No.	Epicentro del Sismo	Fecha	Magnitud	Profundidad	Lat.	Long.	Estación	Aceleración Máxima (Gales)			Dist. Hipoc.
		dd-mm-aa	(mL)	(Km)	Epic.	Epic.		E-W	VERT.	N-S	(Km.)
101	Nido de B/manga (Sant.)	05-Dic-99	4.70	160	6.65	-73.05	CBUC5	2.242	1.252	2.496	164.602
102	Nido de B/manga (Sant.)	12-Dic-99	5.55	160	6.82	-72.97	CBUC1	1.710	0.483	1.516	162.780
103	Nido de B/manga (Sant.)	12-Dic-99	5.55	160	6.82	-72.97	CBUC5	6.593	2.610	6.172	161.561
104	Nido de B/manga (Sant.)	12-Dic-99	5.55	160	6.82	-72.97	CBUIS	2.197	1.360	2.172	164.756
105	Nido de B/manga (Sant.)	12-Dic-99	5.55	160	6.82	-72.97	CBUC4	2.131	0.966	1.650	163.701
106	Nido de B/manga (Sant.)	07-Ene-00	2.70	150	6.81	-72.99	CBUIS	15.900	10.860	11.320	155.102
107	Gámbita (Sant.)	17-Ene-00	5.90	Superficial	6.64	-73.02	CBUC1	1.147	1.032	1.192	126.315
108	Nido de B/manga (Sant.)	05-Feb-00	6.00	160	6.77	-73.21	CBUC4	8.494	6.373	10.660	163.330
109	Nido de B/manga (Sant.)	20-Feb-00	5.20	163	6.79	-73.03	CBUC1	2.487	2.020	4.533	164.152
110	Nido de B/manga (Sant.)	24-Mar-00	3.20	156	6.79	-73.00	CBUC1	0.594	0.200	0.685	166.156
111	El Bagre (Ant.)	28-Mar-00	5.30	Superficial	7.72	-74.59	CBUC1	0.906	0.277	0.589	159.133
112	Jordán (Sant.)	05-Abr-00	5.60	163	6.74	-73.10	CBUC1	1.500	0.455	1.036	178.591
113	Nido de B/manga (Sant.)	25-Jul-00	5.40	150	6.92	-72.79	CBUC5	2.594	1.139	2.651	170.462
114	Puerto Berrio (Ant.)	04-Ago-00	3.90	Superficial	6.46	-74.32	CBUC1	3.743	1.190	2.704	167.097
115	Nido de B/manga (Sant.)	16-Ago-00	5.40	170	6.83	-73.03	CBUC1	0.525	0.343	0.677	166.703
116	Nido de B/manga (Sant.)	16-Ago-00	5.40	170	6.83	-73.03	CBUC5	3.564	1.810	3.224	171.060
117	Nido de B/manga (Sant.)	12-Sep-00	5.90	160	6.76	-73.18	CBUC1	0.509	0.207	0.774	154.484
118	Nido de B/manga (Sant.)	12-Sep-00	5.90	160	6.76	-73.18	CBUC5	25.370	9.573	23.460	162.655
119	Cimitarra (Sant.)	18-Nov-00	2.40	Superficial	6.06	-74.13	CBUC1	0.860	0.373	0.528	172.136
120	Nido de B/manga (Sant.)	24-Nov-00	5.70	160	6.79	-73.02	CBUC1	6.016	1.766	3.580	164.103

Tabla 2 (Continuación) Sismicidad Registrada en la Red Local de Bucaramanga

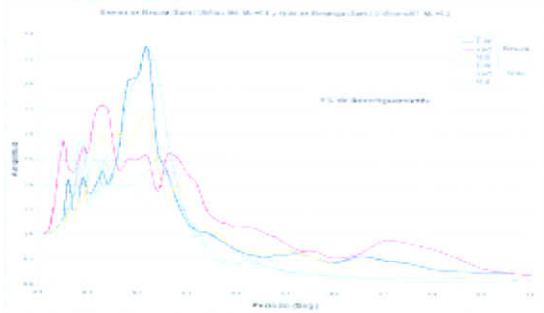


Figura 2 Espectro Normalizado para la Estación CBUC1

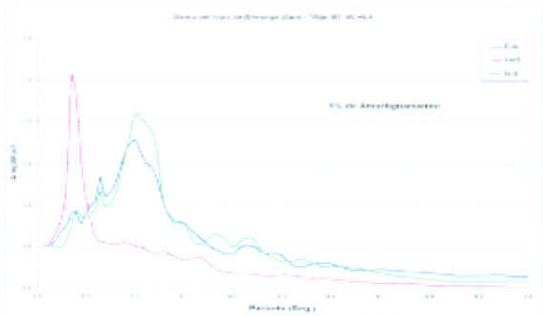
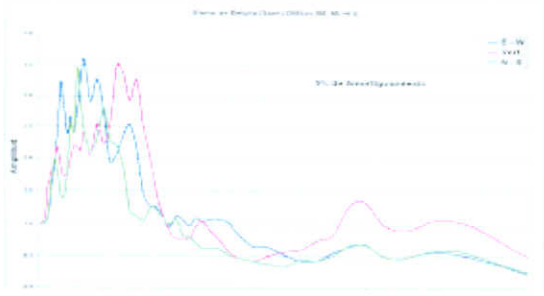


Figura 3 Espectro Normalizado para la Estación CBUC2



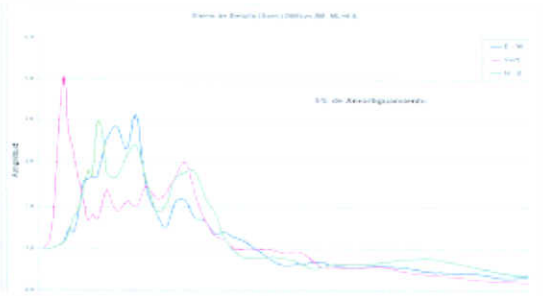
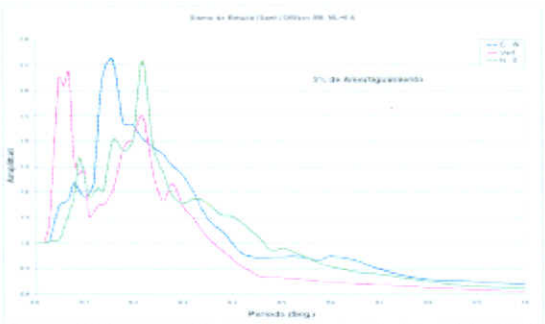


Figura 4 Espectro Normalizado para la Estación CBUC3

Figura 5 Espectro Normalizado para la Estación CBUC4



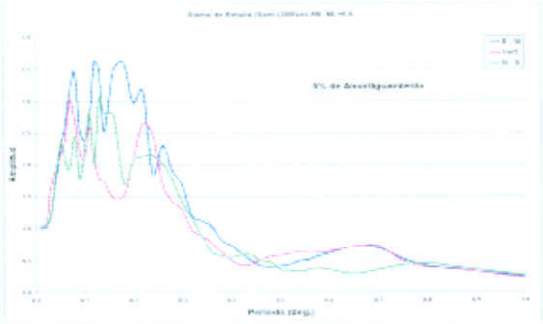


Figura 6 Espectro Normalizado para la Estación CBUC5

Figura 7 Espectro Normalizado para la Estación CBUC6

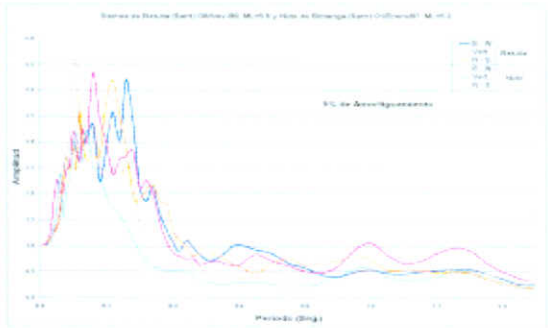


Figura 8 Espectro Normalizado para la Estación CBUIS

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

2.1. Microtrepidaciones.

Para el análisis se utilizó la técnica de Nakamura. Primero se separaron las tres componentes de cada uno de los registros luego se les calculo la corrección de línea base y finalmente se calculo el cociente espectral que corresponde al espectro de Nakamura, individualmente para las E-W/Vert. y las N-S/Vert. Ejemplos de los resultados obtenidos para las estaciones CBUC1 y CBUC2 se presentan en las Figuras 9 y 10.

En la Figura 9 se puede apreciar un pico cercano a los 0.13 segundos, el cual se escogió como período predominante en este sitio, lo cual coincide bien con el material que se encuentra de la zona, roca sana. Por otro lado la Figura 10 nos muestra un dato tomado en la estación de CBUC2, la cual se encuentra sobre un suelo rígido de la meseta de Bucaramanga, allí podemos apreciar con claridad un pico en el período de 0.12 segundos.

Este procedimiento se realizó en cada uno de los 237 sitios escogidos, donde se tomaron microtrepidaciones y a cada uno de estos se les leyó el período predominante, con estos datos se dibujó el mapa de isoperíodos para la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana. No en todos los casos, de las mediciones que se realizaron, se apreció un único pico predominante, por lo cual en algunos casos, recurrimos a la calibración de los datos obtenidos con registros de temblores y refracción sísmica.

2.2. Comparación contra Sismos

Con el fin de establecer una comparación de los períodos predominantes obtenidos a partir de microtrepidaciones y los obtenidos a partir de registros sísmicos en cada estación, se calcularon los cocientes espectrales de algunos registros de sismos registrados por la red local de acelerógrafos instalada por el INGEOMINAS en Bucaramanga desde 1997, como ejemplos se presentan los resultados en las estaciones CBUC4 y CBUIS en las Figuras 11 y 12.

Para cada uno de estos registros se obtuvieron los cocientes espectrales con base en la técnica de Nakamura. Observamos que la técnica de Nakamura en algunos casos nos permite una estimación del período dominante del sitio y en general los resultados están acordes con los obtenidos a partir de microtrepidaciones.

Cabe anotar que la técnica Nakamura, fue desarrollada especialmente para vibraciones de baja amplitud y se basa en el concepto, en que estas bajas amplitudes no excita el depósito de suelo en forma vertical. Por eso al obtener los cocientes espectrales con los sismos los resultados no son tan claros, pero si se ven picos en los cuales esta respondiendo el suelo.

Sin duda esta comparación de la técnica Nakamura, con datos de microtrepidaciones y sismos reales, registrados en la zona de estudio, nos indica un rango de valores entre el cual el período predominante del suelo se encuentra.

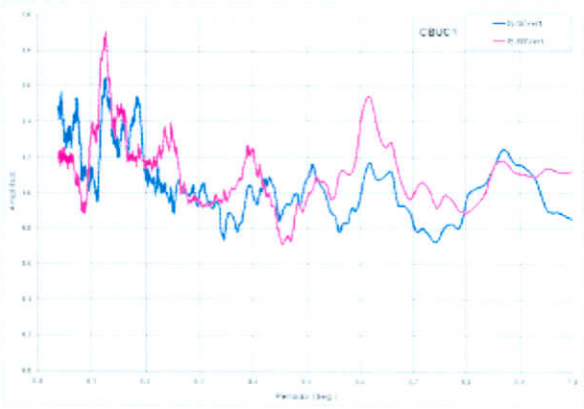


Figura 9 Cociente Espectral en CBUC1.

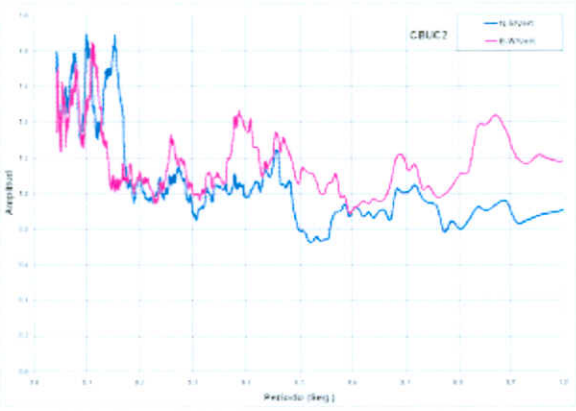
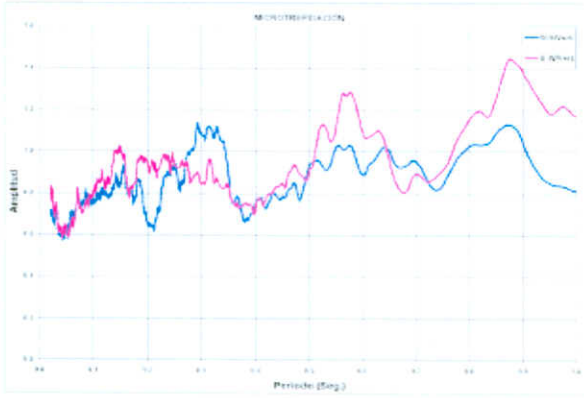


Figura 10 Cociente Espectral en CBUC2.



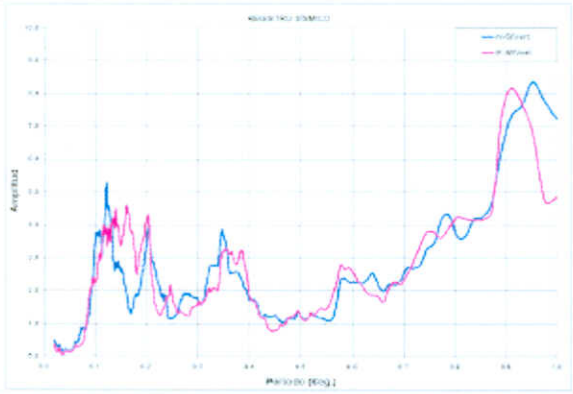


Figura 11 Comparación de la Técnica de Nakamura entre Microtrepidaciones y Sismos (8/Nov/99). Estación CBUC4.

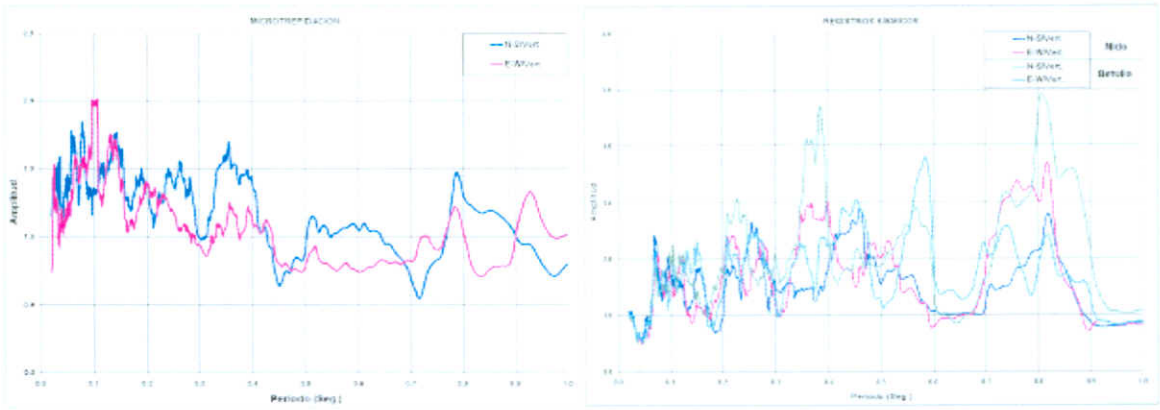


Figura 12 Comparación de la Técnica de Nakamura entre Microtrepidaciones y Sismos (1/Ene/97-8/Nov/99). Estación CBUIS

2.3. Mapa de isoperíodos.

Utilizando los períodos obtenidos a partir del análisis espectral de los registros de microtrepidaciones, se desarrollaron las Figuras 13, 14, 15 y 16 que muestran las curvas de isoperíodos para diferentes rangos de períodos, según la ciudad, mostrando un comportamiento que está entre un mínimo de 0.1 segundo y los máximos en Bucaramanga de 0.5 segundos. Para el calculo de las curvas de isoperíodos se utilizaron varios métodos estadísticos de interpolación, entre los métodos utilizados están Distancia Inversa, Kriging, Mínima Curvatura, Punto Vecino más cercano, Función Radial, Triangulación, Shepard´s y Regresión Polinomial. El que presento una mejor correlación con los demás rasgos fue el KRIGING, por lo cual fue el escogido para esta aproximación.

En las Figuras se dibujan los contornos de igual período, para Bucaramanga en la Figura 13, Girón y Piedecuesta en las Figuras 14 y 15 respectivamente y finalmente Floridablanca en la Figura 16. Se presenta cada ciudad por separado debido a la lejanía entre los puntos, ya que no es muy acertado correlacionar valores que no sean vecinos. Lo mismo sucede para los datos tomados sobre el valle del río de Oro, los cuales se han dejado con su valor, pero sin asignarle un contorno de igual período.

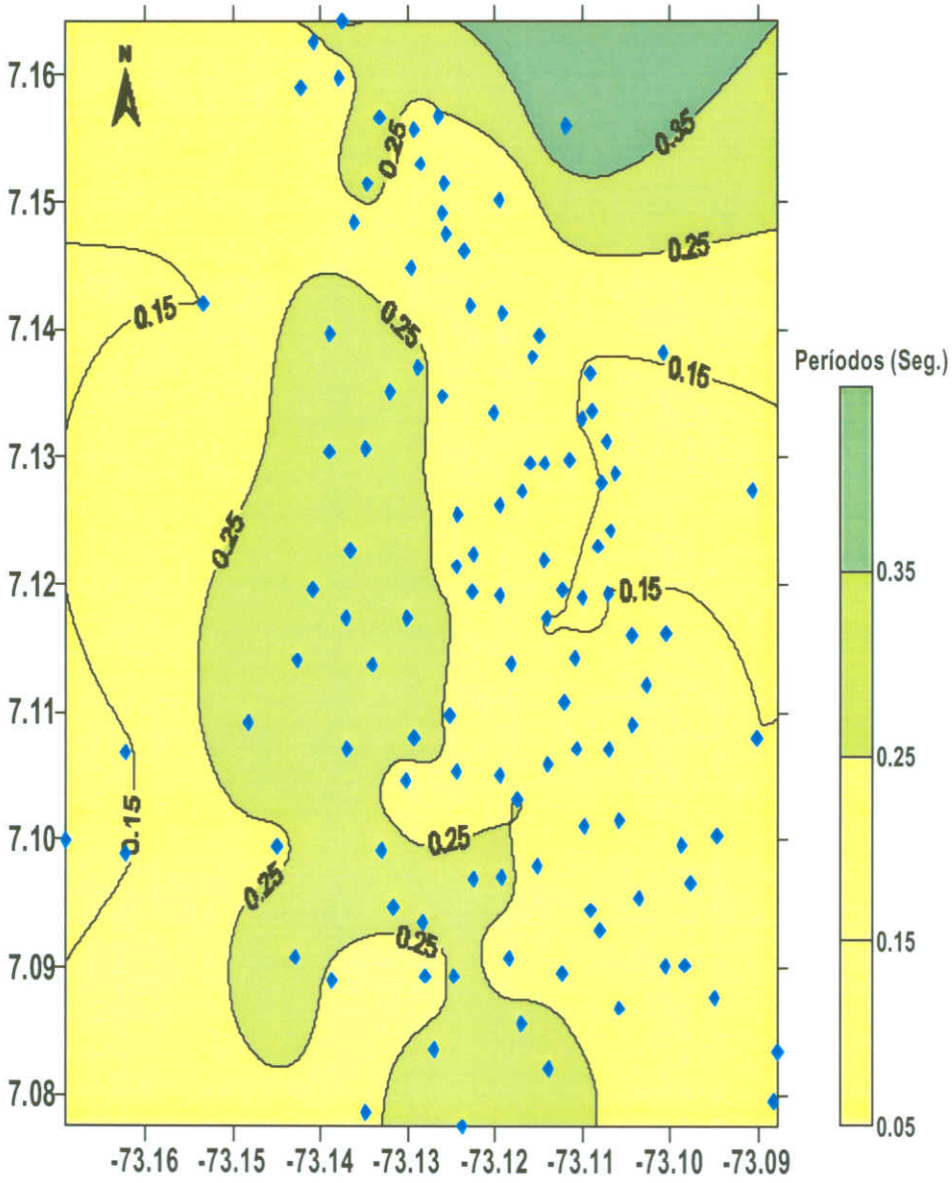


Figura 13 Distribución de períodos fundamentales en Bucaramanga y localización de las microtrepidaciones.