para la campaña de muestras pero delimitado a un ancho de banda de 80 KHz, se obtiene la siguiente respuesta impulsiva:

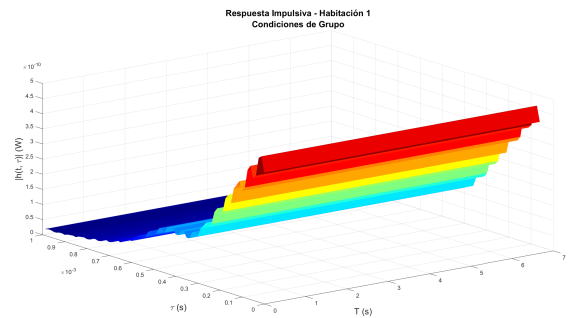


Figura 7. Respuesta impulsiva para un ancho de banda de 80KHz.

**III-B2. Power Delay Profile:** Partiendo de la manera en la que se calculo para la campaña de muestras el PDP, se realiza entonces el mismo procedimiento para la nueva respuesta impulsiva con ancho de banda de 80 KHz. Debido a que no se tiene un ancho de banda infinito, se decide entonces discretizar el PDP.

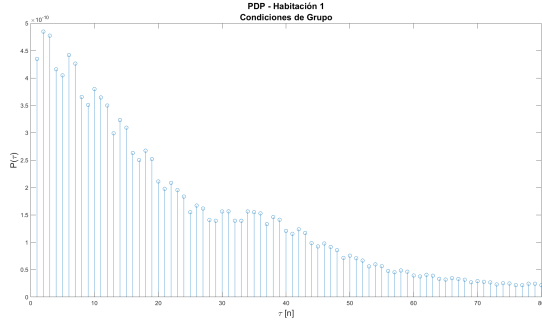


Figura 8. Power Delay Profile para un ancho de banda de 80 KHz.

**III-B3. Dispersión de retardo medio y máximo:** De la misma manera en la que se realizó el procedimiento de la campaña de muestras, se procede a calcular la dispersión de retardo máximo y medio para el ancho de banda de 80 KHz.

Haciendo uso de la ecuación 1, se obtiene que la dispersión de retardo medio es  $\hat{\tau} = 277,27\mu s$ , el cual se da para la muestra 22,18. De lo que se puede ver en la figura 9 donde se da este en el PDP.

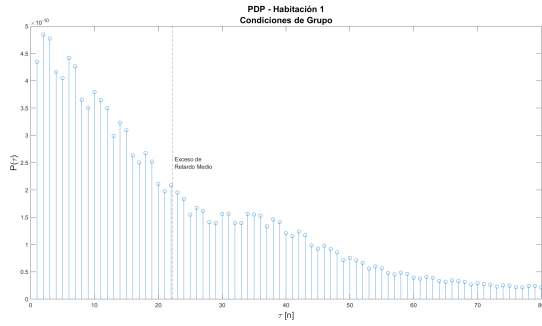


Figura 9. Dispersión de retardo medio en el PDP para el ancho de banda de 80 KHz.

De la misma manera que se calculo la dispersión de retardo máximo para la campaña de muestras, se calcula para la nueva respuesta impulsiva con ancho de banda de 80 KHz. De lo que se tiene como resultado para este  $1ms$ , como se puede apreciar en la figura 10, este valor es dado en la muestra número 80.

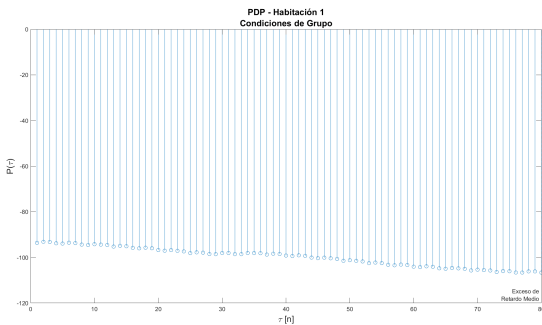


Figura 10. Dispersión de retardo máximo en el PDP para el ancho de banda de 80 KHz.

**III-B4. Tiempo de coherencia y ancho de banda de coherencia del canal:** Con lo anterior realizado, se hace uso de

la ecuación 2, para determinar el nuevo retardo RMS. Con el que se establece el valor de  $\sigma$  haciendo uso nuevamente de la ecuación 3, para después haciendo uso de la ecuación 4 calcular el ancho de banda de coherencia de lo que se obtiene como valor  $B_c \approx 876,21Hz$ .

Al discretizarse los datos, la formula del tiempo de coherencia usada anteriormente deja de ser valida para este nuevo conjunto. Por lo que se calcula el nuevo tiempo de coherencia por medio de una auto-correlación del nuevo PDP discretizado, en el que se busca ver en que tiempo se encuentra la correlación por encima de 0.5. Cuando se realiza todo este procedimiento, se tiene que el nuevo tiempo de coherencia es de  $T_c = 0,4ms$ .

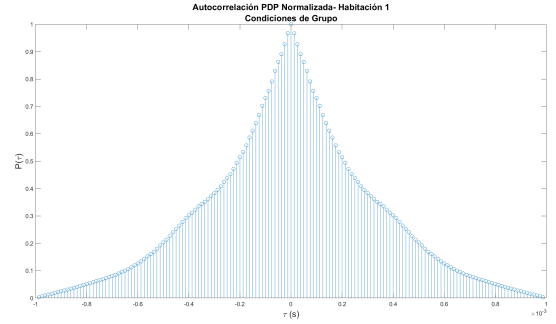


Figura 11. Auto-correlación del PDP de la señal discretizada.

#### IV. CONCLUSIONES Y COMPARACIÓN DE LAS DOS SITUACIONES

- Al calcular la dispersión de retardo medio y máximo para el PDP discretizado al ancho de banda sugerido, da exactamente el mismo tiempo de retardo medio para todas las muestras.
- La dispersión de retardo máximo aumenta cuando el ancho de banda disminuye, de tal manera que esta no se ve afectada por la sensibilidad.
- Hubo dificultad para graficar la respuesta impulsiva de forma discreta para lograr que fuera visualmente agradable y entendible. Por eso se gráfico de forma continua, pero es importante tener en cuenta que esa gráfica son datos discretos.
- Se evidencia como el ancho de banda de coherencia aumenta al discretizar los datos debido a que se esta realizando un suavizamiento a la señal. De la misma manera el tiempo de coherencia disminuye en relación con el tiempo de símbolo; considerando que la primera prueba no es del todo continua y tendría un ancho de banda de  $701kHz$ .
- Es curioso ver la variación del canal en el tiempo; esto implica la variación cuando se mide la respuesta al impulso en diferentes momentos y más importante ver como la variabilidad de este canal es menos evidente cuando este es discretizado.

#### REFERENCIAS

- [1] "T.S. Rappaport" Wireless communications principles and practice. 1996