

LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
CLASIFICACION ESQUEMATICA DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO Y
SU VULNERABILIDAD A LOS DESASTRES NATURALES

Ing^o Roberto Blume Burbank.

A. GENERALIDADES

En determinadas circunstancias, los fenómenos naturales que diariamente percibimos adquieren magnitudes desusuales, poniéndose en juego fuerzas y energías gigantescas, que determinan acciones destructivas masivas en extensas regiones. Cuando dichos fenómenos azotan zonas pobladas nos encontramos ante una catástrofe, por cuanto la acción destructiva afecta toda suerte de obras e instalaciones que el hombre ha ejecutado y que le son necesarias para su vida colectiva.

Consideramos innecesario referirnos nuevamente a la clasificación de los desastres naturales en función de los fenómenos que los originan, pero sí creemos importante recapitular la magnitud de los mismos evaluada en razón de sus efectos, por cuanto de ello derivamos el grado de vulnerabilidad de las estructuras básicas que pretendemos analizar. En tal sentido debemos establecer los siguientes efectos en grado decreciente de importancia:

1. Pérdidas de vidas humanas.
2. Afectación de los servicios públicos colectivos.
3. Destrucción o afectación a la propiedad pública y privada.
4. Desarrollo de epidemias.
5. Alteración de actividades normales de vida local.

De acuerdo a ello, resulta evidente que debemos concretarnos a los puntos 2, 3 y 4 anteriormente citados, por cuanto los otros dos escaparían a nuestro comentario, ya que en el primer caso el usuario de los servicios de agua potable ha desaparecido; y en el último se trata de simples alteraciones del sistema normal de vida, lo que no significa afectación de los servicios comunitarios puesto que ello estaría comprendido en el punto 2.

B. TIPOS DE DESASTRES

Consideramos necesario destacar el tipo de fenómeno que origina el desastre, puesto que en función de aquel se producirá la mayor o menor afectación de las estructuras que constituyen los sistemas que tratamos

de analizar en el grado de vulnerabilidad de sus componentes básicos. Para ello nos referimos específicamente a los desastres ocasionados por agentes naturales, descartando los causados por accidentes humanos, sean ellos voluntarios o no, por cuanto tales casos por graves que pudieran ser escapan a toda previsión y podríamos denominarlos como fortuitos. A tal respecto, debemos mencionar como más frecuentes en nuestra realidad Panamericana, los siguientes:

1. Tormentas: Dentro de esta denominación se incluye los huracanes, tornados, tifones, etc.; cuya característica común es la de producir corrientes rotativas de aire con velocidades hasta de 400 Km/hora; y con desplazamientos que alcanzan los 70 Km/hora. Frecuentemente van acompañados de fuertes lluvias que pueden llegar a producir inundaciones. La ocurrencia de estos fenómenos generalmente está circunscrita a las zonas tropicales, comprendidas entre los 7º y 15º de latitud en ambos hemisferios.

Los efectos directos de estos fenómenos normalmente producen la destrucción de las líneas aéreas de transmisión eléctrica, lo que puede interrumpir el normal funcionamiento de instalaciones de bombeo y de plantas de potabilización de agua y de tratamiento de desague.

2. Inundaciones y Maremotos: Las crecientes excepcionales de los ríos, como consecuencia de precipitaciones pluviales anormales o procesos de deglaciación imprevistos causan con frecuencia la salida de madre de los cursos naturales. Las olas de altura excepcional (sunamis), producidas generalmente por sismos ocurridos en las profundidades de los océanos, determinan en las costas o litorales inundaciones marinas que pueden alcanzar varios kilómetros de penetración.

Dentro de los más frecuentes efectos registrados que producen podemos enumerar los siguientes, tanto por acción directa de las aguas en las estructuras, como por efecto de la erosión: destrucción de líneas de conducción y emisores de desagües; inundación de plantas de potabilización y estacciones de bombeo, con el efecto del limo depositado que afecta bombas, motores y otro tipo de equipos; daño a las estructuras de protección de pozos y manantiales; inundación de instalaciones de tratamiento de desagues; bloqueo de colectores de alcantarillado, lo que puede producir represamientos y desbordes por los buzones y otras estructuras locales de disposición de aguas negras (tanques sépticos, silos, etc.)

3. Terremotos: Los macrosismos de origen tectónico y que aparentemente se originan en el desplazamiento de placas de la corteza terrestre, liberan una energía capaz de producir profundas transformaciones en la configuración externa de la misma. A esta devastadora realidad se suma la circunstancia de que en función de la profundidad del foco y la heterogeneidad del subsuelo, las ondas de propagación del sismo producen las armónicas correspondientes; y por efecto de resonancia, si las características elásticas del material están de acuerdo con la frecuencia de las vibraciones sísmicas, la intensidad de éstas puede amplificarse enormemente.

Los sismos, a diferencia de los desastres anteriormente enumerados tienen la particularidad de hacerse su aparición sin ningún aviso previo, provocan-

de en muchos casos fenómenos secundarios que suman sus efectos a la destrucción original del mismo. Entre ellos debemos mencionar como los más frecuentes: avalanches, deslizamientos, fallas y hundimientos, represamientos de ríos, inundaciones, etc.

Los efectos que pueden producir estos fenómenos en las estructuras construídas por el hombre pueden deducirse sin mayores comentarios ateniéndonos a la escala de intensidad de sismos, de Mercalli modificada (Siaberg) que establece lo siguiente en sus valores extremos: Grado I: imperceptible y apreciable únicamente mediante instrumentos, correspondientes a una aceleración menor a los 2.5 mm/seg.; y Grado XII: gran catástrofe, quedan destruídas todas las obras contruídas por el hombre, correspondiendo a una aceleración superior a los 5,000 mm/seg.

C. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS

Para los efectos de poder determinar la vulnerabilidad de las diferentes obras que conforman un sistema de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado, debemos referirnos a los siguientes términos:

1. Captación: Corresponden a las obras de colección de agua en la fuente de aprovisionamiento. Podrá ser de origen subterráneo, mediante galerías filtrantes o pozos; o de origen superficial, mediante captación directa en un cauce natural, manantial, o en un depósito natural o embalse artificial.
2. Conducción: Corresponden a las obras destinadas a transportar las aguas desde la captación hasta la localidad que hará uso de ellas. Podrá ser por gravedad o por bombeo, en cuyo caso requiere de las instalaciones estructurales, mecánicas e hidráulicas complementarias.
3. Tratamiento: Se refiere a las instalaciones para potabilizar las aguas, lo cual demanda una serie de estructuras hidráulicas con el equipamiento necesario.
4. Almacenamiento: Corresponde a las estructuras que permiten mantener en reserva un volumen de agua a fin de compensar los caudales correspondientes al consumo máximo horario, la demanda de incendio, o la reserva en caso de falla temporal de la fuente de aprovisionamiento.
5. Aducción: Línea destinada a conducir las aguas de consumo desde el almacenamiento hasta la localidad abastecida por el sistema.
6. Distribución: Conjunto de tuberías y matrices que constituyen la malla del sistema local urbano de abastecimiento a los predios de la localidad servida.
7. Sistema de Alcantarillado: Conjunto de conductos destinados a recibir la descarga de las aguas de desperdicio de los predios urbanos servidos.
8. Colectores: Alcantarillas principales que concentran el volumen de los desagües por evacuar de las diferentes zonas del sistema.

9. Depuración: Instalaciones destinadas al tratamiento de los desagues a fin de acondicionarlos a los requerimientos de su disposición final.

10. Emisor: Corresponde a la obra destinada a conducir el efluente final del sistema de alcantarillado al punto de disposición o vertimiento final.

D. UBICACION DE LAS LOCALIDADES

Al tratar de establecer la vulnerabilidad de los componentes básicos de un sistema de agua potable o de uno de alcantarillado, debemos en primer lugar considerar la ubicación geográfica de la localidad, puesto que la ocurrencia de los fenómenos naturales causantes de desastres no tienen igual incidencia en cualquier región del planeta. Este planteamiento es aplicable a los fenómenos de ocurrencia periódica observada, dado que las situaciones anormales o excepcionales escapan a toda previsión. En tal sentido debemos referirnos a lo siguiente:

1. La ocurrencia de tormentas destructivas, ya sea por efecto directo de los vientos o las precipitaciones que frecuentemente las acompañan, está circunscrita a determinadas zonas tropicales, conociéndose las latitudes hasta las cuales estos fenómenos son de efectos dañinos.
2. Las inundaciones determinadas por precipitaciones pluviales también presentan un marco de ocurrencia cíclica en determinadas zonas, Sin embargo debería tenerse en consideración que este fenómeno en ocasiones especiales puede alcanzar magnitudes excepcionales.
3. Las inundaciones producidas por efectos de las aguas marinas escapan normalmente a toda predicción, puesto que su origen normalmente obedece a causas imprevisibles lejanas. Sin embargo, la ubicación relativa de determinados litorales en zonas marinas de frecuente actividad sísmica tectónica nos permite considerar la posibilidad de la ocurrencia periódica de tales fenómenos.
4. No obstante ser los sismos los fenómenos más impredecibles, la sismología moderna nos permite conocer las llamadas zonas de actividad sísmica. En tal sentido hoy día sabemos que existe el llamado círculo circunpacífico y el de los mares mediterráneos que comprende cuencas marítimas formadas por grandes hundimientos, a lo largo de los cuales existen fallas o desequilibrios pronunciados de la corteza terrestre, en donde periódicamente la naturaleza tratando de buscar un equilibrio estático de presiones, libera energía suficiente para generar un sismo. Consecuentemente, la ubicación de cualquier localidad próxima a zonas sísmicas nos obliga a considerar la posibilidad de la ocurrencia de tales fenómenos.

E. INFLUENCIA DE LOS SUELOS

Adicionalmente a lo anteriormente expuesto, el análisis de dicha vulnerabilidad, debe considerar específicamente las características topográficas, geológicas y orográficas propias de la localidad. En realidad este es un aspecto que en muchos casos puede sumarse al de la ubicación geográfica particular con relación a la incidencia o frecuencia de los fenómenos

naturales causantes de catástrofes, puesto que puede determinar condiciones agravantes de los anteriores. En este sentido creemos necesario referirnos a los siguientes:

1. Los terrenos llanos y estables presentan menor riesgo a los efectos de inundaciones puesto que la fuerza erosiva de las aguas decrece en función de su menor velocidad de desplazamiento, la cual se reduce considerablemente en razón de la mayor superficie en que ellas pueden normalmente discurrir. Sin embargo este tipo de terrenos si bien reducen los efectos erosivos, pueden generar un problema de permanencia o duración de los efectos de las inundaciones por falta de drenaje natural de las aguas.

En el caso de tormentas y de vientos huracanados, este tipo de terreno carente de accidentes topográficos importantes, no ofrece ninguna protección natural a los efectos del fenómeno que recorre la zona sin atenuar sus efectos destructivos.

En el caso de sismos, cuyos efectos varían en función de la intensidad del fenómeno y las características geológicas del subsuelo, es evidente que los efectos secundarios que pueden derivarse de ellos serán relativamente menores.

2. Los terrenos medianamente accidentados ofrecen mucha mayor protección a las inundaciones litorales y a los efectos de vientos huracanados; pero determinan condiciones dinámicas mucho más destructivas en el caso de inundaciones de origen pluvial en donde a los efectos mismos de las aguas se suma el de la erosión que ellas producen, como consecuencia de su mayor velocidad de desplazamiento.

En el caso de sismo, a sus efectos directos que siempre están acondicionados a la intensidad del sismo y las características geológicas y tectónicas del suelo, se suman potencialmente mayores riesgos de efectos secundarios propiciados precisamente por la topografía local.

3. Los terrenos que presentan características sumamente accidentadas merecen un análisis más detallado puesto que en ellos el riesgo de los efectos directos o secundarios de las catástrofes naturales cobran mucho mayor importancia. Así mismo, sus características geológicas, orogénicas y climáticas constituyen factores trascendentes en la magnitud de dichos efectos.

Al referirnos a este tipo de topografía debemos diferenciar las zonas accidentadas como consecuencia de procesos orogénicos antiguos, en los cuales se ha alcanzado un equilibrio estático entre ellas y las áreas continentales que las rodean. En estos casos, la posibilidad de que se generen fenómenos de caracteres catastróficos reside exclusivamente en las condiciones meteorológicas reinantes y en la latitud de sus ubicaciones. En tales casos pueden presentarse con características excepcionales en cuanto a su magnitud: aludes, nevadas, deshielos y deslizamientos de tierras que pueden determinar efectos indirectos al alterar el discu

rrir natural de los cursos de agua.

En contraposición al caso anterior debemos referirnos a las zonas accidentadas de relativamente poca antigüedad orogénica, las cuales no presentan una estabilidad aún definida. Estas zonas precisamente se distribuyen en la superficie terrestre a lo largo de las cordilleras de más reciente formación geológica y frente a las cuales ocurren las fosas marinas más importantes. De ello resulta que en unos pocos centenares de kilómetros se encuentran desniveles de la corteza terrestre que van desde unos 5,000 metros de profundidad en los océanos hasta casi 7,000 metros en los picos más elevados de las cordilleras continentales. Este desequilibrio estático origina la existencia de fallas tectónicas que determinan justamente las zonas de inestabilidad de la corteza terrestre y a lo largo de las cuales se ubican las zonas sísmicas en actual actividad.

En estas circunstancias los fenómenos naturales de carácter catastrófico tales como aludes, deshielos, deslizamientos, precipitaciones pluviales excepcionales, etc. de carácter directo, presentan un componente imprevisible que corresponde a los sismos. En realidad al carácter destructivo de ellos en razón directa de su intensidad y de las características locales de la zona de su ocurrencia, se suman como efectos secundarios los derivados de la topografía y orografía regionales, los cuales pueden representarse en términos de su poder destructivo, peligros mayores que los derivados directamente de un sismo.

Como comentario final a estas consideraciones debemos destacar que en términos generales las características del subsuelo, localmente representan agentes importantes de magnificación o de reducción de los efectos directos de las catástrofes naturales. En tal sentido comentaremos tan solo como ejemplo los siguientes casos ilustrativos: Las inundaciones determinarán efectos mucho más duraderos en casos de ocurrir sobre terrenos impermeables o naturalmente saturados de humedad. Los sismos cuando afectan áreas saturadas de agua en el subsuelo, suelen producir alteraciones fundamentales de dichas características dado que los estratos permeables generalmente constituidos por mantos de arenas confinadas no son estables, dando origen a afloraciones anormales y afectando profundamente en otros casos la captación de aguas subterráneas mediante pozos, cuya estabilidad y rendimiento pueden verse sustancialmente alterados. Finalmente debemos referirnos en términos generales a las características naturales del subsuelo, cuya estabilidad puede ser profundamente modificada como consecuencia de los fenómenos naturales que comentamos, dando origen a los efectos secundarios que repetidamente hemos mencionado.

F. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD:

De lo anteriormente expuesto, que nos ha permitido valorar en términos muy generales por cierto, los agentes directos determinantes de los desastres naturales y los efectos secundarios que normalmente muchos de ellos originan, podríamos concluir que para poder tratar de establecer la vulnerabilidad de los elementos constitutivos de los servicios de agua potable y alcantarillado, no existiría una pauta ni un sistema de valorización universal, por cuanto tal evaluación está necesariamente -----

ligada a las condiciones locales particulares en cada caso. En base a ello resulta imprescindible tener en consideración en el análisis respectivo los siguientes aspectos:

1. Ubicación geográfica de la localidad en relación a las zonas de normal incidencia de agentes naturales causantes de catástrofes. En tal sentido se deberán considerar las tormentas tropicales, las inundaciones producidas por tsunamis o mareas excepcionales, y la actividad sísmica de la localidad.
2. Características topográficas, geológicas y orogénicas locales, puesto que en virtud de sus diferentes características, los agentes naturales pueden actuar en mayor o menor grado en sus efectos devastadores. En este sentido es necesario destacar que en algunas zonas ello exige evaluaciones bastante extensas, dado que las condiciones locales existentes así lo determinan.
3. Calidad predominante de los suelos y subsuelos en relación específica a su grado de saturación y permeabilidad respecto a las aguas subterráneas normales en la localidad. Esto es importante por cuanto la inestabilidad de algunos subsuelos saturados puede producir efectos realmente graves en caso de sismos.
4. Estabilidad general de los suelos a lo largo del recorrido necesario de las obras de abastecimiento de agua potable o de disposición de las aguas servidas.

Tratando en consecuencia, dentro de la relatividad anteriormente expuesta de establecer la vulnerabilidad de los diferentes componentes esquemáticos de un sistema de agua potable o alcantarillado, deberíamos referirnos a los siguientes:

1. Captación: Si es de origen subterráneo puede ser profundamente afectada por los sismos, que pueden alterar directamente la fuente de captación o las instalaciones necesarias para su alumbramiento, sean ellas estructurales, hidráulicas o electromecánicas. En caso de inundaciones de cualquier tipo, son igualmente afectadas por la inutilización de las instalaciones electromecánicas existentes y por la contaminación directa que producen las aguas decrecidas al ingresar a las fuentes del subsuelo.

En los casos en que se trata de aguas superficiales, las obras de captación pueden ser afectadas tanto por los sismos cuanto por las inundaciones, cuyos efectos destructivos juegan en grados variables, en función de las características locales y regionales anteriormente enunciadas; pudiéndose establecer que pueden determinar desde interrupciones temporales que requieren labores de limpieza, hasta la destrucción total de la obra existente y la paralización del servicio.

2. Conducción: Cuando la fuente es de origen subterráneo generalmente ésta se ubica en las proximidades de la localidad a que se abastece y en consecuencia la conducción es relativamente de corto recorrido. Sin embargo en estos casos las necesarias estructuras e instalaciones hidráulicas pueden ser afectadas localmente por sismo o inundaciones.

En los casos de conducciones por gravedad desde captaciones superficiales, su vulnerabilidad crece proporcionalmente a su longitud y a las características locales de los terrenos de su recorrido. Esta última no solamente se refiere a la calidad intrínseca de los terrenos, sino a la relación directa de su reacción y comportamiento en casos de sismos o inundaciones. Consecuentemente, serán más vulnerables las obras ejecutadas en terrenos abruptos que crucen zonas de baja estabilidad o de naturaleza suelta y deleznable, propicios a los efectos de la erosión superficial o deslizamiento. Igualmente la vulnerabilidad de estas obras aumenta cuando cruzan zonas que son o pueden convertirse en desagüaderos de cuencas colectoras de aguas pluviales o deshielos de las cordilleras.

3. Tratamiento: Dadas sus características de obras hidráulicas compactas, que deben diseñarse para soportar las presiones hidrostáticas en todas las posibles condiciones que puedan ocurrir durante su operación, se construyen normalmente en materiales nobles, circunstancia que las hace bastante resistentes a los efectos de catástrofes naturales que no sean excepcionales intensas. Los mayores daños que generalmente causan los sismos en estas instalaciones se concentran en las áreas de las edificaciones que albergan los servicios y equipos necesarios para su operación.

La vulnerabilidad en estos casos está principalmente referida a la ubicación de estas instalaciones con relación a las características locales topográficas y geológicas, las cuales determinarán la mayor o menor exposición de ellas a los efectos de inundaciones o sismos.

4. Almacenamiento: Estas obras presentan consideraciones muy interesantes, puesto que si bien por su carácter hidráulico deben reunir condiciones semejantes de diseño a las comentadas para el acápite anterior, en razón de su función dentro del sistema de abastecimiento de agua potable, deben construirse como estructuras apoyadas en terrenos de suficiente elevación o propiamente como estructuras elevadas.

En el primer caso, la vulnerabilidad de la estructura radica en su cimentación y ubicación, puesto que ellas deben garantizar su estabilidad estructural teniendo en consideración los efectos de los fenómenos naturales de normal ocurrencia local, que pueden debilitar su base de sustentación o afectarla por deslizamientos laterales.

En el segundo caso la vulnerabilidad de la estructura depende fundamentalmente de las condiciones y estabilidad de su cimentación, puesto que presenta la particularidad de concentrar su mayor masa a cierta elevación sobre el terreno lo que la hace mucho más vulnerable a los efectos de la aceleración horizontal de los sismos, y a la erosión que ciertos tipos de inundaciones pudieran producir.

5. Aducción: Este tipo de obras presenta vulnerabilidades semejantes a las indicadas en la segunda parte del acápite 2, condicionadas desde luego a las características locales existentes.

6. Distribución: En los casos de inundaciones, estas instalaciones por lo general están expuestas a daños menores, con excepción de los casos en que pudieran presentarse profundas erosiones de los suelos.

En el caso de los sismos, si éstos no son extraordinariamente destructivos, los daños que puedan causar a este tipo de instalaciones son relativamente benignos y de fácil reparación. Quizás los problemas más graves que puedan presentarse corresponden a roturas aisladas y a probable contaminación del sistema.

7.- Sistema de Alcantarillado: Las obras que constituyen un sistema de alcantarillado se ven afectadas seriamente en caso de inundaciones pues resulta imposible impedir el ingreso de las aguas por las tapas de los buzones. Cuando la inundación no afecta en forma total al sistema, pueden producirse en determinadas zonas el rebalse de las aguas negras como consecuencia del represamiento o la excesiva carga producida. Los materiales sólidos y el lodo que arrastren las aguas durante las inundaciones se depositan en las alcantarillas pudiendo llegar a obstruirlas totalmente, cuando la velocidad de aquellas decrece. Las estaciones de bombeo quedan frecuentemente anegadas, afectándose seriamente los equipos e instalaciones eléctricas.

En el caso de sistemas de alcantarillado combinado, el ingreso de las aguas es mucho más directo, pudiéndose producir fenómenos de erosión dentro del sistema como consecuencia de la excesiva carga, que puede determinar velocidades muy altas.

En caso de sismos, los sistemas de alcantarillado sufren considerablemente, dada la rigidez y nula resistencia a la flexión que tienen los materiales normalmente utilizados en su construcción. Es muy frecuente la rotura de los colectores en la proximidad de los buzones, como consecuencia de la distinta reacción de ambas estructuras a los efectos del sismo; presentándose igual tipo de problemas en las cámaras de bombeo. En estas condiciones las fugas que se originan pueden producir contaminaciones en el sistema de agua potable.

8.- Colectores: En este caso las obras se ven afectadas en forma semejante a lo indicado en el acápite 7. Sin embargo, cuando las tuberías son de mayor diámetro se construyen con refuerzo estructural, lo que permite que soporten mejor los efectos de los sismos, reduciéndose en consecuencia su grado de vulnerabilidad.

9.- Depuración: Siendo estas obras comparables o semejantes a las de tratamiento, presentan los mismos problemas que hemos comentado para el acápite 3. Sin embargo para estas instalaciones debemos indicar que suelen presentar condiciones de ubicación que son más riesgosas. En efecto, como los sistemas de alcantarillado generalmente se construyen para funcionar por gravedad, sus instalaciones finales frecuentemente están ubicadas en zonas bajas o se construyen a niveles rebajados con respecto al terreno natural, lo que las hace más vulnerables a inundaciones o efectos secundarios semejantes originados por sismos.

10. Emisor: En estos casos las condiciones son semejantes a lo comentado para los colectores, con la única variante de que con frecuencia sus tramos finales suelen construirse sobre el terreno, lo que elimina la natural protección que el enterramiento ofrece a estas estructuras.

La evaluación anterior nos lleva a proponernos una interrogante ante los numerosos factores que determinan la gravedad de los desastres y sus efectos: ¿Cómo valorar comparativamente la vulnerabilidad? Si entendemos la vulnerabilidad como el riesgo a que están expuestas las diferentes estructuras de los sistemas de agua potable y alcantarillado, podríamos proponer un cuadro como el que se indica. En él se ha pretendido comparativamente establecer el grado de vulnerabilidad, lo que lógicamente es relativo dadas las circunstancias particulares de cada localidad o región.

11. Recomendaciones: La realidad de la ocurrencia de desastres, que determinan condiciones de emergencia en las zonas afectadas, llama necesariamente a considerar la acción que en tales circunstancias debe desarrollarse para conjurar rápidamente tales situaciones. Esta acción, que en realidad comprende un vasto programa de actividades que compromete organizaciones y recursos con carácter multisectorial, cuando está oportunamente preparada con anticipación, logra realizaciones efectivas en el período de post-impacto. La toma de medidas y previsiones previas a la ocurrencia de los desastres se hace posible gracias a la predictibilidad y frecuencia de la probable ocurrencia de tales fenómenos.

Por el margen de toda esta necesaria y útil acción después de la ocurrencia de lo inevitable, consideramos indispensable referirnos a las medidas que pueden ser racional y económicamente adoptadas a fin de reducir los posibles riesgos y que permiten proteger los sistemas. Si bien ellas pueden ser materia de un análisis y discusión extensos y detallados, puesto que como hemos expresado reiteradamente, en estos desastres naturales la particularidad de cada uno es la generalidad del problema, conceptuamos recomendable tener en consideración los siguientes aspectos:

A. Anterior a los Tormentas:

1. Aprovechar las defensas naturales como protección contra vientos huracanados.
2. Utilizar defensas artificiales mediante arboledas de raíces profundas y de ramaje resistente.
3. Prescribir en las construcciones el uso de elementos y materiales livianos o superfluos que no puedan fijarse con seguridad a la estructura de la edificación.
4. Evitar las edificaciones en litorales que carecen de protección adecuada.
5. Proteger contra la erosión las zonas potencialmente afectadas.

B. Anterriesgos de Inundaciones y Maremotos:

1. Evitar la ejecución de obras dentro de desagüaderos naturales - existentes o potenciales.
2. Tomar las previsiones que aseguren drenajes naturales o artificiales en las áreas edificadas.
3. Mantener limpios, libres o dragados los cursos naturales de las aguas.
4. Proscribir las edificaciones en literales indefensos.
5. Construcción de diques, defensas, etc. cuando las condiciones locales lo aconsejen.
6. Empleo de adecuados materiales de construcción.

C. Anterriesgos de Sismos:

1. Realizar estudios de suelos para la adecuada cimentación.
2. Exigir el diseño asimismo de las estructuras.
3. Reglamentar el tipo de materiales para las edificaciones.
4. Reglamentar el ancho de las vías y de las áreas libres en función de la altura de las edificaciones.
5. Proscribir en las construcciones el uso de elementos superfluos decorativos no estructurales.

Para concluir y refiriéndonos específicamente a las obras de los servicios de agua potable o alcantarillado, creemos que deberíamos recomendar genéricamente lo siguiente, que sería aplicable a cada caso de acuerdo a la problemática de la incidencia de catástrofes en la localidad.

Protección de la captación de aguas subterráneas con los efectos de probables inundaciones.

Prever soluciones alternas de abastecimiento de agua potable en zonas potencialmente amenazadas por graves catástrofes.

Tratar de diseñar estructuras múltiples con adecuada ubicación, en vez de unitarias (líneas de conducción, reservorios, unidades de tratamiento, etc.)

Considerar la adecuada seguridad a toda instalación de carácter prioritario del sistema, ya sea por el requerimiento del mismo o por la dificultad, demora o costo que su reparación pudiera demandar.

Lograr la seguridad en la línea de conducción tratando de diseñarlas en los terrenos más estables.

Elegir las ubicaciones más seguras para las estructuras de tratamiento, de almacenamiento y de depuración.

Diseñar los colectores principales del sistema de alcantarillado y los emisores, teniendo igualmente presente la posible incidencia de los catástro -
fes potenciales.

"OTROS PROBLEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL, RELACIONADOS
CON DESASTRES Y SU CONTROL"

Ing^o Luis Malnatti Fano

Nuestro país esta sujeto casi periodicamente a una serie de flagelos, - que provocan innumerables perjuicios, sean de salud pública, económicas y personales, a la par que graves problemas sociales, por los estragos - en la gente de modesta condición económica.

Asi tenemos los terremotos, inundaciones, derrumbes, aluviones, etc., - que dejan gran número de muertes según la magnitud de estos desastres, con la consiguiente aparición de epidemias, provocadas por condiciones insanitarias; como secuela de estas tragedias, ya que se afectan los servicios de abastecimiento de agua y desague, contaminación de las fuentes de captación, aparición de moscas, zancudos y hasta roedores; los servicios de limpieza pública son afectados también, y en el caso de movimientos sísmicos de cierta magnitud, los cadaveres de las personas bajo los escombros, despiden olores nauseabundos por la descomposición, y que al moverse producen todo tipo de problemas.

He tenido la oportunidad de intervenir en dos tipos de tragedias: la del sismo de Huaráz en 1970 y el posterior aluvión de Yungay, las inundaciones del año 1971, en las ciudades de Chimbote y Piura.

Después del sismo con características de cataclismo en las ciudades de Huaráz y Yungay, se realizó una intensa campaña de fumigación y desinfección al remover los escombros para retirar los cadaveres que ya estaban en proceso de descomposición, e inmediatamente se les daba sepultura durante los primeros 4 días se desenterró 250 cadáveres, y las cuadrillas que cargaban los materiales. ayudados por tractores y volquetes. procedían a eliminarlos, arrojándolos a las aguas del Rio Santa, lo que representaba un peligro de contaminación de aguas y además los restos que eran arrastrados por la corriente al llegar a zonas de baja velocidad o en lugares pedregosos, se quedaban depositados, y al descomponerse, daban origen a cantidad de moscas y los malos olores consiguientes.

En la reunión del Comité de Coordinación, se puso en discusión esta medida, recomendando al suscrito y a otro funcionario, que se determinara el lugar mas apropiado para estas operaciones, optándose como solución mas conveniente el relleno del antiguo aluvión del año 1940, o sea el margen izquierda del río Quillcay, con el fin de nivelarlo y convertirlo posteriormente en un malecón y jardines.

En los numerosos campamentos de los damnificados se construyeron silos sanitarios, con moldes de concreto y caseta de madera de los materiales extraídos de los escombros, cuando faltaba este elemento.

El sistema de abastecimiento de agua, se realizó mediante dos equipos móviles especialmente acondicionados, proporcionados por el Gobierno Alemán, quién con sus equipos de personal preparado para estas operaciones, instaló uno de ellos en la margen derecha del río Quillcay, que suministraba agua para ese sector, y el otro en el afloramiento que existía en el costado izquierdo del Hospital Regional. La calidad bacteriológica del agua suministrada era excelente, por cuanto este equipo portátil disponía de un sistema de desinfección a base de sal común, que mediante un equipo eléctrico, desdoblada esta sal en cloro y sodio, siendo el cloro utilizado para la desinfección, y se aplicaba en el sistema de bombeo que contaba esta camioneta, cuyo costo era de 5000 dólares por unidad.

Estas medidas permitieron obtener un resultado satisfactorio, no llegando a producirse en ningún momento brotes epidémicos, que anteriormente se habían presentado entre la población sobreviviente.

EFFECTOS DEL TERREMOTO EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE MANAGUA

: Ing. Normando Porras

Introducción

El terremoto del día 23 de diciembre de 1972 que destruyó gran parte de la ciudad de Managua, causó considerables daños en el sistema de agua potable de la ciudad. En la madrugada de ese día trágico la población de Managua - llena de pánico pudo apreciar las fugas de agua dentro de las residencias, así como las calles inundadas repentinamente por las múltiples roturas en la red de distribución de agua y en los tanques de almacenamiento que ocasionó el terremoto. Al momento del sismo la operación del sistema de agua se paralizó y en pocas horas la población de la ciudad carecía del vital líquido.

El servicio de agua de Managua proviene principalmente de la Laguna de Asososca que ocupa la caldera de un volcán antiguo en el sector occidental de la ciudad. Grietas superficiales provocadas por el terremoto en el borde superior oriental de la laguna produjeron enormes deslizamientos de tierra en la ladera escarpada de la laguna poniendo en peligro la estación principal de bombeo enclavada en la orilla de la Laguna de Asososca es alimentada en su totalidad por aguas subterráneas de magnífica calidad y actúa como un pozo gigantesco. Dada su configuración topográfica de cráter antiguo sus aguas no están sujetas a contaminación superficial, pues su cuenca está limitada por farallones y laderas escarpadas. La laguna tiene un rendimiento promedio de 20MGD (fig. 1). También existen algunos pozos de capacidad limitada que abastecen algunos sectores sur-orientales de la ciudad.

La Empresa Aguadora de Managua que es una Institución del Estado tiene a su cargo la operación, mantenimiento y administración del servicio público de agua potable.

Managua al 23 de Diciembre tenía una población estimada de 430,000 habitantes de los cuales un 80 % gozaban de servicio a domicilio de agua potable. El sismo provocó un éxodo de cerca de 250,000 personas las cuales se refugiaron en las ciudades vecinas principalmente en Masaya, Granada, León y Jinotepé. Sin embargo, a pesar de las incomodidades, muchas familias han regresado a Managua a medida que se han venido restaurando las actividades de la ciudad.

La Situación Pre-Terremoto

El sistema de agua potable de Managua fue completado en 1965 con financiamiento del IDA. El sistema funciona por medio de bombeo. La estación principal de bombeo de 2.500 HP está colocada en una estructura de concreto reforzado que penetra dentro de la laguna y está montada sobre columnas tubu

lares de acero de 20" rellenos con concreto reforzado los cuales penetran profundamente dentro de la roca suave de la ladera. Dos tubos de transmisión de 30" de acero revestido suben la ladera a 45° hasta un tanque de oscilación para abastecer la zona baja y las Estaciones Impulsoras ubicadas en el borde superior de la Laguna. Estas estructuras afortunadamente no fueron afectadas por el sismo (Fig. 2). Para la distribución de agua en la parte Sur y Sur-Este de la ciudad existen en adición a las estaciones impulsoras de Asososca varias estaciones adicionales con una capacidad instalada global de 1.640 HP estando el servicio de agua de la ciudad dividido en tres zonas de presión. Hay una Estación de Cloración en Asososca y otras estaciones pequeñas de relevo para mantener un residual adecuado de cloro en las zonas más alejadas de la fuente con capacidad instalada 700 libras de cloro por día.

El sistema de distribución consta de 615 kilómetros de tuberías desde 2" hasta 30" con materiales diversos de hierro dúctil, hierro galvanizado, asbesto cemento y PVC.

El sistema cuenta con tanques de almacenamiento ubicados en diversos sectores de la ciudad con capacidad total de 12.80 millones de galones de los cuales 11 millones de capacidad corresponden a tanques de concreto (Fig.3) y el resto a tanques de acero.

La ciudad de Managua antes de la catástrofe era una ciudad congestionada con una tasa alta de crecimiento del orden del 6 % anual. Previendo satisfacer las necesidades del servicio de agua para la década del 70 la Empresa Aguadora tenía un Programa de expansión con una inversión estimada de US \$ 10 millones de dólares para una 2da. Etapa de Desarrollo con financiamiento parcial del BIRF. Este Programa contemplaba la construcción de una fuente alternativa de pozos al Este de la ciudad cerca del Aeropuerto Internacional Las Mercedes para suplementar a la Laguna de Asososca cuyo rendimiento promedio había sido superado por el consumo de la ciudad. Con el peligro latente a que estuvo expuesta la fuente de Asososca por los derrumbes ocasionados por el terremoto se refuerza la necesidad de desarrollar esta fuente alternativa.

El proyecto pre-terremoto también incluía estaciones impulsoras adicionales para el sistema alto y refuerzos y extensiones en la red de distribución incluyendo almacenamiento adicional. También incluía la construcción de un edificio administrativo y asistencia técnica en aspectos administrativos y de organización y métodos.

Daños en el Sistema de Agua Potable

Al momento del sismo la energía eléctrica de ENALUF que alimenta los bancos de transformadores del Plantel Asososca se cortó provocando el consiguiente golpe de ariete que unido al movimiento tectónico conmovió las instalaciones y paralizó el servicio de agua.

ENALUF estuvo capacitada para proveer energía con carácter prioritario al servicio de agua potable después de 9 horas del terremoto. También toda comunicación quedó cortada, contando durante los días subsiguientes únicamente

te con comunicación radiofónica.

Instalaciones Eléctricas. Los transformadores de 2500 KVA de 13200 a 2400 voltios que alimentan la estación principal de bombeo y los transformadores de las estaciones impulsoras sufrieron daños en los aisladores secundarios. Los Gabinetes de Control General Electric de la estación principal de bombeo sufrieron deslineamientos que impedían el arranque de los equipos y los cuales se repararon de emergencia mediante puentes flexibles.

La línea de energía de 2400 voltios sobre postes de madera que baja la ladera a la estación de bombeo desde el Banco de Transformadores sufrió deslizamientos en las bases de los postes provocando una peligrosa tensión en los cables conductores como consecuencia de la cual se quebraron varios aisladores de suspensión y algunas crucetas.

La labor correctiva tomó varios días y consistió en la colocación de un cable de acero para amarrar consecutivamente todos los postes fijando el cable en el terreno firme fuera de la zona derrumbada. Asimismo, se ajustaron las retenidas existentes en los postes y se ajustó la catenaria de los cables cambiando crucetas y aisladores así como también, se compactaron las bases de los postes.

Fuentes de Agua. Al momento del terremoto se produjo simultáneamente un derrumbe provocado por las grietas que se produjeron en el borde superior oriental de la laguna. Todo el camino de acceso a la Estación de Bombeo en la ladera de la laguna quedó completamente obstruido.

La plataforma de concreto montada sobre columnas de concreto hincadas en la ladera que contiene los cinco equipos de bombeo de 500 HP cada una, también fue afectada por los derrumbes de tierra. Las bombas son de tipo vertical y están sumergidas varios metros bajo el agua quedando los tamices cerca de un metro del fondo de la ladera.

El derrumbe se produjo también en la ladera bajo agua depositando arena y formación volcánica en los pascones de las bombas. Ante esta situación fué necesario bajar hombres ranas a remover las rocas y arena que tenían atascados los tamices e impedían el funcionamiento de los equipos.

La operación de bombeo de emergencia se inició con dos bombas que estaban libres en su atascamiento a las 10.45 a.m. del día 23 de Diciembre cuando ya teníamos energía eléctrica disponible para operar.

La operación de los hombres ranas se llevó a cabo durante varios días consecutivos trabajando a 5 metros bajo el nivel del agua y consistió en mantener limpia la trinchera de las bombas ya que los continuos sismos provocaban nuevos deslizamientos.

Para proteger la Estación de Bombeo de futuros derrumbes se construyó una estructura de acero de sección triangular de 40 metros de largo en todo el ancho del camino frente a la Estación de Bombeo.

Cloradores. Los daños en los equipos de cloración fueron causados por la caída de los cilindros de cloro que produjeron la rotura de las conexio-

nes de cobre provocando escape de gas cloro que inundó el recinto de los cloradores. Uno de los dos cloradores Wallace & Tiernan se desniveló y se dañó en sus conexiones a la tubería principal de conducción.

El personal técnico usando máscaras protectoras hizo posible que mediante rápidas intervenciones y con personal alterno se fueran cerrando las válvulas de los cilindros de cloro hasta controlar los escapes de gas.

Al amanecer del 23 de Diciembre ya se habían restituido las conexiones rotas y se continuaba la inspección y reparación de daños menores para habilitar la operación de cloración, la cual quedó completamente restablecida el día 24 de Diciembre a medio-día .

En esta forma se protegió la calidad del agua a la cual se le aplicó una dosificación de cloro de 500 libras por día que es la máxima capacidad de los cloradores y con lo cual se mantienen residuales adecuados en la red.

Durante los días de la emergencia en que se suspendieron las actividades de laboratorio de análisis de agua, se llevaron a cabo los análisis bacteriológicos en cápsulas desechables tipo Millipore proporcionadas por OPS/OMS que dieron resultados satisfactorios . Posteriormente el día 5 de Enero se restableció el servicio del laboratorio privado que diariamente practica los análisis bacteriológicos del agua natural así como de varias muestras en distintos sectores de la ciudad. En todo momento se proporcionó agua potable de calidad satisfactoria conforme las normas internacionales de Salud Pública evitando así problemas de contaminación y sobre todo epidemias tan comunes en casos de siniestros.

Ayudó a esta situación el hecho de que la Planta Industrial de Sosa-Cloro ubicada en la zona oriental de la ciudad, restableció sus operaciones antes de que las existencias de cloro se agotaran, proporcionando el cloro necesario para la continuación del servicio.

Tanque de Oscilación . El tanque de oscilación de 5 metros de diámetro por 22 metros de altura ubicado contiguo a la Estación Impulsora de Aso-soca estaba 2/3 lleno al momento del sismo y sufrió la deformación de los pernos de anclaje debido a las fuerzas del sismo que lo sacudió fuertemente en todas direcciones.

Red de Distribución. Los daños más relevantes por su frecuencia y magnitud se produjeron en la red de distribución que se fracturó principalmente a lo largo de las fallas y en todos los sectores de la ciudad. Esto está mostrado en el plano de la red en la parte central de la ciudad donde se presentan las fugas ocasionadas por el terremoto.

La forma y frecuencia de fallas dependió del material y del tipo de junta de la tubería. La tubería más afectada fue la de asbesto cemento. Le siguen en orden de daños en segundo lugar la de hierro fundido de campana con unión de plomo fundido. El mejor comportamiento lo tubo la tubería de hierro dúctil . La tubería plástica de PVC se comportó también satisfactoriamente.

Las fallas ocurridas en las tuberías de hierro dúctil se debieron al desplazamiento longitudinal provocado por el sismo que desalojó el extremo liso de la campana en la junta vecina a la falla. La junta tipo Tyton con campana de 4" no pudo soportar un desplazamiento mayor provocando el desajuste del empaque que produjo la fuga.

Las tuberías de hierro fundido fallaron por la junta de plomo desprendiéndose el tubo de la campana. Las juntas mecánicas de los accesorios se comportaron satisfactoriamente. Las juntas de flange de las válvulas y las juntas Dresser se comportaron también satisfactoriamente.

Las tuberías de asbesto-cemento en tamaños de 4" hasta 12" fueron las más afectadas reportándose daños de 1.15 fallas por kilómetro de tubería. Las fallas consistieron en dislocamiento de las juntas con rupturas por choque de los extremos de los tubos con las juntas. También fue frecuente la falla por efecto del esfuerzo cortante en el cuerpo de la tubería.

Servicios Domiciliarios. Las conexiones domiciliarias fallaron en número considerable manifestando mejor comportamiento la tubería de cobre y siguiendo la tubería de hierro galvanizado. La tubería de PVC sufrió fallas de desprendimiento con el medidor o con la llave municipal. En muchas conexiones en tuberías de hierro fundido se desprendió totalmente la llave municipal afectando la tubería matriz.

Se estima que un 75 % de los 40.000 servicios domiciliarios quedaron filtrando por efecto del sismo y de las conflagraciones subsecuentes. En la zona destruida se han rescatado cerca de 13.000 medidores.

Tanques de Almacenamiento. El daño más relevante en los tanques de almacenamiento ocurrió en los cuatro tanques de concreto reforzado circulares de 2.5 millones de galones cada uno, ubicados dos de ellos al Sur del Barrio San Cristóbal y los otros dos en Altamira sobre la Carretera a Masaya. Estos tanques fueron dañados fuertemente por la denominada de los Colegios que es parte del sistema de fallas de Tiscapa.

Los dos tanques de Altamira estaban 5/6 llenos al momento del sismo y fueron seriamente dañados principalmente el más oriental por la proximidad de la falla. Uno de los tanques que se encontraba vacío sufrió daños menores relativamente a los que estaban llenos.

Los daños en los tanques consistieron en grietas visibles en las paredes más o menos verticales desde la zapata o a lo largo de la pared; grietas poco profundas en las columnas interiores del tanque los cuales no afectaron el acero de refuerzo; desplazamientos verticales apreciables en la losa del fondo relacionados con asentamientos de la zapata perimetral de fundación.

Destrucción de las tuberías de concreto ubicadas dentro del tanque para entrada y salida del agua.

En los tanques la losa del fondo es independiente de la fundación de las paredes y de las columnas y está conectada a ellas mediante una junta de

expansión con empaque de material plástico y una junta de construcción de 2 cm. de espesor rellena en su profundidad con material de expansión de tipo Flexcell y un relleno superficial de Mastique. Estas juntas se salieron de su ubicación completamente durante el sismo provocando fugas de agua en el fondo del tanque que ocasionó oquedades debido al deslave de la fundación abajo de la losa.

El programa de reparación se inició mediante la perforación de agujeros en las losas del fondo distribuidos radialmente en los cuatro cuadrantes y por medio de ellos se procedió a inyectar una lechada de cemento cuya relación agua-cemento varió de 1-4 a 1-10 según las condiciones encontradas en el suelo alcanzando el punto del barreno hasta 3 metros baja la zapa. La inyección se llevó a efecto por medio de una bomba inyectora a una presión de 20 libras por pulgada cuadrada. Esta operación permitió llenar los vacíos del suelo y proporcionarle al mismo un valor soporte adecuado convenientemente.

Las fracturas apreciables de las paredes fueron piqueteadas y rellenas con material epóxico Probond PC-200 y material Protalico expansivo para reparar concreto; las fracturas pequeñas en paredes, losas y columnas fueron reparadas con material epóxico Probond ET-150 inyectado con aguja hipodérmica y sellado con brocha y rodillo; las juntas de expansión fueron completamente limpiadas y posteriormente rellenas con fibra de henequén, seguidamente rellenas con un sello de hule-asfáltico Protex Hot Seal y por último con una aplicación de sello epóxico Triple Seal por medio de rodillos. El empaque de impermeabilización de PVC quedó parcialmente destruido en las partes donde hubo mayor desplazamiento relativo. Después de este tratamiento se procedió a la prueba de los tanques llenándoles de agua y observándose las fugas las cuales fueron reparadas hasta la completa impermeabilización.

La reparación de estos tanques fué una labor muy delicada dado el estado de agrietamiento provocado por el terremoto y la operación de rehabilitación duró cuatro meses.

Tanques de Acero. Algunos tanques de acero del sistema de agua de la Carretera Sur fueron dañados por el movimiento sísmico, de estos tanques tres de tipo apornado y lámina delgada fueron deformados, achatándose en la parte inferior y separándose de los accesorios de entrada y salida.

Estos tanques fueron demolidos y sustituidos por tanques de acero soldado con especificaciones AWWA.

En general los tanques de acero construidos con especificaciones AWWA tuvieron buen comportamiento durante el sismo.

Daños en Edificio Administrativo y Bodega. La Oficina Administrativa de la Empresa Aguadora de Managua que estaba ubicada en la Zona Central Nor-este quedó completamente destruida dentro del área devastada por las fallas de Tiscapa. Todo el equipo y mobiliario administrativo incluyendo los equipos IBM fueron afectados, pero gran parte de ellos pudieron ser

rescatados en los días posteriores al siniestro. El computador electrónico IBM y su equipo periférico fue rescatado mediante una labor de demolición que fue dirigida por expertos zapadores para evitar daños en los equipos. Afortunadamente los discos del computador que contenían los registros de clientes, cuentas por cobrar e inventarios, no sufrieron daños y pudieron ser rescatados así como los documentos contables y otros archivos. Dichos equipos fueron trasladados al Plantel de Asososca donde posteriormente fueron revisados y reinstalados por técnicos de IBM.

También la Bodega de materiales ubicada en el borde superior oriental de la laguna de Asososca fue destrozada por el movimiento sísmico. En dicha Bodega se encontraba material diverso para mantenimiento de tuberías y equipos mecánicos y eléctricos, así como materiales para extensiones y conexiones domiciliarias que posteriormente pudieron ser rescatados en un 75 %.

En Enero de 1973 se procedió a remodelar unas estructuras de acero del Plantel de Asososca que habían sido usadas como garages con el fin de habilitarlas para oficinas administrativas, una de las cuales ahora sirve para alojar la Sección Comercial y las Oficinas de Contabilidad y la otra opera como Centro de Computación para las operaciones de sistematización de datos de la Empresa. Esto permitió que la Empresa pudiera reanudar sus operaciones normales durante el mes de Febrero de 1973.

Medidas de Emergencia Inmediatas a la Catastrofe

Inmediatamente después de la catástrofe el Gobierno de la República organizó el Comité Nacional de Emergencia integrado por elementos civiles y militares incluyendo el sector privado, el cual se responsabilizó de la administración y organización de la emergencia. Uno de los primeros objetivos del Comité fue el restablecimiento de los servicios públicos básicos, como el agua potable y el de electricidad.

A pesar de que el sistema público de agua empezó a funcionar en la mañana del día 23, debido al estado destrozado de la red de distribución, sólo fue posible que el agua abasteciera los sectores occidentales próximos a la fuente en vista de los daños en todo el sistema de distribución a través de los cuales se perdía la mayor parte del agua bombeada.

Dada la magnitud de la tarea de reparación era necesario iniciar de inmediato una distribución de agua de emergencia por medio de camiones tanques.

Esta labor se organizó el día 24 habiéndose reunido camiones tanques del Departamento de Carreteras, del Ministerio del Distrito Nacional, de la Guardia Nacional, de Compañías privadas y camiones tanques que envió el Gobierno de los Estados Unidos de la Zona del Canal de Panamá.

La distribución se realizó mediante una programación por sectores, de forma tal que cubriera a toda la población, con excepción de la zona destruida que había sido evacuada por la población. La fuente de agua

para los camiones tanques fue originalmente el Plantel de Asososca y posteriormente se habilitaron hidrantes de toma en diversos sectores de la ciudad.

En paralelo con esta distribución de agua se habilitaron varios pozos de emergencia, operados con motores diesel y generadores eléctricos con el cual se pudo dar agua para supervivencia a una parte de la zona Sur y a los pobladores de varios sectores orientales donde la gente llegaba a recoger agua en recipientes.

Mientras tanto y desde el momento del sismo se iniciaron las labores de reparación de la red de distribución dando prioridad a las tuberías de mayores diámetros y en orden descendente dada la magnitud de la tarea. Inicialmente los tubos matrices de 24" afectados por las fallas de Tiscapa fueron reparados con segmentos de tubería de hierro dúctil usando camisas de hierro fundido con unión de plomo fundido.

Mediante pedido de emergencia se obtuvo una cantidad apreciable de juntas Dresser, abrazaderas de reparación y otros accesorios de reparación tipo mecánico que permitió en los días subsiguientes acelerar las reparaciones discontinuando el sistema de plomo fundido y operando con juntas Dresser, juntas Gibault y abrazaderas de reparación.

En esta forma se fueron controlando las pérdidas por fugas habiéndose bajado dichas pérdidas de 75% después del siniestro hasta 50% después de cinco meses del mismo.

La investigación y solución al problema del agua que todavía se pierde, se está llevando a cabo mediante un estudio de investigación de fugas que se inició recientemente y mediante un control sistemático de conexiones no registradas.

Efecto del Terremoto en las Operaciones Administrativas y Financieras

Las actividades administrativas se suspendieron totalmente durante el período de rescate de equipos de oficina, archivos, computadores electrónica, equipos auxiliares y parte del mobiliario.

Los edificios temporales en el Plantel Asososca que alojaron las facilidades administrativas y comerciales comenzaron a funcionar a principios de febrero, mediante una evaluación de la situación existente post terremoto.

La primera medida tomada fué la elaboración de un censo de usuarios en lo que quedó de la ciudad habiéndose encontrado que a fines de febrero existían 18.000 usuarios correspondientes a una población servida de 135.000 habitantes. Antes del terremoto habian 40.000 usuarios servidos por el sistema.

Con el número de usuarios proporcionados por el Censo se comenzó a restablecer las operaciones comerciales mediante la emisión de las facturaciones con los consumos promedios del año 1972.

Durante el mes de marzo se reanudó la lectura de medidores en la forma acostumbrada y a partir de ese mes se restableció el ciclo de facturación establecido que consiste en lectura, facturación con procesos mecanizados,

distribución de recibos al público y recepción de fondos por servicio en los Bancos y en las Cajas de la Empresa.

El impacto financiero en los ingresos por servicio fue considerable y el efecto en las proyecciones financieras es bastante incierto. Como efecto de la catástrofe se estima que durante el año 1973 se obtendrá cerca de un 50 % de los ingresos presupuestados para este año.

Con el retorno a Managua de los desplazados del terremoto a finales de mayo se reportó un número de usuarios de 25.000 después de la incorporación de los usuarios de las Colonias del Banco de la Vivienda. Esto representa el 65 % de los usuarios con respecto al número existente al 23 de diciembre.

Antes del terremoto, como se explicó anteriormente, la Empresa había firmado un Contrato de Préstamo con el Banco Mundial por la suma de US\$ 6.9 millones de dólares para atender las necesidades de expansión de Managua para los próximos diez años. En los soportes financieros de este plan se presentaban perspectivas halagueñas en el desarrollo del sistema de agua potable y en el Convenio de Préstamo se estableció que la Empresa estaba obligada a mantener una tasa anual de rentabilidad sobre el valor de los activos fijos en operación que no fuera inferior de 7 % pero que se permitiría que durante los años 1974, 1975, 1976 y 1977 dicha tasa podría bajar hasta un 5 %, debido a que en esos años la tasa de rentabilidad estaría afectada por la adición de nuevos activos fijos derivados del programa, cuya productividad se generaría lentamente a mediano plazo.

También se contempla que la relación de servicio de deuda que es la relación de utilidad neta a deuda no debería ser menor de 1.5 para permitir seguridad para el cumplimiento de las obligaciones de préstamos.

La situación del terremoto de acuerdo con las previsiones más optimistas no permitirían a la Empresa poder cumplir con esas tasas de rentabilidad y de servicio de deuda, tomando en cuenta la pérdida sufrida en activos fijos que tienen que establecerse y la pérdida consecuente en ingresos de operación cuya recuperación es progresiva por lo cual era evidente establecer una nueva estrategia de recuperación financiera.

Efectos del Terremoto en los Planes de Expansión

Aproximadamente un mes después de la catástrofe se inició el renacimiento de las actividades comunitarias y el funcionamiento de oficinas públicas y privadas así como la operación de la industria y una incipiente actividad comercial. Este despertar parcial de actividades constituyó un polo de atracción para la población que había evacuado la ciudad, la cual comenzó a regresar a Managua ubicándose en áreas suburbanas en la zona externa al núcleo destruido de la ciudad.

Nuevas construcciones de tipo temporal comenzaron a construirse, el comercio hizo instalaciones livianas, se inició una reconstrucción masiva de casas deterioradas pero reparables y se estableció el transporte urbano y la actividad de la ciudad cobró auge.

Ante esta situación el Comité Nacional de Emergencia procedió a la elaboración de un Plan que orientara el desarrollo urbano en aspectos de zoni-

ficación, facilidades viales, servicios comunales y demás servicios básicos. La elaboración de este Plan urbano orientador estuvo a cargo del Gobierno de la República de México.

Las decisiones finales del Plan dada su complejidad se están efectuando progresivamente y son responsabilidad de un Panel Conjunto de Representantes del Gobierno y de la iniciativa privada y en última instancia del Comité Nacional de Emergencia y del Supremo Gobierno.

Ante esta situación los mejoramientos que se están llevando a cabo en los servicios públicos entre ellos el agua potable consisten en planes de rehabilitación y planes de desarrollo inmediato con períodos de diseño muy cortos mientras se define un plan tentativo de desarrollo urbano.

El Plan de la Segunda Etapa del Sistema de Agua de Managua ha sido modificado por los efectos de la catástrofe. En vista de la situación se ha intentado reducir el proyecto a lo esencial de necesidades urgentes posponiendo estructuras que dependan de las decisiones del Plan Regulador.

Con estos criterios se ha reestructurado el Programa Pre-terremoto y el Banco Mundial ha aceptado el cambio de objetivos orientado a fuentes alternativas de agua en las vecindades del Aeropuerto Las Mercedes y otros sitios, refuerzos en la parte Sur y oriental de la ciudad conforme lo demuestran los movimientos urbanos actuales y dotación de agua a todas las comunidades periféricas. Se eliminó del Programa original la construcción del edificio administrativo de la Empresa para dar prioridad a las necesidades urgentes de los barrios periféricos de escasos recursos.

Considerando los estados financieros de la Empresa, después del terremoto, que presentan debilidad en capital de trabajo; el Comité Nacional de Emergencia negoció con el IDA un préstamo de reconstrucción de US \$ 2.5 millones destinado a la reconstrucción del acueducto y para ayudar a financiar las obras civiles del proyecto modificado de la segunda Etapa del Plan " Más Agua para Managua". Este préstamo es parte de un préstamo global al Gobierno de la República por un monto de US \$ 20 millones de dólares para ser distribuidos entre cinco Instituciones del Estado para proyectos de vivienda, educación y rehabilitación de agua y energía.

El proyecto está actualmente en ejecución mediante la reconstrucción de 6 pozos profundos al Sur del Aeropuerto Las Mercedes que constituirán las nuevas fuentes alternativas para la ciudad y la contratación del resto de las obras civiles del Proyecto.

Para llevar a cabo las modificaciones del Proyecto se firmó una Enmienda al Contrato original con el Banco Mundial al mismo tiempo que se firmó el Contrato con el IDA para el Préstamo de Reconstrucción de Terrémoto.

Ambos convenios toman en cuenta la posición crítica de la Empresa después del terremoto en concordancias con las pérdidas rápidas en los activos y en ingresos de operación.

El Convenio de Enmienda al Préstamo de US \$ 6.9 millones incluyó una prolongación del período de gracia por un año adicional, la capitalización

de los intereses y comisiones de préstamo e inclusión de lo mismo dentro del monto del préstamo. También se permitió posponer la tasa de rentabilidad del 7 % para cumplirse hasta 1979 en lugar de 1977 y disminuir la rentabilidad en los años posteriores al mismo.

El Convenio de Reconstrucción de Terremoto ayudará a financiar además de las obras de reconstrucción el 55 % del costo de las obras civiles del Programa de la 2da. Etapa en adición del 28 % estipulado en el Préstamo 808 NI con el BIRF, lo que permite a la Empresa financiar de sus propios fondos solamente el 17 % del costo de dichas obras.

Descentralización. El éxodo de la población de Managua hacia las ciudades vecinas provocó la oportunidad de planificación de un proceso de descentralización con miras a crear polos de atracción de carácter industrial y comercial acompañados de complejos de viviendas de interés social para alojar a los damnificados y obreros de los centros de trabajo. Es así como el Comité Nacional de Emergencia ejecutó dos acciones relevantes hacia este objetivo.

- 1.- El 4 de Enero de 1973 se firmó un Convenio de Préstamo por US \$ 12.5 millones con el BID para reforzar la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario de las principales ciudades del Pacífico y centro del País.
- 2.- El 6 de Junio de 1973 se firmó el Convenio de Crédito de Reconstrucción por US \$ 20.000.000 antes mencionado con el IDA, con el doble propósito de la reconstrucción de la ciudad de Managua y de iniciar un programa de descentralización mediante construcción de viviendas de interés social y centros para mediana industria y pequeño comercio en las ciudades vecinas a la Capital. El Crédito es otorgado al Gobierno de la República al 3/4 del 1 % anual, y el Gobierno lo transfiere a las Empresas de Servicio Público al 7 1/4 % de interés anual con 6 años de gracia y 14 años de amortización. El diferencial de intereses pasará al Banco de la Vivienda para continuar los programas de vivienda relacionadas con la reconstrucción.

Ambos Convenios están en proceso de ejecución y el programa ayudará a evitar en el futuro el congestionamiento que vivía sufriendo la ciudad de Managua disminuyendo probablemente las tasas de crecimiento demográfico con polos de atracción conveniente localizadas en las ciudades del Pacífico y centro del País.