

24
85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:
HECTOR GONZALEZ LUNA



MEXICO, D. F.

1986.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

I N D I C E

PAGINA

INTRODUCCION.-	1
1. CAUSAS MAS FRECUENTES DE FUGAS.-	7
1.1. FUGAS POR ROTURA DE LA TUBERÍA	7
1.1.1. DEBIDO A CARGAS EXCESIVAS EN LA TUBERÍA	7
1.1.2. DEBIDO AL ATAQUE EN LOS MATERIALES	15
1.1.3. DEBIDO A CAMBIOS DE TEMPERATURA	17
1.1.4. DEBIDO A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES	19
1.2. FUGAS POR EFECTOS DE PRESIÓN EN LA TUBERÍA	22
1.2.1. DEBIDO A ELEVADAS PRESIONES EN LA RED	22
1.2.2. DEBIDO AL COLPE DE ARIETE	23
1.2.3. DEBIDO A PRESIONES EN PIEZAS ESPECIALES	24
1.3. FUGAS POR DEFICIENCIAS EN LA INSTALACIÓN	27
1.3.1. MALA CALIDAD DE LA MANO DE OBRA	27
1.3.2. DEFICIENTE SUPERVISIÓN DE LAS PRUEBAS	27
1.4. FUGAS POR CAUSAS NATURALES	28
1.4.1. FUGAS POR SISMOS	28
1.4.2. FUGAS POR DESLAVE DE TERRENOS	29
1.4.3. FUGAS POR CONSOLIDACIÓN DEL TERRENO	29
1.5. FUGAS POR CONSTRUCCIONES ALEDAÑAS	31
2. ALGUNOS METODOS DE DETECCION DE FUGAS.-	32
2.1. MÉTODOS BASADOS EN LA INSPECCIÓN VISUAL	32
2.1.1. AFLORAMIENTO DE AGUA EN LAS CALLES	32
2.1.2. ABLANDAMIENTO DEL TERRENO	33
2.1.3. INSPECCIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO	33
2.1.4. APARICIÓN DE PEQUEÑAS CORRIENTES	36
2.1.5. CRECIMIENTO FRONDOSO DE VEGETACIÓN EN UN PUNTO DETERMINADO	36

INDICE (2)

PAGINA

2.1.6.	INEXPLICABLE INCREMENTO EN EL GASTO DE UNA TUBERÍA DE DRENAJE	37
2.2.	MÉTODOS BASADOS EN LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA	38
2.2.1.	ESTUDIOS PITOMÉTRICOS	38
2.2.2.	GOLPE DE ARIETE	42
2.3.	MÉTODOS BASADOS EN INTERPRETACIONES ACÚSTICAS	43
2.3.1.	VARILLA METÁLICA	43
2.3.2.	VARILLA CON MICRÓFONO, AMPLIFICADOR Y AUDÍFONOS	44
2.3.3.	EQUIPO AMPLIFICADOR DE SONIDO Y FILTRADO	48
2.3.4.	EQUIPO DE DETECCIÓN DE SONIDO DE ALTA PRECISIÓN (ACELERÓMETRO)	50
2.4.	MÉTODOS QUE USAN INDICADORES	54
2.4.1.	OXIDO NITROSO DISUELTO EN EL AGUA	54
2.4.2.	SAL DISUELTA EN EL AGUA	55
2.4.3.	AIRE CON HELIO	55
2.4.4.	METANO CON NITRÓGENO	55
2.4.5.	METANO ARGÓN	56
2.4.6.	OTROS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE FUGAS	56
2.4.6.A.	INYECTANDO TRAZADORES RADIATIVOS	56
2.4.6.B.	MIDIENDO LA CANTIDAD DE AGUA DESALOJADA POR UNA TUBERÍA	57
3.	CRITERIOS SOBRE FUGAS PERMISIBLES	58
3.1.	DATOS NACIONALES SOBRE FUGAS	59
3.2.	FUGAS PERMISIBLES	64
3.2.1.	EXPERIENCIA AMERICANA	64
3.2.2.	UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966	65
3.2.2.A.	UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966	66
3.2.2.B.	ESCAPE EN LAS TUBERÍAS MAESTRAS	66
3.2.2.C.	UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966	67
3.2.3.	PORCENTAJE ESTIMADO POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA (D.G.C.O.H).	67

INDICE (3)	PAGINA
3.2.4. PORCENTAJE DE FUGAS EN BASE A ESTUDIOS REALIZADOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS EN MÉXICO	67
3.3. APLICACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE FUGAS ESTIMADOS A LOS DATOS NACIONALES	71
3.3.1. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MORELOS	71
3.3.2. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE JALAPA, VERACRUZ	73
3.3.3. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS	73
3.3.4. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ	74
4. PREVENCIÓN DE FUGAS	75
4.1. ANTECEDENTES	75
4.2. DISEÑO	75
4.3.A. CARGAS EXTERNAS	75
4.2.B. PRESIONES INTERNAS	76
4.2.C. INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES	76
4.3. MATERIALES	77
4.4. EDAD DE LAS TUBERÍAS	77
4.5. TRANSPORTE DE LAS TUBERÍAS	78
4.6. MANO DE OBRA	78
4.7. SUPERVISIÓN	79
4.8. PRUEBAS	80
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. CONCLUSIONES	81
5.2. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	86

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

EL AGUA CONSTITUYE UNA NECESIDAD FUNDAMENTAL PARA LA VIDA HUMANA. ES SABIDO QUE EN POCOS DÍAS EL HOMBRE, COMO TODOS LOS ANIMALES, SIN ÉSTE ELEMENTO PERECE.

EL PLANETA EN SU SUPERFICIE ESTÁ CUBIERTO DE AGUA EN SUS CUATRO QUINTAS PARTES, FORMANDO LOS MARES Y LOS OCEÁNOS Y SOLO UNA QUINTA PARTE ES TIERRA EMERGIDA; DE ÉSTA SOLO LA SÉPTIMA PARTE TIENE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL ASIENTO DE LAS POBLACIONES, DONDE LAS DOS TERCERAS PARTES DE LA POBLACIÓN TERRESTRE SE ENCUENTRAN CONCENTRADOS EN ELLA.

EL HOMBRE PRIMITIVO SE ESTABLECIÓ DONDE ERA FÁCIL PROCURARSE EL AGUA, SIN EMBARGO PRONTO TUVO QUE EXCAVAR POZOS Y CONSTRUIR DEPÓSITOS PARA CAPTAR AGUA CERCA DE SU MORADA. AL PARECER FUÉ EN LAS PRIMERAS ALDEAS Y POBLACIONES DONDE SE SUSCITÓ EL PROBLEMA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA. LA SOLUCIÓN RESULTÓ PRIMERO AISLADAMENTE Y LUEGO COLECTIVAMENTE POR MEDIO DE ACUEDUCTOS QUE SIRVIERAN PARA CONDUCIR AGUAS DE FUENTES LEJANAS, SATISFACIENDO EL CONSUMO DE AGUA DE LAS POBLACIONES EN CONSTANTE DESARROLLO, SIN EMBARGO ESTE CONSTANTE CRECIMIENTO DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS TRAJÓ CONSIGO UN AUMENTO CADA DÍA MÁS COMPLEJO DE LOS PROBLEMAS GENERADOS POR ÉSTE CONTÍNUO INCREMENTO DEMOGRÁFICO, EL CUAL DEBE SER PREOCUPACIÓN PRIORITARIA PARA QUE EN EL MENOR PLAZO POSIBLE SE TENGAN RESULTADOS POSITIVOS DE SU CONTROL Y DISTRIBUCIÓN.

UNO DE LOS PROBLEMAS A RESOLVER SIN LUGAR A DUDAS, DE GRAN TRASCENDENCIA, ES EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LOS CENTROS DE POBLACIÓN, SOLUCIÓN CADA VEZ MÁS DIFÍCIL DE SATISFACER, POR MULTITUD DE FACTORES. ÉSTE PROBLEMA CRECE A ME

DIDA QUE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS LO HACEN Y NO PRECISAMENTE EN RAZÓN DIRECTA A DICHO CRECIMIENTO.

UNO DE LOS ASPECTOS QUE MÁS DEBE PREOCUPARNOS EN EL ASPECTO AGUA ES EL USARLA ADECUADA Y RACIONALMENTE, EN VIRTUD DE LA DIFICULTAD CRECIENTE PARA SU OBTENCIÓN EN CONDICIONES ÓPTIMAS DE SEGURIDAD PARA LA SALUD, ASÍ COMO LAS PÉRDIDAS -- ECONÓMICAS QUE LLEVA IMPLICITO EL NO CUIDAR PRIORITARIAMENTE TAN VITAL RECURSO.

EL INSUFICIENTE CONTROL EN LOS VOLÚMENES DE CONSUMO QUE SE MANEJAN EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - ES UNO DE LOS FACTORES QUE MAYOR IMPACTO TIENE EN SU DEBILITAMIENTO ECONÓMICO.

LOS VOLÚMENES DE AGUA NO CONTROLADOS Y, POR ENDE, NO FACTURADOS, SE ORIGINAN POR LAS FUGAS PROPIAMENTE DICHAS; POR - CONSUMOS O DESPERDICIOS EN TOMAS SIN MEDIDOR; POR MEDIDORES DESAJUSTADOS Ó DESCOMPUESTOS; POR TOMAS NO REGISTRADOS; Y EN UN GRAN NÚMERO, POR TOMAS DESTINADAS PARA SERVICIOS PÚBLICOS, GENERALMENTE SIN CONTROL ALGUNO.

EL DISPENDIO DE ÉSTE VITAL LÍQUIDO REPRESENTA UNA PÉRDIDA ECONÓMICA DE LA CANTIDAD QUE EL ORGANISMO OPERADOR DEL -- SISTEMA HA EROGADO PARA SUFRAGAR EL COSTO DEL BOMBEO, DE LA POTABILIZACIÓN Y DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA; EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, LUBRICANTES Y REACTIVOS PARA TRATAMIENTO; EN SUELDOS PARA EL PERSONAL DE OPERACIÓN, ADEMÁS SON FONDOS QUE EL ORGANISMO DEJA DE PERCIBIR, VÍA FACTURACIÓN, QUE PODRÍAN UTILIZARSE EN ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE LOS DAÑOS QUE CAUSAN LAS FUGAS EN LAS INSTALACIONES.

LA FALTA DE CONTROL OCASIONA, ADEMÁS, QUE SE SOBRE EXPLO

TEN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA SATISFACER LA DEMANDA REAL O FICTICIA DE UN CENTRO DE POBLACIÓN. ESTA ACCIÓN PROPICIA EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES DE LOS MANTOS ACUÍFEROS Y COMO CONSECUENCIA LÓGICA, SE PRODUCE UNA DISMINUCIÓN EN SU GASTO, LO CUAL PROVOCA EL FIN DE SU VIDA PRODUCTIVA.

OTRO ASPECTO NEGATIVO QUE LA FALTA DE CONTROL MOTIVA ES EL QUE SE REFIERE A LA CONDUCTA O ACTITUDES DEL USUARIO O -- CONSUMIDOR; EN EL CASO DE LAS TOMAS DOMICILIARIAS SIN MEDI-- DOR, EL USUARIO AUNQUE CONSUMA Poca O MUCHA AGUA, O LA DES-- PERDICIE O NO LO HAGA, PAGARÁ LA MISMA CANTIDAD POR EL SERVI-- CIO POR LO QUE SE TORNA INDIFERENTE ANTE EL USO EXCESIVO DEL MISMO. EN ÉSTE CASO, LA AUSENCIA DE CONTROL EFECTIVO ESTÁ - PROPICIANDO UNA ACTITUD IRRESPONSABLE POR PARTE DEL USUARIO.

MENCIÓN ESPECIAL MERECE LA EXISTENCIA EN LA MAYOR PARTE DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE YA SEA EN POBLACIONES MEDIAS O GRANDES, DE TOMAS DOMICILIARIAS NO REGIS-- TRADAS, O COMO SUELE LLAMARSELES EN MÉXICO "TOMAS CLANDESTI-- NAS". ÉSTE TIPO DE TOMAS MERECE ESPECIAL ATENCIÓN YA QUE -- DISFRUTAR DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE ÉSTA MANERA, TIPI-- FICA EL DELITO DE FRAUDE.

LAS FUGAS EN LAS TUBERÍAS QUE CONSTITUYEN LAS LÍNEAS DE - CONDUCCIÓN Y LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN, REPRESENTAN UN VOLU-- MEN IMPORTANTE EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. SIEMPRE EXISTIRÁN FUGAS, PUES NO PUEDE PENSARSE EN UN - ABSOLUTO HERMETISMO; LA INCIDENCIA Y MAGNITUD DE LAS FUGAS -- ESTÁ DETERMINADA POR VARIOS FACTORES, COMO EXCESIVAS PRESIO-- NES EN LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN, CALI-- DAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS, ESTADO DE LA TUBERÍAS Y CALI-- DAD DE MANO DE OBRA UTILIZADA DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUC-- CIÓN, CARACTERÍSTICAS DEL AGUA Y FENOMENOS NATURALES IMPREVIS-- TOS, COMO DESLAVES DEL TERRENO Y MOVIMIENTOS TELÚRICOS.

EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SIEMPRE SE DEBE LLEVAR UN CONTROL DEL AGUA, YA QUE UNA FUGA -- QUE EN UN PRINCIPIO NO PUEDE SER IMPORTANTE CON EL TIEMPO TENDERÁ A HACERSE MAYOR CON EL CONSIGUIENTE DAÑO PARA LAS INSTALACIONES.

CUANDO EL SUBSUELO DE UN CENTRO DE POBLACIÓN TIENE CARACTERÍSTICAS DE IMPERMEABLE, LAS FUGAS QUE SE PRESENTAN -- PROBABLEMENTE AFLORAN A LA SUPERFICIE DENUNCIANDO SU LOCALIZACIÓN Y PERMITIENDO SU CORRECCIÓN INMEDIATA, PERO CUANDO EL TERRENO ES PERMEABLE, EL AGUA QUE ESCAPA DE LAS TUBERÍAS Y CONEXIONES ENTERRADAS SE INFILTRARÁ O CORRERÁ BAJO LA SUPERFICIE SIN INDICIOS VISIBLES, DESLAVANDO PROBABLEMENTE EL TERRENO Y PONIENDO EN PELIGRO LA ESTABILIDAD DE LAS INSTALACIONES.

CUANDO EN UN SISTEMA DE AGUA POTABLE SE TIENE UN SERVICIO DE MEDICIÓN EFICAZ, TANTO EN LAS CAPTACIONES COMO EN LOS DOMICILIOS DE LOS USUARIOS, BASTARÁ UNA SIMPLE COMPARACIÓN DE LECTURAS PARA DETERMINAR EL VOLUMEN TOTAL DE AGUA NO FACTURADO Y DE ÉSTA FORMA APLICAR UN SANO CRITERIO PARA ESTABLECER O INTENSIFICAR PROGRAMAS DE LOCALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES.

CON BASE A LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS - EN SISTEMAS DE DIFERENTES MAGNITUDES, SE HA ESTIMADO EN UN 45% EL VOLUMEN DE AGUA NO CONTROLADA A NIVEL NACIONAL, ÉSTE VOLUMEN SE INTEGRA POR CONSUMOS EXCESIVOS EN TOMAS SIN MEDIDOR, TOMAS NO REGISTRADAS, SERVICIOS PÚBLICOS Y FUGAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN. POR LO QUE RESPECTA A ÉSTAS ÚLTIMAS EL PORCENTAJE PROMEDIO GENERAL SE ESTIMÓ EN UN 23% HABIENDO-SE ENCONTRADO CASOS CRÍTICOS CON PORCENTAJES DE FUGAS DE 38% Y MÍNIMAS DEL 12%.

EN EL AÑO DE 1980, SE DETERMINÓ QUE LAS EXTRACCIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL PAÍS ERAN DEL ORDEN DE - 6,400 MILLONES DE METROS CÚBICOS AL AÑO, SI ESTIMAMOS EN 45% EL VOLUMEN NO CONTROLADO, ESTO EQUIVALDRÍA A 2,800 MILLONES - DE METROS CÚBICOS ANUALES Y EL VOLUMEN ANUAL PERDIDO POR FU-- GAS ASCENDERÍA A 1,472 MILLONES DE METROS CÚBICOS.

EL GOBIERNO FEDERAL, POR CONDUCTO DE LAS DIVERSAS DEPENDENCIAS QUE HAN PARTICIPADO EN EL SUBSECTOR AGUA POTABLE, SE HA PREOCUPADO POR ESTABLECER PROGRAMAS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FUGAS, ASÍ COMO DE MEDICIÓN DEL AGUA CON EL OBJETO DE PROPORCIONAR LOS MEDIOS MÁS EFICACES PARA ELEVAR LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS.

ASIMISMO, SE HAN ADQUIRIDO Y DISTRIBUIDO EQUIPOS DETECTORES PARA EMPLEARSE EN PROGRAMAS ESPECÍFICOS DE DETECCIÓN DE FUGAS COMO APOYO A ÉSTOS PROGRAMAS.

POR OTRA PARTE, LAS BRIGADAS DE ESTUDIOS Y LOS EQUIPOS CON QUE CUENTAN DIVERSAS DEPENDENCIAS DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA, ASESORAN Y APOYAN A LOS ORGANISMOS OPERADOS DE LOS SISTEMAS EN TRABAJOS DE PITOMETRÍA Y EN LA DETECCIÓN DE FUGAS CON OBJETO DE LOGRAR LA OPTIMIZACIÓN OPERATIVA DE LAS OBRAS.

CON EL OBJETO DE ANALIZAR LA PROBLEMÁTICA DE LA PÉRDIDA DE AGUA EL PRESENTE TRABAJO ESTÁ ORIENTADO A ESTUDIAR EN FORMA GENERAL LO REFERENTE A FUGAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CON EL FIN DE TRATAR DE MINIMIZARLAS EN LOS PROYECTOS, - CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE ÉSTOS SISTEMAS.

PARA ÉSTE PROPÓSITO, LOS CAPÍTULOS QUE CONSTITUYEN ESTE TRABAJO SE DIVIDEN COMO SE DESCRIBE A CONTINUACIÓN:

EN EL PRIMER CAPÍTULO SE MENCIONAN LAS CAUSAS MÁS FRECUENTES DE LAS FUGAS EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SIENDO ÉSTAS PRINCIPALMENTE POR PRESIONES INTERNAS ELEVADAS, CARGAS EXTERNAS EXCESIVAS, CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS, CALIDAD DE LA MANO DE OBRA UTILIZADA DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN, FENOMENOS NATURALES IMPREVISTOS, COMO DESLAVES DE TERRENO Y MOVIMIENTOS TELÚRICOS, CONSOLIDACIÓN DE TERRENOS, CAMBIOS DE TEMPERATURA Y MALA SUPERVISIÓN.

EN EL SEGUNDO CAPÍTULO SE DESCRIBEN LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DETECCIÓN PARA LA LOCALIZACIÓN DE FUGAS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, HABIENDO DESDE LOS MUY SENCILLOS COMO LA OBSERVACIÓN DIRECTA HASTA LOS MUY SOFISTICADOS COMO LA AMPLIFICACIÓN CON ACELERÓMETROS Y LA INYECCIÓN DE TRAZADOS DE GAS.

EN EL TERCER CAPÍTULO SE PRESENTAN ALGUNOS DATOS NACIONALES DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, Y SE INCLUYEN ALGUNOS CRITERIOS SOBRE FUGAS PERMISIBLES. ÉSTOS CRITERIOS SE APLICAN A LOS DATOS NACIONALES CON EL FIN DE REALIZAR UNA COMPARACIÓN TÉCNICA.

EL CUARTO CAPÍTULO TRATA SOBRE LAS ACCIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS, DURANTE LAS ACTIVIDADES DE DISEÑO, EN LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS MATERIALES, EN LA SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA INSTALACIÓN Y PRUEBAS HIDRÁULICAS PRINCIPALMENTE.

EN EL CAPÍTULO QUINTO, SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES A LAS QUE SE LLEGÓ EN EL TRASCURSO DE ESTE TRABAJO, TAMBIÉN SE PRESENTAN ALGUNAS RECOMENDACIONES ORIENTADAS A REALIZAR DISTINTAS ACCIONES, PARA REDUCIR EL PROBLEMA DE LAS FUGAS EN LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE.

C A P I T U L O I

CAUSAS MAS FRECUENTES DE FUGAS

1.- CAUSAS MAS FRECUENTES DE FUGAS.

PARTIENDO DE LA BASE DE QUE NINGÚN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE ES COMPLETAMENTE HERMÉTICO ES DE ESPERARSE QUE SE PRODUZCAN FUGAS DE AGUA Y SI A ÉSTO SE AGREGA QUE PUEDEN EXISTIR FACTORES EXTERNOS E INTERNOS QUE PUEDAN CAUSAR MAYORES FUGAS, LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PUEDEN TENER GRANDES VOLÚMENES DE AGUA DESPERDICIADOS. EL INTERÉS DE -- ÉSTE CAPÍTULO ES TRATAR DE DEFINIR LAS CAUSAS QUE CON MAYOR FRECUENCIA PRODUCEN FUGAS.

LAS FUGAS PRINCIPALMENTE PUEDEN PRESENTARSE POR: PRESIONES INTERNAS ALTAS EN LA RED; GOLPE DE ARIETE; CARGAS EXTERNAS ALTAS; (COMO TRÁNSITO PESADO CONTINUO); CAMBIOS DE TEMPERATURA; - SISMOS; CONSOLIDACIÓN DE TERRENOS; DESLAVES; CONSTRUCCIONES ALE DAÑAS; MALA MANO DE OBRA; DEFICIENTE SUPERVISIÓN; EDAD DE LAS - TUBERÍAS, CALIDAD DE LOS MATERIALES ETC. EN SEGUIDA SE ANALIZA RÁN DE MANERA GENERAL ÉSTAS CAUSAS.

1.1. FUGAS POR ROTURA DE LA TUBERIA.

1.1.1. DEBIDO A CARGAS EXCESIVAS EN LA TUBERÍA:

EXISTEN TUBERÍAS QUE PUEDEN IR AL DESCUBIERTO PERO - CUIDANDO DE QUE NO RECÍBAN NI GOLPES NI CARGAS PESADAS O CONCENTRADAS QUE PUEDAN DETERIORARLAS O DESTRUIRLAS. EN OCASIONES PARA DARLES PROTECCIÓN, LAS TUBERÍAS SE RECU-- BREN O SE CONSTRUYEN OBRAS PARA CONTRIBUIR A SU CONSERVA CIÓN.

LA MAYORÍA DE LAS VECES LAS TUBERÍAS ESTÁN ENTERRA-- DAS A TALES PROFUNDIDADES QUE SI SE PRESENTA UNA CONCEN-- TRACIÓN DE CARGAS EXTERIORES ÉSTAS, POR EL RELLENO, PRACTICAMENTE SERÁN UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS.

ES CONVENIENTE CERCIORARSE DE LA RESISTENCIA DE LA TUBERÍA, APLICANDO CUALQUIER FÓRMULA ADECUADA PARA DETERMINAR LA CARGA EN LOS TUBOS, SEGÚN SU PROFUNDIDAD ASÍ COMO SUJETARSE A LAS RECOMENDACIONES DE LOS FABRICANTES.

UNA DE ÉSTAS FORMULÁS ES LA PROPUESTA POR MARSTON QUE DA A CONOCER LA CARGA EXTERIOR AL TUBO DEBIDO AL RELLENO:

$$W = CWB^2$$

SIENDO W LA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA POR METRO LINEAL EN EL TUBO; C, UN COEFICIENTE QUE DEPENDE DE LA PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN Y LA CLASE DEL MATERIAL DE RELLENO; W EL PESO VOLUMÉTRICO DEL MATERIAL DE RELLENO EN KG/M³ Y B EL ANCHO DE LA ZANJA EN M. A UNA ALTURA DE 1.70 SOBRE EL FONDO DEL TUBO, SIENDO R SU RADIO.

PARA FACILIDAD DE TRABAJO EN LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA, LA EXCAVACIÓN SE HACE CON UN ANCHO B, MAYOR QUE EL NECESARIO EXCLUSIVAMENTE PARA DAR CABIDA A LOS TUBOS. FIG. 1.1.

SE PUEDE CALCULAR B CON LA SIGUIENTE EXPRESIÓN

$$B = \frac{4}{3} D + 20 \text{ DONDE:}$$

D = DIÁMETRO DEL TUBO POR INSTALAR EN CM.

20 = MEDIDA ADICIONAL EN CM.

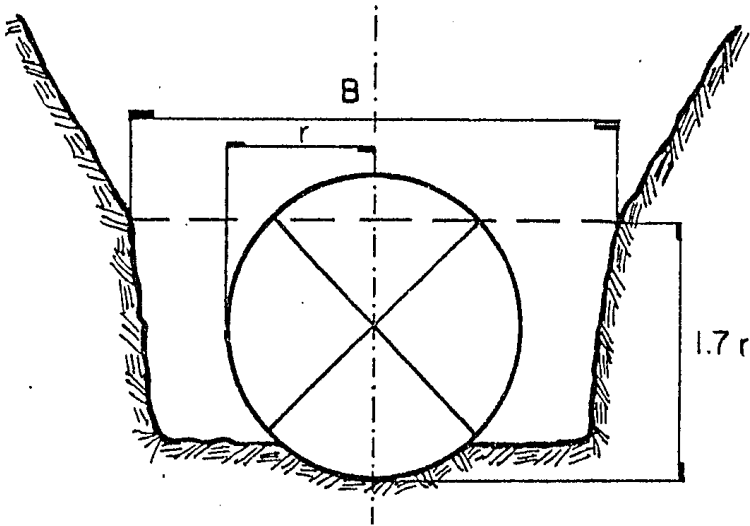


FIG. I.I.

EN LA TABLA NO. 1 SE PRESENTAN VALORES DEL PESO VOLU-
MÉTRICO W CORRESPONDIENTE A DISTINTOS MATERIALES, Y EN LA
TABLA NO. 2 SE PROPORCIONAN VALORES DEL COEFICIENTE C PARA
DISTINTOS PROFUNDIDADES Y CLASES DE MATERIALES DE RELLENO.

TABLA NO. 1 PESO VOLUMÉTRICO (w) DEL MATERIAL DE RELLENO EN
KG/M³.

ARENA SECA	1,600
ARENA HUMEDA	1,920
ARCILLA HUMEDA	1,920
ARCILLA SATURADA	2,080
TIERRA VEGETAL HUMEDA	1,440
TIERRA VEGETAL SATURADA	1,760

TABLA NO. 2 VALORES DEL COEFICIENTE C.

RELACION ENTRE LA PROFUNDIDAD Y LA ANCHURA DE LA ZANJA	ARENA Y TIERRA VEGETAL HUMEDA	TIERRA VEGETAL SATURADA	ARCILLA HUMEDA	ARCILLA SATURADA
1.0	0.85	0.86	0.88	0.90
2.0	1.46	1.50	1.56	1.65
3.0	1.90	1.98	2.08	2.20
4.0	2.22	2.33	2.49	2.66
5.0	2.45	2.59	2.80	3.03
6.0	2.61	2.78	3.04	3.33
7.0	2.73	2.93	3.22	3.57
8.0	2.81	3.03	3.37	3.76
9.0	2.88	3.11	3.48	3.92
10.0	2.92	3.17	3.56	4.04
12.0	2.97	3.24	3.68	4.22
14.0	3.00	3.28	3.75	4.34

OTRO FACTOR QUE INFLUYE EN LA RESISTENCIA A LAS CARGAS EN UN TUBO SON LOS APOYOS (ATRAQUES, CAMA ETC.). LA FORMA - DE APOYAR UN TUBO INFLUYE EN LA RESISTENCIA DEL MISMO; LOS - FABRICANTES LOS PRUEBAN SEGÚN ESPECIFICACIONES SOBRE UN TIPO DE APOYO QUE AL SER CONSTRUIDO, SI NO SE SIGUEN LAS ESPECIFICACIONES CORRECTAS SE PUEDE OBTENER UNA DISMINUCIÓN EN LA RESISTENCIA.

CUANDO UN TUBO SE ASIENTA EN APOYOS AISLADOS, LA SEPARACIÓN DE ÉSTAS DEBE SER CONSECUENCIA DE SU RESISTENCIA AL - MOMENTO FLEXIONANTE, YA QUE SE HACE TRABAJAR COMO VIGA CONTÍNUA O LIBREMENTE APOYADA, SEGÚN SEA EL CASO.

TAMBIÉN EL VALOR DEL ESFUERZO CORTANTE INFLUYE EN LA RESISTENCIA DEL TUBO YA QUE SI LA SEPARACIÓN ENTRE LOS APOYOS DE LA TUBERÍA NO ES LA CORRECTA (POR MAL DISEÑO), ÉSTE ESFUERZO PUEDE CAUSAR UN DAÑO CONSIDERABLE A LA TUBERÍA. AL TENER SE MAYOR DISTANCIA ENTRE LOS APOYOS DE LAS TUBERÍAS, MAYOR -- SERÁ EL ESFUERZO CORTANTE EN LOS PUNTOS DONDE LA TUBERÍA ESTÉ APOYADA. ÉSTAS FORMAS DE APOYOS POR LO REGULAR SE ENCUENTRAN EN LÍNEAS DE CONDUCCIÓN. FIG. 1.2.

CUANDO LA TUBERÍA VA ENTERRADA, GENERALMENTE SE APOYA EN TODA SU LONGITUD SOBRE UNA CAPA DE TERRENO PREVIAMENTE PREPARADO DENOMINADO CAMA. DEBE TENERSE ESPECIAL CUIDADO EN EL - RELLENO Y LA COMPACTACIÓN EN LA CEPA, PARA EVITAR ESFUERZOS - ADICIONALES AL TUBO. UNA CAMA MAL PREPARADA CON MALA COMPACTACIÓN PROVOCA ESFUERZOS ADICIONALES AL TUBO QUE PUEDEN PROVOCAR ROTURA Y POR TANTO FUGAS. FIG. 1.3.

ESTE TIPO DE APOYOS DE LA TUBERÍA SE TIENE PRINCIPALMENTE EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.

APOYOS EN LAS TUBERIAS.

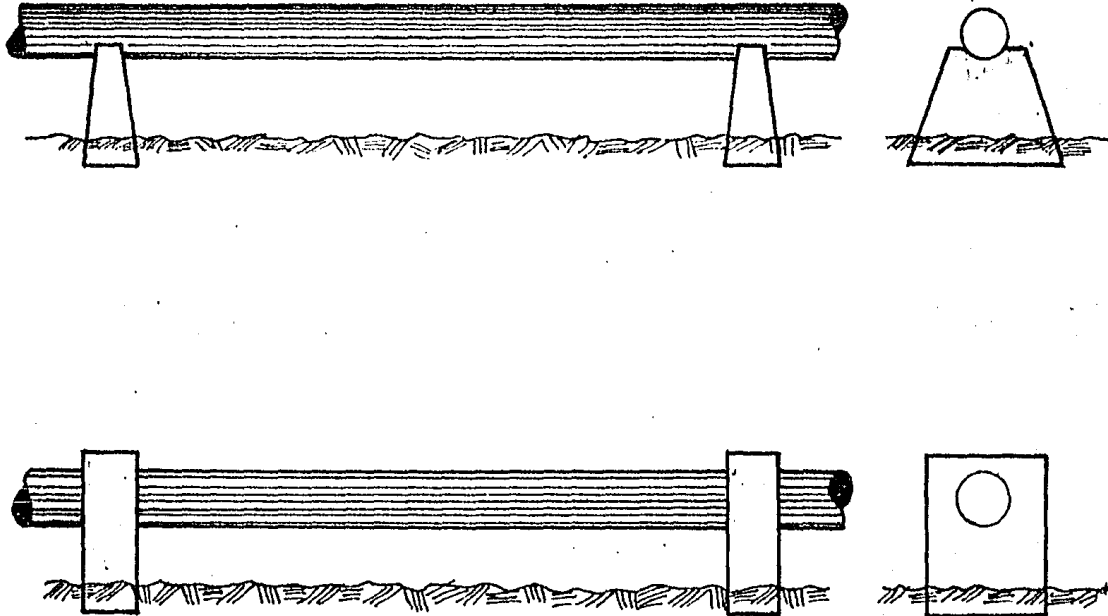


FIG. 12.

FUGAS POR CARGAS. Y UNA CAMA MAL COMPACTACTADA

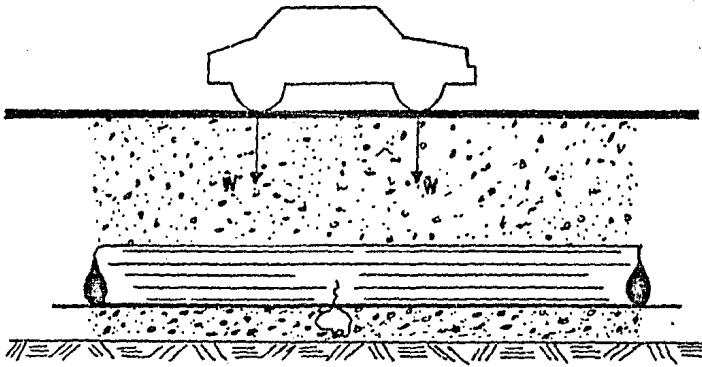


FIG. 13.

1.1.2. FUGAS POR ROTURA DEBIDO AL ATAQUE EN LOS MATERIALES.

A) EN TUBERÍAS DE ACERO:

COMO TODOS LOS METALES LOS ACEROS INOXIDABLES EN CIERTOS CASOS PUEDE SER ATACADOS DE MANERA UNIFORME EN TODA SU SUPERFICIE. SI EL MEDIO NO ES SUFICIENTEMENTE OXIDANTE, LA CAPA PROTECTORA EXISTENTE EN LA SUPERFICIE DEL METAL PUEDE TERMINAR POR DESAPARECER, LO QUE CONDUCTIRÁ A SU ATAQUE GENERALIZADO (PASIVIDAD INESTABLE).

POR OTRA PARTE, EL ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL METAL INFLUYE EN EL CARÁCTER DE LA PASIVIDAD, LLEGANDO A LA RESISTENCIA MÁXIMA SI LAS SUPERFICIES ESTÁN EXENTAS DE CONTAMINACIÓN POR PARTÍCULAS FERROSAS O POR INCRUSTACIONES DE DIVERSOS ORÍGENES.

LA CORROSIÓN POR PICADURAS SE PRODUCE PRINCIPALMENTE POR LA PRESENCIA DE CLORUROS, ÉSTE TIPO DE CORROSIÓN BASTANTE GENERALIZADO Y MUY PELIGROSO, SE TRADUCE POR LA FORMACIÓN DE PICADURAS PERFORANTES QUE PUEDEN SER MUY POCO VISIBLES EN LA SUPERFICIE. POR ÉSTA CAUSA SE PUEDE PRESENTAR LA ROTURA.

ÉSTE FENÓMENO ESTÁ LIGADO A UNA SERIE DE FACTORES COMO EL P.H. DEL MEDIO, EL GRADO DE AERACIÓN, LA TEMPERATURA, LA CONCENTRACIÓN DE SALES, EL CONTENIDO DE MATERIAS EN SUSPENSIÓN, ENTRE LOS PRINCIPALES.

B) EN TUBERÍAS DE CONCRETO ARMADO:

EL CONCRETO ES UN MATERIAL CONSTITUIDO POR GRANULADOS DIVERSOS Y POR CEMENTO EL CUAL SE REFUERZA CON ACERO ARMADO PARA FORMAR EL DUCTO. EN PRINCIPIO, LA

CORROSIÓN DEL ARMADO DE ACERO SÓLO ES POSIBLE DESPUÉS DE LA DEGRADACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE CONCRETO. LAS CAUSAS PRINCIPALES DE LA DEGRADACIÓN SON LOS SIGUIENTES: PERMEABILIDAD EXCESIVA, EXISTENCIA DE FISURAS DEBIDAS A CONDICIONES DEFICIENTES DE ELABORACIÓN, EROSIÓN DEBIDA A VELOCIDADES DE CIRCULACIÓN DEL AGUA EN LAS TUBERÍAS SUPERIORES A 4 M/SEG.

LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS PREEXISTENTES EN UNA RED ANTIGUA Y OBSTRUIDA O PROCEDENTES DEL PASO DE AGUAS MAL FILTRADAS PUEDEN SER CAUSA DE CORROSIÓN POR LAS SIGUIENTES RAZONES:

- A.-) CREACIÓN DE ZONAS, BAJO EL SEDIMENTO, NO AIREADAS.
- B.-) DESARROLLO DE CEPAS BACTERIANAS DIVERSAS.

LA CORROSIÓN PUEDE SER DISMINUIDA POR LA FORMACIÓN, ESPONTANEA O PROVOCADA, DE CAPAS DE PROTECCIÓN. A ESTAS CAPAS SE LES LLAMA NATURALES CUANDO SON CONSECUENCIA DE LA ACCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL AGUA Y DE LA TEMPERATURA. EN OTROS CASOS LA ACCIÓN DE AGENTES EXTERNOS COMO LA APLICACIÓN DE UNA TENSIÓN ELÉCTRICA PROVOCA LA FORMACIÓN DE UNA CAPA PROTECTORA, O SIMPLEMENTE LA APLICACIÓN DE ALGUNA PINTURA PROTECTORA (PRIMER).

1.1.3 FUGAS DEBIDO A CAMBIOS DE TEMPERATURA:

LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA PRODUCEN EXPANSIONES O CONTRACCIONES EN LA TUBERÍAS Y SI NO SE LES PERMITE CAMBIAR DE LONGITUD POR FALTA DE JUNTAS QUE ABSORBAN LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES PRODUCIDOS POR ÉSTOS CAMBIOS PROBABLEMENTE SE PRESENTARÁN FUGAS.

EXPRESIÓN PARA CONOCER LOS CAMBIOS DE LONGITUD EN LAS TUBERÍAS INDUCIDOS POR LA TEMPERATURA.

Δ = CØL (COMÚNMENTE A LA TEMPERATURA PREVALECIENTE - DEL AGUA)

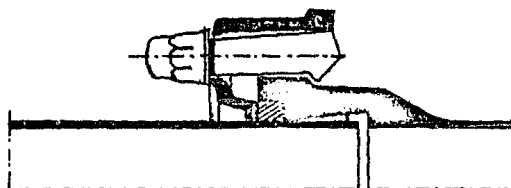
SIENDO:

Δ = CAMBIO EN LONGITUD DEL CONDUCTO, PIES O (M)
 C = COEFICIENTE DE EXPANSIÓN DE LA PARED DEL TUBO/ --
 GRADO °F: 6.5×10^{-6} ($3.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) PARA EL ACERO;
 $6.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ($3.45 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) PARA HIERRO COLADO; Y
 5.5×10^{-6} ($3.06 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) PARA CONCRETO.

L = LONGITUD DEL CONDUCTO, PIES (M).

θ = CAMBIO EN TEMPERATURA °F. (°C).

EXISTEN PIEZAS ESPECIALES QUE PERMITEN EL DESLIZAMIENTO DE LA TUBERÍA; LLAMADAS (DESLIZANTES) O FLEXIBLES - COMERCIALMENTE DE EXPANSIÓN Y GIBALT. PARA ABSORBER ESFUERZOS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA, SE INSTALAN EN LA TUBERÍA JUNTAS DENOMINADAS DE DESLIZAMIENTO QUE PERMITEN MOVIMIENTOS LONGITUDINALES SIN QUE SE PRESENTEN FUGAS. FIG. 1.4.



JUNTA DESLIZANTE.



JUNTA GIBAULT

EN LUGARES O ZONAS DONDE SE PRESENTAN TEMPERATURAS MUY BAJAS PUEDE PRESENTARSE ROTURA DE LA TUBERÍA YA QUE SE CONGELA EL AGUA CONTENIDA EN EL TUBO Y SE -- EJERCE UN ESFUERZO ADICIONAL A LAS PAREDES DEL TUBO PUDIENDOLO ROMPER, DESDE LUEGO ESTA TEMPERATURA DEBE SER MENOR DE LOS 0°C.

NO ES MUY FACTIBLE QUE EN UNA TUBERÍA CUBIERTA SE - CONGEELE EL AGUA PORQUE EL MATERIAL QUE LA CUBRE ACTUA COMO AISLANTE ADEMAS DE QUE EL AGUA EN MOVIMIEN- TO ES MAS DIFÍCIL QUE SE CONGEELE.

1.1.4. CALIDAD DE LOS MATERIALES:

LA CALIDAD DE LOS MATERIALES CON QUE SE CONSTRUYEN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE ES UN FAC- TOR MUY IMPORTANTE PARA LOGRAR UN BUEN FUNCIONAMIE-- TO DEL MISMO, LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LÍNEAS DE TUBERÍA DEBE ESTAR BASADA FUNDAMENTALMENTE SOBRE LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

- A.- LA CAPACIDAD INICIAL DE TRANSPORTE DEL TUBO Y SU REDUCCIÓN CON EL TIEMPO, DEFINIDA POR EJEMPLO POR EL COEFICIENTE C DE HAZEN WILLIAMS.
- B.- LA RESISTENCIA DEL TUBO, MEDIDA POR SU CAPACIDAD PARA SOPORTAR LA PRESIÓN INTERNA Y LAS CARGAS EX- TERNAS.
- C.- LA VIDA O DURABILIDAD DEL TUBO, DETERMINADA COMO LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DEL TUBO DE HIERRO COLADO O ACERO; DEL TUBO DE DUELAS CON BANDAS DE ACERO A LA PUTIDREZ Y CORROSIÓN; DEL TUBO DE CON- CRETO Y ASBESTO - CEMENTO A LA EROSIÓN Y DESINTE-

GRACIÓN; Y DEL TUBO DE PLÁSTICO AL AGRIETAMIENTO Y DESINTEGRACIÓN.

- D.- LA FACILIDAD O DIFICULTAD PARA TRANSPORTAR, MANEJAR Y TENDER EL TUBO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TOPOGRAFÍA, GEOLOGÍA Y COMUNICACIÓN.
- E.- LA SEGURIDAD, ECONOMÍA Y DISPONIBILIDAD DE LOS - TAMAÑOS FABRICADOS.
- F.- LA DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA ENTRENADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS DE DISTINTAS CLASES.
- G.- LOS REQUERIMIENTOS DE MATENIMIENTO Y REPARACIÓN, PÉRDIDAS DE AGUA POR FUGAS.
RESPECTO A ESTE ÚLTIMO PUNTO, QUE ES EL ASPECTO DE MAYOR INTERÉS EN ESTE TRABAJO, TODAS LA TUBERÍAS DEBERÁN PROBARSE EN SU HERMETICIDAD CONFORME SE LES -- CONSTRUYE. LAS FUGAS OBSERVADAS SE EXPRESAN EN EL SISTEMA INGLÉS FRECUENTEMENTE COMO GALONES POR DÍA POR PULGADA DE DIÁMETRO (NOMINAL) Y MILLA DE TUBERÍA O POR PIE DE UNION Y EN EL SISTEMA METRICO DECIMAL LOS VALORES EQUIVALENTES SON LITROS POR DÍA POR CENTÍMETROS DE DIÁMETRO (NOMINAL) Y LONGITUD DE TUBERÍA O POR METRO DE UNIÓN.

LAS LÍNEAS DE TUBERÍA SUFICIENTEMENTE GRANDES QUE - PERMITEN ENTRADA, DEBERÁN INSPECCIONARSE REGULARMEN TE Y MANTENERSE EN BUEN ESTADO.

TODOS LOS TAMAÑOS Y CLASES DEBEN VIGILARSE PARA EVI TAR FUGAS O PÉRDIDAS DE PRESIÓN, SIGNOS EVIDENTES DE FALLA.

LA BUENA O MALA CALIDAD DE LOS MATERIALES INCREMENTA O DECREMENTA LAS CONSIDERACIONES MENCIONADAS.

LOS MATERIALES MÁS USADOS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LÍNEAS DE CONDUCCIÓN SON LOS SIGUIENTES:

TUBERÍAS DE FIERRO FUNDIDO, DE CONCRETO, DE ASBESTO CEMENTO, DE ACERO, DE P.V.C. Y DE EXTRU-PACK.

1.2 FUGAS POR EFECTOS DE PRESION EN LA TUBERIA:

1.2.1. ELEVADAS PRESIONES EN LA RED:

LA ELEVADA PRESIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ES UNA CAUSA IMPORTANTE DE FUGAS.

SI EL SISTEMA NO HA SIDO DISEÑADO CORRECTAMENTE, PUE--
DEN TENERSE PUNTOS CON EXCESIVAS PRESIONES QUE HACEN -
FALLAR A LAS CONECCIONES Y EN OCASIONES, HASTA ROMPER
LA MISMA TUBERÍA.

EN CASO DE TENER ELEVADAS PRESIONES, FUNDAMENTALMENTE
POR ELEVADAS TOPOGRAFÍAS, LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN, --
NORMALMENTE SON PROVISTAS DE PIEZAS ESPECIALES QUE RE--
DUCEN ÉSTE PROBLEMA, COMO POR EJEMPLO; VÁLVULAS REDUCTO
RAS DE PRESIÓN (PRINCIPALMENTE, EN SISTEMAS POR GRAVE--
DAD).

PARA EL CASO DE LAS TUBERÍAS DE ACERO, ÉSTAS PUEDEN CLA
SIFICARSE POR SU ESPESOR, QUE CONVENCIONALMENTE SE EX--
PRESA EN UN VALOR CONOCIDO COMO CÉDULA PARA CADA ESPESOR
FABRICADO COMERCIALMENTE. EL ESPESOR DE LA TUBERÍA ESTÁ
EN FUNCIÓN DIRECTA CON LA RESISTENCIA DE LAS PAREDES MIS
MAS.

EN RELACIÓN A LOS PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PO
TABLE, LAS PRESIONES DISPONIBLES DEBERÁN CALCULARSE EN -
RELACIÓN AL NIVEL DE LA CALLE EN CADA CRUCERO DE LAS TU
BERÍAS PRINCIPALES O DE CIRCUITO ADMITIÉNDOSE COMO MÍNIMA
15 M Y COMO MÁXIMO 50 M. DE COLUMNA DE AGUA RESPECTI
VAMENTE, DE ACUERDO A LAS NORMAS MEXICANAS. PARA LOCALI
DADES URBANAS PEQUEÑAS SE ADMITE UNA PRESIÓN MÍNIMA DE
10 M. DE COLUMNA DE AGUA.

PARA LOCALIDADES CON DIFERENCIAS DE NIVEL MAYORES DE 50 M; LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN SE PROYECTARÁN POR ZONAS DE TAL MANERA QUE LA CARGA ESTÁTICA MÁXIMA NO SOBREPASE DE LOS 50M. DE COLUMNA DE AGUA.
 EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN LAS PRESIONES VARÍAN DE - 1.0 A 4.5 KG/CM².

1.2.2. GOLPE DE ARIETE.

ESTE EFECTO SE DA PRINCIPALMENTE EN SISTEMAS POR BOMBEO Y CONSISTE EN UNA SOBREPRESIÓN EN LA TUBERÍA, --- CUANDO SE BOMBEA AGUA Y REPENTINAMENTE SE INTERRUMPE EL FLUJO, EL AGUA TIENDE A REGRESAR CAUSANDO UNA SOBREPRESIÓN DENOMINADA GOLPE DE ARIETE PUDIENDO CAUSAR UNA FALLA EN EL SISTEMA. PARA PROTECCIÓN DEL EQUIPO DE -- BOMBEO Y DE LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN CONTRA LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE SE RECOMIENDA UTILIZAR VÁLVULAS ALIVIADORAS DE PRESIÓN, TORRES DE OSCILACIÓN O TÁNCQUES NEUMÁTICOS.

EL GOLPE DE ARIETE SE PRODUCE POR UN CAMBIO SÚBITO DE ENERGÍA CINÉTICA A ENERGÍA DE PRESIÓN; ESTA PRESIÓN SE TRÁSMITÉ A LO LARGO DE LA TUBERÍA COMO UNA ONDA CUYA VELOCIDAD MÁXIMA ES IGUAL A LA TRANSMISIÓN DEL SONIDO EN EL LÍQUIDO QUE SE CONDUCE. ESTA EL SOBREPRESIÓN SE PUEDE VALUAR, EN COLUMNA DE AGUA, CON LA SIGUIENTE FÓRMULA: FIG. 1.5.

$$H = \frac{145 v}{\sqrt{1 + \frac{KD}{EE}}}$$

DONDE: H = SOBREPRESIÓN EN M.
 V = VELOCIDAD INICIAL EN EL TUBO EN M/SEG.
 K = MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL LÍQUIDO EN KG/CM².
 (20,670 KG/CM² PARA EL AGUA).
 E = MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL MATERIAL DEL TUBO

ACERO =	2'100,000	KG/CM ²
COBRE =	1'300,000	"
HIERRO COLADO =	1'050,000	"
ASBESTO, CEMENTO		
TO =	328,000	"
CONCRETO =	175,000	"
PVC =	33,000	"

D = DIÁMETRO INTERIOR DEL TUBO EN CM.
 E = ESPESOR DE LA PARED DEL TUBO EN (CM) (CÉDULA).

1.2.3. PRESIÓN EN PIEZAS ESPECIALES:

PARA EFECTUARSE CONEXIONES DE LA TUBERÍA EN LOS CRUCEROS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN E INCLUIR ALGUNA VÁLVULA (REDUCTORA DE PRESIÓN, EXPULSORA DE AIRE, DE SECCIONAMIENTO ETC.), - SE USAN PIEZAS ESPECIALES QUE TIENEN QUE CUMPLIR CIERTAS ESPECIFICACIONES COMO LLEVAR JUNTAS, ATRAQUES, BRIDAS --- ETC. SI LA INSTALACIÓN DE ESTAS PIEZAS NO SE HACE ADECUADAMENTE EXISTE POSIBILIDAD DE FUGAS EN EL SISTEMA.

LA PRESIÓN EN LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN ACTÚA DE TAL MANERA QUE TIENDEN A ENDEREZARLA Y A DESALOJAR EL VÉRTICE DEL CODO O DE LA CURVA HACIA AFUERA. EN ESTAS FUERZAS INTERVIENEN LA VELOCIDAD DEL AGUA Y LA PRESIÓN INTERNA. POR ESTA CAUSA SE USAN ATRAQUES EN ÉSTAS PIEZAS ESPECIALES.
 FIG. 1.6.

GOLPE DE ARIETE

LA FIGURA A, REPRESENTA UNA VÁLVULA CERRADA Y EL AGUA EN REPOSO.

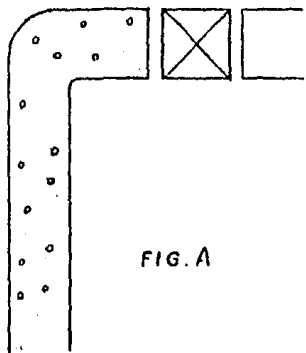


FIG. A

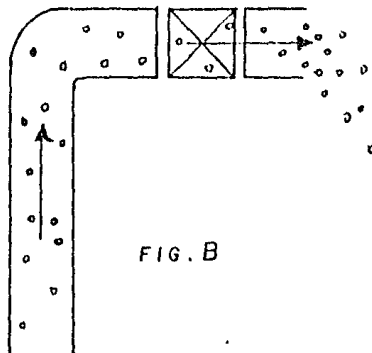


FIG. B

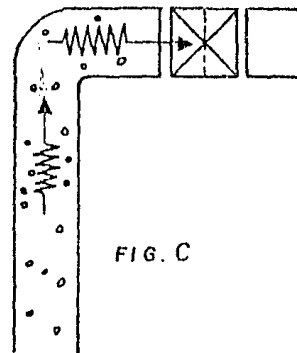


FIG. C

LA FIGURA B, MUESTRA LA VÁLVULA ABIERTA; AL EMPESAR A SALIR EL AGUA, ARRASTRA LAS PEQUEÑAS BURBÚJAS, DESPUÉS DE UN INTERVALO RELATIVAMENTE CORTO DE TIEMPO, EL FLUJO SE NORMALIZA.

LA FIGURA C, REPRESENTA EL MOMENTO EN QUE SE CIERRA LA VÁLVULA, COMO PUEDE VERSE LAS PARTICULAS DEL AGUA EN MOVIMIENTO QUE NO ALCANZARON A SALIR, CHOCAN CON LA PARTE INTERIOR DE LA VÁLVULA, AL CONVERTIRSE LA ENERGÍA CINÉTICA O DE MOVIMIENTO EN ENERGÍA DE PRESIÓN (GOLPE DE ARIETE).

FIG. I. 5.

ATRAQUES EN TUBERIAS

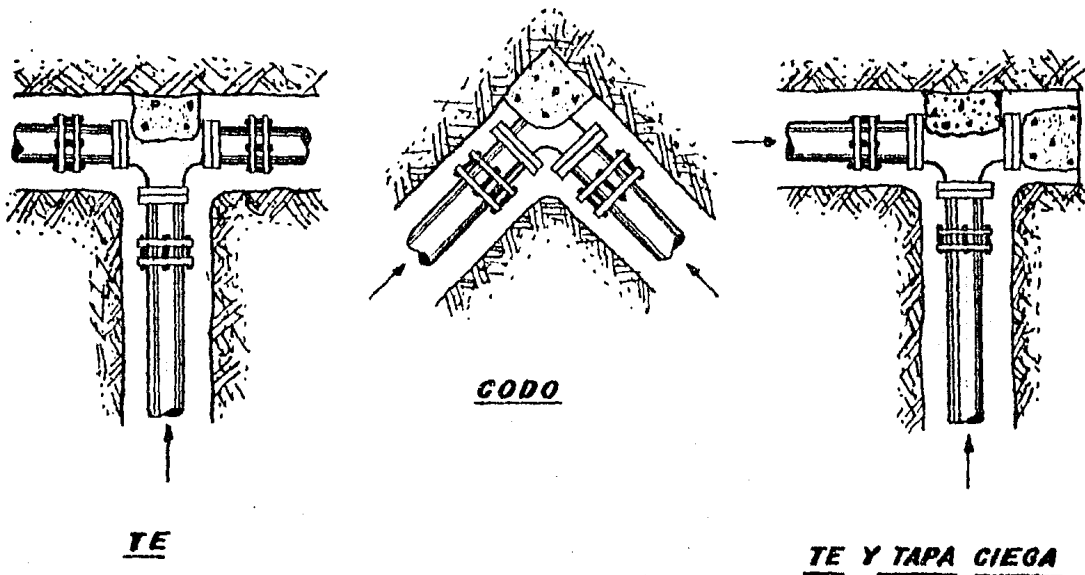


FIG. I. 6.

1.3. FUGAS POR DEFICIENCIAS EN LA INSTALACION.

1.3.1. MALA CALIDAD DE LA MANO DE OBRA:

LA MALA CALIDAD EN LA MANO DE OBRA ES UN FACTOR IMPORTANTE EN LA OCURRENCIA DE FUGAS, YA QUE EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SI NO SE TIENE MANO DE OBRA HÁBIL, PUEDEN PRESENTARSE PROBLEMAS COMO POR EJEMPLO: AL SOLDAR IMPERFECTAMENTE TRAMOS DE TUBERÍAS EXISTE POSIBILIDAD DE FUGAS EN ÉSTAS UNIONES; O TAMBIÉN POR MALA MANIOBRA PUEDE DAÑARSE LA TUBERÍA DISMINUYENDO SUS CAPACIDADES A DIFERENTES FACTORES. PUEDE SUCEDER TAMBIÉN QUE SE TENGA UN BUEN DISEÑO DEL SISTEMA PERO SI LA MANO DE OBRA NO ES CALIFICADA, POSIBLEMENTE HABRAN PROBLEMAS TANTO DE FUGAS COMO DE DISMINUCIÓN DE CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LA TUBERÍA.

OTRO EJEMPLO DE MALA CALIDAD DE LA MANO DE OBRA COMO CAUSA DE FUGAS SERÍA EN LA UNIÓN DE TUBERÍA DE EXTRU-PACK, YA QUE ESTA SE REALIZA POR TERMOFUSIÓN CON MANO DE OBRA CALIFICADA QUE GARANTICE LA UNIÓN.

EXISTEN VARIAS CAUSAS PARA SOLICITAR MANO DE OBRA CALIFICADA, EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA, UNA DE ÉSTAS ES LA INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES, COMO SON CODOS, TEES, CAMBIOS DE DIRECCIÓN, VÁLVULAS DE DIFERENTES TIPOS ETC. LAS CUALES LLEVAN UNA SERIE DE ADITAMENTOS TALES COMO JUNTAS Y EMPAQUES POR LO QUE ES NECESARIO LA MANO DE OBRA CALIFICADA.

1.3.2. DEFICIENTE SUPERVISIÓN DE LAS PRUEBAS:

TODAS LAS TUBERÍAS DEBERÁN PROBARSE POR SU HERMETICIDAD CONFORME SE LES CONSTRUYE O INSTALA. LA PRUEBA PUEDE HACERSE AISLANDO LA LÍNEA O TRAMO PROBADO MEDIANTE EL

CIERRE DE COMPUERTAS Y LA COLOCACIÓN DE UN CABEZAL O TAPÓN TEMPORAL AL EXTREMO DE LA SECCIÓN BAJO PRUEBA.

SE LLENA ENTONCES EL TUBO CON AGUA Y SE COLOCA BAJO PRESIÓN, MIDIENDOSE EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER LA PRESIÓN, MEDIANTE UN CONTADOR DOMICILIARIO ORDINARIO.

SI LA SUPERVISIÓN EN LA PRUEBA ES DEFICIENTE POR EJEMPLO AL NO CUIDAR LA PRESIÓN NECESARIA Ó AL NO MANTENER LA EL TIEMPO ESTIPULADO PARA DETERMINAR SI NO EXISTE UNA DISMINUCIÓN INESPERADA DE PRESIÓN, LA TUBERÍA PUEDE TENER DEFICIENCIAS TANTO EN FABRICACIÓN COMO EN --- INSTALACIÓN Y ESTO, OCASIONADO POR MALA SUPERVISIÓN EN LAS PRUEBAS, ES TAMBIÉN UNA CAUSA DE FUGA.

1.4. FUGAS POR CAUSAS NATURALES.

EXISTEN CAUSAS DE FUGAS QUE CAEN FUERA DEL CONTROL DEL HOMBRE POR NO SER PREDECIBLES, COMO ES EL CASO DE LOS FENÓMENOS NATURALES, TALES COMO SISMOS, AVENIDAS, DESLAVES ETC. ÉSTOS FENÓMENOS EN OCASIONES CAUSAN GRANDES - DAÑOS A LAS ESTRUCTURAS.

EN SEGUIDA SE EXPLICARÁ DE MANERA BREVE LA FORMA EN QUE ÉSTAS CAUSAS CONTRIBUYEN EN LA FORMACIÓN DE FUGAS EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

1.4.1. FUGAS POR SISMOS:

DEPENDIENDO DE LA INTENSIDAD DE LOS SISMOS PUEDE SER EL DAÑO EN LAS REDES DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE. LOS MOVIMIENTOS QUE SE GENERAN EN EL SUBSUELO LOGICAMENTE MUEVEN A TODAS LAS ESTRUCTURAS INCLUYENDO A LAS REDES DE -- DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE Y SI ESTAS ALGUNAS VECES -- PRESENTAN FUGAS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA CON MAYOR RA-

ZÓN CON UN SISMO DE INTENSIDAD CONSIDERABLE. EL AGUA CONTENIDA EN UNA TUBERÍA CON LA ACCIÓN DE UN SISMO - PUEDE GENERAR SOBRE PRESIÓN EN LAS PAREDES DEL TUBO, ESTO POR EL MOVIMIENTO. TODAS AQUELLAS PARTES DONDE EXISTEN PIEZAS ESPECIALES SON MÁS SUCEPTIBLES A LA - FALLA EN UN SISMO, CLARO PUDIENDO TAMBIÉN HABER FALLA EN TRAMOS DE TUBO.

1.4.2. FUGAS POR DESLAVE DE TERRENOS:

EXISTEN TERRENOS BLANDOS EN LAS CUALES SE PUEDEN PRESENTAR DESLAVES OCASIONADOS POR LA LLUVIA, POR EJEMPLO. ESTO PONE EN PELIGRO LA ESTABILIDAD DE LA TUBERÍA EN UN TRAMO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, YA QUE POR LO REGULAR LA TUBERÍA ESTÁ APOYADA A LO LARGO DEL TERRENO Y SI EN UNA DE SUS PARTES SE PRESENTA - UN DESLAVE LA TUBERÍA DEJARÁ DE TENER CONTACTO EN TODA SU SUPERFICIE DE APOYO CREÁNDOSE UN MOMENTO FLEXIONANTE NO CALCULADO, NO PREVISTO Y PUDIENDO HACER FALLAR A LA TUBERÍA O PIEZA ESPECIAL, POR LO QUE SE PRESENTARÁ UNA FUGA. SI ESTA ES UNA FUGA NO DETECTABLE FACILMENTE, POR LO PERMEABLE DEL TERRENO OCASIONARÁ UN MAYOR DESLAVE PONIENDO LA ESTRUCTURA EN PELIGRO DE FALLA EN ESE TRAMO, FIG. 1.7.

1.4.3. FUGAS POR CONSOLIDACION DEL TERRENO:

CONSOLIDACIÓN:

A UN PROCESO DE DISMINUCIÓN DE VOLUMEN QUE TENGA LUGAR EN UN LAPSO PROVOCADO POR UN AUMENTO DE LAS CARGAS SOBRE EL SUELO, SE LE LLAMA PROCESO DE CONSOLIDACIÓN.

LOS SUELOS A LA ACCIÓN DE NUEVAS CARGAS (ESTRUCTURAS POR EJEMPLO) SE COMPRIMEN AÚN MÁS, BAJO LAS NUEVAS CARGAS -- QUE SE LES COMUNICA.

FUGA POR DESLAVE:

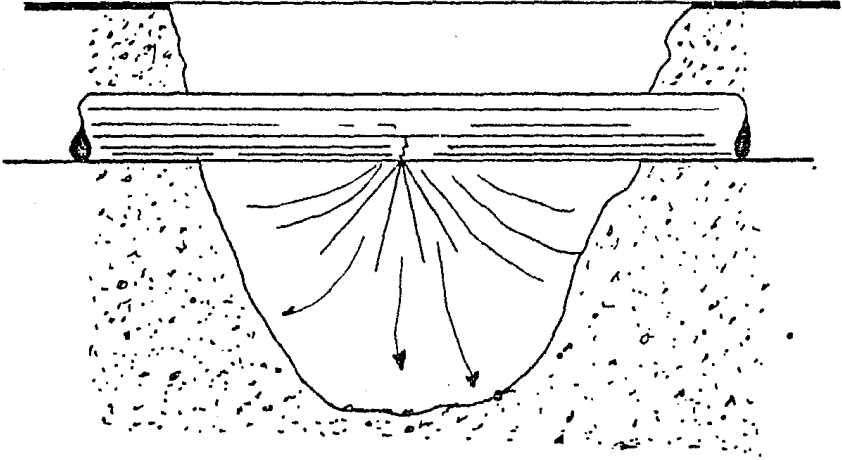


FIG.17.

POR LO TANTO EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A CIERTA PROFUNDIDAD PODRA TENER ESFUERZOS ADICIONALES NO PREVISTO POR LA COMPRESIÓN QUE LE TRASMITE EL SUELO POR LAS CARGAS ADICIONALES QUE ESTE PUEDA TENER. ESTOS ESFUERZOS ADICIONALES OCASIONADOS POR LA CONSOLIDACIÓN PUEDEN FRACTURAR TRAMOS DE TUBERÍA O PIEZAS ESPECIALES. POR LO QUE ES CONVENIENTE, POR EJEMPLO, TENER UNA CAMA DE APOYO BIEN COMPACTADA PARA EVITAR MAYORES ESFUERZOS ADICIONALES. Y TAMBIÉN HACER EL TRAZO DE LA TUBERÍA DONDE SE PREEVA QUE NO SE CONSTRUIRÁN ESTRUCTURAS DE GRAN PESO QUE TRASMITAN UNA CARGA AL TERRENO QUE LO LLEGUE A CONSOLIDAR.

1.5. FUGAS POR CONSTRUCCIONES ALEDAÑAS:

ALGUNAS VECES SE REALIZAN EXCAVACIONES POR ALGUNA CONSTRUCCIÓN PROYECTADA Y NO SE TOMAN LAS MEDIDAS NECESARIAS, DE PERCATARSE, QUE NO EXISTA NADA QUE SE PUEDA DAÑAR POR LA EXCAVACIÓN, POR LA FALTA DE PLANOS, POR FALTA DE OBSERVACIÓN DEL LUGAR, POR LO QUE ESTO PUEDE TRAER COMO CONSECUENCIA DAÑAR UN TRAMO DE TUBERÍA DE ALGUNA PARTE DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. POR EJEMPLO EN LAS EXCAVACIONES REALIZADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TRANSPORTE COLECTIVO SUBTERRÁNEO DE LA CIUDAD DE MÉXICO (METRO) EN MUCHAS OCASIONES ROMPIAN TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. POR OTRA PARTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACION CON UN PESO CONSIDERABLE PUEDE CAUSAR CONSOLIDACIÓN DE TERRENO POR LO QUE PUEDEN DAÑAR A LA TUBERÍA ADYACENTE O CERCANA A ELLA Y PRODUCIRSE UNA FUGA.

C A P I T U L O I I

METODOS DE DETECCION

2.- ALGUNOS METODOS DE DETECCION DE FUGAS.-

COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE LAS FUGAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN, OCASIONAN PÉRDIDAS CUANTIOSAS, ÉSTO DEBIDO A LAS CAUSAS MÁS FRECUENTES DE FUGAS ESTUDIADAS EN EL CAPÍTULO UNO. AL EXISTIR FUGAS EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ES NECESARIO DETECTARLAS. -- SE PRESENTARÁN CASOS EN QUE SERÁ FÁCIL ADVETIR LA EXISTENCIA DE UNA FUGA, POR EJEMPLO AL OBSERVAR AGUA BROTANDO DEL PAVIMENTO, PERO TAMBIÉN SE PRESENTARÁN CASOS EN QUE POR LO PERMEABLE DEL TERRENO DIFÍCILMENTE SE CONOCERA DE LA FUGA. POR LO QUE EN ÉSTE CAPÍTULO SE ANALIZARÁN EN FORMA GENERAL LOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE FUGAS QUE SE MENCIONAN EN LA LITERATURA Y SE HARÁ ÉNFASIS EN AQUELLOS DE MAYOR APLICACIÓN PRÁCTICA, PARTIENDO DE LOS MUY SIMPLES COMO LA OBSERVACIÓN DIRECTA Y TERMINANDO CON METODOS ESPECIALIZADOS COMO EL DEL ACELEROMETRO BASADO EN LA AMPLIFICACIÓN DEL SONIDO O EL DE LA INYECCIÓN DE TRAZADORES DE GAS. ES NECESARIO MENCIONAR QUE EXISTEN MÉTODOS MUY COSTOSOS QUE ADEMÁS REQUIEREN TÉCNICOS ESPECIALIZADOS ASÍ COMO MÉTODOS ECONÓMICOS QUE NO LOS REQUIEREN. ASIMISMO ES NECESARIO ACLARAR QUE LOS MÉTODOS QUE SE DESCRIBIRÁN EN ÉSTE CAPÍTULO SON PARTICULARES PARA CADA CASO Y SU APLICACIÓN DEPENDERÁ DE LAS CIRCUNSTANCIAS Y CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA A RESOLVER ASÍ COMO LOS RECURSOS ECONÓMICOS CON QUE SE CUENTE.

2.1 MÉTODOS BASADOS EN LA INSPECCIÓN VISUAL DEL TERRENO.

2.1.1. AFLORAMIENTO DE AGUA EN LAS CALLES.

LA INSPECCIÓN VISUAL DEL TERRENO U OBSERVACIÓN DIRECTA DIFÍCILMENTE PUEDE SER LLAMADO UN MÉTODO, SIN EMBARGO SE REQUIERE CIERTA PRÁCTICA PARA DETECTAR SI ALGÚN ESCURRIMIENTO DE AGUA EN LAS CALLES SE DEBE O NO A UNA FUGA.

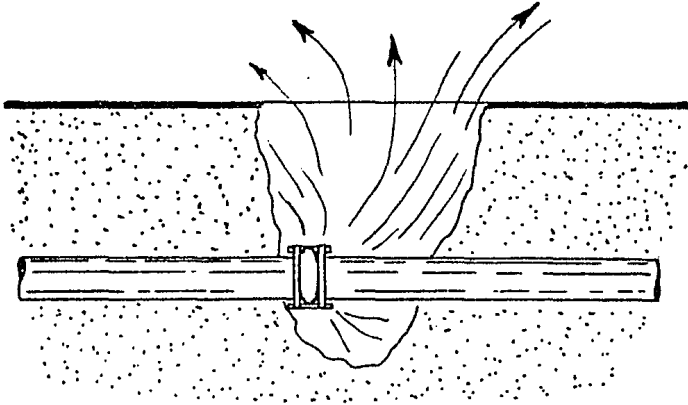
EN ÉSTE CASO, AL VER AGUA ESCURRIENDO EN ALGUNA CALLE ES FÁCIL SUPONER QUE EXISTE UNA FUGA PERO AQUÍ INTERVIENE LA DESTREZA DEL OBSERVADOR YA QUE TENDRÁ QUE VERIFICAR LA PROCEDENCIA DEL ESCURRIMIENTO SIGUIENDO LA LÍNEA DE LA FUGA AGUAS ARRIBA HASTA LOCALIZAR EL PUNTO DE FUGA. EN ÉSTE CASO DE APARICIÓN DE ESCURRIMIENTO DE AGUA EN LAS CALLES INTERVIENEN LAS CONDICIONES DEL TERRENO YA QUE EN UN TERRENO PERMEABLE Y CON UNA FUGA EN LA PARTE INFERIOR DE LA TUBERÍA SERÁ DIFÍCIL QUE LA FUGA SE VEA ESCURRIENDO EN LAS CALLES, LO QUE NO SERÍA DIFÍCIL CON UN TERRENO IMPERMEABLE Y ROTURA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA TUBERÍA. CUANDO EXISTE LA PRESENCIA DE UNA FUGA EL AGUA ABLANDA LOS TERRENOS Y POSIBLEMENTE PUEDE CAUSAR ROMPIMIENTO DEL PAVIMENTO CUANDO LA CALLE SE ENCUENTRA PAVIMENTADA. FIG. 2.1.

2.1.2. ABLANDAMIENTO DEL TERRENO.

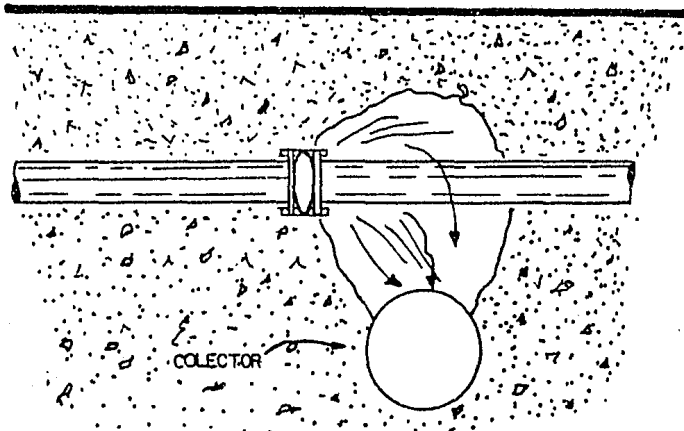
COMO SE MENCIONÓ EN EL INCISO ANTERIOR LAS FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PRODUCEN ABLANDAMIENTO EN LOS TERRENOS. PARA ÉSTE CASO ES NECESARIA ALGUNA DESTREZA PARA DETECTAR UNA FUGA YA QUE LAS CONDICIONES DEL TERRENO SON IMPORTANTES PARA EFECTUAR LA DETECCIÓN DE LA FUGA POR EJEMPLO, CUANDO EN UN TERRENO DURO O SEMIDURO SE OBSERVA UNA PARTE BLANDA PROBABLEMENTE EXISTA UNA FUGA. SIN EMBARGO ÉSTA OBSERVACIÓN SOLO SE PUEDE REALIZAR EN ZONAS RURALES DONDE EL TERRENO NO ESTÉ PAVIMENTADO PARA PODER REALIZAR LA OBSERVACIÓN DE ÉSTE. TAMBIÉN ES DIFÍCIL QUE PUEDA SER LLAMADO UN MÉTODO.

2.1.3. INSPECCIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO.

ESTE PROCEDIMIENTO SE PUEDE CONSIDERAR UN MÉTODO DE DETECCIÓN MÁS ADECUADO Y PRECISO QUE LOS ANTERIORES Y CONSISTE EN INSPECCIONAR EL TERRENO CON UN VARILLA -



Fuga en un terreno impermeable



Fuga en un terreno permeable.

FIG.2.1.

METÁLICA Y DE PUNTA AGUDA LLAMADA VARILLA DE SONDEO. LA INSPECCIÓN SE REALIZA DE LA SIGUIENTE MANERA: LA VARILLA DE SONDEO SE ENTIERRA EN EL TERRENO Y EN SEGUIDA SE SACA PARA SER REVISADA. SI LA VARILLA ESTÁ HÚMEDA O LODOSA SE HA ALCANZADO LA LÍNEA DE LA FUGA. DESDE LUEGO ÉSTA INSPECCIÓN NO PUEDE REALIZARSE EN TERRENOS PAVIMENTADOS O TERRENOS MUY DUROS, POR LO QUE SE PUEDE DECIR QUE SE REALIZA EN ZONAS RURALES.

2.1.4. APARICIÓN DE PEQUEÑAS CORRIENTES.

EN ALGUNAS OCASIONES SE PRESENTAN PEQUEÑAS CORRIENTES EN TERRENOS DONDE ES INUSITADA SU PRESENCIA, ESTO -- IMPLICA QUE MUY POSIBLEMENTE SEA UNA FUGA LA QUE HAGA -- APARECER ESTAS PEQUEÑAS CORRIENTES.

ASÍ COMO TAMBIÉN LA APARICIÓN INUSITADA DE UN MANANTIAL DONDE NO LO HABÍA ANTES O LA DESAPARICIÓN RÁPIDA DE UNA MANCHA DE ESCARCHA EN LA MAÑANA O UN TRAYECTO DE NIEVE O HIELO DERRETIDO INDICAN LA POSIBLE PRESENCIA DE UNA FUGA.

ESTOS MÉTODOS NECESITAN ALGO DE DESTREZA DE LOS TÉCNICOS AL REALIZAR LA OBSERVACIÓN DEL TERRENO ADEMÁS DE NO SER MUY PRECISOS YA QUE EL AGUA NO SIEMPRE APARECE CERCA DEL LUGAR DONDE SALIO DE LA TUBERÍA.

2.1.5. CRECIMIENTO FRONDOSO DE VEGETACIÓN EN UN PUNTO DETERMINADO.

AL IGUAL QUE LOS ANTERIORES MÉTODOS ES NECESARIO DESTREZA DEL OBSERVADOR ADEMÁS DE NO SER UN MÉTODO QUE DETERMINA CON EXACTITUD LA LOCALIZACIÓN DE LA FUGA YA QUE ESTA NO SIEMPRE APARECE CERCA DEL LUGAR DONDE SALIÓ DE LA TUBERÍA.

ESTE MÉTODO ES DE OBSERVACIÓN VISUAL DEL TERRENO Y FUNCIONA PRINCIPALMENTE EN TERRENOS SECOS O SEMISECOS.

SI EN UN TERRENO SECO APARECE INESPERADAMENTE EN UN PUNTO DETERMINADO VEGETACIÓN NO PROPIA DEL LUGAR INDICARÁ LA POSIBILIDAD DE FUGA, TAMBIÉN LA PRESENCIA DE VEGETACIÓN INUSITADAMENTE VERDE EN SEQUIAS Y CLIMAS SECOS DARÁ INDICIOS DE POSIBLES FUGAS.

2.1.6. INEXPLICABLE INCREMENTO EN EL GASTO DE UNA TUBERÍA DE DRENAJE.

EN ALGUNAS OCASIONES SE PRESENTAN INCREMENTOS INEXPLICABLES DEL GASTO EN TUBERÍAS DE DRENAJE, FLUJOS EXCESIVOS EN LAS ALCANTARILLAS, AGUA CORRIENTE EN LOS COLECTORES ETC. ÉSTO PUEDE INDICAR LA PRESENCIA DE UNA FUGA EN ALGUNA PARTE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

SI SE TIENE MEDICIONES DEL GASTO EN TUBERÍAS DE DRENAJE Y SE REALIZAN NUEVAS MEDICIONES CUANDO ES NOTORIO EL INEXPLICABLE INCREMENTO EN EL GASTO SE PODRÁ VERIFICAR ESTE INCREMENTO.

POR ESPECIFICACIÓN LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE SE TIENDEN ARRIBA DE LAS DE DRENAJE ESTO POR SI LAS TUBERÍAS DE DRENAJE PRESENTAN FUGAS EL AGUA DE DESECHO NO SE INFILTRARE A EL AGUA POTABLE.

POR TANTO SI UNA TUBERÍA DE AGUA POTABLE PRESENTA FUGA POSIBLEMENTE SE INFILTRARE A LAS TUBERÍAS DE DRENAJE E INCREMENTE SU GASTO.

2.2. MÉTODOS BASADOS EN LA PRESIÓN DE LA TUBERÍA.

2.2.1. ESTUDIOS PITOMÉTRICOS.

LA MEDICIÓN DEL FLUJO ES UNA FUNCIÓN ESENCIAL EN EL ESTUDIO DEL AGUA COMO MATERIAL DE INGENIERÍA. PUESTO -- QUE ESTA DETERMINACIÓN COMPRENDE PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA Y MECÁNICA DE FLUIDOS QUE SE PUEDEN APLICAR A TODOS LOS - PROBLEMAS DE MEDICIÓN DE FLUJOS, ES ESENCIAL CONTAR CON - LOS CONOCIMIENTOS TEÓRICOS Y CON LOS MÉTODOS Y LOS TIPOS DE EQUIPO QUE SE UTILIZAN PARA MEDIR FLUJOS.

LA MEDICIÓN DEL FLUJO TIENE UN VALOR INESTIMABLE PARA LA CONSERVACIÓN DE UNO DE LOS VALORES MATERIALES MÁS - PRECIADOS DEL HOMBRE.

CON LA MEDICIÓN DEL FLUJO SE OBTIENEN DATOS COMO LA PRESIÓN, LA VELOCIDAD, EL GASTO ETC.

PRUEBAS DEL FLUJO DE HIDRANTES:

LAS PRUEBAS DEL FLUJO DE HIDRANTES, COMO SE LLEVAN A CABO COMUNMENTE, INCLUYEN: A) OBSERVACIÓN DE LA PRESIÓN EN UN HIDRANTE SITUADO CENTRALMENTE DURANTE LA REALIZA-- CION DE LA PRUEBA; Y B) MEDICIÓN DEL FLUJO COMBINADO DE UN GRUPO DE HIDRANTES VECINOS. LAS CARGAS DE VELOCIDAD EN -- LOS CHORROS SALIENTES DE LOS HIDRANTES SE MIDEN GENERAL-- MENTE MEDIANTE TUBOS PITOT.

EL BLOQUEO, ES DECIR EL CIERRE TOTAL DE UNA VÁLVULA -- EN UN TRAMO DE TUBERÍA EN UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE -- AGUA POTABLE Y EL INCREMENTO EN LAS VELOCIDADES DE USO, -- POR DESECHO O POR FUGAS PUEDE CAUSAR LA CAÍDA DE PRESIÓN EN ALGUNA PARTE DEL SISTEMA.

LA PRESIÓN A TRAVÉS DEL SISTEMA DEBERÁ SER DETERMINADA AGREGANDO MEDIDORES DE PRESIÓN A HIDRANTES Y OTROS LUGARES DESEABLES. UNA PRESIÓN ANORMALMENTE BAJA INDICARÁ UN PROBLEMA ENTRE EL PUNTO DE BAJA PRESIÓN Y EL PUNTO MÁS CERCANO DE PRESIÓN NORMAL. OBSERVACIONES ADICIONALES DE PRESIÓN LOCALIZAN EL LUGAR DE LA DIFICULTAD CON MAYOR EXACTITUD.

UNA FUGA PUEDE DETECTARSE CON ESTUDIOS PITOMÉTRICOS DE LA SIGUIENTE MANERA:

EL SISTEMA CONSISTE EN COLOCAR DOS PITÓMETROS, - SIMULTANEAMENTE, EN LOS PUNTOS A Y B, COMO SE MUESTRAN EN LA FIGURA 2.2. CORRESPONDIENTES AL PRINCIPIO Y FINAL DE LA LÍNEA. LA DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES DEL CONSUMO C_A Y C_B , PUEDE SER MAYOR O IGUAL A CERO. EN EL PRIMER CASO HAY ESCAPE, EN EL SEGUNDO ES NORMAL.

LA LOCALIZACIÓN PUEDE HACERSE POR MEDIO DE UN TERCER TALADRO, EN EL PUNTO C. INTERMEDIO. ENTONCES, SI LA FUGA ESTÁ EN D.

$$C_A - C_C = 0$$

$$C_C - C_B \neq 0$$

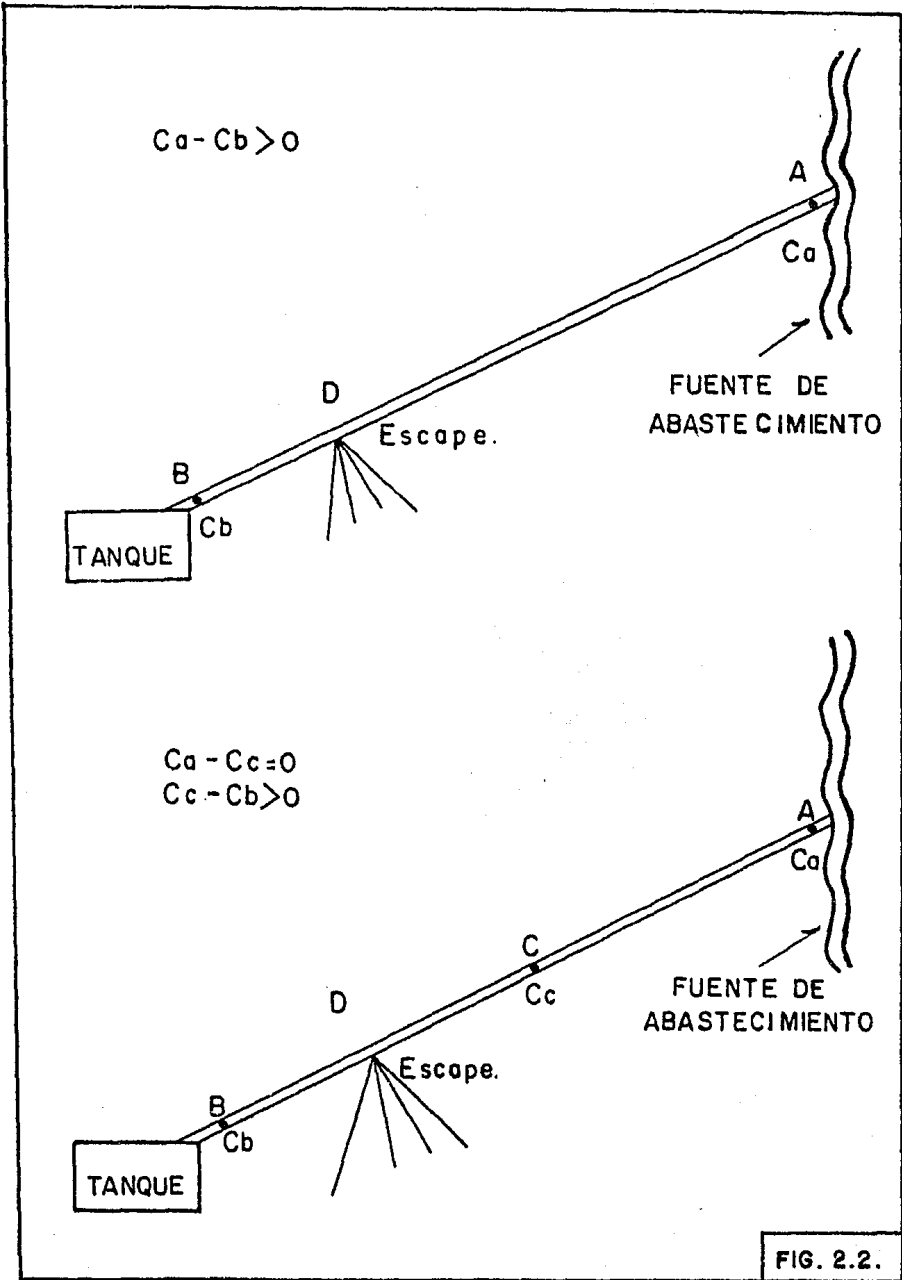
ASÍ SE PUEDE CONTINUAR POR ELIMINACIÓN HASTA ENCONTRAR EL SITIO DE FUGA.

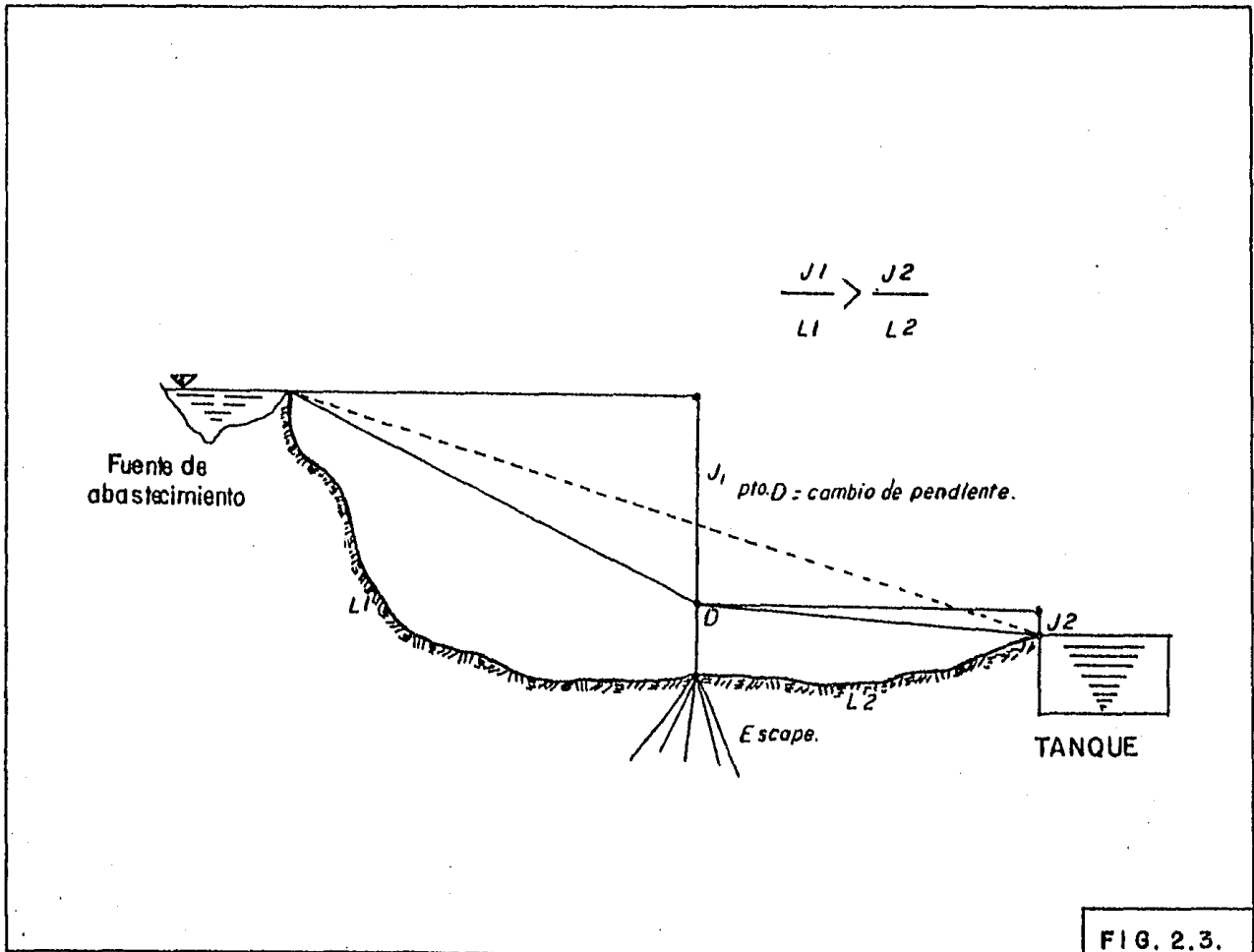
OTRO MÉTODO SERÍA: FIG. 2.3.

EL SISTEMA DE TOMAR PRESIONES Y DETERMINAR EL PERFIL DE LA LÍNEA PIEZOMÉTRICA.

SI EL DIÁMETRO ES UNIFORME Y EL ESCAPE ESTÁ EN D, DEBERÁ TENERSE:

$$\frac{J_1}{L_1} > \frac{J_2}{L_2} \text{ Y ESTARÁ LOCALIZADO DONDE CAMBIE LA PENDIENTE}$$





PIEZOMÉTRICA.

2.2.2. GOLPE DE ARIETE.

EN LA APLICACIÓN DEL FENÓMENO DEL GOLPE DE ARIETE PARA LOCALIZAR UNA FUGA EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO - DE AGUA POTABLE, LAS CONDICIONES FAVORABLES REQUIEREN UN LARGO TRAMO DE TUBERÍA SIN RAMALES IMPORTANTES. UNA VALVULA ES ABIERTA SOBRE LA LÍNEA HASTA QUE LA VELOCIDAD DEL FLUJO LLEGUE A SER CONSTANTE Y ENTONCES LA VALVULA ES REPENTINAMENTE CERRADA. SE REGISTRA EL INSTANTE EN QUE LA VÁLVULA SE CIERRA, ASÍ COMO LA PRESIÓN EN LA TUBERÍA. LA ONDA DE PRESIÓN CAUSADA POR EL GOLPE DE ARIETE VIAJARÁ A LO LARGO DE LA TUBERÍA HASTA EL PUNTO DONDE OCURRE LA FUGA Y DONDE UNA PARTE DE LA ONDA DE PRESIÓN SERÁ DISIPADA. LA ONDA DE PRESIÓN DISMINUIDA VIAJARÁ ENTONCES DE REGRESO HASTA EL MEDIDOR DE PRESIÓN EN LA VALVULA Y SE OBSERVARÁ UNA CAÍDA DE PRESIÓN Y LA ONDA HA VIAJADO DOS VECES LA DISTANCIA ENTRE LA VÁLVULA Y LA FUGA.

LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ONDA DE PRESIÓN SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$D = \frac{TV}{2}$$

DONDE: D = DISTANCIA A LA FUGA (FT)

T = TIEMPO EN SEGUNDOS PARA QUE LA ONDA DE PRESIÓN REGRESE A LA VALVULA.

V = VELOCIDAD DE VIAJE DE LA ONDA DE PRESIÓN EN -- FT/SEG.

2.3. MÉTODOS BASADOS EN INTERPRETACIONES ACÚSTICAS.

2.3.1. VARILLA METÁLICA.

ESTE MÉTODO PUEDE TENER VARIANTES COMO USAR LA VARILLA ÚNICAMENTE PARA INSPECCIONAR LA HUMEDAD DEL SUELO. CONSISTE EN UN VARILLA DE METAL CON PUNTA AGUDA QUE ES ENCAJADA EN EL TERRENO SACANDOSE Y OBSERVANDOSE SI ESTÁ HÚMEDA O LODOSA, PARA SEGUIR LA LÍNEA DE LA FUGA ÉSTO YA FUÉ MENCIONADA EN EL INCISO 2.1.3.

EL MÉTODO ANTERIOR PUEDE VARIARSE AL ENCAJARSE LA VARILLA HASTA TOCAR EL LOMO DE LA TUBERÍA Y COLOCAR EL OÍDO EN LA TERMINACIÓN DE LA VARILLA PARA ESCUCHAR LOS SONIDOS QUE SE PRODUCEN. UN TÉCNICO EXPERIMENTADO PUEDE DISTINGUIR AQUELLOS SONIDOS DEL FLUJO EN LA TUBERÍA CUANDO EXISTE UNA FUGA EN LA MISMA. ÉSTO SE HARÁ EN EL CASO DE NO TENER APARATOS QUE SIMPLIFIQUEN EL TRABAJO O EN CASO DE NO TENER MEDIOS NI RECURSOS. DESDE LUEGO NO ES MUY EFECTIVO, SOBRE TODO SI LA SUPERFICIE ESTÁ CUBIERTA DE CÉSPED O HIERBA. SUPERFICIES DE ESTA CLASE SON DEFICIENTES TRANSMISORES DEL SONIDO. TODO ESTO PARTIENDO DE QUE LAS FUGAS EN UNA TUBERÍA DE AGUA POTABLE USUALMENTE PRODUCEN ALGÚN SONIDO PECULIAR. ÁGUJEROS PEQUEÑOS, ESPECIALMENTE EN TUBERÍAS DE ACERO BAJO ALTA PRESIÓN, DARÁN ALTÍSIMOS SONIDOS DE FRECUENCIA. UN DESPERFECTO GRANDE EN LA TUBERÍA CON GRAN SALIDA DE AGUA PRODUCIRÁ UN CARACTERÍSTICO, PROFUNDO Y RUGIENTE SONIDO. SI A ESTA VARILLA SE LE CONECTA UN MICRÓFONO O ALGÚN INSTRUMENTO SIMPLE PARA AMPLIFICAR EL SONIDO, ÉSTE PUEDE HACERSE MÁS AUDIBLE - POR EJEMPLO UN INSTRUMENTO LLAMADO ACUAFONO SIMILAR A UN RECEPTOR TELEFÓNICO SIN CONECCIONES ELECTRICAS. ÉSTE INSTRUMENTO TRABAJA COMO UN ESTETOSCOPIO.

2.3.2. VARILLA CON MICRÓFONO, AMPLIFICADOR Y AUDÍFONOS.

ESTOS EQUIPOS SE FORMAN PRINCIPALMENTE DE UNA VARILLA DE PRUEBA, UN MICRÓFONO, UN AMPLIFICADOR DE TRANSISTORES Y UNOS AUDIFONOS. ASÍ PUEDEN SER LOCALIZADOS Y FIJADOS LOS SONIDOS DE FUGAS DE AGUA EN LAS TUBERÍAS. EL TIPO O TONO DEL SONIDO VARÍA DESDE EL PROFUNDO RUGIDO DE UNA TUBERÍA MATRIZ HASTA EL ALTÍSIMO CHILLIDO DE UNA FUGA EN LA EMPAQUETADURA DE UNA VÁLVULA. ES NECESARIO DIFERENCIAR ESTOS SONIDOS DE OTROS RUIDOS DE FONDO NORMALES. LA FORMA DE REALIZAR PRUEBAS CON ESTOS EQUIPOS SE HACE DE LA SIGUIENTE MANERA:

SE COLOCA LA PUNTA DE LA VARILLA DE PRUEBA SOBRE LA PARTE DE LA TUBERÍA QUE SE VA A PROBAR. HAY QUE -- RASPAR UN POCO LA TUBERÍA CON LA PUNTA PARA ASEGURAR BUEN CONTACTO. CUANDO LA VARILLA DE PRUEBA YA ESTÁ -- FIRME SOBRE LA TUBERÍA, SE DEPRIME EL INTERRUPTOR SITUADO ENCIMA DE LA VARILLA. ESTO COMPLEMENTA EL CIRCUITO ELÉCTRICO ENTRE EL MICRÓFONO Y EL AMPLIFICADOR. POSTERIORMENTE, SE PROCEDE A REALIZAR MEDICIONES COMPARATIVAS EN PUNTOS DONDE SE SOSPECHE QUE HAY PROBABILIDAD DE FUGAS, DONDE AUMENTE EL SONIDO SE SIGUE LA -- LÍNEA DE LA FUGA. ES NECESARIO OBSERVAR EL MEDIDOR ÓPTICO PARA VERIFICAR EL AUMENTO DE SONIDO. SI SE TENÍA INTENSIDAD DE SONIDO CASÍ NULA Y DE REPENTE SE INCREMENTO Y DESPUÉS DISMINUYÓ, LA FUGA HA SIDO LOCALIZADA EN EL PUNTO DONDE SE INCREMENTÓ EL SONIDO. FIG. 2.4.

PARA LOCALIZAR CON PRECISIÓN LA FUGA SE UTILIZA -- EL MICROFONO DETECTOR; CON ESTE MICROFONO NO SE DEBE -- USAR UNA SENSIBILIDAD MUY ALTA YA QUE EL MICRÓFONO ES -- TAN SENSIBLE QUE LOS RUIDOS DE FONDO NORMALES COMO TRÁ--

FICO VIAL, VIENTO, ETC. INTERFERIRÁN. EN SEGUIDA PARA LOCALIZAR CON PRECISIÓN LA FUGA, SE COLOCARÁ EL -- MICRÓFONO DETECTOR, LO MAS EXACTO POSIBLE, SOBRE LA - TUBERÍA MATRIZ O SOBRE OTRA TUBERÍA CON PUNTOS DE --- PRUEBA ESPACIADOS A 6 PIES COMO MÁXIMO.

HAY QUE COMPARAR UNO CON OTRO TODOS LOS SONIDOS - RECIBIDOS. EL ACERCAMIENTO A LA FUGA SERÁ RECONOCIDO POR UNA MAYOR INTENSIDAD Y UN AUMENTO DEL SONIDO. LA INTENSIDAD LLEGARÁ AL MÁXIMO SOBRE EL MISMO PUNTO DE LA FUGA Y SE REDUCIRÁ CUANDO PASE LA FUGA. LA LECTURA DEL MEDIDOR INDICARÁ EL MISMO RESULTADO QUE LA PRUEBA AUDIO VISUAL.

LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN UNA DETECCIÓN DE UNA - FUGA SON LOS SIGUIENTES:

A.-) PRESIÓN DE LA TUBERÍA:

UNA PRESIÓN ALTA NORMALMENTE DA UN SONIDO ALTO EL - CUAL ES UN BUEN SONIDO DE ALTA FRECUENCIA Y MUY APROPIADO PARA LOCALIZAR UNA FUGA. GENERALMENTE, SE PUEDE DE-- CIR QUE UNA PRESIÓN DE UNA ATMÓSFERA ES SUFICIENTE PARA LOCALIZAR FUGAS.

B.-) MATERIAL DE LA TUBERÍA:

SE DEBE CONOCER EL MATERIAL DE LA TUBERÍA QUE SE VA - A PROBAR YA QUE LA TRANSMISIÓN DE LOS SONIDOS DE FUGA VA--- RÍA MUCHO DE HIERRO FUNDIDO AL ACERO Y AL ASBESTO - CEMENTO. EN LAS TUBERÍAS DE ASBESTO-CEMENTO Y TUBERÍAS DE PLÁS- TICO LA CONDUCTIVIDAD ES SUMAMENTE DEFICIENTE POR LO QUE -- SE RECOMIENDA USAR OTROS MÉTODOS DE DETECCIÓN. AL EFECTUAR - LA LOCALIZACIÓN PRELIMINAR, LA EFICIENCIA DE LA VARILLA DE PRUEBA SERÁ DISMINUIDA POR LA FALTA DE TRANSMISIÓN DE SONI- DO DE AGUA CORRIENDO, TAMPOCO SE PUEDE DESECHAR LA PRESEN-- CIA DE UNA FUGA.

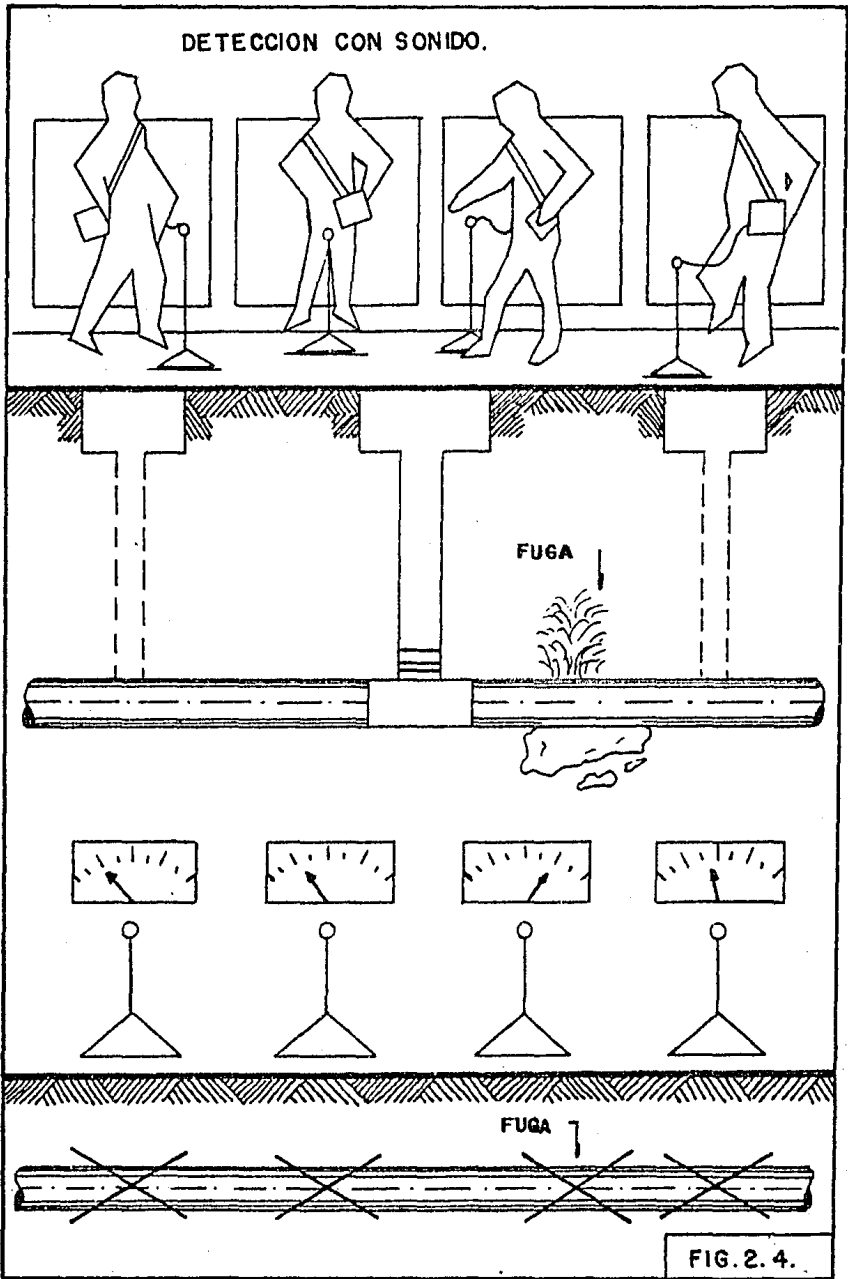


FIG. 2. 4.

C.-) TIPO DE SUELO:

EL ESTADO DE LA CAPA QUE CUBRE LA TUBERÍA INFLUIRÁ ESPECIALMENTE EN LA DETECCIÓN DEL SONIDO DE FUGA. UN -- SUELO BIEN DURO TIENE MAYOR EFICIENCIA PARA LA TRANSMI-- SIÓN DEL SONIDO Y POR CONSIGUIENTE TIENE MAYOR RESONANCIA QUE LOS SUELOS BARROSOS O CON CÉSPED. LA ARENA, ARENA -- COMPACTADA Y SUELO PEDREGOSOS, SON EFICIENTES TRANSMISO-- RES DE SONIDO.

POR OTRA PARTE, LA TRANSMISIÓN DE SONIDO BAJO SUELOS CONGELADOS ES TAN EFICIENTE QUE RESULTA MUY DIFÍCIL LOCALIZAR EL MÁXIMO (PUNTO MAS ALTO) YA QUE UNA GRAN PARTE -- DEL SUELO CONGELADO ESTARÁ VIBRANDO.

D.-) CAPA SUPERFICIAL.-

LA SUPERFICIE DE LOS ALREDEDORES PUEDE INFLUIR MUCHO EN LA DETECCIÓN, PARA LOCALIZAR CON PRECISIÓN ES NECESARIO CONSIDERAR LAS SUPERFICIES SOBRE LAS CUALES SE VA A COLO-- CAR EL MICRÓFONO DETECTOR. UN CAMBIO EN EL TIPO DE SUPERFICIE (DE CÉSPED A ASFALTO POR EJEMPLO) O DE UN MEDIO A -- OTRO, PUEDE CAUSAR UNA EVALUACIÓN CONTRADICTORIA DE LA PRUEBA; A VECES ESTO PUEDE ORIGINAR TANTAS DIFERENCIAS DE SONIDO QUE PODRÍA TORNARSE IMPOSIBLE UNA COMPARACIÓN REAL DE -- SONIDOS PARA DETECTAR FUGAS.

E.-) HORAS DE TRABAJO:

LA ELECCIÓN PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS, YA SEA DE DÍA O DE NOCHE, DEPENDE MUCHO DE LAS CONDICIONES LOCALES. EN DISTRITOS RURALES SERÍA POSIBLE TRABAJAR DE DÍA. DISTRITOS CON MUCHO TRÁFICO, RUIDOS, MÁQUINAS O FÁBRICAS DEBERÍAN TRABAJARSE EN HORAS VESPERTINAS O EN LA NOCHE. ADEMÁS, FACILITA LA DETECCIÓN EL HECHO DE QUE POR LA NOCHE - MUY POCAS GENTE CONSUME AGUA.

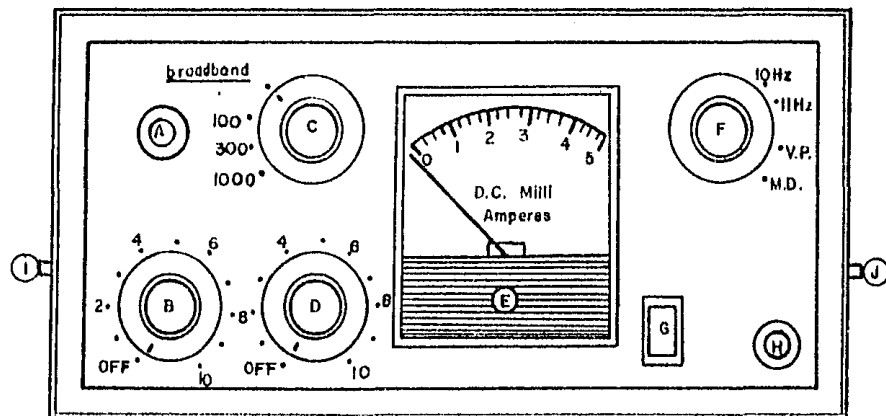
2.3.3. EQUIPO AMPLIFICADOR DE SONIDO Y FILTRADO.

EL EQUIPO UTILIZADO EN ESTE MÉTODO FUNCIONA DE SIMILAR MANERA QUE EL EQUIPO ANTERIOR PERO CON LA DIFERENCIA DE QUE TIENE UN AMPLIFICADOR MÁS SOFISTICADO, ADEMÁS DE INCLUIR FILTRADO DE SONIDO PARA EXCLUIR LOS RUIDOS DE FONDO. ESTO ES, EL USAR UNA SENSIBILIDAD MÁS ALTA ABRIENDO EL CONTROL DE SENSIBILIDAD, RESULTARÁ EN -- UNA AMPLIFICACIÓN DE RUIDOS DE FONDO. LA POSICIÓN ADICIONAL DEL CONTROL PERMITE INTRODUCIR EN EL CIRCUITO UN FILTRO DE FRECUENCIA. EN CASOS DE MUCHO VIENTO, TRÁFICO VIAL E INTENSOS RUIDOS DE FONDO. FIG. 2.5.

EL SONIDO EMITIDO POR UNA FUGA PUEDE SER RECOGIDO POR UN DELICADO CRISTAL Y SER AMPLIFICADO HASTA DIEZ MIL VECES POR TUBOS AL VACÍO O TRANSISTORES.

ES POSIBLE SINTONIZAR EL RECEPTOR AL TONO DEL SONIDO DE LA FUGA EXCLUYENDO SONIDOS INTERFERENTES EN EL LOCALIZADOR DE FUGAS. ESTE LOCALIZADOR DE FUGAS ES UN INSTRUMENTO MUY SENSIBLE, EL SONIDO DE LA FUGA SE SIGUE DIRECTAMENTE, LA EFECTIVIDAD DEL INSTRUMENTO SE INCREMENTA GRANDEMENTE, HACIENDO CONTACTOS DIRECTOS EN PUNTOS A LO LARGO DE LA TUBERÍA, HASTA QUE EL SONIDO PUEDA SER ESCUCHADO SIN HACER CONTACTO CON LA TUBERÍA. ESTE EQUIPO -- FACILITA LA LOCALIZACIÓN DE LA FUGA.

CONSOLA CON SISTEMA DE FILTRADO.



- A.- BOTÓN DE CONTACTO PARA EL MICRÓFONO DETECTOR.
- B.- CONTROL E INTERRUPTOR DE VOLUMEN
- C.- CONTROL DE FILTRO
- D.- CONTROL E INTERRUPTOR P/LOS INSTRUMENTOS (AMPLIFICACIÓN)
- E.- MEDIDOR

- F.- CONTROL DE OPERACIONES
- G.- INDICADOR DE NIVEL DE BATERIAS
- H.- REGULADOR DE 10 KH (NO SE EMPLEA EN LA DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA)
- I.- ENCHUFE P/LOS AUDÍFONOS
- J.- ENCHUFE P/LA VARILLA DE PRUEBA O MI CRÓFONO DETECTOR

FIG.2.5.

2.3.4. EQUIPO DE DETECCIÓN DE SONIDO DE ALTA PRECISIÓN (ACELERÓMETRO),

EL DETECTOR DE FUGAS CON ACELERÓMETRO ES UN SISTEMA LIGERO, PORTÁTIL Y CONSISTE PRINCIPALMENTE EN LOS SIGUIENTES EQUIPOS: ACELERÓMETRO, AUDÍFONOS Y CONSOLA.

ES UN APARATO EXTREMADAMENTE SENSIBLE PARA ESCUCHAR SONIDOS DIVERSOS CON LO CUAL ES POSIBLE DETECTAR LAS FUGAS EN UNA TUBERÍA. DETECTA LAS ONDAS DE SONIDO EMITIDAS POR LA RUPTURA DE LA TUBERÍA Y HA SIDO DISEÑADO PARA SER USADO INDEPENDIEMENTE DE UN VEHÍCULO. UNA PERSONA PUEDE TRANSPORTARLO Y OPERARLO FACILMENTE. POR TANTO SI SE SOSPECHA DE UNA FUGA LA INSPECCIÓN DEL LUGAR PUEDE SER LLEVADA A CABO INMEDIATAMENTE.

EL DETECTOR DE FUGAS NO TIENE CONTROLES DE VOLUMEN MANUAL SI NO MÁS BIEN UN CONTROL AUTOMÁTICO, LO CUAL SUPLE LA FALTA DE EXPERIENCIA DEL OPERADOR Y PREVIENE EL DAÑO AL OÍDO POR SONIDOS EXCESIVAMENTE ALTOS.

PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE UNA FUGA UNA INSPECCIÓN DEBE SER REALIZADA CON ÉSTE DETECTOR, PRIMERO INSPECCIONAR LOS HIDRANTES EN EL ÁREA (UN EQUIPO DE DOS PERSONAS PUEDE INSPECCIONAR HASTA 90 HIDRANTES POR DÍA), -- DESPUÉS CHECAR LAS VALVULAS DE LA ZONA. EN SEGUIDA DE QUE EL DETECTOR DE FUGAS HA LOCALIZADO LA FUGA SE USARÁ EL LOCALIZADOR QUE PROPORCIONA EL LUGAR EXACTO DE LA FUGA. EL DETECTOR HA PROPORCIONADO UNA LOCALIZACIÓN GENERAL -- POR LO TANTO SE USARÁ EL LOCALIZADOR DE FUGAS BASADO EN EL PRINCIPIO DE LA MEDIDA DE TIEMPO DE TRANSMISIÓN DE ONDAS SONORAS, EL SISTEMA ESTÁ COMPUESTO POR LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: CONSOLA DE LOCALIZACIÓN DE FUGAS, OSCILOSCOPIO DE LECTURA, DOS CONSOLAS DETECTORAS DE FUGAS, DOS ACELERÓMETROS Y AUDÍFONOS.

EL LOCALIZADOR DE FUGAS ES UN SISTEMA COMPACTO QUE TRABAJA CON UN VEHÍCULO Y UN EQUIPO DE DOS PERSONAS PUE DE SER OPERADO EN CUALQUIER LUGAR AL QUE PUEDA LLEGAR UN VEHÍCULO, ESTÁ EQUIPADO CON SU PROPIA CORRIENTE O -- BIEN CON FUENTE DE CORRIENTE DE 120 VOLTS.

EL PROCEDIMIENTO MÁS FRECUENTE PARA LOCALIZAR LAS FUGAS CON ÉSTE EQUIPO ES EL SIGUIENTE: FIG. 2.6.

A).- REALIZAR UNA INSPECCIÓN DEL LUGAR DONDE EXISTE POSIBILIDAD DE FUGA CON EL DETECTOR PARA DAR UNA --- APROXIMACIÓN GENERAL DE LA FUGA.

B).- DESPUÉS DE QUE EL SONIDO DE FUGA HA SIDO DETECTADO EN DOS PUNTOS DE ACCESO SOBRE LA TUBERÍA, COLOCAR LOS ACELERÓMETROS EN CADA PUNTO DE ACCESO. Y CONECTAR EL ACELERÓMETRO, EL AMPLICADOR Y EL LOCALIZADOR DE FUGAS.

LAS VÁLVULAS PRINCIPALES, HIDRANTES Y TOMAS DO MICILIARIAS PUEDEN SER USADAS COMO PUNTOS DE ACCESO.

C.-) MEDIR Y REGISTRAR LA DISTANCIA ENTRE LOS ACELERÓMETROS DENTRO DE LA MÁQUINA DEL LOCALIZADOR DE FUGAS, SEA EN PIES O METROS EL LOCALIZADOR DE FUGAS PUEDE TRABAJAR EFECTIVAMENTE CON DISTANCIAS MEDIAS HASTA DE 2,500 -- FT. (PIES).

D.-) APRETAR LOS BOTONES DE BARRIDO Y SEGUNDOS DESPUES LA FUGA SERÁ MOSTRADA EN LA PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO.

E.-) DESPUÉS DE IDENTIFICAR LA FUGA EN LA PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO LA LOCALIZACIÓN PRECISA SERÁ MOSTRADA EN LA ESCALA DIGITAL DE LA CONSOLA.

LA DISTANCIA DE LA FUGA AL ACELERÓMETRO SELECCIONADO SERÁ DADA COMO SI SE MIDIERA A LO LARGO DE LA TUBERÍA.

f.-) MEDIR LA DISTANCIA DEL ACELERÓMETRO SELECCIONADO A LA DISTANCIA MARCADA EN LA PANTALLA.

g.-) EXCAVAR Y REPARAR.

ALGUNOS INSTRUMENTOS DE SONIDO ALTAMENTE SOFISTICADOS SE HAN DESARROLLADO USANDO TÉCNICAS DE DILACIÓN (RETARDO) DE SONIDO, ANÁLISIS COMPUTACIONAL Y ANÁLISIS DE ONDAS DE SONIDO EN UN OSCILOSCOPIO. ESTOS MÉTODOS SON USUALMENTE MUY COSTOSOS PERO DEBEN SER CONSIDERADOS CUANDO LOS MÉTODOS DE SONIDO CONVENCIONALES SON IMPRACTICABLES.

DETECCION CON EQUIPO DE ALTA PRESICION.

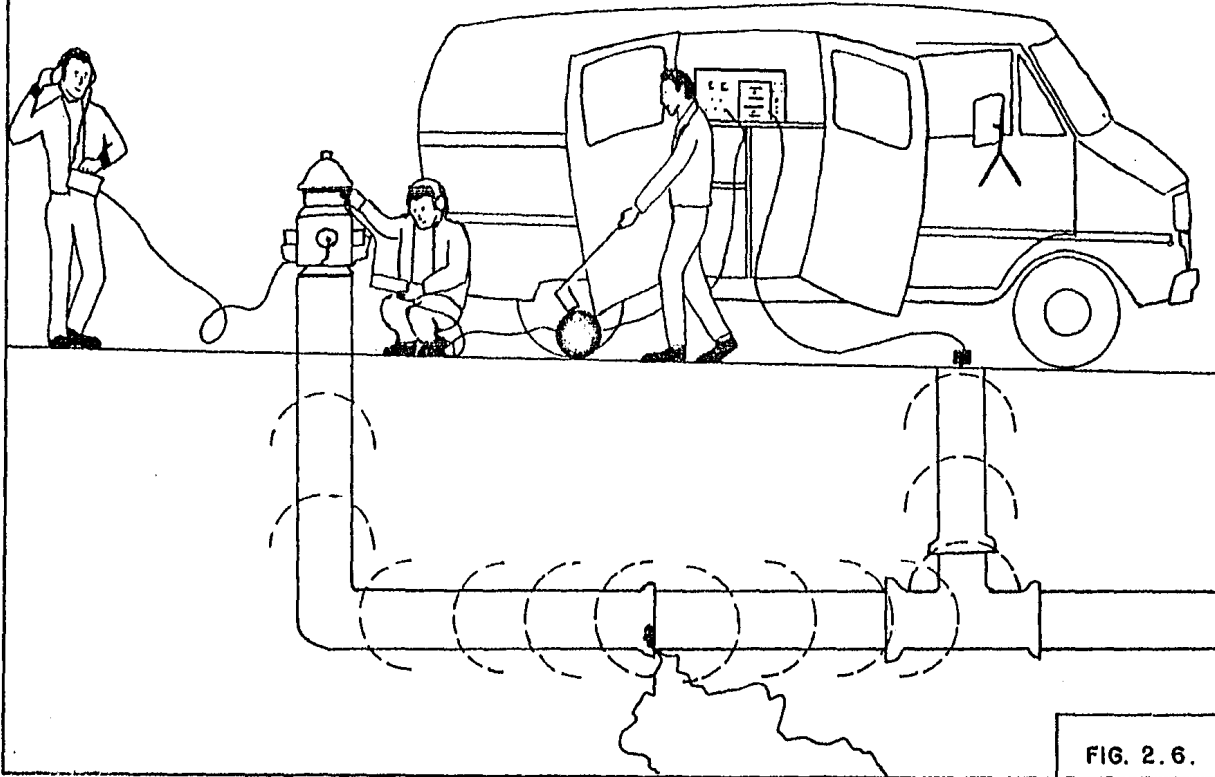


FIG. 2. 6.

2.4. MÉTODOS QUE USAN INDICADORES.

CUÁNDO LOS MÉTODOS DE SONIDO PARA LA DETECCIÓN DE FUGAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA SON IMPRACTICABLES EXISTE LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR OTROS MÉTODOS COMO POR EJEMPLO, LOS QUE USAN INDICADORES TALES COMO: ÓXIDO NITROSO DISUELTO EN AGUA, SAL DISUELTA EN AGUA, LA MEZCLA DE AIRE CON HELIO, LA MEZCLA DE METANO CON NITRÓGENO Y LA MEZCLA DE METANO CON ARGÓN. ESTOS INDICADORES SON INYECTADOS EN LAS TUBERÍAS Y POR MEDIO DE ANÁLISIS Y MEDICIONES PROPORCIONAN EL LUGAR DE LA FUGA. CADA UNO DE ESTOS MÉTODOS TIENEN SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS YA QUE POR EJEMPLO UNOS NECESITAN QUE SE VACÍE EL TRAMO A PROBAR, OTROS NO LOCALIZAN FUGAS EN EL LOMO DE LA TUBERÍA Y OTROS SON MUY COSTOSOS. POR LO QUE A CONTINUACIÓN SE ANALIZARÁN DE MANERA GENERAL ÉSTOS MÉTODOS.

2.4.1. ÓXIDO NITROSO DISUELTO EN EL AGUA.

UNA DE LAS VENTAJAS DEL ÓXIDO NITROSO ES QUE ES -- SOLUBLE EN AGUA. DE ÉSTE MODO, LA LÍNEA NO TIENE QUE SER DESAGUADA ANTES DE LA PRUEBA.

UN DETECTOR INFRAROJO ES MUY ESPECÍFICO PARA EL -- ÓXIDO NITROSO DE TAL MODO QUE NO CAUSAN PROBLEMA LOS -- GASES INTERFERENTES CUANDO SE ENCUENTRA AGUA QUE CONTIENE GAS.

UNA DE LAS DESVENTAJAS DE ESTE SISTEMA ES QUE EL -- ÓXIDO NITROSO ES MÁS PESADO QUE EL AIRE. ÉSTO SIGNIFICA QUE LAS FUGAS PUEDEN ENCONTRARSE APROXIMADAMENTE A LA A LA PROFUNDIDAD DE LA TUBERÍA MAESTRA, ADEMÁS LOS GASES

MÁS PESADOS QUE EL AIRE TIENEN MAYOR DIFICULTAD PARA SER LOCALIZADOS; QUE LOS GASES MÁS LIGEROS QUE EL -- AIRE Y EL EQUIPO ES COSTOSO.

2.4.2. SAL DISUELTA EN EL AGUA.

UNA CONCENTRACIÓN DE SAL (NaCl) LIGERAMENTE INCREMENTADA PUEDE SER USADA EN LA DETECCIÓN DE UNA FUGA -- ENCONTRANDO POR ANÁLISIS QUÍMICO UN INCREMENTO EN EL -- CONTENIDO DE CLORURO EN EL AGUA QUE PROBABLEMENTE ESCAPE DE UNA TUBERÍA DENTRO DE LA CUAL FUÉ AGREGADA LA SAL. LA CONCENTRACIÓN DE SAL NO DEBÉ SER INCREMENTADA DE TAL MANERA QUE PUEDA SER DETECTADA POR LOS USUARIOS.

OTRA MANERA DE MEDIR EL CONTENIDO DE SAL ES LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. ESTE ES UN PARÁMETRO QUE MIDE LA SALINIDAD DEL AGUA Y TAMBIÉN ES PROPORCIONAL A LOS SÓLIDOS QUE CONTIENE, SE DA EN MICROMHOS POR CENTÍMETRO --- (M MHOS/CM).

2.4.3. AIRE CON HELIO (GENERALMENTE 10% HELIO Y 90% AIRE).

CON ESTE SISTEMA LA TUBERÍA DEBE SER DESAGÜADA ANTES DE QUE LA MEZCLA DE HELIO Y AIRE SEA INTRODUCIDA. -- EL HELIO TIENE LA VENTAJA DE TENER UNA MOLÉCULA EXTREMADAMENTE PEQUEÑA Y ADEMÁS MUY LIGERA. ESTA MOLÉCULA ES DETECTABLE POR CONDUCTIVIDAD TÉRMICA O SONIDO COMPARATIVO.

2.4.4. METANO CON NITRÓGENO.

UNA MEZCLA DE 2½% DE METANO CON NITROGENO, USANDO IONIZACIÓN DE FLAMA, COMO DETECTOR ES UN MÉTODO EXTREMADAMENTE EFECTIVO, DEBIDO A QUE EL METANO ES MAS LIGERO QUE EL AIRE NO REQUIERE UNA PRUEBA PREVIA PARA LA -- LOCALIZACIÓN DE LA FUGA PERO SIN EMBARGO LA TUBERÍA -- TIENE QUE SER DESAGÜADA. LA DETECCIÓN DE METANO POR

IONIZACIÓN DE FLAMA ES POSIBLE EN EL RANGO DE ALGUNAS PARTES POR MILLÓN (P.P.M.) Y AÚN EN BAJAS CONCENTRACIONES DE METANO ES DETECTABLE FACILMENTE.

2.4.5. METANO ARGÓN.

ESTA MEZCLA TIENE LA VENTAJA DE POSEER UN COMPONENTE MÁS PESADO Y OTRO MÁS LIGERO QUE EL AIRE, EL METANO ES DETECTABLE POR IONIZACIÓN DE FLAMA Y EL ARGÓN POR SONIDO COMPARATIVO, ACTUANDO COMO UN GAS QUE CONFIRMA LA LOCALIZACIÓN. PUEDE OCURRIR UNA INTERFERENCIA CON TRAZADORES DE METANO Y HELIO COMO UN RESULTADO DE FUGAS DE GAS NATURAL O METANO PRODUCIDO EN LA NATURALEZA. -- ASÍ ESTE MÉTODO NECESITA UNA INSPECCIÓN PREVIA DEL ÁREA.

COMPARADOS CON LA INSPECCIONES POR SONIDO, LAS INSPECCIONES CON TRAZADORES DE GAS SON EXTREMADAMENTE CARRAS Y POR LO TANTO DEBERÁN SER CONSIDERADAS CUANDO EL SONIDO SEA IMPRACTICABLE.

2.4.6. OTROS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE FUGAS.

2.4.6.A. INYECTANDO TRAZADORES RADIATIVOS.

EN ESTE MÉTODO SE INYECTA UN TRAZADOR RADIATIVO DÉBIL Y DE VIDA CORTA EN LAS TUBERÍAS MAESTRAS, DESPUÉS SE REALIZAN PRUEBAS DE RADIATIVIDAD DEL AGUA CORRIENTE Y DEL TERRENO CON UN CONTADOR RADIATIVO, CUANDO ÉSTE MARCA UNA RADIATIVIDAD MAYOR SE HABRÁ LOCALIZADO LA FUGA EN EL PUNTO DONDE EXISTE MAYOR COCENTRACIÓN DE RADIATIVIDAD. DESDE LUEGO EL TRAZADOR RADIATIVO DEBE SER TAN DÉBIL QUE NO DAÑARÁ A NIÑOS Y PERSONAS EN GENERAL.

2.4.6.B.MIDIENDO LA CANTIDAD DE AGUA DESALOJADA POR UNA TUBERÍA.

SI UNA TUBERÍA TIENE UNA FUGA TAN GRANDE QUE LA VACÍA EN UN CORTO TIEMPO DESPUÉS QUE HA SIDO CERRADA, LA FUGA PUEDE ENCONTRARSE PERMITIENDO A LA TUBERÍA QUE DRENE (VACÍE). ENTONCES EL VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO PARA LLENAR A LA TUBERÍA RÁPIDAMENTE DEBERÁ SER MEDIDO Y ESTA CIFRA DIVIDIDA POR EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TUBERÍA.

EL COCIENTE SERÁ LA DISTANCIA A LA FUGA.

C A P I T U L O III

CRITERIOS SOBRE FUGAS PERMISIBLES

3.- CRITERIOS SOBRE FUGAS PERMISIBLES.-

EN ESTE CAPÍTULO SE PRESENTARÁN ALGUNOS DATOS NACIONALES SOBRE FUGAS DE AGUA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ASÍ COMO ALGUNOS CRITERIOS RESPECTO A LAS FUGAS MÁXIMAS PERMISIBLES QUE SE RECOMIENDAN EN UN PROYECTO.

AL TENER INFORMACIÓN SOBRE DATOS NACIONALES DE FUGAS SE PUEDEN ESTIMAR LOS VOLÚMENES PERDIDOS DE AGUA Y COMPARARLOS CON LOS PORCENTAJES PERMISIBLES QUE MENCIONAN ALGUNOS AUTORES.

ES NECESARIO TAMBIÉN TRATAR DE HACER UNA REFLEXIÓN TÉCNICA, AL APLICAR EL MENOR PORCENTAJE DE FUGAS PERMISIBLES A UN VOLUMEN INYECTADO EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA CIUDAD Y CON UNA POBLACIÓN DETERMINADA Y OBTENER UN RESULTADO APROXIMADO DEL NÚMERO DE PERSONAS QUE SE DEJARÍA DE ABASTECER AL APLICAR EL PORCENTAJE MENOR DE FUGAS PERMISIBLES.

POR EJEMPLO SI SE CONSIDERA EN UN 10% EL VOLUMEN PERDIDO POR FUGAS CON RESPECTO AL VOLUMEN ENTREGADO A UNA POBLACIÓN PODEMOS DEDUCIR LO SIGUIENTE:

SUPONIENDO QUE UNA POBLACIÓN DE 30,000 HABITANTES REQUERIRÁN APROXIMADAMENTE 100 LTS/SEG. PARA SU ABASTECIMIENTO. Y APLICANDO EL 10% DE PÉRDIDAS DE FUGAS EN LAS INSTALACIONES DEJARÍAMOS DE ABASTECER A 3,000 HABITANTES. YA QUE LAS PÉRDIDAS SERÍAN DE 10 LTS/SEG.

EN UNA POBLACIÓN DE 3'000,000 DE HABITANTES SE REQUERIRÁN 10,000 LTS/SEG. PARA SU ABASTECIMIENTO Y SEGURAMENTE EL PORCENTAJE DE FUGAS SERÁ MAYOR PUESTO QUE EXISTIRÁN MÁS

POSIBILIDADES DE FALLAS AL EXISTIR MAYOR LONGITUD DE TUBERÍAS, MÁS VÁLVULAS, MÁS CONEXIONES, MAYOR ÁREA POR SUPERVISAR, ETC. NO OBSTANTE DEJEMOS EL MISMO 10% DE FUGAS. LO QUE SIGNIFICARÍA 1.000 LTS./SEG. EQUIVALENTES A 10 -- POBLACIONES COMO LA PRIMERA.

EN AMBOS CASOS EL PROBLEMA TIENE ASPECTOS DIFERENTES, POR LO QUE, DISMINUIR LAS FUGAS DE AGUA REPRESENTARÁ DISMINUIR PÉRDIDAS ECONÓMICAS Y MEJORAS EN EL SERVICIO DIARIO, CONSIDERANDO QUE UNA GOTA DE AGUA QUE SE TIRA COSTÓ CAPTARLA, CONDUCIRLA, BOMBLEARLA, POTABILIZARLA, DISTRIBUIRLA, ETC.

3.1. DATOS NACIONALES SOBRE FUGAS.-

NO EXISTEN MUCHOS DATOS DE FUGAS EN NUESTRO PAÍS, POR LO QUE SE PRESENTARÁN SOLO ALGUNOS DATOS NACIONALES, OBTENIDOS DE LOS PROGRAMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS.

A.- EL PRIMER PROGRAMA FORMAL DE CONTROL HIDRÁULICO Y DE DETECCIÓN DE FUGAS SE REALIZÓ EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, EN EL ESTADO DE YUCATÁN, EN DONDE, POR UN TIPO ESPECÍFICO DE INSERCIÓN PARA TOMA DOMICILIARIA, SE TENÍA APROXIMADAMENTE EL 50% DE VOLÚMENES PERDIDOS CON RELACIÓN AL TOTAL DE LOS INYECTADOS A LA RED; EN ESTE CASO, LAS FUGAS NO AFLORABAN DADA LA CARACTERÍSTICA DEL SUBSUELO DE ALTA PERMEABILIDAD; AL ESTABLECERSE EL PROGRAMA DE CORRECCIÓN DE FUGAS EL SERVICIO MEJORÓ SUSTANCIALMENTE.

EN ESTE PRIMER CASO NO MENCIONAN EL VOLUMEN ENTREGADO, NI EL VOLUMEN FACTURADO, POR LO QUE NO ES POSIBLE DETERMINAR EL NÚMERO DE METRO CÚBICOS PERDIDOS.

B.- EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, ESTADO DE MORELOS, EN EL AÑO DE 1972, AL REALIZAR LOS AFOROS DE TODAS LAS CAPTACIONES, SE DETERMINÓ UN GASTO DISPONIBLE DE 1,106 LITROS POR SEGUNDO Y UN GASTO PROMEDIO DE EXPLOTACIÓN DE 1,091 LITROS POR SEGUNDO; CON ESTE GASTO SE OBTENÍA UN VOLUMEN DIARIO DE 94,262 M³ PARA ABASTECER A --- 103,000 HABITANTES, POR LO QUE LA DOTACIÓN RESULTANTE ERA DE 915 LITROS HABITANTES-DÍA.

AL ANALIZAR LOS VOLÚMENES DE AGUA MANEJADOS EN EL MES DE OCTUBRE DE ESE AÑO, SE LLEGÓ A LA SIGUIENTE DISTRIBUCIÓN:

AGUA EXPLOTADA:	2'018,973 M ³	100%
AGUA FACTURADA:	893,740 M ³	44%
PÉRDIDAS:	1'125,233 M ³	56%

ANTE ESTE ELEVADO PORCENTAJE DE PÉRDIDAS, SE PROCEDIÓ A REALIZAR UNA INVESTIGACIÓN A FONDO EN EL SISTEMA, Y SE ENCONTRÓ QUE LAS CAUSAS PRINCIPALES QUE PROVOCABAN ESTA SITUACIÓN ERAN LOS ELEVADOS CONSUMOS EN TOMAS SIN MEDIDOR O CON MEDIDORES DESAJUSTADOS Y LAS FUGAS, CUYA INCIDENCIA ERA DE CONSIDERACIÓN COMO CONSECUENCIA DE LAS ALTAS PRESIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, DEBIDAS AL DESNIVEL TOPOGRÁFICO DE LA CIUDAD Y A LA EDAD DE LAS TUBERÍAS.

MEDIDAS CORRECTIVAS:

SE PROCEDIÓ A VERIFICAR Y REPARAR MEDIDORES, A INSTALAR APARATOS EN TOMAS QUE CARECÍAN DE ELLOS Y SE INTEGRARON DOS -- BRIGADAS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FUGAS; SE INSTALARON ADEMÁS, VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN EN LA RED. EN EL -- PRIMER AÑO DE APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS, SE LOGRÓ ABATIR LAS PÉRDIDAS EN EL 50%, LO QUE REPRESENTÓ UN VOLUMEN MENSUAL DE POCO MÁS DE 500,000 M³ QUE SE INCORPORARON PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO Y PARA ABASTECER A NUEVOS USUARIOS.

C.- EN LA CIUDAD DE JALAPA, VER., EN EL AÑO DE 1975, SE OBSERVABAN MARCADAS DEFICIENCIAS EN EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE; POR LO QUE SE PRACTICÓ UN ESTUDIO HIDRÓMETRICO. AL HACER LAS OBSERVACIONES CORRESPONDIENTES SE LLEGÓ A LA SIGUIENTE DISTRIBUCIÓN MENSUAL:

VOLUMEN ENTREGADO:	1'008,288 M3	100%
VOLUMEN FACTURADO:	659,905 M3	65%
PERDIDAS:	348,383 M3	35%

EN ESTE CASO, COMO EN LOS ANTERIORES ESTUDIOS SE PROCEDIÓ A REVISAR MEDIDORES Y A ESTABLECER PROGRAMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS; SE LLEVÁRON A CABO CUATRO RECORRIDOS CON EL DETECTOR DE FUGAS, CUBRIENDO LA TOTALIDAD DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUERON LOCALIZADOS Y REGISTRADOS 417 FUGAS QUE NO AFLORABAN A LA SUPERFICIE EN LAS QUE SE CONTARON DESDE PEQUEÑOS ESCAPES HASTA FUGAS DE CONSIDERACIÓN; AL REALIZAR LAS REPARACIONES EL SERVICIO MEJORÓ SUSTANCIALMENTE. EN ÉSTE COMO EN OTROS CASOS OBSERVADOS, LOS FACTORES DETERMINANTES EN LA INCIDENCIA DE FUGAS FUERON LA EDAD DE LAS -- TUBERÍAS Y LAS ELEVADAS PRESIONES EN ALGUNAS ZONAS DE LA CIUDAD.

D.- EL CASO MÁS CRÍTICO OBSERVADO, FUÉ EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, ESTADO DE CHIAPAS. AL REALIZAR EL ESTUDIO HIDROMÉTICO SE ENCONTRÓ LA SIGUIENTE SITUACIÓN:

VOLUMEN MENSUAL:	816,402 M3	100%
VOLUMEN FACTURADO:	308,673 M3	38%
PÉRDIDAS:	507,729 M3	62%

EN ESTA OCASIÓN LOS MOTIVOS PRINCIPALES QUE ORIGINARON EL VOLUMEN NO CONTROLADO FUERON LOS ELEVADOS CONSUMOS EN TOMAS SIN MEDIDOR Y LAS FUGAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN; ES-

TA CIUDAD ES DE CLIMA CÁLIDO, LO QUE EXPLICA LOS ALTOS CONSUMOS; ADEMÁS, ES UNA ZONA DONDE CON RELATIVA FRECUENCIA SE REGISTRAN MOVIMIENTOS TELÚRICOS QUE CAUSAN DAÑOS A LA TUBERÍAS.

MEDIDAS CORRECTIVAS:

SE PROCEDIÓ A REPARAR FUGAS Y A INSTALAR MEDIDORES Y -- APROXIMADAMENTE EN 3 MESES SE LOGRÓ RECUPERAR UN 20% -- DEL VOLUMEN PERDIDO, LO QUE REPRESENTÓ 100,000 M³ MENSUALES.

E.- EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PUERTO DE VERA-- CRUZ, EN EL AÑO DE 1977, AL REALIZAR UN ESTUDIO DE CONTROL HIDRÁULICO Y DETECCIÓN DE FUGAS, SE ENCONTRO LO SIGUIENTE:

VOLUMEN MENSUAL ENTREGADO A LA RED:	4'033,152 M ³	100%
VOLUMEN FACTURADO:	2'650,864 M ³	66%
VOLUMEN NO FACTURADO:	1'382,288 M ³	34%

AL CONTINUAR CON EL ESTUDIO PARA DETERMINAR LAS CAUSAS DEL VOLUMEN NO CONTROLADO, SE ENCONTRÓ UN ALTO NÚMERO DE TOMAS NO REGISTRADAS, Y CON BASE EN EL MUESTREO REALIZADO, SE PUDO ESTIMAR QUE REPRESENTABAN UN CONSUMO MENSUAL DEL ORDEN DE 700,000 M³, QUE CORRESPONDE AL 17% DEL VOLUMEN TOTAL. AL REALIZAR EL PROGRAMA DE DETECCIÓN DE FUGAS SE PUDO APRECIAR QUE EN ESTE ASPECTO LAS PÉRDIDAS ERAN DEL ORDEN DE 600,000 M³ MENSUALES, LO QUE ES IGUAL AL 15% DEL VOLUMEN TOTAL.

AL CONCLUIR EL ESTUDIO, SE DEJARON ESTRUCTURADOS UNA SERIE DE PROGRAMAS DE ACCIÓN QUE COMPRENDÍAN: ADECUACIÓN DE CONTROLES ADMINISTRATIVOS, REGULARIZACIÓN DE TOMAS NO RE-

GISTRADAS, VERIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE MEDIDORES, ---
INSTALACIÓN DE MEDIDORES EN TOMAS CARENTES DE ELLOS Y -
UNA ACCIÓN PERMANENTE DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FU--
GAS.

3.2. FUGAS PERMISIBLES.-

EN SEGUIDA SE PRESENTAN ALGUNOS CRITERIOS DE FUGAS PERMISIBLES EN LOS PROYECTOS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN, CONSIDERANDO QUE EN LA PRÁCTICA NINGÚN SISTEMA ES TOTALMENTE HERMETICO.

3.2.1. EXPERIENCIA AMERICANA.-

TODAS LAS TUBERÍAS DEBERÁN PROBARSE EN SU HERMETICIDAD CONFORME SE LES CONSTRUYE. LAS FUGAS OBSERVADAS SE EXPRESAN FRECUENTEMENTE EN EL SISTEMA INGLÉS; COMO GALONES POR DÍA POR PULGADA DE DIÁMETRO (NOMINAL) Y MILLA DE TUBERÍA, O EN EL SISTEMA MÉTRICO; EN LITROS POR DÍA POR CENTÍMETRO DE DIÁMETRO NOMINAL Y TRAMO DE TUBERÍA. NATURALMENTE DEBE ESTABLECERSE LA PRESIÓN DE PRUEBA.

PARA HACER UNA PRUEBA DE FUGAS, SE AÍSLA LA LÍNEA MEDIANTE EL CIERRE DE LAS COMPUERTAS Y LA COLOCACIÓN DE UN CABEZAL O TAPÓN TEMPORAL AL EXTREMO DE LA SECCIÓN -- BAJO PRUEBA. SE LLENA ENTONCES EL TUBO CON AGUA Y SE COLOCA BAJO PRESIÓN, MIDIÉNDOSE EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER LA PRESIÓN MEDIANTE UN CONTADOR DOMICILIARIO ORDINARIO. SE SUPONE QUE LAS PÉRDIDAS, COMO EN LOS ORIFICIOS, VARIÁN CONFORME A LA RAÍZ CUADRADA DE LA PRESIÓN:

FORMULA DE FUGAS PERMISIBLES (EXPERIENCIA AMERICANA).

$$Q = ND \sqrt{P} / 850$$

EN DONDE:

- Q = FUGA EN GALONES POR HORA
- N = NÚMERO DE UNIONES EN LA LONGITUD DE LA LÍNEA PROBADA
- D = DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO EN PULGADAS.
- P = PRESIÓN PROMEDIO DURANTE LA PRUEBA EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA, MANOMÉTRICAS.

$$Q = ND \sqrt{P} / 151$$

- Q = FUGA EN LITROS POR HORA
- N = NÚMERO DE UNIONES EN LA LONGITUD DE LA LÍNEA PROBADA
- D = DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO EN CENTIMETROS
- P = PRESIÓN PROMEDIO DURANTE LA PRUEBA EN KILOGRAMOS POR CENTIMETRO CUADRADO, MANOMÉTRICAS.

3.2.2. UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON, MONTERREY 1966

3.2.2.A. SEGÚN LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966 EN SU CURSO INTENSIVO DE FUGAS Y MEDICIONES, SE ESTIMA QUE LO NORMAL ES QUE EXISTA UNA PÉRDIDA DE UN 26% DE AGUA ENTREGADA, CUANDO SE HALLEN FUNCIONANDO LAS TOMAS DOMICILIARIAS. PARA INVESTIGAR POSIBLES FUGAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, ES NECESARIO DETERMINAR EL CONSUMO POR SECTORES POR UN DÍA O MÁS. SI SE ENCUENTRA EN TAL AFORO QUE EL GASTO MÍNIMO NOCTURNO ES MUY ALTO CON RESPECTO AL GASTO MEDIO ENTREGADO DEBEN ESTUDIARSE LOS TIPOS Y MAGNITUD DE LAS DIFERENTES CONEXIONES, ESTO ES TRATAR DE JUSTIFICAR EL ALTO GASTO MÍNIMO NOCTURNO, POR LA PRESENCIA DE INDUSTRIAS QUE CONSUMAN AGUA DURANTE LA NOCHE, ASÍ COMO COMPROBAR EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LOS MEDIDORES DOMICILIARIOS. DE NO JUSTIFICARSE EL ALTO CONSUMO NOCTURNO LO MÁS PROBABLE ES LA EXISTENCIA DE FUGAS IMPORTANTES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

ES NOTORIO QUE ESTE PORCENTAJE ESTIMADO PARA FUGAS ES ALTO POR LO QUE DIFÍCILMENTE SE PUEDE CONSIDERAR COMO UN PORCENTAJE DE FUGAS PERMISIBLES.

3.2.2.B. ESCAPE EN LAS TUBERIAS MAESTRAS.

LAS FUGAS EN UNA RED NUEVA PROBABLEMENTE NO SERÁN MENORES DE 7.1 m³/KM/DÍA (SEGÚN LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966 EN SU CURSO INTENSIVO DE FUGAS Y MEDICIONES) A MENOS QUE SE HAYAN PROBADO CUIDADOSAMENTE Y SE HALLAN CORREGIDO TODOS LOS DEFECTOS.

LAS FUGAS SON PROPORCIONALMENTE MAYORES EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS POBLACIONES MENORES YA QUE MUCHAS DE ELLAS SON CONSTRUIDAS CON MEDIOS DEFICIENTES.

3.2.2.C. LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN HACE REFERENCIA EN SU CURSO INTENSIVO SOBRE FUGAS Y MEDICIONES, MONTERREY 1966. QUE SEGÚN LAS NORMAS AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION -- (A.W.W.A). LAS FUGAS MÁXIMAS PERMISIBLES EN LT/KM; PARA TUBERÍAS DE ASBESTO-CEMENTO SON COMO MUESTRA LA TABLA -- No. 3

3.2.3. PORCENTAJE ESTIMADO POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (D.G.C.O.H.).

LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN --- HIDRÁULICA DEL D.D.F., DICE (EN EL PROGRAMA DE AHORRO DE AGUA 1982 PAG. 5) QUE UN RENGLÓN IMPORTANTE POR DONDE SE ESTIMA QUE SE PRESENTA UNA GRAN MERMA EN LA CAPACIDAD DE OFERTA DEL AGUA POTABLE, LO CONSTITUYEN LAS FUGAS A LO LARGO DE LA RED DE AGUA SIENDO ÉSTAS DEL ORDEN DEL 10% DEL AGUA QUE INGRESA AL DISTRITO FEDERAL.

ASÍ MISMO SE MENCIONA (PROGRAMA DE AHORRO DE AGUA - 1982 PAG. 8) QUE DEL CAUDAL DISPONIBLE EN 1982, (41.4 -- M³/S), SE ESTIMA QUE LAS PÉRDIDAS O FUGAS QUE OCURREN EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ES DEL ORDEN DE MÁS DE 4 M³/S QUE SE APROXIMA AL 10% DE QUE SE HABLÓ EN EL PÁRRAFO ANTERIOR.

3.2.4. PORCENTAJE DE FUGAS EN BASE A ESTUDIOS REALIZADOS - EN LOS ÚLTIMOS AÑOS EN MÉXICO, PRESENTADOS POR EL ING. -- ANDRÉS CORTES LANDAZZURY EN LA CONVENCION DE ACAPULCO -- GRO., MÉXICO, MARZO, 1983. DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS - EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA REPUBLICA MEXICANA.

TABLA NO. 3

DIAMETRO CMS.	10.54 KG/CM2		8.78 KG/CM2		7.03 KG/CM2		5.27 KG/CM2		3.52 KG/CM2	
	24 HR.	1 HR.	24 HR.	1 HR.	24 HR.	1 HR.	24 HR.	1 HR.	24 HR.	1 HR.
6.0	559	23.29	511	21.29	456	19.00	391	16.29	322	13.42
7.5	706	29.42	645	26.87	576	24.00	494	20.58	407	16.96
10.0	941	39.41	860	35.83	769	32.04	659	27.46	543	22.62
15.0	1,411	58.79	1,290	53.75	1,153	48.04	988	41.17	814	33.92
20.0	1,881	78.37	1,720	71.67	1,537	64.04	1,317	54.87	1,086	45.25
25.0	2,352	98.00	2,150	89.58	1,922	80.08	1,647	68.62	1,357	56.54
30.0	2,823	117.62	2,580	107.60	2,306	96.08	1,976	82.33	1,629	67.87
35.0	3,293	137.21	3,010	125.42	2,690	112.08	2,305	96.04	1,900	79.17
40.0	3,763	156.79	3,440	143.27	3,075	128.82	2,634	109.75	2,172	90.50
45.0	4,234	176.42	3,872	161.25	3,459	144.12	2,964	123.60	2,443	101.79
50.0	4,704	196.00	4,300	179.17	3,843	160.12	3,293	137.21	2,714	113.08
60.0	5,645	235.21	5,160	215.00	4,112	192.17	3,952	164.67	3,252	135.73

SE HA ESTIMADO EN UN 45% EL VOLUMEN DE AGUA NO CONTROLADA A NIVEL NACIONAL (ACAPULCO GRO. MÉXICO, MARZO - 1983 PAG. 4); ESTE VOLUMEN SE INTEGRA POR CONSUMO EXCESIVOS EN TOMAS SIN MEDIDOR, TOMAS NO REGISTRADAS, SERVICIOS PÚBLICOS Y FUGAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN. POR LO QUE RESPECTA A ESTAS ÚLTIMAS, EL PORCENTAJE PROMEDIO GENERAL SE ESTIMÓ EN UN 23% HABIENDOSE ENCONTRADO CASOS CRÍTICOS POR PORCENTAJE DE FUGAS DEL 38% Y MÍNIMOS DEL 12%. POR LO TANTO EL PORCENTAJE PROMEDIO GENERAL ESTIMADO ES IGUAL AL 23%.

SE HAN MENCIONADO ALGUNOS PORCENTAJES ESTIMADOS DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE QUE VARIAN, DESDE UN 10%, HASTA UN 26% DEL VOLUMEN DE AGUA ENTREGADA, SIENDO ÉSTE ÚLTIMO MUY ALTO COMO PARA CONSIDERARSE COMO UN PORCENTAJE DE FUGAS PERMISIBLES.

TAMBIÉN SE MENCIONAN LA FORMULA DE FUGAS PERMISIBLES (EXPERIENCIA AMERICANA), Y UNA TABLA PARA TUBERÍA DE ASBESTO-CEMENTO EN LA CUAL A DIFERENTES PRESIONES DE TRABAJO Y DIFERENTES DIÁMETROS SE OBTIENEN VALORES DE FUGAS PERMISIBLES.

PARA LA APLICACIÓN DE LA FÓRMULA Y LA TABLA ES NECESARIO CONOCER DIFERENTES DATOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN. COMO SON DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, NÚMERO DE UNIONES, PRESIÓN DE TRABAJO, LONGITUDES, ETC.

Y POR ÚLTIMO UN DATO OBTENIDO DE UNA CONFERENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN EN EL AÑO DE 1966. EN EL QUE SE ESTIMA QUE EN UNA RED NUEVA PROBABLEMENTE LAS FUGAS NO SERÁN MENORES DE 7.1 M³/KM/DÍA.

ESTE DATO COMPARADO CON LA TABLA PARA TUBERÍAS DE ASBESTO-CEMENTO NOS ARROJA UNA TUBERÍA DE (60 CMS. Ø) SESENTA CENTÍMETROS DE DIÁMETRO A UNA PRESIÓN DE TRABAJO DE 10.54 KG/CM²; LO QUE IMPLICA UNA COLUMNA DE AGUA

DE 105.4 METROS CON UN DIÁMETRO DE 24" QUE NO ES LO -
USUAL EN UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, -
POR LO QUE SE DESCARTA ESTE DATO.

3.3. APLICACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE FUGAS ESTIMADOS A LOS DATOS NACIONALES.

A CONTINUACIÓN SE APLICARÁN ALGUNOS DE LOS PORCENTAJES DE FUGAS PERMISIBLES EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A LOS DATOS NACIONALES. PARA QUE SE TÉNGA UNA IDEA DE LOS VOLÚMENES DE AGUA PERDIDOS Y QUE SE CONSIDERARÍAN COMO PERMISIBLES.

3.3.1. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA. (MES DE OCTUBRE/1972)

VOLUMEN ENTREGADO 2'018,973 M³ 100%

SI APLICAMOS LOS PORCENTAJES DE FUGAS OBTENDREMOS LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

- (1) PORCENTAJE DE LA UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN, MONTERREY 1966. ESTIMADO EN UN 26% DEL AGUA ENTREGADA.

SI EL VOLUMEN DE AGUA ENTREGADA ES IGUAL A 2'018,973 M³ SE TENDRÁ:

$$2'018,973 \text{ M}^3 \times 0.26 = 524,933$$

LO QUE IMPLICA QUE EL VOLUMEN PERDIDO SERÁ DE 524,933 M³

- (2) PORCENTAJE EN BASE A ESTUDIOS REALIZADOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS PRESENTADO EN LA CONFERENCIA DE AGUA EXPO/83. ESTIMADO EN UN 23%.

DADO QUE EL VOLUMEN DE AGUA ENTREGADA ES IGUAL A ----- 2'018,973 M³ LAS PERDIDAS SEGÚN ESTE PORCENTAJE SERÁN - DE:

$$2'018,973 \text{ M}^3 \times 0.23 = 464,364$$

LO QUE IMPLICA QUE EL VOLUMEN PERDIDO SERÁ DE 464,364 M³

- (3) PORCENTAJE OBTENIDO DE LA D.G.C.O.H. ESTIMADO EN UN 10% DEL AGUA ENTREGADA.

EL VOLUMEN DE AGUA ENTREGADA ES IGUAL A 2'018,973 M³ POR TANTO SE TENDRÁ LO SIGUIENTE:

$$2'018,973 \text{ m}^3 \times 0.10 = 201,897$$

LO QUE IMPLICA QUE EL VOLUMEN PERDIDO SERÁ DE 201,897 M³

POR LO QUE AL APLICAR LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE FUGAS AL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA CON DATOS DE OCTUBRE DE / 1972 TENEMOS LO SIGUIENTE:

No.	PORCENTAJE DE FUGAS	VOLUMEN ENTREGADO (MENSUAL)	VOLUMEN PERDIDO (MENSUAL)
1	26%	2'018,973 m ³	524,933 m ³
2	23%	2'018,973 m ³	464,364 m ³
3	10%	2'018,973 m ³	201,897 m ³

YA QUE ESTOS VOLÚMENES DE PERDIDAS SON OBTENIDOS DE UN VOLUMEN PROMEDIO MENSUAL, LO VEREMOS DE LA SIGUIENTE FORMA:

UN VOLUMEN DE 524,933 M³ EQUIVALE APROXIMADAMENTE A 203 LTS/SEG. CONSIDERANDO QUE SON NECESARIOS APROXIMADAMENTE 100 LTS/SEG. PARA ABASTECER A UNA POBLACIÓN DE 30,000 HABITANTES, COMO SE ANALIZO AL INICIO DEL CAPÍTULO LO, DEJARÍAMOS DE ENTREGAR AGUA A UNA POBLACIÓN DE 60,000 HABITANTES.

ADEMÁS SI SE CONSIDERA QUE CUERNAVACA TENÍA EN EL AÑO DE 1972 UNA POBLACIÓN DE 103,000 HABITANTES EL 58% DE LA POBLACIÓN NO SERÍA ABASTECIDA, DE ACUERDO A ESTE CRITERIO.

REALIZANDO EL MISMO ANÁLISIS PARA UN VOLUMEN DE --- 464,364 M³.

464,364 m³ EQUIVALEN A 179 LTS/SEG. SE DEJARÍA DE ABASTECER A UNA POBLACIÓN DE 53,700 HABITANTES EQUIVALENTE A UN 52% DE LA POBLACIÓN DE CUERNAVACA EN EL AÑO DE 1972.

Y AHORA PARA UN VOLUMEN DE 201,897 m³ EQUIVALEN A 78 LTS/SEG. SE DEJARÍA DE ABASTECER A UNA POBLACIÓN DE 23,000 HABITANTES APROXIMADAMENTE, EQUIVALENTE A UN 22% DE LA POBLACIÓN DE CUERNAVACA EN EL AÑO DE 1972.

3.3.2. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE JALAPA, VERACRUZ 1975:

VOLUMEN ENTREGADO: 1'008,288 m³

No.	PORCENTAJE DE FUGAS	VOLUMEN ENTREGADO (Mensual)	VOLUMEN PERDIDO (Mensual)	VOLUMEN PERDIDO (LTS/SEG.)
1	26%	1'008,288 m ³	262,155 m ³	101.00
2	23%	1'008,288 m ³	231,906 m ³	89.00
3	10%	1'008,288 m ³	100,829 m ³	39.00

LO QUE IMPLICA QUE EN EL CASO NÚMERO UNO DEJARÍAMOS DE ABASTECER APROXIMADAMENTE A 30,000 HABITANTES, EN EL CASO NÚMERO DOS A 27,000 HABITANTES Y EN EL CASO TRES A 11,500 HABITANTES.

3.3.3. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE TUXTLA GUTIÉRREZ:

VOLUMEN ENTREGADO: 816,402.00 m³

No.	PORCENTAJE DE FUGAS	VOLUMEN ENTREGADO (MENSUAL)	VOLUMEN PERDIDO (MENSUAL)	VOLUMEN PERDIDO (LTS/SEG.)
1	26%	816,402.00 m ³	212,265 m ³	82.00
2	23%	816,402.00 m ³	187,772 m ³	72.00
3	10%	816,402.00 m ³	81,640 m ³	32.00

EN EL CASO UNO DEJARÍAMOS DE ABASTECER APROXIMADAMENTE A UNA POBLACIÓN DE 25,000 HABITANTES EN EL CASO NÚMERO DOS A UNA POBLACIÓN DE 22,000 HABITANTES Y EN EL CASO TRES A UNA POBLACIÓN DE 9,500 HABITANTES.

3.3.4. EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL PUERTO DE VERACRUZ,

VOLUMEN ENTREGADO: 4'033,152 m³

No.	PORCENTAJE DE FUGAS	VOLUMEN ENTREGADO (MENSUAL)	VOLUMEN PERDIDO (MENSUAL)	VOLUMEN PERDIDO (LTS/SEG.)
1	26%	4'033,152 m ³	1'048,620 m ³	405
2	23%	4'033,152 m ³	927,625 m ³	358
3	10%	4'033,152 m ³	403,315 m ³	156

EN EL CASO UNO IMPLICA DEJAR DE ABASTECER APROXIMADAMENTE 121,000 HABITANTES, EN EL CASO DOS A 107,000 HABITANTES Y EN EL CASO TRES A 47,000 HABITANTES.

AL APLICAR LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE FUGAS A LOS DATOS NACIONALES SE ENCUENTRA QUE EL 26% Y 23% SON PORCENTAJES MUY ALTOS COMO PARA CONSIDERARSE COMO PORCENTAJES DE FUGAS PERMISIBLES. YA QUE SERÍAN ENORMES LOS VOLÚMENES DE AGUA TOMADOS COMO PÉRDIDAS PERMISIBLES.

POR LO QUE UN PORCENTAJE RAZONABLE PARA SER CONSIDERADO - COMO PERMISIBLE SERÍA EL 10% DEL VOLUMEN ENTREGADO, SIN - EMBARGO ESTO DEBE SER RESPALDADO CON UN CORRECTO DISEÑO - DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, CON EL USO DE MATERIALES DE BUENA CALIDAD, UTILIZANDO MANO DE OBRA CALIFICADA Y CON UNA EFICIENTE SUPERVISIÓN.

C A P I T U L O I V

PREVENCION DE FUGAS

4 .- PREVENCIÓN DE FUGAS.-

4.1. ANTECEDENTES:

EN LOS ANTERIORES CAPÍTULOS SE HAN ESTUDIADO LAS --- CAUSAS MÁS FRECUENTES DE FUGAS, ASÍ COMO ALGUNOS MÉTO--- DOS DE DETECCIÓN DE LAS MISMAS, TODO ESTO COMO MEDIDAS - CORRECTIVAS, SIN EMBARGO ES NECESARIO PREVENIR DENTRO - DE LA MEDIDA DE LAS POSIBILIDADES ÉSTE PROBLEMA. POR - LO TANTO, LA INTENCIÓN DE ÉSTE CAPÍTULO ES PRESENTAR DE MANERA GENERAL ACCIONES QUE SE PUEDEN LLEVAR A CABO EN - LAS DISTINTAS ETAPAS DEL DISEÑO, LA CONSTRUCCIÓN Y LA -- OPERACIÓN DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA PREVENIR LAS FUGAS PRINCIPALMENTE POR LOS SIGUIENTES FACTORES: INCORRECTO DISEÑO, EDAD DE LAS TUBERÍAS, MALA CALIDAD DE LOS MATERIALES, DEFICIENTE MANO DE OBRA, INCORRECTA SUPERVISIÓN ETC.

4.2. DISEÑO:

TODOS LOS CONDUCTOS CERRADOS DEBEN CUMPLIR CON CIERTOS REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES PARA RESISTIR FUERZAS - INTERNAS Y EXTERNAS EN COMBINACIÓN O POR SEPARADO.

YA QUE COMO SE ESTUDIÓ EN EL CAPÍTULO NÚMERO UNO, ESTAS FUERZAS PUEDEN SER CAUSA DE FUGAS Y POR LO TANTO ES NECESARIO TENER LA CERTEZA DE QUE EL DISEÑO HA SIDO BIEN REALIZADO, PRINCIPALMENTE EN LOS PUNTOS DE MAYOR IMPORTANCIA COMO EN LOS SIGUIENTES CASOS.

4.2.A. CARGAS EXTERNAS:

AL NO CONSIDERAR LAS CARGAS EXTERNAS DE DISEÑO EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE COMO LAS QUE -

OCASIONAN EL TRÁNSITO DE LOS VEHÍCULOS, EL PESO DEL MATERIAL DE RELLENO, LOS ESFUERZOS ADICIONALES POR UNA - CAMA MAL COMPACTADA, EL PESO PROPIO DE LA TUBERÍA CUANDO SE ASIENTA EN APOYOS AISLADOS, O LAS QUE PRODUCEN - LAS EDIFICACIONES DE PESO CONSIDERABLE CERCANAS A LAS TUBERÍAS, ÉSTAS PUEDEN PRESENTAR FUGAS.

POR LO QUE PARA PREVENIR LAS FUGAS POR CAUSA DE -- LAS CARGAS EXTERNAS, ES NECESARIO CONSIDERARLAS EN LOS DISEÑOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

4.2.B. PRESIONES INTERNAS:

COMO SE MENCIONÓ EN EL CAPÍTULO NÚMERO 1, ESTAS SON DEBIDAS PRINCIPALMENTE AL GOLPE DE ARIETE, QUE ES UN -- EFECTO DE SOBREPRESIÓN Ó ELEVADAS PRESIONES EN LA RED - POR UN INCORRECTO DISEÑO AL NO TOMAR EN CUENTA LA CARGA HIDROSTÁTICA MÁXIMA POR NORMA. (COLUMNA DE AGUA).

ES IMPORTANTE SABER QUE EL GOLPE DE ARIETE (EFECTO DE SOBREPRESIÓN), NO SE ELIMINA EN SU TOTALIDAD, SOLO - SE PUEDE REDUCIR USANDO VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN, CAMARAS DE AIRE, TORRES DE OSCILACIÓN Y ATRAQUES EN --- CAMBIOS DE DIRECCIÓN.

POR LO QUE SI ÉSTOS ELEMENTOS SE OMITEN EN EL DISEÑO DE UN PROYECTO, CUANDO EXISTE NECESIDAD DE ELLOS, EL GOLPE DE ARIETE PODRÍA CAUSAR FUGAS. POR LO TANTO ES NECESARIO PREVENIR ESTE EFECTO EN EL DISEÑO.

4.2.C. INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES:

EXISTEN PIEZAS ESPECIALES COMO VÁLVULAS, JUNTAS DE - DIFERENTES TIPOS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN, REDUCCIONES, TAPAS ETC., QUE COMPLEMENTAN JUNTO CON LAS TUBERÍAS UN ---

SISTEMA Y QUE POR LO TANTO DEBEN ESTAR CONTEMPLADAS EN EL DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN PARA GUIAR Y CONTROLAR EN FORMA EFICIENTE Y LO MÁS HERMÉTICAMENTE POSIBLE EL FLUJO DEL AGUA EN LAS CONDUCCIONES.

PARA EJEMPLIFICAR LO ANTERIOR SE TIENE LO SIGUIENTE:

SE DEBEN PREVENIR LAS DILATACIONES EN LAS TUBERÍAS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA CON JUNTAS DE EXPANSIÓN O - JUNTAS GIBAULT, DE OTRA MANERA PUEDE HABER FALLA. SE DEBEN PREVENIR LOS DISLOCAMIENTOS Y POSIBLE FALLA EN - CAMBIOS DE DIRECCIÓN ATRACANDOLOS. SE DEBEN EMPLEAR - VÁLVULAS DE ALIVIO, VÁLVULAS DE DESFOGUE ETC., PARA PREVENIR FALLAS POR EXCESO DE PRESIÓN.

4.3. MATERIALES:

CUANDO SE UTILIZAN MATERIALES DE BUENA CALIDAD MUY PROBABLEMENTE EL SISTEMA SERÁ MÁS HERMÉTICO, YA QUE UN MATERIAL CON UN BUEN CONTROL DE CALIDAD, IMPLICA QUE HA SIDO PROBADO CON REQUERIMIENTOS ARRIBA DE LOS NORMALES. DE LO CONTRARIO, CON UN MATERIAL DE BAJA CALIDAD, Y CON UN INADECUADO CONTROL SERÁ MÁS SUCEPTIBLE A LA FALLA.

POR LO TANTO, CON EL USO DE MATERIALES DE BUENA CALIDAD SE PREVIENEN LAS FUGAS, ASÍ COMO SE LOGRA UNA VIDA - ECONÓMICA MAYOR.

4.4. EDAD DE LAS TUBERÍAS:

TODO PROYECTO TIENE UNA VIDA ECONÓMICA, POR LO QUE ES IMPORTANTE CONOCER EN BASE A LA EXPERIENCIA LA DURABILIDAD DE LAS TUBERÍAS DEPENDIENDO DEL MATERIAL USADO:

ESTIMACIONES CONFIABLES DE LA DURABILIDAD DE DIFERENTES TUBERÍAS.

TUBO DE HIERRO COLADO, RECUBIERTO	100	AÑOS
TUBO DE ACERO RECUBIERTO	25 A 50	AÑOS
TUBO DE CONCRETO REFORZADO	75	AÑOS
TUBO DE ASBESTO-CEMENTO	75 A 100	AÑOS
TUBO DE DUELAS DE MADERA	25 A 50	AÑOS

UN MÉTODO PARA PREVENIR FUGAS POR FATIGA EN TUBERÍAS VIEJAS, ES EL LLEVAR UN CONTROL DESDE SU INSTALACIÓN Y REMPLAZARLA ANTES DE CUMPLIR EL FIN DE SU VIDA ECONÓMICA.

4.5. TRANSPORTE DE LAS TUBERÍAS:

EN OCASIONES SE PRESENTAN CASOS, EN QUE LA LOCALIZACIÓN DONDE SERÁ INSTALADO UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ES UNA ZONA INACCESIBLE Y LAS TUBERÍAS SE TORNAN IMPORTANTES EN PESO Y TAMAÑO, POR LO QUE FRECUENTEMENTE SON GOLPEADAS Y POR LO TANTO DAÑADAS, PERDIENDO ASÍ SU CAPACIDAD DE RESISTENCIA A LOS FACTORES YA MENCIONADOS.

POR LO QUE PARA PREVENIR ÉSTO ES NECESARIO EFECTUAR LAS MANIOBRAS CON EL MAYOR CUIDADO POSIBLE, ASÍ COMO UNA PREVIA REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA, AUNQUE ESTA SEA NUEVA.

4.6. MANO DE OBRA:

ES MUY FACTIBLE QUE SE PREVENGAN FUGAS UTILIZANDO MANO DE OBRA CALIFICADA YA QUE SE ESTARÁ GARANTIZANDO UNA MEJOR INSTALACIÓN DEL SISTEMA. YA QUE EN MUCHAS OCA

SIONES SE REQUIERE QUE SE SULDEN TRAMOS COMO EN LAS - TUBERÍAS DE ACERO, QUE SE PEGUEN LOS TRAMOS CON MÉTODOS ESPECIALIZADOS COMO LA TERMOFUSIÓN EN TUBERÍAS DE EXTRU-PACK, QUE SE REALICEN UNIONES CON EL CUIDADO DE EMPACAR-LAS CORRECTAMENTE, QUE LAS PIEZAS ESPECIALES SEAN COLO--CADAS EN POSICIONES ADECUADAS, ETC.

DE OTRA MANERA, MANO DE OBRA MAL CALIFICADA PUEDE -- PROVOCAR DAÑOS Y POR LO TANTO FUGAS POR MALAS UNIONES, - MALA COLOCACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES, ETC.

4.7. SUPERVISIÓN:

LA SUPERVISIÓN EN LA FABRICACIÓN, EN LA INSTALACIÓN Y EN LA OPERACIÓN DE LAS TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES, RE--PRESENTA UNA MANERA DE PREVENIR FUGAS, YA QUE SE CUIDARÁ QUE LA MANO DE OBRA NO REALICE TRABAJOS DE MALA CALIDAD COMO POR EJEMPLO, EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA QUE REQUIE RE SOLDADURA, LA SUPERVISIÓN ESTARÁ A CARGO DE QUE SEAN - TOMADAS LAS RADIOGRAFÍAS NECESARIAS QUE GARANTICEN LA --- CORRECTA APLICACIÓN DE ÉSTA. QUE LA INSTALACIÓN DE LAS - TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES SEAN EFECTUADAS COMO LO RE--QUIERE EL DISEÑO Y QUE ASÍ MISMO, SE REALICEN LAS PRUEBAS A ÉSTAS DONDE SE ESPECIFIQUE. TAMBIÉN SE PREVIENEN LAS - FUGAS; CUANDO LA SUPERVISIÓN VERIFICA EL ESTADO DE LOS MA TERIALES A INSTALAR, RECHAZANDO LOS QUE A SU JUICIO NO -- CUMPLEN CON LO ESPECIFICADO POR EL DISEÑO O LOS QUE ESTÁN MALTRATADOS POR EL TRANSPORTE O POR MANIOBRAS MAL EFECTUA DAS.

ES NECESARIO TENER EN CUENTA, QUE DEBE EXISTIR UNA SU- PERVISIÓN ADECUADA EN CUALQUIER ACTIVIDAD REALIZADA EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA EVITAR DENTRO DE LA MEDIDA DE LAS POSIBILIDADES, LAS FUGAS.

4.8. PRUEBAS:

AL CONCLUIR LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, SE DEBE PROBAR SU HERMETICIDAD, - REALIZANDO PRUEBAS HIDROSTÁTICAS POR TRAMOS ANTES DE RELLENAR LA TUBERÍA. EN CASO DE FUGA ES EVIDENTE QUE EL -- PROBLEMA TENDRÁ QUE SER REPARADO ANTES DEL RELLENO.

LAS PRUEBAS DEBEN REALIZARSE A PRESIONES MAYORES A -- LAS DE TRABAJO Y APEGADAS A LO ESTIPULADO POR EL FABRICANTE. EVIDENTEMENTE ES OTRA FORMA DE PREVENIR FUGAS POR -- INSTALACIONES DEFECTUOSAS.

ASÍ, AL CONCLUIR ESTE CAPÍTULO, ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE LA PREVENCIÓN DE FUGAS DEBE TOMARSE EN CUENTA EN CUALQUIER SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, YA QUE SE TENDRÁ GRANDES AHORROS AL EVITARSE REPARACIONES -- INNECESARIAS DE FUGAS.

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

5.1. CONCLUSIONES:

EN SEGUIDA SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES A QUE SE LLEGÓ EN ESTE ESTUDIO, A MANERA DE RESÚMEN Y DESTACANDO LAS MÁS IMPORTANTES.

1.- NO EXISTE MUCHA INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA DE FUGAS; LA MAYORÍA ES INFORMACIÓN PROVENIENTE DE PUBLICACIONES Y ESTUDIOS EXTRANJEROS.

2.- CON LO QUE RESPECTA A LOS DATOS NACIONALES DE FUGAS, SON POCAS LAS ESTADÍSTICAS QUE SE TIENEN DE ÉSTOS.

3.- YA QUE EL AGUA ES UN ELEMENTO VITAL PARA EL HOMBRE Y LA VIDA EN GENERAL ES NECESARIO TENER CONTROL DE ELLA. REFIRIENDOSE AL CONTROL DE FUGAS EN LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS, ES MUY IMPORTANTE Y NECESARIO, IMPLEMENTAR EL SERVICIO MEDIDO, CON EL FIN DE CONOCER LOS VOLÚMENES SUMINISTRADOS A LA POBLACIÓN Y LOS VOLÚMENES CONSUMIDOS POR DICHA POBLACIÓN, LO QUE DARÁ INFORMACIÓN QUE INDICARÁ LA POSIBILIDAD DE FUGAS, O DE CONOCER SI LA DIFERENCIA DE VOLÚMENES SE ENCUENTRA DENTRO DE LÍMITES PERMISIBLES EN QUE LA DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE LA FALLA SERÁ MÁS COSTOSA QUE LA MISMA PÉRDIDA DE AGUA.

4.- ES NECESARIO EVITAR EL USO IRRACIONAL DEL AGUA, Y ES MENESTER GENERAR UNA CONCIENCIA EN EL SER HUMANO DE LA IMPORTANCIA DE SU CUIDADO, A TRAVÉS DE CAMPAÑAS EDUCATIVAS CONTINUAS, TANTO EN ESCUELAS COMO EN CENTROS DE TRABAJO, EN COLEGIOS DE PROFESIONISTAS ETC., Y POR TODO LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN POSIBLES. ESTO IMPLICA UN CAMBIO EN NUESTROS HÁBITOS COTIDIANOS, ES DECIR, CAMBIAR NUESTRA ESTRUCTURA MENTAL RESPECTO AL CONSUMO DEL AGUA.

5.- ES NECESARIO CONTAR CON MEDICIÓN TANTO EN LAS ----
INSTALACIONES A TRAVÉS DE LAS CUALES SE HACE EL ABAS--
TECIMIENTO, COMO EN LOS DOMICILIOS, SEAN DEL USO QUE -
FUERE, DOMÉSTICO, INDUSTRIAL, COMERCIAL, OFICINAS PÚ--
BLICAS, ETC., CON EL FIN DE TENER LOS MEDIOS PARA -- -
DETECTAR ESTE TIPO DE CONSUMOS EXAGERADOS O MAL USO --
DE AGUA.

6.- LA FALTA DE CONTROL DEL AGUA OCASIONA ADEMÁS QUE -
SE SOBRE EXPLOTEN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA
SATISFACER LA DEMANDA REAL O FICTICIA DE UN CENTRO DE
POBLACIÓN. ESTA ACCIÓN PROPICIA EL ABATIMIENTO DE LOS
NIVELES DE LOS MANTOS ACUÍFEROS Y COMO CONSECUENCIA --
LÓGICA, SE PRODUCE UNA DISMINUCIÓN EN SU GASTO, LO ---
CUAL PROVOCA EL FIN DE SU VIDA PRODUCTIVA.

7.- EL PRECIO DEL AGUA EN LA REPÚBLICA MEXICANA Y MUY
EN PARTICULAR EN EL DISTRITO FEDERAL, NO CORRESPONDE -
AL COSTO REAL DEL SERVICIO.

TRADICIONALMENTE SE HA CONSIDERADO AL AGUA COMO UN BIEN
DE CONSUMO VIRTUALMENTE GRATUITO QUE NO TIENE LIMITACIÓN
DE CANTIDAD Y QUE NO LO RIGE NINGÚN PRECIO. ESTO NO ---
PUEDE MANTENERSE ASÍ, SOBRE TODO PORQUE EL RECURSO ES --
ESCASO. A PESAR DE ELLO LAS CUOTAS DE AGUA SIGUEN SIEN--
DO MUY BAJAS Y LA RECUPERACIÓN DE CAPITAL Y DE LOS COS--
TOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ES MUY LIMITADA. EL --
HECHO DE QUE EL USUARIO SIENTA MÁS DIRECTAMENTE LAS CUO--
TAS QUE REFLEJAN EL COSTO REAL DEL AGUA, HARÁN QUE SE VI--
GILE QUE NO SE DESPERDICIE ÉSTE LIQUIDO.

8.- EL EMPLEO DE MATERIALES DE BUENA CALIDAD EN LA CONS--
TRUCCIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN,
ASÍ COMO UNA MANO DE OBRA CALIFICADA Y UNA SUPERVISIÓN --
ESPECIALIZADA REDUCIRÁN LAS FUGAS, EN LOS SISTEMAS DE ---
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

9.- LOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE FUGAS NO SON GENERALES, ESTOS ES, AL EXISTIR UNA POSIBLE FUGA NO SE PODRÁ APLICAR CUALQUIER MÉTODO, YA QUE HAY UNOS QUE SON ECONÓMICOS, COMO LA SIMPLE OBSERVACIÓN DIRECTA Y OTROS MUY COSTOSOS POR LO SOFISTICADO DE LOS APARATOS Y LO ESPECIALIZADO DE LOS OPERADORES.

POR LO QUE LOS MÉTODOS SON PARTICULARES A CADA CASO DEPENDIENDO DE LAS CIRCUNSTANCIAS Y TAMAÑO DEL PROBLEMA A RESOLVER.

10.- EXISTEN DIFERENCIAS EN LOS PORCENTAJES Y FÓRMULAS DE FUGAS PERMISIBLES; POR LO QUE, EN MUCHOS CASOS LA EXPERIENCIA Y EL CRITERIO DEL INGENIERO AJUSTARÁN EL PORCENTAJE O VALOR DE FUGAS PERMISIBLES AL PROBLEMA A RESOLVER.

11.- TODAS LAS INSPECCIONES INTENTAN ESTIMAR EL TAMAÑO DE UNA FUGA A FIN DE ESTABLECER UNA PRIORIDAD PARA SU REPARACIÓN. ESTO RESULTA TODAVÍA MUCHO MÁS UN ARTE QUE UNA CIENCIA Y LA SEGURIDAD DE LA ESTIMACIÓN DEPENDE DE LA EXPERIENCIA DEL TÉCNICO.

12.- EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO NO ES PROPORCIONAL A LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

13.- EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA NORMALMENTE EXISTEN FUGAS QUE SON TOLERABLES HASTA CIERTOS LÍMITES, SE HA COMPROBADO QUE LAS PÉRDIDAS DE AGUA AUMENTAN A MEDIDA QUE TRANSCURRE EL TIEMPO, LLEGANDO A REPRESENTAR EN OCASIONES CANTIDADES CONSIDERABLES, PUDIENDO LLEGAR A CONSTITUIR UN FACTOR DE IMPORTANCIA EN LA ECONOMÍA DEL SISTEMA.

14.- FRECUENTEMENTE LOS VOLÚMENES DE AGUA NO MEDIDA Y POR LO TANTO NO FACTURADA SON DE TAL MAGNITUD QUE JUSTIFICAN EL CONSIDERAR Y LLEVAR A CABO PROGRAMAS DE LOCALIZACIÓN Y ARREGLO DE FUGAS, UTILIZANDO EQUIPO Y PERSONAL PROFESIONALMENTE ENTRENADOS.

5.2. RECOMENDACIONES.-

1.- QUE EL GOBIERNO HAGA CONCIENCIA POR LOS MEDIOS DE DIFUSIÓN, CENTROS DE TRABAJO Y CENTROS DE ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA QUE REPRESENTA EL DESPERDICIO DEL AGUA.

2.- QUE LAS SECRETARÍAS Y DÉMAS ORGANISMOS GUBERNAMENTALES RELACIONADOS CON LA PLANEACIÓN, CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN, DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EJERZAN SUS FUNCIONES CON UN CRITERIO MÁS PREVENTIVO QUE NORMATIVO.

3.- QUE ESTAS MISMAS SECRETARÍAS PROMUEVAN PROGRAMAS, POR LO MENOS UNA VEZ, AL AÑO, DE DETECCIÓN DE FUGAS.

4.- QUE SE INSTALEN MEDIDORES DOMICILIARIOS DONDE SE CAREZCAN DE ELLOS Y SE REPAREN LOS QUE NO FUNCIONEN EN TODOS LOS DOMICILIOS NO IMPORTANDO EL USO, PARA EL CONTROL DEL CONSUMO DE AGUA.

5.- QUE SE PROMUEVAN CONGRESOS Y CURSOS EN TODAS LAS UNIVERSIDADES Y ORGANISMOS GUBERNAMENTALES RELACIONADOS CON LA INGENIERIA SANITARIA.

6.- DADO EL AVANCE CIENTÍFICO, TÉCNICO Y TECNOLÓGICO DE LOS PAÍSES DESARROLLADOS ES NECESARIO QUE EL INGENIERO SE PREOCUPE EN ACTUALIZAR SUS CONOCIMIENTOS.

7.- QUE SE IMPLEMENTEN CURSOS DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL QUE SE DEDICA A LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS.

8.- QUE EL SERVICIO DE AGUA POTABLE TENGA UNA TARIFA -- REAL PARA PODER TENER AMPLIACIONES, ASÍ COMO MEJORAR EL MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN, DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

9.- QUE SE PREVENGAN LAS FUGAS DENTRO DE LA MEDIDA DE LAS POSIBILIDADES, UTILIZANDO MATERIALES DE BUENA CALIDAD, -- MANO DE OBRA CALIFICADA Y UNA SUPERVISIÓN EFICIENTE.

A

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

- 1.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.- MANUAL DE AGUAS PARA USOS INDUSTRIALES. 1976. MEXICO LIMUSA
- 2.- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.- LEAK DETECTION. -- 1979.
- 3.- BABCOCK H.R.- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES, INDUSTRIALES Y DE DESECHO. 1982 MÉXICO LIMUSA.
- 4.- BABIT, DOLAND AND CLEASBY.- WATER SUPPLY ENGINEERING. - 1955, Mc. GRAW HILL.
- 5.- BECERRIL D.O.- DATOS PRÁCTICOS DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS. 1983 MÉXICO.
- 6.- CORTES L.A.- DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS EN SISTEMAS - DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 1983 ACAPULCO, GRO.
- 7.- DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA.- PROGRAMA DE AHORRO DE AGUA 1982. MÉXICO.
- 8.- DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA.- ZONAS PILOTO PARA CONTABILIZAR EL AGUA DESPERDICIADA EN REDES DE DISTRIBUCION, 1983. MÉXICO.

- 9.- FAIR M.G., GEYER CH. J. Y OKUN A.D.- ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES. VOL. 1
- 10.- GARDNER E.- RADIOISOTOPE MEASUREMENTS IN ENGINEERING - 1965 NUEVA YORK.
- 11.- JUAREZ B.E. Y RICO R.A.- MECÁNICA DE SUELOS 1980 LIMUSA.
- 12.- MEJIA D.A.- COMENTARIOS SOBRE EL CONTROL DE FUGAS EN - REDES DE DISTRIBUCIÓN 1983 ACAPULCO, GRO.
- 13.- MURGUIA V.E.- INGENIERÍA SANITARIA 1974. EDITADO POR EL AUTOR. MÉXICO.
- 14.- NATIONAL HEADQUARTERS.- FLUID CONSERVATION SYSTEMS CORPORATION, AUSTIN, TEXAS.
- 15.- PELLETIER D.- MANUAL TÉCNICO DEL AGUA. 1979. BILBAO (ES PAÑA).
- 16.- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.- INSTRUCTIVO PARA DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA Y EMPLEO DEL EQUIPO LOCALIZADOR 1982. MÉXICO.
- 17.- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.- MANUAL DE NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LOCALIDADES URBANAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA.- 1979. MÉXICO.

- 18.- UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN.- INVESTIGACIÓN DE FUGAS Y MEDICIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN 1966 MONTERREY, NUEVO LEÓN.

- 19.- VARGAS A.V.- NORMAS MÍNIMAS DE PROYECTO (DISEÑO) DE - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 1984. GUANAJUATO, GTO.