

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA



PROTECCION EN LAS EDIFICACIONES  
CONTRA LOS EFECTOS DE LA HUMEDAD

TESIS PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA  
POR

HUGO FERNANDO LEAL FLORES  
AL CONFERIRSELE EL TITULO  
DE  
ARQUITECTO

GUATEMALA, JUNIO DE 1985

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
02  
T(271)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO: Arquitecto, Eduardo Aguirre Cantero  
SECRETARIO: Arquitecto, Heber A. Paredes Navas  
VOCAL 1o. Arquitecto, Víctor Mejía Rodas  
VOCAL 2o. Arquitecto, Eduardo Sosa Monterrosa  
VOCAL 3o. Arquitecto, Roberto Cárcamo Sandoval  
VOCAL 4o. Bachiller, Walter René Monroy  
VOCAL 5o. Bachiller, Marco Tulio Escobar

TRIBUNAL EXAMINADOR

DECANO: Arquitecto, Eduardo Aguirre Cantero  
SECRETARIO: Arquitecto, Heber A. Paredes Navas  
EXAMINADOR: Arquitecta, Magaly R. Soto Castillo  
EXAMINADOR: Arquitecta, Elda C. Velásquez de López  
EXAMINADOR: Ingeniero, Rafael Santiago Maldonado  
  
ASESOR: Ingeniero, Marco Tulio Ventura Roldán

DEDICATORIA

A mis Padres: Mario Augusto Leal Castellanos

Olga Flores de Leal

A mi Novia: Silvia Avila Meda

PUNTO DE TESIS

" PROTECCION EN LAS EDIFICACIONES CONTRA LOS EFECTOS DE LA HUMEDAD "

C O N T E N I D O

- INTRODUCCION
- INDICE
- OBJETIVOS
- CAPITULOS

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

En esta propuesta de tesis derivada de los conocimientos obtenidos en la Facultad de Arquitectura, y complementada por inquietudes durante el ejercicio profesional a base de experiencias personales, pretendo la implementación adecuada en la formación de futuros profesionales, en lo relacionado a la protección y preservación de Edificios, específicamente, de la humedad.

Quiénes nos dedicamos a la ejecución de proyectos Arquitectónicos, debemos prepararnos para dominar los elementos que nos permitan desarrollar con criterio, respuestas a las necesidades humanas, a través de soluciones físicas, mediante un proceso teórico-práctico de construcción, el cual necesariamente depende del ejecutor.

Con este trabajo de tesis deseo contribuir fundamentalmente a la implementación de los programas de estudio de la Unidad 1.3 Tecnología de la Construcción, en la Facultad de Arquitectura, para el aprovechamiento de los estudiantes, así como de los profesionales cuyos conocimientos del tema, sean deficientes o poco profundos.

En la mayoría de Empresas o Compañías Constructoras, y Profesionales independientes -- que operan en Guatemala, a través por lo general de Contratistas formados a base de experiencias personales, es decir empíricamente, adolecen de la implementación necesaria en cuanto a conocimientos que son utilizados a nivel de planificación-diseño.

Espero que este trabajo, sobre protección de edificios contra la humedad, sea utilizado por toda aquella persona que se vea involucrada de un modo u otro en el proceso constructivo, para preveer desde el inicio de la obra, los problemas que frecuentemente se suscitan.

## J U S T I F I C A C I O N

En la formación del futuro profesional, específicamente en el campo de la Arquitectura, se pretende implementar entre otros conocimientos, sobre lineamientos de carácter técnico-constructivos.

Implementación que adolece de énfasis, en aspectos tan importantes como lo son, los relacionados con la protección de obras, que se ven afectadas por agentes de índole natural algunas veces, o artificial en otras, que inciden en forma directa sobre la misma obra, y en todos los casos en el factor primordial de toda construcción, el humano.

Entre los principales aspectos a considerar en cuanto a protección de obras se refiere, tenemos: La Humedad, el cual constituye uno de los problemas de mayor envergadura en la preservación de obras.

En el presente trabajo de tesis, se propone analizar en forma general, los efectos cuasantes por los agentes, así como de su respuesta técnica. Además dicho trabajo se constituirá un documento de apoyo consultivo, para encausar al futuro profesional, en su diario aplicar de conocimientos técnico-constructivo.

Como objetivos a alcanzar fundamentalmente, se pretende beneficiar en lo posible a toda la comunidad de estudiantes y profesionales en el campo de la Arquitectura, con un documento que sirva de consulta, en el desarrollo de proyectos.

Por lo anterior expuesto, considero que es necesario, para la formación del futuro Arquitecto, la elaboración de un documento o estudio que implemente los criterios de diseño y consecuentemente en la ejecución de proyectos.

## A N T E C E D E N T E S

La presente propuesta de tesis, surgió de las inquietudes como resultado al enfrentarme a problemas en la vida práctica, consecuente del poco énfasis que se dá a la implementación de este tipo de conocimientos, específicamente, en los cursos a que corresponda dicho tema en la Facultad de Arquitectura.

En muchas oportunidades, nos percatamos de problemas que afectan tanto a la obra, como al ser humano, hasta que éstos se presentan. Situación que se origina, generalmente -- cuando la obra está concluida cumpliendo una función específica.

Provocando así, un fenómeno invertido en el proceso constructivo, que consiste en el análisis de causas y respuesta a los problemas, ya concluida la obra, situación que debería preverse desde la planificación o a lo largo del proceso constructivo.

Otro fenómeno que se origina de lo referido anteriormente, es el incremento en costos de la obra, ocasionados por los trabajos especiales o de carácter extra, que deberán realizarse concluida la obra.

Los problemas a los que nos hemos referido continuamente, son los ocasionados por la humedad, tanto de la obra misma, como la provocada desde el exterior.

Por lo expuesto, he llegado a la conclusión que se hace necesario un trabajo de tesis, que pueda encausar correctamente la ejecución de obras, desde su misma planificación hasta su finalización.

Los cursos de sistemas y métodos constructivos y materiales de construcción en su programa regular, solo promueve al estudiante, los conocimientos relacionados con conceptos y características fundamentales sobre sus unidades, sin llevar a cabo una práctica necesaria, para su mejor asimilación.

Con ésto pretendo llegar a conocer la unidad entre la teoría y la práctica necesaria, para su mejor asimilación.

Por último, deseo manifestar que el presente trabajo de tesis, no es continuación de anteriores trabajos relacionados con el tema, existe unificación con algunos textos, que sirvieron como documentos de apoyo, y de experiencias personales.

## O B J E T I V O S

### G E N E R A L E S:

1. Hacer conciencia en el futuro profesional, para que en el ejercicio de su profesión tome en consideración éstos aspectos que revisten de vital importancia. Buscando a través del análisis respectivo, respuestas a las necesidades humanas.
2. Guiados en el camino del conocimiento científico por la Facultad de Arquitectura, contribuiré con un trabajo que aporte criterios en la planificación y ejecución de obras, analizando todos los aspectos fundamentales que incidan en el bienestar y seguridad del humano.

### ESPECIFICOS:

1. Que el presente trabajo de tesis se constituya en un documento de apoyo, como -- fuente de información para el futuro profesional.
2. Que se implemente y enfatice sobre éstos aspectos, en la formación del profesional a través de cursos específicos, mediante laboratorios prácticos, relacionados con el tema (Sistemas y Métodos Constructivos, Materiales de Construcción).
3. Demostrar con este trabajo, que servirá como documento de apoyo; que los problemas deben preverse desde la planificación de las obras.

## G L O S A R I O

### C A P I T U L O N° 1

Fluatos:	Denominación antigua de los fluoruros.
Pirita:	Mineral que se compone de azufre, arsénico y hierro.
Coque:	Carbón procedente de la combustión incompleta de la hulla y que no contiene ya los cuerpos volátiles que ella encerraba.
Turba:	Combustible fácil formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos.
Pienso:	Porción de alimento seco que se da al ganado.
Marcasita:	Mineral que se compone de azufre, hierro y cobre.
Intersticial:	Que invade las mallas mas finas de un elemento.

### C A P I T U L O N° 2

Vellón:	Lana
Obturación:	Tapar aberturas introduciendo o aplicando un cuerpo.

- Almáciga:** Resina clara traslúcida, amarillenta y algo aromática, en forma de lágrima, que se extrae del lentisco.
- Pez:** Substancia resinosa, que se obtiene del residuo que deja la trementina al sacarle el aguarrás.
- Benzol:** Producto resultante de la mezcla de cierta cantidad de bencina y de tolueno.
- Bencina:** Hidrocarburo volátil, de olor penetrante, que se obtiene principalmente de la brea o del aceite de la hulla.
- Tolueno:** Metilbenceno-Hidrocarburo resultante de la substitución de un átomo de hidrógeno de la bencina por el radical metilo.
- Polimerización:** Acción de convertir un cuerpo en polímero.
- Polímero:** Aquellos cuerpos que con igual composición química tienen pesos moleculares múltiples unos de otros, pues su molécula está formada por la reunión de varias moléculas idénticas en una sola.

### C A P I T U L O No. 3

- Terraplén:** Relleno
- Junta de Platina:** Disco en cuya superficie se ajusta el borde del recipiente y que en su centro tiene el agujero por donde se extrae el aire.
- Manguito:** Material que sirve para sostener o empalmar dos piezas iguales - unidos al tope.
- Entibación:** Apuntalar, fortalecer las excavaciones.
- Cítara:** Pared delgada hecha de ladrillo.

Obturación: Acción de tapar una abertura introduciendo o aplicando un cuerpo.

Riostra: Pieza que puesta oblicuamente, asegura la invariabilidad de forma de una armazón.

#### C A P I T U L O No. 4

Zampeado: Obra maciza de mampostería, para fabricar sobre terrenos falsos.

#### C A P I T U L O No. 5

Refractario: Resistente al fuego.

#### C A P I T U L O No. 6

Escorias: Substancia vítrea.

Cuarcífera: Que contiene cuarzo.

Silicatos: Sal compuesta de ácido silícico y una base.

Caustícos: Elemento que quema y desorganiza.

Trementina: (Resina) Jugo líquido, odorífero, inflamable, que fluye de los pinos, abetos.

Alicatado: Superficie cubierta de azulejo.

Retracción: Reducción de volumen

Coqueras: Oquedad de corta extensión en la masa de una piedra.  
Oquedad: Espacio vacío en un cuerpo sólido.  
Guarnecido: Revoque de las paredes.  
Imprimación: Preparación de una superficie con los ingredientes necesarios.

### C A P I T U L O No. 7

Percutir: Golpear  
Lixiviación: Disolución de una substancia alcalina en agua.  
Enjalbegado: Blanqueado.  
Selenitosa: Que contiene yeso.  
Anegar: Inundar.  
Paramento: Cara de una pared.

# I N D I C E

		Página
CAPITULO No. 1	HUMEDAD DEL TERRENO	002
CAPITULO No. 2	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD	015
CAPITULO No. 3	PROTECCION CONTRA EL ACCESO DEL AGUA SUBTERRANEA Y DEL AGUA A PRESION	037
CAPITULO No. 4	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN TERRENOS ACUIFEROS	068
CAPITULO No. 5	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD ASCENDENTE DEL TERRENO	078
CAPITULO No. 6	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN PISOS Y AZULEJADOS	093
CAPITULO No. 7	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD PROCEDENTE DE PRECIPITACION	107
CAPITULO No. 8	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD DE LA OBRA	127
CAPITULO No. 9	PROTECCION CONTRA EL AGUA SUPERFICIAL EN LAS CONSTRUCCIONES A MEDIA LADERA	137

## C A P I T U L O No. 1

### 1. HUMEDAD DEL TERRENO

1.1 HUMEDAD Y SUBSTANCIAS NOCIVAS

1.2 TIPOS DE HUMEDAD

1.3 EFECTOS ORIGINADOS POR LA HUMEDAD

## INTRODUCCION

### PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD

La mayor parte de los desperfectos que se producen en las construcciones son atribuibles a la acción nociva de la humedad, la cual perjudica la buena conservación de las partes y elementos de las obras y disminuye su protección térmica.

La protección contra la humedad, por consiguiente, consiste en preservar las obras del contacto de la humedad o impedir el efecto nocivo inmediato del agua y de la humedad sobre las partes de dichas obras o los materiales que las integran y en completar y aumentar la protección térmica.

#### 1. HUMEDAD DEL TERRENO

En el terreno casi siempre hay humedad, las aguas pluviales infiltradas, las aguas procedentes de las capas subterráneas que ascienden por aspiración o capilaridad y que la fuerza de adhesión mantiene junto a los elementos de una construcción o en él exista presión alguna del agua contra ellos.

En la mayoría de los casos no puede evitarse que el suelo sea húmedo. Pero el suelo puede estar saturado o no de humedad, es decir, que los poros pueden o no estar llenos de agua líquida. Una gran parte del suelo siempre está saturado de agua, formándose la capa de agua subálvea o freática cuyo nivel superior corresponde al nivel de agua en los pozos.

En realidad, el suelo se encuentra saturado de agua hasta un nivel superior a la capa de agua -- subálvea, pero debido a las fuerzas capilares, tanto más subido cuanto más finos sean los poros, las fuerzas capilares "Elevan" el agua a alturas superiores de 20 a 30 centímetros, sobre el nivel del agua subterránea. Siendo a un nivel superior que los poros, sin estar saturados de agua absorben una cantidad en mayor o menor grado de importancia. Finalmente, sólo muy cerca de la superficie del terreno, el volumen del agua del suelo puede ser menor, gracias a la absorción -- por las raíces de las plantas o de la evaporación, al contacto con el aire y a la acción de los rayos solares.

En la práctica hay que distinguir entre lo que sucede por debajo y por encima de la capa de agua subterránea ya que en la primera zona, la cual se encuentra por debajo de la capa de agua subte-

rránea, el suelo no solamente está saturado, sino que el agua está a presión. Mientras que por encima de la capa de agua subterránea, el agua solo penetra en los muros por capilaridad o gravedad; dentro de la capa acuática lo hará bajo la acción de la presión del agua, o sea bajo la acción de fuerzas mucho más importantes, tanto más cuanto más se descienda en dicha capa. A continuación se ilustra con un esquema la distribución de la humedad en el suelo. (fig. 1-1). \*

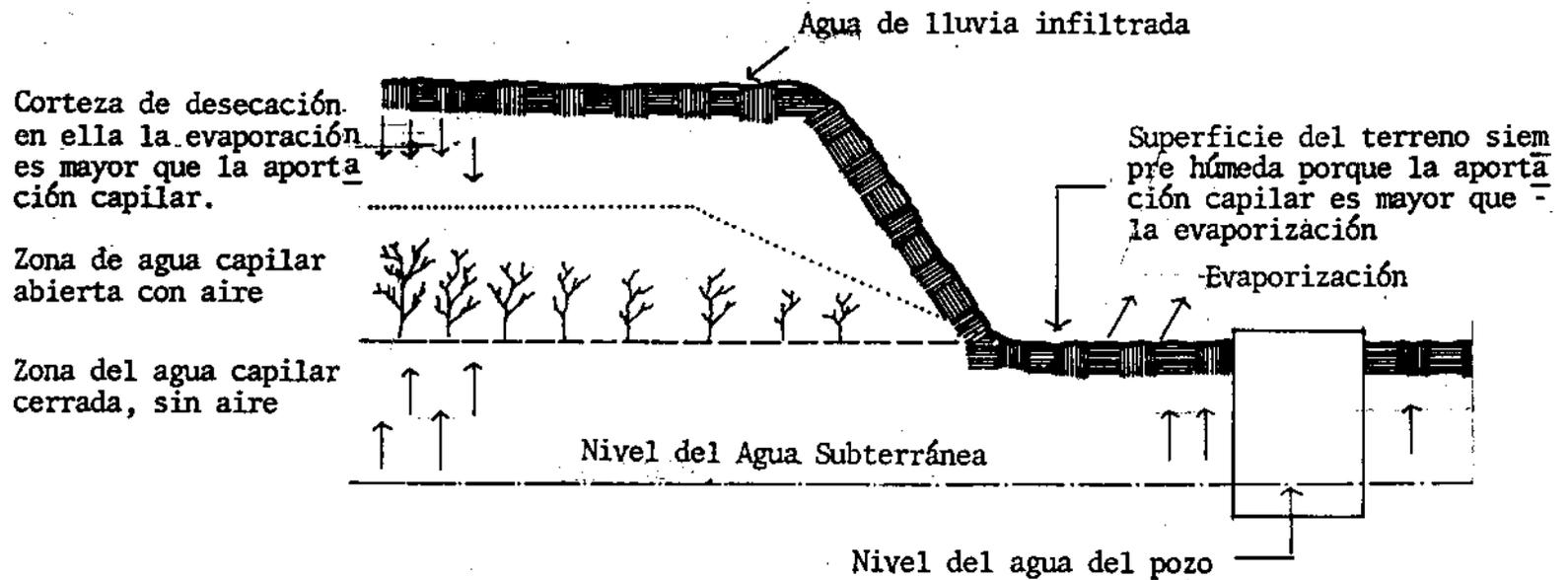


fig. 1-1

El nivel de la capa del agua subterránea varía ligeramente durante el transcurso del año y con las lluvias, pero sigue más o menos la configuración del suelo, aproximándose más a la superficie en los fondos que en los promontorios. Por lo que interesa en general construir en los lugares elevados; pero las diferentes constituciones geológicas puede, incluso en distancias cortas, modificar el nivel de la capa acuosa. Por lo tanto es aconsejable, asegurarse del nivel de la capa acuosa por medio de sondeos, sin olvidar que el nivel superior de la tierra saturada de agua es más elevado que de la capa misma, alcanzando en ciertas arcillas uno a dos metros.

En otros casos la capa de agua se encuentra bajo presión (pozos artesianos) lo que puede obligar a la utilización de dispositivos especiales análogos a los que se adoptan en la zona de la capa acuática. Tales presiones pueden producirse también en forma intermitente.

#### 1.1 HUMEDAD Y SUBSTANCIAS NOCIVAS

En los elementos y materiales de construcción pueden actuar, no sólo la propia humedad, sino también todas las substancias nocivas disueltas y transportadas en ella, tanto al aire libre como bajo el terreno. En los elementos principales de toda obra el concreto y el mortero, las substancias antes referidas representan el mayor peligro y podemos enumerar las siguientes:

Elementos que atacan al concreto, y sus efectos. \*

1.1.1 Aguas y terrenos pueden atacar al concreto cuando contienen:

1.1.1.1 Acidos Libres

1.1.1.2 Sulfuro de Hidrógeno

1.1.1.3 Sulfatos

1.1.1.4 Determinadas Sales de Magnesio

1.1.1.5 Sales Amoniacales

1.1.1.6 Determinados compuestos orgánicos

1.1.1.7 Las Aguas Blandas

1.1.1.1 Las aguas ácidas, es decir, las que contiene ácidos libres, tienden a disolver la pasta de cemento y los áridos carbonatados. Las aguas ácidas se reconocen por tener un pH inferior a 7. Aquellas cuyo pH es inferior a 6.5 son consideradas como susceptibles de atacar el concreto.

Los ácidos más frecuentes son los indicados a continuación:

Los ácidos minerales libres son generalmente fuertes (como por ejemplo el Sulfúrico, el clorhídrico y el nítrico), y actúan disolviendo la pasta de cemento y los áridos carbonatados.

Otros ácidos que atacan al concreto y sus derivados, son los siguientes:

El ácido carbónico ataca al concreto particularmente por disolución del hidróxido de calcio, de modo análogo al de otros ácidos débiles. Puesto que el valor del pH no indica por sí solo el grado de concentración del ácido carbónico, es preciso determinar dicha concentración de manera especial.

Los ácidos orgánicos libres, como por ejemplo, el acético y el butírico eliminan el calcio contenido en la pasta de cemento para formar la sal correspondiente. El ataque de los ácidos orgánicos es en general menos intenso que el de los ácidos inorgánicos. Determinados ácidos orgánicos (por ejemplo, el oxálico y el tartárico) pueden incluso formar capas protectoras.

Los ácidos húmicos son generalmente poco peligrosos para el concreto endurecido, sin embargo, en ciertos casos pueden reemplazar sus iones de hidrógeno por cationes de sales neutras y formar por tanto ácidos libres, principalmente inorgánicos. El fraguado del concreto fresco puede ya verse dificultado cuando actúan sobre él pequeñas cantidades de sustancias húmicas.

- 1.1.1.2 El sulfuro de hidrógeno (o ácido sulfúrico) es un ácido débil, y como tal actúa menos intensamente sobre el concreto. No obstante, en forma gaseosa puede penetrar en el concreto seco o bien disolverse en la película acuosa del concreto húmedo, para formar ácido sulfúrico y sulfatos al contacto del aire. También los sulfuros insolubles en agua (pirita, marcasita) pueden oxidarse gradualmente en presencia del aire y de la humedad para dar sulfatos y ácidos sulfúrico libre.

pH inferior	a 7 =	agua ácida
pH igual	a 7 =	agua neutra
pH superior	a 7 =	agua alcalina

1.1.1.3 Los sulfatos se convierten, en presencia de algunos compuestos de calcio y aluminio de la pasta de cemento, en sulfato aluminato de calcio o yeso, que provocan fermentaciones.

1.1.1.4 Las sales de magnesio, por ejemplo, el sulfato y el cloruro, disuelven el hidróxido cálcico de la pasta de cemento y forman entre otros compuestos, una masa blanda gelatinosa, de hidróxido magnésico. En caso de sulfato magnésico hay que tener en cuenta, además, el ataque del sulfato.

1.1.1.5 Las sales amoniacales, exceptuados el carbonato, el oxalato y el fluoruro amónico, disuelven preponderantemente el hidróxido cálcico de la pasta de cemento, dejando amoníaco libre que se disuelve en el agua. En caso de sulfato amónico actúa además el sulfato (Sección 1.1.1.3). El amoníaco no ataca el concreto.

1.1.1.6 Determinados Compuestos Orgánicos:

Las grasas y los aceites actúan de modo distinto sobre el concreto según su procedencia su composición química y su naturaleza física.

Las grasas y los aceites vegetales y animales pueden atacar al concreto, ya que como ésteres de ácidos grasos forman al combinarse con el hidróxido cálcico de la pasta de cemento, sales de calcio acidograsas (jabones de cal). Puede despreciarse, no obstante, su capacidad de ataque sobre el concreto impermeable al agua.

Los aceites y las grasas minerales no atacan al concreto cuando están exentos de ácidos y de componentes orgánicos (vegetales o animales).

De los aceites de alquitrán de hulla, los medios y pesados contienen en general fenol y sustancias análogas, las cuales pueden atacar al concreto dando lugar a fenolatos. Su capacidad para atacar el concreto impermeable al agua es, sin embargo despreciable.

1.1.1.7 Las aguas blandas con una dureza global inferior a 1.1 mval/l, es decir, las que no tienen sales de calcio y/o de magnesio disueltos, o sólo las contienen en exigua cantidad, pueden disolver el hidróxido cálcico de la pasta de cemento. Sin embargo, no atacan prácticamente al concreto impermeable al agua.

1.1.2 Los gases combinados con la humedad, son susceptibles de atacar el concreto cuando contienen:

- 1.1.2.1 Anhídrido Sulforoso
  - 1.1.2.2 Sulfuro de hidrógeno (ver párrafo 1.1.1.2)
  - 1.1.2.3 El anhídrido sulfuroso en estado gaseoso, que aparece principalmente en los gases de combustión, puede penetrar en el concreto seco o bien disolverse en la película acuosa del concreto húmedo, formar ácido sulfuroso y, en presencia de oxígeno, ácido sulfúrico y sulfatos.
- 1.1.3 Procedencia de las materias que atacan al concreto:
- 1.1.3.1 Aguas
  - 1.1.3.2 Terrenos
  - 1.1.3.3 Gases
- 1.1.3.1 AGUAS:

El agua del mar contiene preponderantemente magnesio y sulfato como substancias nocivas para el concreto. Las aguas del Océano Atlántico tienen aproximadamente la composición que figura en la tabla que a continuación se ilustra. \*

COMPONENTE	OCEANO ATLANTICO
Na+	11050 mg/1
K+	400 mg/1
Ca <sup>2+</sup>	430 mg/1
Mg <sup>2+</sup>	1330 mg/1
CL-	11890 mg/1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2780 mg/1
pH	8

En el Océano Atlántico el contenido total de sales, es de unos 3600 mg/1.

El agua de montaña y de manantial son a menudo químicamente puras (Aguas Blandas 1.1.1.7) sin embargo, contienen en ocasiones ácido carbónico, que disuelve la cal (ver párrafo 1.1.1.1).

El agua pantanosa contiene con frecuencia sustancias nocivas para el concreto: Acido carbónico (ver párrafo 1.1.1.1) sulfatos (1.1.1.3) y ácidos orgánicos ---- (1.1.1.1) Todas ellas disolventes de la cal.

El agua subterránea contiene a menudo ácido carbónico, disolvente de la cal, sulfatos y magnesio. Sólo en agua subterránea contaminada por desagües de cloacales se encuentran, en fuerte concentración, ácido sulfúrico, amoníaco y compuestos orgánicos nocivos para el concreto en mayores concentraciones.

El agua pluvial puede ser muy pura; pero puede también contener las sustancias especificadas en el párrafo 1.1.1 (ácidos libres, sulfuro de hidrógeno, sulfatos, sales de magnesio, sales amoníacos, compuestos orgánicos). Las concentraciones de estas sustancias suelen quedar, no obstante, fuera de la gama perjudicial.

Las aguas procedentes de desagües pueden contener materias orgánicas e inorgánicas capaces de atacar al concreto; ácidos minerales y orgánicos, así como sus respectivas sales, en desagües industriales pueden aparecer materias orgánicas e inorgánicas en mayor cantidad; en desagües domésticos, las concentraciones no son por lo general peligrosas.

Los desagües de las industrias químicas pueden contener las sustancias referidas descritas anteriormente en el párrafo 1.1.1 incluso en altas concentraciones.

En las aguas residuales de fábricas de celulosa, talleres de galvanizados e instalaciones de decapado se encuentran, además de ácidos minerales, diversos compuestos inorgánicos, entre otros, sulfatos. Las aguas de fábricas de coque están con taminadas por sales amónicas, sulfatos y fenoles.

Los desagües de fábricas, de papel, de colorantes, de vinagre y de conservas, de destilerías, tenerías, centrales lecheras, y centros preparadores de piensos contienen ante todo ácidos orgánicos, entre los que figura el fórmico, el acético, el lático, y el butírico.

### 1.1.3.2 TERRENOS

Los terrenos que contienen sulfatos aparecen predominantemente en formaciones pérmicas, triásicas, jurásicas y terciarias, cuyas sedimentaciones llevan anhidrita de sodio, se hallan preferentemente en los alrededores de bolsas de sal. \*

Los suelos pantanosos (turba) y el cieno de putrefacción contienen esencialmente las materias indicadas en el párrafo 1.1.3.1. Los terrenos pantanosos, el cieno de putrefacción y los suelos arcillosos pueden contener además sulfuros de hierro (pirita, marcasita) (ver párrafo 1.1.1.2).

Los terraplenados o vertidos a base de productos industriales de desecho, escombros, basura, barreduras, así como de gangas o escorias, pueden contener, según su procedencia, algunas de las materias especificadas en el párrafo 1.1.1 en grandes cantidades. Las aguas infiltradas procedentes de tales vertidos pueden por tanto ser también perjudiciales para el concreto.

### 1.1.3.3 GASES

Los gases de combustión y los de escape industriales pueden contener ácidos minerales libres (ver 1.1.1.1), ácidos orgánicos (ver 1.1.1.1), anhídrido sulfuroso - (ver 1.1.2.1) y sulfuro de hidrógeno (ver 1.1.1.2). Al descender la temperatura por debajo del punto de rocío pueden formarse soluciones atacantes. Hay que contar además con que los componentes gaseosos se disolverán en las precipitaciones (lluvia y nieve) y de esta forma actuarán sobre el concreto.

Las sustancias sólidas contenidas en los gases de escape, por ejemplo sulfatos, pueden disolverse en el agua condensada. El dióxido de carbono acumulado en los gases de combustión no ataca el concreto, pero puede ocasionar una intensa carbonatación del mismo y, en determinados casos, dañan la protección contra la corrosión de la armadura. \*

## 1.2 TIPOS DE HUMEDAD

Los efectos ocasionados en las obras por la humedad pueden ser de las siguientes maneras:

\*Tratado de Construcción H. Schmitt.  
Humedad y sust. nocivas. pag. 30

- 1.2.1 Humedad que penetra en el edificio desde el exterior
  - 1.2.1.1 Humedad de las precipitaciones
  - 1.2.1.2 Aguas superficiales
  - 1.2.1.3 Aguas de fusión
  - 1.2.1.4 Aguas de infiltración
  - 1.2.1.5 Humedad del terreno
  - 1.2.1.6 Agua subterránea
    - 1.2.1.6.1 Subterránea profunda
    - 1.2.1.6.2 Agua de filtración
    - 1.2.1.6.3 Agua de absorción
  - 1.2.1.7 Agua en capas o estratos
  - 1.2.1.8 Agua a presión
  - 1.2.1.9 Humedad de agua de condensación
- 1.2.2 Humedad de la obra
  - 1.2.2.1 Humedad de construcción: humedad permanente
- 1.2.3 Humedad que se produce en el edificio
  - 1.2.3.1 Humedad procedente de agua de los servicios

### CONCEPTOS

#### 1.2.1.1 Humedad procedente de precipitaciones

Lluvia y nieve que caen directamente sobre la obra.

1.2.1.2 Agua superficial

Las procedentes de lluvias y otras precipitaciones, que corre por la superficie del suelo, o brota del mismo después de haberse infiltrado.

1.2.1.3 Agua de Fusión

El agua procedente de las nieves o hielos en fusión.

1.2.1.4 Agua infiltrada en el terreno al correr por la superficie y encontrar capas del terreno inclinadas o verticales por entre las que penetra y se incorpora el agua subterránea.

1.2.1.5 Humedad del Terreno

La humedad contenida en el terreno procedente de la aspiración que éste produce en el agua subterránea y que también puede ser ocasionada por lluvias y otras precipitaciones (aguas superficiales).

1.2.1.6 Aguas Subterráneas

Es aquella que llena las cavidades de las capas del terreno y de las rocas. Cuando se realizan perforaciones o zanjas, forma una superficie libre que se denomina nivel del agua subterránea. De acuerdo a la naturaleza de los terrenos generalmente existen casi siempre corrientes de agua subterráneas (por ejemplo en los declives montañosos) que pueden alcanzar velocidades considerables. En ocasiones suelen existir por debajo de las aguas subterráneas, capas de terreno impermeables, que son las que impiden que el agua descienda más abajo en el interior del terreno. Cuando el agua subterránea -- brota a la superficie, se forman los manantiales o fuentes.

1.2.1.6.1 Subterránea Profunda: Acumulada sobre capas impermeables debajo del terreno.

Subterránea Somera: Lo mismo que la anterior pero a poca profundidad.

Agua Capilar: Agua subterránea que por capilaridad sube por encima del ni-vel freático creando una especie de humedad.

1.2.1.6.2 Agua de filtración: Agua superficial que camina para convertirse en profunda.

Agua de adherencia: Retenida por adhesión en el terreno (como tal ha de considerarse también el agua intersticial entre los poros).

1.2.1.6.3 Agua de absorción: La de filtración retenida por absorción.

1.1.1.7 Agua en Capas o Estratos

Algunas ocasiones las aguas subterráneas se encuentran en varias capas superpuestas -- del terreno separadas por otras capas impermeables.

1.2.1.8 Agua a Presión

Es toda aquella que ejerce presión sobre los elementos de obras situadas-dentro del terreno (aguas subterráneas, aguas en capas, el agua superficial).

1.2.1.9 Humedad de agua de condensación.

Humedad que se deposita del aire, sobre los elementos de la construcción, cuando el -- aire se enfría por debajo de su punto de rocío.

1.2.2 Humedad de la Obra

Es la humedad introducida en los elementos de la obra junto con los materiales de construcción y con su puesto en obra (albañilería, fundición, enlucido).

1.2.2.1 Humedad de Construcción: Humedad permanente

Es el grado de humedad promedio de moho permanente (o por largo plazo) que presenta una obra, de acuerdo a su estructura (y por tanto, de acuerdo con el número, tamaño, forma y distribución de sus poros) y en correspondencia con sus restantes propiedades.

1.2.3 Humedad que se produce en el edificio

Es aquella que es originada a consecuencia de la propia construcción de una edificación (instalaciones sanitarias).

### 1.2.3.1 Humedad de Servicio

Es aquella provocada por el agua de una corriente (agua del fregadero de la cocina, del lavado y limpieza, el agua de los baños, etc.)

## 1.3 EFFECTOS ORIGINADOS POR LA HUMEDAD

Dependiendo de las propiedades de los materiales y de la forma como están empleados, la humedad puede influir en determinado grado. La causa de los daños en los materiales tanto pétreos como vegetales, reside en su capacidad o aptitud de absorción de su estructura porosa y eventualmente en la solubilidad de sus componentes sólidos. En lo que respecta a los materiales metálicos, se ven afectados por la corrosión. Por su naturaleza, muy pocas veces la humedad por si sola, constituye un problema inmediato si no tiene la cooperación de otros fenómenos que la acompañan y la siguen como consecuencia. Lo que consecuentemente nos obliga a tomar determinadas medidas de precaución.

La humedad en las paredes y techos se manifiestan en el mojado de los mismos y repercute en la destrucción de acabados (yeso, enlucidos) y estropear alfombras o tapicerías; asimismo deteriora y corroe madera y metales, estropeando todo aquello que esté almacenado. También origina las eflorescencias en la piedra, mortero y fomenta el desarrollo de enfermedades a través de las diferentes clases de hongos y moho. Si las heladas alcanzan las partes de obra impregnadas de humedad, el aumento de volumen del agua contenida en poros y grietas, al helarse, puede producir a un término inmediato, la destrucción de los materiales, comprometiendo la duración y estabilidad de la obra. A lo anterior se debe agregar la pérdida de calor (con el consiguiente mayor consumo de combustible). Al impregnarse de humedad un material de construcción el aire es expulsado de los poros del mismo y sustituido por el agua, que además sufre en ellos un proceso de evaporación. Como el agua tiene una conductividad térmica 25 veces mayor que el aire cuando éste está subdividido en poros minúsculos, la impregnación de humedad aumenta considerablemente la conductividad del material y disminuye en igual medida su protección térmica. Esto se deja sentir al máximo al humedecerse los materiales aislantes. Es en conclusión que al pensar en alguna protección contra la humedad en una construcción se procure al mismo tiempo la conservación o el aumento de su protección térmica.

Todo lo anterior, se produce tanto en los materiales pétreos como en los de origen vegetal; en las maderas sucede que según su contenido de humedad se hinchan y resquebrajan. Todos aquellos muebles de madera, pisos, revestimientos de paredes pueden torcerse y alabearse, los muebles que estén ----

próximos a dichas paredes, en su cara exterior puede formarse moho, que su consecuencia peor, es la putrefacción y el crecimiento de fungosidades del tipo del merulio.

En mayor parte, los metales y especialmente el acero se hallan bajo la amenaza inmediata de la acción de la humedad, de materias nocivas contenidas en el aire y de la unión con otros metales más nobles. El elevado grado de aprovechamiento por ejemplo, elementos sustentantes de acero, sólo es posible a condición de que estén protegidos cuidadosa y permanentemente contra la corrosión. El comportamiento electroquímico de los metales se explican por el hecho de que dos metales distintos, unidos conductivamente con el electrólito (solución ácida, básica o salinal, constituye un elemento galvánico (pila eléctrica). Se genera corrientes en el electrólito, y el desplazamiento de iones, descompone el metal menos noble (más oxidado) con tanta mayor intensidad cuanto más distantes entre sí se hallan ambos metales en la serie de tensiones electrolíticas:

Se habla de corrosión por contacto, puesto que el agua de la lluvia es ácida (ácido carbónico del aire y ácido sulfúrico de los tubos de escape) y que al calentar aguas duras las incrustaciones de la caldera desprenden también ácido carbónico; debe procurarse, sobre todo en instalaciones a la intemperie y en las de calentamiento de aguas, que metales distintos no entren directamente en con tacto.

C A P I T U L O No. 2

2. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD

2.1 MATERIALES IMPERMEABILIZANTES (DESCRIPCION)

2.1.1 MATERIALES BITUMINOSOS

2.1.1.1 BETUNES Y MATERIAS BITUMINOSAS

2.1.1.2 ASFALTO

2.1.1.3 ALQUITRAN DE HULLA

2.1.1.4 PINTURA - CAPA DE PREPARACION

2.1.1.5 PINTURA - CAPA DE ACABADO

2.1.1.6 PASTAS EXTENDIDAS CON ESPATULA

2.1.2 LIENZOS BITUMINOSOS

2.1.2.1 LAMINAS O CARTONES ADHESIVOS

2.1.2.2 CARTONES IMPERMEABLES

2.1.2.3 LIENZOS IMPERMEABLES

2.1.2.4 TIRAS TERMPOLASTICAS

2.1.3 IMPERMEABILIZANTES NO BITUMINOSOS

2.1.3.1 ELASTOMERICOS

2.1.3.1.1 ELASTOMERICOS LIQUIDOS

2.1.3.1.2 ELASTOMERICOS SOLIDOS

2.1.3.2 MATERIALES VARIOS

2.1.3.3 MATERIALES CERAMICOS

2.1.3.4 LAMINAS METALICAS

2.1.3.5 MATERIALES DE CAPILARIDAD NEGATIVA

2.1.3.5.1 SILICONES REPELENTES

2.1.3.5.2 IMPERMEABILIZANTES INTEGRALES

2.1.4 MATERIALES ESTANCOS AL AGUA

2.1.4.1 REVOQUE HIDROFUGO

2.1.4.2 CONCRETO HIDROFUGO

2.2 SISTEMAS IMPERMEABLES

2.2.1 SISTEMAS DE APLICACION EN FRIO

2.2.2 SISTEMAS DE APLICACION EN CALIENTE

2.2.3 SISTEMA DE APLICACION MIXTA

2.2.4 SISTEMAS PREFABRICADOS

## 2. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD

En la antigüedad los salones de los robustos edificios, contruidos con muros fuertes y suelos grávidos, reunían las tres propiedades básicas con suficiente eficacia, buena iluminación, excelente ventilación y exentos de ruidos, eran secos, calientes en invierno, frescos en verano. En las edificaciones actuales, en la que con el uso de métodos más exactos de cálculos y conocimiento más profundo de los materiales, requieren de menores volúmenes de elementos sustentantes, como paredes y suelos. Pero sin embargo requieren de especiales medidas de protección contra la humedad, las temperaturas y el ruido.

Las edificaciones destinadas a albergar personas son consideradas favorables a la salud, si reúnen las tres condiciones básicas antes mencionadas, si están secos y moderadamente templados y exentos de ruido. La nocividad de la humedad es también perjudicial para la mayor parte de los materiales de construcción y de instalaciones caseras. Los ladrillos al helarse el agua en su poros estallan, se deslavan los ingredientes solubles de morteros, el acero se corroe con la humedad y ésta provoca la proliferación de hongos que pudren la madera. De ahí que la meta fundamental de las edificaciones se establece en la protección tanto a los elementos constructivos como en la misma edificación contra la humedad.

### 2.1. Materiales Impermeabilizantes

La definición que se atribuye a estos materiales, es la de tener la cualidad fundamental de impedir el paso de agua a través de las películas que forman. Sin embargo, ésta no debe ser la única característica, pues también deben ser dúctiles, tener cierta elasticidad y plasticidad, ser resistente al envejecimiento o a la intemperie y algunas veces al tránsito, no debe escurrir a temperaturas a ambiente máximo y su instalación debe ser fácil, también debe tener buena adherencia sobre los sustratos y buen precio. Todas estas características los hacen justificables en las construcciones.

Además de las características antes mencionadas, existen las normas de calidad realizadas por la \* A.S.T.M., normas que rigen para todos estos materiales. Estas y otras normas, se han establecido para determinar la calidad de los materiales impermeabilizantes, con el objeto de que el constructor tenga parámetros de comparación para solicitar determinado producto a los proveedores o contratistas. Por consiguiente, al solicitar

\* American Society for Testing and Material.

impermeabilizantes que cubran especificaciones determinadas, se tendrán mejores impermeabilizaciones, y las fallas que se originen, no serán imputables a la calidad del material.

Para efectuar trabajos de impermeabilización se cuenta con materiales y lienzos bituminosos, provistos a veces de hojas metálicas o de un relleno de Vellón de fibra de vidrio, así como tiras soldables de material termoplástico. Con la adición de impermeabilizantes puede también fabricarse materiales estancos al agua, como son el mortero y el concreto impermeable. Pero siempre están expuestos al peligro de las grietas, y exigen especial atención en las juntas y puntos de unión.

Sólo la calidad de los impermeabilizantes en lo referente a las propiedades y su correcto empleo, tanto en el proyecto, como en la ejecución, pueden garantizar la protección segura y eficiente de una edificación.

#### 2.1.1 Materiales Bituminosos

El asfalto es el impermeabilizante más antiguo, según investigaciones, inscripciones, dibujos y excavaciones realizadas en el Oriente próximo.

El asfalto era ya representativo en el tercer milenio A. C., desempeñaba un papel muy importantes en la construcción. Sus poderes adhesivos y las cualidades hidrófugas del asfalto eran conocidas en los templos y palacios babilónicos en sus muros y pavimentos, así como en muelles y defensas en las orillas de los ríos. Se empleaba en forma de mortero para construir paredes y trabajos de obturación de agua.

##### 2.1.1.1 Betunes y Materias Bituminosas

Se dividen en betunes naturales y los betunes de origen mineral.

se define como betunes naturales a aquellos que constituyen el aglomerante puro, sin mezcla numeral alguna de asfalto natural. Los betunes de petróleo representan una dispersión coloidal en aceite mineral, de los más diversos tipos de resinas del petróleo, por consiguiente el betún del petróleo, no puede considerarse una substancia unitaria con propiedades bien definidas y constantes, los que dependen casi en su totalidad de la clase de petróleo del que se extraen por destilación los betunes, así como también de su tratamiento ulterior y preparación. Los betunes se comportan a temperaturas medias, como un líquido viscoso fácilmente moldeable.

Cuando están sometidos a esfuerzos mecánicos bruscos o temperaturas bajas, adquieren el carácter de quebradizos. Las variedades celulares o esponjosas de betún poseen mayor margen de elasticidad que las masas que suelen obtener en los procedimientos normales de destilación; lo que hace, que sean sensibles a las fluctuaciones de la temperatura. Bajo la acción de los ácidos orgánicos diluidos y de las bases, el betún resulta bastante inalterable. Sin embargo, pueden producirse hinchazones y entumecimientos, como resultado de la acción de esas sustancias. En su inicio, los betunes pueden hincharse debido a los aceites y grasas, y terminar por reblandecerse e inclusive disolverse. Bajo la influencia del oxígeno, reforzada por la acción simultánea de la luz, las mezclas de sustancias bituminosas se alteran química y físicamente de manera considerable o en otras palabras, envejecen. Las propiedades de los betunes pueden modificarse debido a un calentamiento prolongado.

#### 2.1.1.2 Asfalto

Está conformado por una mezcla natural o artificial de materias bituminosas. Aquellas fracciones solubles en el sulfuro de carbono contenidas en el asfalto natural, en las piedras asfálticas y en los residuos de la destilación de los aceites minerales, se les denomina materias bituminosas. La isla de Trinidad y el Estado de Bermúdez (Venezuela), son los lugares más conocidos de procedencia de los asfaltos naturales. En Trinidad, a pesar de haberse realizado innumerables extracciones de asfalto natural, éste forma un lago de aproximadamente 40 Ha. de superficie y de unos 40 mts. de profundidad, el cual ha descendido en forma despreciable desde 1851. Pareciere ser que el asfalto extraído, es llenado por el efecto de presiones subterráneas por nuevas cantidades fluidas y calientes de asfalto procedente de capas profundas. Debido al porcentaje contenido de materias bituminosas (40%), de aceites minerales (30%) y de agua (30%), hacen que éste, sea rico en materias bituminosas y de gran viscosidad. \*

\* Tratado de Construcción.  
H. Schimitt. pag. 30

En el caso del Estado de Bermúdez, también el asfalto forma un lago muy parecido en dimensiones al de Trinidad.

En ambos casos, el contenido alto de azufre (6%) los distingue esencialmente de las materias bituminosas procedentes del aceite mineral.

En Suiza, se encuentra el asfalto natural en formación de piedras -- (Val de Travers), así como también bajo la misma conformación en Francia (Seyssel), en Yugoslavia (Dalmacia), en Alemania (Holzminden) y en España (Maeztu). La piedra asfáltica es una caliza impregnada de materias bituminosas que es extraída de minas, y se prepara y elabora en las Fábricas de asfalto.

El mástique de asfalto natural, que está conformado por una mezcla de materias bituminosas con polvo asfáltico natural en proporción de 16 a un 22% de las primeras, se emplea para los trabajos de impermeabilización y obturación de aguas.

En el mercado se encuentra el asfalto natural, en forma de polvo asfáltico, de mástique o de almáciga asfáltica natural y de placas de asfalto comprimido. \*

#### 2.1.1.3 Alquitran de Hulla

Es una dispersión coloidal, en aceites de alquitrán, de las resinas que llevan estos aceites. Su obtención es como residuo de la destilación de la brea de hulla. A medida que progresa la destilación se obtiene variedad de pez; blanda, semidura y finalmente pez dura. La pez blanda de hulla como material bituminoso impermeabilizante es más sensible a la temperatura en mayor porcentaje que los betunes de destilación. La pez blanda de alquitrán de hulla posee una capacidad de absorción de agua algo menor que la de los betunes.

La pez blanda de alquitrán de hulla, aún cuando no contiene ningún porcentaje de material bituminoso puede ser clasificada como "Bituminosa" por ser análogos en color y viscosidad a los betunes. Su procedencia y composición química no tienen nada que ver con la de éstos,

sin embargo, reaccionan también de manera muy diferente ante las acciones químicas y las fluctuaciones de temperatura.

#### 2.1.1.4 Pintura: capa de preparación

Previo a la aplicación de la capa definitiva de una pintura bituminosa, hay que aplicar una capa de preparación, que sea bituminosa, fluida, viscosa, aplicable en frío y que por su fluidez penetre en los poros de la superficie a aplicar. Además que compense las desigualdades de la superficie con más cuidado que la capa aplicada en definitiva, y que a la vez permita mayor adherencia de las capas subsiguientes. El secado debe ser rápido, para no interrumpir el trabajo de impermeabilización. Los medios para esta capa de preparación son: soluciones bituminosas, soluciones de alquitrán de hulla y emulsiones acuosas diluídas de betún o alquitrán.

Las soluciones de betún y alquitrán, en las que estos materiales están disueltos en disolventes orgánicos, por ejemplo bencenos, sólo pueden aplicarse en superficies secadas al aire. El empleo de emulsiones diluídas de betún o de alquitrán de hulla, se realizarán en paredes que antes de aplicar las capas de impermeabilización permanezcan húmedas. De tal manera que, con estos materiales conviene humedecer las superficies, si éstas se encuentran secas. Las emulsiones son sensibles a las heladas, mientras que a causa de su gran inflamabilidad, en las soluciones deberán tomarse grandes precauciones. Tanto en la capa de preparación como las capas definitivas deberán estar preparadas a base del mismo material, betún o alquitrán de hulla.

#### 2.1.1.5 Pintura: capas de acabado

Consecuentemente después de aplicar la base de preparación, se aplicará dependiendo de las condiciones si es en frío o en caliente, tantas capas como lo indican los siguientes parámetros. Si es en frío, se aplicarán tres capas de pintura, y si por el contrario es en caliente únicamente dos capas. En el caso de los productos aplicables en frío, necesita de más capas debido a que la solidéz de la capa queda disminuida por la volatización del disolvente (por ejemplo por la eva

porización del agua en las emulsiones). Son aplicables en frío las disoluciones y emulsiones bituminosas y las de alquitrán de hulla. Se aplican en caliente una vez que el calor les ha hecho perder viscosidad, los betunes y alquitranes de hulla con o sin adición (relleno) de polvo mineral (por ejemplo, caliza, cuarzo o pizarra finamente molidos).

En superficies poco regulares o rugosas, son adecuadas las capas de acabado - en caliente; siendo las únicas y más convenientes para impermeabilizar muros de ladrillo sin revoque, en combinación con una capa de preparación fluida, aplicada en frío.

Una protección satisfactoria a las paredes que, sufren de humedades provisionales del contacto del terreno, generalmente las proporcionan las capas de obturación.

Las pinturas bituminosas, de color aluminio, son de un acabado fácil de instalar por lo que son ideales para trabajar de mantenimiento continuo, tienen una vida útil del orden de 1 a 3 años, dependiendo de su calidad y deben ser renovadas - frecuentemente. No se recomiendan para techos transitables y su flexibilidad es de primera clase.

#### 2.1.1.6 Pasta extendida con espátula

La aplicación de pastas bituminosas y de alquitrán de hulla se puede efectuar en frío o caliente. Si la aplicación es en frío deberá ser en forma disuelta o emulsionada, con viscosidad plástica. Se aplican en caliente los mismos materiales pero con "Relleno", así como las pastas de mástique de asfalto natural. Este sistema es más resistente a la humedad que las capas de pintura, pero requieren de más tiempo en su secado, se aplica sobre una capa de preparación en 2 manos hasta alcanzar un espesor de 6 mm.

### 2.1.2 Lienzos Bituminosos

#### 2.1.2.1 Cartones o Láminas Adhesivas

Los betunes y alquitranes especiales se emplean también como adhesivos operados en caliente, en la fijación de cartones impermeables y coberturas (empaquetaduras) o lienzos.

Estos recubrimientos a base de láminas o lienzos completamente estan cos, sólo se utilizarán para impermeabilizaciones que deban soportar la presión del agua. Conviene que los materiales de las láminas y los adhesivos sean derivados de las mismas materias bituminosas. Las coberturas de hojas de material plástico se suministran con adhesivos especiales proporcionados por el mismo fabricante, que no contienen ningún componente que altere o ataque aquel material.

#### 2.1.2.2 Cartones Impermeables

El cartón en bruto o cartones de fieltro de lana son los más utilizados para lienzos o coberturas. Con el aprovechamiento de los residuos de fibras textiles se obtienen estos tipos de cartones y se designan, según su peso, en gramos por m<sup>2</sup>. Luego se impregnan y se conforman como "Cartones bituminosos o alquitrados". La presentación de los cartones bituminosos es en rollos de 1 metro de ancho y 20 metros de largo, y la de los cartones alquitranados también en rollos de 1 metro de ancho, pero 10 metros de largo.

Para la impermeabilización horizontal contra la humedad ascendente, que se basa en separar elementos constructivos (columnas, paredes, techos etc.) unos de otros, hay que usar hojas de cartón alquitranado con arena adherida por ambas caras, a fin de conseguir a pesar de la separación, el máximo rozamiento entre superficies en contacto. Estas hojas no deben clavarse a la superficie ni pegarse entre ellas, al ser utilizadas como barreras horizontales contra la humedad.

#### 2.1.2.3 Lienzos Impermeables

Mediante aplicación de masa bituminosa por una o ambas caras, los cartones lisos se vuelven impermeables, se denominan entonces como lienzos, coberturas o envolturas impermeables.

La tela yute, se utiliza como alma en la fabricación de los lienzos impermeables o empaquetaduras. La arpillera de yute pesa cuando no está impregnada 0.333 Kg/m<sup>2</sup>. y cuando lo está 0.500 Kg/m<sup>2</sup>\* La tela de yute impregnada se hace impermeable al agua, dándole un revestimiento con una masa o pasta impermeabilizante. La presentación en el mercado

de la tela de yute es a base de rollos de 10 a 30 metros de longitud y de 1 metro de ancho. Su peso de 3.2 Kg/m<sup>2</sup> es por un espesor de 3 m.m. son dilatables o flexibles como los cartones asfálticos y embreados, en consecuencia adecuados para la impermeabilización especialmente en aquella obra donde hay dobleces o acodaduras. Hay que tener especial cuidado con las empaquetaduras o lienzos impermeables de cartón - fieltro y de tela de yute, pues al contacto con el agua se hinchan al poco tiempo y a continuación se deshacen y pudren si no se toman precauciones.

El alma de los lienzos aislantes o de las empaquetaduras, puede ser muy variada según sea su uso, las hay de fibra de vidrio, las que están formadas por una capa de betún o asfalto armada con la fibra de vidrio, para que la hoja de betún o asfalto sea trabajable y transportable. Este tipo de empaquetadura con fibra de vidrio tiene la ventaja de que no absorbe humedad y en consecuencia no se pudre ni corrompe; además no produce ondulaciones ni arrugas. En las empaquetaduras que llevan alma de hojas de plomo, cada hoja metálica debe de ir pegada entre dos cartones de fieltro impregnados (protección contra aguas ácidas y alcalinas) y, adicionalmente las caras exteriores deben ir forradas con una masa bituminosa. Su presentación al salir de la fábrica es en longitudes de 5 o 10 metros y un metro de ancho, teniendo 5.5. m.m. de espesor con un peso medio de 7.5 Kg/m<sup>2</sup>. Existen también las empaquetaduras con inclusión de hojas de aluminio, las que, por la acción de medios alcalinos, que siempre estarán presentes en toda construcción, son alterables; en cambio las empaquetaduras u hojas aislantes de hojas de plomo pueden ser destruidos más bien por los ácidos y específicamente por el agua carbónica. \*

#### 2.1.2.4 Tiras Termoplásticas

Los materiales termoplásticos cada vez son más empleados para la impermeabilización de las edificaciones contra la humedad del suelo, el agua superficial, el agua subterránea e incluso contra el efecto de productos químicos agresivos (por ejemplo caso específico de laboratorios). Entre estos materiales podemos mencionar el cloruro de polivinilo blando y el poliisobutileno. Son compuestos orgánicos de carbono, macromoleculares, que se obtienen en base al petróleo y gas natu-

ral (industria petroquímica), con excelentes cualidades químicas y físicas, entre las que se mencionan su dilatación elevada, su notable inalterabilidad química y su elaboración fácil.

También se les suele llamar plastómera y dentro de una gama de temperaturas, estos materiales son moldeables. Su cohesión interna, se debe básicamente al enlace o anejió de moléculas de igual naturaleza en forma de cadenas, es decir a su polimerización. La movilidad de tal cohesión aumenta al elevarse la temperatura. Si bien las propiedades de estos materiales varían con la temperatura dentro de las fluctuaciones normales causadas por las condiciones atmosféricas no experimentan ninguna modificación permanente. Aplicando adicionalmente alma de tela de fibra de vidrio, o disponiéndola en capas alternadas de ambos materiales, puede elevarse su resistencia mecánica, la gama de temperaturas de empleo oscila entre  $- 30^{\circ}$  y  $+ 30^{\circ}$  C.

Las láminas van haciéndose progresivamente más duras, por la acción del frío, sin embargo, no puede conducir a la rotura antes de alcanzar la temperatura de  $- 30^{\circ}$  C y bajo la acción de dobleces bruscos.

Por el contrario alcanzan mayor plasticidad al calentarse, con lo que puede moldearse bien la hoja. Si la temperatura asciende, por calentamiento por encima de los  $200^{\circ}$  C, el material de las hojas se reblandece en tal forma que puede soldarse en caliente.

Por lo general, a la temperatura normal mediante la llamada "Soldadura con disolventes", el material se "suelta en frío", en forma de planos de impermeabilización homogéneas de superficies grandes: En su unión solapadas, las tiras parciales se atacan con un disolvente, provocando hinchazón en las partes atacadas, para luego comprimirse las partes, una contra otra. En superficies horizontales, este material impermeabilizante es utilizado sólo, en capas únicas de 0.3 a 3 m.m. de espesor. Se fija mediante betunes especiales, en algunos puntos o se dispone sencillamente suelto, y es pegado íntegramente sólo sobre superficies verticales. En definitiva, la estanquidad de un impermeabilizante depende de la forma como han sido ejecutados los puntos de costura y de unión de dichas capas únicas.

En la mayoría de las hojas de impermeabilización y de impermeabilizantes a base de materias bituminosas, hay que tener presente que se hinchan, y al contacto con bencinas, grasas, aceites, varios disolventes de barnices y adhesivos con contenido de alquitrán, se destruyen gradualmente. Así mismo, por la acción de aguas naturales, ácidos o alcalinas, no experimentan hinchazón alguna, por lo que se hace innecesario que queden aprisionados entre elementos constructivos rígidos en estado de montaje. Incluso a la acción del oxígeno es decir al envejecimiento, son imputrescibles y resistentes. Su duración, en base a experiencias realizadas con las hojas, abarcan un período aproximado de 30 años. Como referencia, podemos citar las colocadas en 1939 para la obturación de filtraciones en galería de mina, en la que por reforma, hubo que hacer obras a pesar de la permanencia en terrenos acuíferos, no se observaron alteraciones de ninguna clase, ni de sus propiedades mecánicas, ni de su exterior. Estas comprobaciones están de acuerdo con las consecuencias que de la estructura química del material básico de las hojas pueden ser deducidas. La justificación que afirma de que éstos materiales en cuestión pueden ser considerados como de duración ilimitada, la constituyen los resultados de los ensayos en curso con las láminas de Oppanol en duras condiciones químicas. En relación a su combustibilidad, este material se comporta como las mezclas de goma.

### 2.1.3 Impermeabilizantes no Bituminosos

Anteriormente nos hemos referido a impermeabilizantes de índole asfáltica. Sin embargo existen otras distintas bases, los cuales se pueden dividir en:

#### 2.1.3.1 ELASTOMERICOS

Que se pueden subdividir en: líquidos y en membranas prefabricadas (sólidas). \*

##### 2.1.3.1.1 LOS ELASTOMERICOS LIQUIDOS

Son aquellos productos que se aplican en las superficies - por medio de brocha o equipo de aspiración.

Algunos de ellos curan por evaporación del solvente y otros

por reacciones químicas, significando que son 100 por ciento sólidos.

Estos materiales tienen magníficas propiedades generales. Los que son a base de neoprenohypalon, poliuretanos o hule dorado se emplean óptimamente en el acabado de albercas. - Gozan de gran resistencia a la intemperie y son plásticas, sin embargo la aplicación en techo es limitada, debido al alto costo del producto.

#### 2.1.3.1.2 LOS ELASTOMERICOS SOLIDOS

Estos productos se presentan en forma de membranas prefabricadas, tal como las de hule butilo, P.V.C. o similares; con la única desventaja de que el sellado de traslape entre membranas se torna muy difícil. A esto le sumamos irregularidad de superficies (no planas); durante su colocación se presentan pequeñas olanes, que dificultan el pegado eficiente de las piezas. Como resultado de este problema se da que aunque el agua no pase por las membranas, si lo hará por los traslapes. Por esta razón, la aplicación de estos materiales debe de encargarse a Compañías especializadas en este tipo de trabajo.

#### 2.1.3.2 MATERIALES VARIOS

Constituyen otro grupo los materiales rígidos, cerámicas, materiales rígidos laminados como por ejemplo: tejas, láminas metálicas (cobre, plomo, tierra o aluminio). Un tercer grupo sería el compuesto por los materiales de capilaridad negativa o hidrófuga, en los cuales podemos mencionar dos subgrupos: los silicones para impermeabilizaciones de superficies verticales y el de los impermeabilizantes integrados, formados a base de jabones metálicos.

#### 2.1.3.3 MATERIALES CERAMICOS

En el grupo de los materiales rígidos, cerámicos, podemos citar a las

tejas, que son usadas actualmente en el área rural como único material de techo, pero debido a que se desacomodan fácilmente por la acción del viento y permiten la filtración de agua, ha sido reemplazado y su uso ha ido menguando. En todo caso, su colocación requeriría de una impermeabilización formal abajo de las tejas. En el área urbana, se utiliza como elemento puramente decorativo.

#### 2.1.3.4 LAMINAS METALICAS

Entre este grupo podemos mencionar las láminas metálicas de plomo o de cobre, un buen ejemplo lo podemos ver en el Palacio de los Deportes o en la misma basílica de Nuestra Señora de Guadalupe en la Ciudad de México, se pueden lograr efectos decorativos muy interesantes y de alta duración. Sin embargo su armado y colocación requieren de verdadera artesanía, cortes finos, soldaduras en puntos oblicuos; y representa en la edificación un costo muy alto.

Otra aplicación es la de láminas de hierro, que aunque esten galvanizadas siempre están expuestas a oxidación y corrosión en los puntos de traslape, así como de fijación, permitiendo por los puntos la penetración del agua. Lo más crítico es que continúa escurriendo agua, aún después de pasar la temporada de lluvia, debido a la acumulación de éste por debajo del recubrimiento. Así pues, se recomienda especial cuidado con el uso de láminas como impermeabilizantes.

2.1.3.5 Un quinto y último grupo lo constituyen como ya se mencionó, el de los Materiales de Capilaridad Negativa. Estos materiales no forman verdaderas películas sobre el material que protegen, sino que su acción consiste en invertir la capilaridad de la porosidad, de tal manera que de ser afines hacia el agua sean repelentes hacia ella, en consecuencia el rechazo del agua que esté en contacto con la superficie, media vez la fuerza que empuje hacia adentro el agua, no superé a la de repelencia.

Este grupo puede subdividirse en 2 subrenglones, formados por:

##### 2.1.3.5.1 SILICONES REPELENTES

En superficies verticales, se emplean para impedir la entrada de agua de lluvia. Este tipo de impermeabilizantes

no es adecuado para ser aplicada en techos, pues ahí acumulan tirantes de agua con presiones suficientes para vencer a la repelidad de los silicones. Deben ser utilizados en fachadas cuyo acabado sean a base de materiales absorbentes, con la limitación de que los poros de dichos materiales deben ser tamaño capilar. Si los poros son demasiados grandes, la acción del silicón disminuirá y el agua será absorbida hacia el interior.

#### 2.1.3.5.2 IMPERMEABILIZANTES INTEGRALES

Constituyen el segundo grupo, y están generalmente formados por jabones metálicos, con lo cual se disminuye grandemente la absorción del agua. En las losas de concreto, en donde la filtración de agua no es solo por la porosidad que queda en el concreto, sino también la que penetra a través de las fisuras capilares y por todo los detalles constructivos que componen la losa, independientemente de que en ellos invariablemente se presentan agrietamientos posteriores al colado, por la hidratación natural del cemento o bien por los asentamientos de las construcciones; por todo lo anterior citado, estos materiales no constituyen solución completa en losas de concreto. Concluyendo, los impermeabilizantes integrales son adecuados y recomendables en cimentaciones, evitando el alto grado de absorción de agua, así también en muros de concreto, cisternas, etc. tomando en cuenta las consideraciones anteriores. Una vez enumerados los diferentes materiales impermeabilizantes con que se cuenta, y explicando la forma de combinarse para lograr lo que se llama en sistema impermeable, se señalan los siguientes sistemas:

#### 2.1.4 MATERIALES ESTANCOS AL AGUA

##### 2.1.4.1 Revoque Hidrófugo

Las obturaciones contra la humedad del terreno se pueden realizar tam-

bién con mortero hidrófugo. Su composición es de un mortero de cemento cuya cualidad impermeable procede de la adición y mezcla en pasta de un material obturador, como los productos "Ceresit", "Sika" o "Tricosal". La aprobación de los componentes del mortero, son 1 de cemento por 2 o 3 de árido. Los áridos deben componerse de granos de 3 m.m. como máximo y los granos finos, hasta 1 m.m. debiendo representar el 55% del total. - Otro 20% deberá estar representado por el material harinoso cuyo grano - es inferior a 0.2 m.m.

El revoque con este tipo de mortero debe aplicarse en 2 capas, y con un espesor mínimo de 20 m.m. La primera capa no debe de haber fraguado para cuando se aplique la segunda. Si en caso el trabajo es interrumpido, debe traslaparse la siguiente capa unos 20 a 30 cm. con la anterior. Si se piensa pintar como acabado final, hay que frotar la pared, pero sin llegar a pulirla o aislarla. \*

#### 2.1.4.2 Concreto Hidrófugo

Mediante muros y suelos impermeables ejecutados con concreto puede lograr se buena defensa contra la humedad del terreno y la presión del agua (cimientos, sótanos, construcciones sumergidas, piscinas, etc.). Otra aplicación del concreto hidrófugo es en las caras del concreto visto - en la industria, previniendo el ataque de agentes agresivos que se encuentran en el aire o disueltos en la humedad que precipita, que podrían atacar al concreto y armadura, químicamente.

Resulta muy práctico aplicar como barniz incoloro o impregnar la superficie de las piezas con aditivos obturantes, pues penetran intimamente en el concreto (por ejemplo fluatos). Las piezas que trabajen a flexión no deben construirse de concreto hidrófugo, ya que inevitablemente se producen grietas capilares a través de las cuales puede ascender la humedad y substancia nocivas. Dando una mano de pintura impermeabilizante, es lo único que ofrece seguridad para contrarrestar el efecto capilar de las grietas. El concreto hidrófugo sólo puede redundar en una economía de otros dispositivos de mayor alcance, cuando es posible ejecutarlo con una escrupulosa dosificación. Los áridos deberán cumplir con buena aproximación de las curvas de Tamiz, que señalan las normas. Su composición se hará con grava de 30 mm. de diámetro máximo, se dispondrá de arena, en

proporción de un 50%, de diámetro entre 0 y 7 mm. más un 5% de material pulverente de grano inferior a 0.3 mm., siendo los porcentajes referidos al total del peso correspondiente a los áridos.

Se necesita de hasta un 70% de peso del árido más fino, para presiones importantes de agua. Si esta condición no puede ampliarse con el árido natural suministrado, se añadirán piedra molida, harina de cuarzo, trass o cualquier otro tipo de polvo mineral para el relleno de poros.

La proporción de cemento deberá ser mayor de 300 Kg/m<sup>3</sup> de concreto. Una inadecuada proporción de concreto no se deja impermeabilizar ni con barnices especiales. Las cualidades del concreto, no deben ser perjudicadas por las substancias hidrofugantes. Debe tratarse de materiales autorizados. Los hidrofugantes actúan rellenando los microporos que se encuentran en el seno del concreto, fomentan una hidratación más completa del material, ayudando así a la cristalización posterior del engrudo cementoso, cuando es verificado el proceso de secado o fraguado. Penetran también en los poros normales, rellenándolos, gracias a la finura de su grano. Ocasionalmente, es necesaria cierta absorción previa de agua, a fin de que los aditivos que rellenan los poros hinchen, taponeándolos totalmente completando así su acción hidrófuga, incluso contra elevadas presiones de agua. En comparación con otros impermeabilizantes que sólo actúan rechazando el agua, pero no obturan los poros en el seno de la masa y por consiguiente permiten la difusión del vapor de agua y el paso de la humedad. Una forma de impedir en el concreto hidrófugo la formación de grietas de retracción o de fatiga que revisten de gran importancia, es dejando juntas elásticas de dilatación rellenas de material plástico, con el que se dispone de variedad de gruesos y resistencias que facilitan el más adecuado empleo en cada tipo de sollicitación. Las figuras 2-1, 2-2 y 2-3 que se presentan a continuación, nos dan un ejemplo de aplicación de las referidas juntas. \*

\* Tratado de Construcción. H. Schmitt. Materiales de Impermeabilización. Pag. 33

JUNTAS DE ENCOFRADO EN EL CONCRETO HIDROFUGO. JUNTA ENTRE PARED Y LOSA DE CIMENTACION, EN UN SOTANO EN FORMA DE CUBA O FOSA

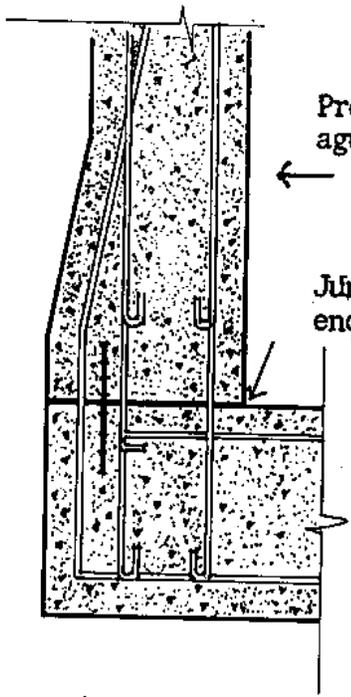


Fig. 2-1

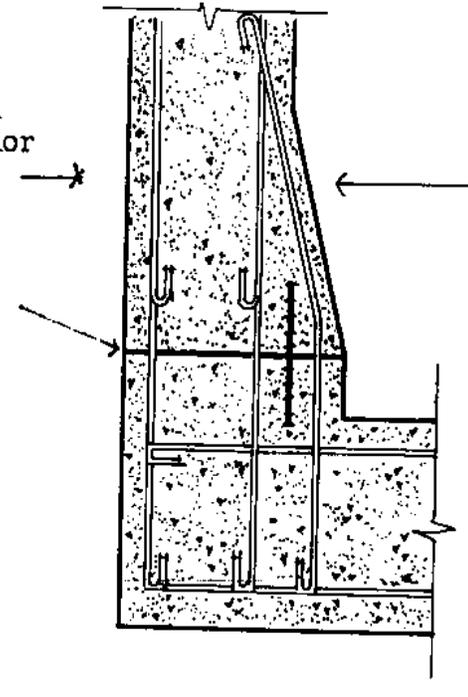
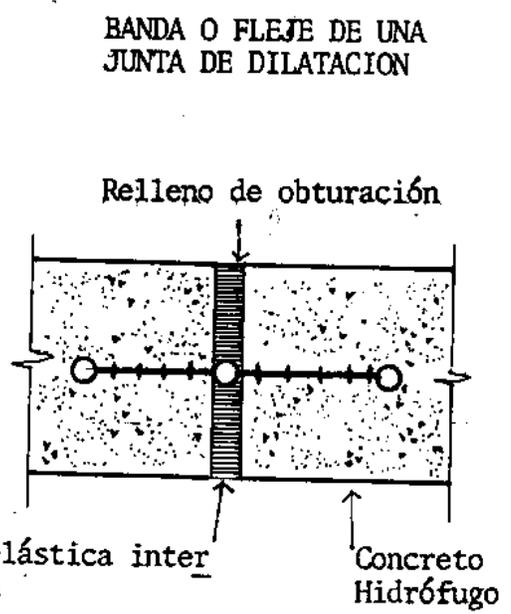


Fig. 2-2

Presión del agua interior



Fi. 2-3

## 2.2 Sistemas Impermeables

Todo sistema de impermeabilización debe contener como mínimo los siguientes 3 componentes:

- a. El Primario o Bases Adherentes
- b. La carpeta Impermeable
- c. El Acabado

El Primario a base de adherente, es el encargado de sellar la porosidad y las partículas de polvo sueltas en la superficie. La que será la verdaderamente responsable de la impermeabilización del sistema es la carpeta impermeable. La composición de estas carpetas es a base de capas alternadas de revestimientos y membranas de refuerzo, y podemos decir que mientras más capas, mayor seguridad y duración. Sin embargo existen otros materiales que con menor espesor dan mayores resultados. Podemos establecer que un material más elástico, dúctil, impermeable y resistente al envejecimiento, dará un funcionamiento equivalente con menor espesor. Los acabados tienen como objeto, proteger a la carpeta impermeable contra el ataque de la intemperie y también del ataque físico por el uso inadecuado o imprevisto.

Habiéndose establecido los componentes de los sistemas de impermeabilización se pueden dividir en cuatro grupos: \*

- 2.2.1 Los de aplicación en frío
- 2.2.2 Los de aplicación caliente
- 2.2.3 Los de aplicación mixta
- 2.2.4 Los prefabricados

### 2.2.1 Los de Aplicación en Frío

Sin necesidad de calentarlos, se efectúan partiendo de que están listos para utilizarse. Se adhieren a todo tipo de superficies, aún estando húmedas con lo que se reduce la posibilidad de formación de burbujas y desprendimientos, las que aparecen algunas veces cuando es alto el contenido de humedad.

\* Tratado de Construcción. Bárbara y Zetina. Tomo I

Los refuerzos, para este tipo de aplicación generalmente son dúctiles y flexibles, lográndose mejores adaptaciones a las superficies con sinuosidades.

Otras de las ventajas de esta aplicación, es que no escurren, no importando la inclinación de la superficie o la temperatura de operación y además no se cristalizan. Son también resistentes a la intemperie y a envejecimiento natural.

No requieren de personal especializado para su instalación, que además es rápida y sin molestias. Estos materiales tienen gran efectividad y larga duración.

#### 2.2.2 Sistemas de Aplicación en Caliente

Estos materiales tienen la ventaja de ser económicos, forman carpetas --- fuertes y resistentes a la penetración, así como resistir tránsito y uso rudo. Es recomendable en techos que serán revestidos con ladrillo. Proporcionan buena protección a bajo costo. Además están exentos de solventes.

Su mayor aplicación se obtendrá al calentarlo hasta su fundición, sin embargo la temperatura no deberá ser mayor de 220° C, por que se degradan.

El tiempo de calentamiento no exederá de 10 horas pues sucede lo mismo. Estos materiales no se adhieren a las superficies húmedas. Media vez no se escarezcan los productos derivados del petróleo, estos materiales a base de asfaltos oxidados aplicados en caliente, están designados a perdurar.

#### 2.2.3 Sistemas de Impermeabilización de Aplicación Mixta

Estos sistemas es el resultado de combinar la aplicación en caliente y frío, primero la aplicación en caliente para terminar con una capa superior de impermeabilizante en frío, obteniendo las ventajas de ambos sistemas que son: Fuerza y resistencia al mal trato, resistencia al intemperismo y al envejecimiento. Simultáneamente se fijan mejor las gravillas y permiten mejorar los detalles constructivos para asegurar la im-

permeabilización (pretilas, bajados de agua, tubería, etc.). También se logra una cubierta superior, altamente resistente al agrietamiento.

#### 2.2.4 Sistema a Base de Prefabricación

Este sistema posee la ventaja de tener un espesor uniforme controlado en fábrica, lo que nos da una protección segura en todos los puntos.

Su aplicación es ideal para cubrir superficies sin riesgo de escurrimiento desde bajas temperaturas hasta 60° C.

Su fijación a las superficies puede ser por medios mecánicos o por medio de adhesivos asfálticos en frío o caliente, con bastante rapidéz. Es recomendable colocar membranas de refuerzo adicionales

C A P I T U L O No. 3

3. PROTECCION CONTRA EL ACCESO DEL AGUA SUBTERRANEA Y DEL AGUA A PRESION

- 3.1 Cubas o Fosas Estancas
- 3.2 Base de Apoyo y Protección de la Lámina Obturadora
- 3.3 Impermeabilizantes Resistentes a la Presión del Agua
- 3.4 Impermeabilización a base de Pastas extendidas con Espátulas

3. PROTECCION CONTRA EL ACCESO DEL AGUA SUBTERRANEA Y DEL AGUA A PRESION

Quando en una obra, una de sus partes está situada debajo del nivel máximo de las aguas subterráneas, ésta se encuentra sometida a la presión hidráulica, la cual actúa uniformemente perpendicular a sus caras. Según principio de Arquímedes, tal presión depende de la profundidad de su inmersión, o sea de la altura hidrostática de la columna de agua, con independencia de la cantidad de agua que rodee al cuerpo. Por la forma de actuar, recibe el nombre de presión de abajo-arriba. La figura 3-1 nos evidencia esta Ley. \*

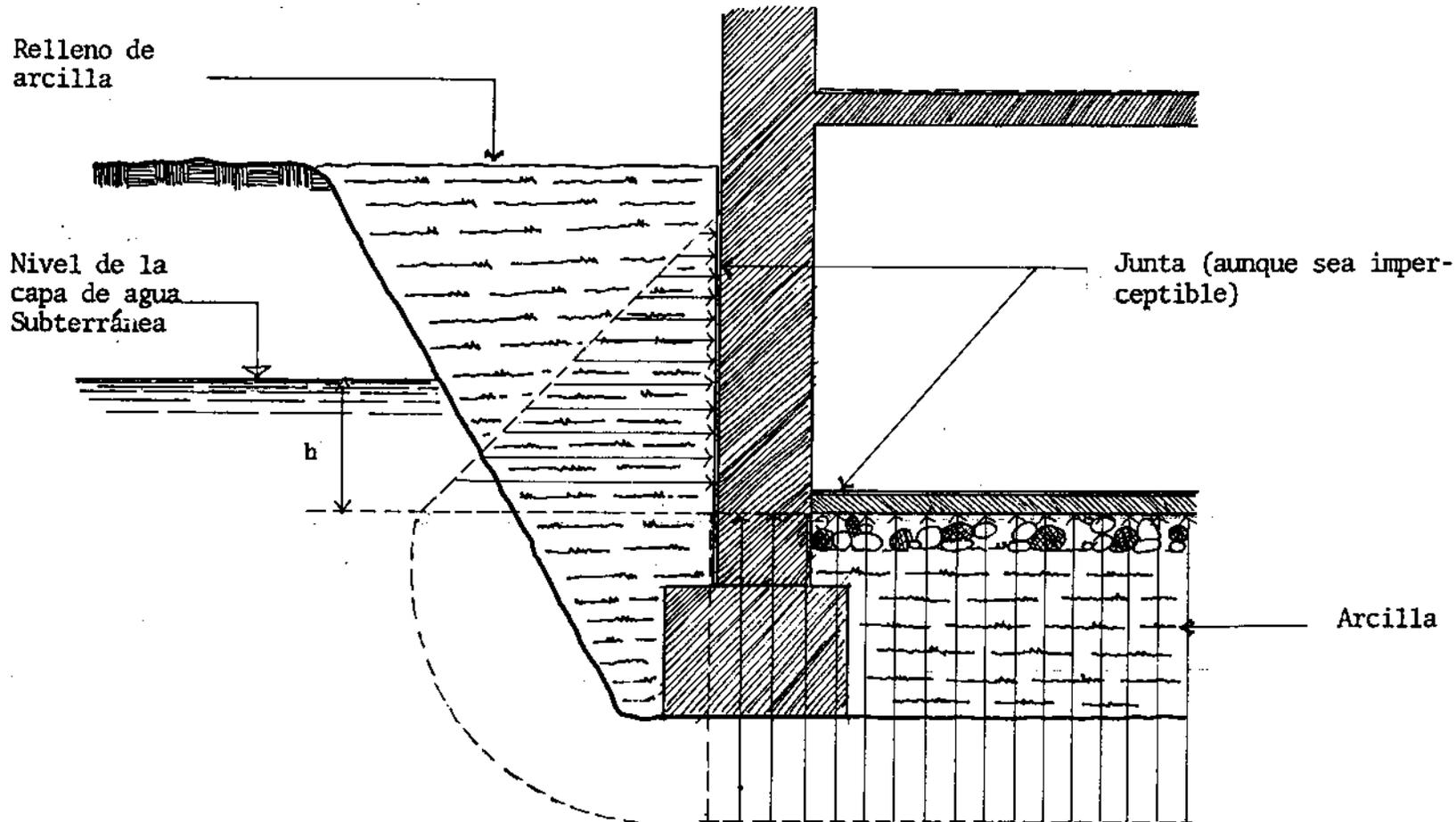


Fig. 3-1

\* La Construcción de Edificios: Gerardo Baud  
Cap. IV. Cimentaciones. Pag. 80

### EFFECTO DE LA PRESION DE ABAJO-ARRIBA

La presión de abajo-arriba depende de la altura del agua, la cual puede llegar a levantar la losa de cimentación, si no ha sido concebido para soportarla. Cuando se trata de un terraplen de arcilla, la presión de abajo-arriba se manifestará con tanta intensidad como si el mismo fuese de grava. A un metro de profundidad, la presión es de  $0.1 \text{ Kg/cm}^2$  y a 10 metros de  $1 \text{ Kg/cm}^2$ . Este tipo de presión tiende a levantar la obra y por este motivo disminuye la carga ejercida sobre el suelo y por consiguiente los cimientos deben de estar calculados para resistir esta presión de abajo-arriba.

Por lo anteriormente expuesto, si se quiere evitar la penetración de las aguas subterráneas, es necesario construir la parte del edificio que se encuentra por debajo del nivel de estas aguas, en forma de cuba o fosa impermeable. (Ver sección 3.1).

Esta medida se hace necesaria en sitios muy llanos de terreno compacto, donde evacuar el agua canalizada por zanja de drenaje, resulta imposible. En estos lugares, al abrir zanjas para los trabajos de construcción y rellenarlos posteriormente, se obtienen resultados, similares equivalentes a las de las paredes de una pileta o piscina. En la zanja rellena, aunque la tierra vertida esté apisonada, ésta no llega a alcanzar la compactibilidad del terreno natural; cuando llueve se produce una acumulación de agua filtrada que presiona sobre las partes enterradas del edificio de manera similar a si estuviesen sumergidas en agua. Es así como al no existir la facilidad de evacuación del agua deberá rodearse toda aquella parte del edificio que quede por debajo de la cota del terreno, de una formación de cuba impermeable, a menos que se renuncie a la construcción de sótano. Solo bajo estas condiciones se pueden evitar los sótanos húmedos en gran medida. Previo a empezar estos trabajos de impermeabilización, es necesario que sea agotada y desecada la excavación de toda aquella parte del edificio que hay que hacer hermética contra el acceso del agua.

Quando se efectúe la desecación mediante el descenso del nivel de las aguas subterránea utilizando bomba de succión o mediante el agotamiento a cielo abierto, se deberá disponer de una bomba de reemplazo, para evitar riesgos de una interrupción eventual o una irrupción del agua en la excavación, si se produjera una avería en la bomba de servicio, poniendo en peligro los trabajos de aislamiento e impermeabilización. Con la misma finalidad puede servir la colocación de un pozo con un filtro tubular en la zanja. Si se produce una falla en la instalación de agotamiento, el agua que desde abajo ejerce presión sobre la solera, puede por medio de la abertura del pozo, penetrar en la excavación o fosa e inundarla, evitando así el levantamiento y deterioro de la impermeabilización de la solera.

Como el tiempo es incidente en las construcciones; este tipo de cimentaciones es preferible efectuarlas en verano, pues en esta época cuando puede preverse el nivel más bajo para las aguas subterráneas.

El agotamiento de las aguas, como se refirió anteriormente ofrece una alternativa de solución y se lleva a cabo de la siguiente manera: Cuando la región de las aguas subterráneas es atravesada por las zanjas de cimentación, es preciso, o bien hacerlas estancas en todo su perímetro y por debajo a la entrada del agua, o bien tener las precauciones necesarias para que el nivel de las aguas subterráneas descienda por debajo de la base de la cimentación. Cuando este nivel es ligeramente inferior al de la base de cimentación, es suficiente con una impermeabilización lateral combinada con un sistema de agotamiento al descubierto, es decir drenaje de la excavación e instalación de un pozo para bomba.

La instalación de pozos con filtro tubular en forma y número convenientes, en tornos a la excavación logra descender el nivel de las aguas subterráneas de 30 a 50 cm. por debajo de la base de cimentación, lo que permite ejecutar en seco los trabajos de cimentación e impermeabilización. Economizando así, dichos trabajos tanto del recinto, como en la base excavación, y además elude el peligro de esponjamiento e hinchazón del suelo del fondo.

Sólo es posible el descenso del nivel de las aguas subterráneas, cuando se trata de terrenos de estructura granular como arena, gravilla arenosa o gravilla.

También se puede lograr descender de 3 a 4 metros el nivel del agua, mediante pozos con tubo filtrante y bomba aspirante para la extracción.

Para establecer un pozo de esta clase, hay que efectuar los siguientes trabajos: Se realiza una perforación con un tubo que ha de servir de revestimiento o de envolvente; luego se introduce el tubo filtrante, se atornilla en su parte superior una alargadera de tubo de longitud suficiente para que sobresalga el terreno (Ver fig. 3-2); en terrenos arcillosos, se rellenan con gravilla el hueco entre el tubo envolvente y el tubo filtrante; se suspende, en su interior, el tubo aspirante con la válvula de retención y se conecta la bomba aspirante. \*

Para profundidades mayores de 3 a 4 metros, deben instalarse pozos escalonados (Ver fig. 3-3).\* - Cada escalón está compuesto de varios pozos con filtro tubular y bomba aspiradora colocados a la misma altura y colocados alrededor de la excavación, que aspiran el agua subterránea haciéndola descender 3 o 4 metros. Pudiendo escavarse hasta esa profundidad, se establece en seguida un segundo anillo de pozos, que permite descender el nivel del agua otros 3 o 4 metros. Sin embargo,

este sistema resulta antieconómico a partir de 3 o más escalones. Es preferible utilizar excavaciones de gran profundidad, pozos con una bomba sumergida accionada eléctricamente, que impulsa el agua bajo presión (ver fig. 3-4) \*

### POZOS CON FILTRO TUBULAR

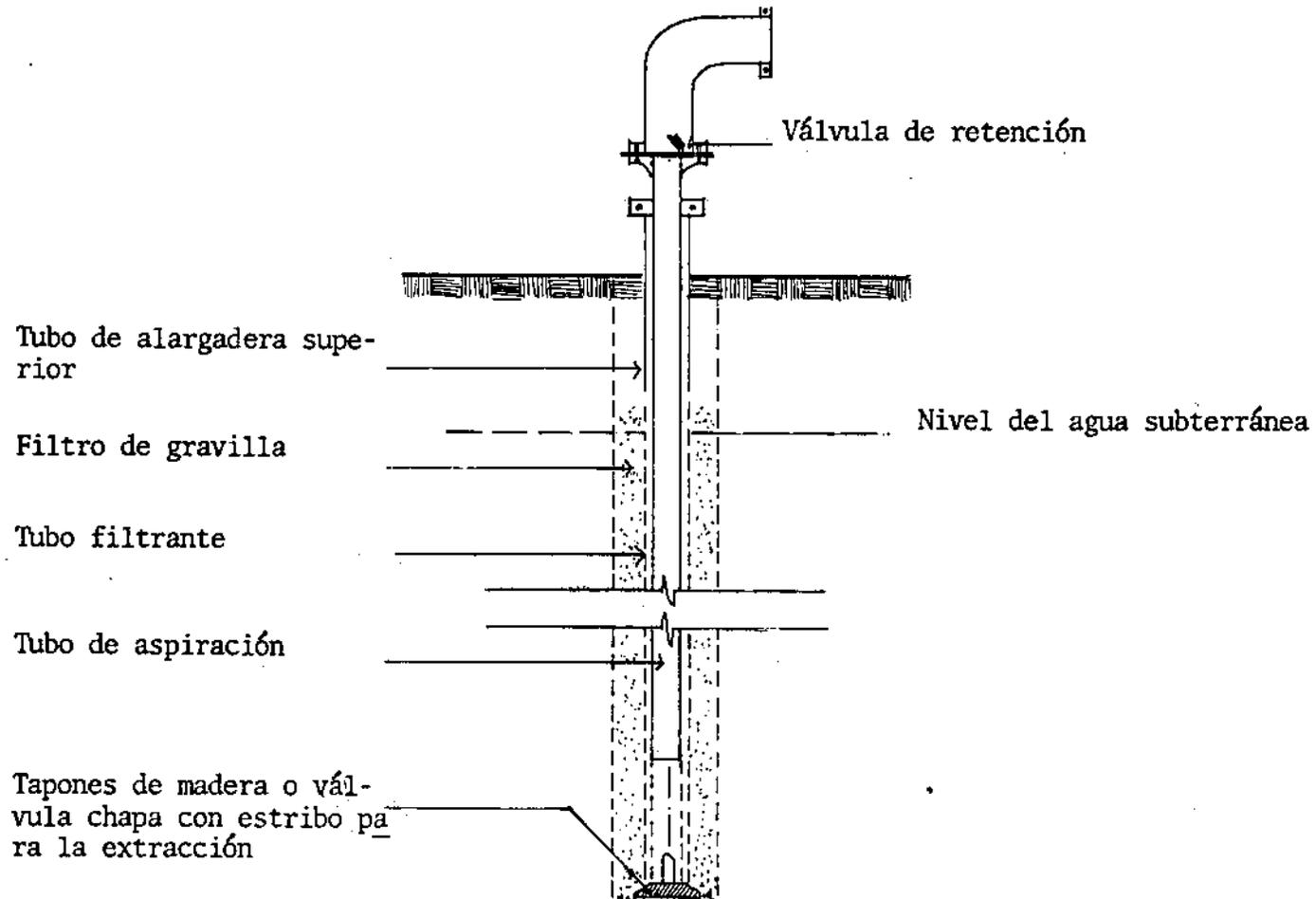


Fig. 3-2

POZOS ESCALONADOS

POZO PROFUNDO

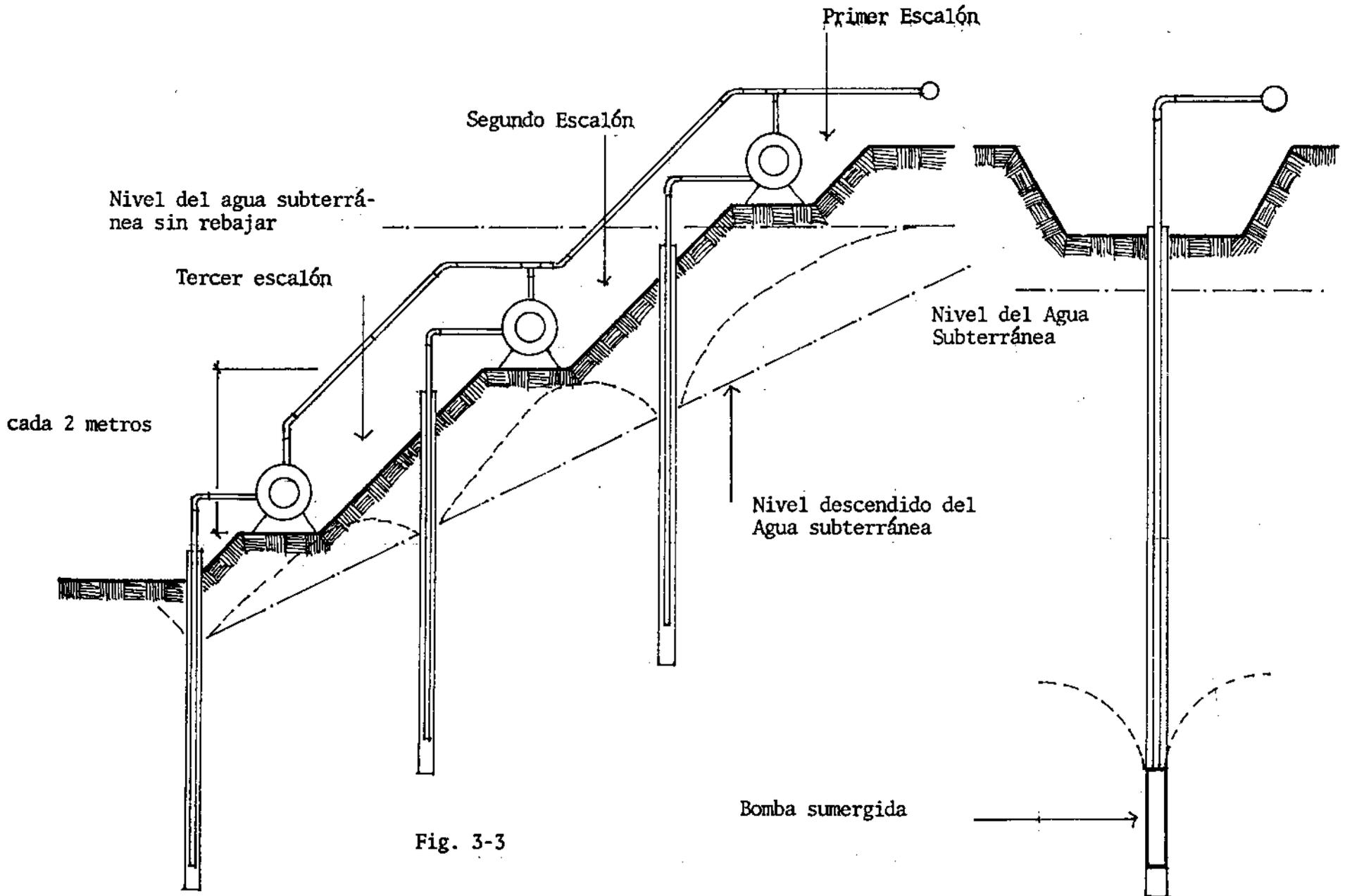


Fig. 3-3

Bomba sumergida

Fig. 3-4

\* Idem pag. 14

También ofrece otra alternativa, el agotamiento al descubierto mediante un pozo con instalación de bomba y el cual se utiliza en los casos siguientes:

- a- Reducidas profundidades de descenso del nivel del agua subterránea
- b- Escasa infiltración de agua, o infiltración moderada
- c- Terrenos consistentes, acuíferos o de granulometría gruesa (en los de arena fina nó, por el peligro de las arenas movedizas).

Simultáneamente al llevar a cabo la excavación, se realizan siempre algo adelantados los pozos de aspiración de las bombas, con el propósito de recoger ellos las aguas que caen en la excavación y agotarlos con las bombas según la cantidad de agua acumulada. La disposición de éstos será de entrantes en el recinto de la excavación. Las dimensiones de éstos, así como el número y profundidad, estarán de acuerdo a la cantidad de agua que se calcule extraer.

Si se quiere obtener una excavación bien seca, es recomendable disponer una capa de drenaje hecho con gravilla, escorias a materiales análogos, de unos 20 cms. de espesor encima de la soleira de fondo de toda la excavación; a través de dicha capa el agua puede escurrir y caer en el interior de la fosa y pasar así al pozo de agotamiento. La acción provocada por efecto de la capa de drenaje puede ser mejorada mediante la inclusión, en ella, de tubos captadores o de drenajes.

A continuación se ilustra en la (figura 3-5) como funciona este sistema. \*

Tubo de Impulsión

POZO DE BOMBA

Caseta de bomba

Tubo de drenaje

Nivel del Agua Subterránea

Tablestacado

Capa de drenaje

Alcachofa del tubo de aspiración

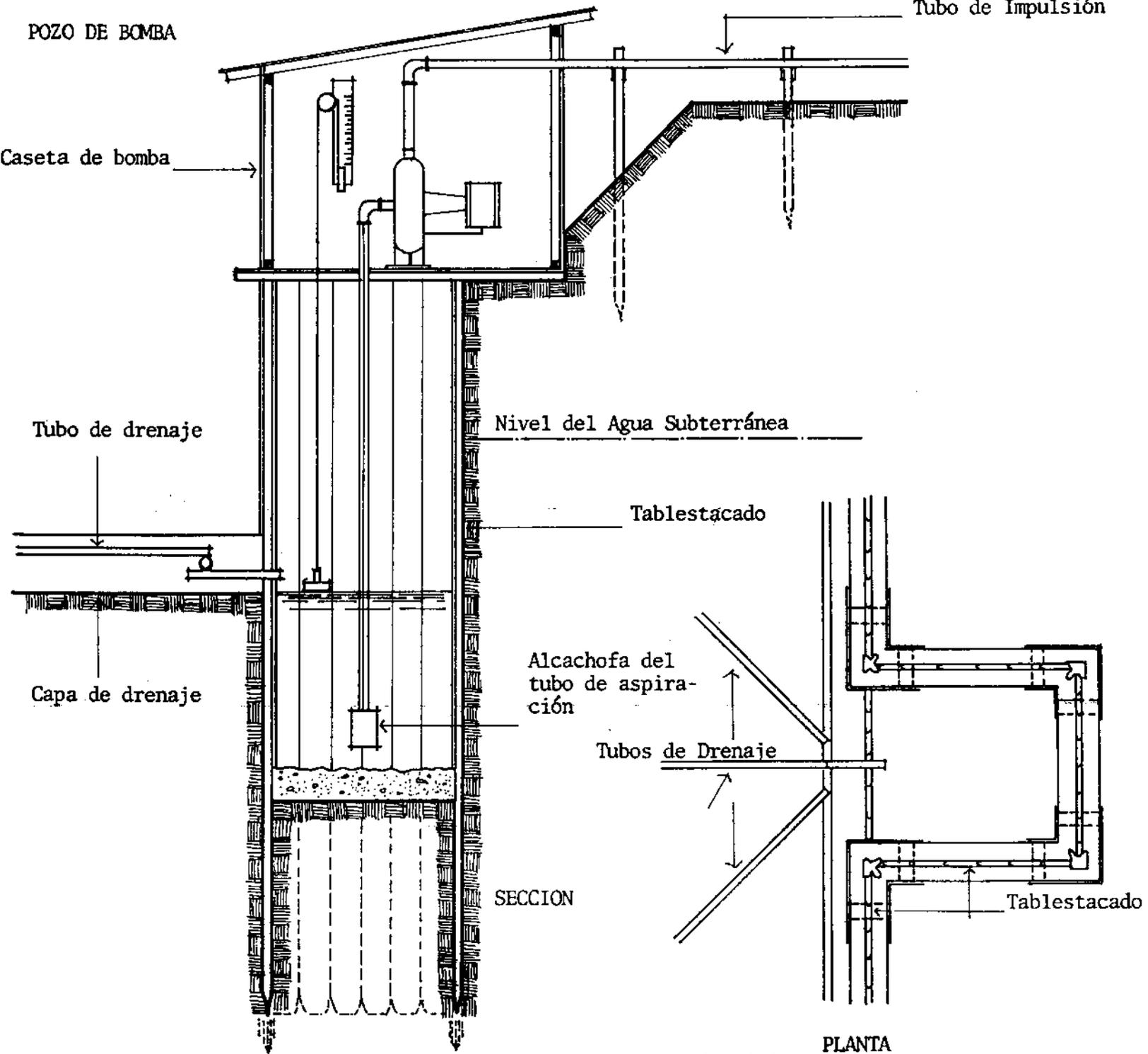
Tubos de Drenaje

SECCION

Tablestacado

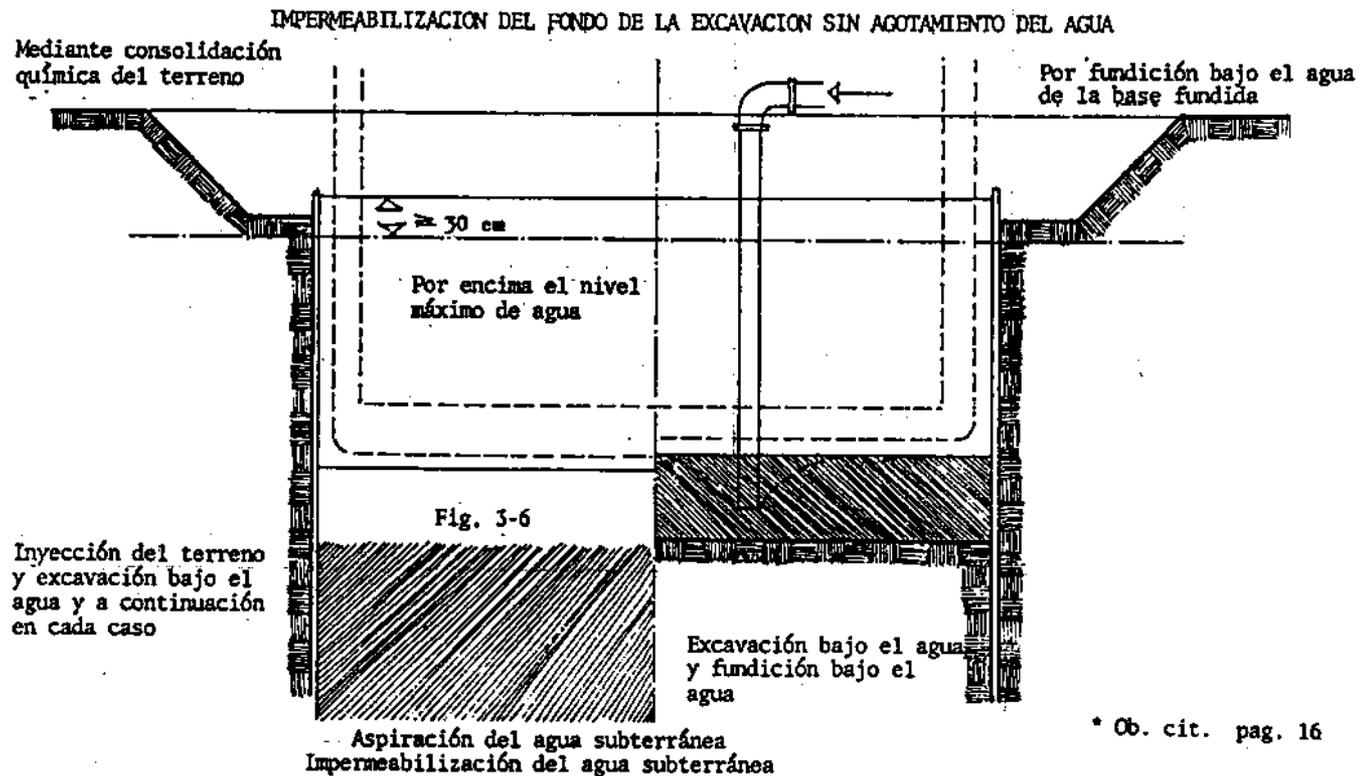
PLANTA

Fig. 3-5



También ofrece óptimos resultados, la impermeabilización de las paredes de las excavaciones, las cuales deben de asegurarse lo suficientemente no sólo contra desmoronamientos, sino también contra la afluencia lateral de agua y la erosión del terreno, mediante una entibación estanca (por ejemplo, un tablestacado, un muro de pilotes de perforación o muro de pantalla).

Asimismo, existen los cercos de excavaciones realizados por el procedimiento de congelación en terrenos no estables y muy acuíferos. En excavaciones de considerable profundidad, estrechos y peligro de socavación de las capas de grano fino, estos cercos han dado buenos resultados. Puede obtenerse un muro o bloque de congelación, autosustentante y hermético al agua subterránea al rededor de la fosa o excavar mediante la correspondiente disposición de perforaciones de congelación, análoga a la utilizada para inyecciones en el terreno (ver fig. 3-6) \*



\* Ob. cit. pag. 16

Habrá que tomar si es más conveniente, las medidas adecuadas para impermeabilizar la solera o bien drenar el terreno según la profundidad y la dimensión que debe tener la excavación, la composición del terreno y la afluencia del agua subterránea.

Otro sistema es el de consolidación del suelo, el cual es aplicable en suelos de arena y gravilla con gran afluencia de agua subterránea; puede resultar económico y ventajoso no sólo para el sostenimiento de la excavación al elevar la resistencia del suelo, sino para impermeabilizar el fondo.

También esta consolidación es compatible con otros tipos de cerco hermético de zanjas. Con este procedimiento, el agua subterránea que se va acumulando en la excavación, se va extrayendo con bombas a medida que progresa la excavación.

El agotamiento del agua implica una serie de costos, los cuales son posibles de ahorrarse, si, -- tras ejecutar el cerco perimetral de la zanja, se procede a excavar y a sumergir en el agua una hoja de fundición impermeabilizante, siempre y cuando, este tipo de cimentación haya sido propuesto.

Conforme va creciendo la profundidad de empotramiento, así también aumenta, a causa del empuje y de la presión del agua, el espesor de la losa de fundición (inversión de la carga) por lo que este procedimiento sólo es aplicable en superficies pequeñas o de una moderada inmersión en el agua. Es decir, cuanto mayor es la altura de agua (la inmersión en el agua subterránea), mayor debe ser la capa de concreto a colocar. Esto es válido para toda clase de cimentación sumergidas expuestas al empuje de agua, independiente de las cargas de la construcción y de la resistencia del terreno.

Al fundir bajo el agua hay que tener presente especialmente lo siguiente:

- Que no penetre en la zanja ninguna corriente de agua, lo cual presupone la ejecución de cerco estanco al rededor de aquella.
- Que el nivel del agua subterránea dentro y fuera del terreno de la excavación tenga igual altura, pues de lo contrario la corriente que produciría deslavar a el concreto y arrastraría el aglomerante.
- Que el concreto no tenga que caer o descender libremente en el agua, sino protegido por embudos, tolvas, cucharas o tubos que lo dejen depositado en el nivel debido.
- Que la masa de concreto, gracias a una adecuada composición granulométrica de los áridos y a la adición de una dosis suficiente de aglomerante y de materias que favorezcan la compacidad resulte lo más compacto e impermeable posible.

- Que el agua, en la excavación no sea extraída con las bombas hasta tanto que el concreto ha ya fraguado y su endurecimiento es suficiente.\*

### 3.1 CUBAS O FOSAS ESTANCAS

Una de las medidas utilizadas para la protección contra el acceso del agua subterránea y del agua a presión, la constituyen las fosas estancas, que deben de estar previstas desde la -- planificación de la obra. Los trabajos de obturación e impermeabilización deben ser realiza dos por casas especializadas, si se quiere garantizar una perfecta y duradera obturación con tra las infiltraciones de agua; pues si posteriormente hay que reparar averías, sucede que o son imposibles o resultan muy onerosas.

Debido a que el cierre y obturación únicamente puede soportar los esfuerzos perpendiculares a su plano, es condición previa indispensable, para contrarrestar los esfuerzos distintos, pro venientes de grietas de dilatación, asentamientos o sacudidas, dimensionar correctamente y - acondicionar los elementos estructurales contíguos a la capa impermeable cuya eficacia se de sea duradera, en especial si los bloques de cimentación han tenido que hundirse en busca de terreno más firme y quedan por debajo de las capas inferiores de obturación.

Las medidas de impermeabilización deberán alcanzar hasta 30 cm. por encima del máximo nivel de las aguas subterráneas, entendiéndose que dicho nivel será el máximo observado anualmente. Si el terreno es consistente, debido a la presión que ejercen las aguas estancadas, habrá que llegar hasta por lo menos 30 cm. por encima del nivel definitivo del terreno.

Siempre deberá aplicarse la capa impermeable sobre la cara exterior de la obra que cierra - los sótanos, para que resulte constantemente comprimido por el agua subterránea contra las - paredes involucradas. Esta medida si ha de realizarse sobre una obra ya existente, resulta muy costosa. En tal caso, se recurre a la aplicación de la hoja impermeable por la parte - interior de la obra. Esta "obturación interior" sólo puede emplearse como recurso y nunca debe aplicarse a nuevas construcciones.

La hoja impermeabilizante, cuando es el caso de obturación o impermeabilización exterior, es tá colocada en la parte exterior de las paredes de la cámara a proteger.

Quando se realiza una construcción subterránea protegida contra infiltraciones y en la cual la lámina o película impermeable se aplica y fija en la cara interna de una pared de pro tección construída previamente, deberá ejecutarse siguiendo los pasos que a continuación se enumeran:

1. Fundición de una losa o en su caso solera de concreto árido, con espesor de 15 a 20 cm. enlazada con los cimientos y como base de apoyo de la obturación impermeable.
2. Levantado de una pared de media asta o cítara como protección y apoyo de la lámina obturadora, y que sobresalga del nivel máximo de las aguas subterráneas hasta 30 cm. como máximo.
3. Aplicación de alisado de la superficie de apoyo del impermeabilizante (en las paredes de protección y solera) por medio de un revoque de mortero de cemento o un enlucido de cemento sólo. Los ángulos y esquinas deben redondearse.
4. Fijación y adherencia de la hoja impermeable de obturación.
5. Colocación de una capa aislante (cartón asfáltico simple, papel parafinado, etc.) para que evite que se pegue a la capa protectora que llevará encima.
6. Colocación de la capa protectora de unos 5 cm. de espesor sobre la lámina de obturación.
7. Fundición de la solera de los sótanos (concreto en masa apisonado o con concreto armado).
8. Levantado de concreto o ladrillo de las paredes del recinto de los sótanos.

Ventajas:

En el caso de excavaciones estrechas y sin espacio de trabajo fuera del perímetro de la obra, la lámina o película obturadora puede ejecutarse formando un conjunto cerrado y continuo.

Inconvenientes:

Una vez terminada la cuba o fosa ya no es posible la reparación o mejora de los defectos que puedan sobrevenir en la obturación de las paredes, puesto que la lámina impermeable queda pegada a la pared protectora y al desprenderlo de ella se rasga y es tropea.

A continuación se ilustra la aplicación de los pasos referidos en la fig. 3-7\*

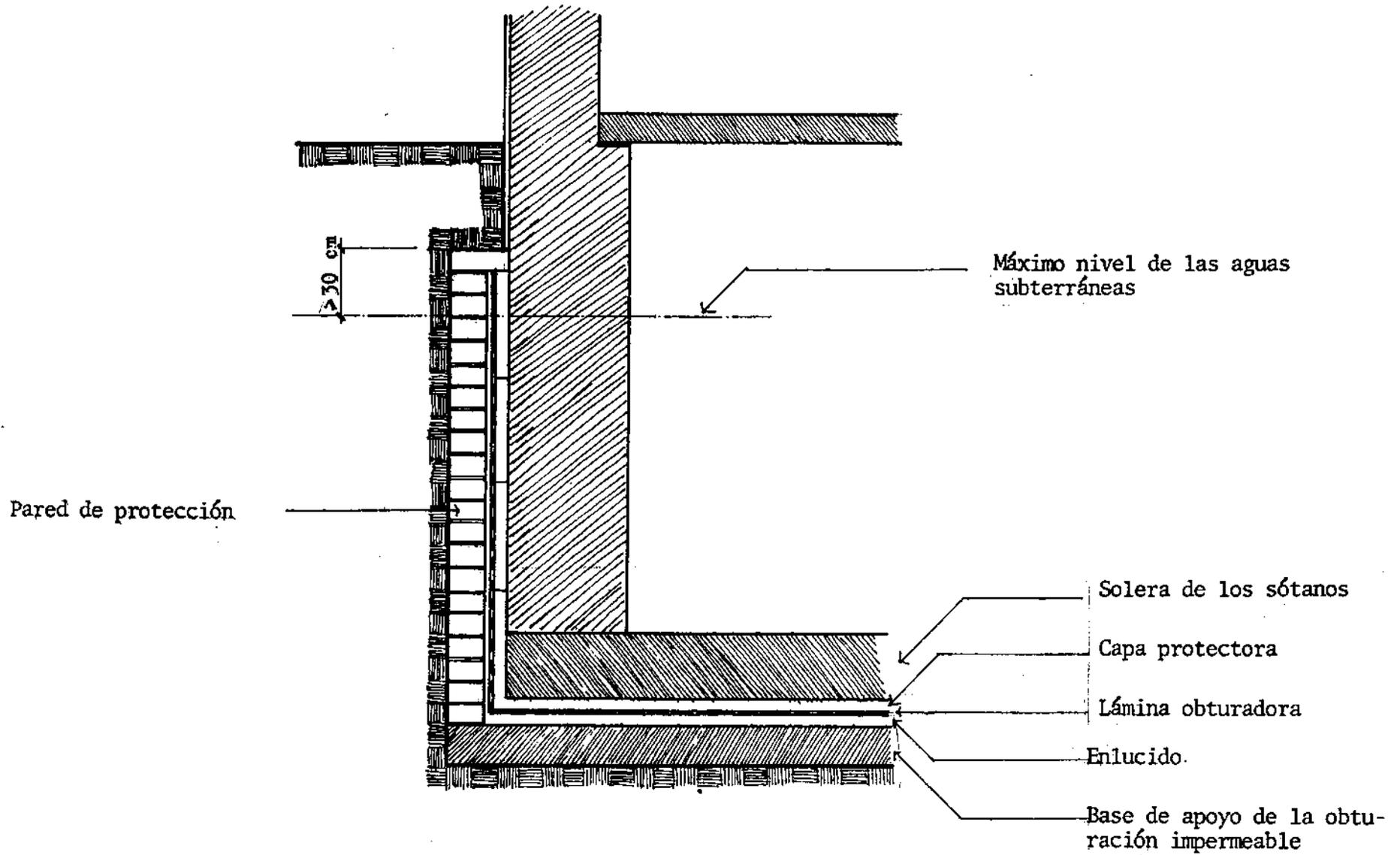


Fig. 3-7

Cuando la lámina o película impermeabilizante es aplicada desde el exterior a la pared del recinto de la cámara de sótanos o cuba protegida contra las aguas subterráneas, se observan los siguientes pasos:

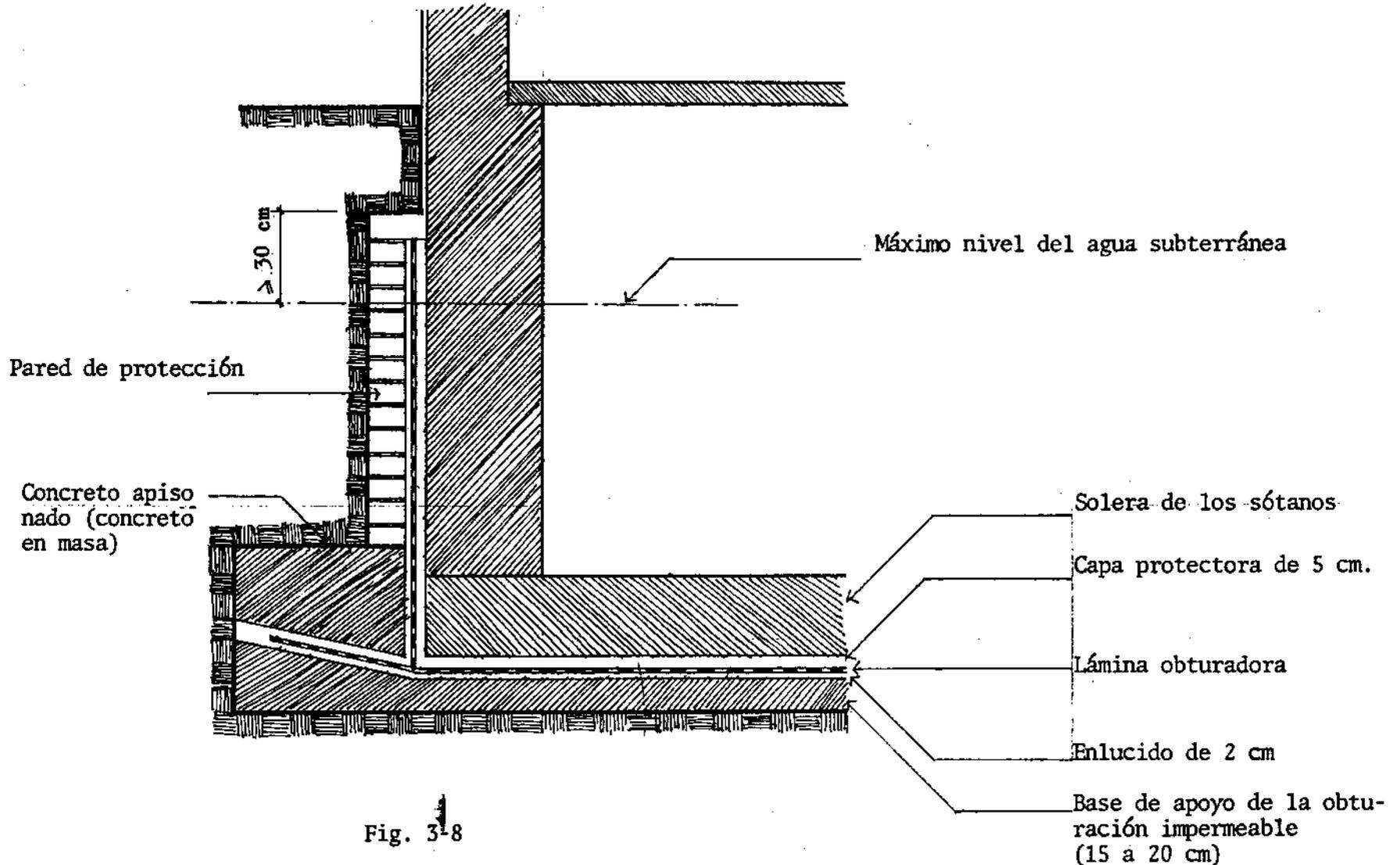
1. Fundición de una losa o solera de concreto árido de 15 a 20 cm. de espesor, enlazada con los cimientos y como base de apoyo de la obturación impermeable.
2. Alisado de la referida base de apoyo.
3. Fijación y pegado de la lámina obturadora impermeable, cuando menos hasta 30 cm. más allá de la cara externa de la pared del extremo y con pendiente hacia arriba.
4. Colocación de una capa aislante (cartón asfáltico, liso, papel parafinado, etc.) para impedir la adherencia con la capa de protección.
5. Aplicación de una capa de protección sobre la lámina obturadora, con un espesor de 5 cm..
6. Fundición de la solera de sótanos (con concreto armado o sin armar).
7. Levantado con concreto o ladrillo de las paredes de recinto de los sótanos o de la cuba.
8. Alisado de las paredes del recinto de la cuba.
9. Fijación y pegado de la lámina obturadora impermeable poniendo el máximo cuidado en la ejecución de la unión con la obturación impermeable de la solera.
10. Fundición de la capa protectora sobre la junta de unión de las láminas obturadoras de la pared y de la solera.
11. Levantado de una pared de media asta, para protección, a la distancia de 4 a 6 cm.; - relleno del vacío con mortero de cemento espeso (consistencia de tierra húmeda) bien apisonado, y terraplenado simultáneo de la parte posterior de la pared protectora.

Ventajas:

Es posible realizar los trabajos de reparación o mejora en la lámina obturadora, porque como está adherida a las paredes del recinto de sótanos, se puede derribar o separar de la pared protectora sin sufrir daño o deterioro, la lámina impermeabilizante.

La presión del agua fomenta una mayor adhesión entre la cobertura impermeabilizante y las paredes del sótano a las que va pegada.

Inconvenientes: La junta entre las obturaciones de paredes y soleras, es sumamente peligrosa. Se hace necesario una mayor excavación preparatoria de la obra, por que la junta mencionada sobresale del perímetro del edificio. Este sistema se ilustra en la figura 3-8. \*



\* Idem pag. 39

Si la obturación es realizada por el interior de las paredes, la lámina obturadora se aplica sobre la cara interna de las paredes de los sótanos. Este tipo de obturación interior, es utilizado como recurso únicamente para la impermeabilización de obras ya existentes y presenta el siguiente inconveniente: el agua subterránea ejerce presión a través de la solera y de las paredes de los sótanos, sobre la lámina obturadora tendiendo a desprenderla de la superficie a que está adherida. En consecuencia, la lámina impermeable siempre está sometida a esfuerzos o tensiones hacia el interior de la cámara, esfuerzos que deben neutralizarse por medio de la llamada cubeta interior. Esta cubeta o artesa consiste en una solera de suficiente peso que oprime la lámina impermeable venciendo la supresión del agua, y en algunas paredes de ladrillo, concreto armado o sin armar que mantienen tensa la lámina obturadora lateralmente. En la figura que se muestra a continuación, fig. 3-9, se ilustra este sistema. \*

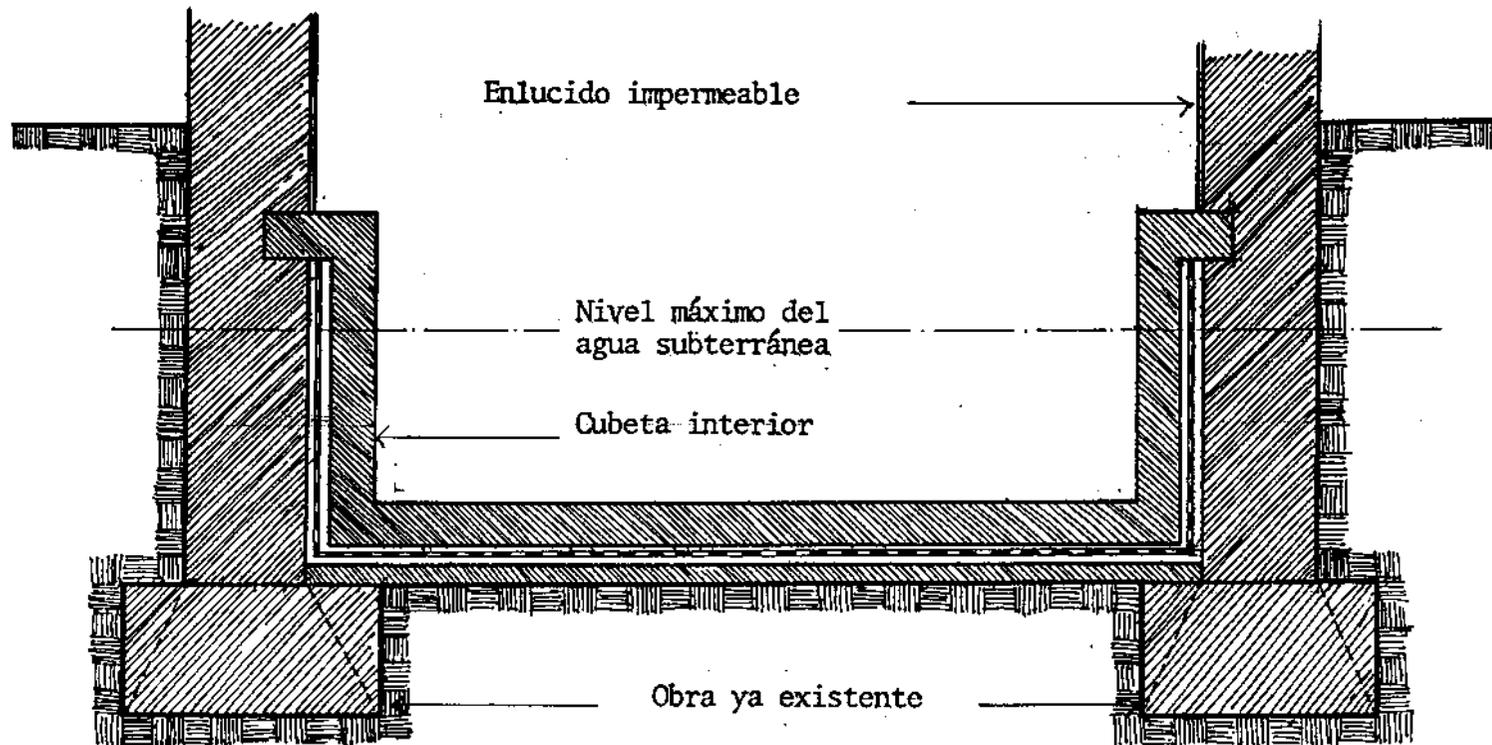


Fig. 3-9

### 3.2 BASE DE APOYO Y PROTECCION DE LA LAMINA OBTURADORA

Para la consecución de una impermeabilidad segura y duradera frente a las aguas subterráneas son indispensables a parte del cuidado propio de los trabajos de impermeabilización y antes de proseguir con los trabajos de levantado de paredes, una base de apoyo de la lámina obturadora de material adecuado y una protección cuidadosa de dicha lámina, la cual es muy sensible.

Como son difíciles de ejecutar estas cámaras protegidas contra las aguas subterráneas, se prevé desde la planificación, simplificar el trazo de la planta de la cámara evitando los ángulos y acodaduras en la base de apoyo o base de la obturación impermeable.

Se debe de tener cuidado de que la losa de apoyo o base de cimentación de la solera impermeable sea completamente plana, seca y libre de toda presión de agua antes de la aplicación de la lámina obturadora. Las paredes de protección, deben ser alisadas con una capa de mortero que tenga por lo menos 1 cm. de espesor. La solera será recubierta con un enlucido, teniendo el cuidado de matar o redondear todos los rincones y aristas. El radio de esos redondeos debe ser de 6 a 10 cm.

Los desniveles en la base de apoyo de la obturación impermeable deben ganarse cuando sea posible, por medio de pendientes de 30°. (ver figura 3-10).\*

Los desniveles mayores de 1 metro obligan a intercalar, en las pendientes de enlace, contrapendientes del 1:100. La pendiente de enlace puede llegar en tales casos a 45°. (ver figura 3-11). \*

Hay que asegurar la compresión de la obturación impermeable mediante anclajes de plato, si por razones constructivas, no es posible dar ningun talud o pendiente. Hay que contar con el asiento del relleno posterior. Es necesario armar la base de apoyo de la obturación impermeable, con el objeto de evitar una separación o desprendimiento de la capa impermeabilizante de la solera de los sótanos o losa superior. (ver figura 3-12). \*

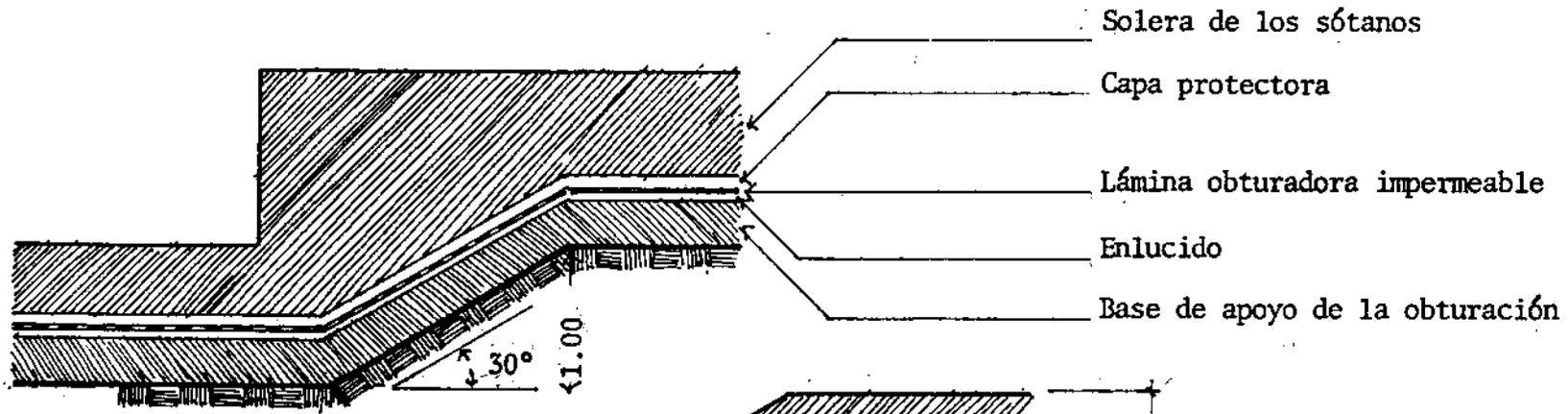


fig. 3-10

Contrapendiente 1:100

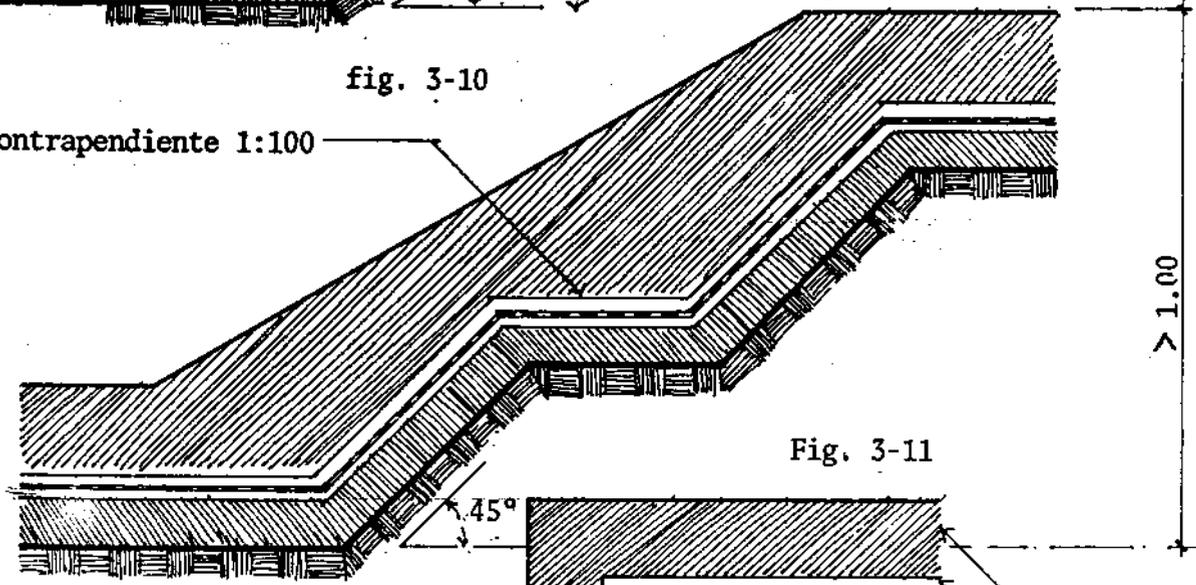


Fig. 3-11

Anclaje de plato

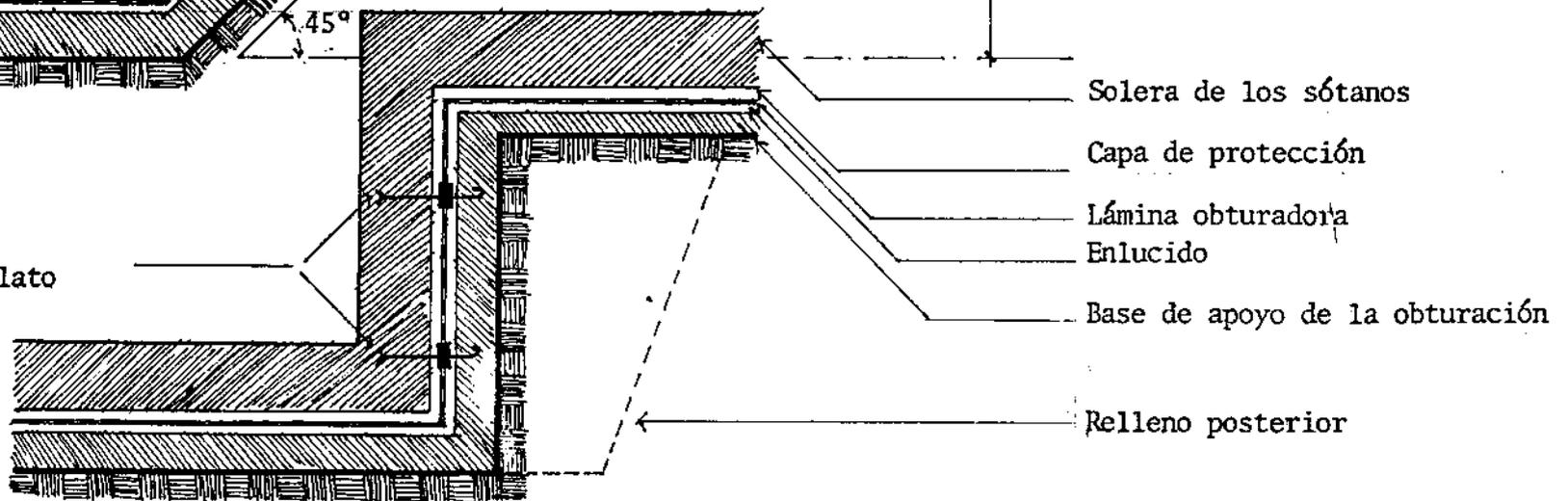
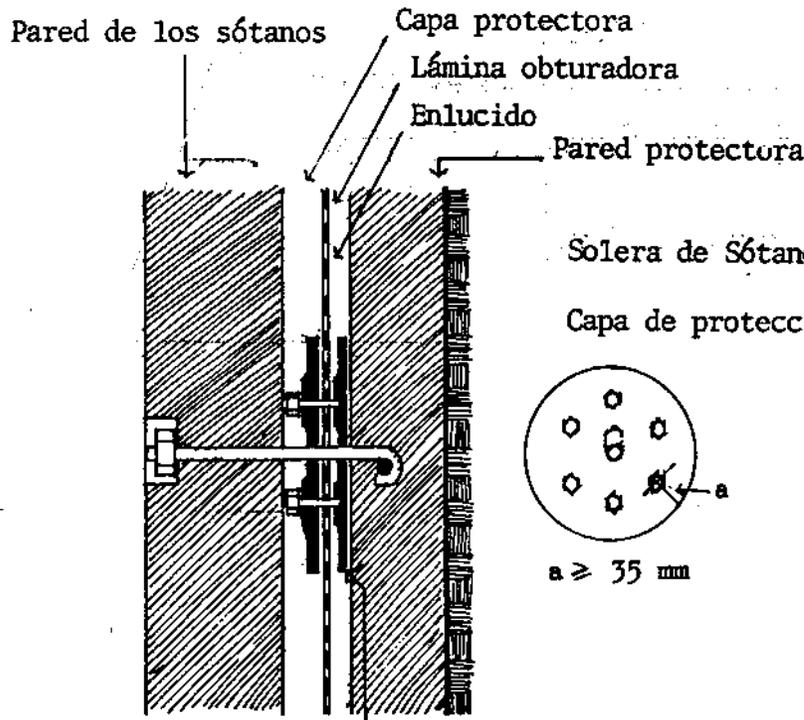


Fig. 3-12

Cuando se trata de grandes cargas aisladas, conviene disponer rebajas en la losa de base (artesas o cubetas). (ver fig. 3-13). \*

La pared lateral de protección debe ser delgada y elástica, para poder repartir con uniformidad la presión de las tierras y del agua sobre la lámina obturadora y para lograr la indispensable compresión (como por ejemplo los impermeabilizantes bituminosos) entre la pared protectora (envolvente) y las paredes de recinto o perímetro de la cámara de sótanos. Es por eso que, después de acabar la construcción de la cámara impermeabilizada, debe efectuarse inmediatamente el relleno posterior de la envolvente y procediéndose con el mayor cuidado posible. En todos aquellos sitios en que no puede ejercerse una fuerte compresión de la lámina obturadora contra las paredes de recinto de los sótanos, se tendrá que anclar la envolvente con la pared mediante anclaje de plato, por ejemplo en el caso de altas paredes protectoras aisladas, o en puntos que por razones constructivas no es posible realizar un relleno posterior suficiente. A continuación se ilustra alguno de estos procedimientos. (ver fig. 3-14). \*



Soldar el perno de anclaje estanco con el plato (lado de presión del agua); también pueden emplearse pernos con cabeza.

Fig. 3-13

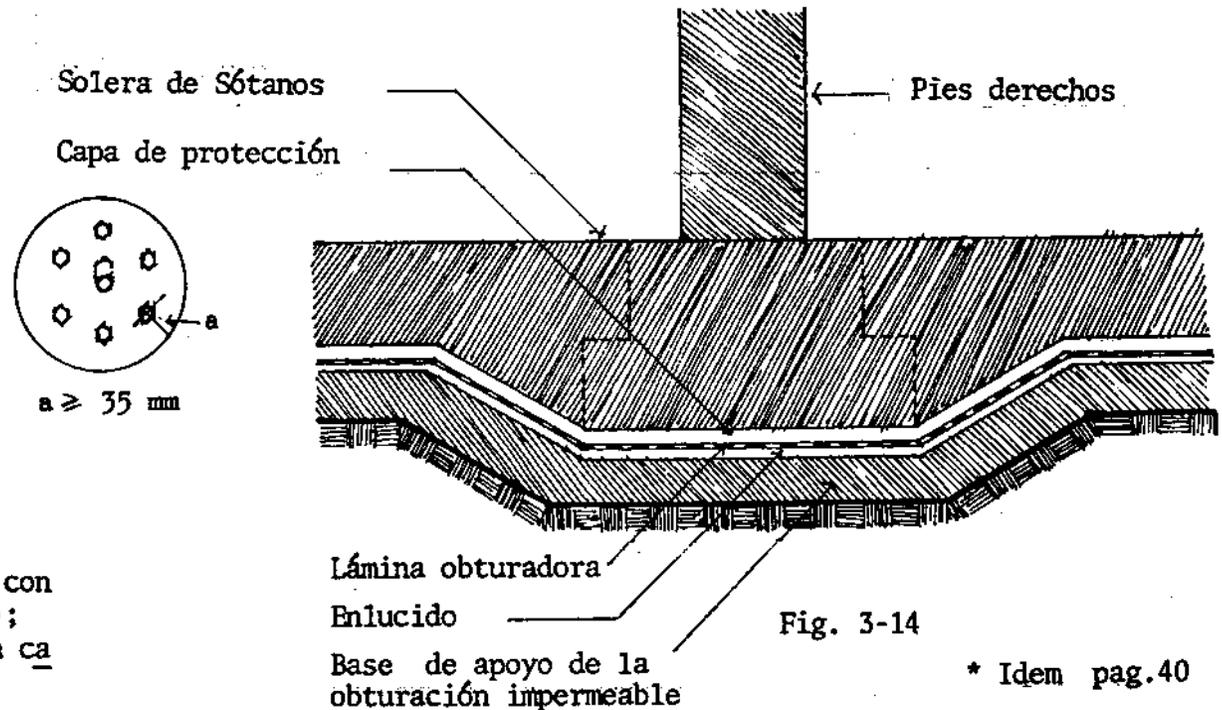


Fig. 3-14

\* Idem pag.40

Los recintos de tablestacas una vez construída la cámara impermeable, deben quitarse porque también alejarían e impedirían la necesaria presión de las tierras y del agua sobre la envolvente.

Las paredes de protección de ladrillo externas, deben reforzarse con un tabique de media asta antepuesta para que la presión del agua se reparta lo más uniformemente posible sobre la lámina impermeabilizante.

Las capas verticales de obturación deben separarse de las horizontales (interpuestas en el muro contra la humedad ascendente) mediante placas de cartón; asimismo las láminas verticales de obturación deben separarse cada 5 o 10 m. y en los ángulos de obturación, dejando juntas verticales cubiertas con cartón bituminoso.

En algunos casos estas juntas deberán hacerse coincidir con las juntas de dilatación dejadas en la obra, las que nunca deberán coincidir con las esquinas o ángulos verticales de la obturación impermeable.

Es necesario aplicar una capa protectora, con el objeto de proteger la película obturadora después de las manipulaciones de su fijación, contra posibles defectos ocasionados en ella al fundir la solera de la cámara y sus paredes. Entre la lámina obturadora y la capa de protección debe siempre colocarse cartón asfáltico liso, papel parafinado u otro aislante análogo para impedir que el mortero pueda adherirse o pegarse a la lámina obturadora. Esta capa protectora debe tener unos 5 cms. de espesor, para que el mortero no pueda adherirse o pegarse a la lámina obturadora. Esta capa protectora debe tener unos 5 cm. de espesor cuando menos, y puede estar formada por un enlucido muy delgado de mortero (de prop. 1:5) y otra capa encima de concreto fino, las cuales se aplicarán sobre la solera de la cámara.

También puede ponerse una hilada de ladrillos de barro cocido o de baldosas de concreto, en vez de la capa de concreto fino, en la que también puede incluirse una tela metálica. La capa protectora de las paredes de la cámara puede consistir en una cítara o pared de media asta o en un tabicón de losas de concreto. Si la altura es grande, hay que prevenir la caída de las placas colocando adecuadamente una armadura de varillas de acero.

La resistencia de la solera de la cámara estará de acuerdo con la presión del agua del subsuelo, que depende de la altura que alcance en el terreno circundante el nivel de las aguas subterráneas.

Puede hacerse la solera con concreto apisonado (concreto en masa), para alturas de agua que no excedan de 50 cm. por encima del borde superior del pavimento de la cámara. La capa de concre

to apisonado puede contrarrestar, sólo con su peso propio, la subpresión del agua a condición de tener un espesor aproximado de  $0.5h$ , siendo "h" la diferencia de altura entre la solera de los sótanos y el nivel máximo que puede llegar a alcanzar el agua subterránea.

Es más económico, para alturas mayores, configurar la solera de la cámara como losa de concreto armado con armaduras en cruz, como losa hueca o como emparrillado de vigas (inversión del techo de vigas), siempre y cuando no se desee conferir la suficiente rigidez a la placa de fondo poniendo los tabiques superpuestos a estrecha distancia uno de otro. Debe de estar asegurada la protección resistente y suficientemente sustentante de la lámina obturadora antes de iniciar todo trabajo de armado.

### 3.3 IMPERMEABILIZANTES RESISTENTES A LA PRESION DEL AGUA

Ejecución de impermeabilizantes a base de cartones bituminosos, lienzos impermeables y cintas metálicas.

Como en el punto anterior, se procederá primero a la construcción de la base de apoyo, en seguida se pegará directamente a ésta, la lámina obturadora, compuesta de varias capas de cartón liso o bandas cubiertas de arena fina. Como refuerzo, pueden interponerse hojas de cobre blandas de espesor mínimo 0.1, siempre y cuando las láminas obturadoras no sean de otro metal.

Frente a las obturaciones a base de una capa única de material plástico, las láminas bituminosas ofrecen la ventaja de una mayor seguridad frente a errores en la ejecución, aunque las láminas bituminosas por sí misma sean más flojas ante los esfuerzos mecánicos.

La capa obturadora estará compuesta de un número de láminas, que dependerán de la profundidad de inmersión de la obra, medida en metros, por debajo del nivel de las aguas subterráneas, así como de la presión a soportar por dicha capa en  $\text{kg/cm}^2$ . Debe tomarse el mayor número de láminas que corresponde a cada caso.

Medidas en profundidades de la obra por debajo del nivel máximo de las aguas subterráneas: \*

- |    |  |           |
|----|--|-----------|
| a) | Por encima del nivel máximo de las aguas subterráneas.                                 | 3 láminas |
| b) | Por debajo de dicho nivel pero bajo la superficie del terreno, de la siguiente manera: | 3 láminas |

En terreno compacto

Hasta 3 metros

de 3 a 6 metros	4 láminas
de 6 a 12 metros	5 láminas
Más de 12 metros	6 láminas

Medidas en presión sobre la capa múltiple:\*

Hasta 0.5 kg/cm <sup>2</sup>	3 láminas
de 0.5 kg/cm <sup>2</sup>	4 láminas
de 1.0 hasta 2 kg/cm <sup>2</sup>	5 láminas
de 2.0 hasta 5 kg/cm <sup>2</sup>	6 láminas

En las láminas obturadoras compuestas de varias capas, las juntas longitudinales tienen que hacerse desplazando las capas en la mitad de su anchura. Las juntas transversales deben también alternarse para que no coincidan. todas las juntas se efectuarán con un solapado o recubrimiento de las láminas de 10 cm. Las láminas deberán apretarse en los codos o ángulos, para garantizar un solape sin huecos. (ver figura 3-15, 3-16 y 3-17). \*

UNION DE LAS OBTURACIONES DE SOLERA Y PARED  
CON JUNTA REVERTIDA

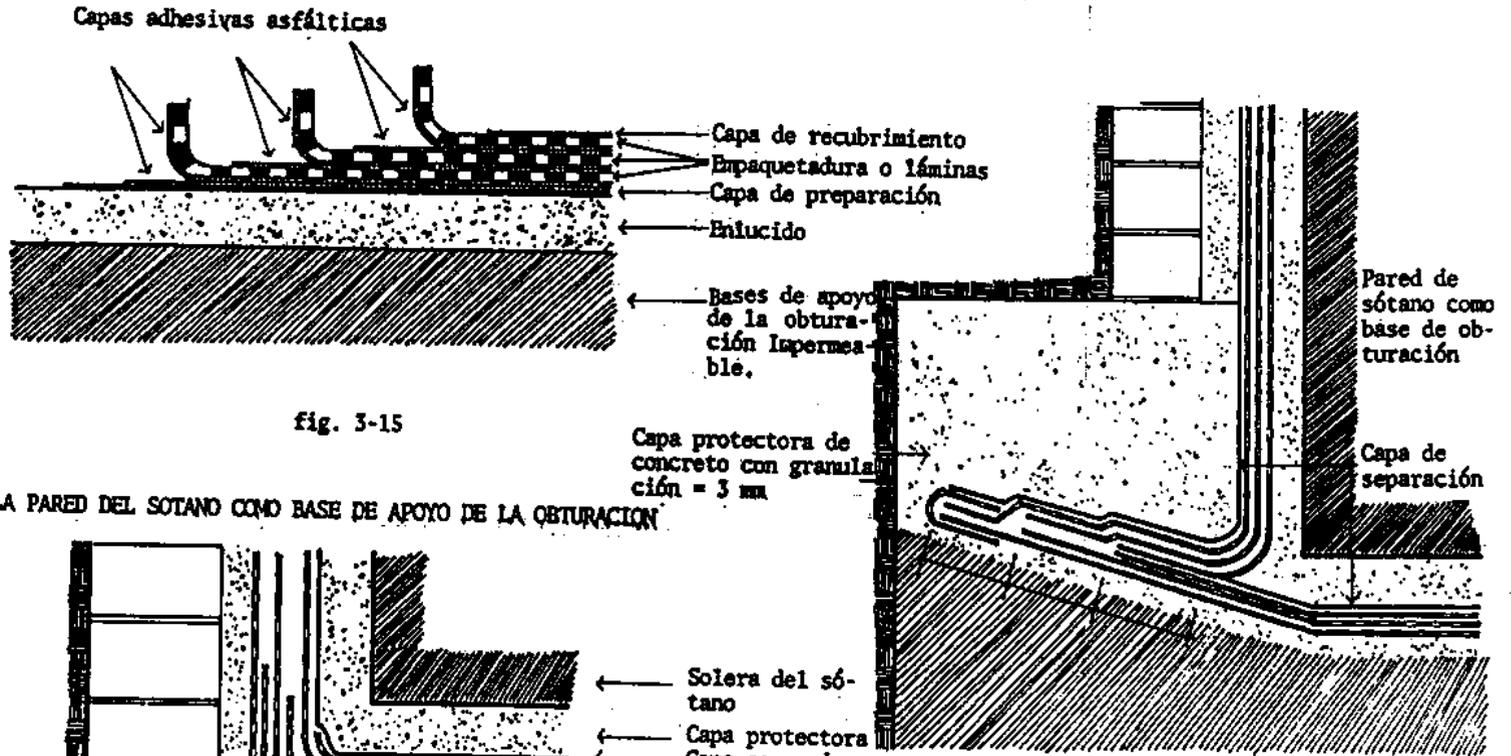


fig. 3-15

LA PARED DEL SOTANO COMO BASE DE APOYO DE LA OBTURACION

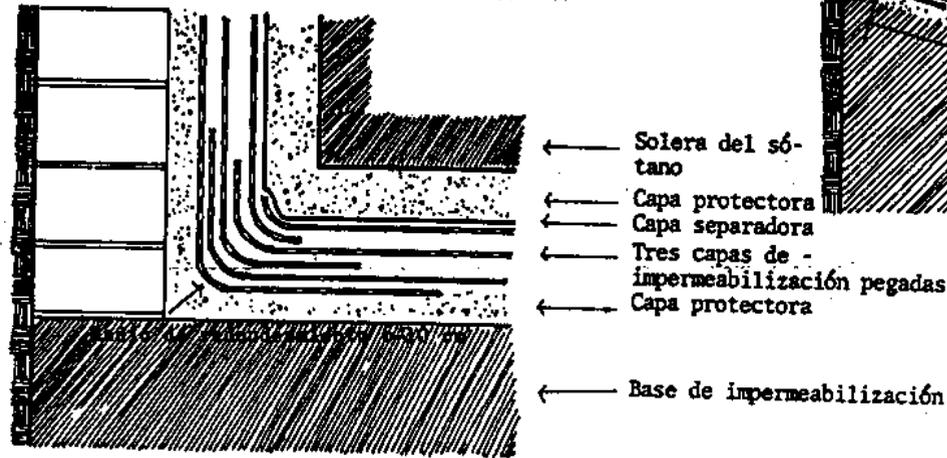


fig. 3-16

fig. 3-17

Las juntas de dilatación hasta de 10 mm de anchura, pueden omitirse con el empleo de tres capas de cartón; con cuatro o más capas pueden, sin peligro, hacerse juntos de 15 mm o más, (ver figura 3-18). \*

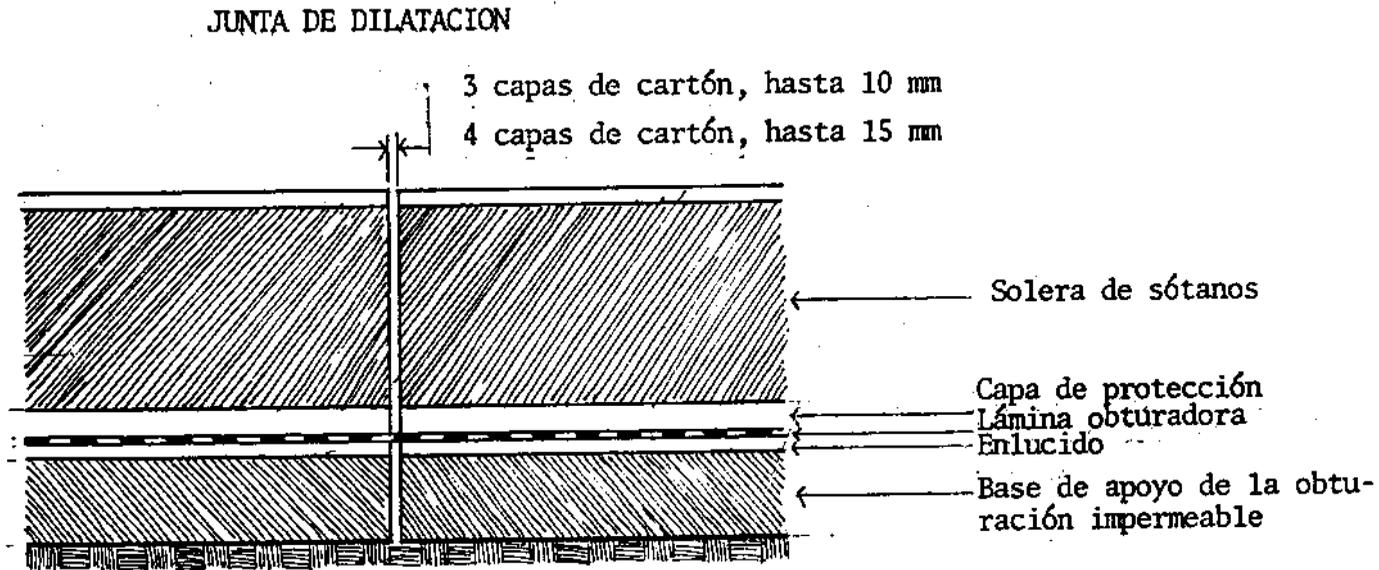


fig. 3-18

Si se presentan anchos mayores, se tendrá que reforzar la capa obturadora por medio de chapas metálicas, las que deben de tener como espesor mínimo, 0.2 cm y 30 cm de ancho, quedando 15 cm a cada lado de la junta. (ver figura 3-19).

Deberán efectuarse con mucho cuidado, todas las soluciones de continuidad en la obturación, tales como tapas de pozos y canalizaciones para tubos.

Quando se trata de canalización para tubos, deben de ser evitadas las juntas con abrazaderas de obturación, empleándose en su lugar las llamadas juntas de platinas, las que deben ser lo suficientemente amplias, para que se pegue a ellos el material de obturación. (ver figura 3-20).\*

La distancia entre el borde de la platina y el centro del tornillo no deberá ser inferior a 85 mm.

Para impedir que las láminas de obturación, se corten con la presión ejercida sobre las platinas, se colocará entre las láminas un manguito de plomo, cuyo diámetro deberá ser cuando menos 10 cm mayor que el de las platinas.

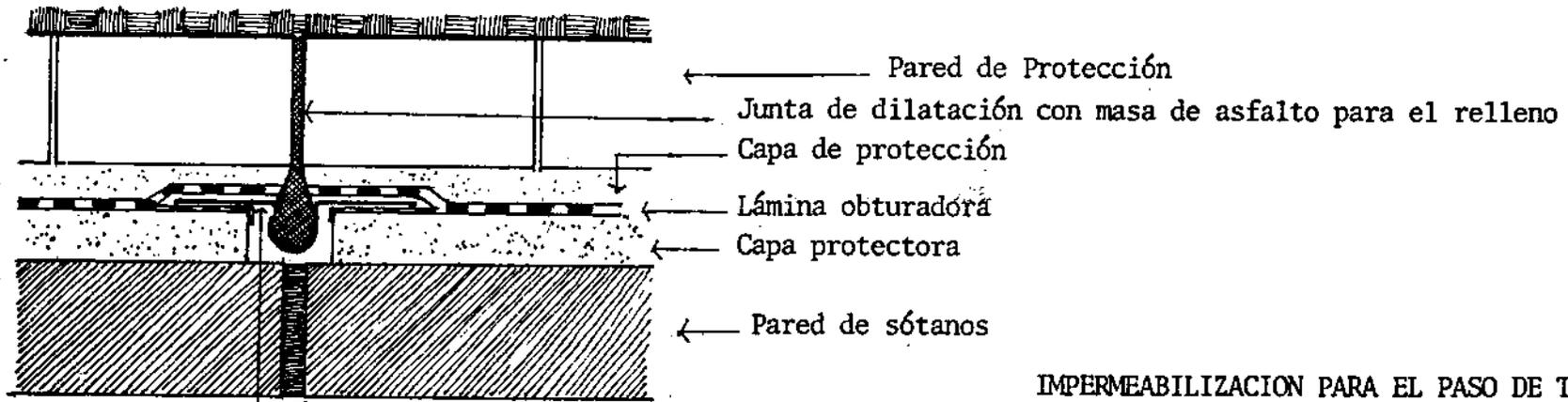


Fig. 3-19

Capa intermedia flexible

Bordón de chapa de cobre o plomo pintada con asfalto por sus dos caras

IMPERMEABILIZACION PARA EL PASO DE TUBERIA

Lámina obturadora impermeable  
Capa protectora

Tubo de acero con platino  
Manguito de plomo  
Aro seccionado de contra platina

Pared de protección de media asta

Pared de los sótanos

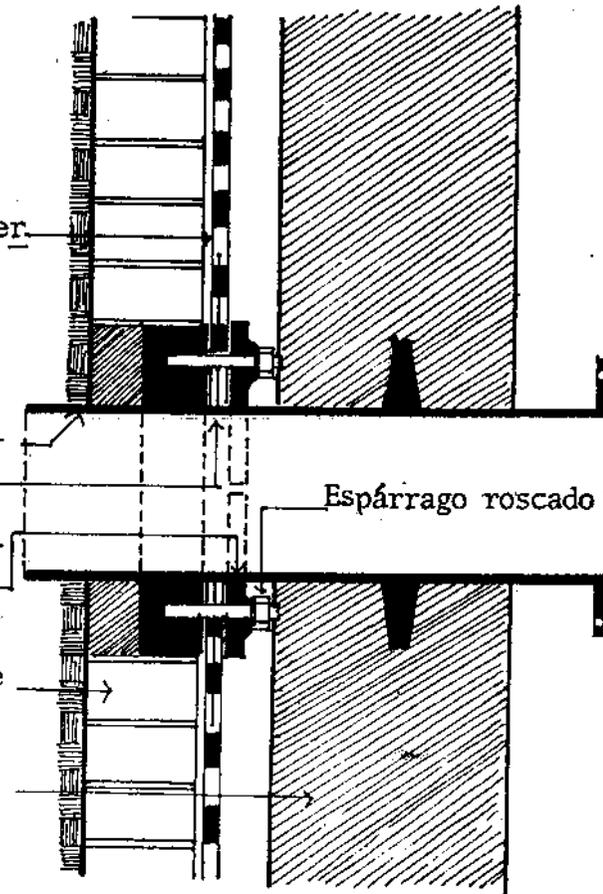


fig. 3-20

La capa impermeabilizante debe estar aprisionada constantemente entre elementos sólidos (compresión) que la sometan a una presión suficiente. En profundidades por debajo de los 2 metros, se garantiza su efectividad, con una presión mínima de 0.1 kg/cm<sup>2</sup>, sin contar el empuje del agua. La carga no debe exceder de 5 kg/cm<sup>2</sup> y debe estar uniformemente repartida o ser progresivamente repartida o ser progresivamente decreciente.

Una cobertura o lámina de obturación puede exponerse a una temperatura máxima de 15° C por debajo del punto de fusión de la cola adhesiva, pero puede darse como máximo 40° C. En algunos casos se precisará alguna medida protectora o refrigerante. No se deberán efectuar los trabajos, si la temperatura es menor de 4° C y existe fuerte condensación atmosférica, salvo si se cuenta con medidas preventivas de protección.

Contrariamente a la aplicación de impermeabilizantes bituminosos, que necesitan de varias capas de soporte a las diversas aplicaciones de pintura impermeabilizante, existen los impermeabilizantes a base de lienzos termoplásticos homogéneos, las que constan de una sola capa, soldable entre sí, constituyen ya por sí mismas el elemento de impermeabilización. No se necesita que queden encajados, ni pegados a la superficie sobre la que se aplican, ni necesitan de cobertura alguna de barniz o pintura. Únicamente es preciso pegarlos por toda su superficie cuando van aplicados verticalmente y basta resguardarlos con una capa protectora de cobertura contra los daños mecánicos y el contacto con mortero y concreto pastoso.

La estanquidad de los materiales dispuestos en una sola capa depende del cuidado en ejecución de las zonas de empalme o de junta, las que sólo deben realizarse mediante soldadura con disolvente. Deberán traslaparse las hojas de plástico, por lo menos de 5 o 6 cm. en los puntos de empalme y en las juntas. Si eventualmente las hojas se pegan a la superficie sobre la que se aplican, las zonas de empalme entre hojas deben quedar absolutamente exentas de substancia adhesiva. Los puntos de soldadura tienen que protegerse de todo calentamiento, por ejemplo de la radiación solar.

Es preciso planchar los bordes de las tiras inferiores, en las zonas de cruces entre juntas y empalmes, cuando el espesor de las hojas sea superior a 1 mm. De igual manera hay que soldar caperuzas de refuerzo de igual material y espesor, en los vértices negativos y positivos.

Entre otras posibilidades, también las juntas requieren a veces un refuerzo adicional mediante una capa metálica intermedia. (ver figura 3-21). \*

Quando las conducciones (de agua, electricidad), desagües, riostras etc. atraviezan la lámina obturadora, se emplea, como en las tiras asfálticas, el sistema de impermeabilización por junta de platinas, quedando disponibles por lo menos 35 cm. entre juntas, vértices, gargantas y cantos y el borde de la perforación. Para que no se dañe o se estruje entre las platinas, el lienzo impermeable, de una sola capa; deben fijarse por ambos lados anillos elásticos de manguito, como se ilustró en la figura 3-20.

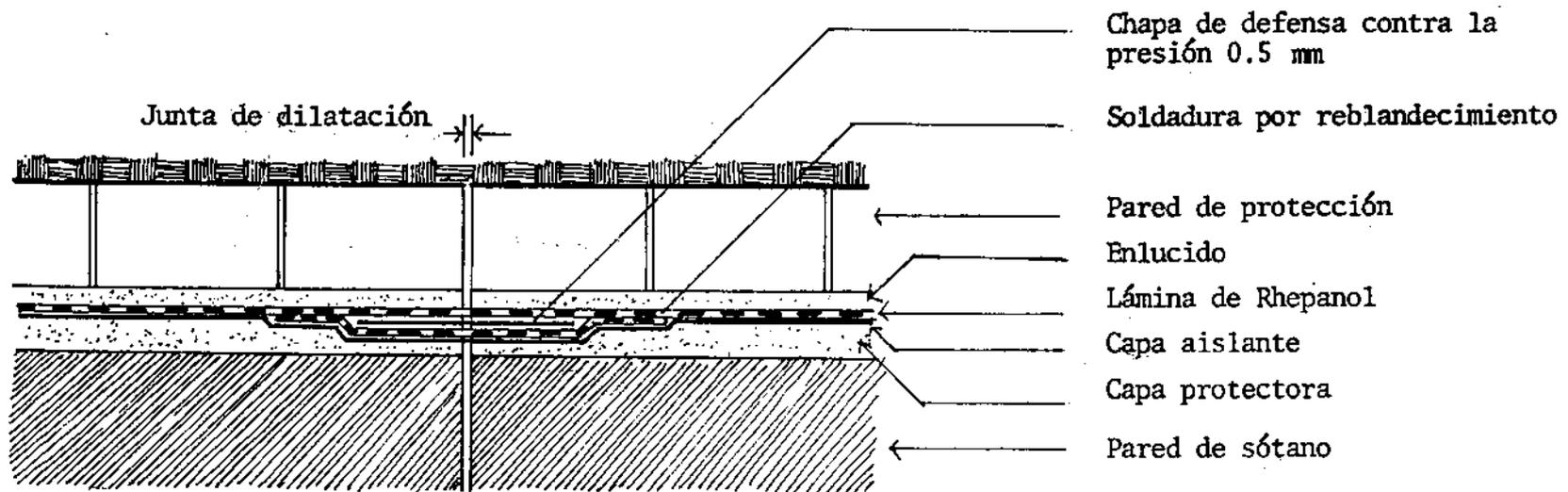


fig. 3-21

Puede verificar posteriormente la estanquidad de los puntos unidos por soldadura introduciendo aire comprimido en un canal dejado para este efecto o bien disponiendo de un conductor de tierra y detectando mediante un comprobador eléctrico de alta tensión, según los casos. Estos métodos, sólo se utilizan cuando se preparan lienzos de grandes superficies en el taller.

Es condición indispensable colocar o pegar tiras protectoras de separación antes de disponer los lienzos impermeables, para evitar que las hojas se destruyan en el caso de formarse grietas a causa del contacto directo de las hojas con el mortero y el concreto en estado pastoso. (material obturador Rhepanol colocado entre la platina y la hoja impermeable por ambos lados).

#### 3.4

#### IMPERMEABILIZACION A BASE DE PASTAS EXTENDIDAS CON ESPATULA

Debido a que la colocación a mano de los lienzos o tiras impermeabilizantes implica riesgo y requiere de mucho trabajo, se empleó desde hace tiempo, la impermeabilización con pastas de relleno a base de masticque asfáltico apta para ser aplicadas con espátula. Estas pastas debenser de elasticidad suficientemente permanente y de un grueso suficiente para cubrir sin daño las grietas en el fondo a que se adhieren.

En la actualidad, el desarrollo de este método a base de materiales plásticos aplicables por proyección, ofrece nuevas posibilidades para efectuar impermeabilizaciones eficientes y seguros.

A continuación se describirá en forma breve la forma de realizar la impermeabilización de masticque asfáltico, por sus cualidades de plasticidad, es muy adecuado para su aplicación sobre las bases que presenten muchos entrantes y salientes y en consecuencia muchos rincones y esquinas. La obturación impermeable con masticque es muy indicada para aquellas obras que sufren asentamientos, porque la obturación se presta a seguir los movimientos lentos de la obra sin perder su impermeabilidad. Hay que hacer distinción entre las obturaciones con masticque que hayan de sostener presión de agua y aquellas que únicamente tienen que impedir el paso de ésta sin presión, la obturación impermeable capaz de soportar agua a presión, deberá estar conformada por cuatro hojas de cartón fieltro del tipo 500, para un espesor de 20 mm. Esta obturación se lleva a cabo siguiendo la "Técnica de la Cubeta".

El contenido de la capa obturadora, es un mastique de 22% de asfalto, natural, el cual se extiende sobre un lecho de 10 a 20 cm. de concreto árido, cubierto con papel aceitado y recibe como protección contra posibles daños de carácter mecánico una capa de mastique asfáltico de inferior calidad. Sobre la capa protectora se funde la solera de los sótanos y se asienta el recinto formado por las paredes de los mismos. La humedad da origen a poros y burbujas, que existe en los poros del concreto, la que al aplicar la masa asfáltica caliente, se evapora. El vapor hace difícil que la masa caliente se adhiera, por lo que no debe de aplicarse ésta a las paredes de los sótanos hasta que la superficie del concreto o las juntas de la obra se hayan secado suficientemente. La impermeabilización de las paredes de recinto se efectúa por el procedimiento de colada. Como molde se construye un tabicón de media asta de ladrillo en seco. (ver fig. 3-22).\*

IMPERMEABILIZACION CON MASTIC, PAREDES DE SOTANOS DE CONCRETO

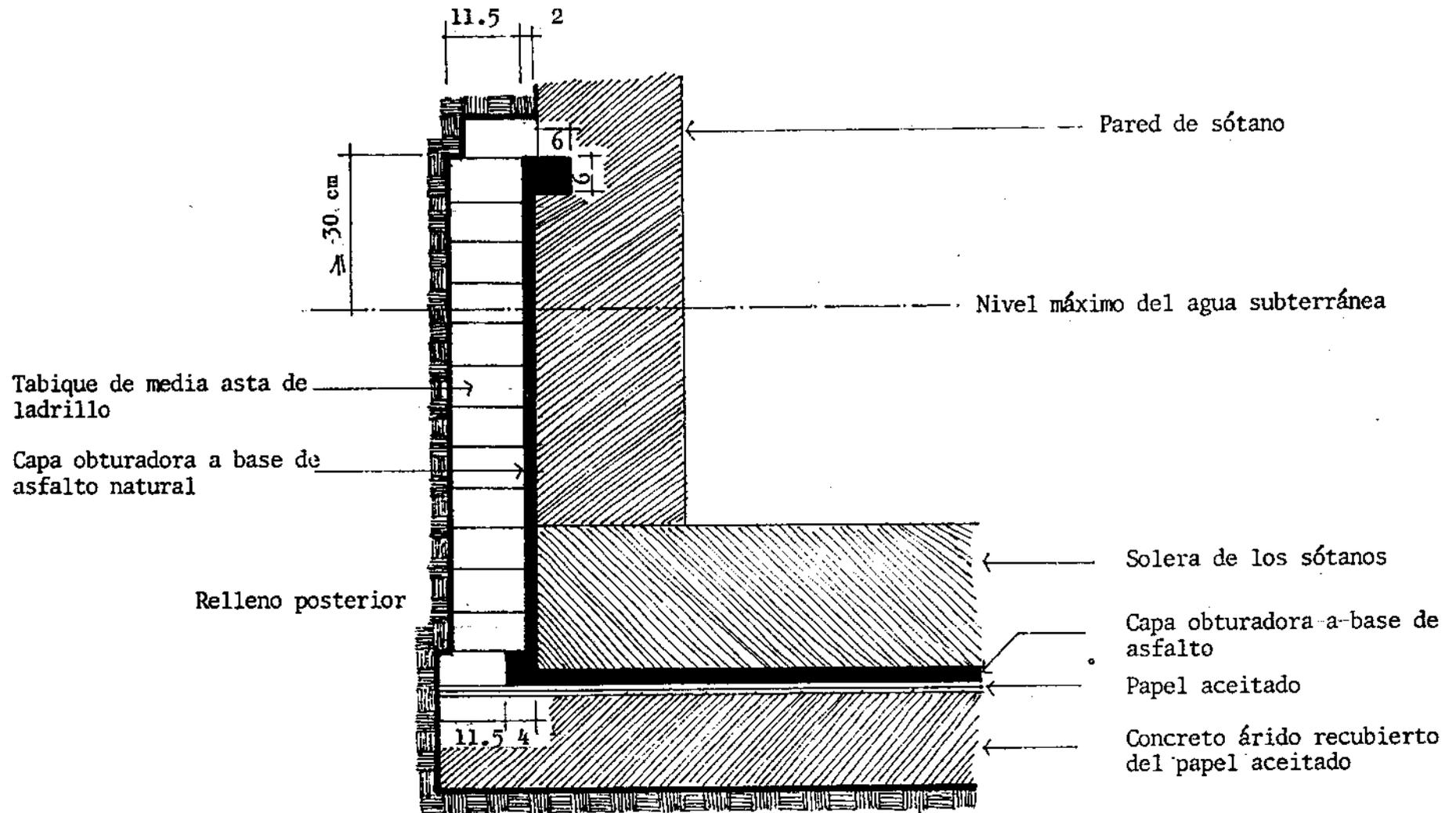


fig. 3-22

C A P I T U L O No. 4

4. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN TERRENOS ACUIFEROS

4.1 DRENAJE DEL SUELO

4.2 ZAMPEADO GENERAL

#### 4. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN TERRENOS ACUIFEROS

En las construcciones cuyo cimiento se ha establecido sobre un terreno arcilloso, el cual, por ser impermeable, retiene el agua; es necesario ejecutar para evitar la penetración del agua en los sótanos, trabajos de drenaje de suelo.

Los diferentes métodos para la ejecución de dichos trabajos, dependen de la importancia de la capa de agua y del nivel a que pueden llegar. Así también el agua puede presentarse de manera permanente o intermitente.

##### 4.1 DRENAJE DEL SUELO

Quando el agua subterránea se presenta de manera intermitente, pero no llega a adquirir un volumen importante, puede desalojarse simplemente por medio de drenaje, sobre el que se dispone una capa de grava de 30 a 40 cm. Este sistema evita por una parte, los riesgos que puede acarrear la modificación de la naturaleza del suelo, a causa de las avenidas de agua, y por otra parte, una humedad constante en los cimientos con el riesgo de una subida de agua por capilaridad, hasta los muros.

El sistema de drenaje debe disponerse en la proximidad como es natural, de los cimientos, pudiendo estar constituido por desagües o tubos de tierra cocida, o por, canales de concreto perforado, instalados sin juntas, pero en íntimo contacto unos con otros. El diámetro de este desagüe está en función de las cantidades de agua que debe servir y su pendiente no debe ser inferior al 1 %.

En seguida de colocar los desagües, se cubren con una camisa o funda de drenaje, constituida por una capa de grava de 30 a 40 mm, de diámetro y otra de gravilla filtrante de una altura de 40 a 50 cm., complementándose luego el terraplenado con tierra. A fin de aumentar la eficacia del drenaje es indispensable revestir la cara del muro que está en contacto con la tierra, con un buen enlucido hidrófugo, si se considera necesario (mortero más producto hidrófugo: sika, barra, plastorete, etc.), o pulir perfectamente la superficie y pintarla con productos bituminosos. Para evitar filtraciones siempre posibles, entre la zapata y el muro, se tratará el enlucido dándole una forma de chaflán redondeado sobre el encuentro con los cimientos, (ver fig. 4-1)\* En lo referente a la ejecución del talud, la pendiente variará según la consistencia del terreno. Para profundidades mayores de 1.25 metros en:

\*La Construcción de Edificios, Albañilería y Armado. Gerasa Eynd; Cimentación.  
Pag. 68-

Terreno no cohesivo o de cohesión blanda	45°
Terreno cohesivo rígido o semiduro	60°
Roca ligera	80°
Roca pesada	90°

### DRENAJE DEL SUELO

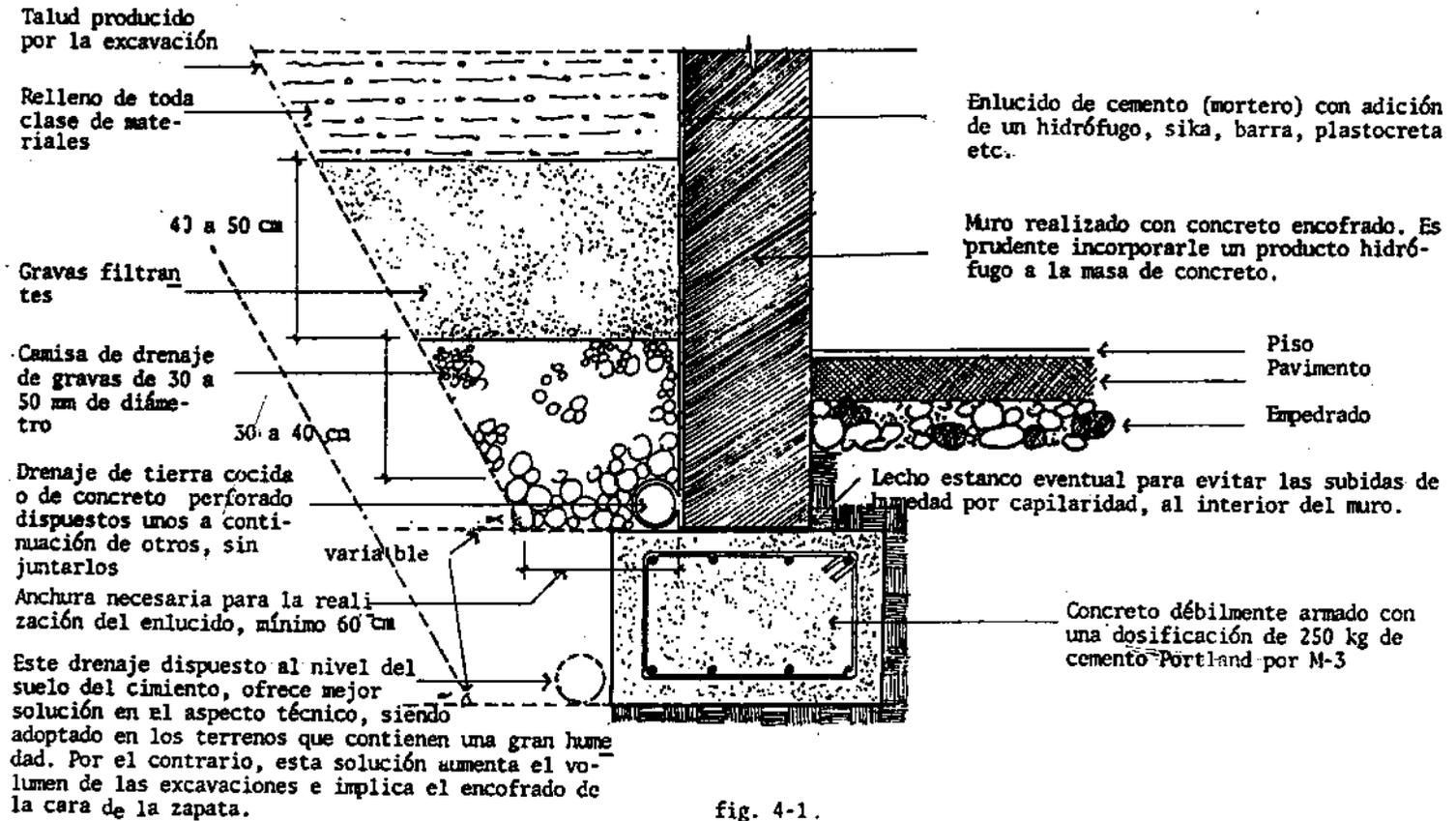


fig. 4-1.

### DRENAJE DEL SUELO EN LA PROXIMIDAD DE LOS CIMIENTOS

El drenaje debe ser lo más profundo posible.

Las aguas recogidas por drenaje son enseguida evacuadas por el desagüe a un pozo perdido. El diámetro de los desagües utilizados varía entre 10 y 15 cm. Es indispensable prever muros y enlucidos estancos, y hasta, si es preciso, aplicar una pintura protectora especial, con objeto de evitar toda penetración de humedad en los muros.

Si se dificultará la evacuación de las aguas del drenaje del desagüe (cuando éste está también inundado, o cuando su nivel es superior al del drenaje) o a un pozo perdido (cuando la capa de agua subterránea es muy extensa), el drenaje es perjudicial y es preciso rechazar esta medida. En este caso, deberá construirse una especie de cajón estanco - muros y zampeado - sobre el cual se edificará la construcción.

Esta solución se utiliza por ejemplo, cuando los cimientos están situados bajo una capa de agua subterránea o freática. Estos trabajos, cuyo estudio requieren de un especialista, exigen una ejecución minuciosa, pues una vez concluido los trabajos, las reparaciones son difíciles y onerosas.

### DRENAJE DE UN TERRENO ACCIDENTALMENTE INUNDADO DE AGUA

La eliminación de las aguas puede realizarse por medio de un drenaje eficaz alrededor de la construcción y debajo del zampeado.

Un drenaje dispuesto debajo de toda la superficie de la construcción constituye una excelente protección cuando las avenidas de agua son intermitentes y de escasa cantidad, y cuando la evacuación del afluente es posible. Los drenajes y las canalizaciones resultan también sometidas a las subpresiones, debiendo estar suficientemente cargados para evitar que los levante la subida de las aguas. (ver fig. 4-2). \*

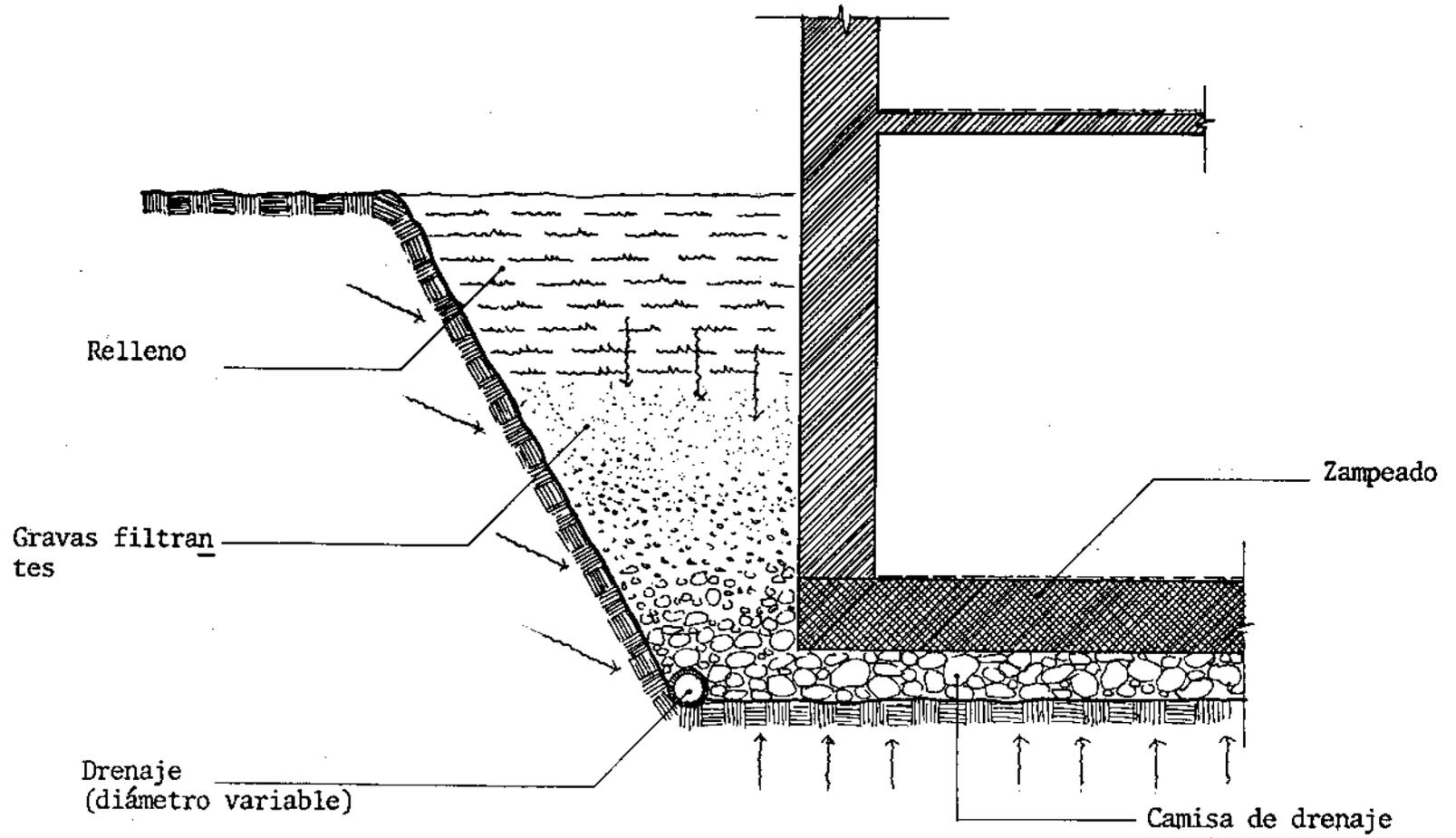


fig. 4-2

#### 4.2 ZAMPEADO GENERAL

Se establece un sistema de zampeado general, si las placas de apoyo de las columnas aisladas tienden a tocarse como consecuencia de la débil resistencia del suelo de cimentación.

Este sistema se presenta en forma de una plataforma de cimentación que a través de una superficie igual o superior a la de la obra, trasmite, las cargas de la construcción al suelo. Funciona como una especie de suelo invertido, que recibe la carga unitaria del terreno y descansa sobre los puntos de apoyo de la construcción.

En conclusión, no es otra cosa que una especie de enorme zapata, de concreto armado, y es utilizada para construcciones cuya presión, transmitida al suelo, necesitaría zapatas casi continuas. Este sistema es utilizable únicamente en terreno homogéneo, de idéntica resistencia, en toda sus superficies. A continuación se ilustra al respecto (ver fig. 4-3 y 4-3a.). \*

# Z A M P E A D O

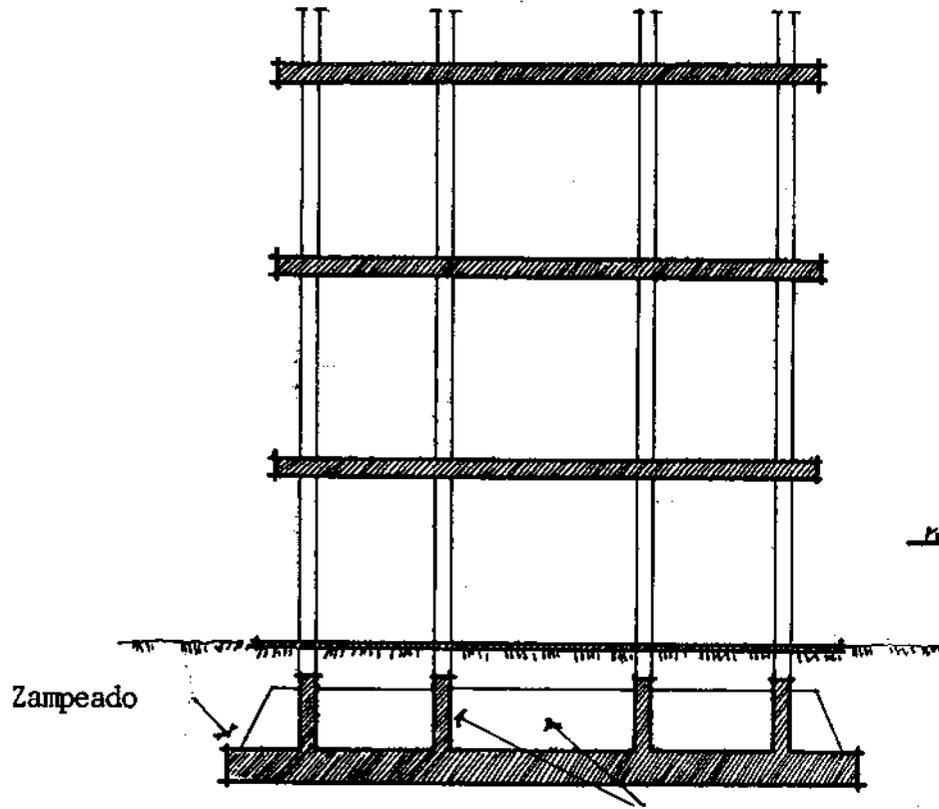
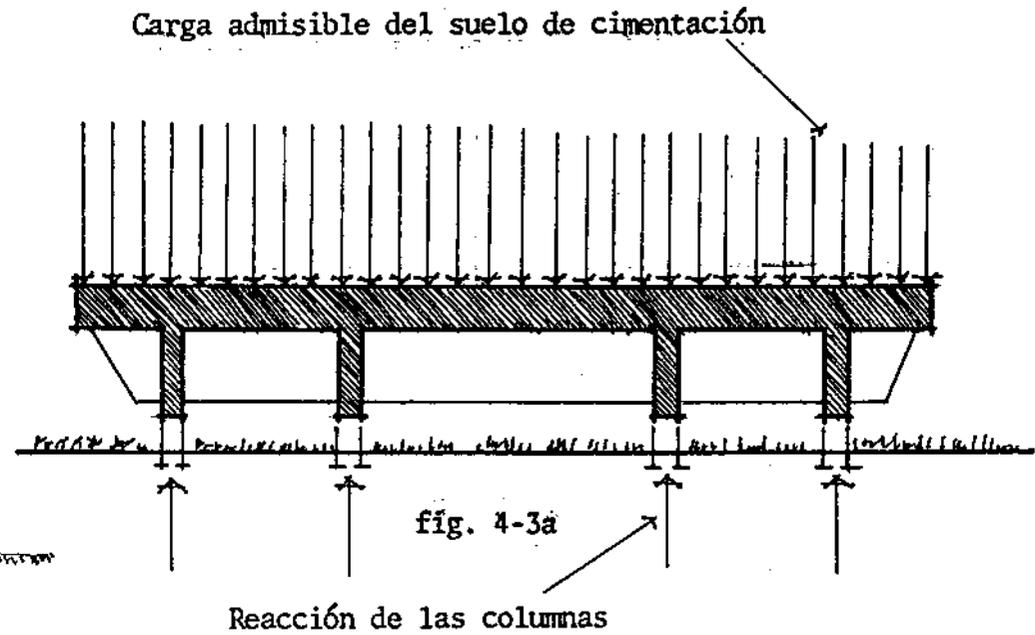


fig. 4-3

Eventualmente un sistema de vigas, permite obtener una solución económica



Trabajo como suelo invertido cargado por las cargas del suelo

Sección de un inmueble sobre zampeado general

La construcción de este sistema, puede darse por una simple losa suficientemente gruesa o por una serie de vigas longitudinales o transversales, sobre las cuales se apoya una losa más delgada. Cuando la disposición de las columnas no permite utilizar la solución del reforzamiento por medio de nervaduras, puede recurrirse a una losa en forma de zeta invertida.

La utilización a construcción de un zampeado general, puede adoptarse por regla general:

- a) Cuando el suelo es poco resistente y poco homogéneo.
- b) Cuando la superficie de la construcción es pequeña con relación a su volumen (silos, ras cacielos, etc.)
- c) Cuando se desea obtener un subsuelo estanco para una construcción asentada en una capa de agua subterránea (realización de una entibación).

Utilizando un Zampeado General, se obtienen las siguientes ventajas: por un lado, una dismi nución de los riesgos de hundimiento, y por otro, una excelente ligazón entre las diversas ba ses de la obra. Debe rechazarse este sistema, cuando el suelo de cimentación es de resistencia irregular, pues se compromete la estabilidad del edificio, debido a las diferencias de compactación del terreno.

Procede a la ejecución de un Zampeado, el vertido de una capa de concreto delgada, que permi ta la instalación de la armadura en una superficie limpia. Frecuentemente, el Zampeado se re aliza con concreto armado de proporción de 300 Kg. de cemento Portland por cada metro cúbico. Este problema, también puede resolverse mediante la ejecución de bóvedas múltiples de mampostería, (ver fig. 4-4), o de hormigón armado (fig. 4-5). \*

ZAMPEADO FORMADO POR BOVEDAS DE LADRILLO

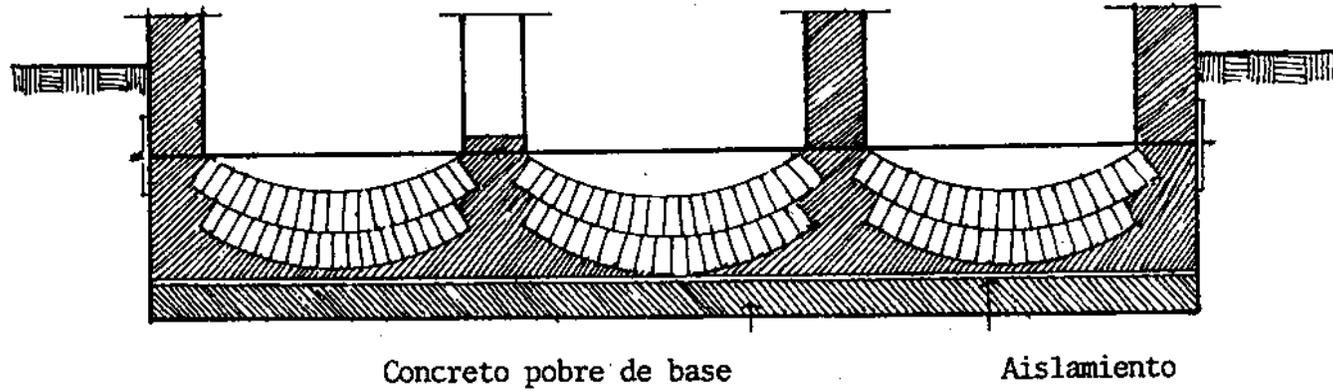
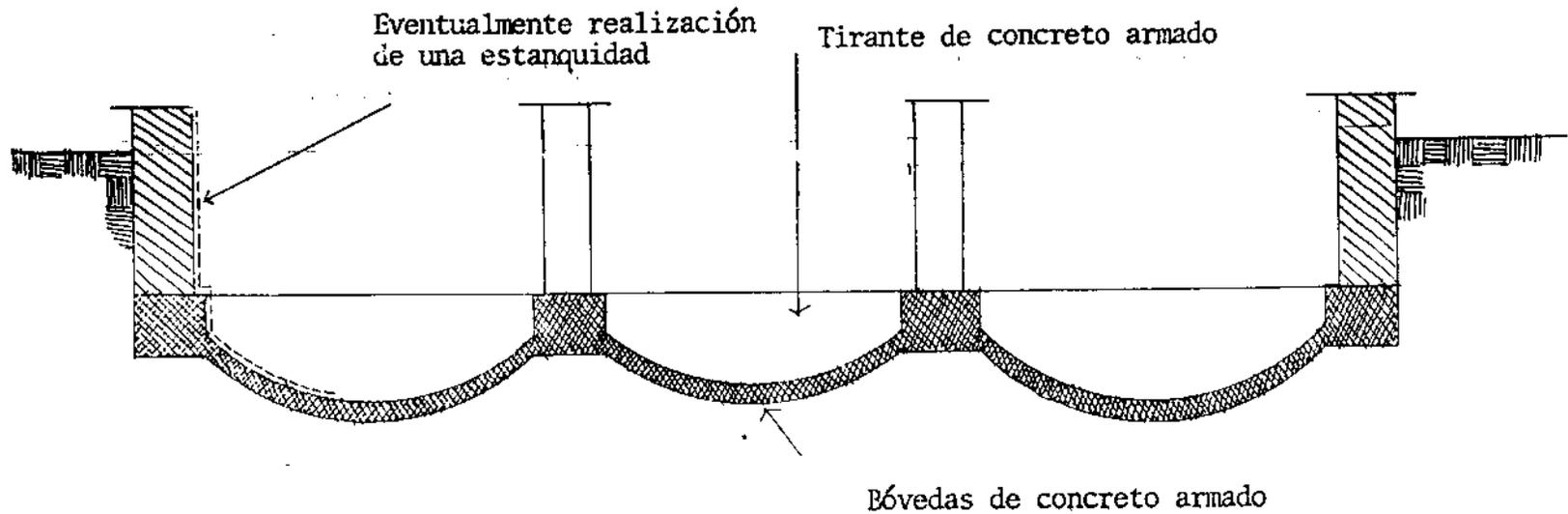


fig. 4-4

ZAMPEADO FORMADO POR BOVEDAS DE CONCRETO ARMADO



ig. 4-5

Estas construcciones deben ser objeto de estudios y cálculos estáticos en cada caso particular

C A P I T U L O No. 5

5. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD ASCENDENTE DEL TERRENO

- 5.1 Impermeabilización Horizontal en Paredes
- 5.2 Impermeabilización de Suelos
- 5.3 Impermeabilización Vertical de Paredes Exteriores
- 5.4 Impermeabilización a Nivel del Zócalo

## 5. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD ASCENDENTE DEL TERRENO

El contenido de humedad en el terreno, proveniente de la aspiración de las capas del terreno humedecidas por efecto de las aguas subterráneas, como las producidas por aguas pluviales, las aguas de servicio o de la nieve, tratan de penetrar específicamente en las partes de la obra que están en contacto directo con el suelo (cimientos, paredes de sótano) y de ir subiendo por ellas. La medida de impregnación de la humedad, es determinado, por la porosidad y el poder absorbente de los materiales. Tiene gran importancia la disposición de unos poros con respecto a otros en los materiales, debido a que la humedad pasa de los poros grandes a los pequeños (y nunca en sentido inverso). En aquellos lugares donde se requiera mucha humedad (bodegas para guardar vino o cerveza), se hace necesario que la disposición de los poros pequeños estén hacia la parte interior y los mayores hacia la cara exterior de las paredes, por lo que tratar de impermeabilizar estas paredes sería una equivocación. Pero como hay que impedir que la humedad ascienda en los pisos superiores, las paredes de las bodegas, deben de estar inmunizadas. Las paredes se construirán con concreto hidrófugo o de mampostería de piedra natural y aglomerante hidráulico. (Concreto ciclópeo).

Quando se trate de locales en los que se haya planificado almacenar géneros o albergar personas, tanto las paredes como los pavimentos deberán ser impenetrables a la humedad, o bien estar impermeabilizados. Esta impermeabilización no debe de bastar con evitar la humedad en las pared, sino de protegerlas también contra el ataque de sustancias nocivas que proceden del terreno.

De la calidad y el cuidado con que se haga la impermeabilización, dependerán la estabilidad y duración de una obra, pues aunque algunas paredes son resistentes para soportar las cargas estructurales, no lo son para resistir la humedad.

### 5.1 IMPERMEABILIZACION HORIZONTAL EN PAREDES

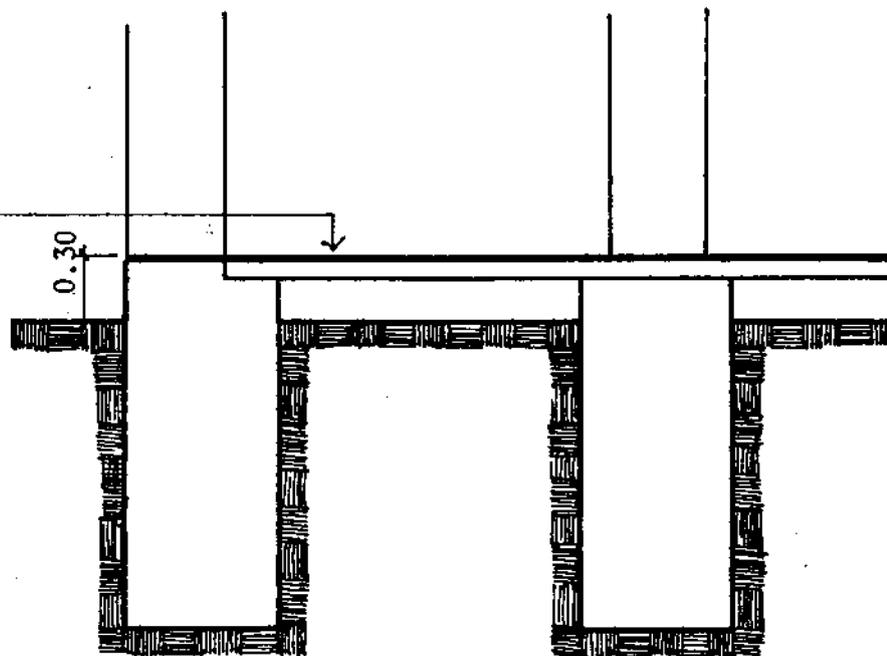
En las plantas de los edificios donde no existe sótano, también se hace necesario proteger contra la humedad ascendente tanto las paredes exteriores como las interiores, hasta los 30 cms. de altura sobre el nivel del terreno (ver figs. 5-1 y 5-1 A).\* En los casos donde existe sótano, hay que proteger las paredes exteriores colocando dos capas de barrera, una sobre el nivel del piso del sótano y otra por debajo de su techo, la cual debiera quedar unos 30 cms. por encima de la cota del terreno exterior ( a la altura de las salpicaduras de agua), (ver fig. 5-2).\* Si la capa colocada en la parte más alta, quedara por debajo del nivel del terreno exterior, habrá que disponer de otra capa suplementaria a la altura mencionada de las salpicaduras. En lo referente a las paredes interiores de los sótanos, basta con la colocación de una capa de barrera a 10 o 15 cms. por encima del nivel del pavimento, pero se recomienda disponer también la capa por debajo del techo en estas paredes (ver fig. 5-3).\*

\* Ver tratado de Construcción. H.Schmitt. Pag. 34

Forjado por encima de la altura de las salpicaduras  
Encima de la capa impermeabilizante, se extienden  
el aislamiento térmico y el pavimento.

Capa impermeabilizante

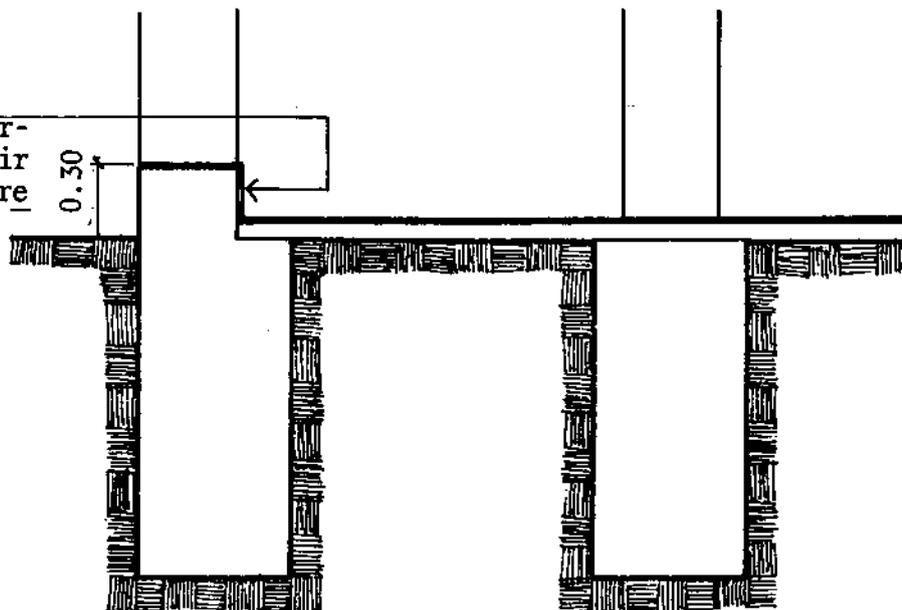
fig. 5-1



Forjado por debajo de la altura de las salpicaduras  
Si el terreno no es compacto, el forjado deberá rea-  
lizarse sobre lecho de grava gruesa.  
En caso contrario bastará una losa de concreto  
hidrófugo o pavimento de mortero hidrófugo.

Retorno de la capa imper-  
meabilizante para impedir  
que la humedad pase al re-  
voque.

fig. 5-1 A

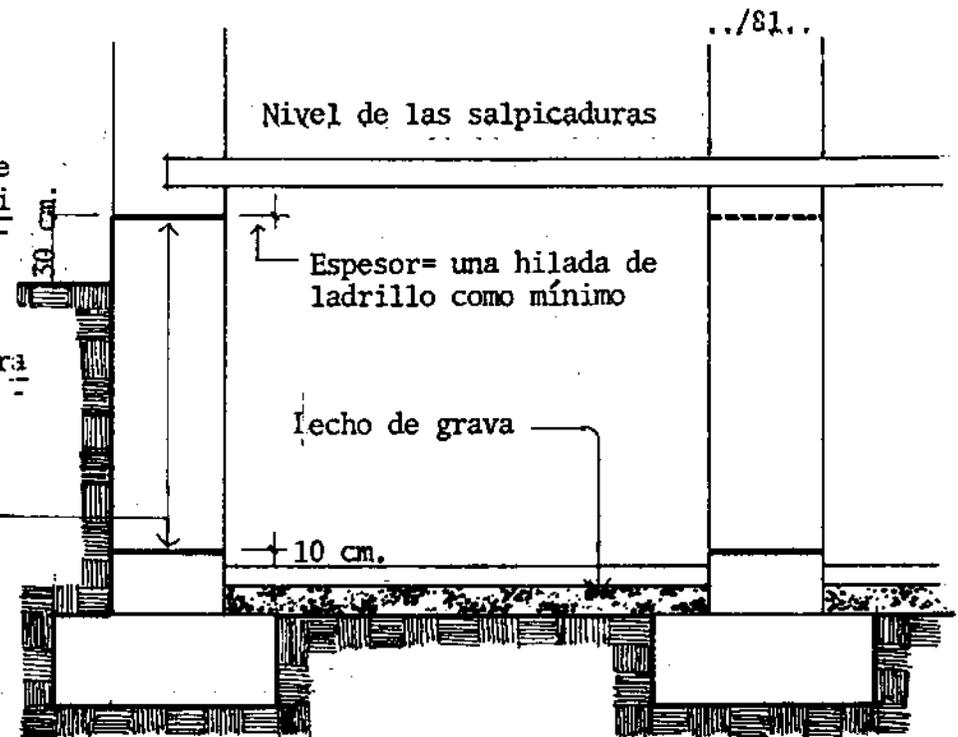


ESQUEMA DE IMPERMEABILIZACION CONTRA LA HUMEDAD ASCENDENTE DEL TERRENO EN EDIFICIOS CON SOTANOS

Levantado de la planta baja por encima de la altura de las salpicaduras. Todas las capas de obturación verticales deben retornarse y unirse a las capas de obturación horizontal precisamente a la misma altura de las salpicaduras.

En suelos no compactos debe extenderse con lecho de grava por debajo de la losa de piso del sótano. En caso contrario basta con una impermeabilización adicional.

Capas de barrera horizontal



Levantado de la planta baja por debajo del nivel de las salpicaduras.

Además de prolongar el revestimiento de la pared hasta la altura de las salpicaduras, se efectúa un empalme adicional con una capa horizontal por debajo del levantado

Capas de barrera horizontal

Lecho de Grava

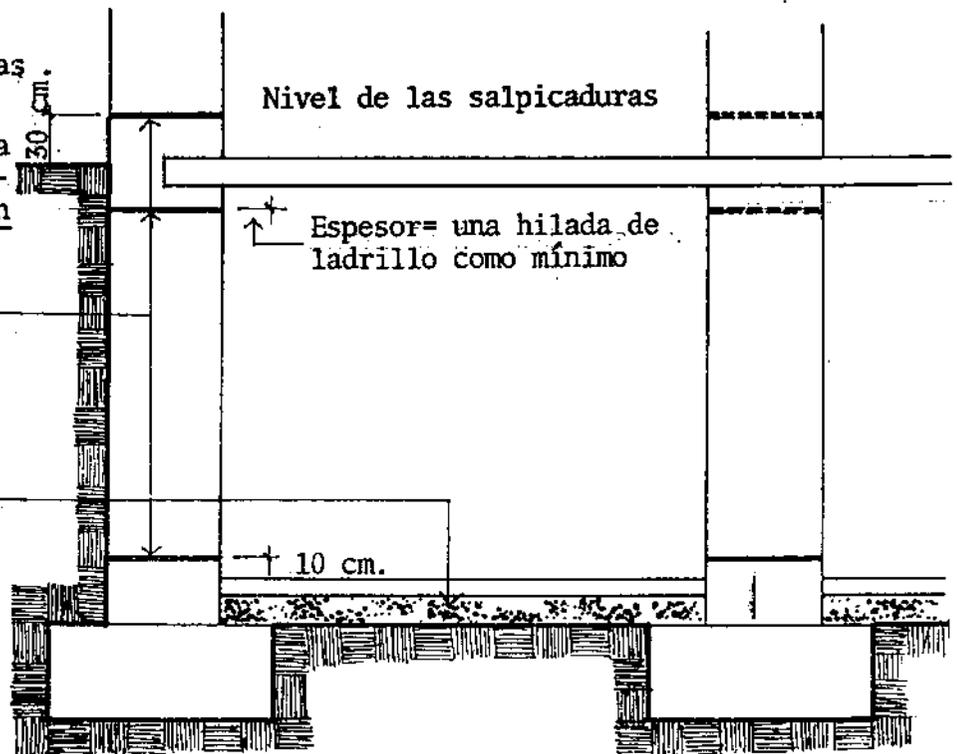


Fig. 5-3

Las capas de barrera colocadas en las parte alta de las paredes de los sótanos, protegen el techo y a toda continuación de paredes por encima de dicha capa-barrera, impidiendo el paso de la humedad que podría ascender a causa de alguna fisura o defecto de las capas verticales de impermeabilización periférica o de la propia capa-barrera inferior o bien de las aguas de inundación o condensaciones anormales provocadas por lluvias intensas. La disposición de esta capa de barrera horizontal por debajo del techo del sótano, se hará a una altura no menor de una hilada de ladrillo entre la capa y el techo, siendo no necesaria la intervención de un especialista, pero teniendo cuidado en la correcta ejecución de la misma, pues un pequeño fallo puede ocasionar graves complicaciones. Generalmente, estas capas de barrera horizontal, están constituidas por cartón alquitranado, lienzos y hojas de material plástico, que separan por completo el elemento constructivo en dos partes. Las hojas o capas no deben de sujetarse por debajo ni entre ellas. Estas capas podrán disponerse en forma escalonada, para evitar - que las cargas horizontales hagan de la capa un plano de deslizamiento. Para ésto, la hoja debe mantenerse continua aunque forme codos o cantos.

Es aconsejable que en lugar de emplear bandas de cartón, se empleen lienzos impermeables tras lapados 10 cms., o se usen dos bandas de cartón superpuestas de manera que queden alejadas por lo menos 1 m.. Este sistema anula toda posibilidad de efecto capilar de la humedad que pudiera comunicarse al muro.

Las superficies del elemento vertical sobre las que van a aplicarse las capas de barrera deben de encontrarse completamente horizontales y lisas, de ser necesario, se extenderá una lechada de mortero para alisarlas, a fin de que los lienzos o cartones no sufran perforaciones. Dichas capas deben extenderse hasta alcanzar el enlucido interior con el propósito de que no pueda producirse a través de éste ningún enlace de humedad.

La capa impermeabilizante inferior, en las paredes de concreto apisonado, se colocará después de fundir y apisonar la primera capa (de unos 30 cms. de altura). (ver figura 5-4)\*. En las paredes de ladrillo de los sótanos, la capa de barrera se colocará sobre una, dos o tres hiladas, (ver fig. 5-5).\*\* Para el caso de los muros de mampostería ordinaria, por la desigualdad de las capas de piedra y su aspereza, hay que nivelar la superficie y alisarla bien antes de colocar el cartón (ver fig. 5-6). \*

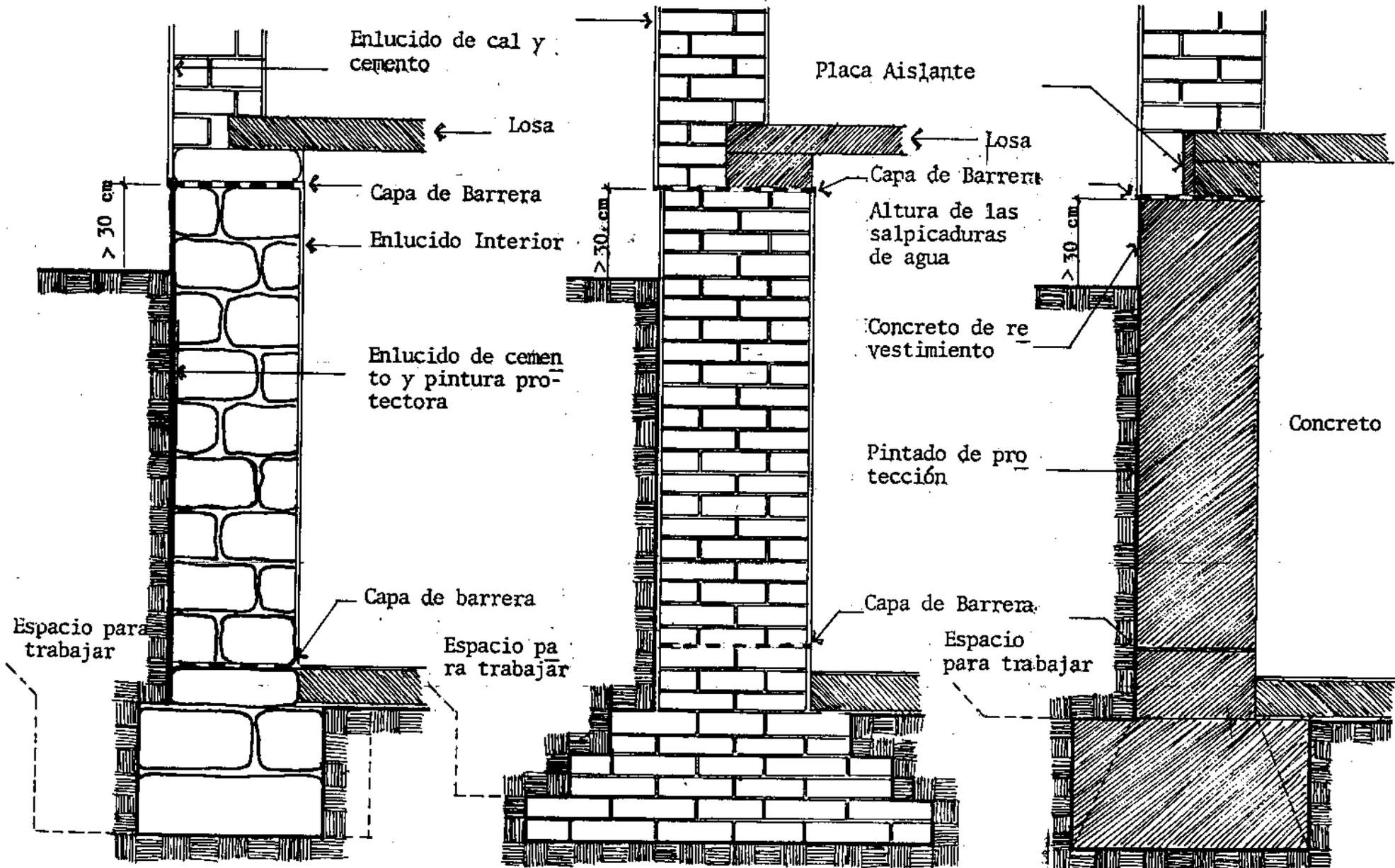


fig. 5-4

fig. 5-5

f. 5-6

Quando las capas de impermeabilización horizontal no pueden colocarse a causa de las armaduras en las estructuras de concreto, armado, se recurrirá entonces a la utilización de concreto hidrófugo en las paredes del sótano. Asimismo, en las paredes exteriores las impermeabilizaciones verticales deberán hacerse de concreto hidrófugo, aplicado en forma suplementaria una mano de pintura bituminosa para tapar posibles grietas capilares por las cuales podrían penetrar desde el terreno la humedad y otros agentes nocivos para el hierro y el concreto.

## 5.2 IMPERMEABILIZACION DE SUELOS

Los suelos en general de toda edificación, deben mantenerse totalmente secos y para ello se requiere de una adecuada protección contra la humedad ascendente del terreno. Si el edificio está asentado sobre terreno permeable, el nivel de las aguas freáticas es relativamente bajo, existiendo poca humedad, basta con disponer un encamado o lecho de grava de 15 a 20 cms. de espesor.

En condiciones más desfavorables de humedad, en locales permanentemente habitados y provistos de pavimientos más completos, se hace indispensable un sistema de impermeabilización específicas, que además brinden protección térmica.

La impermeabilización realizada en el suelo de los edificios, se enlazará por los bordes retornándolos hacia arriba hasta encontrarse con las capas de barrera horizontal de las paredes. Este enlace deberá permanecer en forma continua, redondeando codos, cantos y rincones.

Puede utilizarse directamente sobre el terreno de asiento o lecho de arena de mayor o igual que 4 cms., una capa de concreto hidrófugo de 10 cms. de espesor, como mínimo, sin tener mayores precauciones, (fig. 5-7).\* Así también, el ladrillo vitrificado nos presenta otra alternativa en los lugares donde nos interesa humedad (bodega) colocándolo en dos capas a rompe juntas con mortero adecuado sobre el lecho de mortero extendido encima del terreno apisonado formando una capa de arena mayor o igual de 4 cms., (fig. 5-8).\*

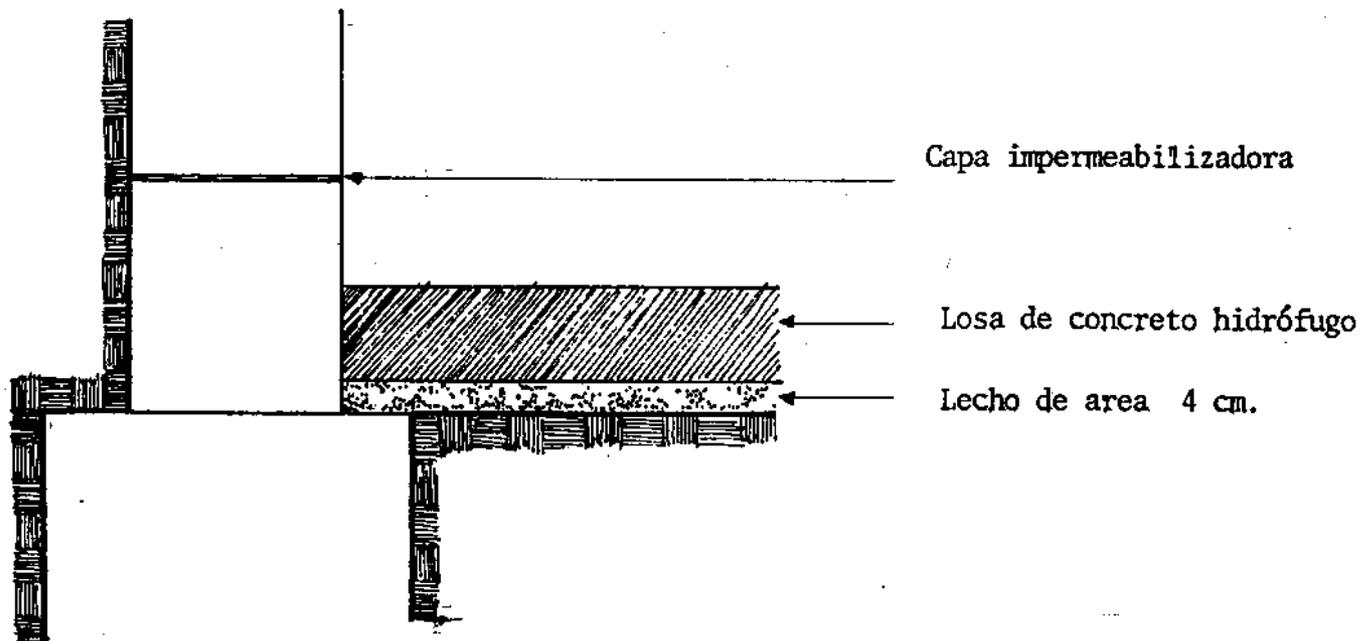


fig. 5-7

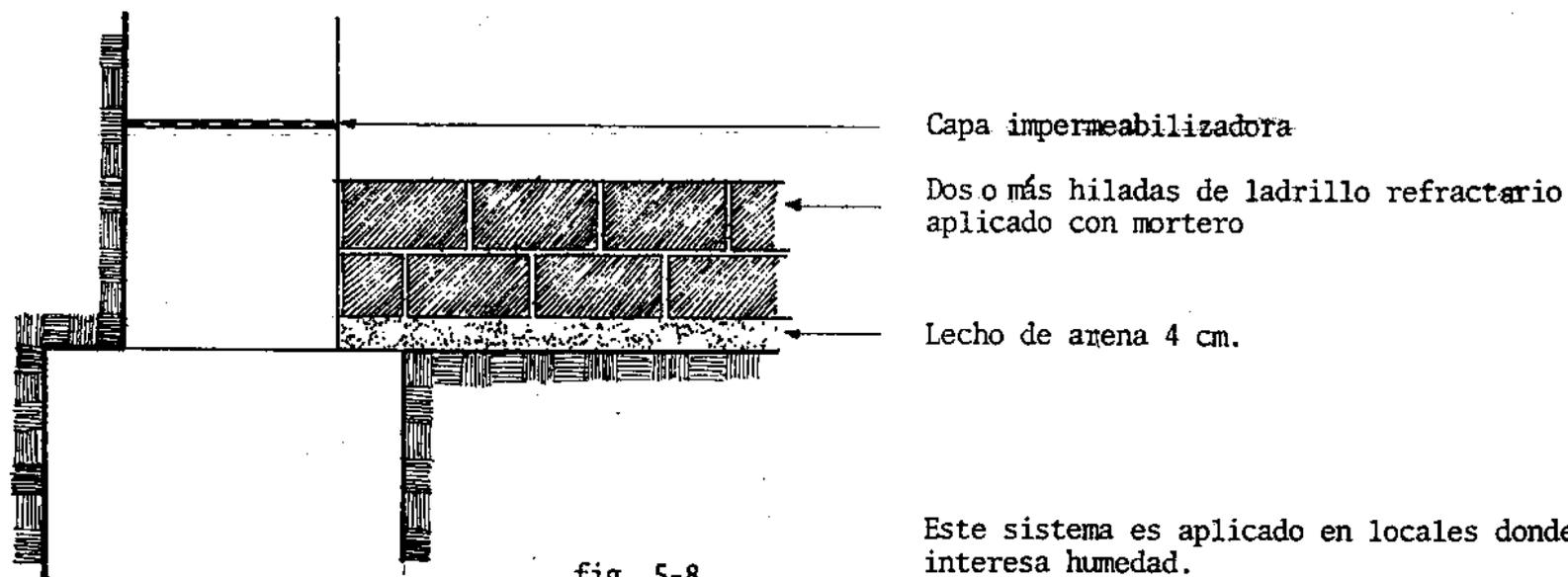


fig. 5-8

Los impermeabilizantes especiales aplicados con espátula, así como las coberturas u hojas y los pavimentos de barrera cuyo espesor mínimo deberá ser de 3 cms., requieren todos de una base previa de concreto pobre de 8 cms. de espesor mínimo o un revestimiento con ladrillo de canto posteriormente con una lechada de mortero, (ver fig. 5-9) \*

### IMPERMEABILIZACION DEL SUELO EN PLANTAS BAJAS

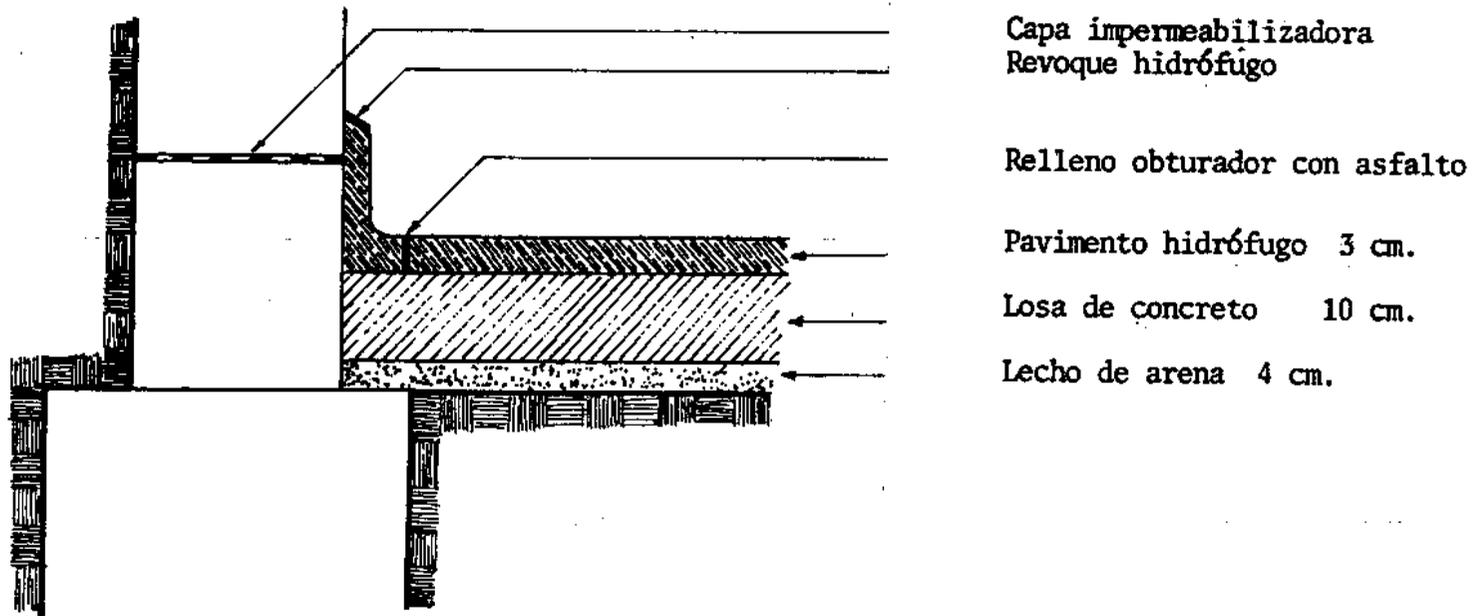


fig. 5-9

Encima de la losa de concreto se extenderán pavimentos impermeabilizantes, hojas de obturación o capas aplicadas a espátula hasta un grueso 10 cm.

Los cartones, ya sea en una capa o dobles, así como las hojas o lienzos impermeabilizantes deben de extenderse con traslapes de 10 cms. como mínimo entre bandas. Los traslapes se pegarán en toda la superficie utilizando como adhesivo cola bituminosa.

También se pueden aplicar dos manos en caliente de capas de pasta asfáltica extendida con espátula. Cada mano deberá tener como mínimo 6 mm de espesor.

Después de aplicar la pasta asfáltica o recubrir con lámina adhesiva, se superpondrá a éstos, - una capa protectora de 4 a 5 cms. de espesor de concreto de afido fino como capa protectora - con un contenido de 300 Kg/M3 de cemento. Puede utilizarse en lugar de concreto, asfalto fundido o un pavimento de losetas sobre lecho de mortero. Si hay que disponer de una capa de aislamiento, pero al proceder a la ejecución de la capa protectora final habrá que tener cuidado de que no humedezcan aquellas placas nuevas, por lo que se sugiere cubrirlo con hojas de plástico o papel asfáltico. a continuación se ilustran otros sistemas en las figuras: 5-10, 5-11, 5-12 y 5-13. \*

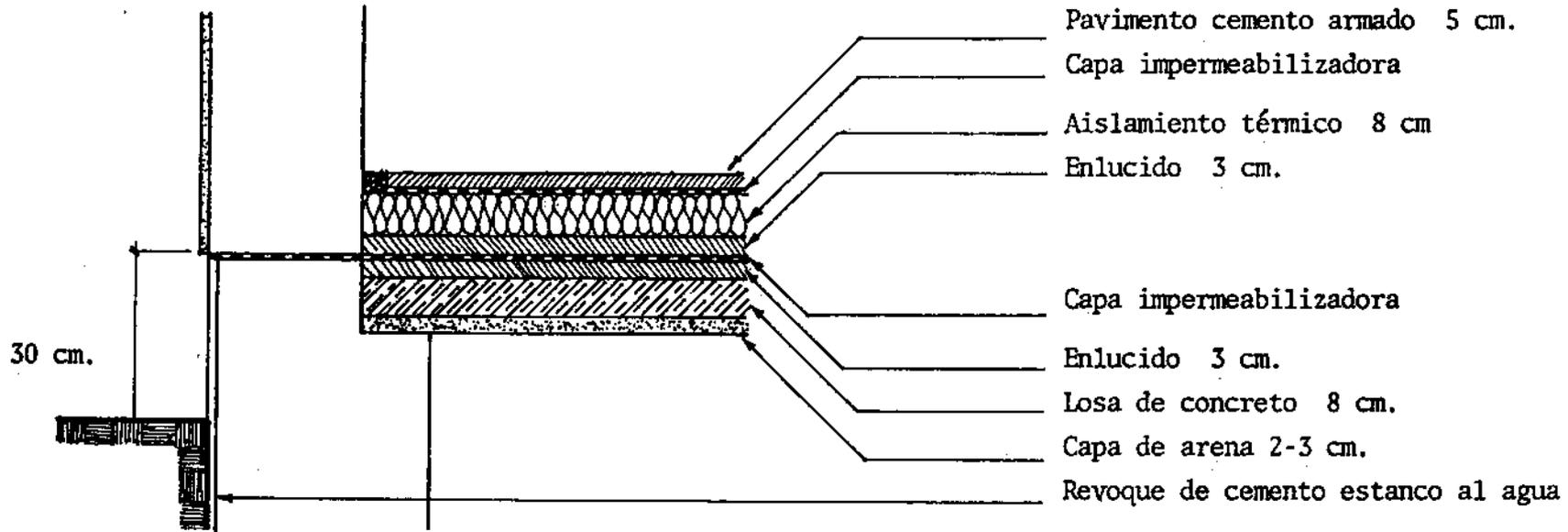


Fig. 5-10

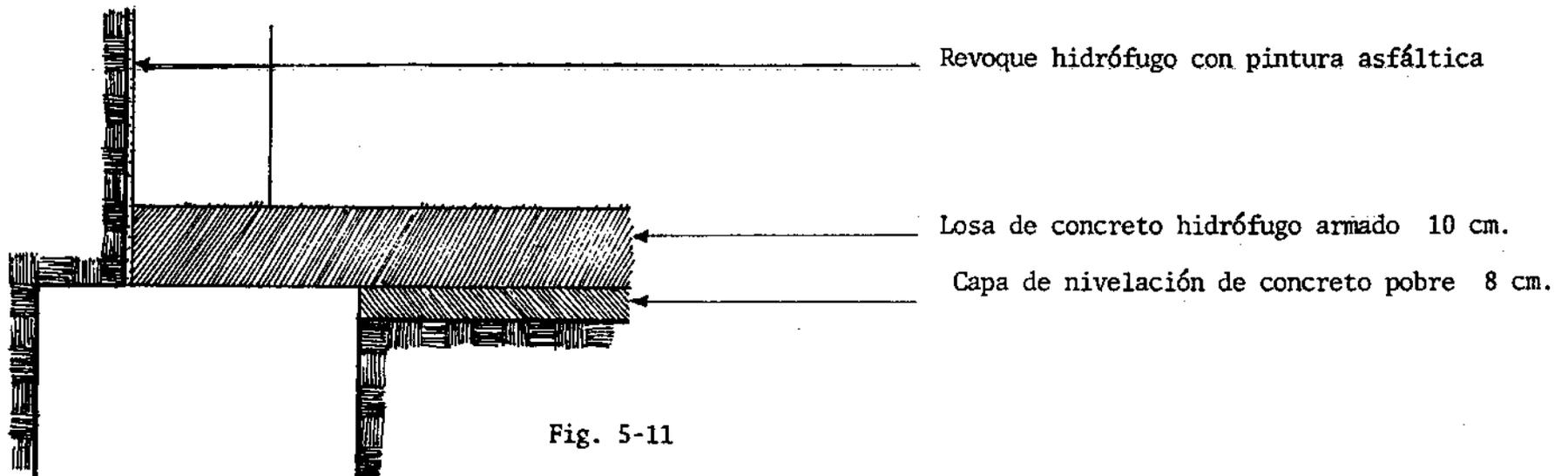


Fig. 5-11

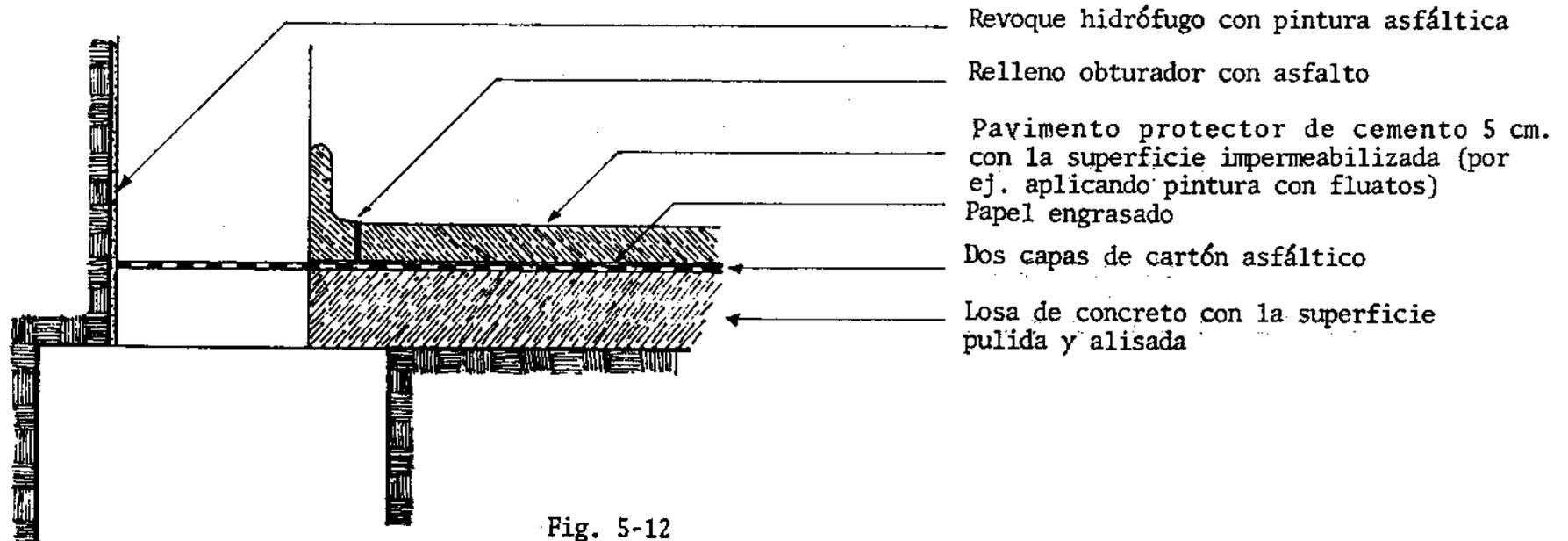


Fig. 5-12

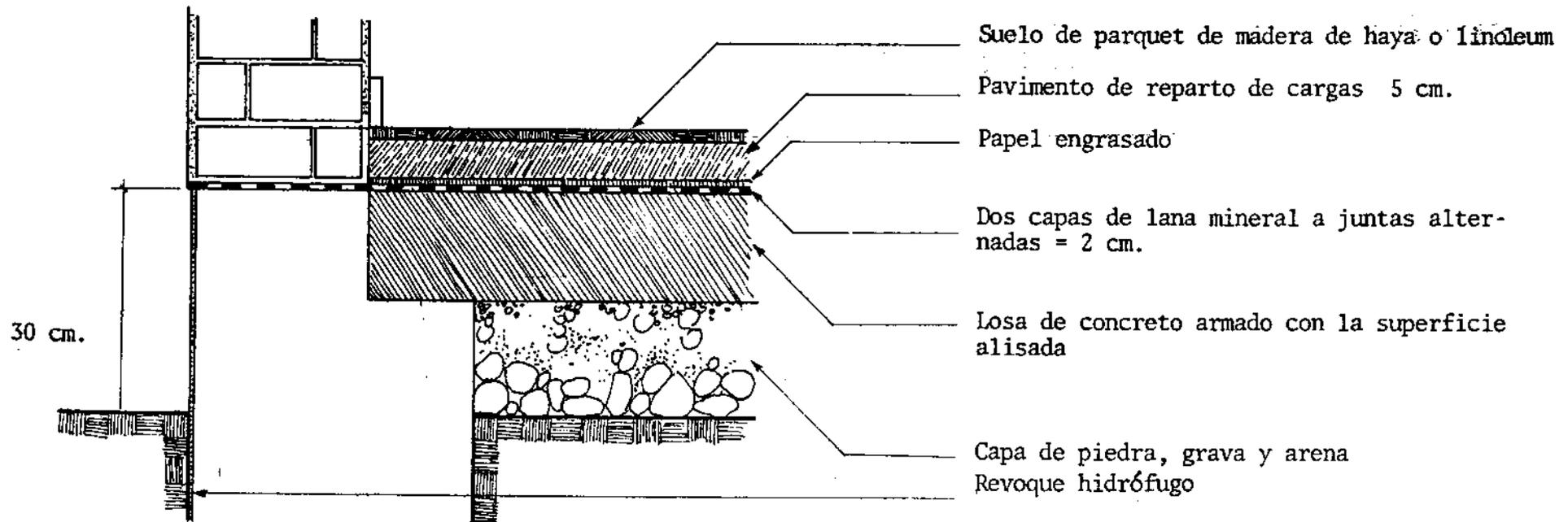


fig. 5-13

### 5.3 IMPERMEABILIZACION VERTICAL DE PAREDES EXTERIORES

Generalmente en las superficies exteriores de las paredes periféricas de los sótanos, la impermeabilización se realiza utilizando pinturas protectoras que llegan hasta la capa horizontal de barrera inferior debiendo cubrir bien su junta y rebasarla un poco hacia abajo.

Las pinturas protectoras deben de formar una película continua y envolvente firmemente ligada en toda la superficie a cubrir.

Superficie que se deberá encontrar plana y limpia para facilitar el sostén e integridad de la pintura. Cuando se trate de paredes de concreto, se tendrá el cuidado de que estén libres de polvo y granos sueltos. Los muros de ladrillo deben revocarse. Antes de aplicar la pintura, tanto los muros de concreto como los de ladrillo y su revoque, deben de estar endurecidos y libres de eflorescencias, pues de otro modo podría desprenderse la película en ciertas zonas.

La pintura normalmente se aplica en dos o tres manos con brocha o cepillo, observando que cada mano esté seca antes de aplicar la siguiente. En caso de lluvia, los trabajos deberán suspenderse.

Es recomendable que el material que se utilice en la construcción de los muros de fábrica tenga ya de por sí una cierta resistencia "inalterabilidad" o por lo menos que esté defendido por un enlucido protector de cemento, ya que la duración de las pinturas impermeabilizantes es limitada.

Después de la aplicación de las pinturas, se recomienda mucho cuidado con el relleno de tierra inmediato a las paredes. El vertido de ésta, no debe de empezar hasta que la pintura se haya secado y endurecido; toda aquella superficie que no haya quedado lo suficientemente cubierta, se pintará de nuevo. Se pondrá mucha atención para que el relleno no destruya por rozamiento o arranque la capa impermeable. Es conveniente que la capa de relleno que quede en contacto directo con la capa impermeabilizante sea de barro, arena o tierra excluyendo la grava y el piedrín.

Las pastas asfálticas extendidas a espátula o los lienzos y hojas de recubrimiento ofrecen mayor resistencia contra posibles deterioros. Las pastas se aplican en dos pasadas de espátula cada una de ellas de 3 mm de grosor mínimo, sobre una base o capa de preparación o imprimación

fluida aplicada en caliente. Los lienzos u hojas de recubrimiento se disponen en una o dos capas. Su empleo, como medida adicional de seguridad, es recomendable en terrenos poco permeables, combinándolos con un sistema de drenaje. También son aconsejables en terrenos permeables, pero con abundante condensación (renglones húmedos).

La mejor manera y más eficaz de mantener secas las paredes exteriores que quedan por debajo del terreno, es disponer de capas de drenaje y aireación o bien mantener el terreno alejado de las paredes por medio de muros de contención. Mediante ladrillos huecos o planchas onduladas, se añade a la posibilidad de aireación también la de drenaje. Sin embargo su empleo no exige el uso de la pintura impermeabilizante, salvo si se utilizan pozos de aireación o iluminación, de altura igual a la de la pared con empalme en el desagüe.

#### 5.4 IMPERMEABILIZACION A NIVEL DEL ZOCALO

En todo edificio el zócalo es la parte que está mas amenazada, tanto al agua que baja a lo largo de las paredes de los pisos como a la que salpica del suelo o que procede del terreno humedecido o por efecto de las heladas. Esta parte expuesta abarca todo el perímetro de las paredes exteriores hasta una profundidad bajo tierra de 0.80 a 1.20 metros y el límite superior se considera el de la salpicaduras de agua (0.30 metros sobre el suelo exterior). En los edificios con sótano, el zócalo constituye las paredes del propio sótano, las cuales deben hacerse en todo su espesor con un material adecuado o bien dotarlas de una protección mediante un revestimiento de placas resistentes a los agentes atmosféricos, con revoques de concreto o con enlucidos de cemento. Las capas de pintura o enlucidos bituminosos, no constituyen por si solos, una protección final ya que pueden ser estropeados mecánicamente con facilidad. El concreto de revestimiento irá dosificado con proporción más alta de cemento y con algún agente impermeabilizante o que le de mayor compacidad, los agregados a utilizar se pueden elegir entre los diferentes tipos de gravilla triturada. En cuanto al revoque de concreto generalmente se hace de 4 cms. de espesor, y después de endurecido, se tratará como un concreto visto para preservarlo de las grietas capilares que podrían resultar de los próximos trabajos a realizar.

Si se desea disponer de un recubrimiento de ladrillo vitrificado al zócalo con el fin de prevenir la humedad que asciende por capilaridad, no se dispondrá el ladrillo pegado directamente a las paredes de los sótanos pues la superficie del ladrillo vitrificado no pega bien con el mor

tero de cemento, el que al fraguar produce grietas capilares por las cuales la humedad penetra hacia los poros muchos más finos del muro que está detrás, por lo que el revestimiento, deberá colocarse a cierta distancia delante de la pared y la caja de aire que se produce, deberá estar comunicada con el aire exterior y dotada de desagüe.

La losa o techo de los sótanos, en ningún momento deberá atravesar por encima del zócalo sobre saliendo hacia afuera, ni siquiera hacerse visible sobre el mismo. Es recomendable que la superficie del zócalo termine debajo de la capa horizontal superior de barrera que corona la pared exterior del sótano (30 mts. sobre el nivel exterior).

C A P I T U L O No. 6

6. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN PISOS Y AZULEJADOS

6.1 LESIONES EN PISOS: CAUSAS Y REPARACIONES

6.1.1 PISOS DE MATERIAL REFRACTORIO

6.1.2 PISOS DE PLACAS DE CERAMICA

6.2 LESIONES EN AZULEJADOS CAUSAS Y REPARACIONES

6.2.1 SOBRE CONCRETO LIGERO

6.2.2 SOBRE LADRILLO SILICO - CALCAREO

6.2.3 SOBRE CONCRETO

6.2.4 SOBRE UNA CAPA GRUESA DE MORTERO

6.2.5 SOBRE MORTERO EN CAPA DELGADA SOBRE REVOQUE FINO DE CAL

6.2.6 AZULEJADO CON ADHESIVOS DE DISPERSION SOBRE UN SOPORTE DE YESO SIN IMPRIMACION

## 6. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN PISOS Y AZULEJADOS

### 6.1 LESIONES EN PISOS: CAUSAS Y REPARACIONES

Según donde se localicen los pisos de una construcción (ambientes cerrados, al aire libre sobre terrazas), así será la procedencia de su deterioro.

En la mayoría de casos el propio material (su fabricación) representa un 50% en las causas de las lesiones.

#### 6.1.1 PISOS DE MATERIAL REFRACTARIO

Así tenemos el uso de pisos fabricados con material refractario en forma de baldosas, los cuales suelen utilizarse tanto en ambientes cerrados como en libres. Las baldosas refractarias de alto espesor como todo material, tienden a sufrir deformaciones, que algunos casos rebasan las tolerancias señaladas por las normas. Así por ejemplo, en DGOP-Especificaciones Técnicas de la Construcción, capítulo 13 - en la sección 1308 señala que no se tolerarán errores en las pendientes de los pisos mayores de 0.25%.\* Sin embargo en algunos casos éstas llegan a alcanzar hasta un 5%.

En baldosas colocadas al aire libre (patio) se observan, debido a la alta desviación en su fabricación, aspectos de lesiones consistentes en innumerables fisuras a las cuales la humedad saliente les destaca un color oscuro y además la disgregación del material.

En otras zonas de la misma superficie, aparecen grietas en forma circular, a las cuales basta un leve golpe para que se desprendan trozos de aproximadamente del tamaño de una moneda de 25 centavos.

##### 6.1.1.1 CAUSAS DE LAS LESIONES

La causa de estas lesiones, es debido a que el material crudo se coció con exceso de humedad y la presión del vapor rompió el interior de las

\*Especificaciones Técnicas de Construcción DGOP

piezas. En tiempo de invierno, la humedad penetra por estas grietas y inevitablemente se producirán roturas.

La reparación a este tipo de lesiones, es difícil e inútil de intentar, teniéndose únicamente especial cuidado en la calidad del material al comprarlo.

En decoraciones de interiores en la actualidad, se utilizan baldosas de material rústico como pisos de cerámica, de las cuales algunas baldosas en su superficie muestran asperezas a causas de inclusiones de escorias y de cuerpos cuarcíferos que convierten al material en destructor de alfombras o cualquier tipo de tejidos de lana, o que también presentan cambios de color.

Este tipo de baldosas es utilizado como elemento decorativo en ambientes de estar y presentan a menudo aspectos de coloraciones claras y oscuras que siguen una misma dirección, que aunque sean tratadas con agente especial, no ceden.

Al levantar algunas baldosas, se podrá observar que el mortero de agua y la mezcla en seco queda aún adherida a éstas, a pesar de que las baldosas están perfectamente asentadas sobre una capa de mortero de cemento.

En las zonas que presentan una coloración oscura, el agua es absorbida más lentamente, ya que en estas zonas, el material cerámico es más impermeable y el sistema capilar más restringido. En cambio en la coloración clara, son más restringido. En cambio en la coloración clara, son menos impermeables y consecuentemente tienen mayor proporción de capilares, absorbiendo el agua por esta causa con más intensidad.

En la observación al microscopio, las franjas de color oscuro más compactas, presentan una superficie perfectamente cerrada, por el contrario la superficie de las franjas claras presentan cráteres y fisuras e intensas secreciones de silicatos que desde la base de cerámica se han transportado a la superficie. El piso al no recibir ningún tratamiento superficial, absorbe el agua de limpieza, produciendo nuevas se cre siones de silicato.

#### 6.1.1.2 REPARACION

La única posibilidad de realizar la reparación a este tipo de lesiones, es frotar el piso de baldosas con Engobex (polychemie). Este producto es un material de sellado a base de resinas sintéticas con coloración roja. La otra alternativa es cambiar completamente las baldosas, ya que las diferencias entre las franjas de distinto color no pueden eliminarse por medio de ceras ni por medio de cáusticos.

### 6.1.2 PISOS DE PLACAS DE CERAMICA

En algunos pisos de placas de cerámica sobre sótanos se presentaron las llamadas -- eflorcencias, que no son otra cosa que formaciones blancas floculadas en los bordes de las baldosas, así también la mayor parte de estas manchas tienen fisuras y se aprecian ampollas que se levantan de la superficie.

#### 6.1.2.1 CAUSAS DE LESIONES

Las causas de este tipo de lesiones puede deberse a que el trabajo fue ejecutado con prisa. Es decir que el concreto de la cubierta del sótano aún estaba saturado de humedad, y por ser realizado en época lluviosa, ésta estaba presente aún.

Además si no existe una capa de barrera de impermeabilización horizontal sobre los muros y antes de la cubierta, la humedad de la parte inferior de la construcción se desplaza hacia arriba.

La colocación del piso, se realiza con una mezcla que por lo general es li

geramente húmeda de 4 a 5 cms. de espesor y una capa de mortero de 3 mm de espesor. De esta manera, la cal queda libre y puede transportarse sin obstáculos a través del material cerámico, el cual es muy capilar. El hidróxido descompuesto por debajo de las baldosas se deposita en la superficie de las mismas con el agua de condensación y con el silicato potásico segregado por el material cerámico. Por la acción del anhídrido carbónico del aire, el hidróxido cálcico se transforma en carbonato cálcico. \*

#### 6.1.2.2 REPARACION

Quando se presenta este caso en el piso de un sótano, lo más aconsejable, es sustituir las baldosas con formaciones de ampollas por otras planas, sin temor de que dichas ampollas revienten por que el piso no se encuentra al aire libre.

La descoloración de las baldosas se le atribuye al transporte de la humedad, por la falta de la barrera horizontal de impermeabilización en todos los elementos verticales de la construcción, por lo que deberá - que esperarse hasta que la construcción misma elimine su humedad, y se podrá pensar en un tratamiento posterior hasta que dejen de aparecer - las manchas blancas.

Para lograr una superficie limpia y bella, deberá tratarse ésta, preparando una mezcla de un 85% de trementina y un 15% de aceite de parafina muy fluido y aplicando al piso una finísima capa.\* De esta manera - el piso recobra su color natural, situación que no sucede con la utilización de grasas, aceites minerales y ceras que suelen provocar decoloración en las baldosas.

Hay que hacer énfasis, que todos los tratamientos serán vanos si no -- existe cámara de aire o sótanos debajo del piso y no se ha colocado una barrera antihumedad por debajo de la solera de concreto, en este caso las eflorescencias no cesarán nunca.

### 6.1.2.3 OTRAS CAUSAS

Otra de las principales causas por las que las baldosas se abomban y se desprenden, la constituye al retardo entre la aplicación de la base cuando ésta es de concreto prefabricado y el tiempo de colocación del piso.

La diferencia en tiempo representa un proceso de hidratación empezando - con el fraguado y consecuentemente el contenido de agua en gran parte ha sido consumido por éste.

La cara inferior de las baldosas se muestra con brillo y ligeramente unida a otras piezas por los bordes sólo con lechado de cemento, en las zonas donde se localizan la lesión suenan a hueco.

La reparación para este caso, resulta imposible. El piso debe colocarse todo de nuevo.

## 6.2

### LESIONES EN AZULEJADOS: CAUSAS Y REPARACIONES

#### 6.2.1 SOBRE CONCRETO LIGERO

En superficies que requieran de recubrimientos de azulejos, se observan con frecuencia que estos se abomban, que han saltado parcialmente por las esquinas o inclusive que los azulejos se han desprendido junto con la torta del mortero.

##### 6.2.1.1 CAUSAS DE LESIONES

La causa que origina estos aspectos de lesiones, básicamente se presentan en aquellas obras cuya estructura se termina poco antes de invierno, y lógicamente cuando llega éste, el edificio no ha tenido la posibilidad de eliminar su humedad.

Sin embargo como la mayoría de obras se construyen con plazos apremiantes, casi nadie prevee los cambios físicos que sufren los materiales empleados. Así con la llegada del invierno los muros se construirán con bloques húmedos y para poder trabajar se deberá cubrir con lámina plástica los espa

cios abiertos (puertas, ventanas), cerrando casi de una manera hermética la construcción, se colocarán estufas de coque o de gas, y en consecuencia la humedad se traslada de una esquina a otra por efecto del caldeo de los locales, pero nunca podrá ser eliminada: de eso se encargarán las ventanas y puertas cerradas.

Una vez construidos los muros, se aplica el mortero proyectado al que, para hacerlo más trabajable, se le agrega cal. Esta adición de cal le quita al mortero proyectado sus propiedades impermeabilizantes y al colocar el azulejo, le quita al mortero de agarre, como una esponja, la humedad que éste necesita para fraguar.

El concreto ligero de la construcción adquiere de esta manera una humedad adicional procedente del mortero proyectado y del mortero de agarre. Una vez terminada la colocación del azulejo, la humedad sólo puede eliminarse hacia la cara opuesta. Al desaparecer la humedad se produce también la retracción del levantado (pared) y se produce la rotura de los azulejos. Una vez terminada la eliminación de la humedad del subsuelo, no inherente a los materiales se llega también al término de la retracción de la base de apoyo del azulejo. Antes de ese momento cualquier reparación resulta vana.

#### 6.2.1.2 REPARACION

Si una superficie cubierta de azulejos se rompe por tensiones de retracción debe procederse a averiguar, antes que nada, si la retracción ha terminado.

Para determinar que ya no se producen más movimientos de retracción, sólo puede hacerse colocando testigos de yeso. Estos se colocan en una de las fisuras del mortero. Si la base de apoyo ha llegado al reposo, los testigos quedan intactos y puede comenzarse la reparación. Si los testigos se rompen, no tiene objeto la reparación.

Si la torta de mortero queda fuertemente unida al mortero proyectado, la colocación del nuevo azulejo puede hacerse empleando un adhesivo.

La comprobación de la base de asiento antes de colocar el azulejo es tan importante como el cuidado con que hay que realizar su colocación.

La base debe de ser comprobada por medio de análisis químicos o físicos y no solo por sus características de superficie de aplicación. Asimismo, comprobar su verticalidad y horizontalidad.

## 6.2.2 SOBRE LADRILLO SILICO -CALCAREO

Otro aspecto presentado en algunas superficies recubiertas de azulejos, colocados con una capa gruesa de material de agarre sobre ladrillo sílico-calcáreo, es que estando abombado el azulejo, existe en un lugar de adherencia un distanciamiento entre la torta de mortero y el azulejo. Según el coeficiente de retracción de la base puede llegar a ser de 30 mm.\* Los azulejos quedan detenidos entre sí únicamente por el mortero que indudablemente, tiene más tolerancia para absorber las tensiones que el azulejo, llega también a desprenderse.

### 6.2.2.1 CAUSAS DE LAS LESIONES

La causa de este tipo de lesiones, deberá enfocarse desde la construcción de la superficie a recubrir. Los ladrillos sílico-calcáreos, como todos los elementos artificiales curados al vapor, no toman su volumen definitivo hasta que han eliminado toda la humedad residual. El tiempo necesario para alcanzar la retracción definitiva depende de las posibilidades de ventilación.

De esta manera la incorrecta ejecución de las paredes, es el principal causante de estas lesiones, por ejemplo la utilización de poco mortero en la junta entre ladrillos que consecuentemente produce una mala adhesión entre hiladas. Si se añade a esto las tensiones de retracción y el peso propio de la pared ésta se agrieta en toda su altura rompiendo también el enlucido.

Hay que hacer una observación en lo referente a la construcción de paredes conformadas por ladrillo sílico-calcáreo a los que se les ha aplicado un elucido que con frecuencia lleva una considerable proporción de aditivos de cal. A este respecto, sobre el ladrillo sílico-calcáreo sólo puede aplicarse un enlucido de cemento puro para oponer se a la excesiva rapidéz de absorción del agua del mortero. Si se agrega cal, al mortero de agarre del azulejo, se le extrae con demasiada rapidéz el agua que necesita para su hidratación y se producen tensiones adicionales de retracción en la torta de mortero. De esta manera, no solo se perturba la cohesión, sino también la adherencia.

#### 6.2.2.2 REPARACION

Si se presenta una base de aplicación de características análogas a las descritas con anterioridad, con el peligro que suponen para la resistencia de la propia construcción por razones de seguridad conviene demolerlo.

Ahora bien, si solo han saltado los azulejos, se golpeará la torta de mortero para verificar si se encuentra bien adherida al enfoscado y la propia pared. Si suena a hueco, hay que picar también la torta de mortero y se enlucirá la base con un mortero de cemento sin bloquear con él rígidamente todos los ángulos entrantes.

Si el mortero de agarre se encuentra bien adherido al enlucido y a la propia pared, los azulejos pueden colocarse con un adhesivo.

#### 6.2.3 SOBRE CONCRETO

Durante los primeros años de su construcción, el concreto experimenta una retracción y se contrae. Esto produce unas tensiones considerables en los revestimientos cerámicos.

En construcciones de concreto de una proporción correcta de áridos en cuanto a su

granulometría y una dosificación adecuada de sus elementos agua/cemento y en la que no se aprecian ningún tipo de agujeros, en determinados casos se desprenden el recubrimiento de azulejos, y en la cara posterior de la torta de mortero se adhiere aún el enlucido de mortero proyectado.

#### 6.2.3.1 CAUSA DE LAS LESIONES

El desprendimiento del revestimiento cerámico con adhesión del propio enlucido de mortero proyectado, debe atribuirse, en éste caso a los aceites desencofrantes, o a la suciedad producida por las ceras desencofrantes.

El material de los encofrados se empapó tanto con desencofrantes que el líquido no pudo ser absorbido por el concreto y al aplicar el recubrimiento, conservaba sus propiedades antiadherentes.

Este efecto puede visualizarse a simple vista al descubrir el enlucido, -- las estrías producidas por el cepillo se muestran brillantes.

#### 6.2.3.2 REPARACION

Ante una situación como ésta, lo procedente es remover el azulejo en -- aquella superficie donde se muestre sin adhesión, la zona así afectada se librá del aceite y se procede a la colocación de las piezas utilizando un adhesivo.

#### 6.2.4 SOBRE UNA CAPA GRUESA DE MORTERO

No siempre ha de ser la base el causante de las lesiones en la colocación de azulejos. En un buen porcentaje, el principal productor de los daños es el propio alicatador (colocador) de azulejos.

En algunas superficies recubiertas con azulejo, es común observar que éstos se desprenden y la torta de mortero presenta en su superficie un brillo sedoso.

#### 6.2.4.1 CAUSAS DE LAS LESIONES

Las causas para este tipo de lesiones, es talvés la más frecuente y con-

siste en la propia colocación de los azulejos. La colocación no se ha realizado según el método sueco o sea colocado en seco, si no de un remojo de los azulejos como suele hacerse generalmente por la composición de las arenas. Si el azulejo se tiene en remojo durante un tiempo excesivo, su sistema capilar se satura de agua por lo que la torta de mortero no puede ya adherirse a la cerámica por que la película de agua actúa como antiadherente entre la cerámica y el mortero. La cara posterior del azulejo no se adhiere al mortero.

#### 6.2.5 SOBRE MORTERO ADHESIVO EN CAPA DELGADA SOBRE REVOQUE FINO DE CAL

En algunos casos el revestimiento cerámico de una pared se desprende juntamente con el adhesivo y el enlucido. En la superficie del revoque queda pegada una parte arenosa del enlucido.

##### 6.2.5.1 CAUSAS DE LAS LESIONES

Al revoque suele aplicarse un enlucido de cal, cuando el soporte no queda suficientemente plano para la aplicación de la pasta adhesiva. El enlucido se utiliza en estas ocasiones para igualar irregularidades de la pared de hasta 15 mm., pero en algunos casos el enlucido no llega a igualar irregularmente de más de 5 mm., por lo fino de la granulometría del árido empleado.

Por lo anteriormente expuesto el enlucido de cal, no es adecuado en superficies a recubrir con azulejos, ni cuando deba quedar como enlucido final. La gran proporción de cal blanca del enlucido produce también un sobreengrasado, por lo que una vez eliminada el agua contenida, produce notables fisuras de retracción.

Con frecuencia, se olvida que la cal se le elimina el 44% del anhídrido carbónico que contiene durante su cocción y tiene que recuperarlo de nuevo del aire para lograr su endurecimiento. Pero si el enlucido queda en cerrado por el adhesivo y por el azulejo, se asfixia, y solo queda una masa pulverenta.

Es así como al perturbarse la cohesión, bastan unas ligerísimas tensiones de retracción en el soporte para que el revestimiento se desprenda.

#### 6.2.5.2 REPARACION

No puede efectuarse la reparación de las lesiones de este tipo, por lo que es mejor prever que se produzcan estas lesiones. Si el enlucido tiene unas semanas de antigüedad y su presentación es la de una superficie endurecida, puede inducir a errores. La absorción de anhídrido carbónico del aire puede ser el causante de la aparente dureza haciendo pensar que a la mezcla de cal se le ha agregado cemento portland. Sin perforando la capa superficial se apreciará que bajo ella se encuentra una capa de poca cohesión.

Este tipo de superficies si se quiere revestir de azulejos, es recomendable picar todo el enlucido hasta llegar al revoque, de lo contrario el riesgo que se corra al azulejar es demasiado grande. Una vez arrancado el enlucido, deberá cepillar el revoque y tratarse con un endurecedor antes de aplicar el nuevo azulejo.

El endurecedor no deberá aplicarse sobre el enlucido porque no se conseguirá que éste actúe en profundidad.

Si el enlucido se hace imprescindible, deberá agregar a la mezcla de cal un 50% de cemento para que no haya que contar solo con el endurecimiento por la acción del aire. El enlucido no deberá tener más de 5 mm. de espesor. \*

Si el revoque contiene cal, es preferible no aplicar el enlucido y la composición del soporte del azulejado sería entonces de la siguiente manera:

Enlucido: de mortero de cemento proyectado y revoque de cal hidráulica. El revoque debe ser completamente plano, tanto horizontal como verticalmente y no tener juntas de trabajo para poder aplicar la pasta adhesiva de endurecimiento hidráulico.

6.2.6 AZULEJADOS CON ADHESIVOS DE DISPERSION SOBRE UN SOPORTE DE YESO SIN IMPRIMACION

Se ha demostrado con anterioridad sin lugar a dudas que la aplicación de un adhesivo de dispersión no evita de ninguna manera, el sellado de la superficie con una imprimación aunque, con frecuencia, se afirme lo contrario.

El yeso no es el soporte apropiado en locales húmedos. Sin embargo, el yeso puede emplearse en locales húmedos si se adoptan las medidas necesarias. En este caso es imprescindible la imprimación.

En revestimiento de azulejos en servicios sanitarios tanto en paredes, tabiques o accesorios sanitarios (bañera), así como en salas de masajes, suele utilizarse soportes de yeso empleando adhesivos de dispersión, pero sin la imprimación previa. Consecuentemente se presentan aspectos de lesiones consistentes en humedades por detrás del azulejo.

La superficie de yeso absorbe la humedad y se producen desperendimientos de la cerámica y según sea la intensidad de humidificación, por las fisuras del vidriado saldrán sustancias calcáreas.

6.2.6.1 CAUSA DE LAS LESIONES

Una superficie de yeso puede, ciertamente azulejarse empleando un adhesivo de dispersión pero el adhesivo propiamente dicho tiene tanta consistencia que no penetra como la dispersión en el sistema capilar de la superficie de yeso, sino que solo consigue la adherencia superficial.

Si la humedad que penetra por las juntas, conexiones de grifería o abertura análogas alcanza las ranuras de aplicación del adhesivo, la humedad pasa al soporte de yeso a través de las aberturas aciculares del adhesivo. Los capilares del yeso hacen que éste adquiera las propiedades de una esponja. El yeso absorbe la humedad pero no es capaz de cederla de nuevo al exterior en forma de difusión de vapor. El adhesivo de dispersión desempeña ahora el papel de barrera antihumedad que tiene asignado, pero en sentido inverso.

La humedad que se ha distribuido por el soporte de yeso no vuelve a encontrar el camino hacia las finisimas aberturas por las que ha penetrado, o cierra el vapor, con una especie de cierre hidráulico<sup>1</sup> el camino para escapar. El azulejo favorece el estancamiento de la humedad. De esta manera, la superficie de yeso queda empapada de humedad y se desintegra por sí misma. La capa de adhesivo de dispersión se desprende formando ampollas, separándose del yeso.

Al microscopio puede apreciarse claramente la disgregación del yeso. Pero ya a simple vista se aprecia en el corte a través del adhesivo de dispersión y el soporte de yeso, la separación en capas después de la acción de la humedad.

Cuanto más tiempo esté sometida una pared al ataque de la humedad, más extrañas son las formas que toma el soporte de yeso.

La humedad que penetra en el revestimiento no produciría jamás una destrucción tan completa si hubiese una imprimación.

#### 6.2.6.2 REPARACION

Si el soporte de yeso se ha empapado en humedad de modo que ya se han producido las lesiones, hay que picar totalmente el revoque de yeso en la zona afectada y sustituirla por un mortero bastardo de cemento. Más difícil resulta cuando se trata de placas de yeso. Si éstas han sido afectadas por la humedad, hay que cambiar toda la pared.

En cualquier caso vale la pena aplicar la imprimación

1 Cierre Hidráulico: Endurecimiento de un material al entrar en contacto con el agua.

C A P I T U L O No. 7

7. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD PROCEDENTE DE PRECIPITACION

7.1 PRECIPITACION Y TIPOS DE EROSION

7.1.1 EROSION ORGANICA

7.1.2 EROSION QUIMICA

7.1.3 EROSION MECANICO FISICA

7.2 PROTECCION DE LA CUBIERTA

7.3 PROTECCION POR LA PARED EXTERIOR

## 7. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD PROCEDENTE DE PRECIPITACIONES

Aquella parte de la obra que se encuentra por debajo del terreno (sótanos o semisótanos), está expuesta a condiciones más o menos estables. A cierta profundidad variable con la densidad y permeabilidad del terreno, la temperatura y la humedad específica del terreno permanece constante a lo largo de todo el año.

Por el contrario, sobre la superficie de la obra por encima del terreno actúan variando a corto y largo plazo, todos los elementos atmosféricos; radiación solar, cambio de temperatura, lluvia, nieve, hielo. Estas son las causas fundamentales de la mayoría de daños en las cubiertas y en las paredes exteriores de la obra.

Cuando la precipitación pluvial es considerable, es preciso evacuar desde la cubierta, la zona de fachada y el terreno consolidado, a la red de desagüe. Sin embargo, en el caso de temporales catastróficos, aguaceros, etc., puede quedar dificultada la circulación del agua al arrastrar basura, desechos, tierra, etc., lo cual excede la capacidad de cualquier sistema de desagüe. Por consiguiente, en aquellos puntos donde el agua pueda embolsarse o acumularse, como en el caso sobre superficie de cubierta con desagüe interior, es indispensable configurar por medio de bordes el correspondiente volumen de agua acumulada y prever una salida al exterior.

Para desviar la lluvia de la cubierta y la pared, debe atenderse al principio básico de hacer -- que las partes superiores de la obra sobresalgan lateralmente respecto a las inferiores. El mayor problema lo constituyen todos aquellos elementos horizontales, en los que el agua puede acumularse, percutir o pulverizarse. Salientes y entrantes inevitables como los antepechos de ventanas, los que deberán ser ejecutados o recubrirse siempre de material resistente a los agentes atmosféricos, dándoles los rebordes y resaltes de goteo correspondiente.

### 7.1 PRECIPITACIONES Y TIPOS DE EROSION

Si bien es difícil evitar la influencia nociva del ambiente exterior, es posible sin embargo, disminuir ampliamente sus efectos sobre la obra mediante el empleo de materiales adecuados y de recursos constructivos. En el proceso de erosión intervienen factores orgánicos, químicos y mecánico-físicos.

### 7.1.1 EROSION ORGANICA

Como simbiosis de algas y hongos, los líquenes se fijan en los poros de la superficie de los materiales, donde almacenan agua, que enriquecen con anhídrido carbónico y oxígeno por asimilación. \*

En consecuencia, debido a la falta de aire y de entrada de polvo se forma el humus por tanto, una subsiguiente destrucción y a una nueva generación de las propias plantas.

En la base de los edificios o en las franjas horizontales de las fachadas, debido a las impurezas de naturaleza animal, se puede constituir terreno de cultivo para la erosión orgánica e incluso ser causa de erosión química.

### 7.1.2 EROSION QUIMICA

Prescindiendo de los gases desprendidos en la industria, la erosión es producida, en primer lugar por el anhídrido carbónico y sulforoso, generados por los múltiples procesos de combustión que se producen en nuestro medio ambiente, y que forman ácidos agresivos al combinarse con la humedad del aire y de las precipitaciones atmosféricas. Es factible observar sus efectos en aquellos edificios contru-  
idos de piedra natural o artificial, que ven amenazada su duración en pocos decenios, mientras que algunos edificios de la Edad Media contru-  
idos bajo el mismo sistema, aún se encuentran sin alteración visible.

La acción de ácidos, no solo corren la superficie, sino que originan una costra que fija la humedad agresiva que ha penetrado previamente y permite el progreso de la descomposición interna.

### 7.1.3 EROSION MECANICO FISICA

Por efecto de la fluctuación de la humedad, los materiales de construcción sufren hinchazón y contracción.

- Por la acción de los rayos ultravioleta se provoca especialmente en los materiales plásticos, lixiviación y requebrajamiento de éstos.
- Efecto explosivo de las sales penetradas o lixiviadas al cristalizar por aumento de su volumen (presión de cristalización).
- Precipitaciones bajo el efecto del viento (lluvia y pedrisco).
- Tensiones de temperatura, que dependen del color del material (absorción térmica) y de su densidad (conducción y radiación térmica).
- En función de la capacidad de absorción de agua, se presenta el peligro de heladas (efecto explosivo a causa del aumento de volumen (1:11) que experimenta el agua en su transformación en hielo).

## 7.2 PROTECCION DE LA CUBIERTA

Para proteger una edificación de la humedad, como primera exigencia es necesario disponer de una cubierta impermeable capaz de desviar el agua, así como de un sistema adecuado de evacuación del agua caída.

La cubierta como elemento final de toda construcción, además de brindar protección, contra los factores climáticos desde el punto de vista arquitectónico, establece el carácter regional.

En nuestro medio se construyen cubiertas según sea el clima y región, de paja, teja, lámina, ladrillo, concreto hasta casos de cubierta especial según lo requieran las especificaciones del diseñador.

La cubierta más usual y la que presenta más dificultad en su impermeabilización es la de concreto.

El grado de impermeabilidad del concreto según su composición es la siguiente:

CEMENTO PORTLAND	CONTENIDO POR M3	GRADO DE IMPERMEABILIDAD
Tipo Standard	300 Kgs.	Poroso
Tipo Standard	350 Kgs.	Permeable
Tipo Standard	400 Kgs.	Casi Impermeable
Tipo Standard	600 Kgs.	Impermeable

Como se establece en la tabla anterior, \* un concreto es impermeable cuando su contenido es de 600 Kgs./M-3, o sea un equivalente de más o menos 13.4 sacos de cemento por metro cúbico. Como puede observarse, es una cantidad mayor de la utilizada en nuestro medio para concretos estructurales (7.7 sacos/M-3), la que determina que el concreto utilizado no llega a la impermeabilidad.

El concreto en su composición básica, está formado por cuatro elementos: Cemento, arena, pedrín y agua. Es el componente agua, el que determina según la cantidad, la impermeabilidad del concreto. La relación agua-cemento en el concreto es variable según su uso, pero si tomamos un promedio de 25 litros por saco, sólo 10 litros servirán en la combinación química con el concreto. El resto ocupará un espacio que al evaporarse creará vacíos.

En consecuencia, debido a la porosidad, será difícil obtener un concreto de densidad al 100%. Esta porosidad constituye los conductos capilares, que mientras más delgados, la absorción será más intensa (Ley de Capilaridad).

Por consiguiente, al preparar la mezcla del concreto, deberá agregarse el impermeabilizante integral, el cual se encargará de revestir los canales capilares de una capa delgada a manera de volverlos repelentes al agua.

En el mercado se encuentra este tipo de impermeabilizante en forma de polvo, líquido y pastas por su fácil disolución con el agua.

\*Tabla tomada de impermeabilización e Impermeabilizantes: Germano Bezzina Pag. 60

La mayoría de materiales impermeabilizantes se basan en asfaltos y betunes, los cuales se describieron en los capítulos anteriores.

En la actualidad, a través de experimentos y la aplicación de nuevas técnicas, se han utilizado láminas de polietileno, polipropileno, butilo, etc., materiales que resultan mas caros que los convencionales.

Entre los sistemas convencionales podemos citar:

a) Asfalto Colado:

Se ejecuta por lo general sobre superficies rígidas (losas de cemento), tiene la característica de que permite el tránsito de personas (terrazas transitadas).

El asfalto colado está conformado básicamente por asfalto artificial, también llamado almácigo de asfalto.

La preparación de la mezcla en su proporción típica la constituyen: \*

60 partes por peso de asfalto artificial

4 partes de betún natural

36 partes de arena muy fina de río

La preparación se lleva a cabo en una misma caldera a base de calentamiento de la siguiente manera: primero se coloca el betún, enseguida el asfalto artificial y por último el agregado (arena de río fino), hasta lograr una buena plasticidad. El tiempo de cocimiento podrá ser de 5 horas y a una temperatura de 180 a 200 ° C, también puede utilizarse únicamente asfalto y betún. Asimismo, si se quiere enriquecer la mezcla deberá tener betún de más alta penetración y estar en cantidad superior al 15%.

Otra de las características del asfalto colado, es que puede ser reutilizado casi en su totalidad. La colocación del asfalto colado sobre la superficie a aplicar, generalmente se realiza a mano, por medio de recipientes metálicos, los que

se revestirán interiormente con aceite quemado para evitar que el asfalto se pegue.

El asfalto colado en el momento de hacer contacto con la superficie a impermeabilizar, deberá tener una temperatura de 160° a 180° C, pues de lo contrario a temperatura más baja, su viscosidad se hace alta y difícil de extender uniformemente. \*

La aplicación del asfalto, se realiza hasta un espesor de 3 mm. con espátula de madera que resista alta temperatura.

Si por especificaciones especiales se requiere de un espesor mayor, el trabajo se ejecutará en capas sucesivas en forma cruzada, delimitando las fajas con tiras metálicas (guías).

Al finalizar la aplicación de las capas de asfalto, generalmente se aplica una capa delgada de arena fina apisonada con un tamborcito de aproximadamente 25 Kgs. de peso.

La vida de la impermeabilización a base asfalto colado es de aproximadamente de 30 años.

En algunos casos de cubiertas de estructuras muy elásticas, la capa de asfalto tiende a independizarse al no poder seguir los movimientos de la cubierta. Es recomendable a consecuencia de lo anterior, tender cartón fieltro bituminoso, antes de aplicar la capa de asfalto colado.

b) Morteros Bituminosos:

Los materiales bituminosos están conformados por arena, aditiva y betún. De acuerdo a las proporciones de los diferentes elementos a utilizarse y de la característica de éstos, así será su comportamiento.

Las arenas deben estar libres de toda impureza (partículas de mica), si se quiere lograr una buena adherencia al betún. Arenas como la de mar, por su uniformidad granulométrica no son recomendables.

Para lograr un buen mortero, se debe de disponer de tres tipos de arenas de diferente granulometría, para evitar los vacíos en la mezcla.

También con el fin de evitar estos vacíos, se dispone de los llamados llenadores que generalmente son usados en porcentajes del 10 al 16 por ciento del peso total del mortero y que no es otra cosa que polvo mineral fino (roca calcárea triturada). Así también utilizando como aditivo el propio cemento, se obtienen morteros más densos.

Debe de entenderse que sin los llenadores, no se podría complementar la granulometría del agregado, a modo de obtener un conglomerado verdaderamente compacto y sin exceso de betún. Además de esta acción mecánica, los llenadores proporcionan la estabilidad deseada a los morteros.

El otro componente del mortero es el betún (ligante), que generalmente debe de ser de baja penetración 40/50, 50/60 y 60/70\*, lo que facilita la buena preparación de los morteros y evita eventuales grietas.

La cantidad de betún en la preparación del mortero está en relación del porcentaje del llenador, su función principal es la de unir los diferentes elementos del mortero. Generalmente el porcentaje de betún a utilizarse es del 9.5 al 10.5 - con 12% de llenador.\*\*

Si la mezcla es efectuada correctamente, el mortero bituminoso no necesita de mucho mantenimiento; se utiliza en terrazas transitadas, en banquetas de peatones en el caso de que abajo de éstas se encuentran sótanos. El espesor aconsejable es de 1.5 a 2.0 cms. ó más según se requiera.

c) Cubiertas de capas múltiples superpuestas:

Es un tipo de impermeabilización a base de capas, de las cuales unas funcionan como esqueleto sirviendo para soportar las tensiones que se puedan presentar y las otras como capas alternadas que son completamente impermeables.

El material que generalmente se utiliza es el cartón fieltro, indistintamente para cubiertas de madera o cemento. Dependiendo del número de capas, material utilizado y de la mano de obra especializada, así es la calidad y duración de la impermeabilización

\* Idem Características del Betún. Pag. 83

\* Idem Métodos Empíricos para determinar la cantidad de Bitumen. Pag. 88

Algunas veces suele utilizarse en vez de cartón fieltro, la tela de yute que -- ofrece muy buenos resultados.

Los fieltros impregnados de ligante hidrocarburoados que se utiliza en la impermeabilización son de dos tipos:

1. Cartón-fieltro cilindrado que está constituido por papel lana impregnado de bitumen desde un mínimo de 100% a un máximo del 170% de peso del ligante en relación al peso del papel lana. \*
2. Cartón-fieltro con tratamiento superficial o sea papel lana que habiendo sido impregnado en forma normal, está sujeto a la aplicación en una o dos de sus caras de un ligante superficial, saturado de mica, talco o cualquier agregado mineral con o sin color. \*\*

Para revestimiento y fabricación del cartón-fieltro se emplean, según las normas alemanas DIN:

1. El cartón alquitranado
2. El cartón embetunado o asfáltico
3. El cartón alquitranado especial y el cartón alquitranado asfáltico

El cartón alquitranado se fabrica impregnando cartón bruto revestido de pasta de recubrimiento por ambas caras y esparciendo arena fina sobre ambas superficies. La pasta a utilizarse en la impregnación para el recubrimiento, está compuesta por subproductos alquitranados de la destilación de la hulla.

La presentación de este tipo de impermeabilizantes es en rollos, debiendo almacenarse en posición vertical y en sitio seco.

Quando se aplica en cubiertas de madera, se acostumbra clavar la primera capa, para evitar posibles esfuerzos de tensión sobre la impermeabilización provocados por movimientos o grietas, que pudieran manifestarse en la superficie del apoyo. A este sistema se le denomina "Sistema Independiente".

Según las especificaciones alemanas, el cartón deberá clavarse a no menos de 0.02 mts. del borde, con una separación entre clavos de 0.10 mts.. Las capas subsiguientes aunque la norma indique que puede clavarse, no es reco-

\* Idem Pag. 90

\* Idem Pag. 91

mendable debido a que los agujeros de los clavos pueden convertirse en focos de filtración. Se recomienda utilizar pegamento asfáltico.

En algunos trabajos en casas de campo en las E.E.U.U. se han realizado este tipo de impermeabilización con la innovación de que después de colocar 3 capas de cartón fieltro y colocando encima la capa de selladora, se procedió a colocar una capa de tierra, sembrando posteriormente grama.

El resultado que se obtuvo fue además de agradable a la vista, protección térmica en los climas cálidos.

Si en vez de clavar la primera capa, ésta se pega en su totalidad, las reparaciones resultan más fáciles, pero por el contrario la impermeabilización se resentirá mayormente con los movimientos de los apoyos.

En cubiertas de madera se debe de tener cuidado al realizar trabajos de impermeabilización, ya que con el peso de los obreros ésta tiende a deflectar se y con ello originar ampollas en la capa de cartón. Este tipo de problemas se reducen cuando la impermeabilización se ejecuta sobre cubierta de concreto.

Cuando se trata de terrazas de concreto, la impermeabilización deberá realizarse con mano de obra aún más especializada, pues de lo contrario es fácil la formación de bolsas de aire, ondulaciones o ampollas, lo cual repercutirá en la duración del trabajo.

La formación de ampollas en la cubierta de cartón fieltro, son debido a la presencia de agua en estado de vapor, por lo que se recomienda si se quiere evitar este problema, no realizar los trabajos de impermeabilización o tomar las precauciones necesarias en épocas lluviosas.

En consecuencia se hará necesario en todos los casos, la utilización de cartón permeable al vapor de agua y la espera del tiempo necesario, para que la superficie de concreto o impermeabilizar se encuentre lo más seca posible.

NOTA: Se investigó en COGUANOR, en relación a esta especificación, determinando que no existe ninguna norma que se adopte en nuestro medio. En general no existen normas adoptadas en el tema de la impermeabilización.

Los pliegos de cartón se colocan paralelos al alero en pendientes que no excedan de 20° y en forma perpendicular en pendientes más fuertes. Debe procurarse que las fajas de cartón no alcancen longitudes mayores de 5 metros. La temperatura tanto en la caldera como en el punto de aplicación dependen de la naturaleza de los productos así:

A base de bitumen:

De 200 a 220° C en la caldera y de 180 a 200 °C en el punto de aplicación

A base de Alquitrán de Hulla:

De 160 a 180 °C en la caldera y de 150 a 160 °C en el punto de aplicación.

A base de Brea Especial de Alquitrán:

De 140 a 150 °C en la caldera de 110 a 130 °C en el punto de aplicación.\*

En construcciones de poca importancia como almacenes de herramientas, el sistema de impermeabilización se puede realizar con una sola capa de cartón-fieltro, siendo la pendiente mínima de recubrimiento con una capa no pegada en toda su superficie, de 25 grados; y para cuando ésta no va pegada en toda su superficie, de 15 grados. La pendiente más recomendable es de 10 grados para este tipo de trabajo, los que deberán ejecutarse en tiempos muy secos. Las fajas de cartón son de 2.5 metros, debiendo cortarse las aristas en ángulos de 30 a 45 grados para contrarrestar la falta de hermetismos debido a la cantidad de juntas provocadas por la longitud de los cartones.

d) Impermeabilización de dos o más capas:

En construcciones importantes y de mayor duración, la impermeabilización suele ser a base de dos o más capas de cartón-fieltro. La pendiente mínima será de 1.5 grados y la más adecuada entre 4 y 8 grados. En cubiertas de madera se acostumbra clavar la primera capa con clavos especiales de cabeza ancha y pegar las capas sucesivas en toda su extensión, siendo el traslape más adecuado en las capas pegadas de 2/3 de la precedente.

Este tipo de impermeabilización es el más usado por ofrecer mucha seguridad contra temporales y aguaceros y puede garantizarse por largo tiempo.

\* Tabla tomada de Cap. Cubiertas de Concreto  
Ob. Cit. Pag. 102

Uno de los aspectos que reviste de vital importancia en el sistema de impermeabilización lo constituyen "Las Juntas", según el caso que se presente se escogerá entre una junta móvil o una rígida. En los revestimientos de varias capas en donde se utilizan piezas metálicas en los encuentros de capas, es conveniente el empleo de juntas móviles. Todas las piezas de metal, deben clavarse al soporte con distancias máximas entre clavos de 5 cms. para evitar la deformación de las piezas que puedan ocasionar fallas en el hermetismo de la impermeabilización.

En las cumbreras, una sola faja de cartón deberán cubrir las dos vertientes entre 15 a 20 cms.

El acabado final en una impermeabilización a base de cartón-fieltro, es siempre de color del bitumen empleado, negro. Esto como sabemos influye sobre la temperatura de los locales cubiertos debido a la radiación; por lo que se recomienda extender sobre la superficie, un acabado de arena fina con el color más claro posible. Se obtiene un mejor resultado si se coloca una capa de polvo de aluminio que pueda ser echado con un cepillo suave simultáneamente con la capa de sellado.

Este tipo de impermeabilización no se recomienda para terrazas transitables. Si se desea transitarle, la impermeabilización deberá protegerse con una capa protectora, usualmente se utiliza una capa de ladrillo de cemento pegada sobre una capa de arena. Si existe una baranda de mampostería en todo el perímetro de la terraza, deberá por lo menos dejarse, 3 cms. libres entre el muro y el ladrillo de cemento para evitar sin producir grietas, que éstos puedan moverse con los cambios de temperatura y con los movimientos de las capas inferiores.

Hay tres aspectos muy importantes de evitar durante la aplicación de la capa impermeable:

- 1) Sobrecalentar el bitumen por espacios largos de tiempo antes de la aplicación. Esto evaporará los aceites livianos del bitumen y cambiará sus propiedades físicas. La ductibilidad del bitumen se reducirá a modo de perder parte de su elasticidad. Además el sobrecalentamiento del bitumen aumentará las dificultades de aplicar las cantidades especificadas entre las capas de cartón-fieltro.

- 2) Usar el cartón-fieltro húmedo o parcialmente mojado; el bitumen caliente no tiene la cantidad necesaria de color para evaporar la humedad y por lo tanto, no secará al momento de la aplicación.\*
- 3) Dejar partes de la capa superior al descubierto, sin la debida protección.\*\*

En cubiertas de láminas, podrá disponerse de cualquiera de los métodos anteriormente citados. Si la construcción no es de mucha importancia, únicamente se tendrá cuidado de impermeabilizar las puntas más vulnerables o sea en donde los clavos penetran la lámina para la fijación de éstas en las costaneras.

En el comercio se encuentran unas piezas especiales llamadas cubre-clavos en forma de sombrero, hecho de cartón-fieltro rellenos de cemento plástico.

El cemento plástico actúa como protector adhesivo y el cartón-fieltro servirá como protección de acción prolongada contra el envejecimiento causado por los factores climáticos; la forma de empleo es muy fácil, basta con presionar a mano el sombrero contra el clavo.

Otro sistema que puede recomendarse en la protección contra la precipitación pluvial en láminas metálicas, lo constituye el uso de material impermeabilizante, como cemento plástico colocado entre las partes de las láminas que se traslapan longitudinalmente.

También debe protegerse con una capa impermeabilizante la parte inferior de las láminas metálicas, en la cual se produce humedad debido a las diferencias de temperatura. Este tipo de tratamiento a emplear depende para cada caso, de la importancia de la construcción así como de la economía del tratamiento.

Para este tipo de tratamiento se emplean principalmente pinturas impermeables y -- productos bituminosos de aplicación en frío. Entre los tratamientos que resultan mas económicos y son de fácil aplicación, podemos mencionar el empleo de pinturas impermeables. Para aquellas superficies de láminas metálicas con poco deterioro, los productos que presentan una solución aceptable y que generalmente se utilizan los productos que presentan una solución aceptable, son el óxido rojo o minio pulverizado en aceite de linaza.

En las superficies que presenten mayor grado de deterioro debe emplearse alguna pin

tura a base de aluminio, asfalto y asbesto fibroso, la cual sella agujeros de clavos, rajaduras o juntas de láminas.

En este tipo de cubierta no debe de aplicarse nunca aquellas pinturas a base de grafito, bitumen y/o hule.

Cuando en la cubierta se use lámina nueva, no habrá necesidad de aplicar ningún tratamiento por su impermeabilización, por lo menos durante un período mínimo de cuatro meses, y a veces aconsejable por 1 año ya que las láminas nuevas poseen una capa protectora de aceite de palma. Cuando se estime que ya es necesario la aplicación de algún tratamiento, previo a efectuar éste, se deberá eliminar la capa protectora lavando la cubierta con ácido muriático diluido en agua en concentración del 10% al 20%, enseguida se procederá a lavarse con agua en forma abundante para evitar que la acción del ácido corroa el metal. De igual manera las láminas galvanizadas pueden prepararse para su pintura lavándolas con una solución de tres gramos de sulfato de cobre, cloruro de cobre o acetato de cobre, para cada litro de agua.

Los tratamientos con productos bituminosos de aplicación en frío para la impermeabilización de cubierta, son generalmente compuestos de asfalto con un alto contenido de fibras de asbesto, rellenos de minerales inertes y solventes especiales de rápida evaporación. \*

Para solventar aquellos problemas por la falta de adherencia, debido a la humedad que puedan presentar algunas superficies cuando se realiza este tratamiento en épocas lluviosas, se hace necesario aplicar primero una mano de imprimación para aumentar la adherencia de la impermeabilización asfáltica posterior.

La forma de aplicación de la capa de imprimación se hace empleando un cepillo, brocha, debiendo comprobarse antes que la superficie a imprimir esté limpia y libre de partículas sueltas. Estas imprimaciones se hacen con emulsiones o suspensiones asfálticas de fácil aplicación, que deberán dejarse secar antes de aplicar el tratamiento impermeabilizador.

Cuando se trate de láminas que hayan sido colocadas hace mucho tiempo, antes de emplear el tratamiento o impermeabilizante, deberán eliminarse primero la herrumbre y el moho, utilizando para ello fuego, aplicado con una antorcha de gasolina ya que el calor convierte al moho y la herrumbre en peróxido de hierro, que posteriormente puede eliminarse fácilmente con un cepillo de alambre.

### 7.3 Protección por la Pared Exterior

En la elección de la estructura de una pared exterior, intervienen más consideraciones estructurales y económicas que en otros elementos de la construcción.

La pared exterior, así como la cubierta están compuestas de diferentes materiales elegidos para satisfacer de manera óptima cada una de las funciones parciales a asumir-sustentar, aislar e impermeabilizar.

En lo referente a la impermeabilización de paredes, existen dos sistemas que generalmente son más usados, los llamados blanqueados y enlucidos.

Tanto el enlucido como el blanqueado exterior de las obras, están destinados a preservar el interior de los muros contra la penetración de las aguas de lluvia impulsadas por el viento. Así mismo deben permitir la evacuación de la humedad interior del muro al aire exterior y también ofrecer ciertas calidades estéticas necesarias para la construcción.

El blanqueado y en el enlucido, con el objeto de realizar una obra duradera, deben de aplicarse únicamente en superficies de paredes secas y en buen estado.

El enlucido generalmente se ejecuta en proyecciones sucesivas de 3 capas de mortero de una dosificación bien determinada, dependiendo la solidez del mismo, de su adherencia con el muro y de su homogeneidad.\*

Para que se obtenga una buena adherencia de las capas de mortero, es necesario que la superficie de la pared sea rugosa y que esté libre de impurezas y polvo.

Todo resto de pintura o de materias diversas debe de eliminarse cuidadosamente utilizando un cepillo metálico.

En muros de concreto la superficie debe ser picada utilizando una martillina, con el objeto de obtener una rugosidad suficiente.

No debe de aplicarse jamás un mortero de base de cemento, sobre un fondo que contenga cal, yeso o magnesia. Sobre fondos de cemento y cal es conveniente el mortero de cal, mientras que un enlucido de yeso puede aplicarse de forma indiferente sobre cemento o cal.

\*Tomado de la Construcción de Edificios, Albafile  
ría y Hormigón Armado: Gerard Band pag. 139

Quando resulta imposible la adherencia del mortero, puede utilizarse como armadura de mortero, una tela metálica galvanizada o inoxidable fijada a la pared por medio de clavos o puntas.

Para obtener una mejor adherencia y evitar las contracciones en la aplicación de las capas debe de transcurrir entre éstas el menor tiempo posible y debe regarse intensamente la obra antes de efectuar la aplicación de cada capa o hacerle estrías con el filo de la llana.

Uno de los aspectos producidos por la humedad que generalmente presentan algunos muros, son las llamadas eflorescencias.

Las eflorescencias provienen de la disolución de ciertas sales minerales, que pueden contener los materiales empleados o el agua utilizada en la mezcla.\* Su aparición sobre las superficies de las paredes proviene del desplazamiento de la humedad durante el fraguado, así como la evaporación.

El salitre, es la eflorescencia más frecuente y es causado por la presencia del amoníaco. Los hidratos y los carbonatos de cal son producidos, respectivamente por los aglutinantes y por los agregados: arenas, gravas y otros minerales. En países donde suele usarse anticongelante por los efectos de las heladas, éstos provocan a veces la aparición de álcalis y de cloruro de cal y las aguas selenitosas libran los sulfatos de cal.

Siendo el agua el principal factor de los que intervienen en la producción de eflorescencias, puede prevenirse la aparición de éstas siguiendo las siguientes reglas: \*\*.

- No aplicar jamás un enlucido antes de que la pared esté completamente seca.
- Proteger eficazmente de la humedad que sube del suelo, los muros de los cimientos.
- Usar sólo el agua necesaria en la preparación del mortero de enlucido sin anegarlos.

Es necesario eliminar las eflorescencias inmediatamente cuando éstas se presentan, teniendo en cuenta que el sistema a utilizar dependerá de la naturaleza de las mismas.

- a) Cuando las eflorescencias se presentan como una capa blanca vidriosa, éstas provienen de la cal, y se disuelven por medio de una solución de ácido clorhídrico.
- b) Cuando las eflorescencias se manifiestan en forma de plumón suelen ser producidas por -

\* Idem Eflorescencias Pag. 140

\* Idem Eflorescencias Pag. 140

los álcalis y se hace necesario eliminarlos por un cepillado enérgico con un cepillo metálico. Debe de omitirse el lavado.

Existen otros tipos de impermeabilizantes a base de productos químicos que presentan una impregnación invisible y permiten la respiración del muro, entre éstos podemos mencionar, los de hidrofugación superficial a base de impregnación invisible de silicones.

Las resinas de silicones en solución orgánica en un disolvente ligero, penetran con facilidad en la piedra cubriendo sus poros, sus capilares y sus pequeños agujeros mediante pequeñas porciones resinosas hidrófugas, al contacto de las cuales el agua sólo puede presentarse en forma de gotitas y no de una capa delgada, consiguiendo frenar la penetración del agua sin existir capilaridad.\*

El silicón, sin embargo, en la superficie donde se aplique permite la formación de un depósito descontínuo y delgado, como una especie de rejilla interrumpida por varios orificios de pequeño diámetro. Esto hace que durante varios meses, la lluvia se deslice por su propio peso resbalando en forma de gotas sin penetrar ni mojar el material.

A pesar de ser un defecto, cuando éste ha desaparecido por la abrasión y el envejecimiento, la superficie sigue protegida de la acción del agua en un espesor de varios milímetros aunque por la acción del tiempo, la polución atmosférica ya no se lava perfectamente con la lluvia y se va depositando lentamente.

Si se desea que la impregnación de la superficie a cubrir quede uniforme, es imprescindible que ésta se encuentre completamente seca por todas partes. Situación que a veces se torna un poco difícil por la conservación del andamiaje en un buen período de tiempo mientras la obra se finaliza.

El empleo de los silicones resulta ineficaz en superficies horizontales y en aquellas que contengan fisuras o juntas que excedan de 0.15 mm, mayormente si éstas se presentan en fachadas -- abiertas al viento.

Se pueden obtener mejores resultados, con el uso de fuertes dosis de resinas (6 a 8%) \* en un disolvente orgánico.

Hay ciertos tipos de impermeabilizantes como los silicones en solución acuosa, llamada silicato, que aunque pueden adaptarse a superficies impregnadas de una ligera humedad residual, gozan de una reputación de menos favorable.

Algunos productos garantizan impermeabilizaciones duraderas por largos períodos (5 a 10 años) cuando son aplicados en dos capas de impregnación.

En la actualidad entre los productos invisibles y penetrantes de mayor aceptación se encuen

tran las resinas de silicones disueltas en cantidad suficiente en un disolvente ligero, su empleo debe ser precedido de una profunda revisión de la fachada para comprobar la continuidad de las juntas, así como que ésta se encuentre libre de fisuras.

Existen además otras impregnaciones invisibles, sobre las cuales el fabricante guarda -- total secreto en su composición, lo que origina inconvenientes tanto para el constructor como para el propietario, ya que no se puede tener una idea precisa de sus ventajas y de sus inconvenientes, se trata de jabones metálicos, tipo de estearato de cinc, y de aluminio o de calcio y de otros compuestos.

Algunas de las ventajas que muestran, es la menor sensibilidad a los alcalinos que los -- propios silicones, afectando más a las superficies de concreto que a las de piedra.

Algunos de estos productos están diluidos en disolventes cuyo mal olor persiste largo tiempo y en consecuencia no son recomendables.

También podemos mencionar impregnaciones invisibles de sustancias minerales que reducen la absorción capilar y fortalecen el endurecimiento del revestimiento. Entre estos tenemos de rivados del ácido silícico, de las soluciones acuosas de silicofloruro de magnesio, también de cinc o de aluminio, los que se utilizan bajo la denominación común de fluatos o flusilicatos. Estos productos reaccionan con el carbonato cálcico de la piedra formando cristalizaciones poco o nada solubles en la entrada de los capilares y poros diversos. Estas cristalizaciones pueden ser expansivas, obturando parcialmente y consolidando la superficie del muro. Por otra parte los productos formados son más resistentes a los ácidos débiles.

Este tratamiento suele llamarse fluatación y proporciona a la superficie (piedra, ladrillo o block) una calcificación artificial y la protege además de la acción corrosiva de la atmósfera. Frenará la penetración de la humedad, disminuirá el riesgo de abrasión y la permeabilidad al vapor se mantendrá a un nivel aceptable, pero la acción protectora frente a la suciedad tiene pocas probabilidades de ser suficientes; ésta es netamente inferior a la que aportan las impregnaciones de silicones. En realidad la acción capilar se frena pero no se suprime. \*

Hay sistemas pocos conocidos, pero que merecen ser examinados así podemos mencionar la protección radical contra la lluvia mediante impregnación en forma de semipelículas de resinas acrílicas. El muro recibe una impregnación muy diluida de resinas acrílicas y sueltas en un disolvente ligero. Esta impregnación está dosificada de manera que se absorba casi enteramente en los primeros milímetros de la superficie, sin que se forme una lámina (pelí-

cula) gruesa en ésta.

Estas soluciones fluidas y penetrantes llenan los poros, consolidan de nuevo las zonas quebradizas y por su acción "tapa poros" y su tensión superficial impiden la penetración del agua. Por tener buena resistencia a los ácidos atmosféricos contribuye a la protección de la superficie de la pared.

El riesgo principal de su empleo es el eventual fallo a la permeabilidad del vapor de agua; en algunas obras, a la resina se le añade una pequeña porción de pegamento para formar una base coloreada y disimular así la apariencia defectuosa.

En resumen este método es recomendable para que el muro siga respirando a un nivel aceptable, para protegerlo de la corrosión y reforzar de manera parcial la superficie del material utilizado (piedra, ladrillo, block). No es recomendable en aquellos muros que no estén completamente secos.

Además de los sistemas presentados anteriormente, vale la pena mencionar los sistemas de revestimiento impermeabilizantes y los aislantes (de sellado).

A los primeros corresponden cierta clase de productos de tipo de resinas acrílicas o vinílicas mejorada, su presentación puede ser en solución orgánica o en dispersión acuosa, tanto una como la otra se aplican con rodillo o cepillo. Este sistema impide la impregnación de la lluvia en el muro, reparándolo y dejándolo respirar. La duración de algunos de estos revestimientos suele ser de 5 a 10 años.

Con el fin de que la fachada conserve su estética es conveniente utilizar productos transparentes e incoloros.

En el segundo grupo, "revestimientos aislantes (de sellado)", pueden mencionarse aquellos productos también del tipo resina acrílica en dispersión acuosa y que su modo de aplicación es similar al primer grupo (con cepillo o rodillo).

La diferencia estriba en la colocación de tejido especial de fibra de vidrio entre las capas sucesivas aplicadas. Así también suele utilizarse fibra sintética o fieltro sintético con lo que además de lograr el refuerzo, facilita el sellado de las grietas que presentan un ancho menor de 1 milímetro. Pero lo más importante del sistema es que aunque la armadura permita la aparición de nuevas grietas, éstas no logran afectar el revestimiento

incluso cuando alcancen un espesor del 1 milímetro. La duración de este sistema es similar al anterior.

Por último mencionaremos, la protección contra la lluvia en paredes mediante la aplicación de una pintura. Existen varios procedimientos los cuales se describirán en forma breve.

Para paredes exteriores, suele aplicarse pintura plástica porosa tipo acrílico o vinílico, así también como de piolita o incluso una pintura fibrosa. Su duración es por lo general superior a los cinco años.

Otro de los procedimientos, es el revestimiento plástico, los que son de utilización de corativa y están compuestos a base de alómerante incoloro o pigmentado, que también son conocidos como enlucidos de paramento plástico. Su duración es superior a los cinco años.

Un tercer grupo es el de revestimiento aislante pigmentado en su estructura; está armado -- con tela de fieltro a base de fibras dispersadas en una de las capas de pintura. Su duración es superior que los procedimientos citados con anterioridad, de aproximadamente 10 años.

En muros de ladrillo, la duración de estas pinturas, está en función de su porosidad. En estudios de laboratorios recientemente se ha comprobado que en aquellos muros que permanecen secos en toda su superficie bajo una capa de pintura aislada (poliuretano, epoxy), -- que la duración y adherencia de las pinturas es mayor cuando más se dejan atravesar por el vapor de agua (se les llama microporosas).

Hay algunos aislantes que no limitan excesivamente los intercambios de humedad, ellos son las simples emulsiones o dispersiones acrílicas, vinílicas y pinturas a base de piolita.

C A P I T U L O No. 8

8. PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD DE LA OBRA

8.1 HUMEDAD DE CONSTRUCCION

8.2 AGUA DE SERVICIOS: AGUA POTABLE Y DRENAJE

8.3 AGUA DE CONDENSACION

## 8 PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD EN LA OBRA

En una obra el contenido de humedad y la generación de ésta, está en función de la humedad de elaboración y la humedad residual de los materiales de construcción, así también de las condiciones climáticas y de la forma de utilización de los materiales. En el proceso de construcción de una obra, la humedad varía para cada material, en función de su ubicación en la obra y de su propia estructura interna.

Los cambios por condiciones atmosféricas repercuten directamente sobre aquellos elementos de construcción externa y en aquellos de construcción inadecuada; teniendo en consideración además que el contenido de humedad en una obra, se encuentra en íntima relación con el aislamiento térmico, de ahí que la protección de ambas, debe preverse casi simultáneamente.

### 8.1 HUMEDAD DE CONSTRUCCION

Existen varios condicionantes en lo referente a la introducción de humedad en el proceso constructivo de una obra, entre los cuales podemos mencionar a los propios elementos empleados, en la forma en que estén colocados y las condiciones atmosféricas que prevalecen durante el amacenamiento de materiales y en el propio proceso constructivo. Los daños que este tipo de humedad pueden ocasionar en una obra en construcción, dependen de la cantidad con que la humedad se presente y de la rapidéz de su secado. Así, mientras más pronto se alcance la humedad de equilibrio, es decir cuando la humedad propia de los materiales al ser colocados en la obra, sea igual a la humedad que tendrán después permanentemente, así será de eficaz y rápida la construcción de la obra.

En la actualidad, tanto el proceso de fabricación de materiales como el constructivo, han sido revolucionados a través de la tecnología moderna en el sentido de proporcionar el material a la obra de construcción con una humedad equilibrada y para que su colocación sea de igual manera, en seco. Es decir edificar mediante un montaje desprovisto totalmente de humedad de construcción, teniendo únicamente el cuidado de proteger a la obra contra la humedad de las precipitaciones que se presenten, mientras que ésta permanece sin protección.

En los elementos constructivos que son de carácter vertido, colocados y en los ensamblados, es donde la humedad se pone de manifiesto al máximo. A este respecto las construcciones con armadura de acero, se presentan más favorables, que las construidas en forma maciza.

Así tenemos como conclusión, que los sistemas antiguos a base de esqueleto de madera, cuyos elementos se montan en estado de humedad permanente, son los sistemas de montaje actual.

El grado de humedad de construcción puede ser disminuido considerablemente en un buen porcentaje, con la cuidadosa elección de los materiales, así como también del empleo de elementos prefabricados y evitando en lo posible, aquellos trabajos capaces de aportar humedad. Deberá tomarse en consideración, que en la medida que sea justificable, fabricar todo aquel elemento constructivo con la debida anticipación y deshumedecerlos durante la estación seca.

Otra medida a adoptar, es la de proporcionar el espesor necesario a las paredes macizas -- que dan al exterior, e imprescindible del aislamiento térmico a base de grosor de muros, utilizando únicamente sistemas a base de materiales aislantes de alta calidad. En cuanto a las dimensiones de algunos elementos, en este caso superficies de paredes, deberán ser evitados aquellas que sean muy grandes y de naturaleza poco absorbente para disminuir la cantidad de mortero.

En lo referente a la cubierta, es recomendable también la utilización de elementos prefabricados ya sea parcial o totalmente; y las que formen el relleno o fundido de material cerámico o de concreto ligero.

Artificialmente, puede contribuirse a la desecación mediante la utilización de hornillas de coque o aparatos generadores de aire caliente.

En resumen, de esta manera se optimiza los tiempos de ejecución, endurecimiento y desecación de una construcción.

## 8.2 AGUAS DE LOS SERVICIOS

Adicionalmente a los distintos tipos de humedad que se han descrito con anterioridad, podemos citar la que es producida por las aguas de servicios, concretamente por las instalaciones de agua potable y drenaje. En términos generales, este tipo de humedad puede detenerse por medio de obturaciones, impermeabilizantes y desviaciones.

Los ambientes más afectados para este caso, y en los cuales se debe tener especial cuidado en la perfecta ejecución de desagües son: cuarto de baños, duchas, urinarios, fregaderos de vajilla y todos los demás lugares donde se produzcan humedades de este tipo.

Tanto las paredes como los techos, deberán impermeabilizarse mediante materias hidrófugas o revestirlas con placas o losetas impermeables. Debe tenerse cuidado en cuanto a la igualdad de pendiente entre las capas obturadoras y los revestimientos.

La función específica para la cual están diseñados los aislamientos impermeables, colocados por detrás de las losetas de recubrimiento en los ambientes donde se presenta la humedad por la acción de las instalaciones sanitarias, sólo se cumple, cuando dichos aislamientos llegan como mínimo 30 cms. más arriba de los accesorios (grifos de agua, cabezas de duchas, o bocas de fregadero), ver fig. 8-1. \*

La protección contra las aguas residuales, es análoga a la protección contra las aguas subterráneas y se refiere principalmente a las aguas ácidas.

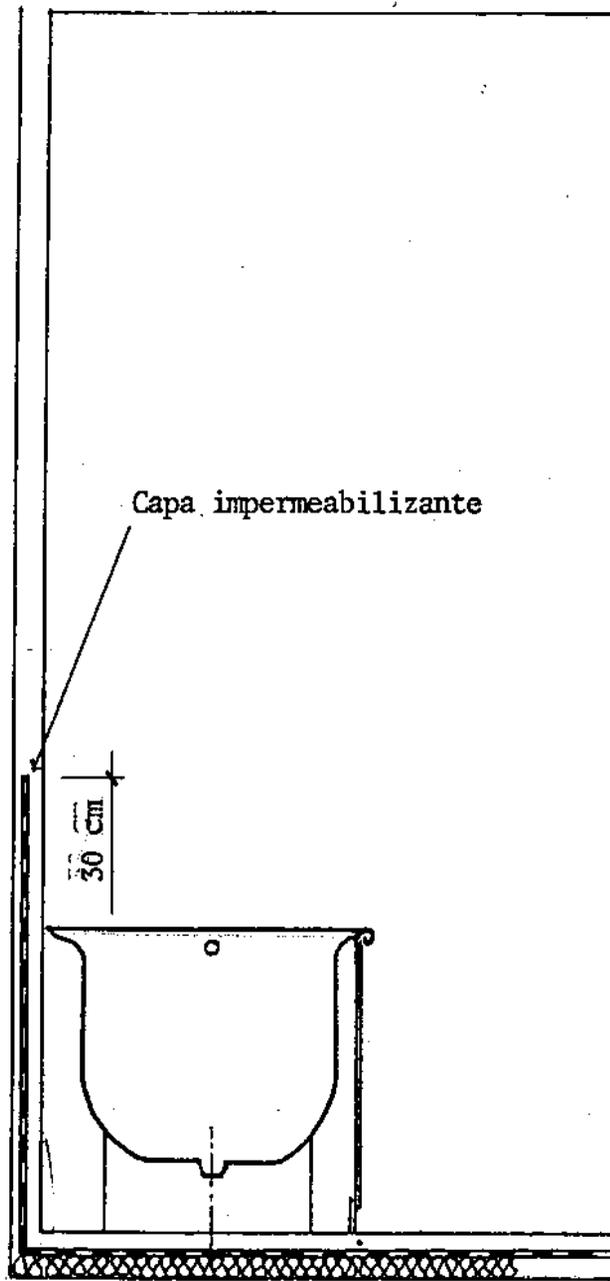
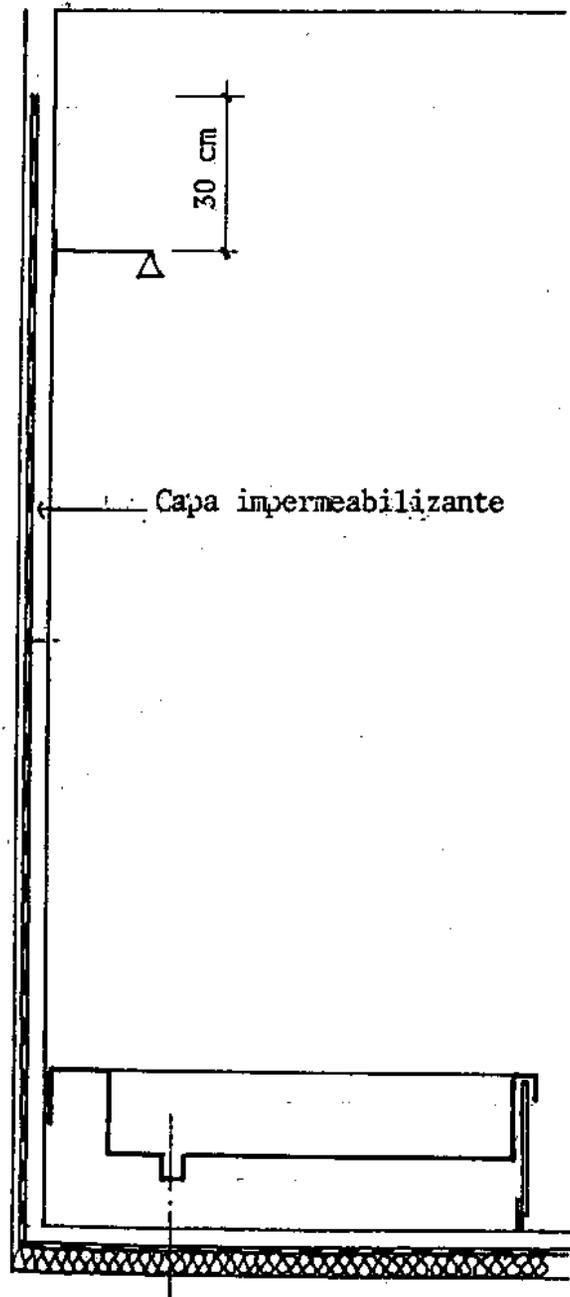
La ventilación de las conducciones mejoran su resistencia a la corrosión y falicitan la evaporación de los productos químicos nocivos.

Generalmente para proteger los elementos de una conducción de aguas residuales, es suficiente un revoco y enlucido de cemento Portland hidrofugado de unos 2 centímetros de espesor. En profundidades superiores a 3 metros se aumentará el espesor del revoco en el fondo y parte baja a razón de 1 cm. por cada 2 y 1/2 metros de exceso.

Cuando sea necesario obtener una impermeabilidad absoluta en determinados casos, se alquitranarán o enlucirán con barniz especial o lechado de cemento, que se adhiera bien a la masa del tubo.

En caso contrario, cuando hay artefactos sanitarios como lavabos, artesas, fregaderos, etc., - que se encuentran aplicados a la pared, la humedad penetra a ésta y se expande a las paredes contiguas, a consecuencia del agua infiltrada por las juntas o grietas.

En este caso particular, y adicional a la colocación de la capa impermeable y obturadora, deberá sellarse la unión entre el artefacto y la pared por medio de mástique de elasticidad permanente. (ver fig. 8-2).\*\*



Aislamiento Térmico

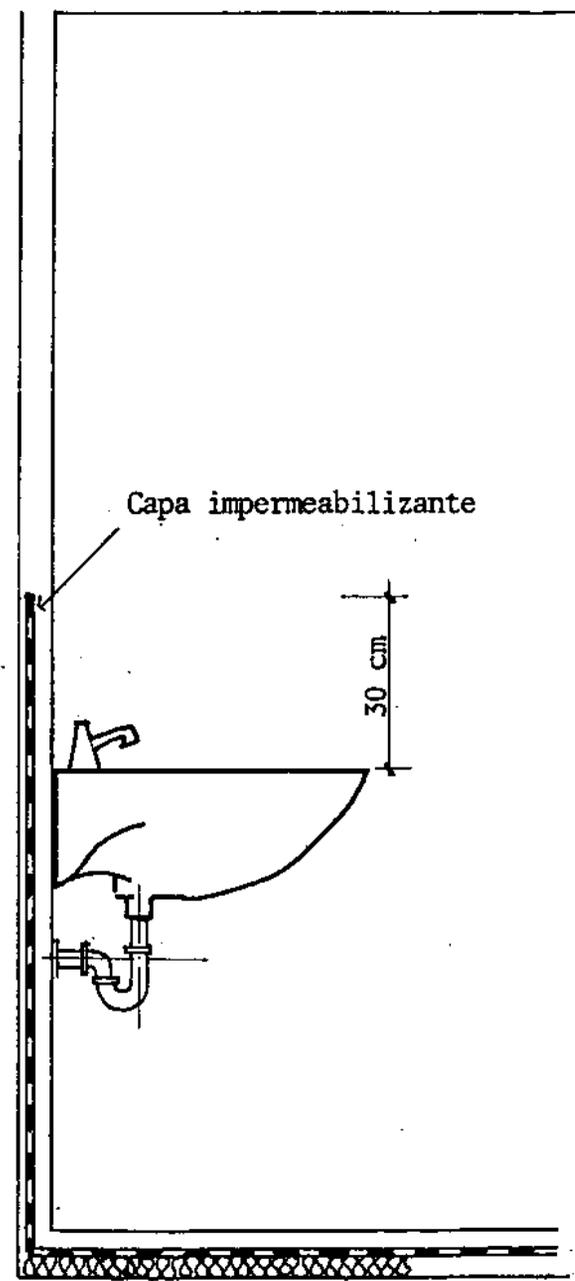


Fig. 8-1

En caso contrario, cuando hay artefactos sanitarios como lavabos, artesas, fregaderos, etc., que se encuentran aplicados a la pared, la humedad penetra a ésta y se expande a las paredes contiguas, a consecuencia del agua infiltrada por las juntas o grietas.

En este caso particular, y adicional a la colocación de la capa impermeable u obturadora, deberá sellar se la unión entre el artefacto y la pared por medio de mástique de elasticidad permanente. (ver figura 8-2)

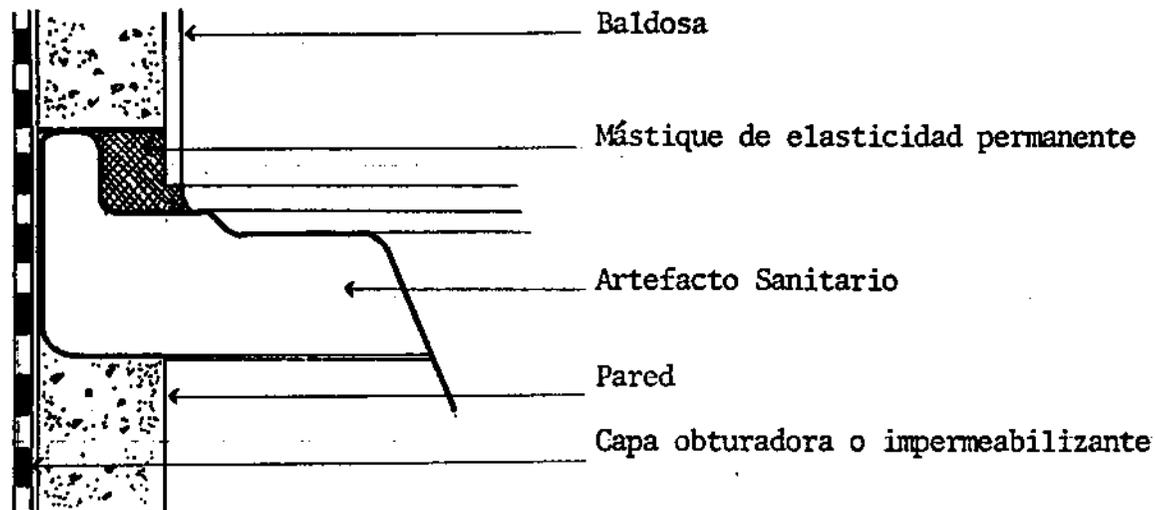


Fig. 8-2

En forma general debe de procurarse que las losetas de recubrimiento tengan su superficie anterior a ras con la superficie del enlucido de la pared por arriba y por los lados, y que dichas losetas no presenten ninguna saliente en donde pueda almacenarse polvo o agua.

Esta es una razón suficiente, para dedicar especial cuidado en las unidades de artefactos sanitarios, pilas y fregaderos con las paredes respectivas.

En un buen porcentaje de edificaciones, los artefactos sanitarios se localizan en forma separada de la pared. Si bien es cierto esto constituye una ventaja en cuanto a penetración de agua, pero no representa una solución por si sola, ya que siempre existirá agua que salpica la pared y resbala hasta el piso ya que habrá que recogerla constantemente.

Las reglas que a continuación se descubren, son de carácter fundamental y se aplica a la impermeabilización de los pisos especialmente:

- La capa de piso, la de obturación, así como la capa que sirve de base o apoyo siempre deberán tener la misma pendiente hacia el punto de desagüe del piso.
- Para que exista la seguridad de que el agua no penetre nunca por detrás ni por debajo de las superficies verticales (paredes, pies derechos, tubos) con que enlaza, la capa de impermeabilización deberá atenderse hasta alcanzar la altura suficiente.

De una manera continua y sin rotura, las capas de impermeabilización deben levantarse del piso a las superficies verticales (paredes, tabiques) que se deseen impermeabilizar, por lo que los ángulos entrantes formados deben redondearse con concreto o con enlucidos. Otro aspecto que reviste de vital importancia, es el recubrimiento de la tubería que atraviesa el piso, por medio de manguitos de plancha o mejor aún plomo. Así también las fundas de la tubería deben de estar provistas de juntas suficientemente amplias para unirse perfectamente con las láminas impermeabilizantes. Caso especial es el de la tubería de calefacción o de agua caliente, que requieren de un aislamiento especial de corcho entre el tubo y el manguito de obturación. Cuando se trata de varios tubos es más recomendable recubrirlos con un zócalo de concreto, redondeándolo en su enlace con el piso de alrededor.

Una forma de minimizar estos problemas es previendo desde la planificación, la agrupación de los ambientes con servicios de agua. Esto permite la creación de ductos de instalaciones y su consecutiva concentración en un sólo recinto, tanto de ruidos como de humedad provenientes de las conducciones de agua y cuartos sanitarios. La conveniencia de este recinto

to de drenajes, canales de aireación para cuartos de baño interiores. Las instalaciones así reunidas son más fáciles de aislar contra la humedad y la transmisión de ruidos, que si se dan en forma separada e individual.

### 8.3 AGUA DE CONDENSACION

En la actualidad debe de contarse con un nuevo incremento de humedad superior que en épocas pasadas, el cual es causado por el alto consumo de agua en cocinas y baños, el agua producida por el funcionamiento de aparatos de gas (aproximadamente 1 litro/m<sup>3</sup> de gas), - así también una deficiencia de aireación en las habitaciones y una elevada temperatura -- consecuente de la calefacción

Otro de los factores que mantienen la humedad en los locales, es el de las calefacciones por agua caliente; el aire caliente y húmedo es evacuado por la calefacción por estufas y aspirando en su lugar por las rendijas de puertas y ventanas. aire frío y seco, produciendo la renovación del aire (oxigenación).

Todos estos factores de humedad, se ven incrementados por la pequeñez de las habitaciones y por la disminución de su altura. Asimismo, intervienen además la densidad ocupacional por local, que como es sabido la emisión diaria por persona oscila entre 1 y 2 litros de vapor de agua.\* Una de las soluciones más simples que se presentan para deshumidificar un local, es la suficiente ventilación. Debe tomarse como norma que mientras más pequeña y mayor nivel de ocupación presente un local, mayor deberá ser su renovación de aire por hora. El aire por sí sólo, contiene también vapor de agua más o menos cantidades grandes según la temperatura y presión existente, así el máximo contenido de agua en el aire o determinada temperatura, recibe el nombre de "Contenido de saturación" y es el causante de la llamada "tensión de saturación", tanto uno como el otro, varían de acuerdo a la temperatura, existiendo en porcentajes relativamente diferentes, lo que se designa como grado de humedad del aire o humedad relativa del aire.

El contenido de humedad en el aire, suele expresarse con valor absoluto (g/m<sup>3</sup>) o en valor relativo (% del máximo contenido de vapor de agua). El aire caliente en relación al aire frío, puede absorber más humedad en forma de vapor de agua invisible. Este vapor condensado, se manifiesta posteriormente en forma de una niebla visible o de precipitación, que recibe el nombre de: punto de rocío o punto de condensación, que también se le denomina "Temperatura de Condensación", que se origina cuando el aire cargado contenido de humedad, se va enfriando hasta que la cantidad de vapor existente en él, se iguala a la máxima cantidad de vapor que contiene la temperatura existente.

El vapor de agua, como todos los gases tiende a buscar salida o escapar de los puntos de mayor presión a los de menor presión, por cualquier abertura, junta e inclusive por la misma superficie de los elementos constructivos, siempre y cuando sean permeables al vapor. El vapor de agua, circula intermanente en forma similar a un flujo térmico, es decir del lado más caliente hacia el lado menos caliente; en términos generales, de adentro hacia afuera, aunque en aquellos locales fríos, en época de verano en lugares en donde éste se manifiesta en forma excesiva, el vapor circula en forma inversa (de afuera hacia adentro) y lo hace especialmente a través de las cubiertas. En forma contraria que el flujo térmico, el vapor de agua circula muy lentamente. Cuando las puntas de temperaturas son de corta duración, casi no influyen en el proceso de difusión, y durante el día la corriente de vapor puede presentarse en forma opuesta a las circunstancias de presión que en ese momento se ven.

Como se refirió anteriormente en relación a la circulación del vapor, si en los elementos constructivos prevalece diferente tensión de vapor por ambos lados de éstos, el vapor de agua penetra a través del elemento constructivo desde el lado donde la tensión es mayor al lado donde es menor.

La variación de este intercambio de volumen, está en función de la caída de presión y por la permeabilidad del material (factores de resistencia a la difusión). Los materiales que brindan una adecuada protección térmica, por regla general, suelen presentar por su estructura porosa, menor resistencia a la difusión del vapor de agua, que aquellos elementos de consistencia más compacta.

El vapor de agua que se ha introducido en un material, obedece a las mismas leyes que en el espacio libre.

La sección de los valores máximos posibles de la tensión de saturación a los cuales no se da ninguna condensación, esta determinada de manera similar a como se procede la transmisión de calor a través de una pared.

Toda secreción de agua condensada se presenta siempre con una transmisión capilar de la humedad, lo cual hace que disminuya el aislamiento térmico de un material. La humedad por efecto de la zona de condensación se desplaza cada vez más hacia el interior de la sección de los elementos.

Cuando una capa aislante ha sido inadecuadamente dimensionada contra la secreción interna de agua condensada y es atravesada por la humedad, permite un enfriamiento tan penetrante

del elemento constructivo, que la zona de condensación afecta cada vez más un área mayor de la sección.

Las consecuencias visibles por la formación de agua de rocío de humedades insuficientemente secadas, son la invasión de moho, desprendimiento de recubrimiento y pinturas y consecuentemente el daño a muebles u otro tipo de equipamiento.

La difusión de vapor, no sólo se debe al incremento de la humedad durante la estación de invierno, sino también la evaporación del agua condensada interior y el secado durante el invierno. El proceso de evaporación, puede verse dificultado en elementos constructivos formados por varias capas con material exteriores impermeables al vapor como láminas, cubiertas planas o revestimiento de paredes exteriores. Una manera de evitar la condensación del vapor de agua en este tipo de elementos, es eligiendo correctamente el orden de sucesión de dichas capas. La humedad que penetra en un elemento constructivo siguiendo un ritmo anual, se va acumulando con él con los años y teniendo un contenido de humedad cada vez mayor. En consecuencia, aquellos elementos constructivos compuestos por varias capas, deben de estar estructuradas de tal forma que la resistencia a la difusión de los diversos materiales disminuyen de adentro hacia afuera. Estas condiciones pueden crearse colocando barreras adicionales al vapor o dotando de un sistema de aireación natural o artificial por detrás de los revestimientos exteriores impermeables con lo que se garantiza de forma permanente una completa compensación de la humedad.

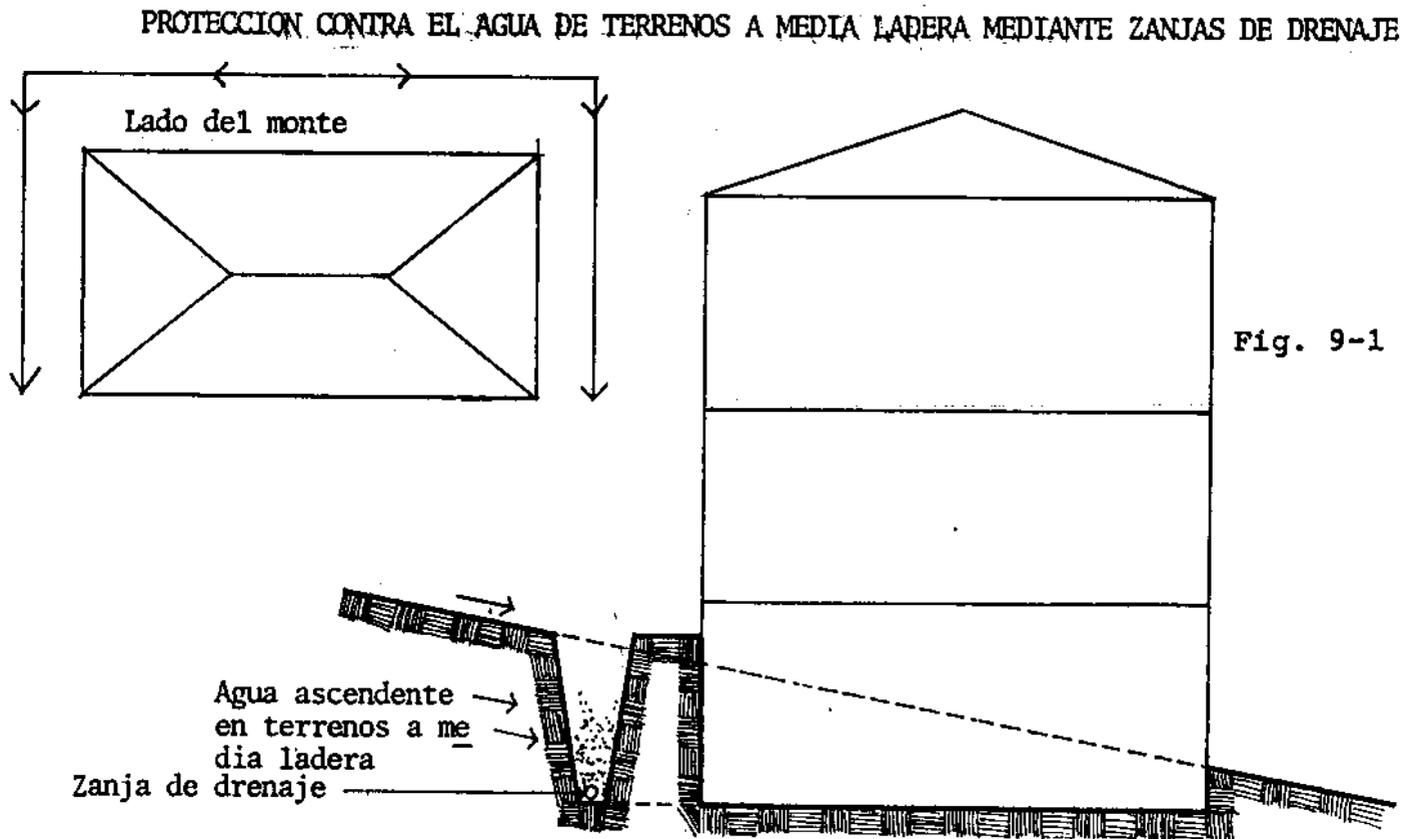
C A P I T U L O No. 9

9. PROTECCION CONTRA EL AGUA SUPERFICIAL EN LAS CONSTRUCCIONES A  
MEDIA LADERA

9.1 MEDIDAS ADICIONALES BAJO EL TERRENO

9. PROTECCION CONTRA EL AGUA SUPERFICIAL EN LAS CONSTRUCCIONES A MEDIA LADERA

En aquellas construcciones localizadas en terrenos con pendientes, o en laderas de cerros o montañas hay que prever la posibilidad de la llegada de agua de éstos. Para estos casos, no es suficiente la protección de las edificaciones con enlucidos de cemento y pintura impermeabilizantes. Como medida complementaria debe disponerse una zanja de drenaje que recoja el agua que desciende en pendiente por el terreno, la cual es recogida en la zanja y captada a nivel de los cimientos, por tubos de drenaje (barro cocido, de concreto o materiales plásticos) y alejada de la construcción rodeándola en su superficie. Los tubos de drenaje se colocan sueltas, sin sellar a las juntas, perforados en la parte superior y unos a continuación de otro y en pendiente. A continuación se ilustra en la figura 9-1 y 9-1 A este sistema. \*



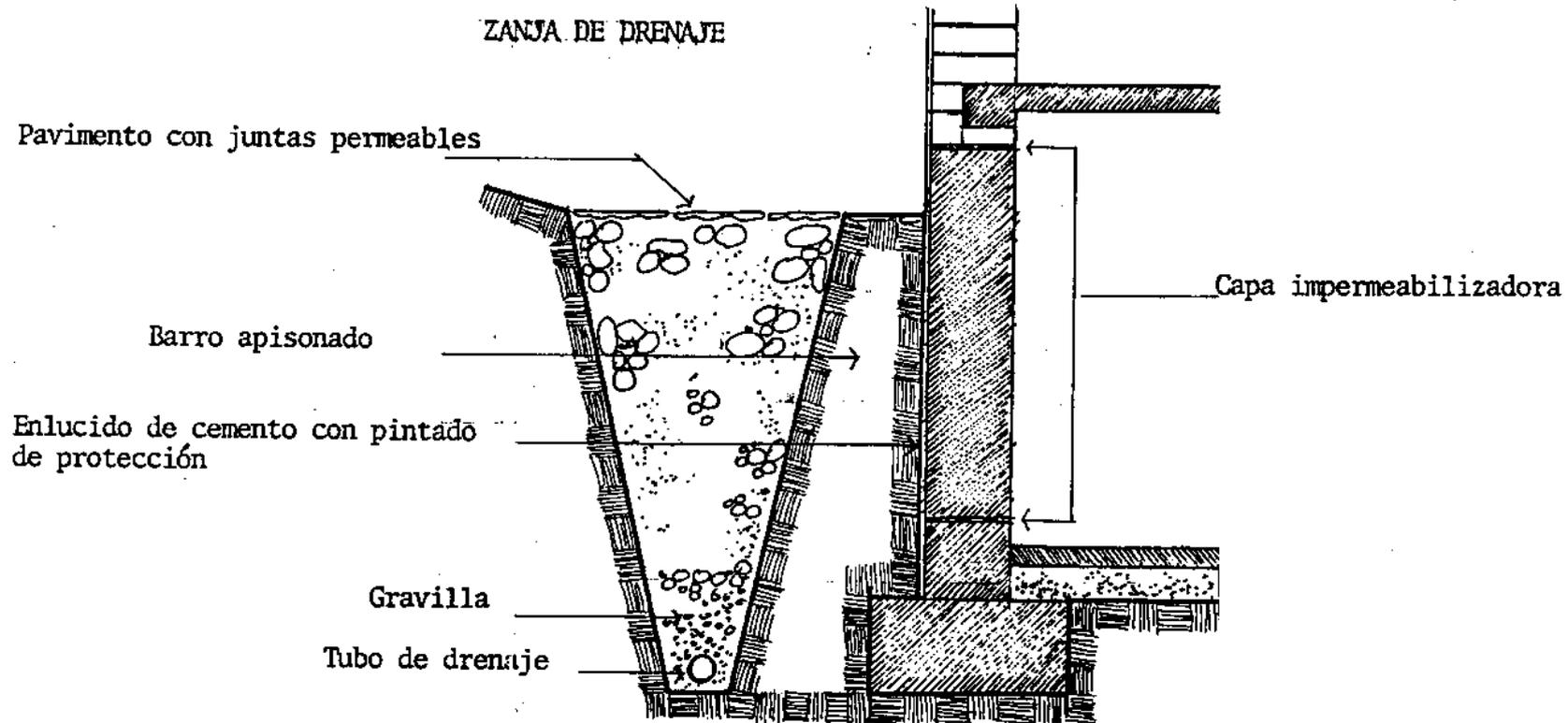


Fig. 9-1A

Mucho mejor y más seguro es una protección a base de impermeabiliztes o termoplásticos como las que describieron en el capítulo No. 2. Existe otro sistema que resulta más oneroso y difícil, pero da excelente resultados, es el de recoger y canalizar las aguas que descienden por el terreno, abriendo una zanja periférica formando un talud o canalización de desagüe, que a la vez de brindar la correcta protección, se utiliza como pozo de ventilación de los sótanos.

El fondo de dicha zanja, en su punto más alto no debe sobrepasar el nivel del suelo del sótano: En la figura 9-2 que se presenta a continuación se ilustra este sistema. \*

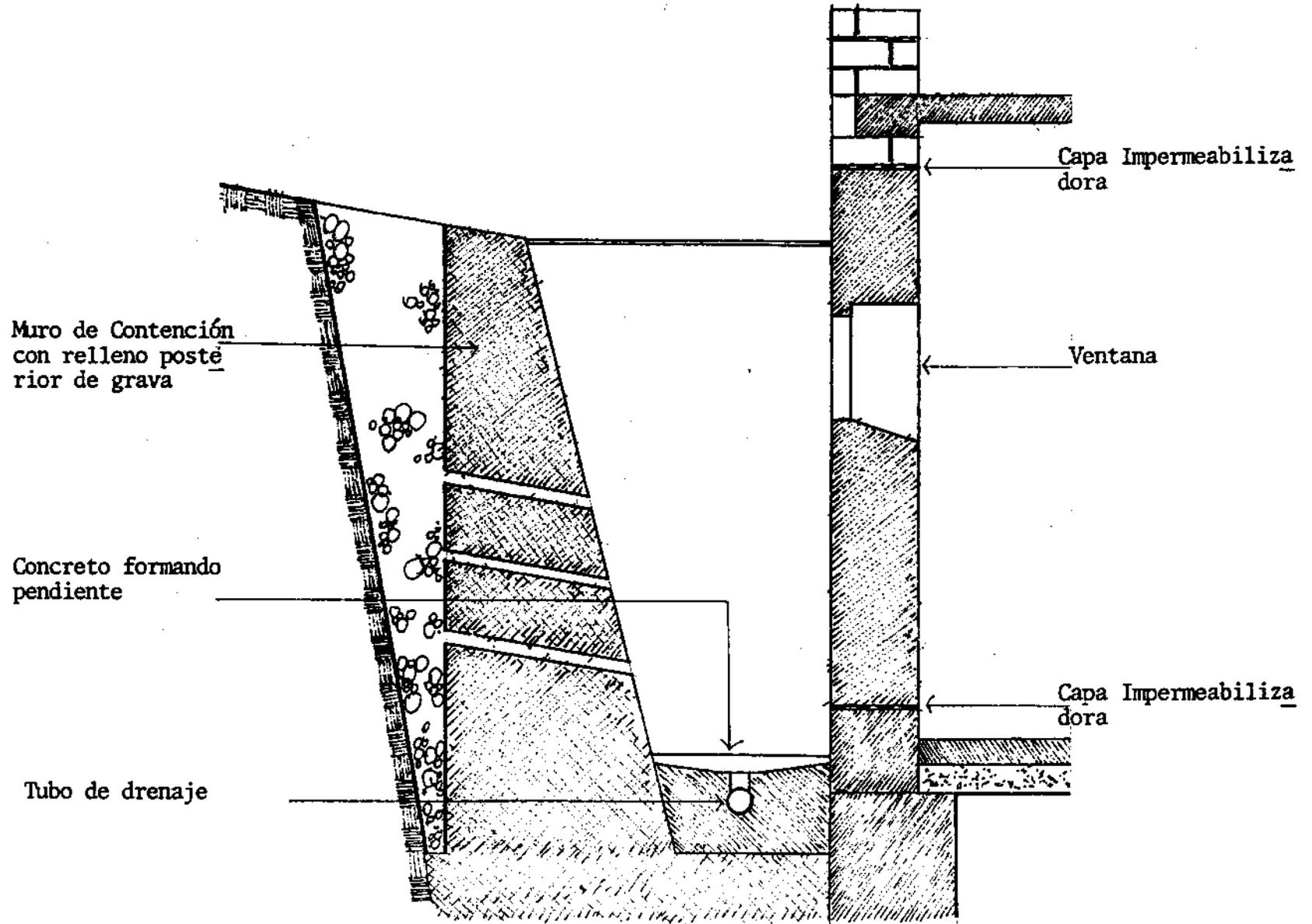


Fig. 9-2

## 9.1 MEDIDAS ADICIONALES BAJO EL TERRENO

Quando las construcciones se encuentran semienterradas constituyendo semisótanos y en los cuales se ha previsto habitarlos, se debe tomar precauciones acondicionando de distinta manera los pavimentos y las paredes que quedan en contacto con el aire, dado que sus respectivas condiciones repercutirán en distintos niveles de temperatura.

En climas fríos, las paredes que se contruyen bajo el nivel del terreno (enterrados), presentan una temperatura media anual de 7° C lo que hace el lugar propicio para la formación de aguas de condensación. Especialmente en verano, cuando la temperatura del aire es más alta y en consecuencia existe mayor grado de humedad relativa, tanto las paredes como el suelo se pueden presentar cubiertos de agua de condensación. Esto, como es consecuente, conlleva a la formación de hongos y los locales huelen a moho.

Para solucionar este inconveniente, no basta con impermeabilizar completamente las paredes y suelos subterráneos, sino dotarlos también de una protección térmica adecuada. De igual manera las paredes interiores o divisorias, también debe de acondicionarse pues por ellas el frío del suelo asciende desde los cimientos. En estas paredes se requiere un revestimiento térmico hasta 30 cms. por lo menos, a partir del pavimento.

Si las paredes exteriores, están en contacto directo con el terreno, el aislamiento térmico deberá remontarse hasta pasados 30 cms. como mínimo, por encima del nivel exterior del terreno.

Quando se requiere de este tipo especial de revestimiento, son adecuadas las esteras de lana mineral colocadas sobre hojas de cartón "respirante".

## C O N C L U S I O N E S

1. En países donde las estaciones lluviosas se presentan en forma copiosa, como en el caso de Guatemala, la humedad se manifiesta en sus diversos aspectos de nocividad, afectando a todo tipo de construcción; por lo que se hace imprescindible en la mayoría de casos la utilización de impermeabilización.
2. Debido al desconocimiento de sistemas impermeabilizantes para proteger las construcciones contra los efectos producidos por la humedad, en nuestro medio un alto porcentaje de las construcciones presentan este tipo de problemas, de los cuales podemos percatarnos hasta que la obra ha sido concluida, y cuya reparación en algunos casos resulta difícil o imposible.
3. La ejecución deficiente de trabajos de impermeabilización para la protección de obras contra los efectos de la humedad, debido al uso de materiales inadecuados o realizados por compañías no autorizadas, así como el consecuente incremento en los costos de construcción, es consecuencia del desconocimiento de este tipo de trabajo y sus sistemas de aplicación, así como de la carencia de un reglamento en instituciones encargadas de velar por la correcta ejecución de obras.

## R E C O M E N D A C I O N E S

1. Debido a que los conocimientos de este tema son deficientes o totalmente desconocidos en la formación académica de los futuros Arquitectos, se hace necesario la implementación adecuada de los programas de estudio relacionados con el tema en cuestión, específicamente en la Unidad 1.3 "TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION", a través de cursos específicos impartidos por personas conocedoras, en este campo, complementando dichos programas con la respectiva práctica.

2. Se hace un llamado a todos los profesionales que se dedican a la bella tarea del diseño constructivo, para que tomen conciencia y consideren desde la planificación de una obra, este tipo de aspectos que presenta la humedad, ya que revisten de vital importancia tanto desde el punto de vista arquitectónico en su presentación, como la preservación de las obras y lo que es más importante una respuesta óptima a las necesidades básicas de confort del ser humano.
  
3. En Guatemala no existe ninguna reglamentación, que permita normar los trabajos de esta índole y en consecuencia ningún aparato de control, por lo que debido a la gran importancia que representa este renglón, la Municipalidad tanto como Obras Públicas deberían emitir normas de orientación y las especificaciones respectivas a efecto de que se obligue a todo constructor autorizado a ejecutar este tipo de trabajos en forma eficiente.

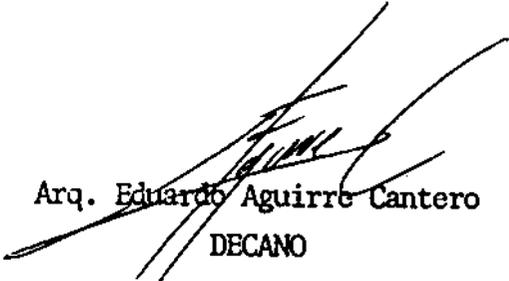
## B I B L I O G R A F I A

1. Enseñanza Práctica en la Construcción de la Vivienda  
Ingeniero Amando Vides T.  
Editorial Piedra Santa, 1976
2. Lesiones de Solados y Alicatados  
Hans Propster  
Ediciones Ceac, Barcelona-España, 1980
3. Las Humedades en la Construcción  
Federico Ulsamer Puiggari  
Ediciones Ceac, Barcelona-España, 1972
4. Tratado de Construcción  
H. Schmitt  
Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona-España, 1980
5. La Construcción de Edificios  
Gérard Baud  
Paraninfo, S. A., Madrid-España, 1980
6. Manual de Auto-Construcción  
Arq. Carlos Rodríguez R.  
Editorial Pax-México  
Librería Carlos Cesarman, S.A., 5a. Reimpresión, 1981
7. Teoría Práctica de la Construcción de Edificios  
Martín Mittag  
Editorial Alttambra, S. A.  
Madrid, Buenos Aires, México, 1968
8. Manual del Arquitecto y del Constructor  
Kidder-Parker  
Unión Tipográfica, Editorial Hispana Americana, México, 1967

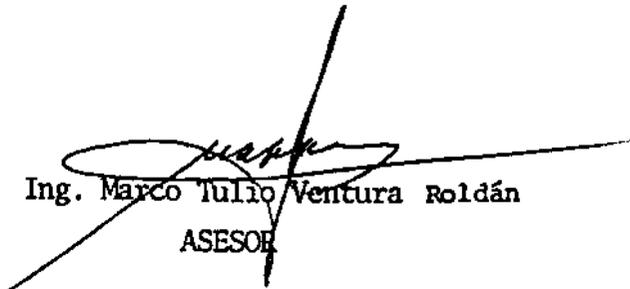
9. La Obra de Fábrica de Ladrillo  
S. Smith  
Editorial Blume, Barcelona-España, 1976
10. Aislamiento y Protección de la Construcción  
R. Codiergues  
Editorial Gustavo Gili
11. Introducción al Estudio de Sistemas y Métodos Constructivos  
Arq. Carlos Roberto Qun Morales  
USAC, Facultad de Arquitectura, 1980
12. Manual Auxiliar del Constructor  
Ben John Small, México  
México, Editorial Continental, 1965
13. Tratado de Construcción  
Antonio Miguel Saad  
Compañía Constructora Continental, México, 1974-5
14. Tratado Práctico de Edificación  
E. Barberot  
Editorial Gustavo Gili, S. A.
15. Tratado Práctico de Construcción  
Silvio Mohr  
Editorial Gustavo Gili, S. A.
16. Tratado de Construcción  
Heinrich Schmits  
Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona 1961
17. Especificaciones Técnicas de Construcción  
Dirección de Obras Públicas  
Depto. de Estudios y Proyectos de Edificios Públicos  
Guatemala, 1976
18. Manual de Productos  
Sika Mexicana, S. A.

19. Rehabilitación de la Vivienda  
Versión Castellana por Jesús Martínez Muñoz y Teresa Rovira  
Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1980
20. La Humedad en la Construcción  
R.T. Gratwik  
Editores Técnicos Asociados, S. A., Barcelona, España 1971
21. Humedad y Temperatura en los Edificios  
Maurice Croiset  
Editores Técnicos Asociados, S. A., Barcelona, España
22. Curso de Aguas Subterráneas  
Primera Parte  
Carlos Enrique Muñoz Palacios  
Facultad de Ingeniería, USAC 1979
23. Selladores y Adhesivos para la Construcción  
Jhon P. Cook  
Editorial Limusa, México 1979
24. Schild-Oswald-Rogier-Schweikert  
Estanquidad e Impermeabilización en la Edificación  
Prevención de Defectos en Azoteas, Terrazas y Balcones  
Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona (Tomo I)
25. Tratado de Construcción  
Bárbara y Zetina
26. Impermeabilización e Impermeabilizantes  
Tesis Fac. de Ingeniería USAC 1967  
Germano Bezzina Mikoly

Imprimase



Arq. Eduardo Aguirre Cantero  
DECANO



Ing. Marco Tulio Ventura Roldán  
ASESOR



Hugo Fernando Leal Flores  
SUSTENTANTE