

3.4 CONDUCCIONES E IMPULSIONES

3.4.1 Generalidades

Las conducciones son las tuberías que unen las plantas de tratamiento con los tanques de distribución y los tanques entre sí. Las impulsiones se refieren a las tuberías que conducen el agua impulsada por estaciones de bombeo.

La red de conducciones e impulsiones se calculan para transportar el caudal máximo diario para el período de diseño y para soportar las presiones internas de trabajo (hidrostática o hidrodinámica) a que estarán expuestas. Las válvulas mariposas, de compuerta y anulares son colocadas en puntos iniciales, finales e intermedios para dar flexibilidad y funcionamiento del sistema en caso de daño o alguna emergencia. Función similar prestan las válvulas en las interconexiones entre tramos, colocadas en sitios estratégicos para facilitar la operación del sistema. Los materiales utilizados son: ACCP (AP) (American concrete, cylinder pipe), asbesto cemento, Acero y PVC (cloruro de polivinilo), Hierro dúctil, Las conducciones e impulsiones actuales se describen a continuación.

Tubería de impulsión planta Bosconia - tanque estadio - tanque morro alto: Esta tubería transporta las aguas del río Suratá, previamente tratadas en la planta de Bosconia, hasta los tanques del Estadio y de la planta de Morrorico, mediante la operación de la estación de bombeo de Bosconia. Su capacidad máxima de diseño es de 2000 l/s. La línea de impulsión se ha dividido en dos partes, el tramo de alta presión tiene una tubería metálica soldada de diámetro interior de 1000 mm, y el tramo de baja presión que tiene una tubería de diámetro interior de 42", en tubería tipo cilindro de Acero con recubrimiento interior y exterior de mortero. Además la línea de impulsión incluye la almenara o tanque acumulador, formada con tubería metálica de diámetro interior de 1500 mm y de 61 m de altura, en el tramo de baja presión, la tubería va enterrada y discurre bajo vías de tránsito vehicular alto, Es un bombeo de más de 394 m de altura dinámica total, el tanque Estadio es una terminal intermedia del bombeo y el tanque Morroalto es la terminal final del bombeo. Esta conducción suministra caudal a los distritos Estadio, Morro Alto y Morro Bajo, cubriendo mas del 60% de la Meseta de Bucaramanga, y la totalidad de la zona Norte de la ciudad y en época de verano esta cobertura puede subir al 90%.

Conducción de oriente: Esta conducción se inicia en la planta La Flora y alimenta los tanques de Cabecera y Cacique. Adicionalmente alimenta en ruta el sector bajo del barrio Miraflores y la parte alta de los barrios Las Américas, Altos del Jardín y Pan de Azúcar.

Como su nombre lo indica, esta conducción se desarrolla por las estribaciones los cerros Orientales de la meseta en dirección Norte-Sur. Sus diferencias de nivel respecto a la planta la Flora, genera presiones difíciles de controlar, con las consecuencias conocidas de daños en tuberías. Sumado a ello, está la agresividad del suelo, que afecta los materiales metálicos de la conducción. Esta conducción ha presentado problemas en el servicio en los sectores del barrio El Jardín, por la agresividad de los suelos que afectan a las tuberías de concreto reforzado, y también debido a las presiones elevadas.

Conducción planta de la flora - tanques norte alto y bajo - tanque morro alto: Se inicia en la planta de La Flora en tubería de 16", en AC, en una longitud de 828 m y alimenta el tanque Norte Alto, posteriormente alimenta el tanque Norte Bajo y continua hacia el tanque Morro Alto en tubería de 14" en AC, con una longitud de 244 m.

Conducción morro - Malpaso - la iglesia: Esta conducción se origina en el tanque Morro Bajo y conecta con los tanques Malpaso y La Iglesia y deriva en ruta hacia el tanque la Puerta del Sol, es de



vital importancia debido a que entrega suministro a uno de los sectores de más desarrollo en la ciudad, como es la zona de la Ciudadela Real de Minas, abastece la totalidad del servicio del municipio de Girón, y comunica los sistemas del Norte con el del Sur. La conducción parte del tanque Morro Bajo en tubería de 24", 20", 18" y 16".

Conducción tanque la iglesia - tanque san juan: Inicia en el tanque La Iglesia y llega al tanque San Juan, el cual abastece todo el municipio de Girón. Inicia en tubería de 16" en AC, esta conducción fue diseñada como canal debido a la topografía de la zona, la cual no permitió excavaciones que garantizarán presiones suficientes. El tanque San Juan, posee una capacidad de almacenamiento de 8870 m³, siendo el tanque de mayor capacidad en la meseta.

Conducción planta florida - tanque santa ana - tanque malpaso: Esta conducción parte de la planta de tratamiento de Floridablanca, desciende con rumbo Norte alimentando los tanques Bellavista, Villabel Alto, y Santa Ana, en AC de 16" y 14" llega luego al tanque Malpaso y en su recorrido conecta al tanque Villabel bajo.

Conducción planta florida - tanque bucarica - tanque ruitoque country club: Esta conducción va desde la planta de Floridablanca, hasta los tanques Caracolí, Bucarica, Ruitoque Country Club y tanque privado Ruitoque Bajo, esta en tubería de 10" PVC.

Conducción planta florida - tanque girón mayor: Parte de la planta de Florida comunicándola con el tanque Girón Mayor, tiene una longitud total de 11 Km con diámetros que varían entre 10 y 12" en AC, se desarrolla por el anillo vial y fue diseñada para que en el futuro alimente el tanque proyectado de Girón Alto que cubrirá la zona baja del valle de Río Frío.

Conducción tanque san Juan - tanque girón mayor: Esta conducción va desde el tanque San Juan hasta el tanque Girón Mayor. Inicia en una tubería de 24" de acero reduce a 20" en AC y luego 18" en AC, permitiendo en este tramo distribución en ruta para alimentar la parte alta de Girón y finalmente se reduce a 14" en AC para hacer la entrega al tanque Girón Mayor, su longitud total es de 6 Km.

Conducción planta Bosconia - tanque angelinos -tanque colorados: Esta conducción parte desde la planta de Bosconia, como una derivación de la línea de impulsión que alimenta el tanque Estadio, comunicando al tanque Angelinos y de este se alimenta el tanque Los Colorados.

Conducción planta florida - tanque el carmen: Esta conducción expresa va desde la planta de Floridablanca en tubería de 12" AC, partiendo en la cota 1033 msnm hasta el tanque el Carmen en cota 1015 msnm.

Impulsión tanque el carmen - tanque elevado de la cumbre: Del tanque el Carmen parte la impulsión de 10" en AC y longitud de 980 m hasta alimentar el tanque elevado de la cumbre que abastece por gravedad el distrito.

3.5 BOMBEO

Bombeo Bosconia-Morrórico: La estación de bombeo Bosconia, del sistema Surata está situada entre el tanque de almacenamiento de agua tratada y la tubería de impulsión de la planta a la ciudad, de tal manera que este tanque le sirve de pozo de succión. El conjunto de bombas y equipos accesorios que constituyen la estación, impulsan el agua tratada en la planta de Bosconia, desde el tanque de almacenamiento de agua tratada a los tanques de distribución del Estadio y de Morrórico que se

encuentran a una altura estática de 342 y 372 m respectivamente del tanque de agua tratada. Está integrada por un conjunto de unidades así: Cámara o pozo de succión, unidades principales, unidad de llenado, válvulas en la succión y descarga de cada bomba, tubería de impulsión, tanques Estadio y Morrónico, sistema de protección contra golpe de ariete y subestación eléctrica. Los equipos de bombeo consisten en cuatro motobombas marca SULZER, tres de las cuales operan y una es de reserva. Cada bomba tiene capacidad de 667 l/s para una altura de 394 m que es la cabeza dinámica total al tanque más alto localizado en la planta de Morrónico, sus motores funcionan con un voltaje de servicio de 4160 V a 60 ciclos, y tienen una potencia de 5000 HP. La línea de impulsión del bombeo consta de dos sectores. El de alta presión que consiste en una tubería metálica de acero soldado de un metro de diámetro interno y espesores que van desde 8 a 16 mm y longitud de 1620 m, y el sector de baja presión en la meseta de Bucaramanga consistente en tubería tipo American Pipe de 42" de diámetro interno, y una longitud de 1685 m. El caudal máximo que pasa por esta tubería, es de 2000 l/s. Al final del primer tramo está la almenara o tanque acumulador, de 61 m de altura, en tubería de acero soldada y 1,5 m de diámetro. La subestación eléctrica consta de dos transformadores de capacidad de 14/16 MVA cada uno, que trabajan en forma alterna, quedando siempre uno de reserva. La subestación recibe la energía en 115 KV y la transforma a 4160 V para la operación de los motores.

Bombeo de la Cumbre: La demanda originada en el distrito La Cumbre, no permitía que el bombeo existente cumpliera con todos los requerimientos, lo que originó el diseño de una nueva estación de bombeo en el año de 1992. El tanque El Carmen es alimentado desde la planta de Floridablanca, y distribuye por gravedad al barrio El Carmen y parte Oriental del barrio Villaluz; por bombeo alimenta el tanque elevado de la cumbre.

3.6 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Con el objeto de conocer integralmente el funcionamiento de los diferentes componentes de cada sistema, a continuación se presenta una descripción general de los sistemas Bosconia, La Flora-Morrónico, Floridablanca, en el plano 1, se presenta el esquema general de la red de distribución del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Sistema Flora-Morrónico: La Planta de la Flora está localizada sobre la margen izquierda de la carretera que conduce a Cúcuta, entre las cotas topográficas 1170 y 1195 msnm. Para una confiabilidad del 95%, se estimó el caudal mínimo para el sistema del Río Tona en 700 l/s, que se transporta a las plantas de tratamiento de La Flora y Morrónico por gravedad, utilizando un canal de concreto de sección rectangular, doble en algunos tramos, cubierto por losas de concreto, las áreas pobladas de los escarpes orientales ubicadas por encima de la cota de la planta se abastecen a través de pequeños bombeos y rebombeos.

De la planta la Flora parten dos conducciones vitales en el sistema, la primera de ellas una conducción de 24" la cual se bifurca en las instalaciones de la misma planta para dar partida a la primera conducción denominada Oriente, iniciando en tubería de 16" en AP y alimentando en ruta varios sectores y entregando aguas a cuatro tanques importantes que abastecen toda la zona oriental de la ciudad. La segunda ramificación de la tubería de 24", parte hacia el tanque Norte Bajo, que abastece un importante sector central que comprende la gran mayoría de clínicas y hospitales de la ciudad, zonas residenciales, importantes universidades y el complejo deportivo Alfonso López. La segunda conducción que parte de la planta la Flora es de 16" en acero y entrega al tanque Norte Alto, el cual a su vez lo hace al tanque Norte Bajo. El tanque Norte Alto está comunicado a su vez con el tanque Morro Alto, a donde llegan aguas del río Tona tratadas en la Planta de Morrónico y del bombeo de Bosconia, cuando las necesidades de bombeo del tanque Estadio lo permiten. El tanque Morro Alto alimenta el tanque de

Morro Bajo y de él se derivan tres tuberías de distribución, dos de las cuales alimentan el distrito que lleva el mismo nombre, y la tercera tubería alimenta directamente una industria local.

El tanque Morro Bajo, distribuye en tubería de 24" y el flujo se encuentra controlado por una válvula de compuerta estrangulada en las instalaciones de la planta de Morrórico, esta conducción se ramifica y entrega aguas a cuatro importantes tanques que abastecen el sur y sur-occidente de la ciudad, entre ellos el tanque Malpaso, sitio de unión de los sistemas del Norte(Bosconia-flora-morro) y del Sur(florida) es el punto más crítico del sistema de distribución en la actualidad. Posee en actualmente entradas de agua de las cuatro plantas de tratamiento y abastece el sur-sur occidente del área. De la conducción de Morrobajo a Malpaso, también deriva la conexión al tanque cañaverál, que abastece, todo el sector occidental del Municipio de Floridablanca.

Sistema Bosconia: El agua es transportada desde la estación de bombas ubicada junto a la Planta de Tratamiento Bosconia, sobre la orilla del río Suratá, a 675 msnm hasta la Meseta, pasando por los predios de la Universidad Industrial de Santander y al llegar a terrenos del Batallón Caldas, entrega 700 l/s al tanque Estadio de donde continua en tubería de concreto reforzado hasta el tanque de Morrórico, a 1055 msnm. La línea de impulsión del bombeo tiene 3 km de longitud.

El tanque Estadio, abastece la totalidad del centro y norte de la ciudad y buena parte del occidente de la meseta de Bucaramanga, su entrada es por un tubo 24" con una válvula que se acciona desde el centro de control en la Planta de Morrórico. En la época de verano que afecta el sistema Tona, se incrementa el caudal de bombeo de Bosconia, el tanque se llena rápido y obliga el cierre de esta válvula para permitir el aporte del caudal al sistema Morrórico-la flora y cubrir su déficit, en sucesivas maniobras alternativas realizadas en lapsos de una y dos horas.

El funcionamiento de los tanques del Norte de la ciudad alimentados por el tanque Estadio esta regulado por válvulas de compuerta estranguladas o por medio de pasos directos que regulan el caudal de entrada. Las partes bajas de los sectores del norte y occidente de la ciudad, presentan altas presiones que son controladas por válvulas reguladoras y los citados tanques de almacenamiento que quiebran la presión.

Sistema Floridablanca: El sistema de Floridablanca, el más importante sistema de distribución del sur del Area Metropolitana abastece los tanques Santa Ana, Villabel Alto, Villabel Bajo, El Carmen y La Cumbre en su zona Norte, y los tanques Bucarica, Caracolí y La Constancia, en el extremo Sur. Al Occidente alimenta en conducción expresa el tanque Girón Mayor. Las aguas del sistema provienen del Río Frío y su tratamiento se realiza en una Planta de Tratamiento tipo convencional localizada al SE del municipio a una elevación de 1035 msnm. El caudal mínimo confiable del sistema es de 654 l/s.

Los distritos de este sistema están delimitados por los barrios que se surten de cada tanque, presentando en la actualidad una serie de empalmes con el sistema Flora - Morrórico y Bosconia, en el barrio Santa Ana, sobre la vía antigua a Floridablanca, existe una conducción que comunica el tanque Santa Ana con el tanque Malpaso (del sistema La Flora) Los barrios que se derivan de la conducción entre estos dos tanques, pueden obtener su suministro de cualquier sistema, dependiendo de los niveles de los tanques y de los consumos de los distritos.

El sistema Floridablanca, opera dos zonas totalmente independientes, la zona Norte del municipio que abarca hasta el tanque Malpaso y sus distritos de abastecimiento, y la zona Sur desde el barrio Bucarica hasta el tanque privado de Ruitoque Country Club.

El tanque Malpaso, considerado como el sitio más vulnerable del sistema de distribución de todo el Área Metropolitana de Bucaramanga es un pequeño tanque de 4850 m³ que abastece un vasto sector del Sur de la ciudad.

4. ZONIFICACIÓN SISMOGEO TÉCNICA INDICATIVA

4.1 AMENAZA SÍSMICA

Se realizaron análisis de amenaza sísmica para determinar la contribución individual de cada una de las fuentes sismogénicas y así identificar cuales son los escenarios que dominan la amenaza de la zona bajo estudio. En todos los casos el nivel de amenaza corresponde a un probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, es decir, un periodo de retorno de 475 años. La Tabla 4.1 presenta el valor de aceleración máxima del terreno obtenida para los análisis de amenaza para fuentes individuales, que se encuentren dentro de un radio de 200 km de la zona de estudio. Se puede observar que la amenaza esta controlada por la posible ocurrencia de un sismo a lo largo de las Fallas Bucaramanga-Santa Marta, Suárez, Salinas y la Frontal de los Llanos Orientales. Sin embargo, para efectos de este estudio se pueden sintetizar los escenarios sísmicos en dos posibles: Falla Bucaramanga y Frontal de los Llanos Orientales. Lo anterior se debe a que los posibles efectos generados por un sismo en las fallas Suárez y Salinas estarían cubiertos por los escenarios escogidos.

Es de resaltar de la Tabla 4.1 que de acuerdo con los niveles de actividad asignados a las diferentes fuentes sísmicas, la amenaza del área metropolitana de Bucaramanga estaría controlada por la falla frontal de los Llanos Orientales, en términos de aceleración máxima del terreno. Resultaría más lógico pensar que el escenario que controlara la sismicidad de esta zona fueran las Fallas de Bucaramanga-Santa Marta y/o Suárez que tienen tasas de actividad apreciables, magnitudes máximas probables de consideración y se encuentran en las inmediaciones del área de estudio. Entre otros, este hecho está motivado por la modelación de las fuentes sísmicas en el estudio AIS300, dado que a cada línea fuente se le asigna el valor de profundidad promedio. Si el mismo análisis de amenaza se hiciera, pero asumiendo profundidad variable en cada fuente (i.e. integrar sobre toda la profundidad), se obtendría que la falla de Bucaramanga - Santa Marta sería el escenario sísmico dominante y con un nivel de amenaza superior al establecido hoy en día por la NSR98 (i.e. $A_a > 0.3g$). Este hecho debe ser motivo de discusión, pero resultaría fuera del alcance de este estudio.

Fuente Sísmica	Am (g)
Todas las fuentes (200 km)	0.247
Frontal de los Llanos Orientales	0.214
Bucaramanga - Santa Marta	0.166
Salinas	0.118
Suárez	0.106
Benioff Profunda	0.078
Uribante Caparo	0.044
Boconó	0.025
Cimitarra	0.024
Palestina	0.023
Puerto Rondón	0.018

Tabla 4.1 Amenaza sísmica del Área Metropolitana de Bucaramanga considerando fuentes sismogénicas individuales.

4.2 ESPECTROS DE DISEÑO

De acuerdo con los modelos del subsuelo escogidos para las diferentes zonas geotécnicas, así como los dos diferentes escenarios sísmicos propuestos, a continuación en las Figuras 4.1 y 4.2 se muestran los espectros de diseño obtenidos. Para efectos de comparación se incluye el espectro del NSR98 construido para suelo S1, por ser este el que en la actualidad se usa para casi la totalidad del área metropolitana de Bucaramanga.

Para el escenario sísmico correspondiente a la falla de Bucaramanga (Figura 4.1), se pueden precisar algunos aspectos. Dentro de las 7 zonas propuestas, desde el punto de vista de respuesta dinámica, se puede apreciar que existen 3 grupos de respuesta espectral similar, tanto en amplitud y forma. Un primer grupo reúne las respuestas espectrales de las zonas de roca pura, suelos residuales sobre roca sana 1G, 1N, 3 y 7, y se caracteriza por tener aceleraciones espectrales hasta 0.50g y agrupar a los estratos más rígidos desde el punto de vista geotécnico (i.e. roca). El segundo grupo está compuesto por las zonas 2, 4 y 5, con aceleraciones hasta de 0.9g; aquí está incluida la mayoría del área construida, que se cimienta sobre depósitos de suelo rígido. El espectro para las zonas de llenos, resulta ser un caso especial y presenta las mayores aceleraciones esperadas (1.20g).

Igualmente, el escenario sísmico correspondiente a la falla Frontal (Figura 4.2) muestra los mismos 3 grupos, discutidos anteriormente, en términos de respuesta espectral similar tanto en amplitud y forma. El primer grupo reúne las respuestas espectrales de las zonas de roca pura, 1G, 1N, 3 y 7, con aceleraciones de hasta 0.60g. Un segundo grupo comprende las zonas 2, 4 y 5 que tienen aceleraciones de hasta 1.00g. El espectro para las zonas de llenos tiene aceleraciones hasta de 1.25g.

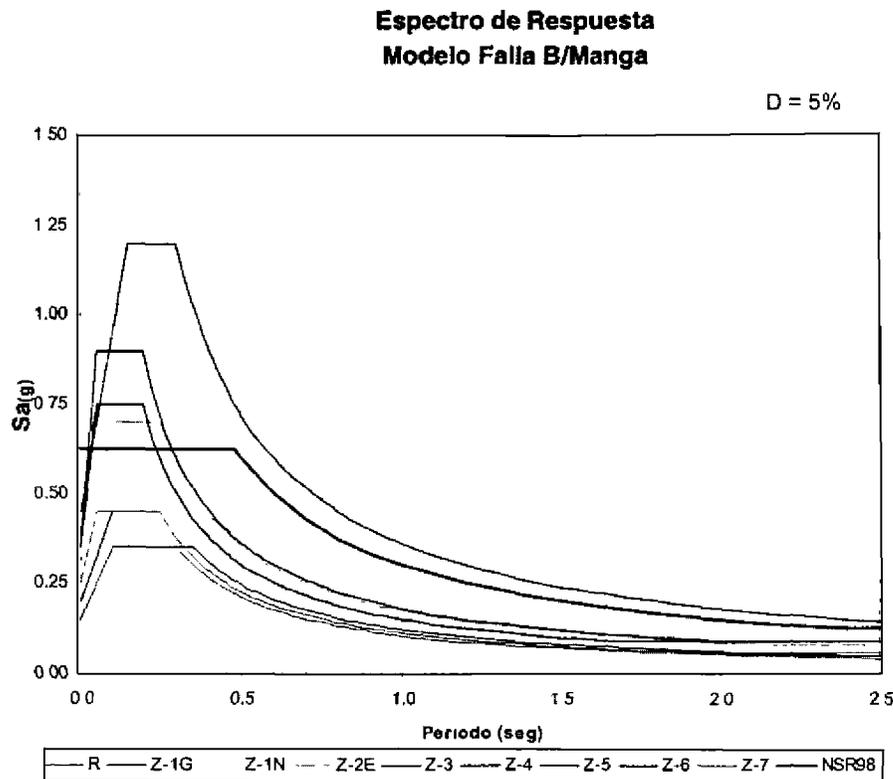


Figura 4.1 Espectros de diseño para diferentes zonas compatibles con escenario sísmico falla de Bucaramanga – Santa Marta.

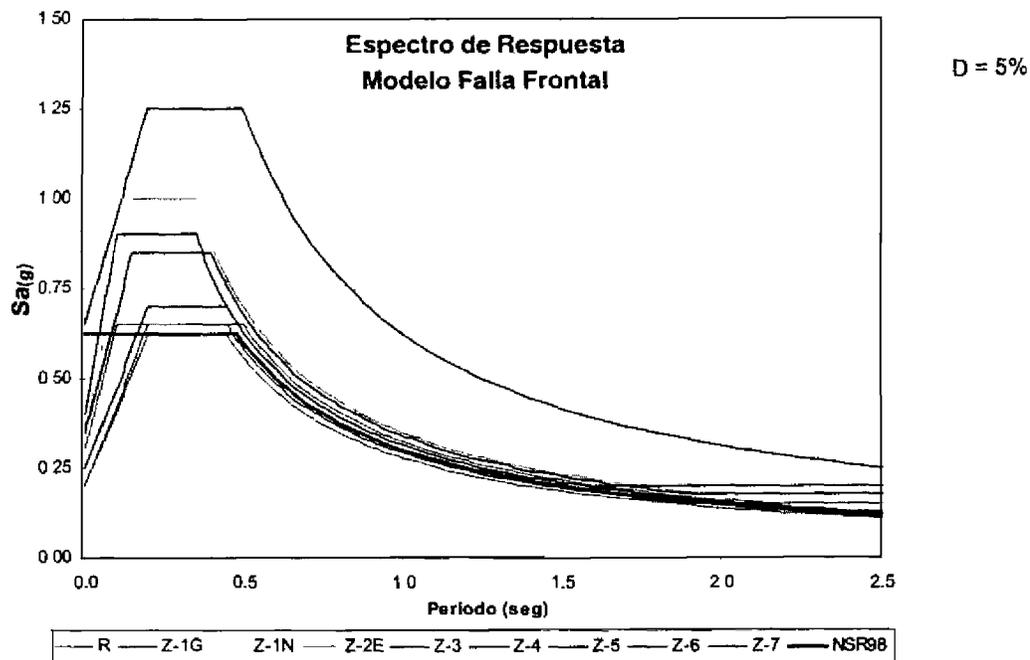


Figura 4.2 Espectros de diseño para diferentes zonas compatibles con escenario sísmico falla Frontal.

De acuerdo con la agrupación propuesta anteriormente los espectros son resumidos convenientemente para cada uno de los escenarios sísmicos y se muestran en las Figuras 4.3 y 4.4.

Aún cuando se escogieron dos escenarios sísmicos posibles, la Figura 4.4 muestra que los espectros calculados para la falla de Frontal contienen a los espectros obtenidos para la falla Bucaramanga-Santa Marta para zonas equivalentes. Este hecho simplifica significativamente la determinación de las fuerzas por sismo a considerarse en el diseño. Los espectros propuestos como parte de la zonificación sísmogeotécnica indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga se presentan en la Figura 4.5.

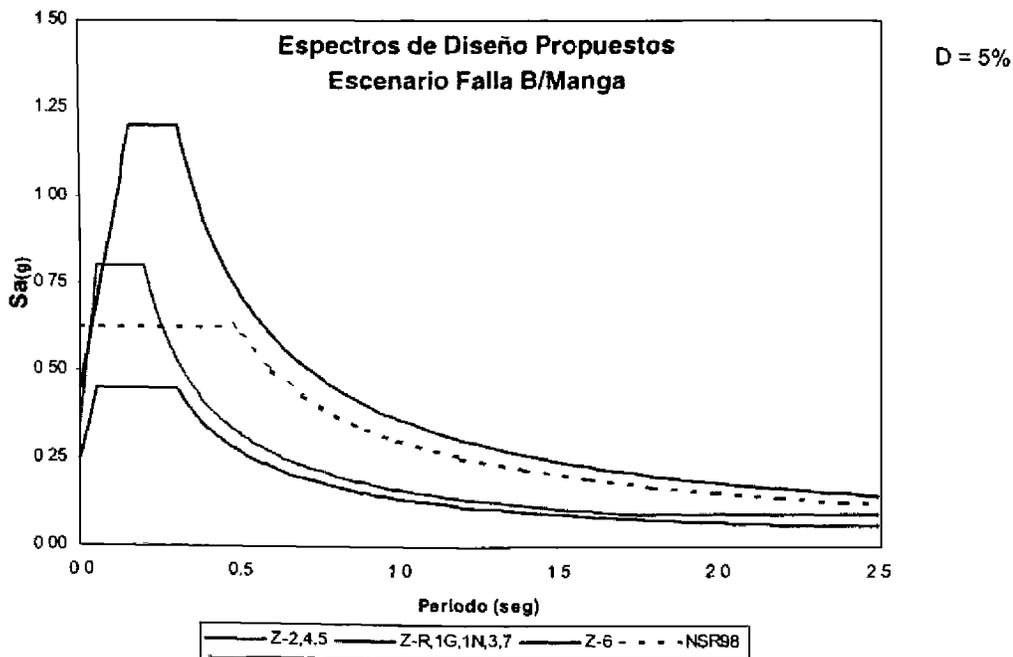


Figura 4.3 Espectros de diseño para zonas de similar respuesta dinámica compatibles con escenario sísmico falla Bucaramanga - Santa Marta.

**Espectros de Diseño
Escenario Falla Frontal**

D = 5%

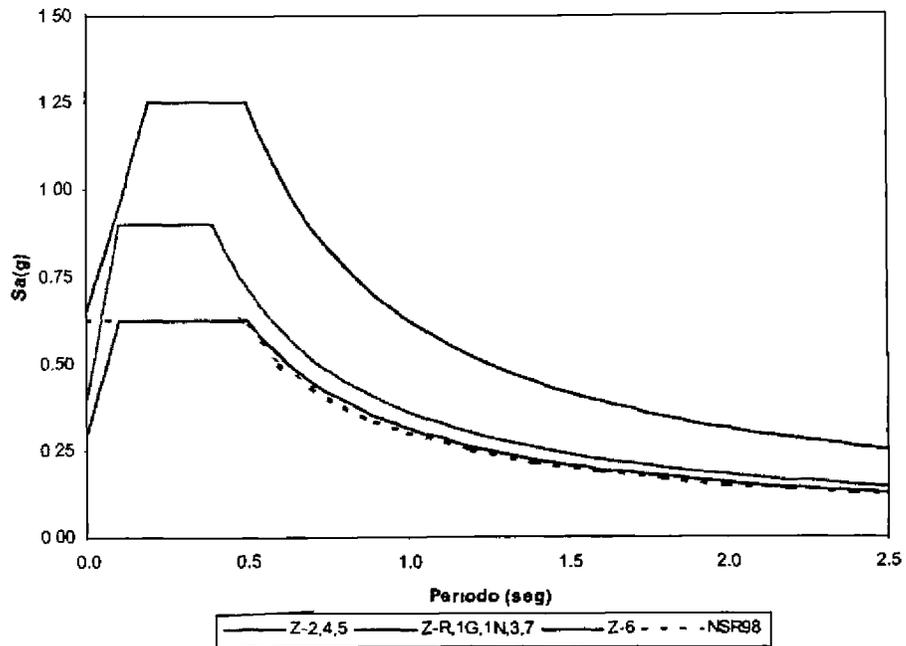


Figura 4.4 Espectros de diseño para zonas de similar respuesta dinámica compatibles con escenario sísmico falla Frontal.

**Espectros de Diseño Propuestos
Área Metropolitana de Bucaramanga**

D = 5%

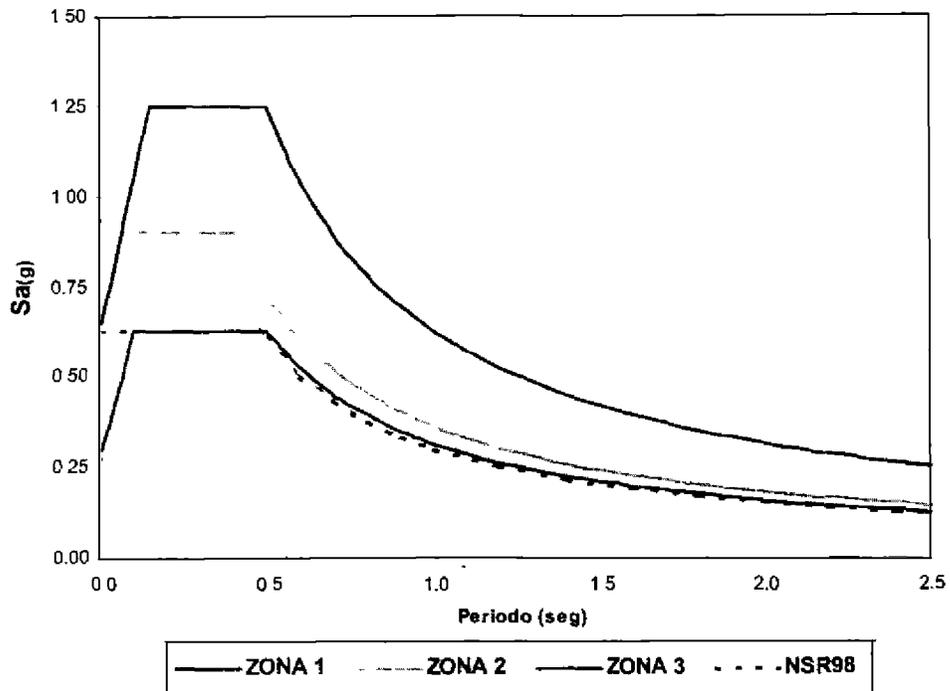


Figura 4.5 Espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga.

4.3 ZONIFICACIÓN

La zonificación geotécnica dividió el área de estudio en nueve (9) zonas: la zona 1 caracterizada fundamentalmente por la presencia de rocas sedimentarias; la zona 2 la componen rocas ígneas y metamórficas; la zona 3 conformada por limos rojos del abanico aluvial y escarpes de la meseta; la zona 4 caracterizada por la Formación Organos; la zona 5 conformada por flujos de escombros; la zona 6 por valles aluviales; la zona 7 caracterizada por depósitos de coluvión, la zona 8 susceptible a deslizamientos y la zona 9 por rellenos sueltos.

Utilizando microtrepidaciones los periodos obtenidos en el área Metropolitana de Bucaramanga están en el rango de 0.05 s hasta un poco mayores de 0.35 s, resultados que están acordes con los periodos obtenidos en registros de sismos en la ciudad. Al comparar estos resultados con los obtenidos en otras ciudades del país es fácil apreciar que la variación en los periodos es muy baja, lo cual nos da un indicador de la homogeneidad y la rigidez de los suelos de Bucaramanga.

Los mapas obtenidos a partir de microtrepidaciones, pueden ser considerados como zonificación dinámica preliminar de la zona de estudio, la cual debe ser complementada con estudios geotécnicos y modelaciones más detalladas del comportamiento dinámico de los suelos.

En total son tres zonas de respuesta dinámica diferente para las cuales se pueden hacer las siguientes observaciones:

Zona 1 - Roca: Esta zona comprende los depósitos de roca correspondientes a la formación Girón (1G) y cualquier depósito que se pueda considerar como roca pura (R). Los depósitos considerados como roca blanda y/o suelos residuales competentes sobre manto rocoso, comprende las zonas identificadas como 1N, 3 y 7. Tienen una forma espectral y aceleraciones máximas similares a lo propuesto por la NSR98.

Zona 2 - Suelo Rígido: donde se encuentra la mayor parte de la población del área metropolitana de Bucaramanga, y corresponde a depósitos de suelo rígido y reúne las zonas 2, 4 y 5. Presenta aceleraciones espectrales máximas considerablemente altas. Dicha forma espectral, así como los valores máximos están en concordancia con la propuesta de la norma UBC97 para sitios donde efectos de campo cercano son esperados; tal y como podría ser el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga.

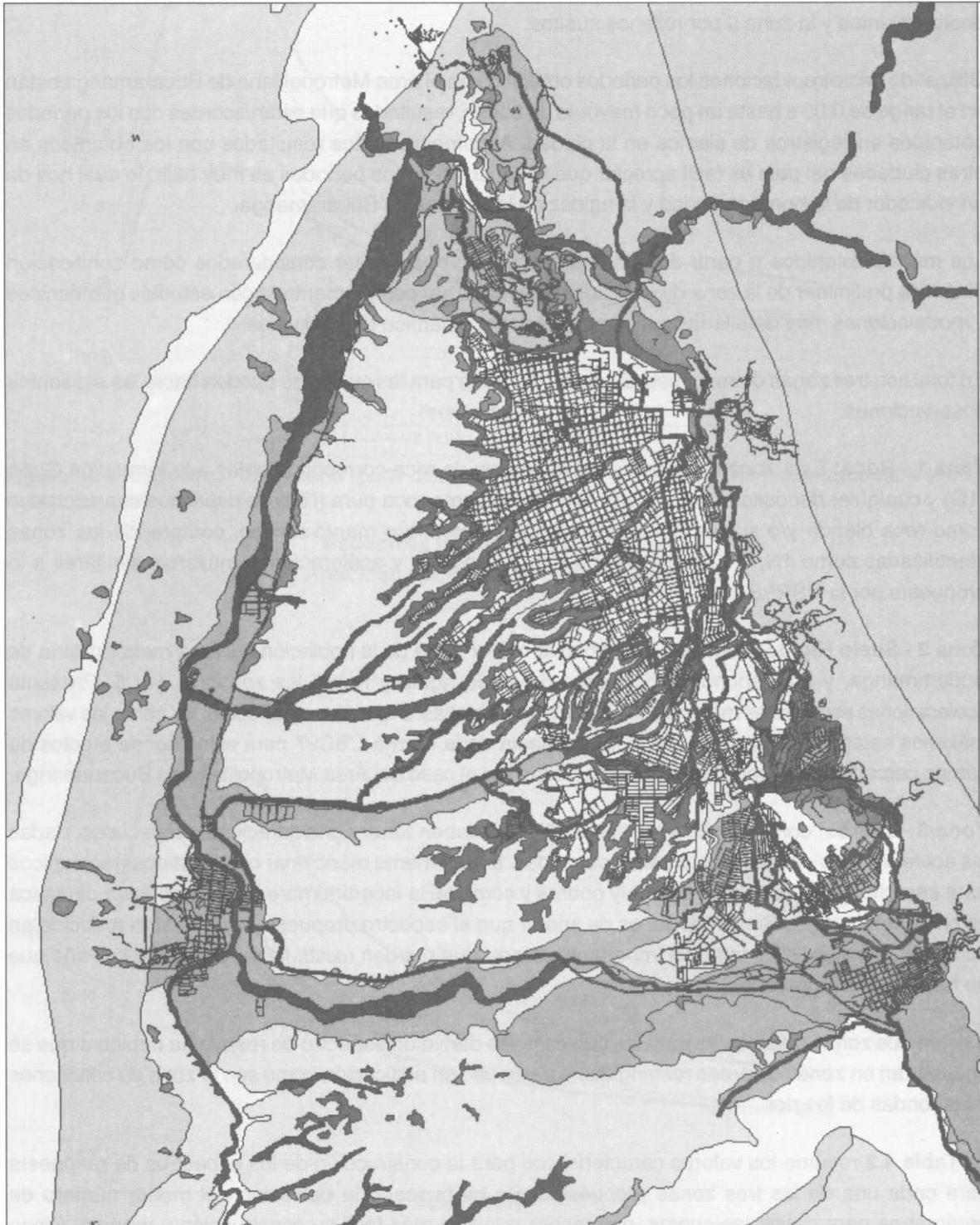
Zona 3 - Llenos: corresponde a los llenos (6), que deben tener consideraciones especiales, dadas las aceleraciones espectrales tan altas obtenidas. Es pertinente mencionar que los datos geotécnicos para caracterizar estas zonas son muy pobres y como tal la incertidumbre de su respuesta dinámica es bastante elevada. Sin embargo, es de anotar que el espectro propuesto aquí ha sido reducido en su amplitud máxima. Es también importante aclarar que pueden existir llenos de menor tamaño que no han sido cartografiados.

Existen dos zonas adicionales para las cuales no se derivó un espectro de respuesta debido a que se encuentran en zonas de áreas restringidas para su uso en edificación como son la zona de coluviones y las rondas de los ríos.

La **Tabla 4.2** resume los valores característicos para la construcción de los espectros de respuesta para cada una de las tres zonas propuestas. Se ha buscado la definición del menor número de parámetros para definir las curvas, de manera que sea más fácil su construcción y manejo. Cinco variables son necesarias para obtener los espectros, a saber: A_m corresponde al valor de máxima aceleración del terreno ($T=0s$), S_m es el valor máximo de aceleración espectral correspondiente a la

parte plana del espectro, T_0 y T_c son los períodos que definen el inicio y la terminación de la parte plana del espectro y T_L es el periodo después del cual las aceleraciones espectrales son constantes a un valor de $A_m/4$.

La **Figura 4.6** muestra esquemáticamente la forma espectral de diseño definida para este estudio,



El **Plano N° 4.1** presenta las diferentes zonas sismogeotécnicas definidas en el presente estudio, incluyendo sus respectivos espectros y la forma esquemática para su construcción.