



## EFFECTO DEL NIVEL OLEAJE Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA ATENUACION

### Swelling and wind speed effects over attenuation

**Martinez, Ana Cecilia\***

Universidad Dr. José Gregorio Hernández

#### RESUMEN

Esta investigación tiene su fundamentación en el efecto que tiene el oleaje en los enlaces de comunicaciones usando micro ondas cuando estos viajan sobre cuerpos de agua y la posible atenuación en la señal que este cuerpo de agua produce. La atenuación viene dada por el desfase que se produce en el receptor cuando la onda reflectada llega a él. Se desea conocer la influencia que tienen las condiciones atmosféricas sobre esta atenuación, ya que las condiciones atmosféricas afectan al tamaño de la ola y el ángulo de reflexión de la onda dispersa podría verse afectado por el tamaño de la ola. La metodología usada es observación, sin manipulación de la data y registro de los eventos, donde se escogieron fechas y horas para registrar la data y luego esta se tabuló y se la somet  a un estudio estadístico para obtener las relaciones que describen la altura de la ola en función de las condiciones atmosféricas y la atenuación. Las condiciones atmosféricas en el Lago de Maracaibo son estables a lo largo del año, se puede considerar el lago una superficie lisa. Las condiciones atmosféricas no influyen en la altura de las olas, en cambio la velocidad del viento es determinante. La atenuación en los enlaces no se ven afectadas por la altura de la ola. El modelo matemático que relaciona las condiciones atmosféricas con la altura de la ola tiene una certeza de predictividad del 94,5% esto no se cumple en la relación entre la atenuación y la altura de la ola cuya certeza de predictividad es del 3,90 %. Se recomienda realizar el estudio en enlaces que se encuentren sobre el mar donde las condiciones atmosféricas, los vientos y el tamaño de la ola poseen valores significativos.

**Palabras clave:** atenuación, dispersión, reflexión, nivel del oleaje, velocidad del viento.

#### ABSTRACT

This research is based in the swelling effects on microwave communication links over bodies of water and the possible attenuation of the signal which a water body produces. This attenuation is given by the out phasing of the signal that arrives into the receiver due to the reflected signal. It is desirable to know the influence of atmospheric conditions on this attenuation, since its affects on the microwave signal and the height of the swell may affect the angle of reflection of dispersed signal waves. The methodology used in this investigation is observation, without manipulation of the variables and registering of the events. Dates and hours were selected to successfully register the data which was then tabulated and consider for a statistical study in order



to obtain the functions that describe the behavior of the wave, according to atmospheric conditions and the attenuation produced by the height of the wave of water. Maracaibo's lake has non variable atmospheric conditions along the year; it would consider the lake as a smooth and flat surface. These atmospheric conditions do not have influence over the height of the water wave; otherwise it is not the same with the wind speed. Attenuation is not affected by the wave height. Mathematical model which relate atmospheric conditions with the wave height has a 94,5% of certainty and the wave height versus attenuation has a 3,90 % of certainty. It is recommended to realize this research on links over the seashores where atmospheric conditions, winds and wave height have a significant value.

**Key words:** Attenuation, dispersion, reflection. Swelling, wind speed

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de las tecnologías ha llevado al hombre a incursionar en diversos terrenos para poder satisfacer sus necesidades. En la búsqueda incesante de energía económica, se ha vuelto al mar para explorar sus profundidades o instalar plataformas para desarrollar granjas eólicas. Estas plataformas se encuentran a nivel de condiciones ambientales a veces extremas y el hombre necesita estar en contacto con ellas o realizar teleprocesos.

Al realizar este artículo se desea conocer ¿qué efectos se producen en los enlaces debido a la reflexión de la onda que incide sobre la superficie del agua? ¿Estos efectos producen atenuación en el enlace receptor? ¿Cómo influye el nivel del oleaje en la reflexión? ¿Cómo influye el nivel del oleaje en la atenuación? ¿Qué condiciones influye sobre el nivel del oleaje? ¿De qué manera estas condiciones influyen en la transmisión de la señal?

Se sabe que las comunicaciones se ven afectadas porque la señal enviada se ve perjudicada por la dispersión de la señal. El efecto que el nivel del oleaje tiene en esta onda dispersa, se produce porque al incidir la onda sobre el cuerpo de agua genera una reflexión de tipo mixta. La atenuación se produce por el desfase entre la onda reflejada y la onda transmitida que llegan al receptor.

La señal de microonda se propaga de manera diferente de acuerdo al medio que atraviese. El cociente entre la velocidad de la luz  $c$ , y la velocidad  $v$  en la materia se denomina índice de refracción. El índice de refracción depende de la frecuencia de la onda y por lo tanto de la longitud de onda.

La microonda al propagarse posee dos velocidades una de grupo y otra de fase y ellas dependen de: la frecuencia, la permeabilidad magnética  $\mu$  y la permitividad eléctrica  $\xi$ . En consecuencia las ondas electromagnéticas experimentan dispersión que es la diferencia entre la velocidad de fase y la velocidad de grupo cuando se propagan en la materia. (Alonso, Finn, p.782)



## Antecedentes

Como antecedentes se encontraron trabajos sobre la influencia que ejercían las condiciones atmosféricas en las transmisiones de microondas. Estos son Influencia pluviométrica en enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión (Molero, 2005), Influencia Pluviométrica en los enlaces FSO laser con modelación de potencia. (Hanani, 2005), Efectos de las condiciones atmosféricas en la transmisión de radioenlaces de microonda de 2.4 Ghz. (Rincón, 2005), Efectos de los fenómenos atmosféricos en enlaces de Radio Microondas de 2.4 GHz (Orozco, 2006).

## Material y Métodos

Para iniciar el estudio, se tomaron muestras aleatorias, fijando como parámetros: a) que estas se realizaron a la misma hora, b) dos veces al día, c) por un periodo de tiempo inicialmente estipulado como un mes.

La observación se tomó con las emisiones de microondas entre las poblaciones de Maracaibo y Los Puertos de Altigracia. Fueron efectuadas en la mañana a las 10:00 a.m. y en la tarde a las 4:00 p.m. y tenían como finalidad determinar la relación que existe entre la atenuación, la velocidad del viento y el nivel de la ola a unas condiciones atmosféricas específicas.

## Diseño

Este trabajo es una investigación de campo, cuasi experimental, ex post facto, transversales y correlacionales - causales.

Para la investigación se siguió los siguientes pasos:

- a. Definir el universo de aspectos, eventos o conductas a observar.
- b. Especificar las circunstancias de la observación.
- c. Definir la unidad de análisis.
- d. Especificar las unidades a las variables de observación.
- e. Diseñar la manera de registrar las observaciones.

## Observación

El Universo lo constituyen las transmisiones hechas sobre el Lago de Maracaibo. Alrededor de ciento ochenta y dos transmisiones en dos direcciones diferentes. La primera solo en dirección noreste y la segunda una observación comparativa entre dos enlaces uno orientado noreste y otro orientado sureste.

## Entorno

Las observaciones se realizaron en el Lago de Maracaibo. Los enlaces están situados. El primero al norte de la ciudad de Maracaibo en el sector Las Mercedes y su receptor se encuentra en Los Puertos de Altigracia. El segundo se encuentra al



sur de la ciudad, específicamente en San Francisco y su receptor al norte de Cabimas.

### Intervenciones

La variable dependiente es medida a través del comportamiento de las variables independientes. La variable dependiente es la atenuación. Las variables independientes nivel del oleaje y velocidad del viento tienen como indicadores la temperatura, la presión atmosférica.

Para realizar el estudio se realizaron ping sobre la señal de aproximadamente 15 minutos registrando el total de paquetes enviados y el total de paquetes recibidos y los tiempos máximos, mínimos y medio del envío de paquetes. Con esta estadística se calculó el BER. (ecuación 1)

$$\frac{N^{\circ} \text{tramas cone rror}}{N^{\circ} \text{tramas tran smitidas}} * \text{tasa de transmisión} \quad (1)$$

Al mismo tiempo se registraban las condiciones atmosféricas en que se realizaron las observaciones, temperatura, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, estas fueron tomadas de la página de [www.weathercannel.com](http://www.weathercannel.com).

### Análisis estadístico

La proposición es una hipótesis correlacional donde se asocia las variables independientes  $h_0$  nivel del oleaje,  $v_v$  velocidad del viento con la variable dependiente  $at$  atenuación.

$$H_1: R_{v_v, at, h_0} \neq 0 \quad (2)$$

La proposición que se desea verificar plantea la no existencia de la relación o asociación entre las variables independientes con la variable dependiente.

El primer estudio que se realizó fue una regresión lineal porque son varias variables actuando al mismo tiempo. Así se observó el comportamiento de las condiciones atmosféricas con respecto al nivel del oleaje. Se ingresó la fecha y hora de la observación y luego las condiciones atmosféricas ya descritas en la aplicación estadística SPSS versión 12.00 en inglés. Se realizó la opción análisis-Regresión-lineal. Luego se escogió la variable dependiente y las independientes y los tipos de estudios estadísticos deseados.

En el caso de la primera observación como existía data faltante se completó por el método de la media.

Luego con la data que se tenía se encontraron las ecuaciones que modelan el comportamiento del nivel del oleaje y las condiciones atmosféricas y posteriormente el de la atenuación. Se realizó la acción análisis-regresión-curva de estimación. Se



escogieron de nuevo la variable dependiente y las independientes. Se marcaron los modelos de ecuaciones que se deseaban obtener para ver cuál de ellas describía mejor el comportamiento de las relaciones.

En cada uno de los análisis se observa el valor de  $R_{sq}$  igual o cercano a 1 es el que determina cual ecuación es la que modela mejor el comportamiento entre las variables.

Por último se realizó un estudio comparativo, pruebas de t para dos variables independientes. Esto con la finalidad de observar la influencia del viento en la dirección en que se realiza la transmisión.

De nuevo se uso el SPSS opción análisis-comparar medias-independent samples T test. Se escogieron dos variables por grupo.

El primer grupo se refería a la dirección del viento. El segundo grupo a la dirección de la transmisión. Es de hacer notar que las variables de dirección son nominales y por ello se categorizaron. De manera, que la dirección de la transmisión se tomo como 1 la dirección sureste y como 2 la dirección noreste.

En el caso de la dirección en que sopla el viento se tomo la rosa de los vientos en sentido de las agujas del reloj. Siendo el norte 1, el nornoroeste 2, este noreste 3, este 4, este sureste 5, sursureste 6, sur 7 y así sucesivamente hasta llegar a 11 que es nornoroeste.

## Resultados

Primero, definir el universo de aspectos a observar. Inicialmente se tomaron en cuenta las transmisiones que se realizan sobre el lago de Maracaibo en dirección noreste. Se realizó el estudio de la reflexión de la señal y de su influencia en el receptor. Posteriormente se hizo un estudio comparativo entre dos enlaces dispuestos perpendicularmente para ver el efecto de la influencia del viento y de la ola sobre la transmisión.

Segundo circunstancias de la observación. Primeramente se envió un ping cada 5 minutos durante todo el día por un periodo de quince días. Estas mediciones no aportaron valores que se pudieran apreciar. Se realizó otra prueba donde se enviaron ráfagas de ping por espacio de 15 minutos en un lapso de dos meses y medio.

En base a los resultados obtenidos en la primera medición se escogió los momentos del día en que se realizaron las mediciones. Esto resultó uno en la mañana y otro en la tarde para realizar la prueba, por espacio de veinte días. Estos ping se realizaron de manera manual y sus resultados se grabaron en un archivo de texto.



Simultáneamente se registraron las condiciones atmosféricas: temperatura, presión atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento, punto de rocío para cada las fechas y horas escogidas.

Tercero la unidad de análisis son los enlaces que envían la señal sobre el lago y estos son: el primero se encuentra en Maracaibo sobre el edif. Piedra Alta, latitud  $10^{\circ} 40' 53.91''$  N, longitud  $71^{\circ} 36' 16.54''$  O y la altura de la antena es de 42 Mts. Las coordenadas del enlace receptor que se encuentra en Los Puertos de Altagracia son: latitud  $10^{\circ} 43' 3.56''$  N, longitud  $71^{\circ} 31' 9.08''$  O y la altura de la antena es de 24 Mts. La distancia entre las dos antenas es de 10,2 KMts.

El segundo enlace, se encuentra en San Francisco. Con latitud  $10^{\circ} 35' 25.198''$  N, longitud  $71^{\circ} 40' 2.334''$  O y la altura de la antena es de 54 Mts. La antena receptora se encuentra en Cabimas Norte con latitud  $10^{\circ} 25' 22, 569''$  N, longitud  $71^{\circ} 27' 9.094''$  O y la altura de la antena es de 42 Mts.

Cuando se colectó la data, se tomo la estadística del final del ping donde se muestra la cantidad de paquetes enviados, recibidos y perdidos y los tiempos máximos, mínimos y promedio con esta información se realizo el cálculo del BER para cada medición para el caso del enlace noreste. El enlace sureste la data fue suministrada por una compañía de telefonía móvil de su base de datos de monitoreo

Como cuarto paso se especificó las dimensiones de las variables dependientes que son de tipo intervalo: para la atenuación es adimensional, no así la otra variable nivel del oleaje que se mide en cmts y velocidad del viento en Km/seg.

El quinto paso es el diseño para registrar las mediciones. Se realizo de dos maneras diferentes especificadas en el primer paso y registradas en una base de datos. Se ingresó esta data en la aplicación estadística SPSS. Este archivo tiene tres versiones uno con solo las observaciones matutinas y vespertinas a las horas escogidas y un consolidado que incluye todas las observaciones (ver cuadro 1).

**Cuadro 1**  
Mañana/Tarde.spv

pmorning - SPSS Data Editor													
File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Window Help													
20:													
	tmin	temp	proci	hume	wnto	dirv	ber	oerdidos	wnto_1	at_ola	pres_atmf	var	
1	24	26	24	84	36	normoest	,4155844	0	5,0	,65	2,272310		
2	26	26	25	89		normoest	,1868793	0	10,2	1,25	2,272310		
3	28	31	24	66		normoest	,8205128	0	10,2	1,25	2,272310		
4	28	30	25	74	5	estenoest	,7793383	1	5,0	,65	3,075230		
5	25	29	24	70		normoest	,7106247	1	10,2	1,25	2,272310		
6	24	29	23	70	5	normoest	,7619048	0	5,0	,65	2,272310		
7	24	23	22	94	5	normoest	,7415006	17	5,0	,65	6,176770		
8	24	29	23	70	5	normoest	,7272727	0	5,0	,65	2,272310		
9	24	29	22	66	5	normoest	,7804878	0	5,0	,65	2,272310		
10													

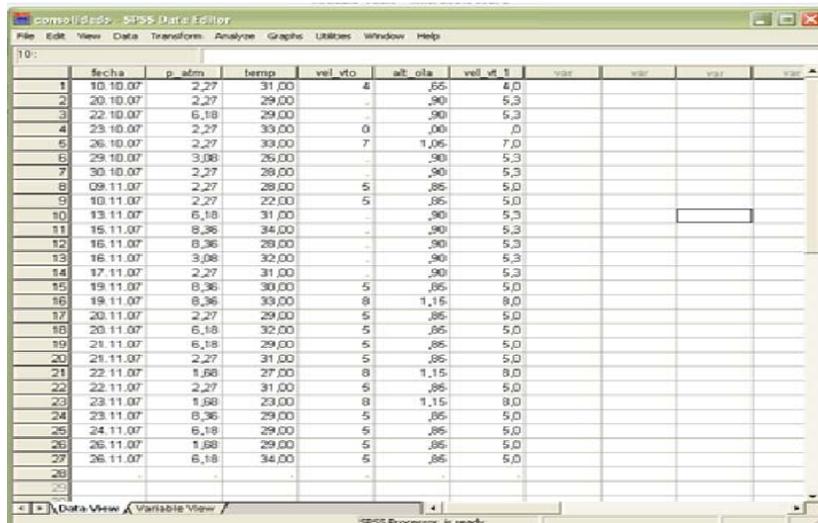
ptarde - SPSS Data Editor														
File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Window Help														
1: fecha 10/23/07														
	fecha	hora	tmax	tmin	temp	proci	humed	wiento	dirv	ber	perdidos	alt_ola	atenuacion	
1	10/23/07	16:39	34	24	33	24	59	0	normoest	,2449297	32	,00		
2	11/15/07	16:33	34	25	34	25	59		normoest	,4507042	33	,35		
3	11/16/07	16:07	32	27	32	26	70		normoest	,8000000	0	,35		
4	11/19/07	16:20	34	28	33	25	63		estenoest	,8205128	1	,35		
5	11/20/07	16:20	33	28	32	23	62		normoest	,7102110	1	,35		
6	11/21/07	16:30	33	24	27	22	69	5	normoest	,7272727	0	,75		
7	11/23/07	16:34	33	23	29	25	79	8	normoest	,7413103	1	,95		
8	11/26/07	16:10	34	24	34	23	59	5	normoest	,7804878	0	,65		
9														

Fuente Martínez

Con esta información se realizó el estudio de regresión lineal para nivel del oleaje y condiciones atmosféricas, (ver cuadro 2). Se discriminó la hora de la observación y se compararon ambos resultados. Se concluyó que la hora no influía en los resultados. Entonces se procedió a realizar el mismo estudio tomando en cuenta todas las observaciones.

El resultado se puede apreciar con la estadística y gráficos que se obtuvieron para la observación que se realizó en el periodo septiembre-noviembre del 2007 en el enlace noreste.

**Cuadro 2**  
Consolidado.spv



	fecha	p_atm	temp	vel_vto	alt_ole	vel_vt	var	var	var	var
1	10.10.07	2,27	31,00	4	,85	4,0				
2	20.10.07	2,27	29,00	-	,90	5,3				
3	22.10.07	6,18	29,00	-	,90	5,3				
4	23.10.07	2,27	33,00	0	,00	,0				
5	26.10.07	2,27	33,00	7	1,05	7,0				
6	29.10.07	3,08	26,00	-	,90	5,3				
7	30.10.07	2,27	28,00	-	,90	5,3				
8	09.11.07	2,27	28,00	5	,85	5,0				
9	10.11.07	2,27	22,00	5	,85	5,0				
10	13.11.07	6,18	31,00	-	,90	5,3				
11	15.11.07	8,36	34,00	-	,90	5,3				
12	16.11.07	8,36	28,00	-	,90	5,3				
13	16.11.07	3,08	32,00	-	,90	5,3				
14	17.11.07	2,27	31,00	-	,90	5,3				
15	19.11.07	8,36	30,00	5	,85	5,0				
16	19.11.07	8,36	33,00	8	1,15	8,0				
17	20.11.07	2,27	29,00	5	,85	5,0				
18	20.11.07	6,18	32,00	5	,85	5,0				
19	21.11.07	6,18	29,00	5	,85	5,0				
20	21.11.07	2,27	31,00	5	,85	5,0				
21	22.11.07	1,68	27,00	8	1,15	8,0				
22	22.11.07	2,27	31,00	5	,85	5,0				
23	23.11.07	1,68	23,00	8	1,15	8,0				
24	23.11.07	8,36	29,00	5	,85	5,0				
25	24.11.07	6,18	29,00	5	,85	5,0				
26	26.11.07	1,68	29,00	5	,85	5,0				
27	26.11.07	6,18	34,00	5	,85	5,0				
28										
29										
30										

Fuente Martínez

Del sumario del modelo se obtiene que la prueba es altamente significativa porque su valor es menor que 0,001 y tiene una certeza de predictividad del 94,5%, o sea que la bondad de ajuste es muy buena para las variables independientes: temperatura, presión atmosférica y velocidad del viento que modelan el nivel del oleaje.  $R^2$  indica que la relación es altamente lineal.

**Cuadro 3**  
Coeficientes del modelo consolidado

	Standardized		t	Sig.	Part	Zero-order	Partial	Lower Bound	Upper Bound	
	Unstandardized Coefficients	Coefficients								
	B	Std. Error	Beta							
(Constant)	,227	,122		1,855	,076			-,026	,480	
p_atm	,006	,004	,071	1,357	,188	,066	,114	,272	-,003	,014
temp	-,003	,004	-,042	-,782	,442	-,038	-,267	-,161	-,011	,005
SMEAN(vel_vto)	,133	,007	,955	18,673	,000	,911	,970	,969	,119	,148

Fuente Martínez SPSS (2008)

Con el cuadro de coeficientes se realiza el modelo matemático (ver cuadro 3) tomando en cuenta como variables independientes la temperatura, presión atmosférica y velocidad del viento para la predicción del nivel del oleaje y se obtiene una ecuación cubica.



$$Y = -0,0014 + 0,1194X + 0,0222X^2 - 0,0024X^3 \quad (3)$$

De acuerdo al cuadro inferior (ver cuadro 4) tanto la velocidad del viento como la presión atmosférica son directamente proporcionales al nivel del oleaje. A menor valor en la variable independiente el nivel del oleaje es nulo, a medida que aumenta las variables predictoras aumenta el nivel del oleaje.

**Cuadro 4**  
Coeficientes del modelo nivel del oleaje consolidado

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics			Sig. F Change	
				R Square Change	F Change	df1		df2
,972(a)	,945	,938	,05084	,945	132,366	3	23	,000

Fuente Martínez SPSS (2008)

Del sumario del modelo se obtiene que la prueba sea altamente significativa. Para corroborar estos estudios se procedió a reemplazar los valores de las condiciones atmosféricas en la ecuación (2). El resultado es el presentado en el cuadro 5.

Como se puede observar el nivel del oleaje esta dentro del rango promedio previsto en el anuario del ICLAM. Este es el siguiente: "un rango promedio de 110 cm. en el mareógrafo del Malecón (en el Golfo) hasta 18-20 cms. en la Ensenada en el Estrecho cerca de la entrada del Lago, y 7,8-1,4 cms. en la Salina, Costa Nororiental del Lago. Las mareas del Lago son muy leves puede tomarse como un rango promedio de 12,5 cms en la Salina y 6 cms en Bobures, en la Costa Sudoriental del Lago". Excepto para las temperaturas que dan valores negativos de oleaje, por lo que se descarta como variable predictiva.

Esta observación sirvió de base para hallar el modelo entre la atenuación y el nivel de la ola, igualmente por el método de regresión lineal (ver cuadro 6) se obtiene que el modelo, éste tiene una certeza de predictividad del 23,7%. lo que indica que tiene una baja bondad de ajuste,  $R^2$  indica que la relación no es lineal. Se dice que el valor extremo derecho es mayor de 0,05 lo que significa que el valor crítico de la prueba no es significativo para esta investigación tipo causa efecto.

**Cuadro 5**  
Valores en ecuación Nivel del oleaje

Y= -0,0014 + 0,1194X +0,0222X <sup>2</sup> -0,0024X <sup>3</sup>					
Nivel de Oleaje debido a :					
vel. viento					
-0,0014	-0,0014	0	0	0	0
0,6646	-0,0014	0,4644	0,3552	-0,1536	4
0,8341	-0,0014	0,5805	0,555	-0,3	5
1,0759	-0,0014	0,8127	1,0878	-0,8232	7
1,1194	-0,0014	0,9288	1,4208	-1,2288	8
pres. Atm					
0,355959	-0,0014	0,271038	0,114394	-0,02807	2,27
0,506827	-0,0014	0,367752	0,210598	-0,07012	3,08
1,017894	-0,0014	0,737892	0,847871	-0,56647	6,18
1,146068	-0,0014	0,998184	1,551549	-1,40226	8,36
0,250469	-0,0014	0,200592	0,062657	-0,01138	1,68
temperature					
-14,7122	-0,0014	2,7462	11,7438	-29,2008	23
-17,5262	-0,0014	2,8656	12,7872	-33,1776	24
-20,6414	-0,0014	2,985	13,875	-37,5	25
-24,0722	-0,0014	3,1044	15,0072	-42,1824	26
-27,833	-0,0014	3,2238	16,1838	-47,2392	27
-31,9382	-0,0014	3,3432	17,4048	-52,6848	28
-36,4022	-0,0014	3,4626	18,6702	-58,5336	29
-41,2394	-0,0014	3,582	19,98	-64,8	30
-46,4642	-0,0014	3,7014	21,3342	-71,4984	31
-52,091	-0,0014	3,8208	22,7328	-78,6432	32
-58,1342	-0,0014	3,9402	24,1758	-86,2488	33
-64,6082	-0,0014	4,0596	25,6632	-94,3296	34

Fuente: Martínez 2008

**Cuadro 6**  
Modelo sumario atenuación vs nivel del oleaje

Model Summary <sup>b</sup>									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,487 <sup>a</sup>	,237	,189	,20534	,237	4,962	1	16	,041

a. Predictors: (Constant), SMEAN(albta)

b. Dependent Variable: Atenuacion

Fuente Martínez 2008

Con el cuadro de coeficientes se realiza el modelo matemático (ver cuadro 7) tomando en cuenta como variables independientes nivel de la ola para la predicción de la atenuación se obtiene que los coeficientes de la ecuación son:

$$Y = ,2355 - ,3911X + 1,8883X^2 - 1,0126 X^3 \quad (4)$$

**Cuadro 7**  
Coeficientes atenuación vs nivel del oleaje

Coefficients <sup>a</sup>										
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	,273	,170	1,607	,128					
	SMEAN(altola)	,419	,188	2,228	,041	,487	,487	,487	1,000	1,000

a. Dependent Variable: Atenuacion

Fuente Martínez 2008

Como conclusión se obtiene que al hacer el estudio entre nivel del oleaje y atenuación, no existe correlación entre las variables en el Lago de Maracaibo. (Ver cuadro 8)

Finalizado el estudio de la incidencia de las condiciones atmosféricas sobre el nivel del oleaje y de éste sobre la atenuación se determinó los ángulos de reflexión en el trayecto de la onda. Para ello se tomó como referencia el enlace entre Maracaibo y Los Puertos de Altagracia.

Las trayectorias de la transmisión y la onda dispersa para determinar el punto de reflexión en la superficie del Lago de Maracaibo donde la onda de radiofrecuencia se refleja, este punto se encuentra en el primer escenario a 6.300 Km del edificio Piedra Alta. El área de 2 Km alrededor de dicho punto corresponde a las ondas reflejadas que afectan al receptor. (ver fig. 1)



**Cuadro 8**

Tabla atenuación vs altura de la ola

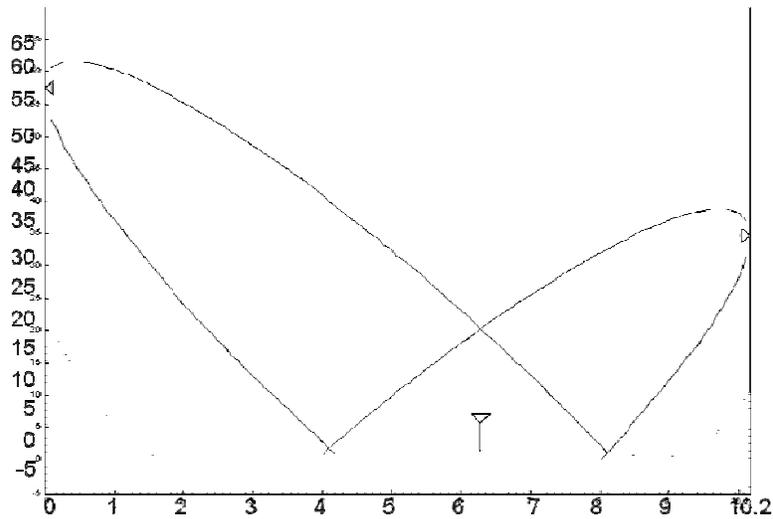
fecha	alt_ola	atenuacion	p_atm	temp	vel_vto
10.10.07	0,65	0,288258995	2,27	31	4
20.10.07	0,9	0,331730769	2,27	29	5,3
22.10.07	0,9	0,362239106	6,18	29	5,3
23.10.07	0	0,2449297	2,27	33	0
26.10.07	1,1	0,18914419	2,27	33	7
29.10.07	0,9	0,20276453	3,08	26	5,3
30.10.07	0,9	0,28921776	2,27	28	5,3
09.11.07	0,85	0,4155844	2,27	28	5
10.11.07	0,85	0,32813275	2,27	22	5
13.11.07	0,9	0,30959899	6,18	31	5,3
15.11.07	0,9	0,4507042	8,36	34	5,3
16.11.07	0,9	0,1868793	8,36	28	5,3
16.11.07	0,9	0,8	3,08	32	5,3
17.11.07	0,9	0,8205128	2,27	31	5,3
19.11.07	0,85	0,7793383	8,36	30	5
19.11.07	1,2	0,8205128	8,36	33	8
20.11.07	0,85	0,7106247	2,27	29	5
20.11.07	0,85	0,710211	6,18	32	5
21.11.07	0,85	0,7619048	6,18	29	5
21.11.07	0,85	0,7272727	2,27	31	5
22.11.07	1,2	0,94117647	1,68	27	8
22.11.07	0,85	0,74418605	2,27	31	5
23.11.07	1,2	0,7415006	1,68	23	8
23.11.07	0,85	0,7413103	8,36	29	5
24.11.07	0,85	0,7272727	6,18	29	5
26.11.07	0,85	0,7804878	1,68	29	5
26.11.07	0,85	0,7804878	6,18	34	5

Fuente Martínez (2008)

El  ngulo en el punto de reflexión es:

$$\text{Tg}^{-1} \theta = 24/4600 = 0,005217 \text{ radianes} \quad (5)$$

Que corresponde a un ángulo de 0,2989318 . Para éste punto el desfase en el receptor sería de cero y en consecuencia no habría atenuación en el enlace receptor (ver cuadro 9)



**Figura 1**  
Punto de reflexión  
Fuente Gómez (2008)

Los ángulos de reflexión son pequeños debido a que la distancia del enlace al punto de reflexión es muy grande y las alturas de las antenas son pequeñas.

**Cuadro 9**  
Angulo de reflexión

Alturas	distance	$Tg^{-1} \theta$	grades
y	x	$\theta$	
24	5000	0,0048	0,2750176
	4950	0,004848	0,2777955
	4900	0,004898	0,2806301
	4850	0,004948	0,2835232
	4800	0,005	0,2864765
	4750	0,005053	0,289492
	4700	0,005106	0,2925717
	4650	0,005161	0,2957175
altura	distancia	$Tg^{-1} \theta$	grados
desfasaje 0°	4600	0,005217	0,2989318
	4550	0,005275	0,3022167
	4500	0,005333	0,3055746

	4450	0,005393	0,3090079
	4400	0,005454	0,3125193
	4350	0,005517	0,3161114
	4300	0,005581	0,3197871
	4250	0,005647	0,3235492
	4200	0,005714	0,3274009
	4150	0,005783	0,3313454
	4100	0,005854	0,3353861
	4050	0,005926	0,3395266
	4000	0,006	0,3437706

Fuente Martínez (2008)

En el estudio de la relación entre la atenuación y la velocidad del viento para obtener la atenuación. Se observó (ver cuadro 10) que el valor del r es igual a 0,456 lo que significa que la relación es medianamente lineal. La bondad de ajuste es baja y se refleja en R<sup>2</sup> lo que significa que en el 20,8% de los casos las predicciones del modelo son correctas. El valor crítico de la prueba es mayor que 0,005 de manera que es no significativa.

### Cuadro 10

Tabla atenuación vs velocidad del viento

Model Summary <sup>b</sup>									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,456 <sup>a</sup>	,208	,159	,20914	,208	4,208	1	16	,057

a. Predictors: (Constant), SMEAN(velvto)  
b. Dependent Variable: Atenuacion

Fuente Martínez (2008)

Con el cuadro de coeficientes se realiza el modelo matemático (ver cuadro 11) tomando en cuenta como variable independiente la velocidad del viento para la predicción de la atenuación se obtiene que los coeficientes de la ecuación son los reflejados en la ecuación (6).

La ecuación que modela el comportamiento es del tipo cubica.

$$Y = ,2282 + ,3785X^1 - ,0940X^2 + ,0069X^3 \quad (6)$$

Por último se decidió establecer una comparación entre la dirección de transmisión y la dirección en que sopla el viento. Ya que el nivel del oleaje depende de la dirección y magnitud del viento.

**Cuadro 11**  
Coeficientes la atenuación vs velocidad del viento

Coefficients <sup>a</sup>								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	,331	,156		2,125	,050		
	SMEAN(velvto)	,058	,028	,456	2,051	,057	1,000	1,000

a. Dependent Variable: Atenuacion

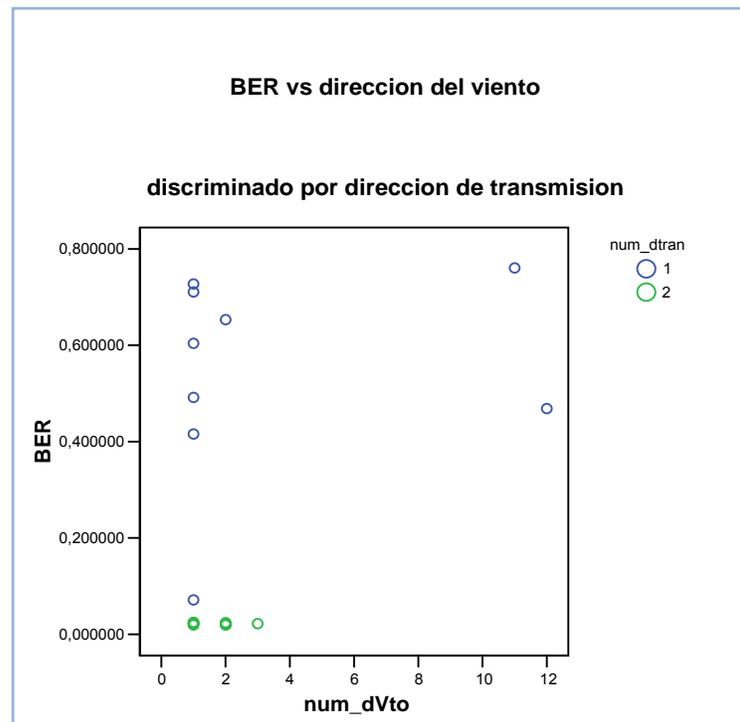
Fuente Martínez SPSS (2008)

Se realizó el mismo estudio para un enlace que se encuentra en dirección sureste. Las condiciones del viento son generalmente que este sopla nornoroeste. Esto implicaría que un enlace esta casi alineado con la dirección en que sopla el viento y el otro estaría perpendicular a esta dirección. Se procedió a realizar las observaciones de manera simultánea en el periodo marzo-abril. Al igual que en la anterior observación se realizaron ping en los enlaces, se registraron las condiciones atmosféricas para este periodo y luego se calculo la atenuación para el enlace noreste ya que el sureste ésta medida se registra en una base de datos que monitorea las condiciones del enlace.

Se hizo un estudio comparativo entre dos grupos que involucran la atenuación y la dirección en que sopla el viento como ya se planteó, se llevaron las variables nominales que determinan la dirección en que sopla el viento a variables ordinales. El primer grupo corresponde al enlace sureste. El segundo grupo corresponde a la dirección de la transmisión noreste. La dirección de viento es variable en ambos casos pero manteniéndose suroeste.

Se puede observar que la atenuación con respecto a la dirección SE varía dentro de un rango de valores, en cambio la atenuación en la dirección NE se mantiene casi constante en un mismo nivel. Se puede notar que la observación de la transmisión en la dirección NE que es la dirección en que sopla el viento es casi siempre norte, en cambio en la observación en la dirección SE, la dirección del viento era suroeste.

En la figura 2 los puntos azules representan la dirección sureste y el punto verde que representa la dirección noreste.



**Figura 2**  
BER vs dirección del viento por transmisión  
Fuente Martínez 2008

## Discusión

El objeto principal de este estudio fue encontrar la relación entre el nivel del oleaje, la velocidad del viento y la atenuación. Las frecuencias de transmisión pueden influir en la relación reflexión, nivel del oleaje y atenuación. El nivel del oleaje que es relativamente pequeño hace ver el lago como una superficie lisa. Si el estudio se realiza en superficies con oleaje variable afectaría la manera que la reflexión de la señal sobre el enlace. El análisis indica que para alta frecuencia de transmisión y para niveles de oleaje relativamente pequeños la atenuación no se ve afectada por la reflexión.

Por otro lado las condiciones atmosféricas influyen en el nivel del oleaje unas de forma más determinante que otras. Los estudios estadísticos realizados establecieron la certeza de esta influencia y luego esto se corroboró al ingresarle los valores a la ecuación que modela la relación entre el nivel del oleaje y las condiciones atmosféricas. El nivel del oleaje esta en proporción directa con la velocidad del viento tanto en magnitud como en dirección.

Esto indica que la dirección del viento y por ende la del oleaje causa variaciones en la atenuación de acuerdo al sentido de la transmisión.



## CONCLUSION

Para los fenómenos de atenuación por reflexión. Se concluye que para alta frecuencia de transmisión para niveles de oleaje relativamente pequeños la atenuación no se ve afectada por la reflexión. Porque las frecuencias de transmisión son muy altas lo que implica que la longitud de la onda disminuye o sea, es pequeña y entonces el efecto de incidencia sobre el nivel del oleaje es puntual.

El nivel del oleaje que es relativamente pequeño hace ver el lago como una superficie lisa. De manera que la reflexión de la señal sobre el cuerpo de agua es directa y no mixta como sería si las condiciones del nivel del oleaje fueran de tipo encrespado o marejada y la frecuencia de transmisión fuera baja. La reflexión mixta produciría distintas componentes de señales que reflejadas en varias direcciones afectarían la señal en la antena receptora.

Para los fenómenos del nivel del oleaje y la atenuación. Se concluye que las condiciones atmosféricas influyen en el nivel del oleaje unas de forma más determinante que otras, pero el nivel del oleaje no es considerable para afectar la atenuación. Los estudios estadísticos realizados establecieron la certeza que no existen valores significativos entre el nivel de la ola y la atenuación.

Para los fenómenos de velocidad del viento y la atenuación. Se concluye que la velocidad del viento no influye en la atenuación. Sin embargo la dirección del viento y por ende la del oleaje causan mayor variación en la atenuación si se encuentra en el mismo sentido o cercano al de la transmisión.

La dirección de la transmisión con respecto a la dirección en que sopla el viento se encontró que cuando la transmisión estaba en la misma dirección o cercano con respecto a la dirección en que sopla el viento la atenuación variaba en un rango menor de valores. No así cuando la transmisión se encontraba con una dirección de viento variable y perpendicular a la transmisión el rango de la atenuación presenta mayor variación.

Para la correlación entre las variables en estudio. Los estudios estadísticos demostraron que no hay correspondencia entre las variables en estudio a saber atenuación, velocidad del viento y nivel del oleaje.

Por último para la relación entre las variables en estudio. La velocidad del viento y la atenuación. Su ecuación es cubica. Entre la atenuación y el nivel del oleaje el comportamiento lo modela una ecuación cubica.

## RECOMENDACIONES

Una vez finalizado este estudio y en base a la conclusión a que se llegó. Se recomienda realizar la investigación en las siguientes condiciones



- (a) que sea realizado sobre el mar.
- (b) que existan por lo menos dos enlaces que se encuentren uno en diferente dirección de la dirección en que sopla el viento y otro alineado con la dirección en que sopla el viento.
- (c) que se prevea regímenes de vientos variables para realizar observaciones con diferentes ángulos con respecto a la transmisión y que el nivel del oleaje sea considerable.
- (d) realizarlo a dos niveles de frecuencias de transmisión uno para altas frecuencias y otro para bajas frecuencias con las mismas condiciones atmosféricas.

### BIBLIOGRAFIA

- Instituto para la conservación del lago de Maracaibo. (ICLAM) Memoria y Cuenta. Diciembre del 2006. Maracaibo.
- Alonso, M. Finn, E. (1976) Física. Campos y Ondas volumen II, Editorial Fondo Educativo Interamericano. S.A. Bogotá.
- Carlson, A. B. (1975) Sistemas de Comunicación, Editorial MC Graw Hill México.
- Montgomery. (2004). Diseño y análisis de experimentos, Editorial Limusa Wiley. México
- Hanani, G (2005) Influencia Pluviométrica en los enlaces FSO laser con modulación de Potencia. Tesis de Maestría. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo
- Molero, (2005) Influencia pluviométrica sobre enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión. Tesis de Maestría. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.
- Ochoa, (2007) Modelo matemático de reconocimiento de la señal de voz para su conversión a texto. Tesis de Maestría. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.
- Orozco, (2006) Modelo matemático para evaluar el efecto de los fenómenos atmosféricos en enlaces de radio microondas de 2,4 GHz. Tesis de Maestría. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.
- Rincón, (2006) Efectos de las condiciones atmosféricas en la transmisión de radio enlaces de microondas de 2.4 GHz. Tesis de Maestría. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo
- <http://afar.net/fresnel-zone-calculator> (Consulta: 2007 Diciembre)



[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/sec\\_11.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/sec_11.html)  
(Consulta: 2007 Junio)

<http://books.google.co.ve/books?isbn=8484066991...> (Consulta: 2008 Marzo)

<http://en.Wikipedia.org/wiki/ping> (Consulta: 2007 Diciembre)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Refracci%C3%B3n> (Consulta: 2007 Junio)

<http://espanol.weather.com-tiempolocal-Maracaibo,Venezuela> (Consulta: 2007  
noviembre)

<http://www.educaplus.org/luz/reflexion.html>(Consulta: 2007 Junio)

<http://RAE.com> (Consulta: 2007 Diciembre)

<http://wunderground.com> (Consulta: 2007 Diciembre)

\* Ingeniero de Sistemas. Magíster en telemática. Diplomado en WEB Máster. Docente Nivel III.  
Universidad Dr. José Gregorio Hernández, Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño".  
Instituto Universitario de Tecnología "Antonio José de Sucre"  
Teléfono: 58 261 7426046  
Correo electrónico: [acmm05@yahoo.com](mailto:acmm05@yahoo.com)