

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROTECCION DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y DESAGUE  
ANTE LA OCURRENCIA DE UN SISMO  
DE GRADO VIII M.M.**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**CARLOS ENRIQUE MORAN TELLO**

**LIMA - PERU - 1977**

MIS PADRES.

## **AGRADECIMIENTO**

**AL INGENIERO JULIO KUROIWA HORIUCHI  
POR SU VALIOSA ORIENTACION.**

# INDICE

## RESUMEN

### CAPITULO I

- I.1 INTRODUCCION
- I.2 HIPOTESIS Y ALCANCE DEL ESTUDIO
- I.3 DATOS BASICOS DE LIMA METROPOLITANA
- I.4 HISTORIA SISMICA DEL DEPARTAMENTO DE LIMA
- I.5 CONCLUSIONES

### CAPITULO II

- II.1 INTRODUCCION
- II.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS DE LIMA CENTRAL Y ALREDEDORES
- II.3 UBICACION DEL NIVEL DE LA NAPA DE AGUA EN LIMA CENTRAL Y ALREDEDORES
- II.4 ALGUNAS PROPIEDADES ELASTICAS DE LOS SUELOS DE LIMA Y ALREDEDORES
- II.5 CONCLUSIONES
- II.6 RECOMENDACIONES.

### CAPITULO III

- III.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS
- III.2 PERIODO DE DISEÑO
- III.3 TIPOS DE TUBERIAS USADAS EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO
- III.4 VALVULAS Y ACCESORIOS EN LA RED DE DISTRIBUCION
- III.5 UBICACION DE LAS TUBERIAS
- III.6 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA INSTALACION DE TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO

- III.7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LIMA
- III.8 CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ACTUAL EN LIMA
- III.9 SISTEMA DE DISTRIBUCION.- CARACTERISTICAS
- III.10 INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CAPTACION ACTUAL
- III.11 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
- III.12 DATOS RELATIVOS A LA RED DE AGUA Y SU AREA DE SERVICIO
- III.13 SISTEMA DE DESAGUE EN LIMA
- III.14 CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA DE RECOLECCION ACTUAL EN LIMA
- III.15 ESPECIFICACIONES TECNICAS EN LA INSTALACION DE COLECTORES DE DESAGUE
- III.16 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION

#### CAPITULO IV

- IV.1 INTRODUCCION
- IV.2 PROPOSITO Y OBJETIVOS DEL PRESENTE CAPITULO
- IV.3 PERIODOS IDENTIFICABLES EN UN DESASTRE
- IV.4 PROBLEMAS INMEDIATOS QUE SE PRESENTAN EN EMERGENCIAS ACCIONES A TOMAR
- IV.5 PROBLEMAS POSTERIORES QUE SE PRESENTAN EN SITUACIONES DE DESASTRE.- ACCIONES A TOMAR
- IV.6 ANALISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LIMA METROPOLITANA AL PRODUCIRSE UN TERREMOTO DE GRADO VIII M.M.
- IV.7 IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE RECUPERACION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO POST - DESASTRES
- IV.8 TECNICAS APLICABLES A LA REHABILITACION INMEDIATA Y PLAN DE RECONSTRUCCION EN RELACION A SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

## CAPITULO V

- V.1 INTRODUCCION
- V.2 UBICACION DE LAS LOCALIDADES
- V.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS SUJETAS A EVENTOS SISMICOS
- V.4 METODOLOGIA PARA EL DISEÑO SISMICO DE UNA RED DE AGUA
- V.5 SEGURIDAD DE UN SISTEMA
- V.6 MODELO MATEMATICO DE UNA RED
- V.7 ANALISIS DETERMINISTICO DE LA SITUACION DE UN PUNTO CON RESPECTO AL PUNTO DE ORIGEN DE AMENAZA
- V.8 RELACIONES SUPUESTAS QUE SE CONSIDERAN EN EL ANALISIS
- V.9 IMPORTANCIA DE LA UBICACION DE UNA LINEA DE FALLA
- V.10 CONEXION DE LA RED DE AGUA.- SISTEMA LINEAL.
- V.11 PROBABILIDAD DE FALLA DURANTE UN TIEMPO T
- V.12 CRITERIOS PARA EL DISEÑO SISMICO DE UNA RED.- COEFICIENTE DE DISEÑO SISMICO.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- ANEXO A PUNTOS QUE SE DEBEN VERIFICAR SEMESTRALMENTE.
- ANEXO B PLAN DE RAPIDA EVALUACION DE DAÑOS EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA O DESAGUE
- ANEXO C ALGUNOS CONCEPTOS DE IMPORTANCIA

## RESUMEN

Los aspectos investigados considerando la Hipótesis de ocurrencia de un sismo de intensidad VIII M.M. son los siguientes:

- Influencia del comportamiento sísmico de los suelos, con respecto a las estructuras que se encuentran en contacto, teniendo especial referencia las redes de distribución de agua potable y desagüe.
- Estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable en Lima y su comportamiento ante un sismo de la intensidad asumida.
- Estado actual del sistema de la red de desagüe en Lima y su comportamiento ante un sismo de la intensidad asumida en la hipótesis.
- Principios fundamentales para un estudio y diseño sísmico de las redes de distribución de agua potable y desagüe.
- Finalmente se han incluido en los anexos A y B, los puntos que por su importancia deben verificarse semestralmente tanto su funcionamiento con su estructura y luego en el anexo B se propone un plan para una rápida evaluación de la red en caso de ocurrencia de un sismo que comprometa su normal desempeño.

Para el logro de este objetivo, para que tenga un valor técnico a la vez de investigación, se ha recibido - toda clase de información y datos experimentales de ingenieros que trabajan íntimamente con este servicio de vital importancia para el normal desarrollo de la población, es así pues que se han realizado visitas a la ESAL y todas - sus dependencias, Camaras de Bombeo, al Ministerio de Agricultura (sub-división de aguas subterráneas), Escuela Nacional de Salud Pública, al Instituto Geofísico del Perú, a la Universidad Nacional de Ingeniería (Laboratorio de Mecánica de Suelos), Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, finalmente al Ingeniero Julio Kuroiwa por su valiosa orientación en el desarrollo de este estudio.

Nuestro País, debido a su situación geográfica y conformación geológica, está expuesta a todo tipo de fenómenos sísmicos y por lo tanto las consecuencias que de ello se pueda tener.

Si el epicentro del sismo estuviera situado en la ciudad de Lima, y la intensidad de éste fuera de VIII M.M. las consecuencias que podría ocasionar este fenómeno sería de gran trascendencia en el desarrollo general de nuestro País puesto que Lima es el centro nervioso del Perú.

Es por esta razón que debemos estar preparados para que podamos minimizar los efectos de estos fenómenos sísmicos y también de otro tipo de desastres que pudieran presentarse y afectar nuestro normal desarrollo.



Al producirse un movimiento sísmico que tenga la intensidad asumida, el comportamiento de toda estructura de Ingeniería depende íntimamente del comportamiento sísmico del suelo en que se encuentra y el diseño de la estructura.

En el caso nuestro, la red de abastecimiento de agua y desagüe, cruza diferentes tipos de suelos con diferentes características, por lo que para su análisis es necesario conocer las propiedades sísmicas de los suelos para que de esta forma tengamos una idea del comportamiento de la red y sus puntos críticos.

En la zona de Lima central, podemos afirmar que existen magníficos suelos de cimentación y relativamente homogéneos en profundidad; estos suelos comprenden las siguientes zonas: La Victoria, Lince, Parte de San Isidro Parte de Surquillo, parte de Miraflores, parte de Surco, osea en estas zonas podemos afirmar que el comportamiento de las tuberías que esten en buen estado, será bueno.

Las zonas de Chorrillos, Barranco, Maranga, La Molina, El Sol de la Molina, La Planicie, Rinconada del Lago, San Juan, Ciudad de Dios, tienen suelos arenosos, de baja resistencia y poca cohesión de sus partículas. Estos suelos pueden estar sujetos a densificación, lo cual nos hace pensar que la red puede fallar en estas zonas.

Las zonas de Bellavista, Parte del Callao, La Punta, Chucuito, Chacarilla de Otero, Caja de Agua, Puen

te Piedra, Fundo Marques, Ventanilla, zona de Oquendo, Parte de Barranco, Parte de Chorrillos, Villa y parte de San Miguel además de tener un suelo de poca cohesión y baja resistencia, el nivel de la napa freática es alta. Estas zonas pueden estar expuestas a licuefacción, lo cual también hace peligrar las redes que se encuentran en estos suelos.

El plano de Intensidades probables en Lima Metropolitana y el plano de la carta de Isoprofundidad de la Napa Freática de Lima que acompaño en esta tesis nos dan una idea de lo expuesto.

El sistema de abastecimiento de agua en Lima, tiene como la mayor fuente de abastecimiento de agua al río Rimac; Además de esta fuente, se obtiene agua de Galerías de infiltración ubicadas en la planta de tratamiento de la Atargea (llamada Gustavo Laurie Solis) y de varios pozos construidos en diversos sitios; Actualmente la ESAL tiene a su cargo más de 128 pozos, existiendo además más de 2000 pozos registrados debidamente en la División de Aguas subterráneas del Ministerio de Agricultura, estos pozos están controlados por particulares.

El estudio que se ha realizado en las redes de abastecimiento de agua potable y desague, ha sido en base a la red troncal de distribución por ser las de mayor importancia y sus diámetros varían desde 72" en la salida de la Atargea hasta un mínimo de 10" como se puede apreciar en el plano N° 2 que adjunto a esta tesis. Es de suponer que que las tuberías de mayor importancia son aquellas de mayor diámetro pues abastecen a una mayor área. En el mismo pla-

no anterior también están ubicadas las válvulas reductoras de presión y las de interrupción, estas últimas tienen por objeto aislar una parte del sistema, cortando la circulación de agua, para realizar una reparación.

La seguridad de esta red de tuberías de abastecimiento de agua en base al tipo de suelo en que se encuentra en caso de ocurrencia de un terremoto de intensidad VIII M.M. lo podemos deducir en base al estudio realizado sobre los suelos de Lima, pero también hago notar que este estudio es en forma generalizado y no la óptima, pues esto sería realizable en caso se tuviera información exacta de los suelos y en lo que a este estudio se refiere al tipo de suelo por donde atraviesa la red.

Los daños que puede ocasionar un terremoto de intensidad VIII M.M. en el sistema de abastecimiento de agua son:

- 1.- En CAPTACION.- Aquellas captaciones subterráneas que se encuentran en suelos sujetos a densificación y licuefacción tienen bastante probabilidad de falla, ya sea por colapso, pérdida de verticalidad o fallas mecánicas de su equipo.

En lo que se refiere al sistema de captación de aguas superficiales, estas estructuras se encuentran en un buen suelo (hormigón) y son de concreto armado, se producirán daños pero no de consideración, pero eso si estas obras pueden ser afectadas por inundaciones.

- 2.- BOCATOMAS.- La bocatoma de "ENCALADA" se estima se produzcan rajaduras en los soldados de barraje.

En la bocatoma de "SURCO" se estiman se -- produzcan agrietamientos en los muros laterales y en el solado.

- 3.- LINEA DE CONDUCCION.- En el conducto de 96" es probable que se produzca falla en la curva que hace a 90° en la cercanía de la bocatoma. En este conducto también puede haber fallas en las uniones de su parte tangente debido a su longitud (600 m).

En el conducto "SURCO-DESARENADORES" fa -- llas en las uniones.

Los conductos de descarga de los desarenadores, pueden fallar en la zona de contacto con el estanque y también en las uniones.

- 4.- PLANTA DE TRATAMIENTO.- Su diseño está hecho para soportar todas las condiciones posibles dute su operación, los problemas que se pueden -- presentar están en los pozos de sedimentación - fina en las que puede haber fallas por asentamientos diferenciales en los embancamientos, roturas en los canales de alimentación y en los - de recolección.

Se debe tener también especial interés en los Decantadores y los Filtros.

- 5.- ALMACENAMIENTO.- En el Reservorio B-1 fallas y desplome de tabiques del canal de circulación dentro del reservorio, fisuras en las losas de los taludes y techo.

En el reservorio de "Menacho" probablemente quede fuera de servicio.

En el reservorio "ANSIETA", posibles rajaduras en las paredes del reservorio con fuertes filtraciones.

En los pozos tubulares que se encuentran distribuidos en Lima, su comportamiento depende de su diseño, el tipo de suelo en que se encuentran y de su distancia al epicentro.

- 6.- ADUCCION.- La tubería de 72" que tiene una longitud de 5200 m puede tener problemas de colapso en las uniones, codos, etc. es poco probable la fractura de estas tuberías pues son de acero pretensado.

En la tubería de 50" tiene una longitud de 2200 m y es de concreto armado, fallas en uniones, codos, rajaduras en las tuberías, etc.

- 7.- RED DE DISTRIBUCION.- Por razones obvias se han considerado en este estudio la red troncal de abastecimiento. Los daños que se pueden producir en este tipo de instalaciones pueden ser graves sino se pone remedio de inmediato.

En el plano N° 2 se puede observar la distribución de la red troncal de las tuberías de abastecimiento de agua. El orden de importancia de esta red está dado según el diámetro de las tuberías siendo las principales aquellas de mayor sección pues abastecen a una mayor zona, aquí cabe hacer resaltar también las estaciones reductoras de presión pues su falla tendría consecuencias desastrosas (estas estaciones reductoras de presión se indican en el plano N° 2).

La disposición general del sistema de recolección existente está dividida en áreas cuyos colectores y descargas promedio en m<sup>3</sup>/seg. son:

Colector Surco:	2.400
Colector Costanero:	3.200
Colector Callao:	1.200
Colector Comas:	0.500
Colector Av. Perú:	0.700
Colector Morales Duares:	0.700

Los daños que se pueden presentar con un terremoto de intensidad VIII M.M. son:

- 1.ª Destrucción de la caseta de Bombeo, ubicado en el Parque Henry Dunnat (Miraflores).

- 2.- Destrucción del tramo del Colector Costanero que sirve de caída desde el nivel de la vía Costanera hasta la playa.
- 3.- Destrucción de la cámara de reunión en el cruce de la Av. Argentina con la Av. Antonio.
- 4.- Destrucción de la cámara de bombeo, ubicada en la plazoleta que existe en el cruce de la Av. Guardia Chalaca con la Av. Argentina.
- 5.- Destrucción del buzón que existe debajo del puente Balta.
- 6.- Hundimiento de las vías de la Lima Antigua a consecuencia de la destrucción de los Albañales.

CAPITULO I



## I.1 INTRODUCCION.

El Perú, como los otros países del Area Andina, se encuentra ubicado en una región geográfica que está sometida a frecuentes catástrofes telúricas, originadas por movimientos sísmicos y otras situaciones de emergencia, que afectan a grandes masas étnicas, ocasionando, entre otros, problemas que afectan principalmente a los servicios de abastecimiento de agua potable y a la red de alcantarillado.

Lima Metropolitana es una gran urbe en donde existen zonas que por la antigüedad de sus edificaciones y por ende de la red de instalaciones de agua y desagüe, estado de conservación, concentración humana, accesibilidad, condición de suelos, etc., representa un serio peligro en caso de ocurrencia de un sismo destructor.

En las zonas antiguas de Lima Metropolitana, como son: Rimac, Barrios Altos, Barranco, Chorrillos, etc. , se suma el peligro de que la mayoría de las edificaciones son de adobe, la relación ancho de la calle contra altura de edificación, es problemática y esto también influye seriamente en las redes de agua potable y desagüe.

Es por todo esto, que el impacto de un sismo -

destructor en Lima Metropolitana, sería desastroso, no sólo para nuestra economía que se vería seriamente afectada, frenando el desarrollo del País, sino también lo más importante, el Capital humano sufriría pérdidas considerables.

Estudios efectuados en el país, demuestran la existencia de zonas de liberación de energía sísmica, donde se han localizado los epicentros de los sismos más destructivos. Los terremotos de 1940, 1966, 1970. 1974 han tenido sus epicentros localizados en la Geofractura de la costa.

## I.2 HIPOTESIS Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

Para los efectos del presente estudio, se ha asumido como hipótesis la ocurrencia de un sismo de grado VIII M.M. y de mayor intensidad en las zonas de Lima Metropolitana que tengan un suelo sísmicamente más desfavorable.

La hipótesis que se ha asumido para el desarrollo del presente estudio es factible de ocurrir, dada la situación geográfica en que nos encontramos, y esto más aún queda afianzado por nuestro historial sísmico.

El presente estudio tiene por objeto analizar las consecuencias que son más factibles de ocurrir en el sistema de agua y alcantarillado al presentarse la hipótesis asumi-

da; de esta forma sabiendo cuales son los puntos mas vulnerables, ver las acciones a tomar en forma inmediata para evitar males mayores; en forma mediata, estudiando las posibilidades de mejorar las redes de abastecimiento de agua y desagüe, para de esta forma tener un sistema que pueda soportar desastres similares; finalmente las acciones a tomar a largo plazo, estudiando un diseño antisísmico de las redes para minimizar los daños y garantizar la salud pública con un abastecimiento permanente de agua potable y el buen funcionamiento de la red de alcantarillado.

### I.3 DATOS BASICOS DE LIMA METROPOLITANA

#### (I.3A) CONDICIONES PRESENTES.

Lima, Capital, sede del Gobierno, es el centro nervioso de la República. En ella se concentra casi el 30 % de la población total, es decir alrededor de 4'200,000 habitantes.

Se agrupa el 69% de las industrias del país y el 65% del valor bruto de producción. Alrededor del 30% del movimiento aéreo de carga se efectúa por el Aereopuerto Internacional Jorge Chavez. Es el punto convergente de las redes viales más importantes del país, verdaderas arterias por donde se alimenta la capital. Importantes instalaciones por

tuarias en el Callao, gran parte de nuestra flota pesquera, etc.

Además, la Ciudad de Lima está creciendo, su densidad de población se incrementa, prácticamente no queda área rural y poca área semi-urbana entre Lima y el Callao; otras áreas, actualmente fuera del área metropolitana se están también desarrollando.

### (I.3B) SITUACION GEOGRAFICA.

Lima está ubicada en la costa Oeste de Sud-América, a la orilla del Oceano Pacífico, en la base de las estribaciones de los Andes,  $12^{\circ}05'$  Lat. sur,  $77^{\circ}05'$  Long. oeste del meridiano de Greenwich, la costa oeste de Sud-América en la vecindad de Lima es virtualmente un desierto con ausencia de lluvia, excepto donde es irrigado por cursos de agua que bajan de los Andes, por los rios Chillón y Rimac; con excepción del agua de pozo para consumo doméstico e irrigación, el agua está disponible únicamente en los lugares donde los cursos de agua cruzan la costa árida. El rio Rimac, que pasa a través de Lima es la fuente de su abastecimiento de agua e irrigación. La superficie del terreno en Lima se inclina mas o menos uniformemente hacia abajo desde el borde de las faldas de los Andes hasta el extremo del acantilado en la línea de playa en el Oceano Pacífico. El rio Rimac después de bajar de los Andes, pasa a través de la ciudad descargando en el Oceano Pacífico, al norte del Callao.

## (I,3C) SUB - SUELO.

El sub-suelo comprende: arena, grava, algo de arcilla y piedras. El material se mantiene firme en las excavaciones y no requiere tablaestacado. No se encuentra agua-sub-terránea cercana al nivel del suelo, excepto en las áreas cerca del Callao y otras que se especificaran mas adelante.

## (I,3D) CLIMA

Lima está ubicada aproximadamente en la latitud  $12^{\circ}05'$  grados sur y longitud  $77^{\circ}05'$  grados Oeste.

La temperatura ambiente en Lima está influenciada por la corriente marina de Humboldt que fluye en el Océano Pacífico de Sur a Norte a lo largo de la costa Oeste.

La temperatura anual promedio es de 20 grados centígrados y varía entre un máximo de 29 grados centígrados y un mínimo de 13 grados centígrados. Los vientos prevalentes son del Oeste y pocas veces exceden de 30 km/hora, (10 a 14 nudos).

## (I,3E) TERREMOTOS Y TEMBLORES.

El Perú se encuentra dentro del círculo circumpacífico, que es la zona de mayor actividad sísmica del mundo responsable de un 80% de los sismos destructivos.

Por esta razón es que Lima es una región sísmica donde la intensidad de los movimientos son tales que pueden ocasionar daño a las estructuras. Por esta razón, para el diseño estructural debe tenerse en consideración las fuerzas horizontales causadas por esos movimientos.

#### I.4 HISTORIA SISMICA DEL DEPARTAMENTO DE LIMA.

El territorio Peruano y por ende Lima, forma parte del cinturón circumpacífico, por lo que está expuesta a sufrir un sismo destructor.

La mayoría de los terremotos han tenido su foco en la llamada fosa de Lima, de ellos destacan.

- \* Lo ocurrido en 1746, el 28 de Octubre; cuando Lima - fué casi totalmente destruida; perdieron la vida unas 1200 personas y dejó en pie unas 30 casas de las 3000. Este terremoto fué acompañado de un Tsunami que arrasó el puerto del Callao, del que sobrevivieron 200 de sus 5000 habitantes. De acuerdo a informaciones de esa época las embarcaciones que estaban en el puerto fueron proyectadas hacia el interior quedando depositadas a gran distancia de la orilla del mar. La intensidad de ese sismo fué de grado X M.M.

- \* El sismo del 30 de Marzo de 1828
- \* El 22 de Abril de 1860 se registró uno de los sismos más fuertes del siglo pasado.
- \* El 9 de Mayo de 1877 se trató de algo semejante a un maremoto pero no de graves consecuencias en el Callao
- \* El 20 de Setiembre de 1897, fué un sismo que ocasionó numerosos daños materiales, pero no causó pérdidas de vidas.
- \* El 4 de Marzo de 1904, se produjeron daños materiales algunos heridos y contusos.
- \* El 24 de Mayo de 1940, dejó un saldo de 200 muertos y alrededor de 4000 heridos. Repercutió en otras localidades de provincias donde también causó daños materiales y algunos heridos, muchas casas construídas con material no noble se cayeron.
- \* 17 de Octubre de 1966, ocasionó algunos daños en la ciudad, graves daños en Barranco, Huacho, Huaura, Chimbote.
- \* El terremoto del 31 de Mayo de 1970, destruyó la ciudad de Huaraz y otras, con pérdidas de vidas estimado en 60,000 y 100,000 heridos, afectó las provincias de Chancay y Cajatambo (Lima) y Trujillo (La Libertad), su epicentro estuvo localizado en la falla de Geofractura de la costa por Chimbote, tuvo una intensidad de grado VII M.M.; se observaron hasta 300 réplicas. Se estimó en mas de 5,000'000,000 de soles en pérdidas materiales.

\* 3 de Octubre de 1974, causó 78 muertos, el número de heridos superó a 2000, las pérdidas materiales se estimaron en 3,000'000,000 de soles, siendo alrededor de 5500 casas dañadas. los lugares mas afectados fueron Chorrillos, Barranco, La Molina, Callao, Rimac, San Miguel y Barrios Altos, la aceleración máxima del suelo fué de 0.228 g; su intensidad fué del grado VIII M.M.

## I.5 CONCLUSIONES.

1. Los desástres, son productos de pequeñas alteraciones de las leyes de la mecánica celeste que gobierna directa o indirectamente el proceso fenomenológico de la tierra.
2. La mayor o menor variación en el comportamiento del aire, oceanos o corteza terrestre, como consecuencia de estas influencias determinan los desastres macro o microdeconstructores.
3. Nuestro País, por su situación y conformación geológica está expuesta a todo tipo de fenómenos sísmicos.
4. Los sismos, cuyo epicentro ha sido Lima, han tenido intensidades de grado VIII hasta X en la escala de Mercalli Modificada, los de mayor importancia.



5. Los problemas que surgen al ocurrir un sismo, deben ser conocidos ampliamente por los profesionales de este campo y por otros profesionales afines al mismo, para que puedan en lo posible prevenirlos, disponer de medidas - que conduzcan a su solución y ponerlas en práctica en la forma mas oportuna, eficiente y racional.

CAPITULO I I

## II.1 INTRODUCCION.

Es necesario observar que, debido a las magníficas características de cimentación del sub-suelo de Lima Central y también debido a que el desarrollo económico del Perú (fuera de Lima) comenzó a producirse no hace muchos años, la Ingeniería de suelos y las técnicas de Cimentación quedaron rezagadas en el país. Recién alrededor de 1947 se comenzaron a enseñar cursos de Mecánica de Suelos. Por el año de 1960 se principia a considerar la necesidad de los estudios de Mecánica de Suelos, de campo y laboratorio para proyectos y construcción de Edificaciones. En lo que respecta a sismos en relación al comportamiento de los suelos, es necesario manifestar que antes se les dió poca importancia, recién alrededor del año 1964 se comenzaron a enseñar cursos de Ingeniería Asísmica y Sismología.

Se debe tener presente que debido a la poca exigencia para los proyectos de parte de los Departamentos técnicos de los Municipios, en cuanto a Estudios de Suelos se refiere; esta es la razón por la cual se tiene poca información, debiendose tener presente que solamente en la zona central de Lima se puede decir que existen magníficos suelos de cimentación y relativamente homogéneos en profundidad y que muchos de los distritos de la provincia de Lima, tienen suelos de características diferentes e incompetentes en relación a los de Lima Central, los cuales requieren de estudios

de suelos y especialmente con relación al comportamiento de ellos en relación a las vibraciones producidas por los sismos.

El estudio de los suelos y su comportamiento sísmico es de vital importancia para el estudio de la protección y diseño de la red de tuberías de agua y desagüe que van en contacto directo con este elemento; es por esta razón que primero se realizará un estudio de acuerdo a nuestras posibilidades del suelo y después el de las redes de abastecimiento de agua y alcantarillado.

## II.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LIMA CENTRAL Y ALREDEDORES.

Comenzaremos aquí, haciendo mención al suelo bastante homogéneo y profundo de Lima Central, los cuales tienen una característica: se pueden mantener en taludes de cortes verticales sin aparente movimiento lateral, hasta las profundidades de excavación hasta ahora realizadas que son del orden de los 20 m a 25 m como máximo; se puede observar ello en unos terrenos situados al frente del Ministerio de Educación, que fueron excavados hace varios años, hasta profundidades de cerca de 20 m.; adyacente a la excavación pasa la Avenida Abancay, de gran circulación de tránsito pesa

do que necesariamente producirá pequeñas vibraciones; hasta hoy incluyendo los sismos producidos en ese intervalo de tiempo, no se han producido deslizamientos.

En la construcción del Centro Cívico, no ha ofrecido problemas la excavación, la Avenida Garcilaso de la Vega, aldeaña a la ubicación del edificio, que también es de tránsito pesado. No hubo problemas en la construcción del Paseo de la República, llamada también "Zanjón", ni en la construcción de la Vía Expresa.

Hace suponer que las tradicionales leyes de esfuerzos y empujes de tierra no se cumplen en estos suelos; estos suelos comprenden las zonas como las de los distritos de La Victoria, Lince, parte de San Isidro, parte de Surquillo, parte de Miraflores y gran parte del distrito de Surco. Parece ser que esta estabilidad, que en gran parte se debe a la alta fricción interna desarrollada por su muy buena gradación de granos, ha sido adicionada por una cimentación debida a coloides infiltrados durante el régimen de sedimentación final del torrente y seguramente que esta cementación se deba a coloides de sílice. Estos suelos tienen en su superficie una capa superficial de Limos arcillosos o arcillas de muy baja plasticidad, espesor variable entre 0.30 m para la zona de la Urbanización Chama, hasta 0.70 m. a 1.20 m. para otras zonas de los distritos antes mencionados y en las

partes lejanas a los límites con el litoral.

Los suelos del estrato inferior son, como hemos dicho, de muy buena gradación y están clasificados en su mayoría como GW, y en muy pocos casos, como GP, especialmente cuando nos dirigimos por el Paseo de la República hacia Surquillo y también hacia el límite con el litoral.

Estos suelos granulares tienen muy pocos finos - en una situación más desfavorable, un máximo de 80% que pasa el Tamiz N°200; son, por supuesto, no plásticos. El contenido natural de humedad es muy bajo, del orden del 3%.

Su gravedad específica varía de 2.6 a 2.8 (este último caso para los materiales de San Juan y Atocongo) Las densidades secas naturales varían desde  $1800 \text{ Kg/m}^3$  como mínimo, hasta  $2100 \text{ Kg/m}^3$  como máximo, en promedio. Sus porosidades varían entre el 10% y el 35%.

Para complementar y fijar el concepto de como son los suelos de Lima, nos referiremos a los resultados de ensayos de carga directa con placas de carga en puntos situados en: la Urbanización la Alborada, cerca de la Hacienda Higuiereta (Distrito de Surco), Conjunto Residencial San Felipe (Distrito de Jesús María) y Centro Cívico de Lima (Lima). En el Conjunto Residencial San Felipe, la prueba se realizó a la profundidad de cimentación de un doble sótano y

en otros casos más superficialmente. Las curvas carga-deformación son bastante empinadas y siempre con tendencia ascendente y nunca se ha podido llegar a la falla. Para cargas unitarias entre 14 y 24 kg/cm<sup>2</sup> se han tenido asentos máximos entre 3mm y 8mm. y una recuperación elástica magnífica, quedando asentos permanentes entre 1.5mm y 4mm., pudiéndose interpretar que inclusive esa deformación permanente se deba al reacomodo de la capa nivelante de la arena a la recompresión y reacomodo del suelo superficial alterado durante la excavación.

Sus Módulos elásticos Estáticos varían de 700 a 1750 kg/cm<sup>2</sup>. Es necesario mencionar aquí que las determinaciones realizadas en este tipo de suelos por el Ingeniero - JULIO KUROIWA por medio del Equipo de Microtrepidaciones, dan períodos predominantes del suelo de 0.1 seg., lo que comprueba, que se trata de un suelo altamente denso; estos resultados de períodos tan cortos (y, por lo tanto altas frecuencias) nos indican resultados muy aproximados a las rocas, sin llegar a tener las propiedades elásticas de ellas, es decir estos suelos a diferencia de las rocas, pueden disipar energía más fácilmente y con menos violencia. Es necesario tener bien presente lo mencionado anteriormente al diseñar estructuras, alejándose del período mencionado, haciendo cimentaciones no tan rígidas y estructuras flexibles.

Al realizarse los trabajos de la segunda etapa de la Via Expresa del Paseo de la República, en dirección de San Isidro hacia Miraflores, se observó que partiendo del Centro Comercial "Todos" hacia Surquillo, los cástos se van mezclando cada vez mas con limos y arcillas, la profundidad de estos lentes de arcilla y limos es cada vez mayor y existe un ligero buzamiento de la sedimentación en dirección hacia Chorrillos. Hay que recordar aquí las variaciones sufridas por el régimen aluvial, los pasos de turbulencia a flujo mas o menos laminar.

Las quebraditas y quebradas que constituyen las bajadas a los baños de Miraflores, la quebrada de Armendáriz, la bajada a los baños de Barranco y de Agua Dulce. EStos fueron en otras épocas, brazos antiguos del Rimac, como por ejemplo lo que fuera el rio Surco, constituye la bajada de Agua Dulce. Aquí hay que tener presente que la estratificación de cascajos no es limpia, ni más o menos homogénea, ni profunda; se presentan estratos intercalados de limos y arcillas, muchas veces en forma lenticular y con inclinaciones pronunciadas. Los taludes no "pararán" aquí verticalmente la carga de trabajo de las cimentaciones deberá ser menor.

En la zona de Barranco se presentan suelos limo-arcillosos potentes en el estrato superior o techo; en la zona de Agua Dulce y Chorrillos se encuentran paquetes potentes



de arcillas disecadas, pre-consolidadas por disecación y fisuradas. Cabe recordar que, en el sismo de 1940, Chorrillos sufrió mucho y que en el malecón se produjeron hundimientos fuertes y deslizamientos. Reparado el Malecón, bajo los esfuerzos de filtración por los riegos de los amplios jardines, se produjeron asientos lentos plásticos; con el sismo de 1966, nuevamente se produjeron asientos fuertes en las pistas y en las veredas del Malecón debidos al relajamiento de esfuerzos en tierra y al reacomodo correspondiente, debido a los deslizamientos producidos. El hundimiento habido en la pista para entrar a la carretera a la Herradura, fué considerable, el que se fué agravando por el tránsito; es testigo de ello la reparación realizada con concreto asfáltico en el pavimento de concreto de cemento Portland.

Los suelos de Miraflores ~~tiene~~ son pues, características intermedias entre los de Barranco, San Isidro y San Miguel; en los acantilados también existen estratos alternados de Limos y arcillas y gravas, pero es particularmente exacto cerca de las quebradas, mejorando esta condición en dirección a San Isidro. Es necesario anotar que la inestabilidad potencial de taludes está en los "salientes"; el abuso de los parques está produciendo mayor inestabilidad; así como los rellenos que se están agregando entre el borde del Malecón y el borde de los acantilados; el parque Salazar es uno de los ejemplos de hundimientos.

Antes de entrar a describir la zona de los barrancos de Magdalena y especialmente San Miguel, es necesario anotar que en Maranga se encuentran localizadas arcillas de mediana expansividad, seguramente debido a que el Rimac, en su etapa de regresión al equilibrio, erosionó algún contacto o zona de lutitas o minerales arcillosos activos que, luego de su mezcla los depositó dentro de su cono de deyección en las épocas recientes.

Existen estratos hasta de 7 metros de espesor de estas arcillas.

Los acantilados de San Miguel y la Perla tienen estratos alternados de limos, gravas y arcillas de baja plasticidad es esta la zona más activa de deslizamientos debidos a : tuberías o conexiones en casas antiguas que descargaban directamente a los acantilados; los que por roturas han dejado escapar agua, los desagües cercanos al talud que tienen filtraciones, las descargas libres de emisiones que han producido erosión, etc. son las causas principales que han reblandecido los contactos entre los suelos arcillosos y limosos y gravas. También ha influido la presencia de arcillas expansivas que sufren cambios volumétricos fuertes con mínimos cambios de humedad y rompen y debilitan la estructura de los suelos.

La Perla Alta tiene estratificación alternada de

limos arenosos y limos arcillosos en la parte superior o techo de los acantilados con las gravas que se presentan en estos barrancos.

En la Perla Baja y la parte de Bellavista colindante con ella, debajo de limos arcillosos, entre 1.50 a 2. metros de profundidad se han encontrado estratos delgados - de 0.15 m. a 0.20 m. de turbas disecadas, las que con los riegos de los jardines han producido asientos diferenciales irregulares, por donde no se pusieron vigas de cimentación o de amarre reforzadas.

En la zona alta de Bellavista (nuevo hospital), - se encuentran limos arenosos y limos arcillosos en la superficie. Para dicho hospital se recomendó una carga de trabajo de  $3\text{Kg}/\text{cm}^2$ ; en la zona de la caja del ascensor, se encontró, durante la construcción, un lente de arcilla húmeda y blanda; se recomendó reforzar mejor la cimentación y bajarla carga de trabajo en dicha zona a  $1\text{ Kg}/\text{cm}^2$ .

El suelo del Callao es muy irregular, en profundidad se encuentran estratos alternados de limos, saturados flojos, arenas y gravas flojas con limos y arenas saturadas. En la superficie son variables y heterogéneas las formaciones; hay zonas del Callao donde la carga de trabajo es de  $0.5\text{ Kg}/\text{cm}^2$  y hay necesidad, en muchos casos, de usar pilota

je; sería mejor usar las cimentaciones compensadas o mixta. En la calle Saenz Peña, a cuatro cuadras del Castillo Real Felipe, se encontró una grava suelta y floja sin finos.

En la Punta, cerca del club Regatas, se recomendó, antes de los últimos sismos, una carga de trabajo de  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  para el nuevo reservorio elevado (cimentación a nular) sobre material de grava mal graduada, con limos y a renas y napa de agua alta. En la zona de la avenida Contraalmirante Mora, en el Callao, con la napa de agua alta y con limos saturados en las capas más próximas a la superficie, el nivel de agua de 2.00 a 2.50 m. de profundidad y gravas de pobre gradación con turvas mezcladas; se recomendó una carga de trabajo de  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$

En Chucuito, para el edificio de viviendas de empleados de la "Corporación de Fertilizantes", luego de 3 sondajes, uno de ellos a 300 metros de la zona, donde los suelos son de arriba a abajo: cantos rodados mal gradados y flojos, arenas con limos orgánicos y una serie de estratos intercalados de materiales flojos, incluyendo arcillas se dió una carga de trabajo a los 2.00 m. de profundidad de  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

En Chacarilla de Otero y Caja de Agua, según niveles o cotas en relación con la napa de agua, se recomendaron cargas de trabajo entre  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  y  $0.9 \text{ Kg/cm}^2$  para profundidades de 0.60 m. en suelos limosos.

En la zona de Puente Piedra se obtuvieron, mediante ensayos de penetración y resistencia sin confinar en muestras no alteradas, resistencias al corte del orden  $0.15 \text{ Kg/cm}^2$  en suelos limosos saturados y con la napa de agua alta.

En la zona de Ciudad de Dios y San Juan, se tienen arenas loessicas o marinas en la superficie de 0.50 m. a 4.00 m. de profundidad, luego se tienen limos con altos contenidos de sales que ofrecen peligro por saturación, como sucedió en una construcción donde dejaron un caño abierto de sábado a lunes durante el periodo de construcción y se produjo un hundimiento. Dentro de estos limos se encuentran zonas localizadas de gravas pobremente gradadas con limos y sales. En la quebrada arriba de Ciudad de Dios, se determinó una cantera con potencia probada de 30 m de profundidad mínima de materiales calcareos de gravas angulares, producidas por tectonismo, indudablemente que su capacidad de carga debe ser alta, ya que los pozos se mantenían verticalmente y eran estables.

En la zona de la Universidad Agraria en la Molina, existen limos y arcillas con cargas de trabajo del orden de  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$ , en la zona del Sol de la Molina y Rinconada del Lago, existen gravas y arenas gruesas densas de materiales silicosos o ácidos. En la zona del Sol de la Molina se encuentran, encima del contacto rocoso, arenas loessicas flojas, las que deben ser densificadas por vibro - frotación.

Igual situación se tiene en las Casuarinas, en

el Distrito de surco, arenas que están depositadas sobre sedimentos de pizarras, lutitas y otras rocas sedimentarias.

En la zona de Ventanilla-Pueblo, en la superficie se tiene un estrato delgado de Limo delgado y flojo y luego gravas pobremente gradadas con limos (GP).

En el Valle del Chillón, zona de Oquendo y el fundo Márquez, hay que mencionar que debido a la forma angosta, canalizada por macizos rocosos, la mayor pendiente del río, la sedimentación ha sido diferente que la del río Rimac, de tal manera que, parece ser, los cantos rodados y gravas fueron principalmente arrastrados hacia el Océano, ya que en los estratos superiores, hasta los 8 metros, predominan las arenas y limos.

No puede escapar a este estudio, la zona de la Playa de Santa María del Mar; geológicamente muy dislocada y distorsionada. De acuerdo al estudio realizado por el Dr. Castro Bastos, La falla de Lima se invierte, cambiando su buzamiento a partir de la herradura, posiblemente Santa María sea una zona de inversión que sufrió gran tectonismo. En iguales niveles topográficos se encuentran diferentes niveles geológicos. Existen formaciones del tipo "Silles", del tipo de "Pillow" de Andesitas con pseudo planos de es--

tratificación y diaclasamiento, entre estos planos se encuentran "slikensides" de sal, rocas sedimentarias del tipo caliza y pizarras, lutitas foliadas por la sal, terraza aluvial con estratos de sal intercalados y pilares de sales, etc, depósitos eólicos.

La falla del edificio "Las Sirenas" comenzó por un desequilibrio en el talud por cortes y rellenos realizados, los que disminuyeron su estabilidad con las inundaciones y rotura de tuberías; los empujes sobre muros de contención de 0.40 m. sin armar de 5 a 8 metros de alto en los que se encontraron tres columnas, comenzaron a fatigar la estructura desde el momento de terminación de la obra, luego se produjo el sismo de 1966 con intensidad VII y con el sismo de intensidad IV de 1968 se produjo el colapso.

Aunando, a este estudio, se presenta un "Plano de suelos de Lima" el que presenta de un modo general los suelos que tienen las diferentes zonas que conforman Lima.

# PLANO DE SUELOS DE LIMA









0 5 10 kms

GRAFICO REDUCIDO  
DEL 1:100,00

OCEANO

PACIFICO

## LEYENDA

	0	ROCAS Y SUELOS RESIDUALES
	1	CONGLOMERADO ± COMPACTO
	2	CONGLOMERADO ± SUELTO
	3	CONGLOMERADO SUELTO
	4	SUELOS ERRATICOS DE CONTACTO
	5	SUELOS HETEROGENEOS ERRATICOS FINOS
	6	ARENAS EOLICAS Y MARINAS
	7	RELLENOS ARTIFICIALES EN EL ACANTILADO



### II.3 UBICACION DEL NIVEL DE LA NAPA DE AGUA EN LIMA CENTRAL Y ALREDEDORES:

Por el Norte, en la zona de Puente Piedra, el nivel de agua varía entre 0.50 m., con respecto a la superficie, a 8.00 m. respecto a la misma, según se encuentre la u bicación del estrato impermeable soporte, el cual unas veces es la prolongación de la masa rocosa, otras, la intercepción de dicha masa con un estrato arcilloso que buza en dirección hacia el mar y otras, al estrato arcilloso mas o me nos horizontal, en general esta zona es de napa de agua alta, ubicado el acuífero, unas veces en suelos limo - arenosos y otras en suelos arenosos; la infiltración es debida - fundamentalmente al rio Chillón , incrementada por las á reas de cultivo en riego. En la zona del fundo Márquez, cer ca a la carretera a Ventanilla, el nivel de la napa de agua varía entre 5 y 8 metros de profundidad con respecto a la superficie, la superficie del terreno está entre 6 y 7 m. a proximadamente, sobre el nivel medio del mar. Los suelos en las superficies varían <sup>entre</sup> arenas limpias, arenas limosas, li - mos arenosos y entre 6 y 8 metros de profundidad, se encuen tran cascajos sueltos o con arenas limpias; los suelos su - perfciales tienen densidades relativas de medianamente flo jos a flojos y muy flojos cerca de la napa de agua.

En la zona de Oquendo, cerca del cerro de la Re-

gla y donde está ubicada la Química del Pacífico, donde la superficie del terreno varía de 4.50 m y 3.00 m con respecto al nivel medio del mar; el nivel de agua varía entre : 1.00 m y 2.50 m de profundidad, según la estratificación y la cercanía del pozo al mar, los suelos de la superficie a 1.0 m de profundidad son de estratificación variable del tipo de arenas y arenas limosas alternadas, con cascajo suelto mezclados con arenas en los pozos que están cerca al río Chillón, estando en estos casos el cascajo muy superficial alrededor de 3.00 m de profundidad. Los suelos son flojos o poco densos.

En el Callao la posición de la napa de agua es variable, según la zona, la distancia a la desembocadura del Rimac, cercanía al mar, la cota de la superficie y los suelos; teniendo en cuenta que la sedimentación de los suelos del Callao ha sido muy heterogéneo.

En la ubicación de la planta Texaco en la Av. Contralmirante Mora y cerca del Arsenal Naval ( cerca de la desembocadura del río Rimac ) el nivel de la napa de agua es de aproximadamente 2.50 m respecto a la superficie. En Chucuito, en los edificios de viviendas de empleados de la que fué "Corporación de Fertilizantes", es de 3.30 m respecto a la superficie; los pozos profundos antiguos de agua dulce para la cervecería llegan a 150 m de profundi -

dad; debe entenderse que aquí se han tomado napas profundas de aguas puras.

En La Punta, la napa de agua está alrededor de 2.50 a 3.00 m de la superficie; en la Perla Baja el nivel de la napa de agua está también a poca profundidad. En las zonas más altas del Callao, la napa de agua está profunda; en Bellavista, en los pozos del Hospital, el nivel de agua se encuentra entre 80 m y 180 m de profundidad; en la Perla Alta, el nivel de agua también se encuentra muy profunda.

Siguiendo la línea costera no se encuentra mucho escurrimiento de agua por los barrancos de Magdalena y Miraflores. En los acantilados de Barranco, el agua aflora desde aproximadamente la mitad de la altura de éstos hasta el nivel del mar; es importante anotar que aquí los taludes son estables a pesar de ser verticales y se puede observar el frente de los acantilados por donde aflora el agua es un filtro natural; en dirección a Chorrillos y cerca a la playa de Agua Dulce, el agua aflora por los contactos limo-arcillosos y arcillosos con el material permeable y los taludes son inestables en ese sector; es importante anotar que las aguas que afloran por estos acantilados son en su mayor parte, aguas provenientes de la infiltración por los riegos en la zona de Surco y también parte, son aguas de infiltración del Rimac y del valle de Lurín, a traves de posibles fallamientos.

La zona de Villa es conocida por estar formada por pantanos y pequeñas lagunas.

Es importante anotar algo curioso en la zona de Surco, cerca al Paso a desnivel de la Carretera Sur con la carretera a Atocongo, el nivel estático de dos pozos era aproximadamente 10 m de profundidad, se bombearon estos durante 48 horas, en el momento de la observación los pozos arrojaban descargas de 80 y 100 litros por segundo, respectivamente; se hizo la observación de la depresión de un pozo intermedio y se constató que el nivel estático solamente se había deprimido 10 centímetros. Los pozos en la actualidad, después de 8 años de funcionamiento, no han disminuido su descarga.

Regresando hacia Lima, podemos decir que el nivel de la napa de agua en Lima central es profundo variando de 50 a 60 metros, habiendo zonas en donde llega a 100 o más metros de profundidad. En las zonas pegadas al río, Rimac, donde predomina la infiltración directa de este río el panorama es diferente; en la zona nominada como Lurigancho, en el esquema del profesor Lisson, se tiene lo siguiente: En la zona de Cantagallo, cerca al puente Balta por donde pasará la Vía de Circunvalación, el nivel de agua es de aproximadamente 2.60 m con respecto a la superficie para los meses de Enero, Febrero y Marzo, que concuerda con

el máximo caudal del río Rimac; en la zona de "Caja de Agua" y Chacarilla de Otero, donde el fondo de la taza o caja de agua es el material rocoso prolongación del cerro y sobre el cual descansan los materiales aluviales; el nivel de la napa de agua en el año 1964, variaba entre 0.30 m de profundidad aproximadamente, con respecto a la superficie para los meses de Enero, Febrero y Marzo y para el mes de Octubre el "Nivel Estático" de la napa de agua se deprimía aproximadamente 2.80 m de profundidad (observaciones realizadas durante un año), se dijo que variaba, ya que en la actualidad debe permanecer aproximadamente a 2.80 m durante todo el año, puesto que para obras de urbanización se dispuso de un sistema de subdrenaje. Los suelos de la superficie eran limos - arcillosos, arcillas de alta y baja plasticidad y se encontraron turbas en algunas zonas localizadas. Es de notar que la mencionada zona pertenecía a un ramal antiguo del río Rimac, el que en avenidas posteriores fué rellenado con materiales más finos. En la zona de Cantogrande, a costas más elevadas, la napa de agua está muy profunda.

Una idea más clara de todo lo anterior podemos obtener del "plano de las aguas subterráneas de la gran Lima" que se presenta en este estudio.

## II.4 ALGUNAS PROPIEDADES ELASTICAS DE LOS SUELOS DE LIMA Y ALREDEDORES.

El proceso moderno de evaluación de la respuesta dinámica de un sistema elástico suelo-estructura sujeto a cualquier tipo de sollicitación proveniente del suelo o aplicado directamente en la estructura, demanda el conocimiento de las propiedades elásticas de los suelos subyacentes a estas obras, en el entendimiento de que el análisis de cimentación de estructuras sometidas a cargas repartidas, ofrece por lo general dos alternativas; la primera que intenta aproximarse al comportamiento observado de los suelos por medio de las relaciones esfuerzo-deformación-tiempo no lineales; en cuyo caso aún los problemas más sencillos de aplicación involucran dificultades matemáticas muchas veces insuperables, y la segunda trata de idealizar el análisis, suponiendo que los suelos se comporten como materiales elásticos perfectos, cuyos parámetros son posibles determinar aproximándose cuidadosamente a las condiciones reales de trabajo de la cimentación.

Los suelos de Lima Metropolitana y alrededores generalmente son de tipo granular, con algunas pocas excepciones localizadas de arcillas mediana o altamente plásticas, las partículas sólidas que las componen, pueden ser consideradas como elementos absolutamente rígidas, cuyas

dimensiones están comprendidas entre mayores de  $2''$  y algunos micrones, suponiendo que estas partículas tenga la forma de pequeños elementos cúbicos de algunos milímetros o centímetros de lado; si el suelo es arcilla, puede considerarse con mucha precisión que es homogéneo, mientras que en un cubo de características similares de gravas o arenas si el lado del cubo de material granular mide decenas de centímetros es evidente que puede asumirse que consiste de un material homogéneo. Por lo tanto estos suelos pueden considerarse homogéneos solamente en el caso de que los elementos de volumen tengan dimensiones grandes en comparación con las dimensiones de las partículas constituyentes del suelo, con estas limitaciones, cualquier sistema discreto, incluyendo el suelo, puede ser considerado como cuerpo homogéneo y las propiedades elásticas de un elemento de volumen cuyas dimensiones son grandes en comparación con las dimensiones de las partículas de suelo, pueden ser constantes a través del elemento.

Por otro lado, las partículas de suelo se encuentran distribuidas mas o menos al azar en su masa, por lo tanto las propiedades elásticas de los suelos son las mismas en todas las direcciones, y el suelo puede ser considerado como un cuerpo isotrópico. La sola excepción se presenta para los suelos estratificados en los cuales las capas separadas tienen propiedades diferentes; en este caso un suelo puede considerarse isotrópico solamente en la fronte

ra de cada estrato.

En adición a estas condiciones teóricas, estos poseen propiedades físicas y mecánicas muy bien definidas, en el caso de las arcillas y suelos intermedios, tales como limos y sus mezclas, se tienen fuerzas de cohesión, que se presentan en mayor o menor grado, sean más o menos plásticos, mientras que en los suelos granulares, gravas y arenas, se caracterizan por la presencia de fuerzas friccionales, las mismas que inducen en estos materiales una aparición de esfuerzos internos iniciales.

La Ley de Hooke generalizada para el caso de cuerpos isotrópicos homogéneos se basa en la hipótesis de que los esfuerzos y deformaciones en su estado inicial son nulos, aunque en realidad estos esfuerzos iniciales siempre están presentes en todos los cuerpos sólidos; sin embargo, su acción puede ser insignificante si es pequeña en comparación con los esfuerzos inducidos, aceptándose para nuestro caso la validez de las ecuaciones establecidas para cuerpos sólidos isotrópicos homogéneos. En general, en los suelos granulares, los esfuerzos iniciales debidos principalmente a la fricción resultan débiles o muy pequeños en comparación con los niveles de esfuerzo a los que normalmente se les someten como cargas de trabajo acostumbradas en nuestro medio o evaluadas para determinadas áreas -



de la ciudad, las mismas que tienen un rango de variación de  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $4.00 \text{ Kg/cm}^2$ . En los suelos cohesivos ubicados en el Callao, Puente Piedra o La Molina, lo dicho anteriormente no presenta mayor garantía para la evaluación de los esfuerzos iniciales, ya que estas dependen principalmente de la influencia de numerosos procesos físico-químicos.

## II.5 CONCLUSIONES.

1. Lima Central, tiene un suelo magnífico de cimentación, estando conformado por rocas, suelos residuales y conglomerado, como puede verse en el "Plano de Suelos de Lima". Este suelo es favorable para la protección de los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado bajo condiciones sísmicas.
2. Las propiedades mecánicas de los suelos se alteran al ser excitados dinámicamente; algunos suelos sensibles como las arenas saturadas, pueden licuarse provocando hundimiento de estructuras, fallas en terraplenes de caminos y ferrocarriles, volteos de pilares y estribos de puentes; pueden producirse avalancha y derrumbes, interrumpiendo vías de comunicación y canales de irrigación.

Las zonas que están expuestas a licuefacción son: Callao (sobre todo en Chucuito, en la avenida Guardia Chalaca, etc.), Oquendo, fundo Márquez, Puente Piedra y Villa.

Las zonas que están expuestas a densificación de suelos son: La Planicie, La Molina y las Casuarinas.

Estos fenómenos de licuefacción y densificación son de vital importancia pues pueden producir el colapso de las redes de agua y desagüe y si se produjera en un cruce de estas redes, pueden producir la contaminación, epidemia etc.

3. Las ondas sísmicas al llegar a los valles, donde generalmente se asientan las poblaciones, debido a que consisten en rellenos geológicamente resistentes, sufren amplificaciones, originando altas aceleraciones, que pueden dañar o destruir edificaciones, causar roturas de tuberías de sistemas de abastecimiento de agua, provocando incendios como fenómeno secundario; las zonas expuestas a esto son el Rimac, el Agustino, la Molina.
  
4. No debemos de olvidar que en el terremoto del 24 de Mayo de 1940, la zona de los cuarteles del Rimac, las zonas de la Molina y Chorrillos fueron las zonas mas afectadas conjuntamente con el Callao, esta última por tener un suelo blando; en la Molina además de suelo blando se produce amplificación de las ondas sísmicas.

5. La napa freática es otro de los factores que se debe tener bien presente en el comportamiento sísmico de un suelo, esta no permanece estático sino que es variable y depende de las condiciones climáticas, meteorológicas de la zona. En Lima debido a la presencia del rio Rimac del rio Surco, etc. hace que en los meses de Enero, Febrero y Marzo, el nivel de la napa freática ascienda debido a las avenidas de estos rios y en los demás meses sufre un descenso.

### III.6 RECOMENDACIONES.

1. Es necesario un estudio minucioso de los suelos sobre los que se encuentran las redes troncales de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, para que en base a esto se pueda mejorar y garantizar su funcionamiento en situaciones de desastre, o por lo menos estar prevenidos en cuales son los puntos que están propensos a fallar.
2. Es necesario llevar una estadística de las fallas y fracturas que se han producido en las redes de agua y alcantarillado, en su comportamiento en sismos anteriores; pues esto es de suma necesidad en los estudios probabilístico de las redes sujetas a un evento sísmico, tomando en cuenta factores que influyen directamente en su desempeño como son el suelo, distancia epicentral, etc. esto posteriormente se usa para el diseño sísmico de la red.
3. Los Departamentos Tecnicos de la ESAL, el Consejo Provincial de Lima y en los Concejos Distritales deben exigir estudios de suelos para todo tipo de edificación y construcción, incluyendo zonas caracterizadas como buenas. Llevando un registro o catástro de todos estos estudios.

4. Es necesario tener planos isosistas, o sea a manera de curvas a nivel, las aceleraciones de los suelos de Lima, al ser sometidas a acciones dinámicas.

CAPITULO I I I

### III.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS.

Para poder hacer un estudio completo de la red de tuberías de agua y desague y así poder determinar la vulnerabilidad de las diferentes partes que conforman la red y también para ver cuales son las acciones a tomar en forma inmediata, mediata y a largo plazo, es necesario tener un concepto bien claro de los diferentes componentes de estos sistemas; este es el motivo por el cual se definirán sus partes:

I. CAPTACION, 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.

II. CONDUCCION, 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.

III. TRATAMIENTO, Se refiere a las instalaciones para potabilizar las aguas, lo cual demanda una serie de estructu -

ras hidráulicas con el equipamiento necesario.

IV. ALMACENAMIENTO, corresponden 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.

V. ADUCCION, línea destinada a conducir las aguas de consumo desde el almacenamiento hasta la localidad abastecida por el sistema.

VI , DISTRIBUCION, conjunto de tuberías y matrices que constituyen la malla del sistema local urbano de abastecimiento a los predios de la localidad servida.

VII. SISTEMA DE ALCANTARILLADO, conjunto de conductos destinados a recibir la descarga de las aguas de desperdicio de los predios urbanos servidos.

VIII. COLECTORES, alcantarillas principales que concentran el volumen de los desagües por evacuar de las diferentes zonas del sistema.

IX. DEPURACION, instalaciones destinadas al tratamiento de los desagües a fin de acondicionarlos a los requerimientos



de su disposición final.

X. EMISOR, corresponde a la obra destinada a conducir el efluente final del sistema de alcantarillado al punto de -disposición o vertiente final.

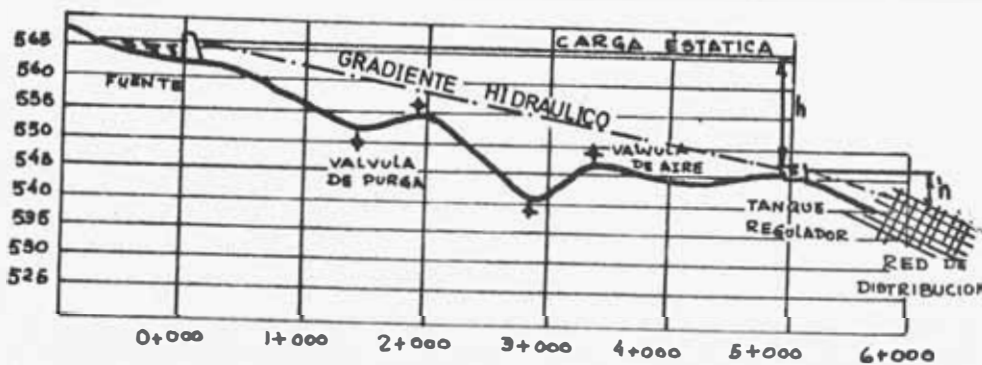
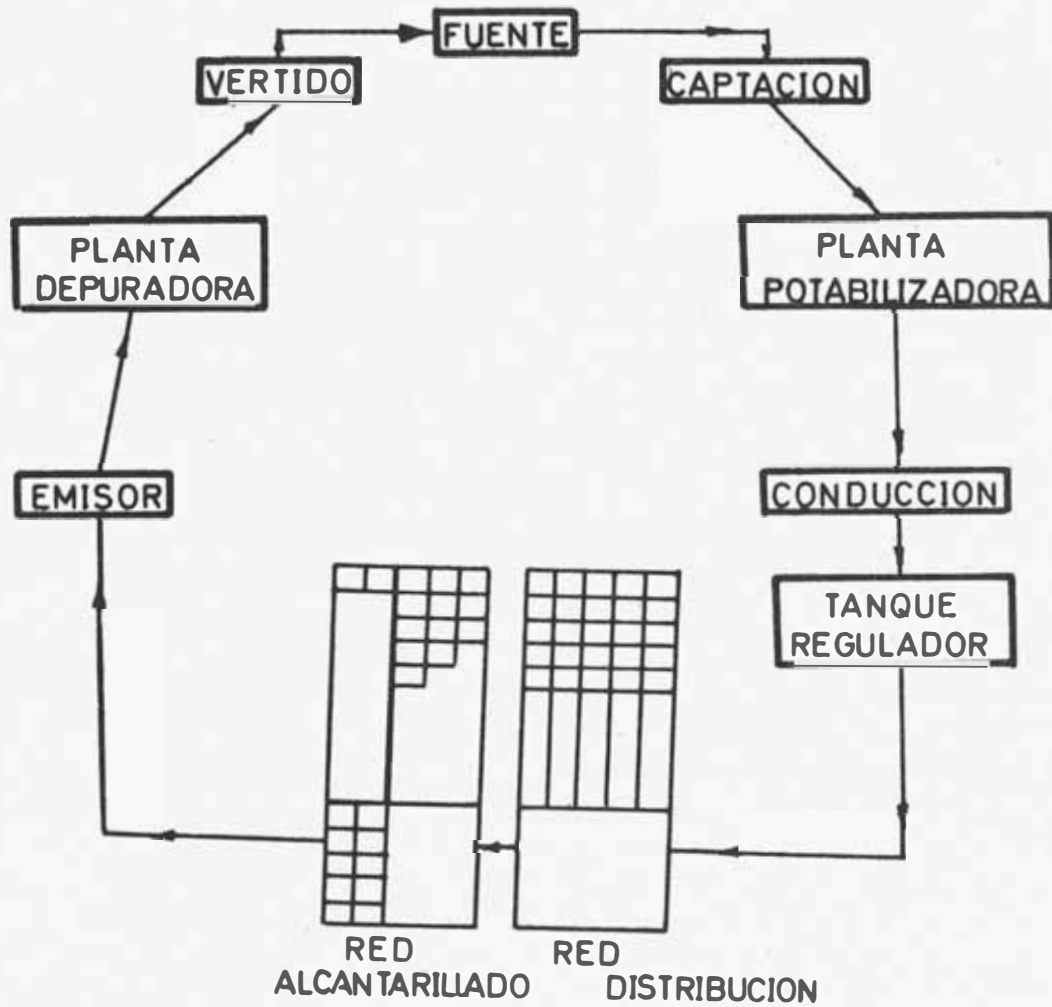
En la figura que se adjunta, se indica en forma general un sistema de abastecimiento de agua y Disposición de aguas -residuales en poblaciones.

### III.2 PERIODO DE DISEÑO.

Se ha establecido como periodo de diseño, el número de años durante los cuales el sistema proporciona un servicio satisfactorio. Este periodo generalmente corres-ponde al de una generación económicamente activa de 25 a 35 años; solo en pocas ocasiones éstas se proyectan para -50 años, no siendo conveniente porque la generación presente deberá costear todo el sistema en beneficio de la gene-ración futura.

Desde luego, cuando se planifica a largo plazo -deberá programarse cuidadosamente las obras inmediatas y aquellas que podrán llevarse a efecto por etapas, en esta -

# ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES EN POBLACIONES



PERFIL DE UNA LINEA DE CONDUCCION

forma tendrá una mejor distribución los desembolsos de los consumidores.

Cuando se trata de pequeños abastecimientos, el período de diseño es de 10 a 15 años, dada la reducida capacidad económica de los pobladores. Planear la obra a un período mayor podría significar una carga económica no justificada.

### III.3 TIPOS DE TUBERIAS USADAS EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO.

1. TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO. Es un material resistente a la acción del tiempo bajo la doble fuerza de la naturaleza y el agua.

Resiste bien a la corrosión y más aún cuando es protegido con baños o películas de protección especial, como pinturas bituminosas y pinturas anticorrosivas. Su durabilidad es función directa del medio en el cual está expuesto. Sin embargo, se ha acordado darle una duración promedio de 30 años; prestando un buen servicio, sin que su capacidad de transporte se reduzca más allá del 70%.

Cuando las aguas que transporta poseen características corrosivas y no se aplican tratamientos correctivos se acostumbra darle a la tubería una cementación, en la cual se aplica cemento con una proporción 1:3 en la cara interna del tubo mediante centrifugación.

Las ventajas de estas tuberías son: alta resistencia a la acción del fuego, alta resistencia a la presión interna; alta resistencia a las cargas externas.

Las desventajas que pueden tener estas tuberías son: su costo, su peso, las altas tarifas de transporte, la formación de tubérculos en caso de aguas blandas y coloradas que pueden reducir su capacidad hasta un 70%, la posibilidad de electrólisis y la corrosión externa en un terreno ácido.

Las roturas en las tuberías de fierro fundido, aunque constituyen una proporción muy reducida en relación a la cantidad total de tubos colocados, son desgraciadamente frecuentes y a veces desastrosos. Las causas comunes son apoyo desigual (una piedra u otro objeto indeformable, debajo de una parte del tubo); carga externa excesiva, debido al relleno de la zanja; defectos de colada inadvertidas grietas producidas durante el transporte o la colocación en obra.

2. TUBERIA DE ACERO. Este tipo de tubería se recomienda en los casos de conducción de agua a grandes presiones y para velocidades hasta 5 a 6 m/seg, para lograr diámetros menores y por lo tanto mayor economía.

También se emplean en pequeños tramos, en combinación con tuberías de otros materiales cuando se trata de soportar cargas y esfuerzos interiores y exteriores más elevados, que éstas no pueden soportar.

La durabilidad de estas tuberías se estima entre los 25 y 50 años.

Las ventajas de estas tuberías son: resulta más barata de construcción, para grandes secciones, que la tubería de fierro fundido y puede instalarse más fácilmente. Es de mayor seguridad que el fierro fundido puesto que falla principalmente por corrosión mientras que la tubería de fierro fundido falla en un punto débil ocasionando mayores daños a las propiedades.

Las desventajas que presentan estas tuberías son: Estan sujetas a flotar y sufrir colapso en determinadas circunstancias que no afectaría a una tubería de fierro fundido. Presentan menos resistencia a las acciones electrolíticas y a la corrosión del terreno que

las tuberías de fierro fundido, son altamente costosas.

3. TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO. Es una mezcla de fibras de alta calidad de asbesto con cemento.

Las ventajas de estas tuberías son: completa homogeneidad, lo que dá una resistencia uniforme; su peso es relativamente bajo, lo que dá mayor facilidad en el traslado; material prácticamente inerte, adecuado para transportar aguas corrosivas; resistencia elevada a la presión interna; flexibilidad en las juntas, lo que les permite resistir mejor los asentamientos irregulares del fondo de las zanjas; baja conductividad térmica, lo cual le hace útil para la red de agua caliente.

Las desventajas que presentan son: tienen un mayor porcentaje de rupturas durante su transporte y colocación.

4. TUBERIA DE P.V.C. Son de plástico se caracterizan por: ausencia completa de porosidad; son muy livianas; son de fácil instalación; son resistentes a la oxidación; son económicas para diámetros pequeños hasta 8".

5. TUBERIAS DE CONCRETO. Las tuberías de concreto simple,

son las que se usan para la red de alcantarillado; soportan elevadas cargas externas; son de bajo costo respecto a las otras tuberías; son de gran diámetro; son de elevada resistencia a la compresión; pero de baja resistencia a la flexión.

### III.4 VALVULAS Y ACCESORIOS EN LA RED DE DISTRIBUCION.

- A) EQUIPOS DE MEDICION. Tanto de flujo como de presión se instalan en la red de distribución, son necesarias para conocer las condiciones diarias de operación.
- B) VALVULAS DE SECCIONAMIENTO. Estas se utilizan para aislar tramos de tubería o zonas cuando por necesidad del servicio se necesita efectuar trabajos de mantenimiento o de desperfectos.
- C) VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION. Cuando la población por servir acusa marcados desniveles topográficos, en Lima se ha fijado de mantener una presión mínima de 15 m de columna de agua y la máxima no deberá sobrepasar los 70 metros de columna de agua. La presión excesiva ocasiona mayores fugas, desperfectos en los aparatos de medición, mantenimiento muy costoso y en caso de colapso de

tuberías, ocasiona un serio peligro.

D) CONTROLES AUTOMATICOS. Son válvulas de grandes dimensiones a las cuales se les adaptan motores eléctricos y equipo automático para su operación.

En el plano N°2 se indican con círculos negros los sitios donde se encuentran ubicadas las válvulas.

### III.5 UBICACION DE LAS TUBERIAS.

El Reglamento Nacional de Construcciones estipula:

En las calles de 20 m. de ancho o menos, se proyectará una línea de agua potable a un lado de la calzada, de ser posible en la zona jardín del lado de mayor altura según el plano a curvas de nivel y una línea de alcantarillado en el eje de la calle.

En las calles y avenidas de mas de 20 m. de ancho se proyectará a cada lado de la calzada, una línea de agua potable y una de alcantarillado.



Si el ancho de la vereda lo permite y no hay posibilidad de interferencia con otros servicios públicos, la línea de agua potable podrá ubicarse en ella, pero la distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical-tangente al tubo, deberá ser como mínimo 1.50 m. La línea de alcantarillado también podrá ubicarse en la vereda si se mantienen las condiciones anteriores, pero la distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente al tubo deberá ser como mínimo de 2 m.

Las tuberías para agua potable y colectores se ubicarán respecto a otros servicios públicos en forma tal que la menor distancia entre los planos verticales tangentes sea:

A tuberías de agua potable	0.30 m
A canalización de regadío	0.80 m
- A cables electricos, telefónicos, etc.	1.00 m
- A colectores de desague	2.50 m

En los puntos de cruces de colectores de desague con tuberías de agua potable, el diseño deberá preferiblemente contemplar que las tuberías de agua potable pase por encima, a una distancia mínima de 0.25 m medidos entre los planos horizontales tangentes respectivos.

Si por razón de niveles no es posible proyectar

la tubería de agua potable en forma que cruce sobre un colector de desague en la forma prescrita anteriormente y es imprescindible proyectarla cruzandola por la parte inferior será preciso diseñar un recubrimiento de concreto en el colector sobre una longitud de 1.50 m centrada en relación al punto de cruce.

### III.6 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA INSTALACION DE TUBERIA DE ASBESTO -CEMENTO .

1. La tubería debe ser colocada en zanjas cuidadosamente trazadas. Se eliminará toda prominencia rocosa y emparejará el fondo con una cama de arena o material suelto. En terreno pantanoso o deleznable, es necesario colocar una cama de concreto. En los cruces de caminos, la excavación debe hacerse lo mas angosta posible y debe protegerse además la tubería con una capa de concreto.
2. Entre tubo y tubo debe dejarse una pequeña separación(5 mm.) con el fin de permitir una libre dilatación y también la adaptación de la instalación a los posibles asentamientos del terreno.
3. La flexibilidad de las juntas, permite un ángulo máximo

de 6° lo que facilita la acomodación de la tubería a los desvíos y cambios de pendiente.

4. En los puntos de cruce con colectores de desague, las tuberías de agua deben pasar siempre por encima del colector y deberá instalarse en tal forma que el punto de cruce coincida con el punto medio de un tubo de agua de modo que la unión quede próxima al colector.
5. El ancho de la zanja dependerá de la naturaleza del terreno en trabajo y el diámetro de la tubería por instalar. El entierro mínimo sobre la cabeza de los tubos, nunca será menor que 1.00 m.
6. En sitios o terrenos no consolidados, en terrenos deleznable o de naturaleza tal que ofrezcan peligro de escurremiento, se recomienda tomar todas las precauciones para asegurar la zanja, en forma firme y compacta, recurriendo en caso necesario al apisonado con hormigón o concreto
7. Dimensiones de la zanja.- En ancho de la zanja dependerá de la naturaleza del terreno en trabajo y el diámetro de la tubería por instalar, pero en ningún caso será menor de los estrictamente indispensables para el fácil manejo de la tubería y sus accesorios dentro de dicha zanja.

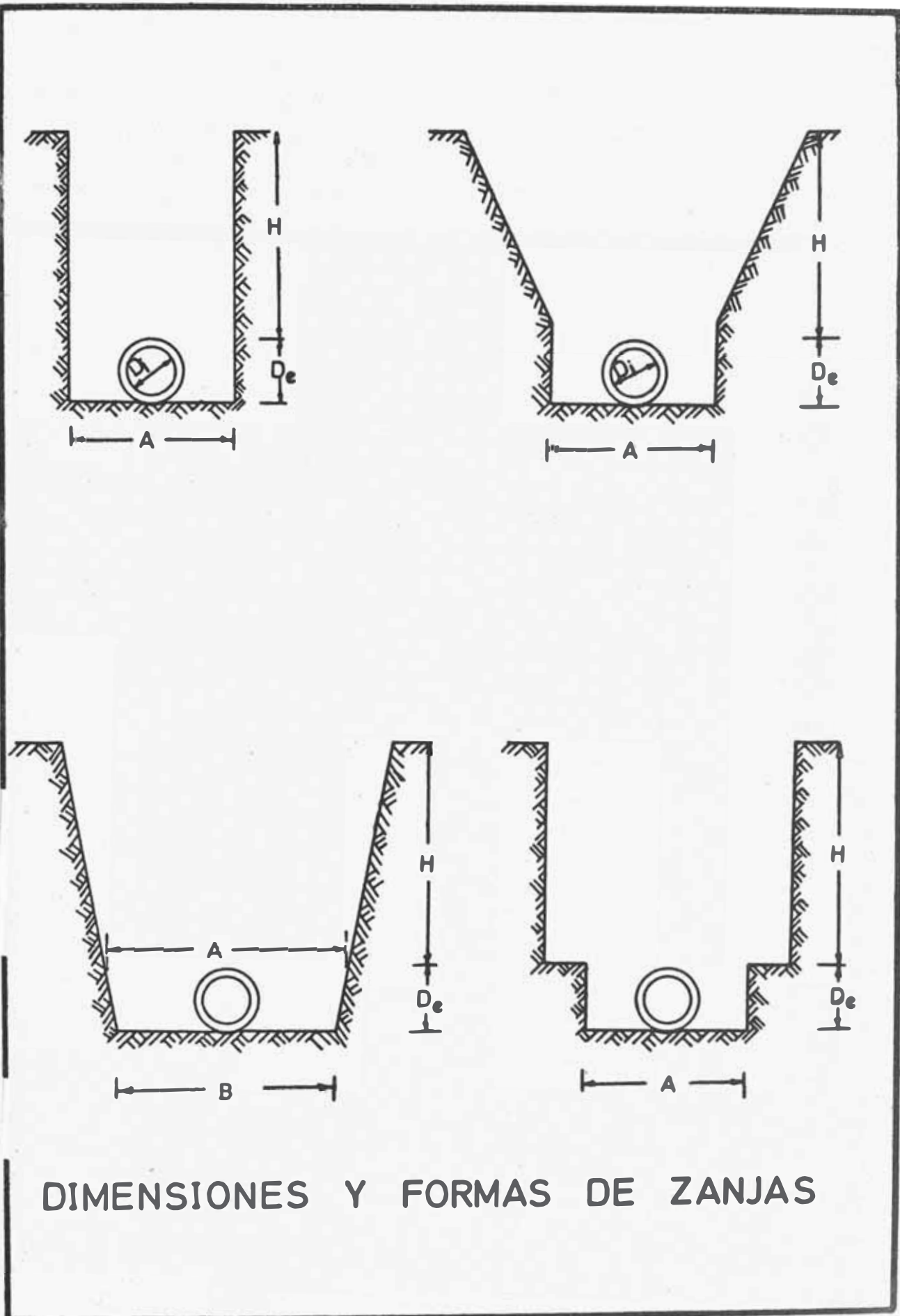
Tendrá como mínimo 0.15 m a cada lado del diámetro exterior de la tubería en el fondo de la zanja, para diámetros mayores hasta 0.25m y 0.20 a 0.30m máximos para diámetros mayores.

Para curvas de gran diámetro y otros casos particulares el ancho será de mayor dimensión que el normal, pero se tendrá siempre en cuenta el fácil manipuleo de la tubería.

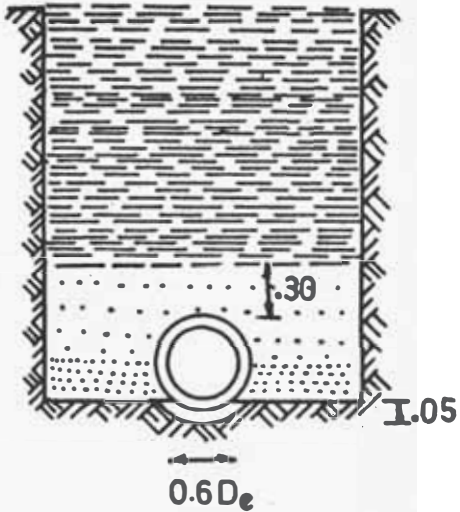
En las figuras números 2 al 28 se observan detalles de las especificaciones mencionadas.

### III.7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LIMA.

El rio Rimac es la mayor fuente de agua para la ciudad de Lima. Además de esta fuente, se obtiene agua de galerías de infiltración ubicadas en la planta de tratamiento de agua de la Atarjea (llamada Gustavo Laurie Solís) y de varios pozos construidos en varios sitios de la ciudad. El agua de las galerías de infiltración es clorinada. El agua de los pozos es descargada en el sistema de distribución, sin tratamiento. La mayor parte del agua es tratada en la planta de tratamiento de agua de la Atarjea y des



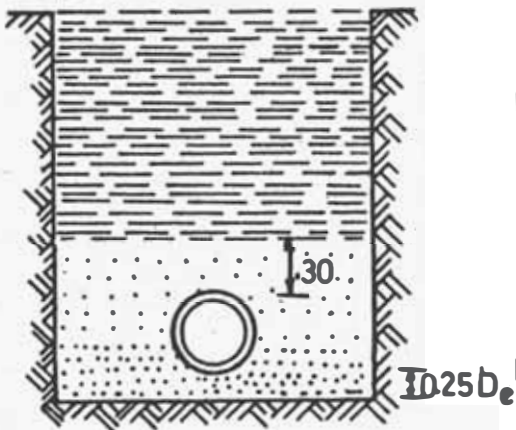
## TIPOS DE RELLENO



Relleno compactado

Relleno seleccionado

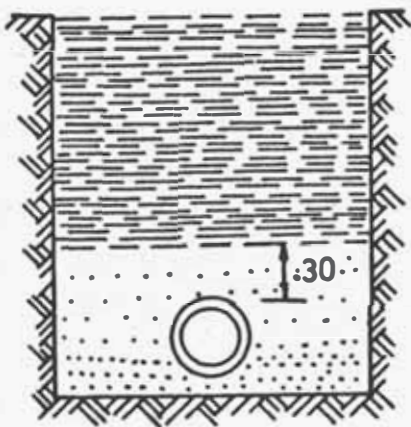
arena  
cama de arena



Relleno compactado

Relleno no apisonado

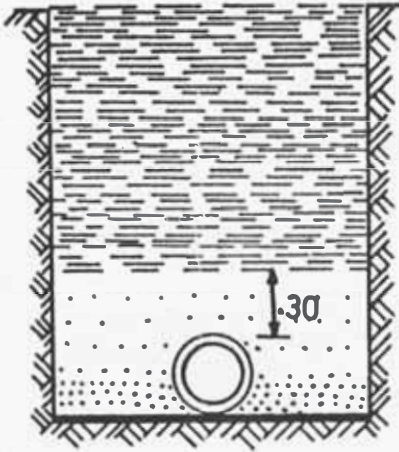
Relleno seleccionado apisonado  
GRAVA



Relleno compactado

Relleno no apisonado

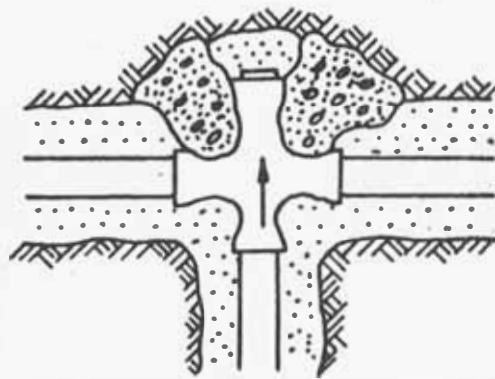
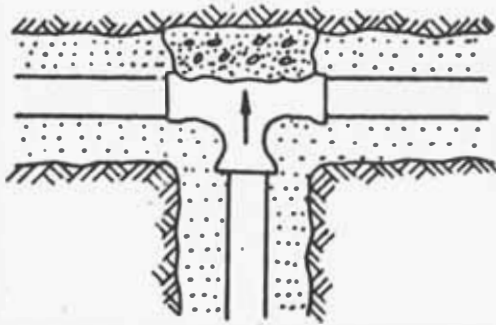
Relleno seleccionado apisonado  
TIERRA



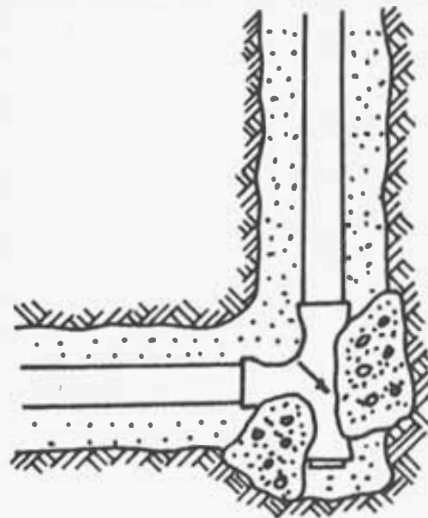
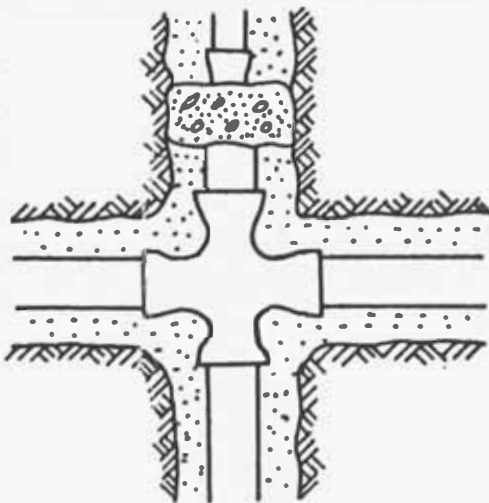
Relleno apisonado

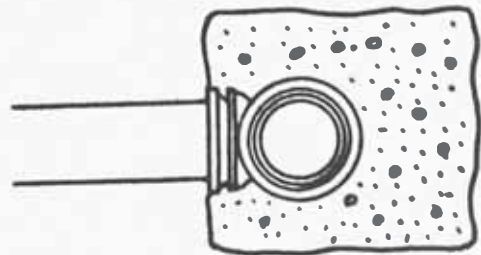
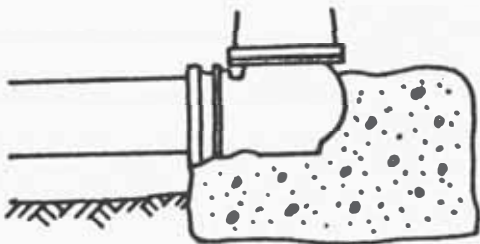
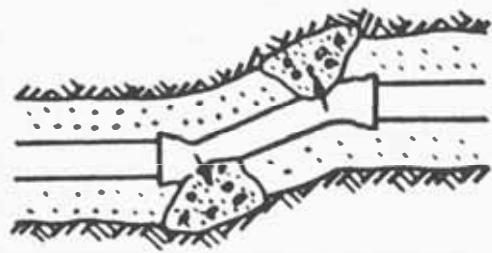
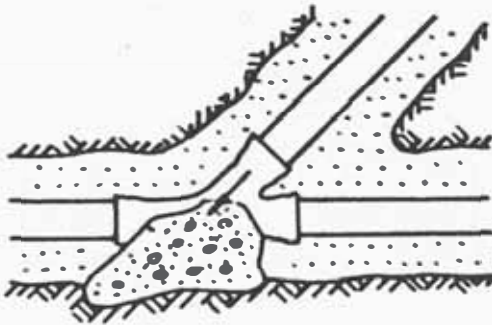
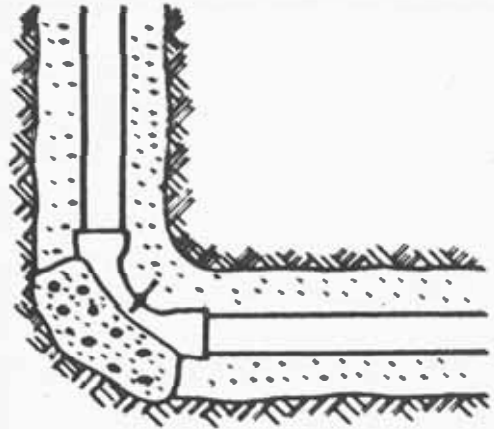
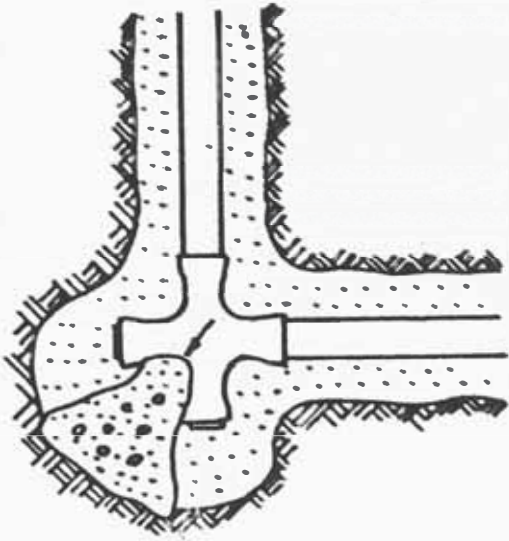
Relleno no apisonado

Relleno apisonado



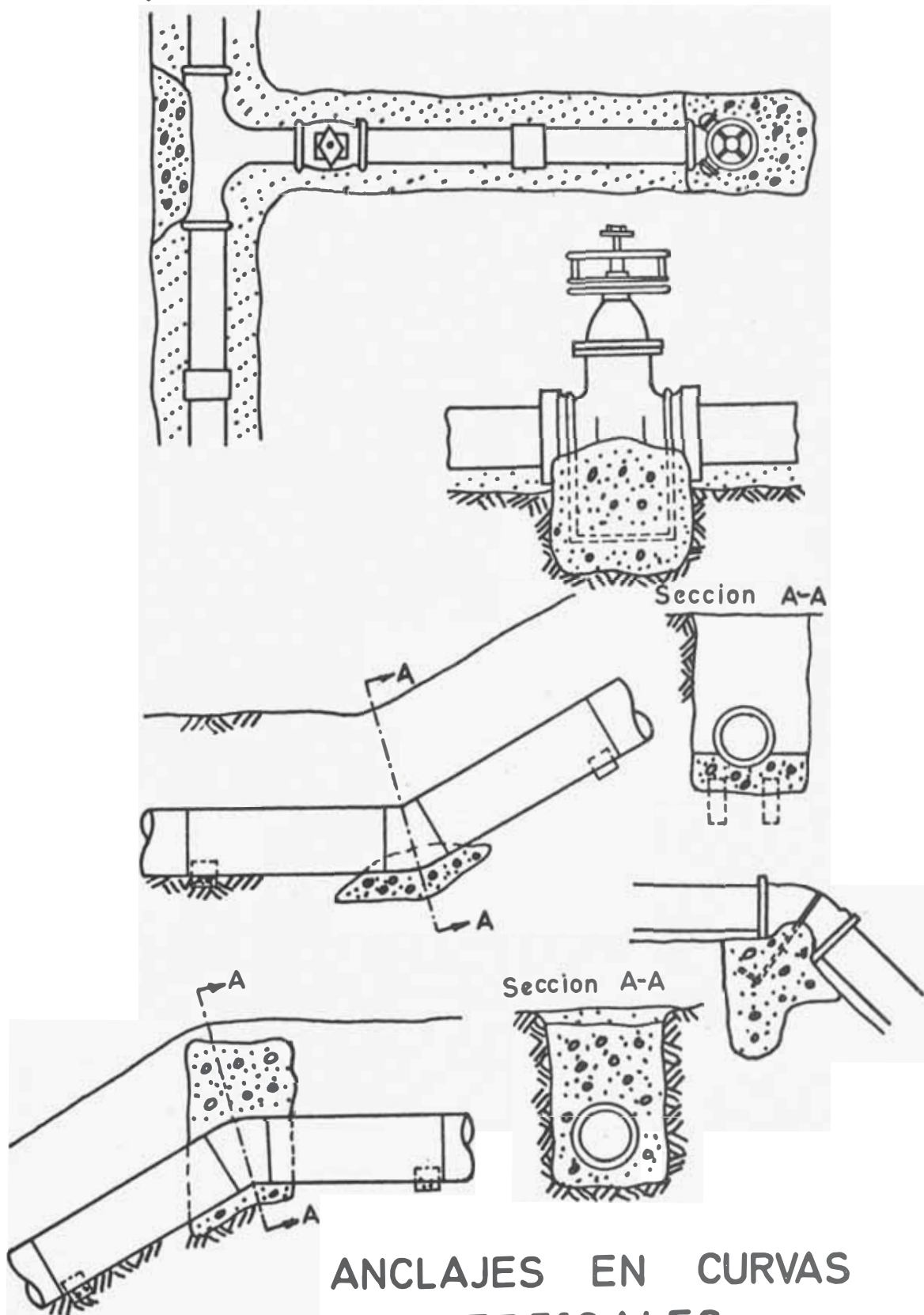
## TIPOS DE ANCLAJES

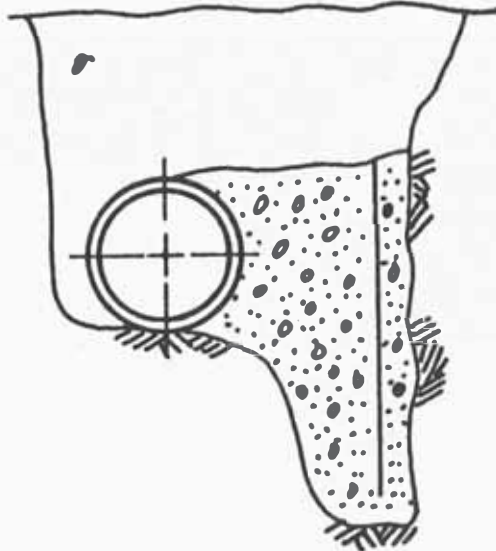
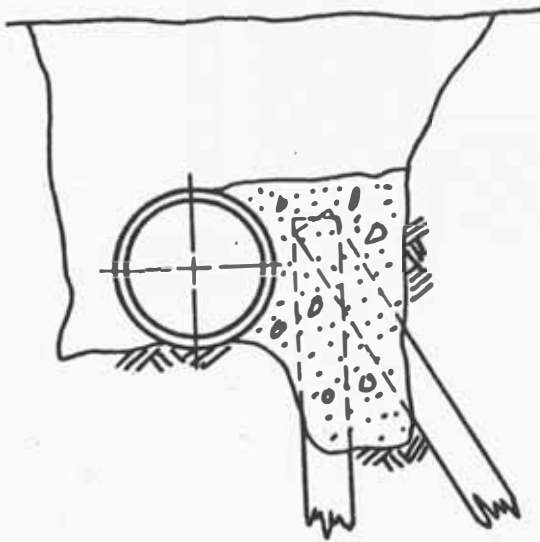
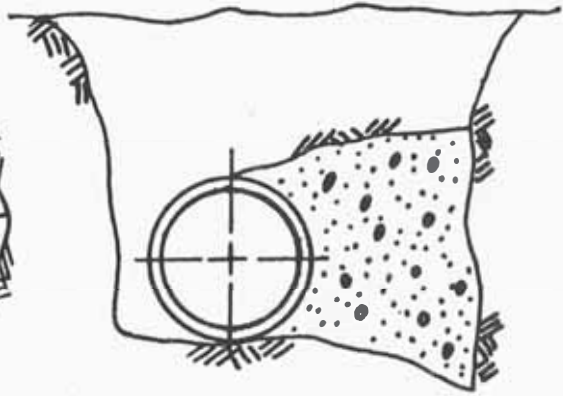
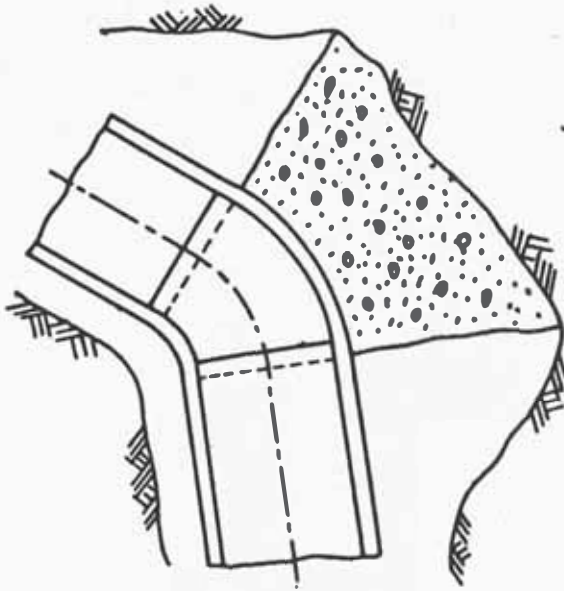






## GRIFOS CONTRA INCENDIOS

ANCLAJES EN CURVAS  
VERTICALES



cargada por gravedad en el sistema de distribución. El sistema existente de distribución no tiene suficiente capacidad para servir a las necesidades de la ciudad. Para aliviar esta situación, se construyen nuevas líneas de transmisión o alimentación para reforzar el sistema existente.

La capacidad de la planta de tratamiento de agua ha sido incrementada en un cincuenta por ciento, para lo cual la planta ha tenido una modificación en sus filtros, la construcción de una represa y bocatoma, nuevos desarenadores, reservorios de almacenamiento de agua y dos nuevos pulsators.

Con ciertas mejoras el sistema actual de abastecimiento de agua potable es adecuado para servir a una población de 2'000,000 de habitantes siendo su caudal de:

$$864,000 \text{ m}^3/\text{día} = 10 \text{ m}^3/\text{seg}$$

### III.8 CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ACTUAL EN LIMA.

1. El sistema de distribución está constituido por todas las tuberías, aditamentos especiales, reservorios, estaciones de bombeo, instalaciones de bombeo y otro tipo -

de instalaciones que fueran necesarios para asegurar un buen abastecimiento de agua potable.

Todo el sistema de distribución está a cargo de ESAL, teniendo en cuenta esto, toda urbanización nueva que proyecte su sistema de abastecimiento de agua, lo debe hacer en coordinación con ESAL que proveerá la integración de éste al sistema existente.

Las tuberías se proyectan en principio en circuito cerrado formando malla.

2. Con la finalidad de uniformizar la red secundaria de la ciudad, la red de distribución en principio debe proyectarse de la siguiente manera.

- Tubería de 100 mm. formando malla de 100 m de lado aproximadamente.
- Tubería de 150 mm. formando malla de 400 m de lado aproximadamente.
- Tubería de 200 mm. formando malla de 1200 m de lado aproximadamente.

3. La red de distribución estará provista de válvulas de interrupción en número y distribución de modo que permiten aislar sectores de redes, no mayores de 400 m de longitud

Las válvulas de interrupción por lo general están en todos los empalmes a tuberías de 200 mm. de diámetro o mayores, salvo aprobación de la ESAL.

### III.9 SISTEMA DE DISTRIBUCION , - CARACTERISTICAS.

Este sistema esta integrado por tuberías de distintos diámetros, Su principal objetivo es hacer llegar el agua a sus usuarios en sus propios domicilios, sin que pierda sus condiciones de potabilidad, cantidad suficiente y presión adecuada. Esta red cubre las demandas del consumo doméstico, comerciales, industriales y contra incendios.

Como puede observarse, analizar este sistema en su totalidad es muy complejo y sujeto a condiciones muy variadas, motivo por el cual para el análisis sísmico se tendrá en cuenta la red troncal de agua, cuyo plano (N° 2) se adjunta al presente estudio.

Las partes que integran el sistema de abastecimiento de agua son:

A) TUBERIAS DE ALIMENTACION.- Son las llamadas troncales, materia de nuestro estudio en situaciones de de sástre; estos conductos son de gran diámetro. Variando des de 72" en la salida de la Atarjea, hasta un mínimo de 10" (como puede apreciarse en el plano N°2); estas tuberías se enlazan transversalmente mediante tuberías de amplias dimensiones y a intervalos de 1250 a 1600 m. se equipan con válvulas de purga localizadas en los puntos bajos y válvulas de aire en los altos. El diseño de estas tuberías se realizan aplicando el método de CROSS.

B) ARTERIAS DE DISTRIBUCION.- Son alimentadores secundarios conectados a las tuberías de alimentación, se disponen en separaciones de 500 a 600 m. Estas forman los circuitos principales cerrados.

C) DISTRIBUIDORES SECUNDARIOS.- Estas tuberías forman las mallas y son las que abastecen los hidrantes para incendios y zonas residenciales, empleándose tuberías de 6" a 3" de diámetro.

D) TUBERIAS DE RELLENO.- Son tuberías de diámetros menores de 6", pudiendo colocarse de 3" a 4". Se colocan en todas las calles y ocasionalmente en ambas aceras cuando se trata de avenidas y calzadas.

### III.10 INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CAPTACION ACTUAL.

BOCATOMA "ENCALADA", - Ubicada a orillas del rio Rimac, a la altura de la hacienda "la Encalada" (ver plano N° 4)

CIMENTACION.- Sobre suelo aluvional

ESTRUCTURAS.- Solados de concreto ciclópeo; pilares y muros de contención de concreto armado. Los muros de contención tienen relleno no compactado.

BOCATOMA "SURCO", - Ubicada a orillas del cauce comunal "Surco" (derivación del rio Rimac) (ver plano n° 4)

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado

ESTRUCTURAS.- Solados de concreto ciclopeo; muros de contención de concreto armado.

CONDUCTO DE 96", - Ubicado entre la bocatoma la Encalada y los desarenadores (ver plano N° 4)

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado

ESTRUCTURA.- Es un tubo vaciado en sitio; la sobrecarga que resiste es hasta tres metros de relleno.

CONDUCTO "SURCO" - DESARENADORES.- Es el medio de conducción de la bocatoma antigua de Surco y los desarenado

res.

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado.

ESTRUCTURA.- Conducto de sección rectangular de concreto armado, vaciado en sitio.

DESARENADORES,- Ubicados a 25 metros del acantilado del río Rimac.

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado

ESTRUCTURAS.- Paramentos verticales de concreto armado; muros intermedios sobre relleno de hormigón y arcilla, revestidos con losas de concreto armado.

ESTANQUE REGULADOR,- Se encuentra ubicado junto al cerro -- Santa Rosa (ver plano N° 4)

CIMENTACION.- Sobre hormigón y arcilla compactada

ESTRUCTURAS.- Los embancamientos son de material compactado, revestidos con losas de concreto de protección contra la erosión solamente. Tiene un borde libre de 1.30 m.

CONDUCTOS DE DESCARGA DE LOS DESARENADORES Y DEL ESTANQUE REGULADOR A LAS UNIDADES DE PRIMERA SEDIMENTACION,

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado.



Estructuras.- El canal principal está constituido por concreto ciclopeo en las paredes y losas de fondo sin juntas de dilatación; la losa superior es armada de 15 cm. de espesor.

Los canales auxiliares son de concreto armado de poca resistencia.

La descarga del estanque se hace por medio de una tubería de 72" de las mismas características que los del sistema de distribución.

POZA DE SEDIMENTACION FINA.- Llamada sedimentación primaria, está constituida sobre material de relleno consolidado por el tiempo.

ESTRUCTURAS.- Concreto ciclópeo, embancamientos sobre relleno poco compactado, tabiques de ladrillos revestidos.

DECANTADORES.- Son seis unidades.

CIMENTACION.- Sobre hormigón no disturbado.

ESTRUCTURAS.- Las paredes de la criba son pretensadas.- El fondo, pilares concentradores son de concreto armado.- Los tubos de distribución son de concreto apoyados en bloques -

movibles.- Los deflectores son de concreto y eternit.- Los tubos de recolección de agua decantada son de eternit.

FILTROS.- Son 36 unidades, cada uno con su respectivo equipo de válvulas.

CIMENTACION.- La cimentación es variable; las galerías de filtros están construídas sobre hormigón no disturbado; las baterías de filtros sobre arcilla y material de relleno.

ESTRUCTURAS.- Son de concreto armado y piezas prefabricadas; el tanque de agua de lavado de filtros, sobre una cimentación sólida de zapatas.

RESERVORIOS.- Los reservorios de agua tratada son: Dos en B - 1; cuatro en Menacho y uno en Ansieta con capacidades unitarias respectivas de 35,000 m<sup>3</sup>, 13,000 m<sup>3</sup> y 1000 m<sup>3</sup>

RESERVORIOS DE B - 1.-

CIMENTACION. Sobre terreno natural de hormigón y arcilla; los ambancamientos están conformadas por material compactado no selecto.

ESTRUCTURAS.- El embancamiento está conformado por material compactado (tierra natural, hormigón y arcilla).-Las losas de taludes y techo son de concreto armado.

RESERVORIOS DE "LA MENACHO".-

CIMENTACION.- Los reservorios N°1 y 2 sobre terreno natural y dos sobre relleno

ESTRUCTURAS.- Los dos primeros son de concreto y techados; las paredes perimétricas son de concreto armado.

LOS RESERVORIOS 3 y 4.-

CIMENTACION.- Conforme se indicó, construidos sobre terreno de relleno consolidado.

ESTRUCTURAS.- Las paredes perimétricas son de concreto ciclópeo.

RESERVORIOS DE ANSIETA.-

CIMENTACION.- Sobre terreno natural

ESTRUCTURAS.- Paredes de concreto armado.

## II.11 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

En el plano N°1 se muestra con color amarillo la zona servida por la red de conducción y distribución de agua potable. Esta red corresponde al abastecimiento por gravedad, desde la planta de tratamiento. Dentro de esta área, existen pozos equipados, cuya función es de reforzamiento o de reserva para cubrir deficiencias del sistema.

El área marcado con color azul, corresponde a zonas abastecidas exclusivamente con aguas subterráneas, mediante los pozos existentes y en funcionamiento que se encuentra a cargo de la E.S.A.L. que en total son 128.

La zona de Lima cuenta con más de 2,000 pozos, los cuales se encuentran distribuidos en toda el área de Lima y están debidamente registrados en la División de Aguas subterráneas del Ministerio de Agricultura. Estos pozos sumados a los 128 pozos que administra la ESAL y el agua proporcionada por la planta de tratamiento constituyen la fuente de abastecimiento de agua de Lima.

La red de agua generalmente está constituida por tuberías de servicio de 4" a 8" de diámetro.

SISTEMA DE CONDUCCION: Las tuberías y canales de conducción básicos que conducen el agua de la Planta de Tratamiento a la Ciudad y mediante ellas se cubre el 60% del a bastecimiento tienen las siguientes especificaciones:

TUBERIA DE 72" DE DIAMETRO DE ACERO PRETENSADO.-

Longitud aproximada 5.200 Km.

TIPO.- Camiseta de acero con sunchado pretensado recubrimiento interior y exterior de cemento.

Uniones de espiga y campana con anillo de jebe para absorber pequeñas desviaciones o vibraciones.

Longitud de cada tubo 9.75 m,

CAPACIDAD.- Proyectada e instalada para 11 m<sup>3</sup>/sg.

TUBERIA DE 50" DE DIAMETRO DE CONCRETO ARMADO.-

Longitud aproximada de 2.200 Km

TIPO.- De concreto armado vaciado en sitio con juntas de dilatación cada 20 m.

CAPACIDAD.- Proyectada y construida para 5 m<sup>3</sup>/sg.

CANAL DE GALERIAS.-

Longitud aproximada 4.100 Km.

ESTRUCTURA.- De concreto armado, proyectado para trabajar como canal.

CAPACIDAD.- Máxima capacidad actual 0.5 m<sup>3</sup>/seg

En resumen, el sistema de conducción por gravedad tiene una capacidad instalada de  $16.500 \text{ m}^3/\text{sg}$  siendo el abastecimiento actual de este sistema de  $8 \text{ m}^3/\text{sg}$

#### RED DE DISTRIBUCION DE AGUA.-

En el plano N° 2, se muestra la red de distribución, la cual está constituida por tuberías que varían desde  $10''$  hasta  $72''$  de diámetro cuyas características son las siguientes:

##### TUBERIAS DE CONCRETO.-

CARACTERISTICAS.- sus diámetros son de  $10'' - 12'' - 14'' - 16'' - 21'' - 28'' - 30''$

Tubos y uniones rígidas con anillos de concreto y calafateadas con mortero. Poca resistencia a flexión y a los impactos.

##### TUBERIAS DE FIERRO FUNDIDO.=

CARACTERISTICAS - Sus diámetros son de  $10'' - 12'' - 14'' - 18'' - 20'' - 30''$

Uniones semirígidas con calafateo de plomo, tiene mayor resistencia a los impactos que los de concreto; también tie

ne: mayor resistencia a los asentamientos del terreno pero vulnerable en las uniones.

No existe en el país producción de este tipo de tuberías

#### TUBERIAS PRETENSADAS.

Constituyen el nuevo sistema de distribución, instalado recientemente y puesto en servicio en el año 1968. Es la red arterial de abastecimiento por gravedad.

Es un conjunto de circuitos cerrados que en su recorrido descendente de la planta de tratamiento (cota 239 ) es interceptado por 27 Estaciones Reductoras de Presión instaladas en las cotas 135 - 110 -85 y 60; conformándose cinco zonas de presión, de tal manera que cada una de ellas recibe alimentación con presión: regulada, estable y constante.

#### CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS PRETENSADAS.

Son de camiseta de acero con sunchado pretensado y recubrimiento interior y exterior de concreto. Las uniones de enchufe, de espiga y campana con anillo de jebe.

Poseen alto grado de flexibilidad, característica favorable para absorber movimientos sísmicos.

Tienen poca resistencia a la compresión, con tendencia al aplastamiento en diámetros de 18" o más

Fácilmente reparables en diámetros de 10" a 30"

Para diámetros mayores se requiere mantener en stock adecuado de tubos y niples de planchas de acero rolado y soldado.

#### ESTACIONES REDUCTORAS Y SUS CARACTERISTICAS.-

Las estaciones reductoras de presión son cámaras subterráneas de forma rectangular; tienen una estructura asísmica de concreto armado  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> y construcción monolítica en cuyo interior se encuentran alojadas las válvulas reductoras de presión.

Los tubos de entrada y salida son de acero de gran espesor. Las uniones a las válvulas son de brida.

#### TUBERIAS DE SERVICIO O RED DE RELLENO.-

Son tuberías de 3" - 4" - 6" y 8" de diámetro de las cuales derivan las conexiones domiciliarias, a la vez que están conectadas a la red de distribución.



En Lima Metropolitana, existen diversos tipos de tuberías tales como fierro fundido, concreto normalizado, asbesto cemento, etc. predominando las primeras en la zona antigua de la ciudad y las últimas en las nuevas urbanizaciones y zonas en actual expansión. El porcentaje de las de concreto es bajo comparado con las otras dos.

### III:12 DATOS RELATIVOS A LA RED DE AGUA Y SU AREA DE SERVICIO.

En este acápite, no se incluye la red de agua -- del Callao.

1. La red de agua, conformada por las tuberías de conduc-- ción, distribución y de servicio alcanzan una longitud -- de 2.500 Km.
2. Las tuberías de acero pretensadas, que forman el siste-- ma arterial tienen una longitud de 83.400 Km. y su cla-- sificación por diámetros y clases es la siguiente:

72 <sup>ca</sup>	- clases	- 60 - 75 - 90 - 105 y 120	- 5,432 m.
54 <sup>ca</sup>	- "	- 140 - 160	- 2,611 m.
42 <sup>ca</sup>	- "	- 150 - 160	- 2,168 m.
36 <sup>ca</sup>	- "	- 160 - 170 - 180	- 6,797 m.
30 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 180	- 9,111 m.
24 <sup>ca</sup>	- "	- 110	- 5,512 m.
20 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 200	859 m.
18 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 180 - 200	- 8,012 m.
16 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 160	- 14,199 m.
14 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 160	- 10,614 m.
12 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 180 - 200	- 13,621 m.
10 <sup>ca</sup>	- "	- 110 - 180	- 4,478 m.

---

LONGITUD TOTAL: 83,414 m.

### 3. Estaciones Reductores de Presión, su ubicación y capacidad

<u>NUMERO</u>	<u>UBICACION</u>	<u>CAPACIDAD L.P.S</u>	
		<u>Maxima</u>	<u>Mínima</u>
I-1	Jr, Lima fte al 493 Cercado	441	64
I-2	Av. Tacna " 516 "	353	49
I-3	Pque Neptuno esq. Colón "	617	95
I-4	I.la Católica c.7 La Vict.	221	34
II-1	Prol. Av. Tacna Rimac	221	34

II-3	Plaza Unión	Cercado	145	23
II-4	Quilca esq A.Ugarte		2646	406
II-6	Parque-Exposición fte			
	la M. Trnasp. y C	"	4536	687
II-8	Av. México fte 602	La Vict.	2646	406
II-9	Av. N.Arriola a dos c.			
	de Javier Prado		577	89
III-2	Gaspar Hernández fte.1012		1588	244
III-3	Av. Arica fte 1784	Breña	419	64
III-4	Av.Perú fte al 1086		1588	244
III-5	Av. Mariategui fte 606	J.Maria	1588	244
III-6	Jr.Soledad fte al 332	Lince	1588	244
IV-1	Av. Argentina fte. 2635		419	64
IV-2	Av. Bolivar fte. 1209	P. Libre	353	49
IV-3	Av. Brasil fte 2471		586	89
IV-4	Av. O de Zevallos fte.798	J.M.	586	89
iv-5	Jr. Alv. Calderón 195	S. Isidro	152	24
IV-6	Av. Angamos fte.601	Miraflo	145	22
IV-7	Av J.Prado fte.138		315	48
IV-8	Pque. Reducto esquina			
	de Av. Benavides		151	24
IV-9	Av Panamá fte.6446		315	49
V-2	Jr Castilla fte 301	Magdalena	145	22
V-3	Av. Esc. Militar	Chorrillos	81	12

Se debe tener presente que las Estaciones reduc

toras de presión de más importancia son: II-4; II-6 y II\_8 debido a su alta capacidad.

### II.13. SISTEMA DE DESAGUE EN LIMA

Antes de 1945, el sistema de desague de Lima consistía en colectores laterales y troncales que descargaban en muchos puntos del Océano Pacífico, el río Rímac y canales de irrigación. En 1945 se desarrolló un plan maestro para la construcción de interceptores para recolectar el desague de los varios puntos de descarga y conducirlos a dos puntos principales de descarga en el Océano Pacífico; uno ubicado al límite sur de la ciudad y el otro ubicado al norte del Callao. Algunos de estos colectores e interceptores han sido construídos y los otros han sido diseñados y se encuentran en funcionamiento.

El sistema de interceptores de desague consiste en dos colectores principales, uno que fluye en dirección Norte paralelo a la línea de playa y que descarga en el emisor Norte. El otro, colector Surco, que fluye en dirección Sur y Oeste, servirá como interceptor Sur, descargando a través del emisor sur. Otros colectores de desague fluyen en dirección Oeste aproximadamente paralelos al río Rimac,

descargarán en el sistema interceptor de desagues Norte.

Los colectores interceptores que fluyen en dirección Norte y los colectores de desague paralelos al rio Rimac interceptaran los desagues descargando en el rio Rimac y el lado norte de la bahía entre el Callao y Miraflores. El colector Surco y los colectores de desague adyacentes interceptarán los desagues descargando en la bahía de Chorrillos.

### III.14 CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA DE RECOLECCION ACTUAL EN LIMA

1. El sistema de recolección está constituido por todos los colectores, cámaras de inspección, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y en general, por todas las instalaciones que fueran necesarias para asegurar la conveniente evacuación de las aguas servidas.
2. Los colectores se proyectan con el menor número posible de "buzones iniciales" y preveniendo la contribución de las zonas vecinas.

Los colectores se proyectan en tramos rectos entre cámaras de inspección, debiendo en consecuencia, instalarse dichas cámaras en todos los cambios de dirección, de pendiente y de diámetro.

3. Las condiciones mínimas que deben cumplir las descargas industriales para poder ingresar a las redes del sistema público de Lima son:

- La temperatura podrá alcanzar un valor máximo de 30°C
- La demanda bioquímica de oxígeno podrá alcanzar un valor máximo de 1000 p.p.m.
- El pH podrá alcanzar un valor máximo de 8.5 y valor mínimo de 5.
- La concentración de cualquier sustancia grasa no podrá ser mayor de 0.1 gr/litro en peso
- La concentración de cualquier sustancia inflamable no podrá ser mayor de 1 gr/litro. El punto de ignición deberá ser superior a los 90 °C
- La concentración de cualquier tipo de sedimentos no podrá ser mayor de 8.5 ml/l/hr

4. El sistema de alcantarillado se debe diseñar para la conducción de caudales máximos.

El diseño de los colectores deberá prever que en ningún caso se produzca sedimentación por poca velocidad de arrastre ni erosión por velocidades excesivas. Al efecto estas se diseñan manteniendo velocidades de flujo entre 0.6 m/seg y 3.00 m/seg

5. Las cámaras de inspección o buzones se proyectan en:

- Los empalmes de colectores
- Los cambios de dirección
- Los cambios de pendiente
- Los cambios de diámetro.

La separación máxima entre cámaras de inspección son de:

- 80 m para tuberías de 200 a 250 mm de diámetro
- 100 " " " " 300 a 600 " " "
- 150 " " " " mayores diámetros

### III.15 ESPECIFICACIONES TECNICAS EN LA INSTALACION DE COLECTORES DE DESAGUE.

El Reglamento Nacional de Construcciones estipula:

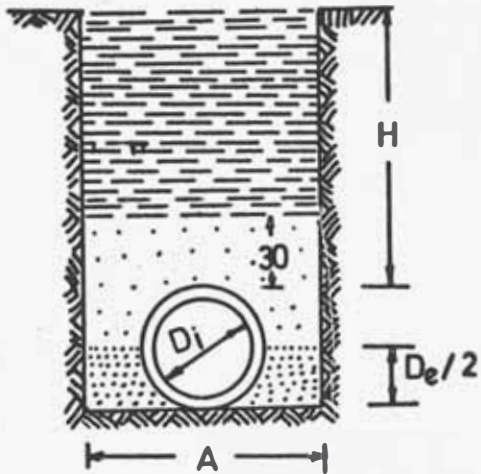
1. La profundidad mínima de excavación para la colocación de las tuberías será tal que se tenga un enterramiento de 1.00 m sobre los collares de uniones.
2. El fondo de la zanja deberá quedar seco y firme y en todos los conceptos aceptable como fundación para recibir el tubo.

3. En casos de suelos inestables, estos serán removidos hasta la profundidad requerida y el material removido será reemplazado con piedra bruta y luego se ejecutará una base de hormigón arenoso de río apisonado, de 0.30 m de espesor o de concreto  $f'_c = 80 \text{ Kg/cm}^2$ .
4. Cuando el fondo de la zanja sea roca se excavará hasta 0.15 m por debajo del asiento del tubo y se rellenará luego con arena u hormigón fino.
5. Se comenzará el relleno a las 12 horas de ejecutadas las juntas de los tubos. Se hará un primer relleno hasta alcanzar medio tubo, empleando material escogido, zarandeado, colocado en capas de 0.15 m compactadas, para evitar desplazamientos laterales de la tubería. Luego se rellenará hasta cubrir una altura de 0.30 m. por encima de la tubería con el material extraído, finamente pulverizado, libre de piedras, raíces y terrones grandes, por capas de 0.15 m. regadas y compactadas con pisón mecánico o neumático. En el relleno no debe emplearse material cuyo peso seco sea menor de  $1600 \text{ Kg/m}^3$ .
6. No deben tirarse a la zanja piedras grandes por lo menos hasta que el relleno haya alcanzado una altura de 1 m. sobre el lomo del tubo

Las figuras siguientes son los tipos de relleno y clases de tendido.



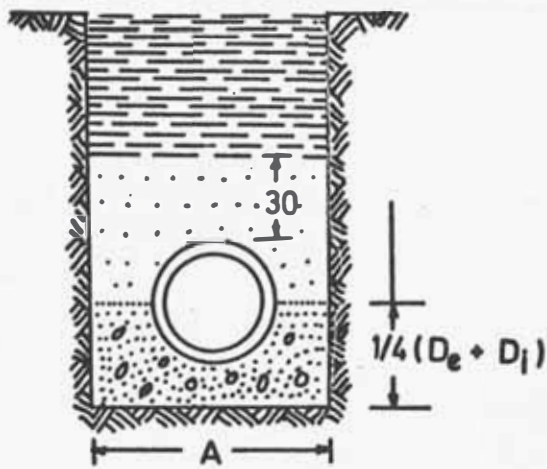
# TUBERIAS DE CONCRETO PARA DESAGUES TENDIDO Y RELLENOS



RELLENO COMPACTADO

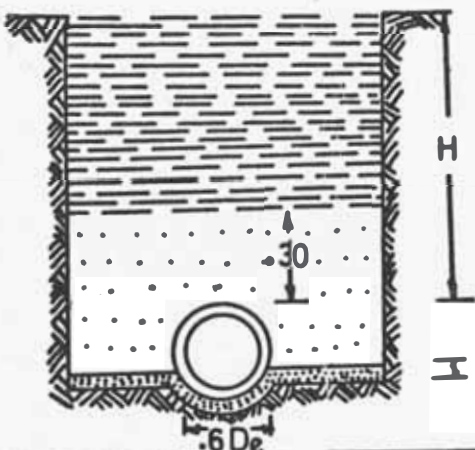
RELLENO SELECCIONADO

RELLENO SELECCIONADO  
COMPACTADO



CONCRETO SIMPLE  $f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$

SUELO INESTABLE



$\frac{1}{10} D_e$  ARENA COMPACTADA

## II.16 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION.

Antes del año 1945, el sistema de desague de Lima vertía sus aguas en el río Rimac, en diversos puntos - en la acequias y canales de regadío y en el Océano Pacífico, a través de emisores cortos. Actualmente las aguas servidas de los diversos emisores lo conducen hacia dos puntos principales de descarga en el mar: el emisor norte, más allá de la desembocadura del río Rimac y el emisor sur, a través del cerro la Chira.

La disposición general del sistema de recolección existente, está dividida en cinco áreas de drenaje, a saber:

1.- El área N°1 cubre los distritos de Lima hacia el sur del río Rimac y al Este del Paseo de la República y la Av. Tomás Marsano, incluyendo los distritos de Barranco y Chorrillos.

El interceptor que sirve a esta área es el interceptor Surco, que se inicia en el cruce del Paseo de la República con la Av. México y sigue el alineamiento de la primera vía en mención hasta Limatambo, desde donde continúa por la Av. Tomás Marsano, hasta la Urbanización San Roque. Desde este punto sigue en dirección al suroeste hasta llegar al final de la Av. México en Chorrillos. La

descarga final de este colector es en la playa la Chira, - después de cruzar un tramo en túnel.

El diámetro de este interceptor principal varía desde 1.00 m en sus inicios hasta 1.80 m en el punto de -- descarga.

El interceptor Surco drena directamente las desgargas de los colectores N°2, 13, 21, 22 y 25, así como -- cierto número de ramales secundarios.

2.- El área N°2, está actualmente subdividida - en cuatro sub-áreas cada una servida por un interceptor -- principal o por un colector con su correspondiente sistema de sub-colectores y ramales. Estos son los siguientes: el interceptor Costanero y los colectores N°10, 16 y 19.

2.1.- El interceptor Costanero sigue las aveni-- das Pérez Aranibar, Bertoloto y La Paz. Su diámetro varía entre 1.00 m y 1.10 m., con una sección de 1.30m en la Av La Paz. Sirve a los distritos costaneros de Miraflores, -- San Isidro, Magdalena del Mar y parte de San Miguel

2.2.- El colector N°16 sigue la ruta de Trini-- dad Morán, Barcelona, Av. Faustino Sanchez Carrión y Av. de la Marina, variando de diámetro de 1.00 hasta 1.35 m. - en su unión con el interceptor costanero. Sirve a los dis-- tritos de Lince, Jesús María, Pueblo Libre y parte de San

Miguel. Como solución temporal, la descarga combinada del interceptor costanero y del colector N° 16 vierte actualmente al Oceano Pacífico, a la altura de la cuadra 24 de la avenida La Paz en el distrito de San Miguel.

2.3.- El colector N°10, está ubicado en la Av. Argentina y lleva las descargas industriales de la zona.- Varía en diámetro desde 0.50 m en sus orígenes hasta 1.20m en su punto de descarga en la Cámara de reunión que existe en el cruce de la Av. Argentina con la Av, Centenario.

A la altura de la Av. Riva Agüero, este colector tiene un rebose temporal que vierte directamente al río Rimac un volumen de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg}$  por medio de una tubería de : 0.90 m. de diámetro.

2.4.- El colector N° 19, sirve a la parte del sector más antiguo de Lima y a las áreas que existen a la margen izquierda del río Rimac. Su ruta sigue un curso paralelo al río y su diámetro varía de 1.05 m. a 1.13 m. Como solución temporal, el flujo de este colector es descargado directamente al río a la altura de la Av. Faucett.

3.- El área número 3, tiene como colector de drenaje principal al N° 6 que descarga las aguas servidas de los colectores N° 3 y piedra Liza. Estos tres desa-

gues principales sirven a los distritos de San Martín de Porras, Rimac y San Juan de Lurigancho, sobre la margen derecha del rio Rimac.

El colector N° 3 sirve al distrito del Rimac, su diámetro varía de 0.25 m a 0.60 m y descarga en el colector N° 6 cerca del extremo Este de la Av. Perú.

El colector Piedra Liza, drena las áreas de San Juan de Lurigancho y de la Urbanización Zárate, su diámetro inicial es de 1.05 m y aguas abajo al aumentar la gradiente reduce a 0.90 m. hasta llegar al buzón inicial del colector N° 6 donde se empalma .

El colector N°6 se inicia en el Puente Balta, sigue luego por el Jirón Loreto, la Av, Ramón Espinoza, Av. - Zarumilla y Av. Perú. Varía en diámetro de 0.90 a 1.50 m, - como medida temporal, el colector descarga directamente al rio Rimac.

4.- El área N°4 comprende la ciudad del Callao y son tres colectores principales los que drenan los desagües a saber: el colector Huascar, el colector Ancash y el interceptor Callao, que gravitan hacia una estación de bombeo ubicada en una plazoleta limitada por las avenidas Guardia - Chalaca y Argentina.

La estación de bombeo es una estructura circular tiene cuatro bombas de eje vertical, con cuatro motores de 200 HP cada uno. Cada bomba tiene una capacidad nominal de 350 litros por segundo. El volumen de desague es bombeada a través de una tubería de impulsión de 0.53 m de diámetro hasta la cámara de reunión que existe en el cruce de la Av. Argentina con la Av. Centenario. (Al final se acompañan fotos)

5.- El área N° 5, drenada por los colectores Garagay, Comas, Collique y Palao.

El colector Garagay aún no construido, será destinado a servir los futuros desarrollos urbanos del área limitada por San Martín de Porres, la Carretera Panamericana Norte, el cerro Mulería, el cerro Segundo y el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Su diámetro variará entre 0.25 m. a 0.71 m.

El colector Comas se inicia en el Km. 12.5 de la autopista Tupac Amaru, sigue por la vía en mención, para luego virar hacia el sur, siguiendo el alineamiento de la antigua carretera a Ancón, luego dobla hacia el Oeste descargando sus aguas a la playa por medio de una tubería provisional de 0.53 m.

El colector Comas recibe las descargas del colec

tor Palao y Collique. El primero con diámetro entre 0.30 m a 0.53 m. y el segundo con diámetro de 1.00 m.

CAPITULO I V



## IV.1 INTRODUCCION.

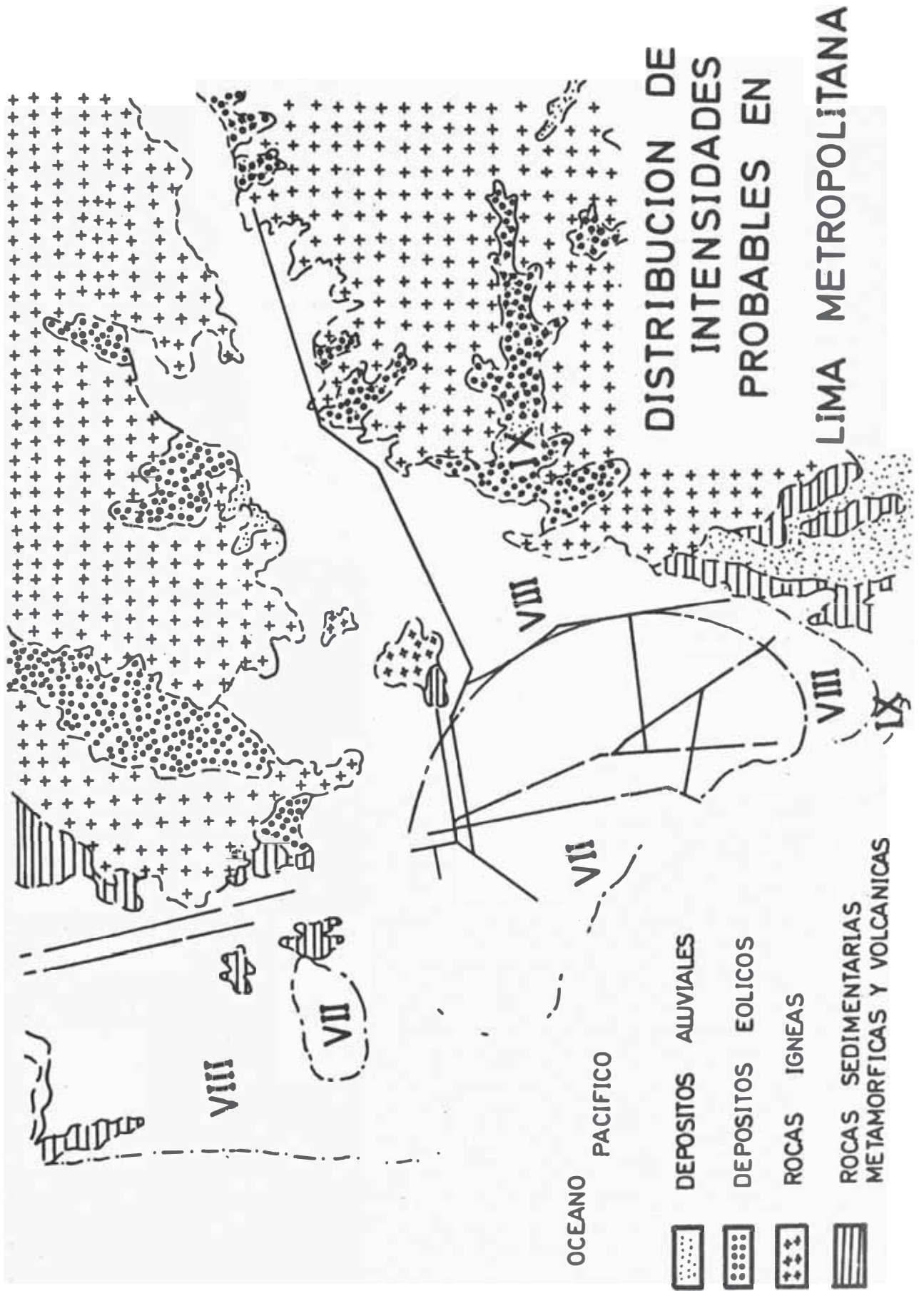
El presente capítulo es el estudio y análisis de los problemas que se presentarían en Lima al producirse un terremoto cuyo grado de intensidad fuera el grado VIII, en la escala de Mercalli Modificada.

Este estudio se complementa con los hechos en los anteriores capítulos, ya que en los sistemas de agua y desagüe intervienen en forma prioritaria los siguientes factores: Factor intensidad (epicentro)

Factor suelo y geología de la región.

Estado en que se encuentran las redes.

Después de analizar cada una de las siguientes partes que componen el sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado, haciendo ver sus posibles fallas y teniendo en cuenta la magnitud de intensidades que se producen en las diferentes zonas según el tipo de suelo en que se encuentran, para lo cual es muy importante observar el plano de distribución de las intensidades probables que se pueden producir en Lima Metropolitana (figura adjunta), teniendo como factor preponderante el suelo. Luego se dan a conocer las acciones a tomar en estas circunstancias, en corto y mediano plazo para salvaguardar la vida de la población y un abastecimiento en buenas condiciones de agua potable, así como --



también el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

También en el presente capítulo se dan a conocer una serie de precauciones para estar preparados y hacer -- frente a este tipo de desastres, dando una educación sanitaria a toda la población.

## IV.2 PROPOSITOS Y OBJETIVOS DEL PRESENTE CAPITULO.

El propósito del presente capítulo, es el de -- promover la difusión y puesta en práctica de las medidas -- más eficaces para asegurar la prevención, atenuación o re-- medio oportuno de los problemas de saneamiento, derivados de situaciones de desastres.

Los objetivos fundamentales que se persiguen son:

- Examinar los principales problemas de saneamiento que se presentan como consecuencia de una catástrofe .
  
- Presentar y discutir la metodología de análisis de -- vulnerabilidad de los componentes de los sistemas de-- agua potable y alcantarillado, en relación a un terredo.

moto de intensidad VIII M.M. o un desastre de similares consecuencias.

- Recoger experiencias sobre las acciones inmediatas para restaurar los servicios de agua potable y alcantarillado, así como sobre técnicas especializadas que se aplican en estos casos.
- Relaciones con el SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, las acciones para la restauración de estos servicios.
- Interesar a las dependencias que administran los servicios de agua potable y alcantarillado, así como los servicios de Saneamiento Ambiental, en la urgente necesidad de formular planes especiales para casos de catástrofe o emergencias.

Tener un padrón de todos los pozos de abastecimiento de agua a la población y el posible apoyo que estos puedan dar en caso de falla de la red troncal de abastecimiento de agua en uno de sus puntos.

- El bloqueo estratégico mediante las válvulas de seccionamiento, de abastecimiento de agua en una zona determinada en donde haya falla o un intento de polución de las aguas potabilizadas, que puedan amenazar la

lud pública.

- El tratamiento rápido del agua para el abastecimiento de la población.
- El rápido restablecimiento del sistema de abastecimiento de agua potable en caso que estos hayan sufrido alguna falla.

### IV.3 PERIODOS IDENTIFICABLES EN UN DESASTRE.

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, para analizar los efectos y las medidas a tomar en casos futuros. Aún a riesgo de simplificar las situaciones, que no son idénticas pero si comparables. Se podrían identificar los siguientes períodos principales:

- 1.- PERIODO INMEDIATO.- Generalmente no superior a las 48 horas y que tiende a mejorar en lo siguiente si la ayuda se materializa.
- 2.- PERIODO DE EMERGENCIA.- Un lapso de unas dos o tres semanas de duración, esencialmente con aplicación de medidas de carácter no de

finitivo.

- 3.- PERIODO 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 a utilizar y aún los técnicos necesarios para salvar los servicios, aunque estos últimos por lo general actúan en los períodos subsiguientes.

Con el objeto de servir de base a futuras discusiones y mejoras que se pudieran dar a las acciones a tomar en los períodos antes mencionados, es quizás adecuado indicar brevemente las experiencias valiosas de Ingenieros que han estado en esas situaciones.

En el período INMEDIATO es recomendable (si el desastre puede preverse, como en el caso de algunas inundaciones o situaciones similares por análisis estadísticos) que se aceneje almacenamientos domiciliarios de agua previos al fenómeno o en el curso del mismo cuando los servicios no sean 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.

Simultáneamente se deben tomar las medidas para efectuar el servicio en el PERIODO DE EMERGENCIA, aquí la habilitación de uno o más pozos, ya sea del propio abastecimiento o de empresas particulares, es lo que la experiencia indica como lo 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 han sufrido deterioros; en estas cabe habilitar cuando se han obtenido 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.

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.

#### IV.4 PROBLEMAS INMEDIATOS QUE SE PRESENTAN EN EMERGENCIAS - ACCIONES A TOMAR.

Además de los problemas inmediatos de saneamiento que indicamos a continuación, debemos mencionar el problema causado por los estados nerviosos y la psicosis colectiva, para los cuales será necesario la inclusión de Servicios médicos de emergencia. Este punto merece especial atención, dado que muchas veces debido a ello, se crea dificultades a la solución de los problemas inmediatos y posteriores.

Los problemas que se presentan en emergencias y a los que hemos llamado inmediatos son: Agua; Alimentos, alojamiento y lo que podríamos decir también eliminación de cadáveres de personas y animales. La destrucción, el desorden y la desorganización que crean los desastres, hacen que el problema sea el de resolver de inmediato estas necesidades esenciales, por lo tanto, los objetivos que se persiguen en esta primera fase son:

- Lograr que la gente se sienta protegida.
- Tratar de resolverles los problemas fundamentales de agua, alimento y alojamiento.
- Darle los servicios médicos fundamentales necesarios y urgentes, a fin de evitar la propagación de epidemias.



mias.

- Eliminar cualquier medio que pueda servir para la propagación de enfermedades.
- Ayuda del psicólogo para evitar el problema de psicosis.

En el presente estudio, consideraremos el problema fundamental del agua.

#### IV.4.a AGUA.-

Con el objeto de lograr un mejor control inmediato del problema creado en agua potable, por una emergencia, podemos clasificar la solución para que de esta forma sea más general y sea aplicable no únicamente a un medio urbano como es Lima sino de acuerdo al medio o sea: urbano y rural. Para diferenciarlos tomaremos como definición de medio urbano y medio rural el censo estadístico que determina, que urbano es todo poblado mayor de 2000 habitantes y rural aquel cuya población es menor de 2000 habitantes.

#### IV.4.b MANERA DE ABORDAR EL PROBLEMA DE EMERGENCIA INMEDIATA.-

Para solucionar el problema creado en una emergencia además de considerar si una población es urbana o rural, debemos tener en cuenta, si dicha población cuenta con servicios de agua potable o carece de ello.

El siguiente cuadro nos muestra claramente la forma como se abordará el problema.

MEDIO	AGUA POTABLE	SOLUCION AL PROBLEMA
URBANO: MAS DE 2000 HA BITANTES	CON SERVICIO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cloración</li> <li>2. Determinación del cloro residual</li> <li>3. Análisis bacteriológico</li> <li>4. EDUCACION SANITARIA</li> </ol>
	SIN SERVICIO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unidades portátiles para purificación del agua</li> <li>2. Determinación de pH y cloro residual</li> <li>3. Análisis bacteriológico</li> <li>4. EDUCACION SANITARIA</li> </ol>
RURAL: MENOS DE 2000 HA BITANTES	CON SERVICIO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cloración (hipoclorador de flujo difusión)</li> <li>2. Determinación del cloro residual</li> <li>3. Análisis bacteriológico</li> <li>4. EDUCACION SANITARIA</li> </ol>
	SIN SERVICIO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unidades portátiles de purificación de agua</li> <li>2. Determinación de pH y cloro residual</li> <li>3. Análisis bacteriológico.</li> <li>4. EDUCACION SANITARIA.</li> </ol>

#### IV.4.c. GENERALIDADES SOBRE CLORACION.-

La desinfección del agua se realiza mediante la aplicación de un agente químico, con el objeto de inhibir la reproducción de microorganismos patógenos y de atacar directamente los microorganismos existentes.

Fundamentalmente el agente químico empleado es el cloro o alguna sustancia química derivada, como son los hipocloritos de calcio o de sodio.

Todos ellos son desinfectantes energéticos que actúan directamente sobre el metabolismo (mecanismo de alimentación y crecimiento) del microorganismo considerado.

Existen, sin embargo, sistemas de desinfección por ozono o por rayos ultravioletas, cuyo uso es limitado especialmente debido al hecho de que no permiten, como los compuestos clorados, una acción residual que proteja el sistema de abastecimiento contra contaminaciones ulteriores.

El gas de cloro es aproximadamente dos veces y media más pesado que el aire, por lo que si se escapa, buscará alojamiento en lugares bajos. No es explosivo ni inflamable y si no está en presencia de humedad, no ataca al hierro, cobre o plomo. Sin embargo, puede atacarlos si la temperatura pasa de 90°C. En contacto con agua o humedad es -

particularmente corrosivo, siendo resistente a su ataque -- algunos metales, ciertas aleaciones o ciertos plásticos.

#### IV.4.d. EDUCACION SANITARIA.

En los casos de emergencia, se hace necesario realizar una campaña de educación de la gente, a fin de ha--cerles ver los peligros que representan las aguas contami--nadas y lograr que ellos realicen ciertas actividades ten--dientes a que tomen agua en condiciones bacteriológicas --buenas.

Esta fase tiene gran importancia, en especial -- para el caso de localidades que no cuentan con sistemas de agua potable aunque no deja de tener necesidad en el caso de poblados urbanos que cuentan con servicios de agua potable y en los cuales se hace necesario proporcionar información al público.

Esta fase educativa puede hacerse de diversos -- medios: televisión, radio, periódicos, películas alusivas, charlas, folletos que se entregan casa por casa etc.

Los fines de esta fase educativa se pueden sin--tetizar de la siguiente manera:

1. Lograr que la gente comprenda el peligro que

representan las aguas contaminadas.

2. Dar información sobre lo que se está haciendo en el aspecto del agua potable, a fin de que los pobladores conozcan la acción que se ha tomado.
3. Hacer conocer a la gente la forma en que pueden efectuar un tratamiento doméstico del agua, mientras se le da solución definitiva al problema creado.

Esta educación sanitaria de la población debe hacerse notar que es de suma importancia para afrontar las situaciones de desastre, a fin de crear conciencia en la población y que si fuera necesario participar en la reparación del sistema de agua potable.

#### IV.5 PROBLEMAS POSTERIORES QUE SE PRESENTAN EN SITUACIONES DE DESASTRE.- ACCIONES A TOMAR.

El análisis de los problemas que se presentan después de producirse el desastre y que se atienden en segunda prioridad después de resolver los problemas inmediatos, lo dividiremos en dos:

IV.5.A.- Abastecimiento de Agua (red de abastecimiento)

IV.5.B.- Eliminación de desechos (alcantarillado)

IV.5.A.- ABASTECIMIENTO DE AGUA.-

Los desastres, originan paralizaciones totales o parciales en el sistema de abastecimiento de agua.

Los problemas que se pueden producir en el sistema de abastecimiento de agua son:

- 1.- Destrucción de las captaciones (pozos, manantiales)
- 2.- Destrucción de la línea de conducción.
- 3.- Colmatación de las plantas de tratamiento.
- 4.- Destrucción de casetas y equipos de bombeo.
- 5.- Destrucción de la red de distribución.

En la mayor parte de los casos de desastre, a pesar de las medidas inmediatas aplicadas anteriormente, se produce la contaminación del sistema de agua potable, lo que hace necesaria una desinfección completa mediante el uso de hipoclorito, una vez que se han realizado las reparaciones pertinentes y el sistema va a ser puesto nuevamente en uso.

En general todo sistema público de distribución

de agua, sea grande o pequeño, debe estar preparado para adoptar las medidas de urgencia necesarias en el caso de desastre, pues se debe tener en cuenta que en esas circunstancias, el agua probablemente es la necesidad más urgente para la población, y que estos, la tomarán de donde puedan, este o no contaminada, con el consiguiente riesgo de epidemia sino se adoptan las medidas para asegurar el suministro de agua potable.

#### 1.A REQUERIMIENTOS PARA UN MINIMO DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA POTABLE DURANTE LA REPARACION DE AVERIAS.

En una emergencia tienen predominio las necesidades de agua para atenciones médicas. Reviste también casi igual importancia el aprovisionamiento de agua para los trabajadores y personas que se hallan concentradas en edificios Públicos y otras instalaciones de bien social, por causa del desastre. Las autoridades de Defensa Civil deberán determinar las más urgentes necesidades de agua potable, tan pronto como sea posible, después de haberse producido el desastre.

#### REQUERIMIENTOS EN CUANTO A CANTIDAD.

-En hospitales, asistencias públicas y otros centros médicos, la cantidad obtenida no deberá ser menor de 15 litros por persona, esta deberá incrementarse hasta proporcionar por lo menos 30 litros por paciente y por día.

Conforme se amplían los servicios médicos en los hospitales, se requerirán cantidades mayores de agua que permitan la limpieza, los trabajos esenciales de lavandería y otros requerimientos necesarios. Esto demandará por lo menos 50 litros/paciente/día.

2.- En los lugares en que se pueda proporcionar alojamiento y alimentación de emergencia con bastante facilidad, debe proporcionarse por lo menos 15 litros/persona durante las primeras horas, (10 ó 12) y aumentar posteriormente esta cantidad a 30 litros/persona/día, si es que las condiciones lo permiten.

3.- En los casos que los lugares de alojamiento y alimentación esten separados, la inmediata necesidad para los centros de alojamiento será de 8 litros/persona/día, solo para bebida y lavado de cara y manos y en los lugares de alimentación se proporcionará 10 litros/persona durante las primeras horas, para luego abastecer con 25 litros/persona/día, por lo menos.

4.- En lugares donde exista facilidades de desague, de alojamiento y se permita el agua para usos higiénicos normales la necesidad total será de 100 litros/persona/día.

5.- En casas y departamentos, los requerimientos de agua pa



ra el aprovisionamiento es de 15 a 30 litros/persona/día, lo cual es suficiente para bebida, cocina y limpieza.

6.- Cuando el sistema de desagües está intacto y se permite el uso normal de agua, se requerirá hasta 100 litros/persona/día para mantener las condiciones sanitarias de la comunidad.

#### 1.B LOCALIZACION DE LAS AVERIAS.

Una vez producido el desastre, se procederá a la localización inmediata de las posibles averías, para lo cual se efectuará la inspección de todo el sistema.

Para los efectos de esta inspección, se cuenta con la ayuda de los planos de la red, en los cuales consta el diámetro de la tubería, la localización de las válvulas e hidrantes con respecto a tres puntos fijos del terreno, el número de vueltas de apertura y cierre, el número de vueltas de funcionamiento y otros datos que se pudieran considerar necesarios.

La localización de fugas se efectuará por tramos, mediante el cierre de válvulas necesarias y verificando según las presiones existentes.

Igualmente, las fugas se verificarán con el empleo de un medidor calibrado, en el cual consta la cantidad de agua que entra a la sección que se está probando, bajo presión normal de trabajo durante un período de dos horas como mínimo.

La fuga permisible está dado por:

$$L = \frac{N D \sqrt{P}}{1850}$$

Donde: N, es el número de juntas en el tramo de la línea

D, es el diámetro nominal de la tubería en pulgadas

P, es la presión media durante la prueba de fugas en libras por pulgada cuadrada.

L, es el valor de la fuga permisible, está dado en galones por hora.

#### 1.C EQUIPO PARA REPARACIONES.

Será necesario constar con piezas de repuesto para los casos en que sea necesario, lo cual incluirá maquinaria, herramientas y piezas de repuesto.

También deben adoptarse disposiciones para tener un taller debidamente organizado para el caso de reparaciones.

En la mayoría de los casos, y según las dimensiones del sistema de distribución será necesario contar con el siguiente equipo pesado de operaciones:

- 1.- Varios camiones volquetes para el transporte de tuberías de menos de 25 cm. de diámetro
- 2.- compresor de aire, perforadoras y martillos neumáticos.
- 3.- Bombas de achique, provistas de mangas para mantener secas las zanjas durante el trabajo.
- 4.- Generadores eléctricos con cables de extensión y dos reflectores para el caso de trabajos nocturnos urgentes.
- 5.- Una pequeña grúa con capacidad para 2.5 T.m. sobre neumáticos, provista de un gancho de seguridad con rótula de bola y capaz de hacer giros de 180°

En el caso de no contar con este equipo, se deberá tener información acerca del lugar donde se pueda conseguir de inmediato para efectuar las reparaciones de emergencia.

#### 1.D. COMPROBACIONES SANITARIAS.-

Se deberá establecer estaciones de muestreo en varios puntos del sistema de distribución, para comprobar que el agua que se entrega al servicio llega en condicio-

nes sanitarias y estética aceptables. El número de éstas es función directa del tamaño del sistema de distribución.

### 1.E. SIFONAMIENTO.-

Desde el punto de vista de la salud pública, el sifonamiento constituye uno de los mayores riesgos en los sistemas de instalaciones sanitarias. El sifonamiento es la contracorriente o contraflujo de las aguas utilizadas, contaminadas o polutas, procedentes de un aparato sanitario, que vuelve a las tuberías de abastecimiento de agua, debido a presión negativa (vacío) en algunas de estas tuberías.

La creación de vacíos en los sistemas de abastecimiento de agua no es hecho raro y puede ocurrir por varias causas, a saber:

- El cierre y drenaje de un sistema para efectuar reparaciones. Esta operación tiende a eliminar el agua de los sectores superiores del sistema en los que, de no permitirse la admisión de aire, se creará un vacío en las tuberías. La misma situación existe cuando una rotura provoca el drenaje del sistema.

Las demandas considerables de agua, que obligan a extraerla de los sectores superiores del sistema de tuberías.

Esto sucede principalmente en los Edificios antiguos, en cuyos sistemas de instalaciones sanitarias se han instalado aparatos adicionales.

- Las bombas instaladas en el sistema o la acción de -- bombas contra incendios con extracción de agua de un sistema, pues todas ellas pueden reducir las presio-- nes por debajo de lo normal.

Durante los períodos de presión negativa o vacío, la contaminación puede introducirse fácilmente en el sistema. El mejor modo de explicar este fenómeno es utilizar un sifón simple para trasegar agua a través de una cañería desde un nivel elevado a otro más bajo. Esta situación es análoga a la que se produce en el caso de que el agua procedente de aparatos sanitarios regrese al sistema de abasto de agua de los aparatos situados en los pisos bajos del mismo edificio.

- Cuando el terminal de las tuberías de abastecimiento de agua queda por debajo del borde del aparato sanitario, se establece una posibilidad de sifonamiento. Los inodoros y urinarios que se limpian mediante válvulas de limpieza automática, constituyen una fuente grave de contaminación si no están debidamente protegidos. La válvula de limpieza automática se cierra por la presión del agua. En caso de ocurrir un vacío, el contenido de la taza puede reingresar a las tuberías-

de suministro de agua a través del orificio de entrada de la descarga de agua, situada en la base del sifón

#### MEDIDAS A ADOPTAR CONTRA EL SIFONAMIENTO.-

- 1.- El sistema de distribución de agua debe de estar bien diseñado, desde el punto de vista hidráulico, para asegurar una adecuada capacidad de suministro a todos los aparatos, presentes y futuros, conectados con el sistema. Esto supone un estudio detenido de las disponibilidades de presión en la tubería principal o en la tubería de servicio, las necesidades de agua de cada servicio, las pérdidas de presión por fricción dentro del sistema y la diferencia de nivel entre la tubería de servicio del edificio y el aparato instalado a mayor altura. Para que todos los aparatos funcionen satisfactoriamente, habrá de mantenerse en ellos las presiones mínimas proyectadas que son: de 0.5 a 1.8 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 2.- Un diseño apropiado desde el punto de vista hidráulico, protege contra la posibilidad de producción de vacío en el sistema de distribución de agua durante sus períodos normales de funcionamiento, pero no contra los casos en que la presión de agua se pierde por cierre del sistema durante períodos de reparaciones ú otras eventualidades. A consecuencia de ésto, cada aparato o accesorio debe estar protegido contra el sifonamiento, bien suministrando agua al aparato o accesorio mediante un espacio-

de aire o utilizando un dispositivo para evitar la contracorriente (interruptor de vacío). El espacio de aire se facilita instalando el grifo por encima del nivel del rebosadero del aparato accesorio. Los espacios de aire recomendados para los aparatos de fontanería son:

APARATO ACCESORIO	ESPACIO MINIMO DE AIRE
Lavabo	2.54 cm.
Fregadero o lavadero	3.80 cm.
Boca de bebederos	1.90 cm.
caños de más de 2.5 cm. de diámetro	El doble del diámetro de la salida.

El interruptor de vacío deberá instalarse en los inodoros y urinarios que estén equipados con válvulas automáticas de descarga de agua. Este interruptor permite la entrada de aire en el sistema de distribución de agua, eliminando así el vacío y evitando que el agua del aparato vuelva al sistema. El dispositivo para evitar la contracorriente deberá situarse en el lado de descarga de la última válvula de control del aparato, y cuando menos 10 cm. por encima del borde del mismo.

#### 1.F DESINFECCION DE LAS TUBERIAS TRONCALES NUEVAS O REPARADAS.

Ya se hizo mención anteriormente, que en casos-

de desastres se produce la contaminación de las tuberías , principalmente cuando las fallas se producen en los cruces de las tuberías de abastecimiento de agua y alcantarillado. A pesar de que durante la reparación se tomen las medidas necesarias para mantener el interior de la tubería y los aditamentos libres de desechos y de contaminación, se debe llevar a cabo la limpieza a chorro de agua y la desinfección de la tubería, para tener la seguridad de que se está entregando al servicio una agua potable garantizada.

En caso de no haberse terminado con la reparación si no se va a efectuar este trabajo en forma ininterrompida, se hará necesario el uso de tapas o cubiertas para las bocas, para evitar que entren animales, insectos o el drenaje superficial.

El lavado de la tubería deberá hacerse con el chorro a presión, el cual elimina basuras y desechos.

La desinfección de las superficies interiores de una troncal nueva o reparada es más difícil que la desinfección del agua polucionada, debido a que el cloro debe penetrar a través de capas de materia orgánica pegadas a la superficie.

Antes de proceder a la desinfección es esencial el limpiado y lavado a presión de las tuberías.



El yute, hilados o cualquier material de unión en tuberías, deberá desinfectarse colocándolo en recipientes que contengan una solución de cloro en una proporción de 50 p.p.m. por un período de 30 minutos.

El motivo para que la dosis de cloro sea mas alta (50 a 200 p.p.m.), es porque en la práctica, el agua usada es ya clorinada. El límite inferior de 50 p.p.m. se recomienda para los casos en que el cloro permanece en contacto con el agua de las tuberías por espacio de 20 a 24 horas; pero deberá usarse la dosis más elevada cuando se sabe que las tuberías troncales contienen materia orgánica, la cual no puede ser removida con el lavado a presión, o también se deberá usar cuando el período de desinfección a usarse es muy corto.

El mínimo tiempo de desinfección que debe emplearse es de 30 a 60 minutos.

Se conocen varios métodos para la desinfección de las tuberías. La AWWA, permite el uso de hipoclorito de calcio o de sodio, cal clorada, cloro gaseoso o cloro líquido para tal propósito. El hipoclorito de calcio es fácil de aplicar y seguro, pero se debe cuidar que éste no pierda su eficiencia como consecuencia de una exposición prolongada a la atmósfera.

1. También se puede efectuar la desinfección de la línea mediante el uso de un inyector portátil de cloro gaseoso, el que puede entregar grandes cantidades de cloro y es especialmente útil en la desinfección de tuberías de ~~var~~ ~~diámetro~~ ~~gr~~. Estas unidades pueden operar con motor de gasolina cuando no se cuenta con energía eléctrica.

Sea cual fuere el método a seguir, se procederá luego a un lavado a chorro de agua de toda la línea, para eliminar el agua intensamente clorada, antes de que la línea sea puesta nuevamente en servicio.

#### 1.G DESINFECCION DE RESERVORIOS, TANQUES ELEVADOS Y ESTRUCTURAS SIMILARES.

Las indicaciones siguientes se refieren a la desinfección de reservorios y tuberías (verticales) de ingreso al reservorio sean nuevos o reparados, con el objeto de destruir cualquier polución incidental de bacterias durante el trabajo.

Las paredes y fondo de tales estructuras deberán limpiarse tanto como sea posible para remover toda suciedad y materia excedente; esto facilitará enormemente la desinfección, pueden ser los siguientes procedimientos:

1.- Aplicación directa de una fuerte solución de cloro en las superficies interiores de las estructuras.

Esta solución de cloro fuerte se prepara disolviendo -

120 gramos de cloro o 45 gramos de hipoclorito de calcio en cada 150 litros de agua.

El polvo deberá prepararse en forma de pasta y entonces añadir el agua. Si se usa hipoclorito de sodio o líquido blanqueador se añade 600 ml. al 5% del líquido blanqueador.

Estas proporciones dan una solución 200p.p.m. de cloro obtenible. Esta solución concentrada es rociada sobre la superficie interior de la estructura vacía usando un equipo esparador ó aplicando con escobillas del tipo lavado blanco, la superficie desinfectada deberá permanecer en contacto con la solución concentrada, por lo menos 30 minutos antes de que la estructura sea llenada con agua.

2.- Aplicación de cloro o hipoclorito de calcio directamente en el agua a usarse llenando la estructura nueva o reparada. Se acostumbra una dosis de 50 p.p.m., el desinfectante en polvo debe hacerse pasta y luego mezclarlo completamente con agua.

#### V.5.B ELIMINACION DE DESECHOS.

Una vez concluída la ayuda de emergencia en el desastre, se hace necesaria la rehabilitación de los servicios existentes o en caso contrario, la construcción de servicios que tiendan a beneficiar a la población y evitar la propagación de enfermedades y epidemias.

Los problemas que se presentan en este punto son:

1.- En lo que se refiere a la eliminación de excretas humanas:

- Obstrucción o atoro de las redes de desagüe.
- Colmatación en las redes.
- Fallas en uniones de tuberías
- Destrucción de las redes.
- Problemas que pueden presentarse en la planta de tratamiento de aguas servidas.

2.- Eliminación de basuras y desperdicios:

El problema aquí consiste en la organización del servicio de tal manera que pueda efectuarse el servicio ordinario de limpieza en forma adecuada.

3.- Eliminación de desmontes y escombros originados por el desastre.

1.- ELIMINACION DE EXCRETAS HUMANAS.

1.a.- OBSTRUCCION, ATORO Y COLMATAACION DE REDES.-

Esto se presenta generalmente cuando existen sistemas de recolección para agua de lluvia que permiten el ingreso de avenidas dentro de las redes o, también, cuando existen registros sin tapa.

Cuando ocurre la colmatación, obstrucción o atoro de las redes, es necesario contar con ciertos equipos

que permitan una limpieza rápida y efectiva de todo el sistema de alcantarillado.

Entre los equipos a usar podemos citar a:

- supersondeador
- Desazolvadoras
- Pickup - Loder

#### 1.b.- FALLAS EN LAS UNIONES DE TUBERIAS.-

Tomando en cuenta que la mayoría de las tuberías que se usan en el País, están normalizadas por el Instituto Nacional de Normas (INANTIC) se puede afirmar que el comportamiento de ellas en caso de sismos, ha sido satisfactorio, habiéndose encontrado fallas y filtraciones en las uniones, sobre todo en las tuberías rígidas. Ocurrido el sismo, las fallas que se producen, se pueden ubicar por las filtraciones o pruebas hidráulicas por tramos, para proceder a su reparación. De ser posible sería recomendable la revisión de todas las uniones y tramos de tuberías que se prevee han podido afectarse por la fuerza del sismo. Cuando sea necesario debe efectuarse nuevas instalaciones en zonas sísmicas.

#### 1.c.- DESTRUCCION DE REDES.

En los casos en que las redes se destruyan total o parcialmente, para su rehabilitación es necesario contar con planos y perfiles de la red destruída, a fin de pro

ceder de acuerdo a los aspectos técnicos y económicos con la construcción total o parcial de la nueva red que reemplazará a la anterior.

1.d.- PROBLEMAS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.-

Se Pueden producir dos casos:

- A) DESTRUCCION DE LA PLANTA.- Es necesario contar con los planos de la planta para proceder a su reconstrucción. De no contar con los planos de la antigua planta, se deberá proceder a diseñar la planta más adecuada de acuerdo a las necesidades y características de la población, teniendo presente su diseño estructural antisísmico.
- B) COLMATAACION DE LA PLANTA.- Se procederá a una limpieza manual con el personal a disposición, esto en el caso de una planta pequeña.

Para el caso en estudio, o sea para la planta de tratamiento de Lima, sería necesario contar con el auxilio de equipos mecánicos de limpieza.

#### IV.6 ANALISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE LIMA METROPOLITANA AL PRODUCIRSE UN TERREMOTO DE GRADO VIII M.M.

De lo expuesto en los capítulos precedentes, - 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 decir que para poder tratar - de establecer la vulnerabilidad de los elementos constitutivos de los servicios de agua potable y alcantarillado, no existe una pauta ni un sistema de valorización universal, por cuanto tal evaluación está necesariamente ligada a las condiciones locales particulares en cada caso, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La ubicación geográfica
- Características topográficas, geológicas.
- Calidad del suelo y subsuelo
- Estabilidad general de los suelos a lo largo del recorrrido 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 del sistema de agua potable y alcantarillado de Lima Metropolitana, presento a continuación el análisis realizado.

1.- CAPTACION.- La ciudad de Lima tiene su captación de

origen superficial en el río Rimac y también de origen subterráneo, mediante pozos artesianos que en su totalidad pasan los 2000.

En las captaciones de origen subterráneo, pueden ser profundamente afectadas por los sismos que alteren directamente la fuente de captación o las instalaciones necesarias para su alumbramiento sean ellas estructurales hidráulicas o electromecánicas, dependiendo esto, de su ubicación, tipo de suelo en que se encuentra y su distancia al epicentro. 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. Las estructuras de las obras de captación de aguas freáticas en su generalidad son metálicas de hierro fundido, tienen capacidad para absorber los esfuerzos de tracción-compresión, sus propiedades sismo-resistentes son buenas. Por otro lado, se tienen especificaciones técnicas como alineamiento, verticalidad o pendiente de las captaciones, que están obviamente ligadas a la consistencia, estabilidad, inalterabilidad y comportamiento de los suelos frente a las ondas sís-



micas.

En lo que <sup>se</sup> refiere al sistema de captación de aguas superficiales, las obras de captación pueden ser afectadas tanto por los sismos como por las inundaciones, cuyos efectos destructivos inciden en grados variables. Teniendo en cuenta que el suelo donde se encuentran estas obras es hormigón y las estructuras son de concreto armado, se estima que al producirse un sismo de grado VIII, se producirán daños pero no de consideración los cuales son:

a) En las BOCATOMAS.- En la bocatoma de "ENCALADA" se estima se produzcan rajaduras en los solados del barraje.- Los muros de contención es probable que se desplomen, pero sin volteo.

En la bocatoma "SURCO", se estima que se producirán agrietamientos en los muros laterales y en el solado.

2.-CONDUCCION. 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 sismos o inundaciones.

En los casos de conducciones por gravedad des

de captaciones superficiales, su vulnerabilidad crece proporcionalmente a su longitud y a las características locales de los terrenos de su recorrido, en nuestro caso los daños que se produgeran bajo un terremoto de grado VIII, serían;

- a) CONDUCTO DE 96".- Es probable que se produzcan fisuras en la curva de 90° en las cercanías de la bocatoma; también debido a su longitud aproximada de 600 m en tangentes, puede haber roturas en las uniones.
- b) CONDUCTO "SURCO-DESARENADORES".- Igual que en el caso anterior es probable que se produzcan fallas en las uniones, también algunas roturas, esto debido a su longitud (es más largo que el anterior)
- c) DESARENADORES.- Posibles rajaduras en los embancamientos en los cambios de dirección.-Rajaduras de consideración en las zonas de contacto que podría ocasionar un colapso.- Ocurrirían desprendimientos de rocas, del cerro hacia el estanque.
- d) CONDUCTOS DE DESCARGA DE LOS DESARENADORES Y DEL ESTANQUE REGULADOR A LAS UNIDADES DE PRIMERA SEDIMENTACION.- Se estiman que se produzcan rajaduras en el canal principal que sale desde los desarenadores; falla completa en los canales auxiliares; el tubo de 72" se sería afectado en la zona de contacto con el estanque

3.- TRATAMIENTO.- Dadas sus características de obras hidráulicas compactas, diseñadas para soportar altas

presiones hidrostáticas en todas las posibles - condiciones que puedan ocurrir durante su operación, son de material noble, por lo que son bastante resistentes sísmicamente. La vulnerabilidad en estas estructuras esta principalmente en la ubicación de las edificaciones que albergan los servicios y equipos necesarios de operación con relación a las características locales topográficas y geológicas. En caso de producirse un sismo de grado VIII tendríamos los siguientes problemas:

- a) EN LAS POZAS DE SEDIMENTACION FINA.- Se estima rajadura con asentamientos en los embancamientos; roturas en los canales de alimentación asi como los de recolección.
- b) DECANTADORES.- Desprendimiento y roturas de los tubos colectores de agua decantada, asícomo también de los deflectores y las tuberías de distribución de flujo. Se estima también posibles roturas y asentamientos de las tuberías de alimentación y descarga de los - decantadores.
- c) FILTROS.- Daños en los filtros y canales por posibles asentamientos del terreno de relleno; desprendimiento de las tuberías empleadas en el lavado de los filtros.

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 en el acápite anterior, en razón de su función dentro del sistema

de abastecimiento de agua potable, deben considerarse 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 más vulnerable a los efectos de la aceleración horizontal de los sismos, y a la erosión que ciertos tipos de inundaciones pudieran producir. Al ocurrir un sismo de grado VIII se producirían los siguientes problemas:

- a) EN RESERVORIOS.- En B-1: fallas y desplome de tabiques del canal de circulación dentro del reservorio; fisura en las losas de los taludes y techo sin desprendimiento.

En MENACHO: Fallas en las vigas de los techos y agrietamiento en las paredes en los dos primeros y en los N° 3 y 4; fallas y rajaduras en los taludes que comprometen su estabilidad; es probable que queden fuera de servicio.

En ANSIETA: Posibles rajaduras en las paredes del reservorio con fuertes filtraciones.

- b) EN POZOS TUBULARES.- algunos pozos por su cercanía al epicentro o por estar en suelos que amplifican las ondas sísmicas o sujetos a licuefacción o densificación pueden fallar completamente quedando fuera de servicio. Otros pudieran estar paralizados debido a la pérdida de verticalidad y alineamiento. En aquellos sitios donde el nivel freático es poco profundo podría tener problemas de contaminación.
- c) ENERGIA ELECTRICA.- Los postes y transformadores se podrían ver afectados, imposibilitando la operación de los sistemas eléctricos de la planta

5.- ADUCCION.- Este tipo de obras presenta vulnerabilidades - semejantes a los de conducción, condicionadas -- desde luego a las características locales exis-- tentes. Al producirse un sismo de grado VIII M.M. en la región central de la Costa del Perú con epicentro en Lima, se observarían los siguientes daños:

- a) EN LA TUBERIA DE 72",- Debido a su longitud de 5.2 Km y a la no homogeneidad del suelo, - pueden sufrir colapsos, fallas en las uniones, en los codos, etc. Es poco probable fracturas debido a que las tuberías son de acero pretensado.
- b) EN LA TUBERIA DE 50".- Tiene una longitud de 2.2 Km y son de concreto armado, aquí pueden producirse fallas en las uniones, codos, raja duras en las paredes.
- c) CANAL DE GALERIAS.- Su longitud aproximada es de 4.1 Km, pueden producirse rajaduras y otras averías similares.

6.- RED DE DISTRIBUCION DE AGUA.- Los daños que se pueden producir en este tipo de instalaciones pueden ser - graves si no se pone remedio inmediato, pues causarían inundaciones, contaminaciones etc, que pu

dieran aún agravar más los daños ocasionados por el terremoto. Su comportamiento al producirse un terremoto de grado VIII sería (el análisis se ha hecho teniendo presente la red troncal del plano N° 2 así como el tipo de suelos que atravieza la tubería y el plano de intensidades posibles para Lima Metropolitana)

- a) RED TRONCAL. - Por lo general sabemos que el suelo de Lima es bueno, también la zona de la red de tuberías de abastecimiento de agua comprende: El Rimac, el Agustino, Lima, parte del Callao, Breña, Jesus María, Pueblo libre, Magdalena, parte de San Miguel, Lince, La Victoria, San Isidro, Miraflores, Surquillo, parte de Surco, Chorrillos, Barranco, zonas que por lo general cuentan con buen suelo, salvo Chorrillos, Barranco y parte del Callao. Por otra parte cabe hacer mención, que el sistema de abastecimiento de agua en La Victoria, Balconcillo, Surquillo y Rimac son antiguos por lo que su buen desempeño deja que desear. La zona del Callao cuenta con redes que ni siquiera tienen planos, por lo que también deja mucho que desear y aún más en este último caso el suelo es malo por lo que aquí sí se presentaría un serio peligro tanto con las redes de agua como las de alcantarillado.

En cuanto a la red troncal que se observa en plano N° 2 se observa que principales son aquellas cuyo diámetro es mayor, por lo que una vez producido el sismo se debe hacer un chequeo de su buen funcionamiento, teniendo prioridad como se mencionó anteriormente aquellas de mayor diámetro pues su falla cortaría el agua a una mayor área.

En lo que se refiere al material de que están hechas las tuberías: las de concreto son fácilmente afectables por el sismo de hipótesis puesto que su resistencia a la flexión e impacto es poca o nula. Las tuberías de fierro fundido tienen mayor resistencia que las anteriores por lo que si se producen fallas mayormente estas serán en las uniones. Las tuberías pretensadas por poseer alto grado de flexibi-

lidad y resistencia buena a la compresión, - flexión e impacto se prevee un buen desempeño después del sismo, salvo aquellas que debido a encontrarse en suelos malos puedan fallar.

- b) ESTACIONES REDUCTORAS.-- En las estaciones reductoras de presión y válvulas de cierre, se prevee que no deben ser afectadas o dañadas por los efectos del sismo en hipótesis, pero eso sí las más importantes son aquellas donde ingresan tuberías de mayor diámetro y su chequeo de su funcionamiento debe ser periódico.
- c) TUBERIAS DE SERVICIO.-- En cuanto a las tuberías de servicio o red de relleno, los daños que estas puedan sufrir por la hipótesis asumida, afectaría localmente y aún siendo de gran magnitud el número de estos daños, estos son perfectamente controlables y de fácil re-habilitación.

7.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO.-- Las obras que constituyen un sistema de alcantarillado se ven afectadas seriamente en caso de inundaciones que pudieran producirse a consecuencias de sismos, pues resultaría 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 resamamiento o la excesiva carga producida. Los materiales sólidos y el limo que arrastren las aguas durante las inundaciones, se depositan en las alcantarillas pudiendo llegar a obstruirlas totalmente, cuando la velocidad de aquellas decrecen. Las estaciones de bombeo quedan frecuen

temente anegadas , afectándose seriamente los equipos e instalaciones electricas.

Como los sistemas de alcantarillado son rígidos y de nula resistencia a flexión, estas sufren considerablemente durante las vibraciones sísmicas y en esto influyen aún los efectos de los diferentes tipos de suelos y su longitud. Es muy frecuente la rotura de los colectores en las proximidades de los buzones, como consecuencia del diferente comportamiento 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.

Esto es una visión panorámica de las consecuencias que ocasionaría el sismo en el Sistema de Alcantarillado; a esto hay que agregar ciertos problemas que existen y que son muy posibles que ocasionen problemas; estos son:

- a) Destrucción de la caseta de Bombeo, ubicado en el Parque HENRY DUNNANT (Distrito de Miraflores) y como consecuencia de la paralización del fluido eléctrico se produciría los desbordes de las aguas servidas con tendencia a dirigirse hacia los acantilados de la costa Verde.
- b) Fallas de tuberías de este sistema en zonas del Callao, especialmente en las zonas de Chucuito, Guardia Chalaca y el área del terminal marítimo debido, a que este suelo está



expuesto a licuefacción.

- c) fallas en las tuberías de la zona de Villa, debido a licuefacción que pudiera producirse en el suelo.
- d) fallas en las tuberías de alcantarillado en la zona de la Molina, Chorrillos, Barranco, Rinconada alta por asentamiento del suelo -- pues está sujeto a densificación.
- e) Finalmente, en los puntos donde haya cruces de las tuberías de abastecimiento de agua y alcantarillado y fallen en esos puntos, pueden producirse la contaminación. Esto ocurriría en las zonas mayormente que posean suelo blando y esten expuestas a licuefacción o -- densificación.

8.- COLECTORES.- En este caso estas obras se ven afectadas - en forma semejante a lo indicado en el acápite anterior, por supuesto que una falla de estas - tuberías tendría mayores consecuencias desastro - sas que las anteriores. Normalmente cuando las tuberías son de mayor diámetro, se construyen - con refuerzo estructural, lo que permiten que - soporten mejor los efectos sísmicos, reduciendo se en parte su grado de vulnerabilidad; aunque aquí es importante mencionar los desastres que se podrían producir con mayor probabilidad y -- que son:

- a) Destrucción del tramo del colector costanero que sirve de caída desde el nivel de la vía costanera hasta la playa, donde los desagues son vertidos. Este daño ocasionaría la erosión del acantilado y como consecuencia pondría en peligro la avenida Costanera y la Avenida La Paz.

- b) Destrucción de la Cámara de Reunión en el cruce de la Avenida Argentina con la avenida Antonino.
- c) Destrucción de la Cámara de Bombeo, ubicada en la plazoleta que existe en el cruce de la avenida Guardia Chalaca con la avenida Argentina.
- d) Posible obstrucción del tunel interceptor Surco, debido a los deslizamientos de tierras del cerro La Chira.
- e) Destrucción del buzón que existe debajo del Puente Balta, a un costado de la avenida circunvalación, perteneciente al colector N° 6, por encontrarse tanto la estructura como la tubería al descubierto.
- f) Hundimiento de las vías de la Lima antigua a consecuencia de la destrucción de los Albañales.
- g) Los colectores COSTANERO y BALNEARIOS del SUR están más expuestos a la acción sísmica por encontrarse en zonas de barranco y en lomas de relleno.
- h) En la zona de Chorrillos, los lugares ubicados cerca a los cerros y con la napa acuifera alta están sometidas en forma más intensa a las acciones sísmicas, En este distrito se encuentran el interceptor surco y sus tributarios el N° 23 y el circunvalación.
- i) Las tuberías de alcantarillado como los colectores que están en mal estado se encuentran principalmente en los distritos de Breña, Miraflores, Surquillo y la Victoria.

9.- **DEPURACION.**- Siendo estas obras comparables e semejantes a las de tratamiento, presentan los mismos problemas que se han hecho mención en 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 a lo originado 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.

Las descargas al mar en la avenida Costanera son tres y están ubicadas a las alturas de las cuadradas 14, 17 y 24 de la avenida La Paz. La de la cuadra 14 es un rebose que funciona por falta de capacidad del tramo final del colector Costanero y se encuentra descargando al mar a una altura aproximada de 15 metros y en forma de chorro libre, debido a la rotura y desprendimiento de las partes terminales de la tubería; la situación en que se encuentra esta descarga es sumamente crítica, pudiendo fallar en cualquier momento con el peligro de erosionar el barranco mediante el chorro del desague.

En la cuadra 17 se encuentra la descarga a tajo abierto del ex-canal de riego Maranga, usado en la actualidad como colector de desagües; esta es de mampostería y se encuentra deteriorada ofreciendo el mismo peligro de la descarga anterior.

La descarga de la cuadra 24 es el emisor principal del área drenada por el colector Costanero. En la actualidad dicho emisor se encuentra quebrado por la acción del mar y la parte que ha quedado en pie está protegida por un enrocado, cuyas piedras están cediendo progresivamente a las fuerzas de las olas. En caso de que fallara esta defensa se produciría la erosión del barranco de la Avenida Costanera, con graves e imprevisibles consecuencias.

#### IV.7 IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE RECUPERACION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO POST - DESASTRES.

Las razones principales que justifican y hacen de vital importancia un estudio concienzudo de una planificación y programación tanto de recuperación como de reconstrucción de los sistemas de abastecimientos de agua y alcantarillado después de producido un sismo, son las si --

guientes:

- 1.- La magnitud de algunos desastres y su repercusión en los ámbitos económico, social y político es tal, que no es posible afrontar el problema con medidas inconexas y aisladas, que podrían, inclusive, agravar la situación. Esta es una razón de vital importancia para que después de un estudio de nuestra situación actual, adoptar un conjunto de medidas técnicas y científicas enmarcadas en una planificación que aporte determinados objetivos y metas, de cuenta de los recursos disponibles y analice todas las medidas a tomar en función de sus diversas implicancias.
- 2.- Como consecuencia de un estudio científico de las condiciones del suelo y la distribución de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, podemos prever los puntos críticos donde pueden fallar y estar alertas y tener stock para reconstruirlo, si fuera necesario, en un tiempo mínimo que garantice su funcionamiento normal.
- 3.- La inexperiencia existente en situaciones de este tipo, hace que no sea posible el adoptar soluciones definitivas, Por lo que es necesario un estudio permanente de especialistas dedicados a estas labores de investigación.
- 4.- Analizando el programa estrictamente desde el punto de vista de la planificación misma, un desastre de determinada magnitud puede hacer necesaria una modificación de los planes y programas de rehabilitación.

#### IV. TECNICAS APLICABLES A LA REHABILITACION INMEDIATA Y PLAN DE RECONSTRUCCION EN RELACION A SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

En el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado todo aquello que tienda a eliminar y disminuir una correcta dotación o a perjudicar la calidad de agua y del servicio de alcantarillado, constituye una emergencia.

Las acciones preventivas que se deben tener en consideración contra los desastres son:

- 1.- Diseño de las instalaciones con miras a un fácil mantenimiento, acceso y reparación.
- 2.- En lo posible tener, elementos duplicados, fuentes dobles, o una fuente de emergencia por lo menos. Equipos eléctricos y Diesel para el caso de fallas de energía o grupos de generadores.
- 3.- La fabricación y construcción de todos los elementos deberá contemplar la máxima resistencia posible.
- 4.- Las técnicas de construcción deberán permitir el rápido aislamiento de tramos y la utilización de accesos de reparación standard: tuberías, codos, uniones flexibles, etc.
- 5.- Medición de las fugas tanto en el sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado.
- 6.- En el caso de fugas en el sistema de abastecimiento de agua, introducir medios para aislar y medir tramos para facilitar la detención de fugas.
- 7.- En el caso de alcantarillado, estas fugas por fallas no se detectan lamentablemente sino por hundimiento de terrenos. Una técnica de aforos por tramos permitiría detectar anteladamente estas fallas o por examen directo de los tubos con equipos especiales.

8.- Finalmente, deben existir adecuados sistemas de trabajo y contar con:

- Normas - Especificaciones
- Planos de obras
- Catastros
- Almacenes bien dotados con materiales de reparación.
- Mantenimiento preventivo
- Equipo de emergencia (Desinfección, tratamiento, movimiento de tierras)
- Administración de Personal (Adiestramiento)
- Instrucción Sanitaria a la población.

A todo lo anterior agrego que: Cuanto más fuerte es una organización, más intensa será su respuesta ante las emergencias. La mejor prevención es organizar y presupuestar una institución fuerte.

Otro punto importante en la rehabilitación y reconstrucción es El PLAN DE ACCION. Lo ideal sería que la preparación de la población sea tal que cada individuo esté en condiciones de evaluar los daños en su área de trabajo y comunicarlo de inmediato a la jefatura.

La distribución del personal especializado, equipos y materiales debe ser inmediata.

En la emergencia, lo principal es restablecer la calma y confianza de la población, haciendo ver que se está tratando de aliviar y proteger a todos sobre todo a los más afectados.

Aquí se debe Establecer turnos de visitar a domicilios a fin de evaluar los daños visibles y futuros.

Visitas a las fuentes abastecedoras de agua a fin de ver su producción, calidad y contaminación.

Visitas a las estructuras de los Reservorios, plantas, locales, etc.

Verificar fugas en las tuberías.

Las acciones inmediatas a tomar deben ser:

- 1.- En lo posible, reducir las presiones en las redes para reducir fugas y asegurar el almacenamiento y prevenir la colmatación de desagües rotos, fracturados o desnivelados.
- 2.- Reforzar la desinfección para prevenir contaminaciones.
- 3.- Verificar el ahorro de agua.
- 4.- Brigadas para cerrar conexiones en casas destruidas.
- 5.- Brigadas para desatorar desagües.
- 6.- Maniobrar válvulas para aislar tramos afectados.



CAPITULO V

## V.1 INTRODUCCION.

Algunos fenómenos naturales que desencadenan desastres, pueden ser detectados antes que asésten 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 en vidas. La sismología, a pesar de su tremendo progreso en los últimos años, tanto en el aspecto puramente científico como en el desarrollo instrumental, esta 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 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.

Por todo lo expresado anteriormente en el presente capítulo sin pretender estudiar minuciosamente el diseño sísmico de una red, cosa que es nuevo en nuestro medio, se proponen ciertos criterios fundamentales que deben tenerse-

presente para el estudio sísmico de la red.

Al hacer un estudio sísmico, tenemos inicialmente tres parámetros fundamentales, que son: lugar, magnitud y tiempo de ocurrencia; los dos primeros parámetros se pueden predecir en base a experiencias pasadas y estudios geológicos y sísmicos de la región, pero el tercer parámetro sigue aún como incógnita para el hombre.

## IV.2 UBICACION DE LAS LOCALIDADES.

Al tratar de establecer la vulnerabilidad de las componentes básicas de un sistema de agua potable o 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:

- 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 latitud-

des hasta las cuales estos fenómenos son de efectos da-  
ninos

- 2.- Las inundaciones determinadas por precipitaciones plu-  
viales también presentan un marco de ocurrencia cícli-  
ca en determinadas zonas. Sin embargo debería tenerse  
en consideración que este fenómeno en ocasiones espe-  
ciales pueden alcanzar magnitudes excepcionales.
- 3.- Las inundaciones producidas por efectos de las aguas -  
marinas escapan normalmente a toda predicción, puesto-  
que su origen obedece a causas imprevisibles lejanas.  
Sin embargo, la ubicación relativa de determinados li-  
torales en zonas marinas de frecuente actividad sísmi-  
ca-tectónica nos permite considerar la posibilidad de  
la ocurrencia periódica de tales fenómenos.
- 4.- No obstante ser los sismos los fenómenos más impredec-  
bles, la sismología moderna nos permite conocer las zo-  
nas de actividad sísmica. En tal sentido sabemos hoy -  
en día que existe el llamado círculo circunpacífico y  
el de los mares mediterráneos que comprende cuencas ma-  
rítimas formadas por grandes hundimientos, a lo largo-  
de los cuales existen fallas o desequilibrio pronuncia-  
do de la corteza terrestre, en donde periódicamente la  
naturaleza tratando de buscar equilibrio estático de -  
presiones, libera energía suficiente para generar un -  
sismo. Consecuentemente, la ubicación de cualquier lo-  
calidad próxima a zonas sísmicas nos obliga a conside-  
rar la posibilidad de la ocurrencia de tales fenómenos.

### IV.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS SUJETAS A EVENTOS SISMICOS.

Los factores que más influyen en el comporta --  
miento de estructuras por acción de los sismos, pueden or-  
denarse de la siguiente forma:

- 1.- Distancia de la estructura al foco o zona epicen-  
tral ( profundidad del foco )

- 2.- Magnitud del sismo.
- 3.- Aspectos geológicos y de suelos de la zona en que descansa la estructura (incluido el nivel de la napa freática )
- 4.- Tipo y clase de la estructura.

#### V.4 METODOLOGIA PARA EL DISEÑO SISMICO DE UNA RED DE AGUA.

Para evaluar en orden y poder hacer el diseño sísmico de un sistema de abastecimiento de agua, sometida a los efectos que los terremotos tendrían en él; es necesario establecer un sistema (armazón) que servirá como una herramienta de análisis.

El paso segundo, es el acontecimiento de un evento sísmico para la región considerada, especificando la localización y magnitud de dicho evento. Muchas probabilidades pueden ser asumidas para dichos acontecimientos.

## 5 SEGURIDAD DE UN SISTEMA.

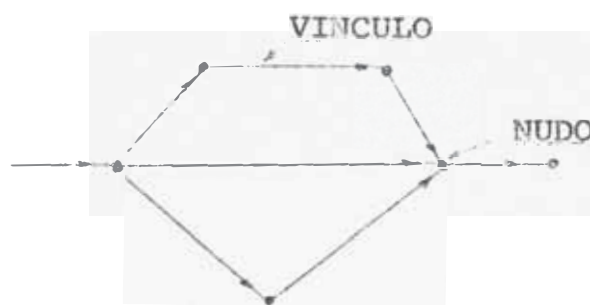
Al ejecutar el análisis de seguridad de un sistema complejo, es casi imposible tratar el sistema en su integridad. Por este motivo un sistema complejo para su análisis se deberá descomponer en una serie de sistemas más simples. Estos sistemas son más fácilmente analizables pues al final se contará con un sistema en serie o en paralelo.



En el análisis se deberán considerar uno de los dos estados en que queda cada elemento (bueno o malo) después de haber sido sometida bajo una acción externa. En el caso en que se encuentre en mal estado, se puede observar en base a los planos de la red con respecto a su situación en la ciudad, cuales serían las consecuencias que se producirían y como podríamos solucionarlo.

## 6 MODELO MATEMATICO DE UNA RED.

Una red horizontal de tuberías, está compuesto-típicamente de muchas ramificaciones o vínculos, encontrándose en una junta común llamada nudo.



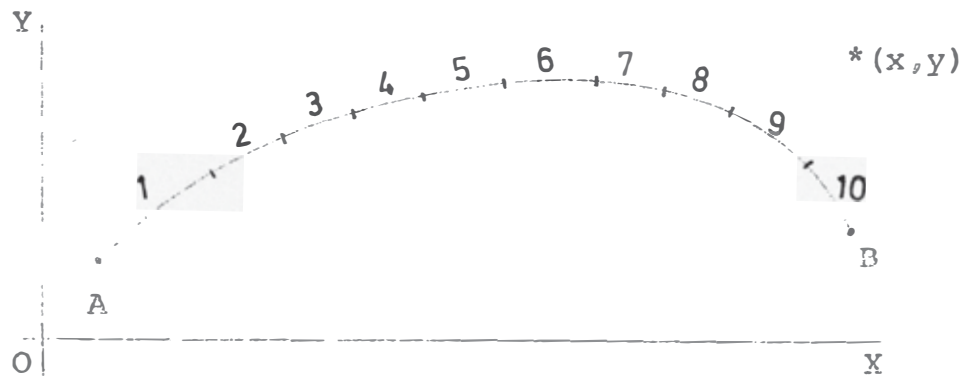
Como ya se dijo anteriormente, una red de tuberías puede ser muy compleja, por lo que analizarla completamente es casi imposible, el sistema de descomposición en mallas unitarias proporciona una gran ayuda. Es además fácil de generalizar un diagrama de bloque, describiendo su sistema de operación y es digno de confianza un análisis típico.

El análisis de la red, debe hacerse en concordancia con las leyes que gobierna la física. En el caso del análisis de nuestra red de tuberías donde circulan fluidos se deberá utilizar el método de Hardy Cross y la distribución del fluido es descrito como una función de las carac-

terísticas de las componentes individuales.

Una razón adicional por el cual es necesario el análisis de una red en sistemas simples es el de la descomposición espacial de la red de distribución.

Consideremos el sistema AB de la figura y asumamos que ocurre un terremoto de magnitud M en un punto  $(x,y)$



No obstante de que el sistema entero está sujeto a la acción del terremoto y tienen efectos perjudiciales, estos efectos son diferentes para cada punto del sistema ( el segmento N° 10 está mucho mas cerca del punto  $x,y$  que el punto N° 1 ). Para la descomposición de un sistema en "n" partes pequeñas, podemos asumir que cada parte está sujeta a algún efecto perjudicial.

De todo lo anterior vemos que una transformación es ahora posible desde la red horizontal real a una componente de la red unida en serie o en paralelo o en o -



tra configuración sujeta a un código combinatorio digno de confianza.

## V.7 ANALISIS DETERMINISTICO DE LA SITUACION DE UN PUNTO CON RESPECTO AL PUNTO ORIGEN DE AMENAZA.

El peligro de una red, con respecto a un futuro terremoto es materia del presente estudio.

En el presente análisis, se considera una -- distribución espacial del origen del terremoto, pero al elemento en riesgo solo se le considera en un punto particular. El desarrollo espacial de la red, compara a un punto-expuesto a falla con respecto a las demás de ese medio, -- que no han sido afectadas por el terremoto.

Aunque las diversas alternativas son igualmente factibles, es necesario en este punto adoptar una fórmula que permita calcular la debilidad de los diferentes puntos que componen la red ante una sacudida sísmica, para ello -- es necesario contar con datos estadísticos de:

- 1.- INTENSIDAD DEL TERREMOTO.- que sí lo podemos predecir en base a estadísticas de lo sucedido anteriormente.
- 2 EPICENTRO.- para poder determinar la longitud del segmento de recta que une los dos puntos de intereses.(distancia del epicentro a la parte de la red

sujeto a falla), esto también podemos tenerlo en base a los epicentros de terremotos anteriores y - la línea de falla que pasa por nuestro zócalo continental.

- 3.- ACELERACION DEL TERRENO A CAUSA DE LA SACUDIDA SISMICA.- No se han conseguido estos datos como para considerarlos en el presente estudio.
- 4.- VELOCIDAD DEL SUELO Y SU DESPLAZAMIENTO A CAUSA DE LA SACUDIDA SISMICA.- Se presenta el mismo problema que en el acápite 3

Debido a la falta de datos en estos puntos, aún no se puede establecer una fórmula que nos permita con cierto rango de seguridad, calcular la debilidad sísmica - de la red, pero si se pueden dar las pautas para cuando ya superadas estas deficiencias se continúe con el análisis.

Una fórmula propuesta por ESTEVA y ROSENBLUETH, y que ha estado sujeta a una serie de experiencias es:

$$Y = b_1 e^{\frac{b_2 M}{d} - b_3} \quad \text{---- (1)}$$

En donde:  $Y = A$  para un período máximo de la aceleración del suelo.

$Y = V$  para una máxima velocidad del suelo.

$Y = D$  para un máximo desplazamiento del suelo.

$d$  es el segmento de recta que une los puntos de interés

$M$  intensidad del terremoto.

$b_1, b_2, b_3$  Constantes empíricas basadas en los mínimos cuadrados ajustados con los datos observados.

A, V y D Tiene como unidades:  $m/seg^2$ ;  $m/seg$ ; m  
d está dado en kilómetros.

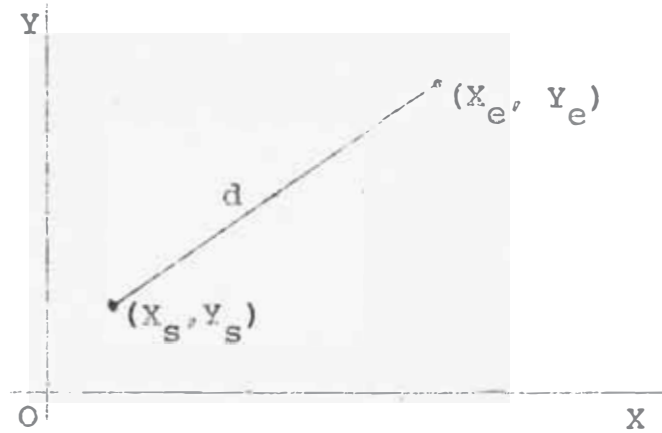
Como no es generalizado el siniestro, la aceleración máxima del suelo está sujeta a disu.ción pues esta varía de un sitio a otro de acuerdo al tipo de suelo y tambien al nivel de la napa freática.

Una vez determinada las constantes empíricas  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  en la fórmula anterior, no es difícil su aplicación para el cálculo de la aceleración del suelo, o la velocidad lineal, o el desplazamiento, o cualquier otra combinación de cualquier efecto sísmico, con relación al epicentro y así hallar la seguridad del sistema.

La parte difícil de este análisis está en la comparación, la elección de un origen sísmico a el sistema, la capacidad resistente de este último y la probabilidad - de falla del sistema dando el lugar de origen de la amenaza sísmica.

Para ver si un segmento de la red de tubería falla o no, asumimos por facilidad un punto capaz de resistir cualquier valor de período máximo de aceleración del suelo  $R_0$  ( $R_0$  es un valor determinado) y se encuentra en el origen donde se genera el terremoto de magnitud  $M_0$ , las coordenadas del lugar y el origen del terremoto son:

$(X_s, Y_s)$  y  $(X_e, Y_e)$



Entonces: 
$$d = \sqrt{(X_e - X_s)^2 + (Y_e - Y_s)^2} \quad \text{---- (2)}$$

el efecto máximo del suelo  $S(A, V, \text{ o } D)$  será según la fórmula (1)

$$S = b_1 e^{b_2 M} d^{-b_3}$$

De acuerdo a lo que hemos asumido a este punto,

si:  $S \geq R_0$ , Entonces este punto no fallará.

$S < R_0$  el punto falla.

## 8 RELACIONES SUPUESTAS QUE SE CONSIDERAN EN EL ANALISIS.

Asumiremos ahora que la magnitud de la variable  $M$  toma un valor  $m$ .

Entonces como  $S_o$  es función de  $m$ ; el valor de  $M$  tomado da:

$$S_o = b_1 \cdot e^{b_2 m} \cdot d^{-b_3}$$

Como  $M$  es una variable cualquiera,  $S_o$  es también variable y puede ser escrita como:

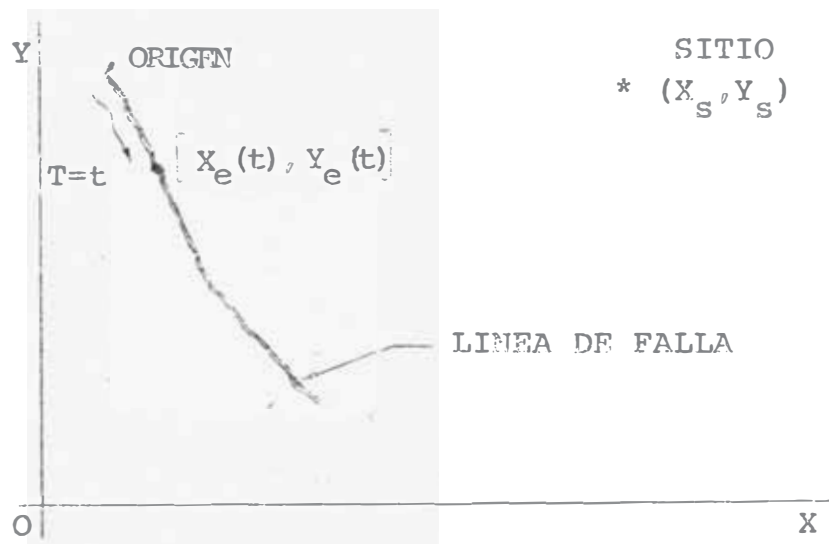
$$S_o = S_o(M) = b_1 \cdot e^{b_2 M} \cdot d^{-b_3}$$

La probabilidad de que no falle el sitio es igual a la probabilidad de que la aceleración  $R_o$  sea mayor que la aceleración aplicada por el terremoto ( $S_o$ ).

$$\begin{aligned} P[\text{NO FALLE}] &= P[S_o(M) < R_o] \\ &= P\left[ b_1 \cdot e^{b_2 M} \cdot d^{-b_3} < R_o \right] \\ &= P\left[ M < \frac{1}{b_2} \ln \frac{R_o}{b_1 d^{-b_3}} \right] \end{aligned}$$

## 9 IMPORTANCIA DE LA UBICACION DE UNA LINEA DE FALLA.

Es muy importante el conocimiento y la ubicación de una línea de falla en un territorio determinado, en la cual se producen o se originan los eventos sísmicos, esto y la posición del sistema de abastecimiento de agua con relación a la línea de falla, es de suma utilidad al hacer el análisis probabilístico de la supervivencia de una red.



Supongamos que en la figura tenemos una línea de falla en la cual se producen los eventos sísmicos, conocemos de esta línea su origen.

En un evento sísmico dado, el origen de la falla está definido por las coordenadas genéricas  $[X_e(t), Y_e(t)]$  donde  $t$  es la longitud de la falla desde su origen

hasta un valor especificado  $T$ . Dado las condiciones mencionadas anteriormente, es posible escribir como una función la ecuación de ubicación de el origen del terremoto en términos de un parámetro  $T$ .  $T$  es para el análisis la ubicación posible del origen del terremoto,  $T$  es variable, es típico (no obstante en un caso real la línea de falla es una faja). Si suponemos que  $T$  está distribuido uniformemente, sobre la longitud de la falla, es igualmente probable la ocurrencia de un terremoto en cualquier punto a lo largo de la falla.

En la figura anterior, si suponemos que  $X_e(t)$   $Y_e(t)$  son las coordenadas del origen del terremoto y  $X_s$ ,  $Y_s$  las coordenadas de un punto de la red que analizamos, la distancia del punto  $S$  al origen del evento sísmico es:

$$d = d(T) = \sqrt{[X_s - X_e(t)]^2 + [Y_s - Y_e(t)]^2}$$

Y la probabilidad de que el punto no falle es:

$$P[\text{NO FALLE}] = P[S > R]$$

De este análisis vemos que la posición de la línea de falla con relación a la ubicación del sistema de abastecimiento de agua es de suma importancia.

En el caso nuestro sabemos que existe en nuestro zócalo continental una falla denominada la placa de Nazca la cual ha sido origen en casi su mayoría de los eventos sísmicos que ha sufrido nuestra Patria.

El continente sudamericano es una de las regiones sísmicas mas activas en el mundo debido a la placa de Nazca. A pesar de sus dimensiones fué clasificada como una región individual por GUTENBERG y RICHTER (1954). Los mayores terremotos ocurrieron en los fosos y la costa a una profundidad de 30 a 60 Km. WISS en 1970 demostró que la región inmediata de los terremotos en el Perú y Chile es sometido a grandes fuerzas tectónicas a ambas zonas superficiales y hondas.

De este modo fuerzas aparentes computadas por dos movimientos de la costa central del Perú a 60 y 80 Km. sus valores llegaban a 132 y 470 BARS.



## 0 CONEXION DE LA RED DE AGUA. SISTEMA LINEAL.

Cuando, un sistema lineal es modelado como una red de agua, hay tres aspectos importantes en el sistema:

- 1.- El enlace físico de cada componente.- Esto depende de las propiedades del sistema por ejemplo la capacidad y pérdidas por fricción en el sistema hidráulico. Este aspecto no es parte del presente estudio pues no enfocamos la máxima capacidad en el sistema lineal, pero si algunas condiciones mínimas que garanticen el servicio. En el caso de una vía pública por ejemplo, la capacidad de volumen de tráfico no será de nuestra incumbencia, pero la posibilidad o no de que algunos vehículos puedan trabajar todo el tráfico sí.
- 2.- Interacción de componentes.- Un sistema lineal es modelado como un conjunto de uniones y nudos conectados y adaptados en forma particular. Un nudo es conectado a otro mediante una unión. Una unión puede proveer fluido en una dirección o en ambas direcciones entre dos nudos.



El conducto, los nudos y las uniones están conectadas teniendo presente la topología y conectividad de la red de agua.

- 3.- Entradas y salidas.- Algunos nudos en una red son de especial importancia porque ellos sirven como el origen o la distribución del fluido dentro del sistema. Las conexiones de entrada y salida después de un terremoto son comparables con una conexión deseable de entrada y salida que se toma como unidad de medida del comportamiento de la red. Por lo tanto se dará una sola entrada y una sola salida del sistema que se analiza.

## PROBABILIDAD DE FALLA DURANTE UN TIEMPO T.

Debemos considerar la cuestión de la casualidad numérica de ocurrencia de un terremoto durante un período de tiempo dado. Literalmente y justificado en la práctica el uso de asumir que la ocurrencia del mayor evento sísmico es seguido por el método de POISSON con un valor promedio de ocurrencia de "n" veces por año, desde cualquier punto a lo largo de la línea de falla. Entonces la probabilidad de falla en "k" eventos en "T" años está dado por:

$$P_T(k) = \frac{e^{-nT} (nT)^k}{k!} \quad k = 0, 1, 2, \dots, \infty$$

Similarmente, la probabilidad de falla de una red en un tiempo T es:

$$P_{f_T}(\text{red}) = 1 - P(0 \text{ fallas ocurridas durante un tiempo } T)$$

$$P_{f_T}(\text{red}) = 1 - e^{-n \cdot P_f(\text{red}) \cdot T}$$

Este resultado puede ser aproximado a  $P_f(\text{red})$  por:

$$P_{f_T}(\text{red}) = n \cdot P_f(\text{red}) \cdot T$$

Tendremos por lo tanto calculado la probabilidad de falla [supervivencia =  $1 - P_{(falla)}$ ], de el sistema durante cualquier período de tiempo (anual, 50 años, 100 años) como se deseaba.

## 12 CRITERIOS PARA EL DISEÑO SISMICO DE UNA RED. -COEFICIENTE DE DISEÑO SISMICO.

En este acápite, pondré, los avances hechos por eminentes científicos que han estudiado el diseño sísmico de una red de abastecimiento de agua, aunados con datos experimentales que se han logrado principalmente en el Japón:

- 1.- Las fuerzas para el diseño sísmico, ... deben ser determinados por multiplicaciones de la carga externa (carga muerta y sobrecarga) por un coeficiente sísmico de diseño.
- 2.- El coeficiente standard (horizontal) debe ser cuidadosamente determinado teniendo en cuenta su distribución geométrica, características geológicas de la región del medio circundante y en el interior con rangos que se pueden estimar en base a lo sucedido en el pasado, para lo cual se debería de tener un plano de la zona, en la que se deberían de dibujar a manera de curvas de nivel, los puntos que tienen igual aceleración en el suelo.
- 3.- El coeficiente de diseño sísmico para estructuras serán obtenidos por multiplicación de los coeficientes standard por los valores que se muestran

en la siguiente tabla para todo tipo de fundación e instalación (SHUNKO OKAMOTO)

TIPO DE FUNDACION	INSTALACION DE AGUA POTABLE EN CANAL ABIERTO	ESTRUCTURA DE FORMA ELEVADA Y ACUEDUCTO	TUBERIA DE SUB-SUELO
FUNDACION DE ROCA Y ARENA SOLIDA, ESTRATO DE CASCAJO (GRAVA)	0.4	0.5	0.3
DEPOSITO NO ESTRATIFICADO (DEPOSITO ARRASTRADO POR FUERTES CORRIENTES O POR GLACIARES)	0.7	0.7	0.7
ESTRATO ALUVIAL	1	1	1
FUNDACION BLANDA	2	2	2

CAPITULO V I

## I. CONCLUSIONES.

- 1.- Nuestro País por su situación Geográfica y por su Geología está expuesto en cualquier momento a sufrir las consecuencias de un movimiento sísmico de fuerte intensidad.
- 2.- Hay tres parámetros básicos que acompañan a todo evento sísmico: Lugar, Magnitud, Fecha. De los cuales la más incierta y aún la ciencia no puede predecir es la fecha.
- 3.- El hecho físico más aceptado con relación a un sismo, es que la causa inmediata reside en el movimiento súbito de masas de rocas de fallas geológicas a profundidades variables debajo de la superficie.
- 4.- 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 la tecnología, y evitar que el sistema se dedique a actos heroicos de última hora. La previsión y la prevención, estan mayormente basados en los complementos valiosos que la ciencia y la técnica ponen en nuestras manos.
- 5.- Para poder realizar en forma completa y definitiva el diseño de una red de distribución sísmica, la cual no únicamente será aplicable a la red de tuberías de abastecimiento de agua y desagüe, sino para todo tipo de conductos subterráneos es necesario contar con:
  - 5.A.- Un plano en el que se encuentre la posición de la línea de falla geológica que es el origen de la mayor cantidad de los eventos sísmicos a que está sometido nuestro País. En este plano deberá estar mostrado el plano catastral de la ciudad que se analiza (en nuestro caso Lima) y la red troncal de distribución que se analiza.

- 5.B.-- Un plano a manera de curvas de nivel que una los puntos del terreno cuyos suelos tienen igual aceleración al ser excitados sísmicamente.
- 5.C.-- Análogamente al caso anterior, deberán tenerse los puntos del suelo que tengan igual velocidad y desplazamiento al ser excitados sísmicamente.
- 5.D.-- Un plano de Microzonación sísmica de la ciudad en análisis.
- 5.E.-- Plano Geológico de la ciudad que se analiza, donde se encuentren fallas.
- 5.F.-- Plano de suelos de Lima, dando las características y su comportamiento sísmico.
- 5.G.-- Estadística de los sismos de mayor importancia registrados científicamente con sus acelerogramas, etc.
- 5.H.-- Plano del nivel de la Mapa freática y sus incidencias sobre el suelo en caso de producirse un sismo
- 6.-- Las obras de ingeniería: represas, puentes, canales de irrigación, instalaciones de redes de abastecimientos de agua y desagüe, etc. deben de tomar en cuenta los riesgos sísmicos a los que inexorablemente están sometidos. Es recomendable realizar un estudio de sismicidad y de geología de la zona.
- 7.-- En las plantas de tratamiento se deben considerar cañerías o by-pass que eliminen las unidades dañadas mientras son reparadas.
- 8.-- En las plantas de tratamiento deberá hacerse un estudio de los puntos más débiles en donde se producirían las grietas iniciales. Este punto es importante porque permite una rápida localización de las averías de la planta.

- 9.- En el caso de destrucción de las plantas de tratamiento de aguas servidas, se deberá proceder a su reconstrucción inmediata o al diseño de una nueva planta, luego de hacer una evaluación de los daños y de efectuar el correspondiente estudio técnico económico.
- 10.- Es necesario dotar a la planta de tratamiento de un grupo electrógeno de capacidad suficiente para atender las necesidades eléctricas de cada una de las etapas de tratamiento de la planta.
- 11.- Es imprescindible que se estudie la forma de evacuación del agua del estanque regulador, pues esta estructura puede fallar al producirse un sismo similar al de la hipótesis.
- 12.- Es necesario la construcción de un canal central en la zona de sedimentación primaria, que servirá de by - pass y que permitirá abastecer a la ciudad prácticamente de las bocatomas bypasseando las estructuras del tratamiento si es que estas hubieran fallado.
- 13.- Es necesario y de importancia inmediata el ver el estado en que se encuentran las tuberías de conducción de los reservorios de agua tratada de la Menacho a la ciudad de Lima.
- 14.- Es de vital importancia el continuo chequeo de las estructuras como el funcionamiento de las estaciones reductoras de presión cuya falla ocasionaría serios problemas, estas estaciones se encuentran marcadas en el plano de la distribución de la red troncal de abastecimiento de agua que acompaña en esta tesis.
- 15.- Con respecto a la red y conducciones, sólo en las regiones de roturas sería aconsejable la desinfección masiva y la reparación por secciones. Si la mayoría de las secciones no han sufrido deterioros en éstas cabe habilitar cuando se obtiene cloro = libre residual verificado por ensayos de ORTOTOLINA ARSENITO.



16.- Es de vital 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 todos los casos, su eventual conexión o la red Pública.

17.- En las aducciones e impulsiones, cabe mencionar que las roturas generalmente se producen en los nudos.

18.- El estudio de los diferentes tipos de tuberías ha dado el siguiente resultado:

La tubería de acero soldado generalmente no tiene problemas y resiste al deslizamiento de tierras.

- La tubería de fierro fundido resiste bien, excepto en ciertas uniones en los cuales salta la emplomadura, para lo cual la solución es reemplomar.
- La tubería de asbesto - cemento presenta menos problemas en las uniones que la de fierro fundido, siendo en este caso necesario reajustar las uniones.
- La tubería de concreto presenta el problema de poderse romper en cualquier punto. En caso de ser necesario la reparación en un sistema ya existente, se recomienda sustituir el tramo dañado por otro de material más resistente.
- La tubería de PVC tiene un comportamiento que podríamos calificar muy bueno para el caso de sismos, debido a que es de menor peso y mayor flexibilidad que las anteriores, solo puede sufrir daños con impactos fuertes y rara vez presenta fugas en las uniones.

De todo lo anterior, se recomienda que en zonas de desastre, las aducciones e impulsiones sean de fierro fundido con uniones flexibles, o que en su defecto por razones económicas, se emplee la tubería de PVC o la de asbesto - cemento.

19.- Es necesario contar con material para reparaciones lo que incluirá la maquinaria, herramientas y piezas de repuestos. En caso de no ser posible, se -

deberá tener una relación de los lugares donde se pueda obtener rápidamente el material necesario.

- 20.- El sifonamiento constituye uno de los mayores riesgos, ya que las aguas utilizadas reingresan al sistema de abastecimiento. Uno de los casos en que ocurre es durante las reparaciones; es por este motivo que se deben de tomar ciertas precauciones para impedirlo. Entre las medidas a adoptar tenemos:
- El sistema de distribución de agua deberá estar debidamente diseñado desde el punto de vista hidráulico, de modo que todos los aparatos funcionen satisfactoriamente con presiones mínimas de 0.5 a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> (8 a 15 lbs/pulg<sup>2</sup>)
  - En cada aparato sanitario debe existir un espacio de aire entre la boca de salida de la llave y el rebose, o un interruptor de vacío para los urinarios y W.C. de válvula.
- 21.- Cuando se produce una obstrucción repentina en las tuberías, y es urgente resolver el problema de taponamiento para evitar probable aniego de subsuelos, destrucción de la propiedad y contaminación del sistema de agua potable por infiltración, es recomendable el uso de un supersondeador, para limpiar líneas que de otra manera tendrían que ser quitadas y reemplazadas.
- 22.- Para remover en forma fácil y rápida los depósitos acumulados en las alcantarillas y para extraer los mismos hasta la superficie, se puede efectuar el dragado con la desazolvadora Flexible Inc.
- 23.- En el caso de limpieza de alcantarillas de menos de 15" de diámetro, en los cuales el cucharón dragador no recoge suficiente material y es necesario esperar tiempo prolongado para cada carga, es aconsejable el uso de Pickup-Loder, que se encuentra disponible en diferentes capacidades del cucharón y en diversas potencias.
- 24.- Es muy recomendable se efectúe un estudio de laboratorio dirigido a experimentar el comportamiento de las uniones de las tuberías en los sismos, con el objeto de crear uniones de tipo flexible, recomendables para ser usadas en las zonas sísmicas

- 25.- En el sistema de distribución de agua existen puntos críticos a los cuales hay que darle suma atención, pero principalmente como medida preventiva es necesario que la empresa cuente con el material de tuberías necesarias para el arreglo de las fallas que puedan producirse dentro del sistema, debido a un movimiento sísmico de grado VIII. Los puntos críticos en el sistema de distribución son:
- La tubería de 72" cuya longitud aproximada es de 5.2 Km. y las fallas probables están en las uniones, esta tubería recorre desde la salida de la atarjea por la avenida Riva Agüero y empalma a la avenida 28 de Julio a la altura de la cuadra 30 y lo recorre hasta la cuadra 27. La falla de esta tubería privaría de agua a toda la zona de Lima que abastece la atarjea (observa el plano de abastecimiento de la planta)
  - La segunda prioridad tendría la tubería de 54" así sucesivamente como observarse en el plano de la red troncal de abastecimiento de agua en Lima Metropolitana. (Las tuberías de mayor diámetro son más importantes debido a que abastecen a mayor área)
- 26.- Tener un stock permanente de tuberías de 24" a 1.50 m de diámetro. La cantidad aproximada sería de 100 m de cada diámetro.
- 27.- Reemplazo de todas las tuberías en mal estado.
- 28.- Uso de tuberías con uniones flexibles y control estricto de la compactación de las zanjas.
- 29.- Los pozos profundos no son generalmente dañados por los sismos e inundaciones, pero si son afectadas por las sequías. En caso de quedar inutilizado, se deberá recuperar el equipo de inmediato.
- 30.- Las Plantas elevadoras por lo general son afectadas por inundaciones y terremotos, los que pueden causar una destrucción parcial o total, producir desalineaciones entre los motores y las bombas y ser causa de cortocircuitos e incendios. Es por esta razón que se recomienda, si las plan-

tas van a estar sujetas a este tipo de emergencias, proyectar elementos para levantar rápidamente los motores como son vigas y puentes-grúas dispuestos para el montaje.

También es conveniente hacer uniones elásticas en las tuberías, hacer bases de acero y machones de fundación de las motobombas muy robustas para evitar de esta manera el desalineamiento.

- 31.- La ciudad de Lima cuenta con más de 2000 pozos, los cuales se encuentran distribuidos en toda el área de Lima y que están debidamente registrados en la división de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura. Estos pozos sumados a los 128 pozos que administra ESAL, constituyen una buena fuente de reserva, pero es necesario que Defensa Civil los tenga empadronados teniendo información periódica de ellas y su funcionamiento.
- 32.- La distribución dentro de Lima de estos pozos, hace pensar que sea difícil que Lima se quede sin agua, pudiendo constituir en cada uno de estos pozos un punto de abastecimiento de agua en donde puedan llegar camiones cisternas para su distribución en la ciudad en caso de fallas en el sistema de producción de la ATARJEA y de distribución en la ciudad.
- 33.- Referente a los daños posibles en los pozos tubulares, el entubado de éstos podrían sufrir deflexiones, es decir perder su verticalidad, estando esta anomalía en función directa, tanto de la formación del subsuelo (suelto o conglomerado) como de la profundidad de la perforación, lo cual traería como consecuencia la paralización del equipo por consideraciones obvias.
- 34.- Como medida preventiva en cuanto a Reservorios de agua elevados en las urbanizaciones, se podría recomendar desde ya, que su ubicación se encuentre dentro del área verde de la lotización a una distancia prudencial de cualquier vivienda, dado el peligro que representaría de fallar la estructura portante del reservorio y por ende su derrumbamiento.
- 35.- Es conveniente y necesario que en los programas de reconstrucción se utilice al máximo la participación de la población, evitando dentro de lo posible los

obsequios.

- 36.- La ejecución de cualquier plan de recuperación implica el diagnóstico y evaluación de los efectos ocasionados por la catástrofe. Una vez efectuada la evaluación, es de gran importancia coordinar y priorizar adecuadamente las medidas que van a tomarse.
- 37.- Es necesario la creación de programas de defensa civil que ayuden y encaucen las fuerzas de los pobladores en la solución de los problemas propios del desastre.
- 38.- En los programas de defensa civil es de gran importancia el empleo de películas, afiches y volantes que ayuden a la fijación de las soluciones a los problemas y que hagan ver el peligro que representa la no solución de los mismos.