

## TIPOS DE DESASTRES

Tte. Crl. EP Jorge Bustamante Davila

La importancia del conocimiento del origen y tipos de desastres radica en que conociéndolos podemos hacerles frente en mejor forma y en consecuencia con mayores posibilidades de éxito.

### Puntos Esenciales

- Origen de los desastres:
- Tipos de desastres

#### A. ¿ Qué es un desastre ?

En el Decreto Ley Nº 19338, instrumento legal que dió origen al Sistema Nacional de Defensa Civil el desastre se define como "El conjunto de daños producidos sobre la vida, salud o la economía de los habitantes de uno o varios centros poblados, originados por la alteración del curso de los fenómenos naturales o por acción del hombre con empleo de medios destructivos, situación que requiere del auxilio Social".

#### B. ¿ Cómo se originan los desastres ó cuál es la etiología de los desastres ?

La tierra, nuestro planeta con una antigüedad de aproximadamente 4,000'000.000 de años es un cuerpo en constante evolución dentro de leyes inmutables que la gobiernan equilibradamente dentro de un conglomerado de cuerpos celestes.

Nuestro sistema solar pertenece a la galaxia Vía Láctea donde nuestro sol es uno de los cien mil millones de estrellas de toda magnitud que la componen.

Muy cerca de la periferia de esta galaxia que se presenta al observador como un enorme platillo volador se encuentra situado nuestro sol.

Una vuelta alrededor del eje galáctico la realiza el sol en aproximadamente 1,800 millones de años y para atravesar diametralmente este gigantesco disco a la velocidad de la luz, sería necesario nada menos que 200 millones de años.

Ahora bien si es verdad que las leyes que gobiernan el movimiento de los astros son inmutables a veces estas no se - - - - -

manifiestan en armónicas y cíclicas, estas pequeñas alteraciones - pueden provocar grandes desastres.

Los desastres de manera general son alteraciones de los tres elementos básicos: TIERRA, AGUA Y AIRE, elementos que en proporción a sus masas, responden a las leyes universales, especialmente a la de gravitación universal o ley de Newton, así el aire se alargará más que el agua y éste más que la tierra, estos efectos se agudizarán cuando exista una conjunción y disminuirán cuando se produzca una oposición. Jupiter y Saturno (1,450 y 740 veces respectivamente más grande que la tierra).

También podemos considerar como causa de alteraciones la aparición periódica (cada 11 años) de las manchas solares.

Es innegable pues que la atracción solar, planetaria y lunar provocan mareas en los océanos, en la masa aérea y en la masa terrestre generando movimientos llamados mareas, corrientes, etc., en la masa aérea y fenómenos en la geodinámica interna de la tierra (sismicidad, tectónica, etc.) si esto lo combinamos con la constante descarga de energía calórica y lumínica del sol sobre nuestro planeta se completa el cuadro fenomenológico.

De la energía liberada por el sol es indudable que la que más nos interesa es la calórica pues ella origina el calentamiento del aire, dando origen a los vientos, produce la evaporación de las aguas, fenómenos éstos que conjuntos originan las precipitaciones pluviales.

Los movimientos de rotación y traslación de la tierra tienen también influencia decisiva en el movimiento de los continentes, especialmente América y Asia que al tender a acercarse producen deslizamientos de sus placas submarinas, originando los movimientos sísmicos en el llamado cinturón de fuego del Pacífico.

De allí se desprende que sean las poblaciones costeras las que más sufren por estos movimientos, ya que su distancia vertical al fondo es menor.

### C. ¿Cómo se clasifican los desastres?

Según Defensa Civil, los desastres los hemos clasificado en: naturales y artificiales.

Los naturales pueden ser:

Tierra: Sismos  
Aluviones  
Aludes  
Alud - Aluvión  
Deslizamientos

Agua: Huaycos  
Inundaciones  
Lluvias  
Nevadas y Granizadas  
Sequías

Aire: Huracanes  
Tornados

Los Artificiales pueden ser:

Incendios y Explosiones  
Accidentes (Aéreos, terrestres, marítimos)  
Guerra

Resumen y Conclusiones:

- A. Las leyes de la mecánica celeste gobiernan ~~directa~~ indirectamente el proceso fenomenológico de la tierra.
- B. Los desastres son producto de pequeñas alteraciones de estas leyes inmutables.
- C. La mayor ó menor variación en el comportamiento del aire, océanos ó corteza terrestre como consecuencia de estas influencias determinan los desastres macro o microdestructores.
- D. Algunos desastres son efectos secundarios de estas alteraciones, - inundaciones, incendios, epidemias, etc.
- E. Nuestro país por su situación y conformación geográfica es un país expuesto a todo tipo de desastres.

## LOS TERREMOTOS

Ing<sup>o</sup> Mateo Casaverde

Es evidente que los constantes cambios que ocurren en la naturaleza, tanto perceptibles como imperceptibles, originan modificaciones muchas veces profundas que predisponen a los desastres.

Un mejor conocimiento de estos fenómenos ayudará en algunos casos a tomar ciertas medidas preventivas antes de que tales fenómenos puedan sorprender y ocasionar daños irreparables.

A manera de introducción, antes de exponer concretamente el tema propuesto, hagamos algunas reflexiones sobre los fenómenos telúricos que crean situaciones de desastre y cuyas consecuencias afectan considerablemente la vida de nuestros pueblos.

Los pueblos generalmente se miden por sus cualidades morales, físicas y culturales. Hay regiones del mundo donde con cierta frecuencia la naturaleza deja sentir en variadas formas, su fuerza y su furia, como tratando de poner a prueba la fortaleza moral, física y cultural del hombre. Nuestro territorio es una de aquellas regiones donde los fenómenos naturales desatan con cierta frecuencia su furia en forma de desastres: terremotos, maremotos, inundaciones, avalanchas, huacicos, sequías, etc.

Haciendo referencia al terremoto del 31 de mayo de 1970, es aún un recuerdo muy fresco en la memoria de todos los peruanos aquellos momentos de dolor y desesperación frente al desastre desatado por un terremoto. Hemos sido testigos de la fortaleza física y moral de las poblaciones afectadas por el terremoto, haciendo frente a la dramática furia de la naturaleza. Hemos sido testigos, muchos de nosotros en el mismo lugar del desastre, de los esfuerzos heroicos de las autoridades del gobierno tratando de llegar a la vasta zona afectada con el socorro necesario. Sin embargo, por los efectos catastróficos de aquél 31 de mayo, podemos decir sin lugar a equivocarnos que nos faltó algo también fundamental: la fuerza cultural. No supimos asimilar las lecciones que a lo largo de varios siglos nos mostró la naturaleza. La muestra elocuente de esta falta encontramos en el tipo de construcciones, frágiles en su mayoría y sin las estructuras capaces de resistir un fenómeno sísmico, sufrieron el impacto directo del terremoto.

Algunos fenómenos naturales que desencadenan desastres, pueden ser detectados antes que asesten su golpe en una región. Pero los movimientos sísmicos hacen su aparición sin ningún previo aviso, y

precisamente esta característica provoca el desconcierto y el pánico con las consecuencias fatales en pérdidas sobre todo de vidas. La sismología a pesar de su tremendo progreso en los últimos decenios, tanto en el aspecto puramente científico como en el desarrollo instrumental, está aún lejos de proporcionar el pronóstico de un terremoto. Sin embargo, la sismología de hoy nos ofrece los elementos fundamentales que nos permite estudiar el origen y evolución de los fenómenos sísmicos en nuestro país. Al mismo tiempo, los estudios básicos de la sismicidad de nuestra región proporcionan aquellos otros elementos, quizás más valiosos, que nos permiten adoptar los criterios fundamentales para los diferentes aspectos de la ingeniería, en las construcciones en general. No podemos quedarnos nuevamente a la espera de otro desastre, si no tomamos las previsiones necesarias para minimizar las pérdidas de vidas y materiales que hemos experimentado en épocas pasadas. La labor de investigación sismológica que viene realizando el Instituto Geofísico del Perú, tanto a nivel nacional como regional, permitirá el mejor conocimiento de la sismicidad y los mecanismos de los movimientos sísmicos.

No podemos postergar por más tiempo en aplicar los conocimientos que la ciencia y la tecnología nos proporcionan, y una de nuestras mejores contribuciones al Sistema de Defensa Civil, será, precisamente, el uso racional de la ciencia y tecnología, y evitar que el Sistema se dedique a los actos heroicos de última hora. La previsión, la prevención, están mayormente basadas en los complementos valiosos que la ciencia y la técnica ponen en nuestras manos.

La presente exposición, con un carácter muy general, tiene la intención de informar sobre el desarrollo actual de la sismología, particularmente en nuestra región, y al mismo tiempo hacer conciencia de que estamos ubicados en plena región sísmica activa, lo cual nos obliga a tomar las medidas que minimicen nuestra angustia y nuestro dolor en cualquier momento de emergencia futura.

¿Que es un Sismo? Intensidad y Magnitud de un Sismo:

Hasta el momento no se han establecido concretamente los orígenes de un movimiento sísmico. Muchas organizaciones científicas en el campo de la geofísica en el mundo, incluyendo nuestro país, se dedican intensamente a la investigación de la física del interior de la tierra relacionada con el mecanismo de tales movimientos. El progreso alcanzado en los tres últimos decenios nos muestra hechos físicos de la estructura de nuestro planeta y que, a su vez, hacen aparecer una nueva imagen de la sismología: cada día más veraz y proporcionando conocimientos útiles en la vida del hombre.

El hecho físico más aceptado con relación a un sismo, es que la causa inmediata reside en el movimiento súbito de masas de rocas a lo largo de fallas geológicas a profundidades variables debajo de la superficie. Algunas de estas fallas se presentan visibles en superficies. En el caso de nuestro país, han sido y están siendo identificados los sistemas de fallas con los sismos que ocurren. Por lo menos con relación a los

sismos más destructivos que se han registrado, ya está bien establecido que están asociados casi siempre a una falla, o sea aquellos en la corteza y parte más interna de la tierra. Aún es materia de investigación las causas que ocasionan el movimiento súbito de las masas de rocas en los sistemas de fallas. Estas causas pueden ser de origen tectónico, volcánico o de colapso.

La figura Nº1 proporciona esquemáticamente, una idea de la estructura interna de la tierra.

La corteza ocupa un volumen muy pequeño en promedio, un espesor de cinco a diez kilómetros debajo de los océanos y unos treinta a cincuenta kilómetros debajo de los continentes. En el caso de los Andes Peruanos, el espesor o raíz de los Andes es mayor con un promedio de 50 a 60 kilómetros. Luego vienen el manto sólido hasta una profundidad de unos 3,000 kilómetros donde empieza el núcleo exterior constituido por material fluido hasta unos 5,000 kilómetros, donde empieza el núcleo central que se estima es de material sólido a diferencia del núcleo exterior. Los sismos superficiales se originan en la corteza y el manto superior próximo a la corteza y los sismos profundos (aproximadamente 700 kilómetros de profundidad) se originan en el manto propiamente dicho.

Las diferentes rocas que componen el interior de la tierra tienen propiedades elásticas o sea diferentes grados de rigidez y comprensibilidad. Al producirse un sismo en una falla, las ondas originadas por el sismo se propagan en todas direcciones en forma radial. El lugar donde se produce el movimiento en una falla recibe el nombre de "foco" y su proyección en la superficie es el "epicentro". Los diferentes tipos de ondas que produce un sismo se propagan por reflexión y refracción a través de las diferentes densidades de la estructura interna de la tierra, con diferentes velocidades. Muchos años de experiencia han sido necesarios para establecer la relación de un tipo de onda y su velocidad y que son identificables en los registros sismográficos de las estaciones sismológicas.

Si consideramos los efectos de las vibraciones de una partícula de roca en el punto del sismo sobre todas las partículas vecinas, se observarán dos tipos de ondas: una compresional y otra cortante, que se propagan en todas direcciones. La primera es semejante a las ondas del sonido, donde las partículas vibran a lo largo de las líneas de propagación en forma de pulsos alternos de compresión y rarefacción a través de las rocas. Esta es la onda P. La segunda es la onda S, transversal, o sea que las partículas vibran en ángulo recto a la dirección de propagación de la onda.

Podríamos comparar el movimiento de una soga fija en un extremo: cada partícula de la soga se mueve esencialmente perpendicular a la longitud de la soga, pero las ondas viajan de extremo a extremo de la soga. Las ondas superficiales se pueden observar durante un sismo, en la superficie del suelo en caso de movimientos fuertes. Especialmente de foco

poco profundo.

La diferencia en el tiempo de registro en (segundos) de las ondas P y S permiten estimar la distancia epicentral del sismo (distancia del epicentro a la estación sismográfica). El epicentro se calcula con bastante precisión cuando se dispone de los de cinco estaciones. La precisión aumenta conforme aumenta el número de estaciones.

#### La Intensidad:

La intensidad de un sismo se mide según el grado de destrucción que produce. Es una información cualitativa. La escala de "Mercalli Modificada" se presenta en la Tabla Nº1. De esta tabla podemos inferir que la intensidad estimada proporciona una idea muy relativa de los efectos de un sismo y no da una medida clara de la energía real liberada en el foco del sismo. Los efectos físicos de un sismo dependen del tipo de estructuras de las diferentes construcciones, naturaleza física del suelo y su grado de respuesta a las vibraciones del movimiento y, por último del grado de sensibilidad de las personas. Constituye una información valiosa.

#### La Magnitud:

La magnitud de un sismo, es otra medida más racional de la fuerza de un sismo. Proporciona una clasificación energética de los sismos. Se determina midiendo las amplitudes producidas en un sismograma de un instrumento patrón. La magnitud se basa en que está referida a un patrón arbitrario escogido para un sismo al que se le asigna una magnitud  $M=3$ , a 60 Kilómetros distantes del foco.

Comparando el registro de este patrón con los registros de estaciones en las mismas condiciones pero a diferentes distancias, se llegó a establecer relaciones que dieron lugar a la Escala Richter.

El sismo más intenso registrado no fué mayor de  $M=8.9$ . Una magnitud  $M=0$  no significa ausencia de sismo, sino que representa sismo energéticamente pequeño. La magnitud está relacionada con la energía que se irradia del foco sísmico en forma de ondas elásticas y las amplitudes registradas de estas ondas en un sismógrafo nos indican la magnitud. Haciendo una breve comparación, se encuentra, por ejemplo, que una  $M=8.9$  es de 700 millones de veces mayor que una  $M=3$ . Y  $M=8.9$  es energéticamente 12,000 veces mayor que la bomba de Hiroshima. La Tabla Nº2 proporciona las relaciones aproximadas de la magnitud, intensidad, energía liberada y otros datos de mucho interés.

#### Sismicidad:

La incidencia anual probable, cuarta columna de la Tabla Nº2, nos muestra claramente el número de sismos de diferentes magnitudes que se registran anualmente en el mundo. Naturalmente, la mayor incidencia corresponde a los sismos de magnitudes pequeñas. De este cuadro general de incidencia, un buen porcentaje corresponde a lo que los geofísicos denominan el Cinturón del Circum - Pacífico, que sigue aproximadamente los sistemas de fallas geológicas mayores y el sistema de fosas marinas.

Se extiende geográficamente por toda la costa occidental del continente americano, Japón, costa oriental de China, norte de Australia, las islas del Pacífico al este de Australia. Este cinturón es el más sísmicamente activo del mundo. Nuestro país forma parte de este sistema Circum-Pacífico, con algunas características geofísicas que son materia de actual estudio. Extendiendo la descripción a la región donde se encuentra nuestro país, las investigaciones sismológicas recientes muestran además de una fuerte sismicidad continental, otra línea aproximadamente circular que parte del sur de Chile, continúa sobre el Pacífico - hasta aproximadamente la longitud de 115° oeste, sigue al norte para ingresar nuevamente a la altura del ecuador geográfico. La región entre el continente sudamericano y esta línea sísmicamente activa sobre el Pacífico, recibe el nombre de Placa de Nazca.

Los datos históricos recogidos de 1,552 a 1,868, incluidos en la Tabla N°3, nos muestran una serie de terremotos en su mayoría con efectos destructores totales en las zonas afectadas. Los registros sismológicos obtenidos en la región, con estaciones establecidas en Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, desde 1,913 a 1,970, nos proporciona datos con parámetros sismológicos racionales, tal como se incluye en la Tabla N°4.

La información de las Tablas N° 3 y 4, es una muestra elocuente de que nuestro país forma parte del sistema sísmicamente más activo del mundo.

Se habla y se publica con cierta frecuencia sobre pronósticos de movimientos sísmicos no solamente en esta parte del mundo. Sin embargo, desde el punto de vista científico, aún nos encontramos lejos de anunciar un terremoto. Parte de los esfuerzos de la investigación sismológica está orientada a la posibilidad de pronosticar. Sin la idea de pronosticar, los hechos físicos que actualmente se acumulan en sismología y la sucesión de movimientos que histórica e instrumentalmente se han registrado, no es ninguna aventura expresar que nuestro territorio está expuesto a un desastre como consecuencia de un terremoto en cualquier momento y en cualquier parte de las zonas señaladas como las más activas sísmicamente hablando. La construcción de las viviendas, las obras de ingeniería, etc. deben supeditarse sin excepción alguna a normas que ya existen, normas elaboradas como consecuencia de estudios sismológicos. El Instituto Geofísico del Perú, además de sus servicios sismológicos establecidos dedicará un esfuerzo especial a la investigación que nos permita acumular mayores elementos sobre la sismicidad de nuestro país.

#### Posibles Mecanismos de un Sismo:

Aún no existe una teoría o hipótesis que explique concreta y satisfactoriamente las causas de un movimiento sísmico. Sin embargo, existe un optimismo general sobre los elementos acumulados en los últimos años de investigación geofísica, que apoyan en forma consistente a la hipótesis de las placas. Según esta hipótesis, la corteza de la tie-

rra se encuentra fraccionada por regiones parecidas a las propuestas por la teoría de la deriva continental formulada por Wegener hace muchos años.

Según esta teoría, aproximadamente, por ejemplo, hace como doscientos millones de años el continente sudamericano formaba un solo bloque continental con Africa. Sudamerica ha ido separándose progresivamente hacia el oeste. Investigaciones geológicas y geofísicas confirman este aspecto de la vida en nuestro planeta y que actualmente continúa con este proceso de derivar aproximadamente hacia el oeste. Igualmente, investigaciones muy recientes confirman que la Placa Nazca descrita en párrafo anterior, se mueve hacia el este produciendo los sismos que se registran en su interacción, placa sudamericana continental.

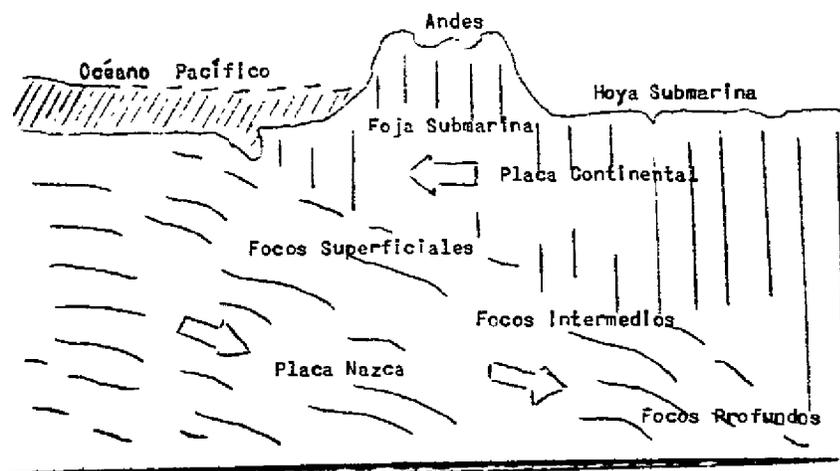


Fig. 2 Esquema de Interacción de la placa continental y la placa nazca (submarina).

La Fig. Nº 2, nos muestra esquemáticamente la superposición de las dos placas: continental y submarina con los subsiguientes efectos sobre las fallas geológicas donde se producen los sismos. Este mecanismo confirma la distribución en profundidad de los focos sísmicos en esta parte del mundo: predominancia de los focos superficiales cerca a la costa occidental de Sudamerica y los focos profundos (600 - 700 Kms.) debajo de la Hoya Amazónica.

La Fig. Nº3, nos muestra esquemáticamente el análisis del Dr. Ocola, del Instituto Geofísico del Perú, sobre la distribución en profundidad de la liberación de energía como consecuencia de los sismos.

La deriva de los continentes y la presencia de placas dinámicas en la corteza (Ver modelo de la Fig. Nº1), se pueden explicar en base de corrientes convectivas hacia el exterior en la región del manto, debido a las altas temperaturas y presiones que contiene el interior de nuestro planeta. Se estima que estas temperaturas llegan a los 4,500°C. Las corrientes convectivas en el manto podrían causar la dispersión o separación en el fondo submarino y la elevación de montañas. Las corrientes ascendentes podrían levantar las montañas submarinas, rompiendo las bases laterales del fondo oceánico y al mismo tiempo empujar los continentes.

Las corrientes descendentes podrían empujar masas continentales, arrugando sus bordes en forma de montañas costeras, fosas submarinas y arcos de islas.

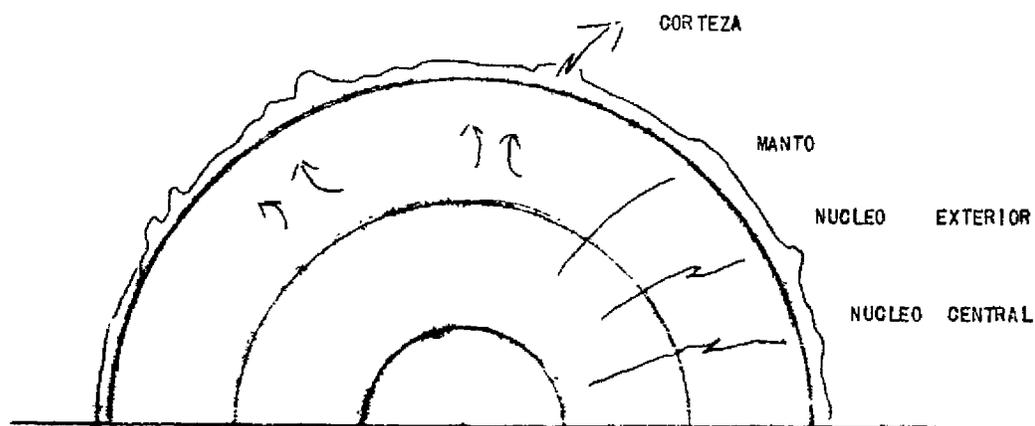


FIG. 1 Estructura Interna de la tierra.

#### Previsión para Minimizar los Efectos de un Sismo:

Las pérdidas materiales, generalmente cuantiosas en vidas, debido a los movimientos sísmicos destructores de nuestro país, se pueden minimizar si se toman las previsiones que la ingeniería sísmológica nos proporciona actualmente.

- A. Las construcciones de lo que llamamos material noble, deben tener una estructura que esté en relación con el número de pisos, la naturaleza del suelo y la sismicidad local. Las autoridades del Sistema de Defensa Civil (Ministerio de Vivienda, las Municipalidades, SINAMOS y otros organismos), estarán en condiciones de proporcionar la información técnica necesaria sobre los diferentes tipos de estructura que deberán adoptarse en cada localidad.
- B. Las obras de ingeniería: represas, puentes, canales de irrigación, instalaciones de cables de alta tensión, etc. deberá tomar en cuenta los riesgos sísmicos a los que inexorablemente están sometidos. Es recomendable realizar un estudio detallado de la sismicidad y la geología de la zona, a cargo de organismos especializados que existen en el país.
- C. Las zonas menos desarrolladas donde el material de construcción más comúnmente utilizado, es el adobe, es importante como una medida primaria de seguridad considerar las técnicas de construcción que nuestros ingenieros están desarrollando. Las construcciones de adobes de dos o más pisos han demostrado ser su -

namente frágiles ante la fuerza de terremotos de gran magnitud. Las autoridades mencionadas más arriba estarán en condiciones - prestar asesoramiento y ayuda necesaria en tales casos.

- D. En varias ciudades del país, especialmente en la capital, existen edificios públicos y privados congestionados por empleados o familias. En estos casos es de urgentes necesidad de que sus ocupantes sean periódicamente instruídos para los casos de emergencia producidos por un terremoto. Hay partes del edificio que estructuralmente ofrecen cierta seguridad y los cuales deben ser conocidos por sus ocupantes.

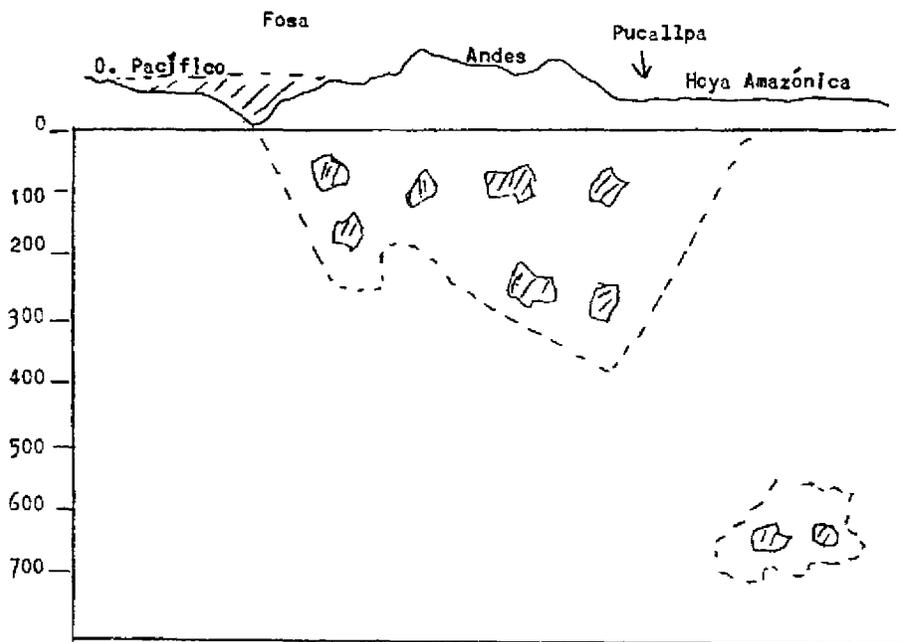


FIG. 3 Sección vertical debajo del continente sudamérica, Sec. Perú.

¿ QUE HACER EN CASO DE UN SISMO ?

(x) Tomado de la Revista  
Defensa Civil 1-5-74.

Cuando un terremoto azota una región, la tierra que, decimos ser sólida, - empieza a moverse por unos segundos, a veces por uno o dos minutos. La - vida y la muerte dependen de la reacción de la persona o de lo que uno - puede hacer durante y después del terremoto. Estas reglas simples pue - den ayudarle a sobrevivir a la catástrofe.

Durante el Movimiento Sísmico:

1. Mantenga la serenidad. El pánico es el peor estado anímico que generalmente conduce a tragedias irreparables.
2. Si Ud. se encuentra dentro de la casa, manténgase dentro de ella. Trate de ponerse a cubierto debajo de una mesa, un banco o los dinteles de una puerta o junto a paredes interiores. Aléjese de los vidrios.
3. En casas o edificios con instalaciones de gas, no use fósforos, velas o similares. Pueden provocar un incendio.
4. Si Ud. se encuentra en la calle, aléjese de los edificios, de las instalaciones eléctricas exteriores. No corra cerca de los edificios. Espere que termine el movimiento sísmico.
5. Si Ud. se encuentra dentro de un vehículo en marcha, deténgalo en cuanto pueda en un lugar seguro y permanezca dentro del mismo. El carro es un excelente sismómetro que por sus sistema de suspensión comienza a vibrar.

Después del Movimiento Sísmico:

1. Revise las instalaciones de gas, agua y corriente eléctrica, si las tiene. El sismo puede haber ocasionado roturas en dichas instalaciones.
2. En el caso de tener y oler gas, ábrase las ventanas y cierre el suministro. No entre en la casa mientras no se haya comprobado la difusión total del gas.
3. En caso de observar daños en las cañerías de agua, cierre la entrada principal.
4. Si se nota algún cortocircuito, desconecte la llave principal de la instalación eléctrica.

5. Escuche por radio y TV, si las condiciones lo permiten, las informaciones y recomendaciones que las autoridades respectivas deben propagar.
6. Use el teléfono para lo indispensable.
7. Manténgase alejado de edificios presumiblemente dañados por el sismo. Las réplicas o movimientos posteriores que acompañan al movimiento principal, pueden ocasionar caídas parciales o el colapso total.

### Glosario:

A continuación se proporciona la definición de los términos más comúnmente usados cuando se habla de terremotos.

Sismo.- Todo estremecimiento de la tierra con mayor o menor violencia (imperceptible).

Terremoto.- Cuando el movimiento es muy fuerte y ocasiona daños.

Temblor.- Si el movimiento es leve.

Sismología.- La ciencia que trata de los movimientos sísmicos.

Sismicidad.- Grado de incidencia de sismos en una región.

Sísmicamente Activo.- Región donde los temblores y terremotos se presentan con mayor frecuencia. Ejemplo: los países andinos.

Asísmico.- Donde los temblores son desconocidos, débiles o raros. - Ejemplo: El territorio de Brasil.

Intensidad Sísmica.- La violencia o fuerza del movimiento de la tierra en una región en particular, en términos de los efectos que el movimiento produce en las personas y las cosas mismas, incluyendo muebles, edificios, otras estructuras y la tierra misma.

Magnitud Sísmica.- La fuerza o energía desarrollada por un sismo en su foco.

Ondas Reflejadas.- Aquellas producidas por un sismo que al llegar a un obstáculo se devuelven como el eco, o la luz en un espejo.

Ondas Refractadas.- Aquellas que al llegar a un obstáculo lo atraviesan cambiando de dirección.

Estación Sísmica o Sismológica.- Instalación con instrumentos para el registro de los sismos.

Foco o Hipocentro.- Punto de origen dentro de la tierra de donde proviene el movimiento y en donde está la causa del sismo.

Epicentro.- Punto, área en la superficie de la tierra, verticalmente encima (proyección) del foco.

- Distancia Epicentral.- La que hay entre el epicentro y la estación sísmológica.
- Profundidad de Foco.- La distancia vertical entre el foco y el epicentro.
- Maremoto.- Oleaje producido en el mar por un sismo.
- Réplicas.- Movimientos posteriores a uno principal.
- Ingeniería Sísmológica.- Todas las medidas de carácter práctico que se toman con relación a estructuras de edificios, construcciones, respuestas del suelo a los sismos, etc. para minimizar los efectos de los terremotos.
- Placa.- Una porción de la corteza terrestre, ya sea de dimensiones continentales o menores (como en el caso del fondo oceánico) que se mueve como flotantes sobre el manto plástico y caliente de la tierra.
- Deriva Continental.- Movimiento de las placas continentales.

TABLA DE MERCALLI MODIFICADA

(x) Tomado de la Revista  
Defensa Civil 1-5-74

- I. No se siente, excepto por muy pocas personas favorablemente situadas.
- II. Sentido por algunas personas en pisos altos. Ligera oscilación de objetos suspendidos.
- III. Sentido por muchas personas, especialmente en pisos altos. Las vibraciones que se sienten son semejantes a las que produce un camión que pasa.
- IV. Sentido por muchos dentro de las viviendas y por muy pocos en la calle, durante el día. Durante la noche, algunos se despiertan; puertas y ventanas hacen un poco de ruido; carros estaciones pueden claramente moverse.
- V. Sentido por casi todos. En la noche, muchos se despiertan; algunos objetos frágiles se rompen. Otros, inestables se caen. Árboles y postes se perturban visiblemente. Relojes de péndulo pueden detenerse.
- VI. Sentidos por todos. Muchos corren hacia la calle. Ligeros daños en algunas paredes. Muebles que se mueven.
- VII. Casi todos corren hacia las calles. Ligeros daños en estructuras débiles; casi nada sobre las estructuras bien diseñadas; considerables daños en estructuras pobres. Algunas chimeneas se rompen. Sentido por algunos conductores de vehículos en marcha.
- VIII. Ligeros daños en estructuras bien construídas. Daños considerables sobre edificios normalmente estructurados. Serios daños sobre estructuras pobres. Chimeneas, estatuas que se caen. Alguna arena y tierra removida. Choferes de vehículos en marcha perturbados.
- IX. Daños considerables aún sobre estructuras bien diseñadas. Muchos edificios seriamente dañados y algunos en colapso. Ciertos cimientos seriamente desplazados de su sitio. Algunas grietas en el suelo. Instalaciones de tuberías subterráneas, rotas.
- X. Algunas construcciones de madera bien diseñadas destruídas. También paredes de ladrillos y concreto destruídas o desplazadas con sus cimientos. Líneas férreas dobladas. Grietas en el suelo. Deslizamiento de tierras.

XI. Pocas paredes en pie. Puentes destruídos. Tuberías subterráneas de servicio completamente destruídas; serios daños en las líneas de ferrocarriles; grietas de grandes dimensiones en el suelo; deslizamientos considerables en los cerros con tierras deleznales.

XII. Destrucción total. Ondas visibles dejadas en el suelo. Objetos lanzados al aire.

MAGNITUD, INTENSIDAD Y OTROS DATOS PARA SISMOS

| MAGNITUD  | INTENSIDAD ESTIMADA | ENERGIA LIBERADA     | LIBERADA (ERGIOS)    | INCIDENCIA ANUAL POSIBLE | DISTANCIA A QUE SE SIENTE |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 3.0 - 3.9 | II - III            | $9.5 \times 10^{15}$ | $4 \times 10^{17}$   | 49,000                   | 20 (Km)                   |
| 4.0 - 4.9 | IV - V              | $6 \times 10^{17}$   | $8.8 \times 10^{18}$ | 6,200                    | 45 (Km)                   |
| 5.0 - 5.9 | VI - VII            | $9.5 \times 10^{18}$ | $4 \times 10^{20}$   | 800                      | 100 (Km)                  |
| 6.0 - 6.9 | VII- VIII           | $6 \times 10^{20}$   | $8.8 \times 10^{21}$ | 120                      | 200 (Km)                  |
| 7.0 - 7.9 | IX - X              | $9.5 \times 10^{22}$ | $4 \times 10^{23}$   | 18                       | 400 (Km)                  |
| 8.0 - 8.9 | XI - XII            | $6 \times 10^{23}$   | $8.8 \times 10^{24}$ | 1                        | 700 (Km)                  |

1,000 toneladas TNT =  $4.2 \times 10^{19}$  ergios.      1'000,000 toneladas TNT =  $4.2 \times 10^{22}$  ergios

Sismos Fuertes:

| <u>AÑO</u> | <u>FECHA</u> | <u>ZONA AFECTADA</u>                    |
|------------|--------------|---|
| 1552       | Jul. 2       | Arequipa, Lima                          |
| 1578       | Jun. 17      | Lima                                    |
| 1582       | Ene. 22      | Arequipa (º) (Esc. Mercalli: X)         |
| 1586       | Jul. 9       | Lima                                    |
| 1600       | Feb. 14      | Arequipa (º) (11-13) Erupción del Misti |
| 1619       | Feb. 16      | Trujillo, Lima                          |
| 1650       | Mar. 31      | Cuzco (º)                               |
| 1664       | May. 12      | Ica (º) (Esc. Mercalli: XI)             |
| 1687       | Oct. 20      | Lima (0.4 - 0.6 <sup>h</sup> )          |
| 1746       | Oct. 18      | Lima (maremoto)                         |
| 1784       | May. 13      | Arequipa (º) (Esc. Mercalli: XI)        |
| 1813       | Mar. 30      | Ica (º)                                 |
| 1814       | Feb. 1       | Ica                                     |
| 1821       | Jul. 10      | Caravelí                                |
| 1828       | Mar. 30      | Lima                                    |

|      |         |   |
|------|---------|---|
| 1833 | Sep. 18 | Tacna (º), Moquegua, Arequipa.                    |
| 1868 | Ago. 13 | Arequipa (º), (maremoto) (Esc. Mer<br>celli: XI). |

(º) Destrucción total o casi total.

Sismos con Magnitud Mayor a 7.5 (Escala Richter):

| <u>Año</u> | <u>Fecha</u> | <u>Zona Afectada y (Profundidad)</u> |
|------------|--------------|--------------------------------------|
| 1913       | Ago. 26      | Caravelí (30 Kms)                    |
| 1921       | Dic. 18      | Frontera Perú - Colombia (650 Km)    |
| 1928       | Ene. 17      | Frontera Perú - Colombia (650 Km)    |
| 1940       | May. 24      | Kuna (60 Km)                         |
| 1942       | Ago. 24      | Nazca (30 Km)                        |
| 1947       | Nov. 1º      | Satipo (70 Km)                       |
| 1948       | May. 11      | Tarata - Arica - Moquegua (70 Km)    |
| 1952       | Feb. 26      | Macusani (190 Km)                    |
| 1953       | Dic. 12      | Tumbes - Piura (30 Km)               |
| 1958       | Jul. 26      | Perú - Brasil (650 Km)               |
| 1960       | Ene. 13      | Arequipa (200 Km)                    |
| 1961       | Ago. 31      | Frontera Perú - Brasil (630 Km)      |
| 1966       | Jul. 7       | Ica (Océano)                         |
| 1966       | Oct. 17      | Chimbote (Océano)                    |
| 1969       | Oct. 1º      | Huancayo (20 Km)                     |
| 1970       | Ene. 2       | Chimbote (Océano)                    |
| 1970       | Ene. 4       | Chimbote                             |
| 1970       | May. 31      | Chimbote (30 Kms) (Océano) - Huaráz  |

## ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESAGUES EN SITUACIONES CATASTROFICAS

Ingº Walter A. Castagnino

### Planificación Preventiva

#### A. Los Períodos Identificables

Como muchos de los técnicos con experiencia en situaciones de catástrofe lo han comprobado, es oportuno y útil reconocer los períodos que siguen a los desastres en sí, a los efectos de analizar las medidas a tomar en casos futuros. Aun a riesgo de sobre simplificar las situaciones, que no son idénticas pero sí comparables, se podrían identificar tres períodos principales:

1. El período inmediato, generalmente no superior a 48 horas y que tiende a mejorar en lo siguiente si la ayuda se materializa.
2. El período de emergencia, un lapso de unas dos a tres semanas de duración, esencialmente con aplicación de medidas de carácter no definitivo.
3. El período de retorno a la normalidad, o sea de rehabilitación del servicio de acuerdo a lo que la técnica aconseja.

En cada uno de estos períodos difieren las medidas a tomar, los equipos y materiales utilizados y aún los técnicos necesarios aunque estos últimos generalmente actúan en los períodos subsiguientes.

Con el objeto de servir de base a las discusiones de estos aspectos y sin pretender tratarlos exhaustivamente (lo que sería presuntuoso dada la diversidad de situaciones) es quizás adecuado indicar brevemente lo que algunas experiencias del que esto escribe han puesto de manifiesto.

En el período inmediato es recomendable (si el desastre puede preverse como en el caso de algunas inundaciones o situaciones respectivas por análisis estadísticos) que se aconsejen almacenamientos domiciliarios de agua previos al fenómeno o en el curso del mismo cuando los servicios no se han aún afectados.

En este período inmediato generalmente hay que recurrir al abastecimiento con camiones, tanques y a la provisión de pastillas o elementos desinfectantes a la población, para lo cual evidentemente hay que poseer un mínimo de organización de urgencia.

Simultáneamente se deben tomar las medidas para efectuar el servicio de emergencia. Como más adelante se verá, creemos que la habilitación de uno o más pozos (del propio abastecimiento o de empresas particulares) es lo que la experiencia nos indica como más apropiado.

Con respecto a la red y conducciones, sólo en las regiones de roturas - sería aconsejable la desinfección masiva y reparación por secciones. Si la mayoría de las secciones no ha sufrido deterioros, en éstas cabe habilitar cuando se obtiene cloro libre residual verificado por ensayos de ortotolidina arsenito (OTA). En algunas secciones del sistema, por la índole de los daños, puede ser necesario la instalación de plantas de emergencia como más adelante se propone.

En el período de retorno a la normalidad; además de las tareas de rehabilitación definitiva de fuentes, conducciones y red en general; es imperioso investigar las posibles contaminaciones accidentales que pudieran ser consecuencia de los períodos anteriores.

#### B. Fuentes: Acciones a Tomar

Ya fue expresado que se considera de fundamental importancia la habilitación de uno o más pozos. Para ello es esencial la previsión de modo de conocer las posibilidades de los mismos, su sistema motor-bomba, si tienen equipo de emergencia con motor a explosión y, sobre todas las cosas, su eventual conexión a la red pública.

A este último respecto (si el pozo es de empresa particular) para evitar conexiones cruzadas se recomienda que la conexión que se prevea debe tener una separación efectiva salvable eventualmente mediante la instalación de un manguito a bridas que se tenga disponible con sus juntas, bucles, tuercas y cualquier otro elemento que facilite la colocación. Como es natural deben preverse además las facilidades necesarias para bombeo al desagüe para la desinfección previa, así como los ferrules o tomas válvulas y otros elementos que permiten la instalación del clorador de emergencia. Este clorador de emergencia puede ser un cilindro de 100 a 150 libras con su balanza, manómetro y válvula de regulación manual. ---- A pesar de ser primitivo este clorador, el técnico encargado de la operación del equipo de bombeo puede regular la salida de cloro de acuerdo con los resultados de las pruebas de cloro residual que el técnico químico de control vaya efectuando en los extremos de la red y en puntos cercanos al pozo habilitado.

En los casos en que no existan pozos que pueden estar en condiciones de evitar que la inundación los alcance (por ejemplo) sería conveniente disponer de un equipo compuesto de motor a gasolina y bomba acoplado con sistema de correas en V y poleas, con posibilidades de ser instalado con celeridad. Para ello son esenciales los aparejos que permitan quitar el equipo afectado y reemplazarlo por el de emergencia; así como los elementos de fijación (base) de este último.

Frecuentemente, son varios los pueblos y ciudades que pueden ser afectados, sin que sea posible predecir cuál de ellos debe disponer del equipo de emergencia o bien no se poseen recursos para dotar de estos equipos a todos los sistemas. En ese caso, conviene que el equipo de bombeo consista en motor de gasolina, pedestal de bomba reciprocante acoplado y cilindros de bomba de varios diámetros con sus varillas y tuberías de

salida. Este equipo, que puede variar el caudal con ajuste del recorrido del pedestal y además por medio del cambio de poleas puede adaptarse a pozos de diámetro pequeño y profundidad y presiones variables obteniéndose así caudales desde 3000 a 20000 ó más de lt/hora. La experiencia del que esto escribe con la versatilidad de estos equipos en situaciones de emergencia lo impulsan a recomendar su consideración para estos casos.

En cuanto a las plantas de tratamiento portátiles para el período de emergencia, creemos del caso puntualizar que la experiencia de equipos con filtros a presión ha sido buena. Para estos equipos aconsejaríamos cargarlos con grava y arena, esta última con un coeficiente de uniformidad no mayor a 2 y un tamaño efectivo de 0.60 mm., o mayor. Los dosificadores deben ser a presión, manejando alúmina cristalizada, ceniza de soda e hipoclorito de sodio o calcio; insistiéndose en que las válvulas reguladoras estén dispuestas en su alimentación y no en su salida. Existen equipos en que la bomba de agua cruda y la de agua de salida están movidas por un mismo motor a explosión. Algunos equipos poseen sedimentadores que se arenan en sitio (de chapas ensambladas).

Otros equipos poseen disposición concéntrica de sedimentador, filtro anular y cámara de mezcla y coagulación interior. Son de accionamiento a gravedad una vez recibida el agua cruda, aunque necesitan una bomba de lavado aparte si no puede lavarse el filtro con el tanque o la red de distribución. Sus dosificadores son del tipo de fletador con válvulas reguladoras a orificio y su funcionamiento general ha sido excelente en un número de casos como lo ha comprobado el que esto escribe.

Los caudales de los equipos de emergencia aconsejables van desde 2000 a 20000 lt/hora, en la mayoría de los casos.

Las rehabilitaciones de las plantas de tratamiento de agua dependen de los daños sufridos. Hay casos en que los daños estructurales son de tal magnitud que pueden conducir al abandono de la planta.

En la mayoría de los casos especialmente cuando se trata de inundaciones, los problemas principales son de desagüe de los pozos de bombas y de agua filtrada y de secado de motores y tableros de comando. En ciertos casos hay que rehabilitar el sistema de drenaje de los filtros. Debe ser frecuentemente investigado si se han afectado los depósitos de materiales. El que esto escribe estuvo en un caso en el que sulfato de cobre se había mezclado con sulfato de alúmina y se iba, por inadvertencia, a usar este último en los dosificadores.

Un equipo esencial para estos casos de rehabilitación de plantas de tratamiento lo constituye una bomba de un caudal no menor a 20 lt/seg. con su motor de gasolina acoplado, capaz de erogar ese caudal contra una carga total no menor de 20 mts., provista de sus mangueras, tuberías y válvulas para salvar distancias no menores a 30 mts. Este equipo, dicho sea de paso, en caso de no necesitarse para la planta es de uso esencial en la rehabilitación de alcantarillados en inundaciones, especialmente para provocar gradientes en las partes bajas de la red y obtener evacuaciones impedidas por el alto nivel de las aguas en el curso receptor.

La celeridad con que se rehabiliten los diversos equipos de la planta depende en mucho de la organización del transporte y de los recursos de la entidad responsable del abastecimiento.

#### C. Red y Conducciones: Acciones a Tomar

El que esto escribe es partidario de la amplia provisión de manguitos de dos piezas, a bridas horizontales con juntas de plomo y bulones con tuerca.

No debe olvidarse, al respecto, que el tipo de roturas en estos casos casos es generalmente por falta de sustentación del tubo (o sea rotura transversal) y que la reparación por ese tipo de pieza es adecuada y rápida.

Es evidente, además, que las reparaciones en el período de emergencia no pueden subsanar fallas ya existentes y no es razonable pretender un mejor servicio de emergencia que el que normalmente se presta. Especial mención merecen las tareas de desinfección. Incluimos aquí lo relativo a la fuente en sí, por estar ligado al procedimiento total. Tanto en ésta (cuando ha sido afectada especialmente en pozos) como en las roturas de la red, se aconseja obtener 50 ppm. de cloro residual durante 6 horas como mínimo. Para poder colocar la solución es útil poseer una pequeña bomba recíprocante de accionamiento manual con su cubo de disolución acoplado, tuberías, válvulas y manómetro. Como ya se dijo, en las secciones de la red en que no hubo roturas importantes, se considera que basta con obtener residual de cloro libra medido por ortotolidina-arsenito de sodio.

Un elemento práctico si se usa hipoclorito de calcio al 70% es recordar que está es la concentración efectiva de cloro disponible que posee el producto. A veces, el técnico se confunde con la fórmula  $Ca(OCl)_2$  y por cálculo cree que sólo tiene 50% de cloro. El hecho es que el cloro está en forma de  $Cl^{+1}$  y para pasar a  $Cl^{-1}$  pasa primero a  $Cl^0$  y por tanto tiene doble efectividad. En algunos casos se facilita la disolución usando polifosfatos aunque ello puede ser peligroso.

#### D. Un comentario final

De lo que precede es del caso deducir que la mayoría de las acciones sólo pueden ser efectivas si se han tomado providencias con anterioridad. Equipos como manguitos de dos piezas para distintos diámetros, cilindros de cloro y balanzas, manómetros, pedestales de bomba recíprocantes, plantas de tratamiento portátiles, etc. no están frecuentemente disponibles con la urgencia requerida. Tampoco es aconsejable indagar sobre características de pozos, ubicación de válvulas, o posibilidades de elementos de empresas particulares cuando el desastre se ha producido.

Es por ello que todo lo anterior debe verse a la luz de un sistema preventivo que, en un número sorprendente de casos, cabe organizar con un gasto no excesivo.

Personal, equipos, materiales y accesorios deben ser objeto de análisis para casos de emergencia y disponer de lo necesario para los tres períodos

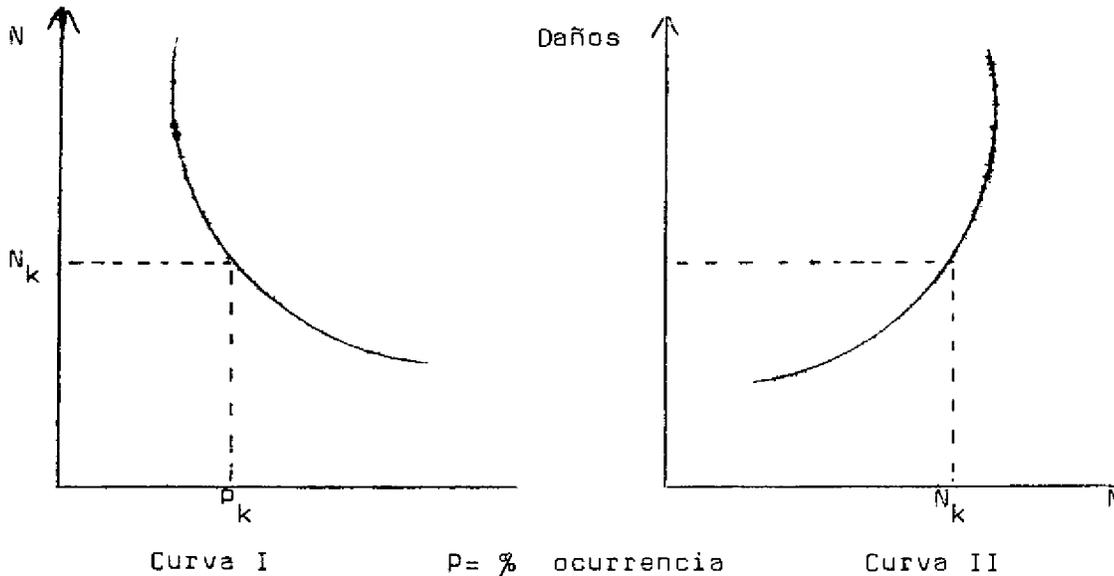
dos que se sugieren con el fin de que lo inevitable sea menos catastrófico y que, paradójicamente, gastando algo el daño total sea social y económicamente menor.

PERIODO DE PREVISION Y VULNERABILIDAD

(de sistemas de agua y desague en desastre)

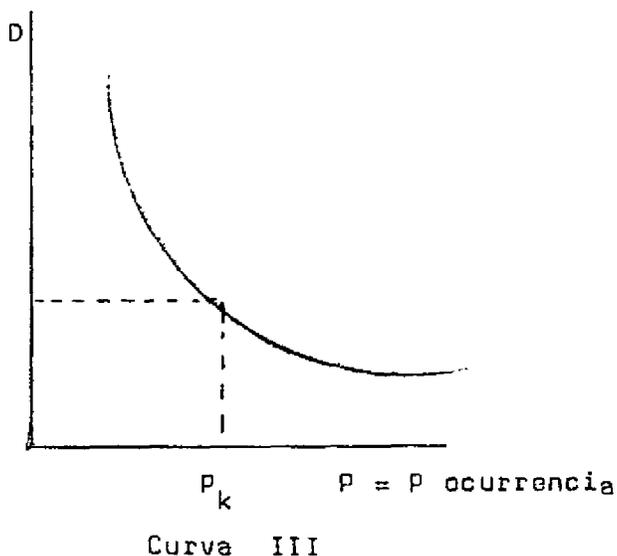
Los análisis de vulnerabilidad son estimaciones del efecto de ciertos tipos de desastre en un sistema de abastecimiento de aguas y/o de alcantarillado. Estos análisis solo pueden hacerse anticipando la magnitud del desastre. Además, como es lógico pensar, ello está relacionado con la probabilidad de ocurrencia del desastre.

Supongamos, para fijar ideas, que conocemos los caudales o niveles de la zona afectada. Si se puede realizar una estimación de los daños causados en cada nivel, es admisible que podamos trazar las curvas I y II que se exponen a continuación. La curva I indica la relación de los niveles con la probabilidad de ocurrencia y la curva II los daños causados al alcanzarse cada nivel.



El problema que en realidad se plantea es determinar el período de previsión para el cual se adoptan las medidas de control del desastre. La curva II indica daños para cada nivel, pero en un período de recurrencia de  $k$  años en realidad se producen una serie de daños cada uno asociado a un nivel. Si en esos  $k$  años, el nivel es  $N_k$  entonces el daño total es el valor esperado.

Para calcularlo, de las curvas I y II elimino la variable N y obtengo la curva III, que me indica el valor de daños en función de P (% ocurrencia).



Para cada valor de k tengo un valor de  $N_k$  y por tanto un valor de  $P_k$

El valor esperado de daños, para cada k está dado por

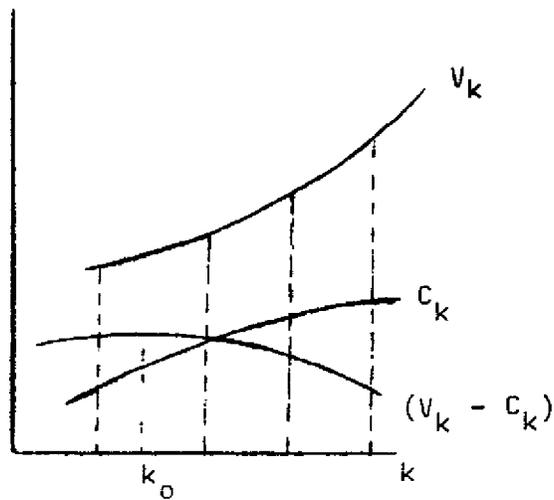
$$\left. \begin{array}{l} \ddot{D} \\ P_k \end{array} \right\} d P = V_k$$

Como para cada valor  $N_k$  puedo calcular mis costos de control (y con los cuales controlo también los valores correspondientes a  $N = N_k$ ) resulta que puedo trazar dos curvas.

$$V_k = f(k)$$

(la que calculo a partir de la curva III) y la curva  $C_k = f(k)$  da mis costos de control según lo expresado.

Tengo así:



Curva IV

Poseo ahora los elementos de juicio para relacionar mis costos y daños con la vulnerabilidad. Puedo observar si a inconvenientes relativamente menores de mi curva de costos corresponden daños evitados mayores. En realidad, a los efectos de mi decisión debiera buscar el punto en que la diferencia entre los daños evitados y los costos sea máxima, o sea que se igualen los costos y daños marginales. Halle así  $K_0$ .