

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las mediciones de radio propagación de señales se realizaron para caracterizar las pérdidas en la banda UHF para diversos tipos de cantera en edificios mexicanos históricos tanto en Puebla como en Oaxaca. Esto representa por sí mismo una innovación ya que antes no se habían tratado de medir las pérdidas provocadas por este material.

La complejidad del trabajo comenzó desde el trámite de permisos para solicitar acceso a edificios construidos de cantera. Primero se hizo la investigación de construcciones candidatas para posteriormente ir a presentarle a los propietarios de las mismas el proyecto para su aprobación. Una vez concedida la autorización del uso de sus propiedades se tuvo que adaptar el montaje del experimento a las condiciones espaciales de cada lugar, así como a las cláusulas de restricciones que se hicieron por parte de los dueños para la colocación de los equipos.

En Puebla, al realizar la caracterización en edificios bajo custodia del INAH se requirió cuidado especial para no dañarlos, por ejemplo, en la “Casa del Dean”, al ser un museo abierto al público en general, las antenas se debieron colocar en zonas que no interfirieran el paso de los visitantes. Por otro lado, en el Ex-Convento de Tecamachalco se presentó una situación curiosa ya que no cuenta con energía eléctrica por lo que se tuvo que colocar una extensión desde la iglesia de Tecamachalco al Convento para poder conectar la fuente de poder y el generador de señales y así poder tomar las muestras en el interior del Convento.

Analizando los resultados gráficos de manera global se nota una tendencia clara de obtener menor potencia de recepción de señal y mayores pérdidas de la misma en muros de mayor grosor debido a los distintos mecanismos de propagación que afectan a la señal.

En las muestras obtenidas en el interior de la Logia Masónica (figuras 5.10 y 5.20) se observa como entre los seis y nueve metros existen un incremento en el nivel de recepción de señal, esto debido a la presencia de un hueco en la pared por donde la señal llegaba casi en línea de vista de la antena transmisora al punto de recepción.

Comparando los valores recolectados en el interior de la Logia (muro de ochenta centímetros) con los del Museo “Casa del Dean” (grosor de setenta centímetros), ambos a 936 MHz, aunque solo hay diez centímetros de variación entre grosores, existen considerable diferencia en la recepción, siendo casi 10 dBm menor en Oaxaca.

Por otra parte, en el Ex-Convento de Tecamachalco Puebla y en la Logia (Reforma) en Oaxaca se analizaron muros con el mismo grosor (un metro), comparando directamente los datos se deriva que la cantera gris provoca aproximadamente de 3 a 5 dB más de pérdidas de señal que la cantera verde.

Para los datos de la ciudad de Puebla (cantera gris), en la figura 5.21 donde se ve la potencia de recepción de señal contra la distancia al muro de cantera en el Museo “Casa del Dean” tanto a 936 MHz como a 959 MHz, se ve que el comportamiento de la señal es el mismo escalado en 5 dBm, en otras palabras, bajo condiciones idénticas de medición, a la frecuencia mayor (959 MHz) se obtienen potencias de Rx de 5 dBm menores a las obtenidas a 936 MHz.

Algo similar ocurre en el Ex-Convento de Tecamachalco (figura 5.22), se vuelven a repetir aproximadamente los 5 dBm de diferencia entre una frecuencia y otra sin embargo, existen variaciones en algunos puntos de medición debido a que las muestras se tomaron un lugar a cielo abierto donde los factores climatológicos pudieran ser los factores para dichas variaciones.

Observando los parámetros estadísticos de cada una de las regresiones, al ver que los valores de los coeficientes de regresión son diferentes de cero se puede decir que existe evidencia suficiente que indica que las pérdidas atribuidas a la cantera están relacionadas con las variables independientes expuestas (grosor del muro, distancia al muro y frecuencia de transmisión).

Analizando el valor p mostrado en la tabla 5.2, notamos que son valores extremadamente pequeños menores a 0.05 (ya que se trabajó con un nivel de confianza del 95%) lo cual concluye que la pendiente del coeficiente de regresión es significativamente diferente de cero y por lo tanto de gran influencia en la ecuación de regresión. No obstante para el caso de las mediciones en Puebla dicho valor p salió superior a 0.05 para las variables frecuencia de transmisión y distancia al muro, lo que hace que estas variables no sean significativas en esa ecuación de regresión.

Para comprobar en bloque todo el análisis de regresión se puede ver que el parámetro de la prueba F (análisis de varianza) es cero con tres cifras significativas en cada uno de los casos, por lo que se puede decir que hay evidencia clara de que los análisis de regresión son significativos.

La ecuación de regresión que mejor ajusta los datos de la Logia Masónica es la del sistema completo ya que arroja un promedio de pérdidas de 42.467 dB para el

exterior de la Logia, el cual es 0.213 dB menor al promedio real de pérdidas y 33.265 dB para el interior de la Logia siendo este promedio 0.191 dB menor al real. Cabe señalar que la ecuación de regresión de la cantera verde difiere en 4.114 dB y 1.789 dB respectivamente de los valores reales en la Logia.

Al contrario de la Logia, en el Municipio de Oaxaca la ecuación de regresión de la cantera verde es la que mejor ajusta los datos, obteniendo una diferencia de 1.441 dB entre el promedio real y las pérdidas por la ecuación. Con la ecuación de regresión del sistema se obtiene una diferencia aproximada de 15 dB lo cual es un valor considerable y se puede deber a que en el día de las mediciones las condiciones climatológicas eran de tormenta eléctrica, considerando que las lecturas se tomaron al aire libre, la influencia del clima fue significativa.

Como se esperaba, la ecuación de regresión del estado de Puebla es la que mejor ajusta los datos de la cantera gris, la diferencia entre las pérdidas obtenidas con la ecuación y las reales es de .0.117 dB para la “Casa del Dean” a 936 MHz y Tecamachalco a 959 Mhz, mientras que 0.178 dB para “Casa del Dean” a 959 MHz y Tecamachalco a 936 Mhz.

Para todos los datos obtenidos en ambas ciudades (experimento completo), viendo el coeficiente de determinación se puede concluir que la variabilidad de la pérdida de la señal atribuida al muro de cantera se puede explicar en el 55% con el conocimiento de las variables independientes: grosor del muro, frecuencia de transmisión y distancia del muro al punto de muestra.

El grosor del muro de cantera es la variable que más contribuye a las pérdidas de señal de RF lo cual se comprueba estadísticamente con el valor p de las regresiones ya que en todos los casos fue cero con tres cifras significativas. Por el

contrario, la frecuencia de Tx es la que tiene menor influencia en las pérdidas verificando esto con el mismo parámetro estadístico p mostrados en la tabla 5.2.

La caracterización de cantera para propagación de señales de RF se inició para las ciudades de Puebla y Oaxaca, sin embargo, como trabajo futuro se debe realizar nuevamente el experimento a diferentes frecuencias para así hacer más extenso el presente estudio además, de obtener nuevas muestras en edificios del mismo tipo de cantera a los presentados en esta tesis que sean parte de un nuevo proyecto final de titulación.