

# **Ingeniería Hidráulica Romana.**

**Carlos Hernández Casado.**

**ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, canales y puertos.**

## **HISTORIA ANTIGUA DEL SANEAMIENTO DE AGUAS EN LA ÉPOCA ROMANA**

### **La Red de cloacas**

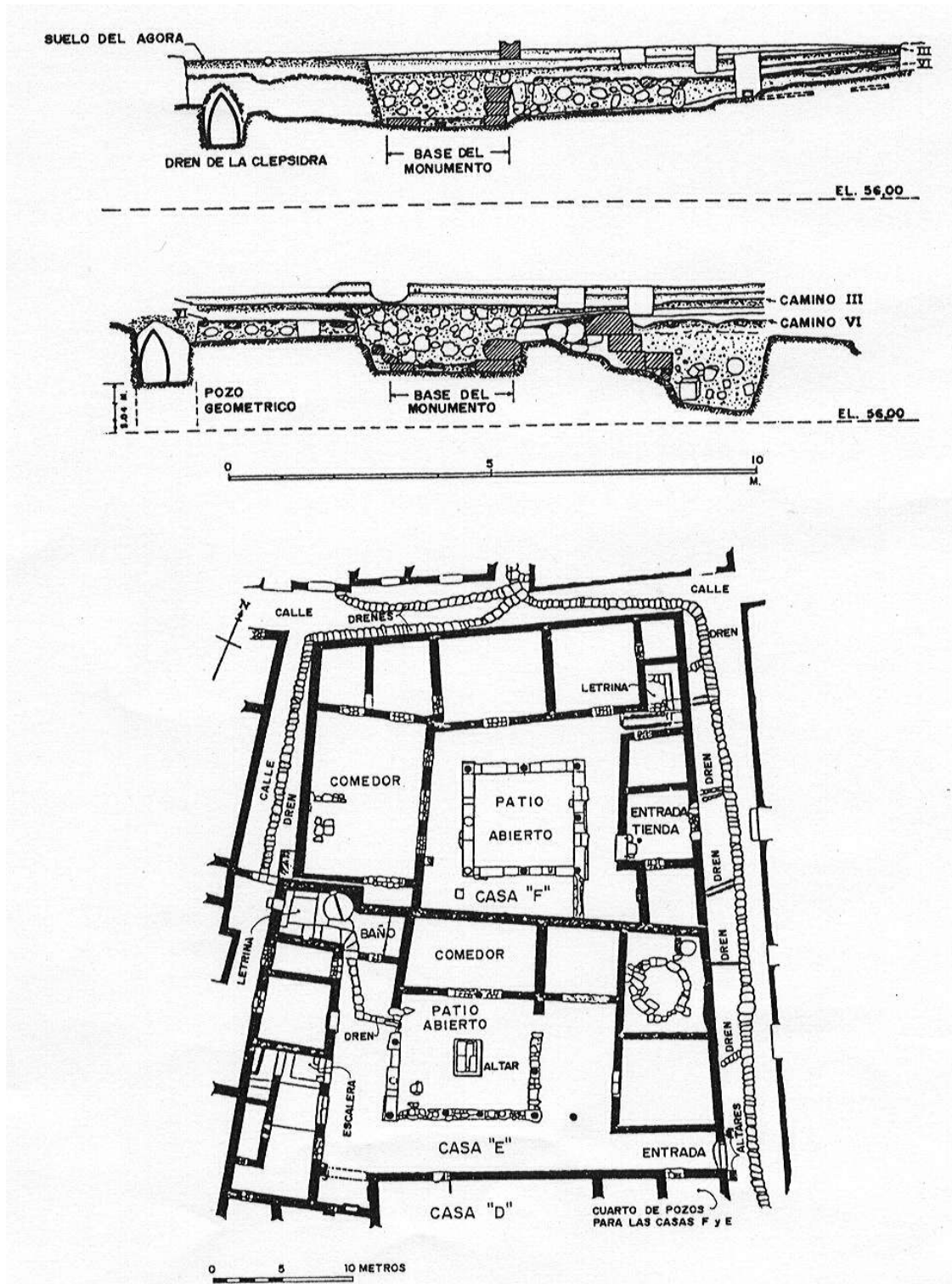
Uno de los grandes éxitos de la ingeniería romana fue el de resolver el problema del saneamiento de las ciudades, mediante el sistema de la red de cloacas que seguimos utilizando en la actualidad. Esto venía ya preparado, en primer lugar, por la organización geométrica de sus ciudades, con retícula rectangular de cardas y decumanus, y por el ejemplo de la organización también en retícula, pero ahora arborescente, de la distribución del agua, de sus espléndidas conducciones, acumulada previamente en depósitos reguladores dentro de la ciudad, desde los cuales tenían que ramificarse, utilizando necesariamente la primera retícula ya desarrollada en calles que facilitaban la llegada en alineaciones rectas a los puntos donde había de consumirse: fuentes, termas, edificios públicos, casas particulares, etc.

En el ciclo verdaderamente cósmico de la circulación de las aguas sobre la superficie de nuestro planeta, el hombre intercaló el artificio de la ciudad, la urbe, que era verdaderamente fundamental para el desarrollo de la vida humana, dentro del sistema de preferencias culturales, que adoptó y desarrolló el hombre romano en la etapa correspondiente a su actuación histórica.

El agua del abastecimiento al distribuirse en la ciudad pasa a integrarse en el ciclo del metabolismo de todos los que la habitan, seres humanos, animales, plantas, que no la consumen totalmente sino que la transforman, después de disfrutarla de muy diversas maneras, en residuos inútiles a los que se suman los detritus que se producen en la ciudad. Como resultado de todas estas transformaciones nos encontramos con un caudal de aguas que actualmente denominamos aguas negras pues no han perdido del todo su carácter líquido, pero han recogido un importante volumen de cuerpos sólidos o semisólidos que además de incrementar su caudal, lo hacen más dificultoso de transportar y además insalubre. Estas aguas hay que evacuarlas de la ciudad lo más rápidamente posible y además es preciso regenerarlas para que no resulten perjudiciales a la vida del hombre. Esta regeneración ha consistido desde los tiempos más remotos en verterlas a los ríos más próximos, para que éstos las transporten al mar y en el intervalo sean depuradas automáticamente por la acción beneficiosa de los rayos del sol.

Esto ha servido hasta fechas recientes, pues los volúmenes de aguas negras que se lanzaban a los ríos eran relativamente reducidos con relación al caudal que los recibía, por lo cual la contaminación era reducida, y la acción solar podía con ella, realizando la depuración completa de los gérmenes patógenos arrastrados, al cabo de un corto

trayecto de circulación natural por la red fluvial. Hoy día con el crecimiento de población acontecido en las grandes ciudades nuestro sol no puede cumplir con su labor depuradora, y la dosis de productos maléficos incorporados a la circulación fluvial convierten a los ríos en agentes destructores de la fauna, de la flora y de la belleza de los paisajes. Y esto no se debe a un deterioro de carácter técnico, sino todo lo contrario.



Dren para el desagüe de la clepsidra del ágora de Atenas.  
Drenaje de unas casas en Delos.

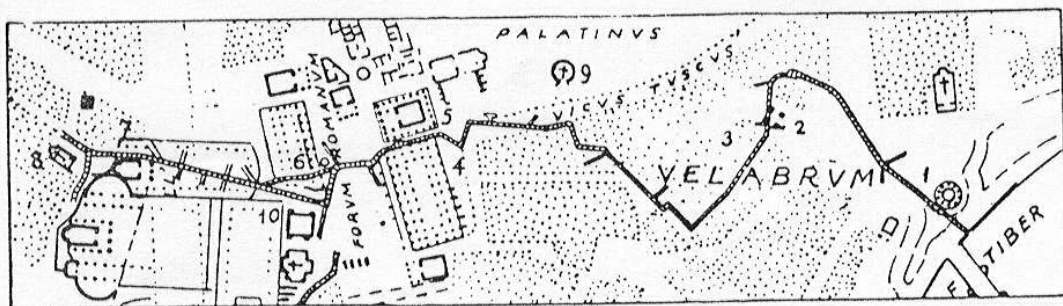
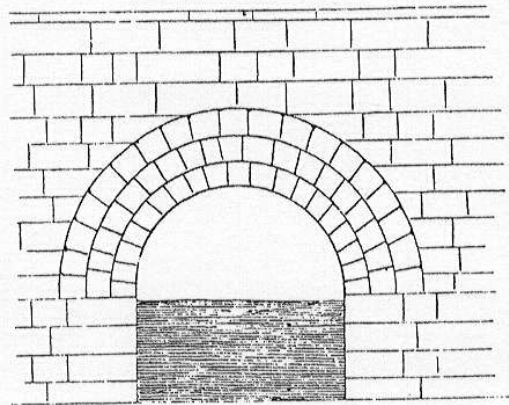
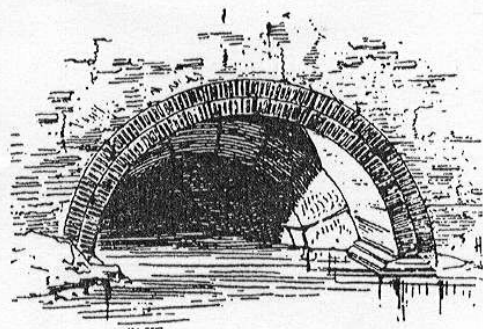
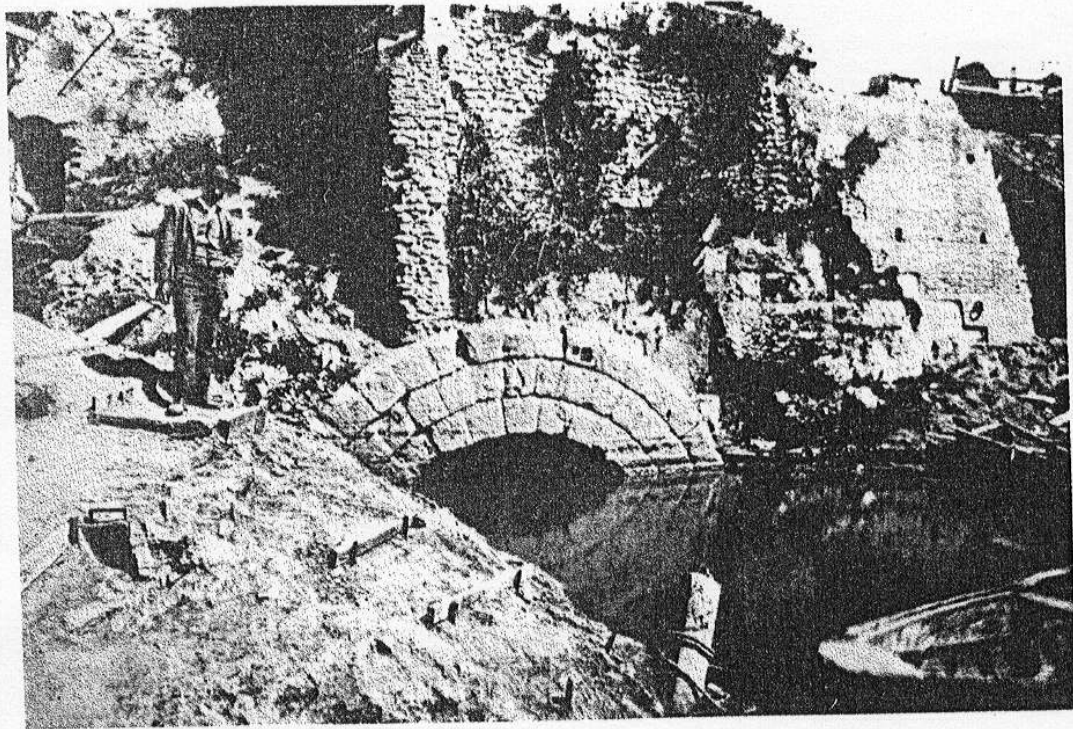
## La Cloaca Máxima de Roma

Durante la dominación de los etruscos en la ciudad de Roma comienzan las primeras obras hidráulicas verdaderamente romanas. Son obras de saneamiento de los valles entre las colinas del Septimontium, desecando las zonas inundables, es decir, rescatando las tierras que de un modo irregular ocupaba el río en sus inundaciones, al subir momentánea-mente de nivel. Fue un verdadero rescate, por el hombre, del elemento tierra, dominado en precario por el elemento agua, o como actualmente se expresa en los organismos de la Administración de los Estados Unidos encargados de idéntico cometido, aunque en mayor escala Reclamation Bureau, se "reclamaron" estos terrenos, clarificando los dominios de cada uno de los dos elementos básicos.

La primera zona rescatada fue la del Foro Boario, al que correspondía los terrenos delante del Capitolio y del Palatino, lindando con el río Tíber, donde "en las primeras épocas pastaban los rebaños", que pasaron a ser zonas comerciales dentro del puerto fluvial para facilitar las relaciones internacionales. Después le llegó el turno al Campus Martius, así denomi-nado porque eran terrenos abandonados a los ejercicios militares, bajo la advocación de una estatua de Marte, lindando también con el Tíber pero fuera del Pomerium. Estos campos fueron reduciéndose a medida del crecimiento de la ciudad, quedando luego exclusivos para ejercicios de la comitiae centuriata y para celebración de cultos extranjeros. Después le llegó el turno a la vía Sacra que atravesaba el Forum romanorum, es decir el valle entre el Capitolio y el Quirinal, que enseguida se llenó de edificios públicos y templos. Este saneamiento permitió habitar las laderas de los montes, pues hasta entonces los habitantes estaban obligados a permanecer en las alturas dejando las laderas para sus ganados.

Al principio servía como drenaje, solamente de las aguas pluviales, pero a partir del año 33 d.C., sirve también como alcantarilla de aguas residuales por un decreto del cónsul Vispasius Agrippa. Las principales galerías transversales que desembocan actualmente en ella son las de las calles actuales de Tor di Conti y la de los Foros imperiales, además de los ramales antiguos correspondientes al Foro romano, Campidoglio, Velabro, Palatino y Aventino. Tiene también un afluente que recoge las aguas del Viminal del Esquilmo y del Quirinal y se denomina de la Suburra. Por la Cloaca Máxima se podía ir en barca y de este modo la inspeccionó Agripa cuando se encargó de la reparación de todas las cloacas de Roma; las limpió a sus expensas y según Strabon y Plinio, la Máxima era tan espaciosa, que "podrían circular dentro de ella dos carretas cargadas de heno".

La Cloaca Máxima fue construyéndose paulatinamente desde el 200 a.C., empezando por recoger el agua que discurría libremente en los valles que separaban las colinas del Septimontium, donde se habían asentado los primeros pobladores de la zona. Se desecaron los terrenos pantanosos del Velabrum al pie de Palatino y después los que están entre el Aventino y el Viminal y a continuación los del valle entre el Palatino y el Quirinal que habría de dar el asiento para el Foro romano comenzado por los reyes etruscos. Las aguas procedentes de estos valles al encau-zarse fueron formando la Cloaca Máxima que es la primera gran obra de ingeniería romana y uno de sus más esplendorosos timbres de gloria, que ha sonado en todos los tiempos.



La Cloaca Máxima de Roma. Según Dremberg Saglio, Bildlexikon y Lugli.

La obra en sí, se realizó por etapas: primero se excavó una gran zanja abierta a todo lo largo de cada valle, llevando sus aguas en el fondo, como verdadero río, para desembocar en el Tíber. La primera zanja se atribuía a Tarquino el Soberbio. En una segunda fase la zanja se afirmó y cubrió apeándola con hastiales de madera y techo de tablas, para después, en una tercera época, voltear una bóveda en cañón seguido, con hermosas dovelas de piedra. La última prolongación fue una desviación para recoger el

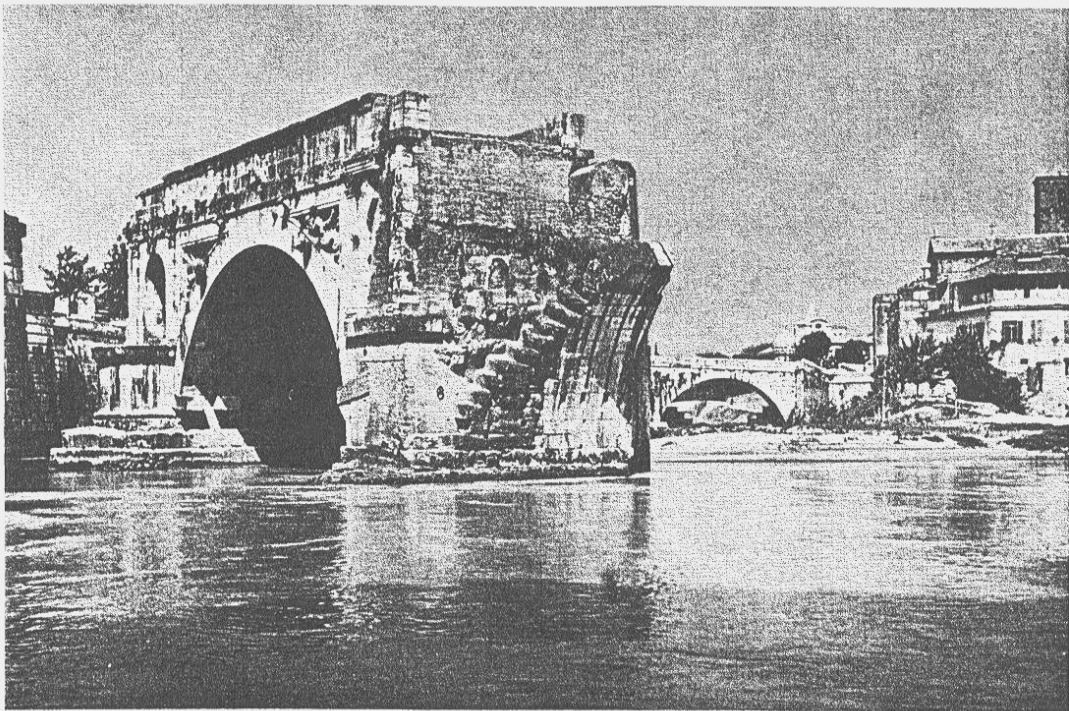
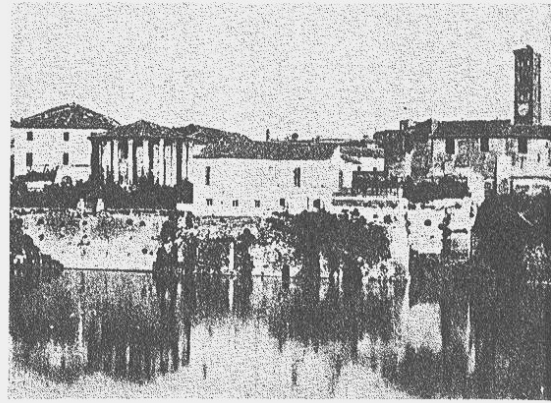
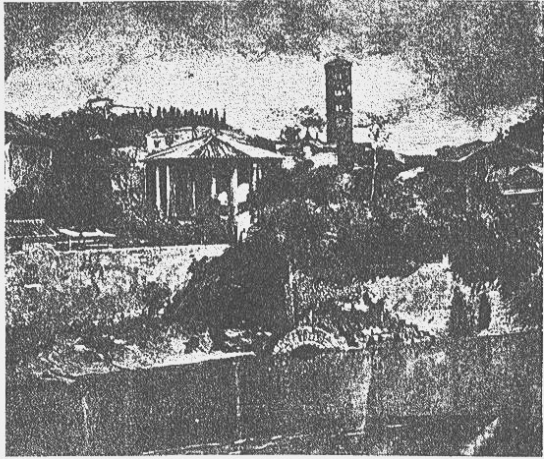
arroyo del valle entre el Viminal y el Quirinal donde estuvo el primer establecimiento latino.

En la embocadura de esta gran obra, se observa hoy una bóveda de 5,00 m. de diámetro con tres roscas de dovelas de peperino de juntas alternadas. Parece de edad siliana e incluso puede ser de edad augústea. El detalle de la triple rosca no puede ser anterior a comienzos del siglo I. Por otro lado se tiene constancia de que la zanja estaba abierta a mediados del siglo II pues en el 158 a.C., el filósofo griego Crates se cayó a ella en la zona del Palatino. No se conoce la altura de la galería, aunque se dice que era igual al diámetro de la bóveda y otros autores le dan 10 m., pero en la actualidad el fango ha llegado hasta el nivel de arranque del arco.

La embocadura actual parece ser de época muy posterior, construida en algún avance para llevarla al borde del río encauzado; actualmente se ha quedado un poco retranqueada al haber avanzado los muelles. Pero en otras zonas, excavadas para obras urbanas en tiempos recientes, se han encontrado secciones diferentes. Bajo el foro de Nerva los hastiales de cerca de metro y medio de grueso soportan bóveda de una sola rosca con sillares de "pietra gabina", no muy bien escuadrados; en algunos puntos se han perforado bóvedas de hormigón, que deben corresponder a reparaciones modernas o reconstrucciones motivadas por obras actuales.

La sección transversal varía según el trayecto, pues se ha tenido que construir en épocas muy diversas. En la primera zona hasta el Foro romano tiene 2,10 de latitud, pero luego se ensancha llegando a 5 m. en la zona de desembocadura. Empieza a mitad del Foro romano y atraviesa por debajo de la Basílica Emilia, donde hoy pueden verse trozos al descubierto de los dos ramales en que se dividía al llegar allí, uniéndose de nuevo para pasar por delante de la Basílica Julia; saliendo del Foro mediante un codo brusco para continuar en cuatro alineaciones rectas. La última alineación es tangente al cimiento del Templo circular de Vesta en el Foro Boario. La cárcel Tulliana (hoy templo de S. Pietro in Cárcere) antigua fuente, tiene un desagüe hacia la Cloaca, y también los tenían altares y templos para evacuar la sangre de las víctimas sacrificadas. Desemboca en el Tíber cerca del puente Rotto (puente Palatino).

Las cloacas de primera época siguieron el trazado de las calles existentes, por lo que al reconstruirse la ciudad, después de la destrucción de Roma por los galos (805) en que se variaron las alineaciones de las calles, algunas cloacas quedaron debajo de las nuevas casas.



Desembocadura de la Cloaca Máxima de Roma en las cercanías del «Ponte Roto».

### Otras cloacas de Roma

Existe otra cloaca importante del lado sudeste del Palatino denominada del Circo Máximo porque pasaba por debajo de la esquina de éste. Recogía las aguas de las laderas del monte Celio. Esta cloaca se obstruyó en la Edad Media y las aguas salían a la superficie engrosando las de un riachuelo denominado acqua Marrana que provenía del valle del Camene, que también se alimentaba del agua aportada la vía Tusculana. Desembocaba en el Tíber, aguas abajo de la Cloaca Máxima.

Otra cloaca de la misma época de los Reyes, también revestida de peperino, parte de la plaza Mattei y se dirige en línea recta al Getto para desembocar en el Tíber enfrente de

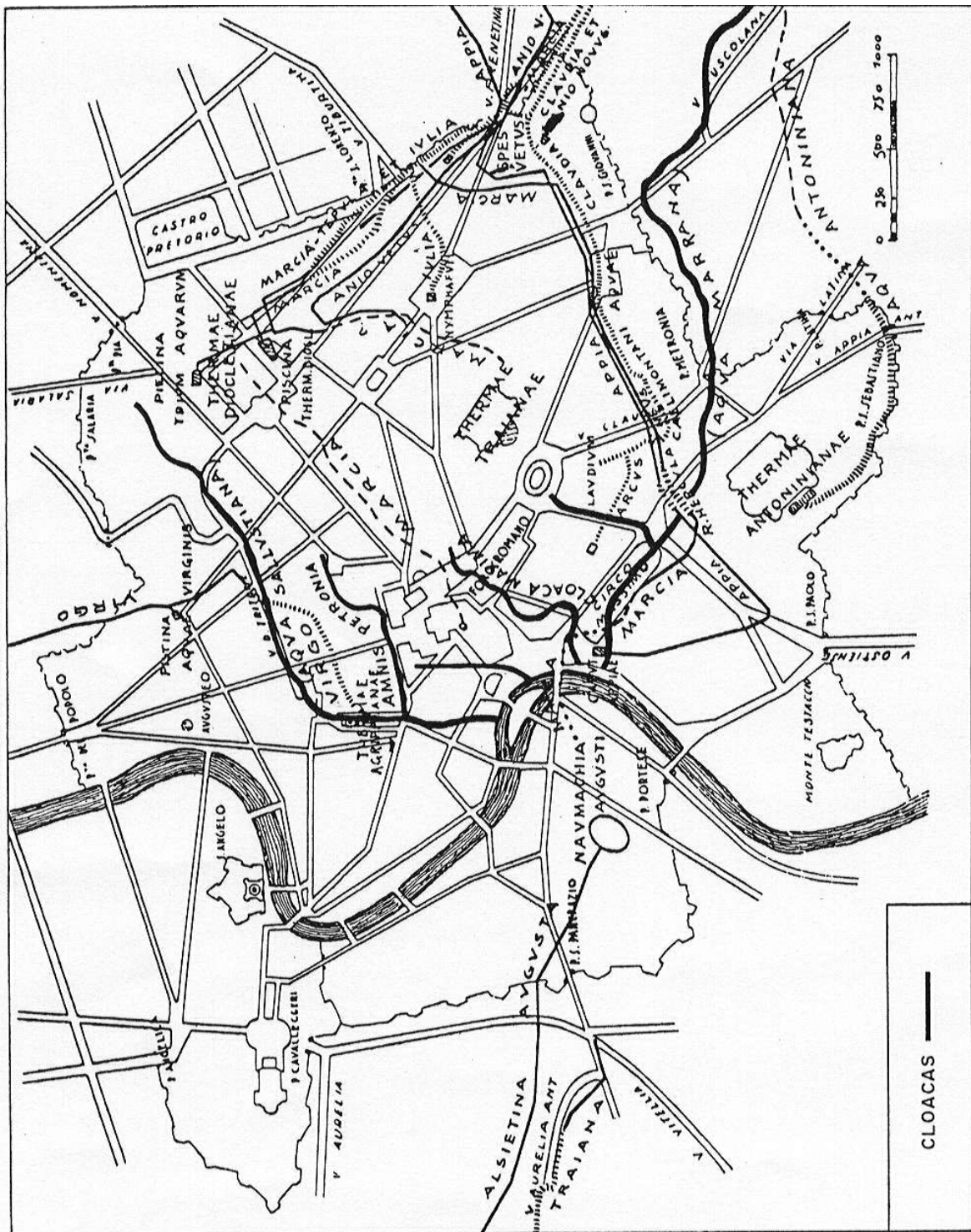
la isla Tiberina. Está revestida con sillares de dimensiones descomunales, que tienen 0,90 m de altura y hasta 2,50 m. de longitud, apoyados sin conglomerante. La solera está pavi-mentada con bloques piramidales invertidos.

Aguas abajo de la desembocadura de la Cloaca Máxima existían las de otras cloacas, también importantes, del tiempo de la Republica. Una correspondía al final del aqua Crabra, que venía desde la villa de Cicerón en Tusculum, a lo largo del valle Egeria y atravesaba después el Circus Maximus.

Agripa, para contribuir al buen funcionamiento de la red de cloacas, hizo que los aliviaderos de las siete traídas de agua de aquella época desembocaran directamente dentro de sus conductos. Construyó varias en el campo de Marte con dimensiones hasta de 3 x 4 metros, que fueron descubiertas, aunque obstruidas, en el siglo XVI por Urbano VIII, que las limpió y reparó, agregándolas a la red de saneamiento de la ciudad, y sirven en la actualidad. Las cloacas desembocaban en los ríos de las ciudades o se dejaban salir al campo, regulando las bocas de salida para que no se produjeran socavaciones. En cambio parece que en Pompeya vertían desde lo alto de las murallas.

Las secciones de las cloacas romanas son de hastiales verticales y bóvedas de medio punto de dovelas radiales o bien con hastiales ligeramente inclinados y cubiertas de losa plana o también de ladrillo con cubierta en avances por vuelos sucesivos. Algunas quedaron descubiertas y los ciudadanos se quejaban de su mal olor. Al principio, los censores tenían la obligación de conservar las cloacas pero luego se nombraron funcionarios especiales, los curatores cloacarum. La limpieza la hacían criminales condenados. El agua de lluvia que circulaba por las calles entraba por registros especiales de los que se han encontrado muchos en Pompeya; desembocaban directamente a ellas las letrinas públicas.

Los ciudadanos romanos pagaban, como los actuales, una contribu-ción especial denominada tributum cloacarum para la limpieza y conserva-ción de las mismas. El trabajo de la construcción y conservación de la red de cloacas de Roma era tan temido y horrible que muchos de los destinados a estos oficios se suicidaban para no proseguir en ellos y era preciso tomar medidas extraordinarias contra los supervivientes.

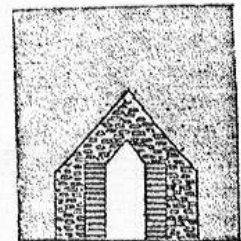
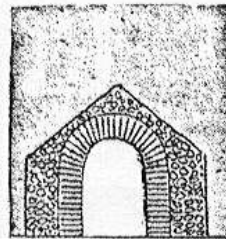
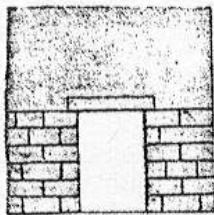
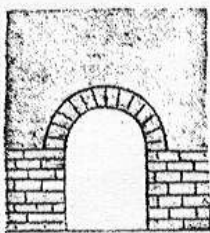
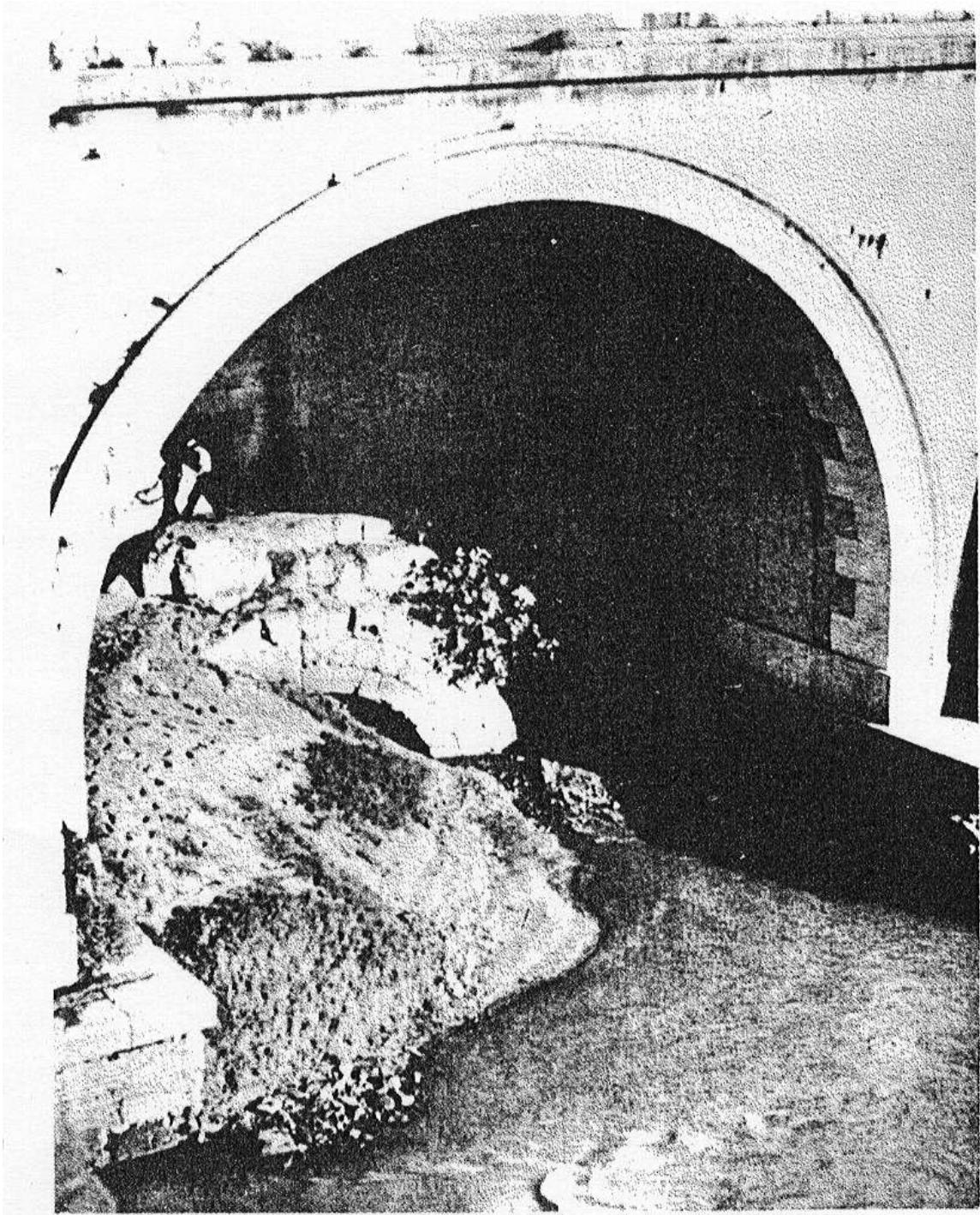


Cloacas principales de Roma. Según Lugli.

Sin embargo, tanto los últimos emperadores como después los reyes bárbaros se ocuparon de la organización de los funcionarios encargados del mantenimiento de las splendidas cloacas (Teodorico). Sin embargo sufrieron notablemente durante los primeros siglos de la Edad Media y hay que esperar al siglo XIII para volver a encontrar alguna solicitud por este servicio. Hacia el año 1230 el Papa Gregorio IX, repara y limpia la antigua red y construye nuevos ramales. También en los siglos XV y XVI se hacen importantes ampliaciones de la red.



La palabra cloaca en latín del verbo colu, limpiar, procede del griego úxw. Su antigüedad es grande pues ya se encuentran en Nínive galerías de ladrillos cocidos muy duros, con las soleras de grandes losas en baño de asfalto cubiertas con bóvedas de todos los tipos desde el arco circular rebajado hasta la ojiva pasando por el medio punto. Algunas encontradas en buen estado tenían dimensiones de 1,40 x 1,12 m. Aunque Estrabón acusaba a los griegos de no haberse ocupado de las obras de ingeniería y especialmente de las cloacas, esto no es cierto, pues había en Atenas una galería de saneamiento, con características análogas a las de Roma, atravesando la ciudad de Este a Oeste, terminando en la puerta de Dypilon cuya construcción pertenece a distintas épocas. Todavía quedan algunos trozos a los que se desciende por pozos-registros de hasta 6 m. de profundidad. La bóveda tiene 4,20 m. de diámetro revestida en piedra de peperino hasta la solera. En el tramo final la bóveda no es de dovelas radiales sino que está construida desde el suelo por hiladas horizontales avanzando en voladizos sucesivos, lo que denota su antigüedad pues debe pertenecer a la época micénica. En otros tramos es de fábrica de ladrillo con aparejo radial que corresponde a épocas posteriores. En la extremidad Oeste de la galería existía un depósito terminal que no podía ser de acumulación, pues su pared frontal estaba perforada por agujeros circulares obtenidos mediante piezas cerámicas cilíndricas o cuadradas para subdividir el caudal desaguado, extendiéndolo con objeto de no producir erosión del suelo, y encauzarlo hacia los cultivos de regadío del olivar cercano.



Cloacas de Roma. Disposición y secciones más corrientes.

## **Red de cloacas en algunas provincias romanas**

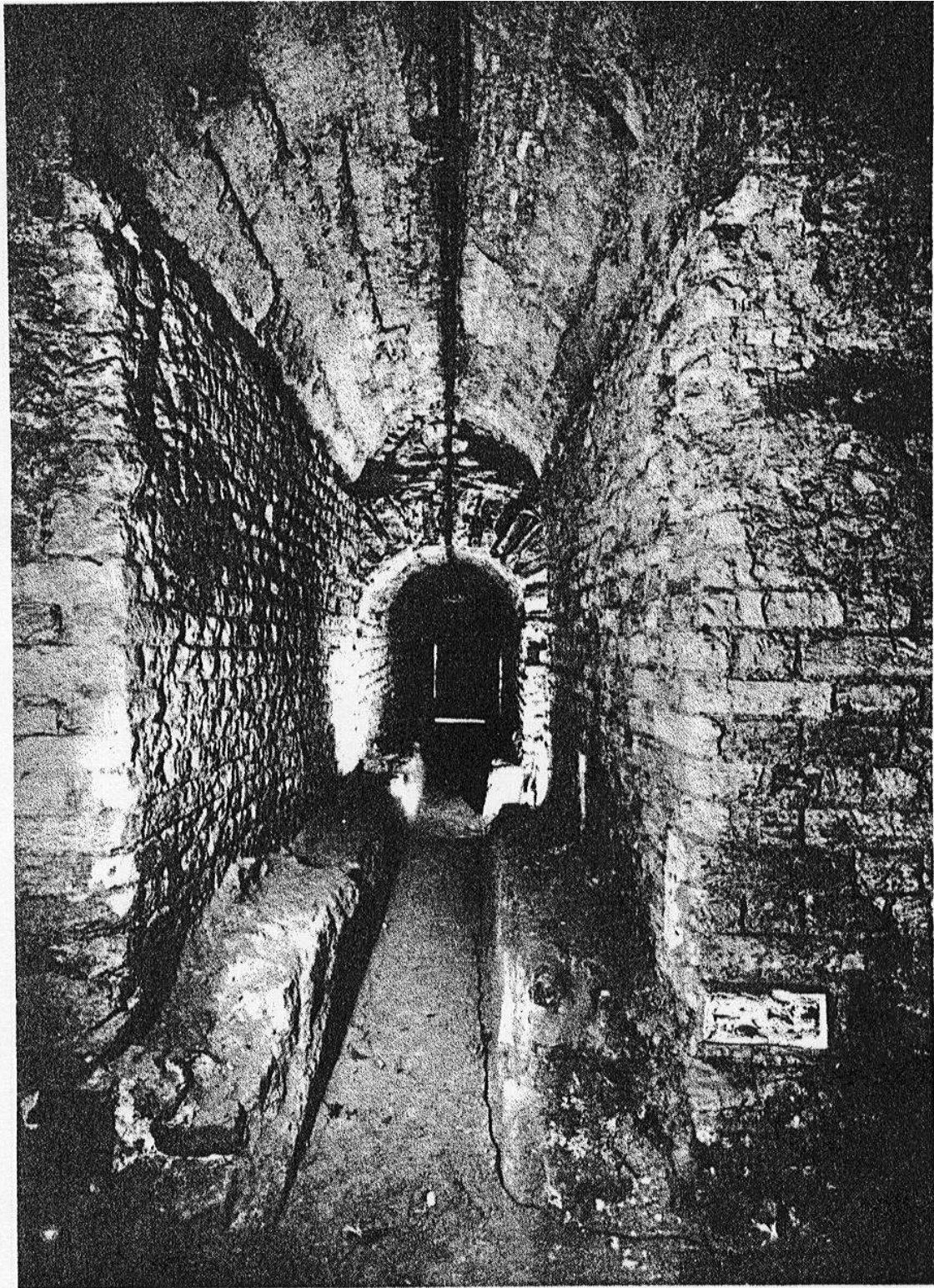
### **a) Cloacas en las Galias**

Lugdunum (Lyon). Como es natural, dada la importancia de la ciudad y, en particular la de su abastecimiento de aguas con cinco conducciones independientes, se refleja la trascendencia de la red de saneamiento. Hay zonas como la plaza des Minimes donde existen varios colectores cruzándose a diversas profundidades. Además los desniveles son muy importantes, lo que ha dado lugar a disposiciones especiales, en las que van por las pendientes máximas. La red se ordena según las calles principales antiguas, pero tiene multitud de ramificaciones, lo que además se complica por las distintas épocas de construcción, en tiempos romanos y su entrecruzamiento con las construidas en época medieval. Además, una parte importante se utiliza todavía en la actualidad.

En general las soleras se pavimentaban con losas de piedra o con fábrica de ladrillo, pero en cambio las paredes no están enlucidas con el mortero rojo de opas signinum, como en los canales de aguas blancas. Para el trazado de la red se han aprovechado las facilidades naturales yendo cuando es posible por el eje de las calles principales que coinciden con las actuales en la mayoría de los casos. La zona del Foro de la ciudad se desaguaba mediante varios colectores, uno de los cuales, descubierto en su salida fuera del recinto, tenía una anchura de 0,70 metros con hastiales de 0,40 m.; en un trayecto interior era variable de sección y se cubría con bóveda en cañón de ladrillo para adaptarse a las variaciones de anchura. Otro de ellos el de la vía Aquitania, paralelo al cardus de la urbe, tenía una altura de 2 m., y anchura de 0,95 metros. Se ha explorado en unos 100 m., y recibe cada 7 ó 8 m., acometidas con fuerte pendiente de las casas que bordean la calle. Al cruzarse con el colector del decumanus principal que va a nivel inferior, se establecía una comunicación vertical entre ellos, con un registro en la calle y escalera de enlace entre los distintos niveles.

Otro colector que desciende de la colina de La Fourviere tiene 2,05 x 1,95 metros cuadrados y está cubierto con bóveda en cañón de distintos rebajamientos, para ajustarse a las irregularidades de la construcción. La bóveda es de dos roscas de ladrillo. La solera era de losas de granito irregulares. Este colector desembocaba, en la plaza des Nímimes, en un gran pozo colector de 2,55 m. de diámetro y tenía en su base una galería con dimensiones aproximadamente dobles de las normales que desembocaban en el Saonne.

El colector del decumanus principal cuyas dimensiones eran de 2,20 x 1 metros, descendía por el valle de "la Chana", nombre que parece degeneración del de "canal" y terminaba también en el río Saona. El cardus principal que era la prolongación de la vía Narbonense también tenía un colector importante.



Galería de saneamiento de Lutetia (París).

Frejus (Firmunjulium). La red de alcantarillado se realizaba con tubería cerámica sin protección, incluso en las grandes alcantarillas, que iban enterradas siguiendo el eje de las calles y defendidas únicamente por el pavimento de las mismas. De este modo la red de cloacas nos proporciona además la red de calles de la ciudad. Se han explorado algunas alcantarillas principales incluso hasta las salidas fuera de las murallas de la

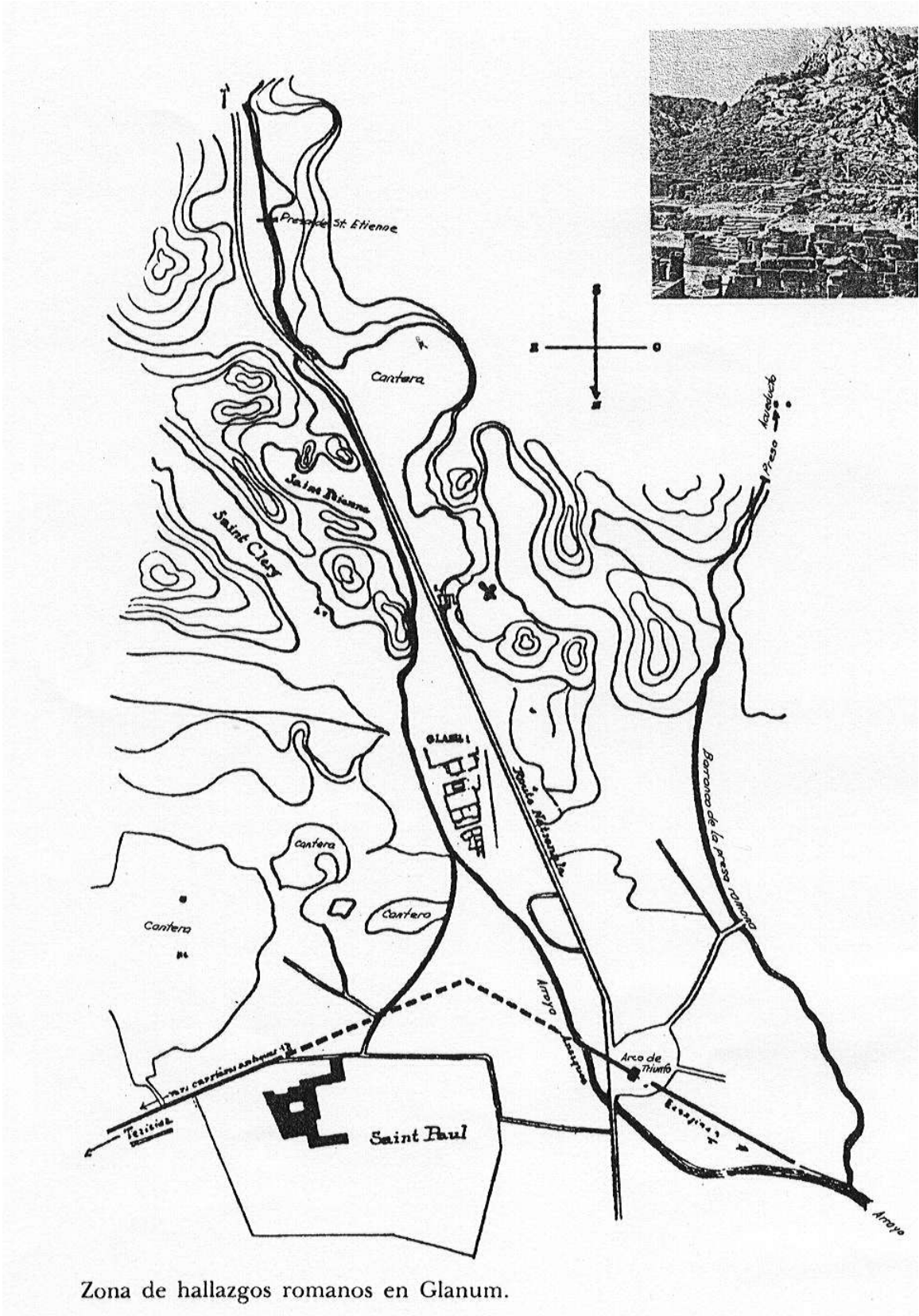
ciudad, que tenían rejas de cierre para impedir la entrada libre de personas. Estas galerías estaban cubiertas por bóvedas de medio punto de fábrica o también por losas planas de piedra. Se tienen referencias de tres colectores principales, paralelos al cardus primitivo, que coinciden con tres calles actuales importantes. Una de ellas terminaba muy cerca de la puerta principal. La otra desembocaba en el puerto. En la tercera se encontró una arqueta de confluencia cubierta con una pequeña cúpula, que se conservaba en el sótano de una casa. La cúpula desapareció al derribar la casa para construir otra.

La más importante tenía sección trapezoidal, como el canal del acueducto, con dimensiones de 1,60 de alto y 1,25 m. de base superior sobre la que iba bóveda en cañón perforada cada 42,50 m. (15 pies) para dejar paso a registros cubiertos con losa plana agujereada para dejar paso a las aguas de lluvia que corrían por la calle. El gran canal tenía una construcción análoga a la de la caja del acueducto con paredes de 0,40 m. de hormigón, cuando no se encaja directamente en la roca y tenía una solera de ladrillos de 0,25 x 0,25 m.

Terminaban una en el puerto y otra en un canal de derivación del río Argens. En una de estas alcantarillas principales se han seguido a todo lo largo las afluencias de los ramales correspondientes a las viviendas, que llegaban en dirección perpendicular y a distancias de unos 32 m. Eran conductos de 0,45 m. de anchura cubiertos con losas de piedra que debían pertenecer al pavimento de los decumanus secundarios, cuya dirección seguían. La distancia entre galerías principales es de 160 metros.

Los conductos de aducción de las casas particulares son de tubos cerámicos, vertiendo por dos tejas acodadas en el colector. A los dos lados de la vía cardinal se abrían sendas galerías de aducción escalonadas que desaguaban oblicuamente en los colectores. La distancia es de 30 metros entre galerías principales.

Saint Remy (Glanum). En otro lugar se estudia la captación de aguas y los ninfeos de esta ciudad que fue primero colonia griega masaliota después poblado romano y hoy es el pueblo de Saint Remy. Se ha explorado un colector de 1,40 metros de anchura y 1,15 m., de alto cubierto directamente por las grandes losas de las calles; recibía la aportación de las casas que lo bordeaban y sirve en la actualidad para el mismo fin. Procede de la época griega y se rehizo en la romana (siglo 1 d.C.). También se ha explorado un emisario de las alcantarillas principales conduciendo aguas de lluvia. Tiene sección de 0,36 x 0,25 m<sup>2</sup>.



Arles. En esta ciudad se han encontrado vestigios de corta longitud que se han interpretado mediante el trazado viario romano, deducido de las calles actuales. Se trata en muchos casos de emisarios de la desecación de los terrenos pantanosos que se encuentran en las afueras de la ciudad y que se inundan cuando las avenidas del

Ródano. El más importante y mejor conocido es uno de dirección Sur-Norte perpendicular a la dirección de los decumanos cuyas cloacas debía recoger para llevarlas al Ródano. También se ha reconocido la cloaca que iba siguiendo el decumano principal, que estaba a 4 m. de profundidad y tiene un hermoso canal cuadrado de 3,57 x 3,57 m. Se siguió en unos 60 m., y estaba cubierto con bóveda que tenía tres perforaciones en dicho recorrido y servían de registros. A esta misma debe pertenecer otro vestigio encontrado muy próximo al Ródano en el cual desembocaba con cierta oblicuidad en sentido de la corriente del río. Este vestigio se encontraba a 8 m. de profundidad, con una gran pendiente y sección de 4 m. de ancho y 5 m. de altura. Esta alcantarilla tan importante debía servir también para el drenaje de una extensa zona pantanosa.

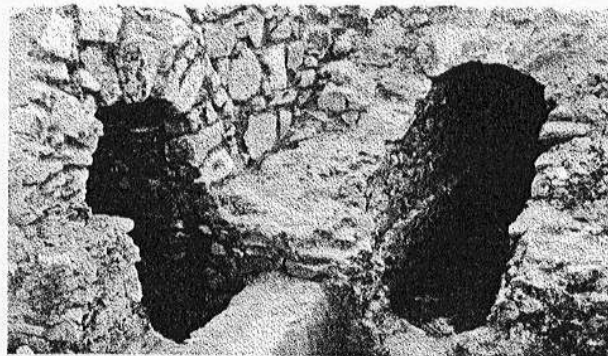
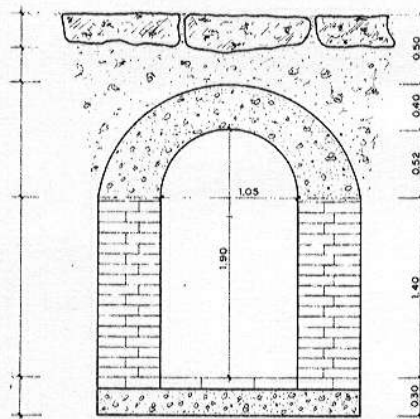
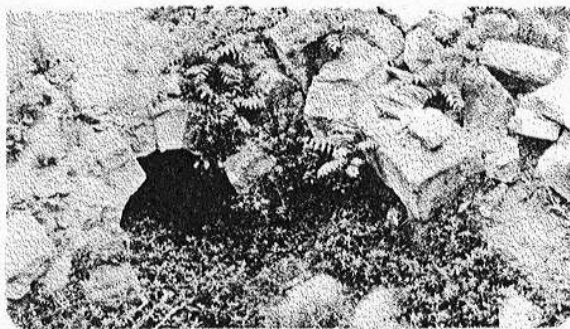
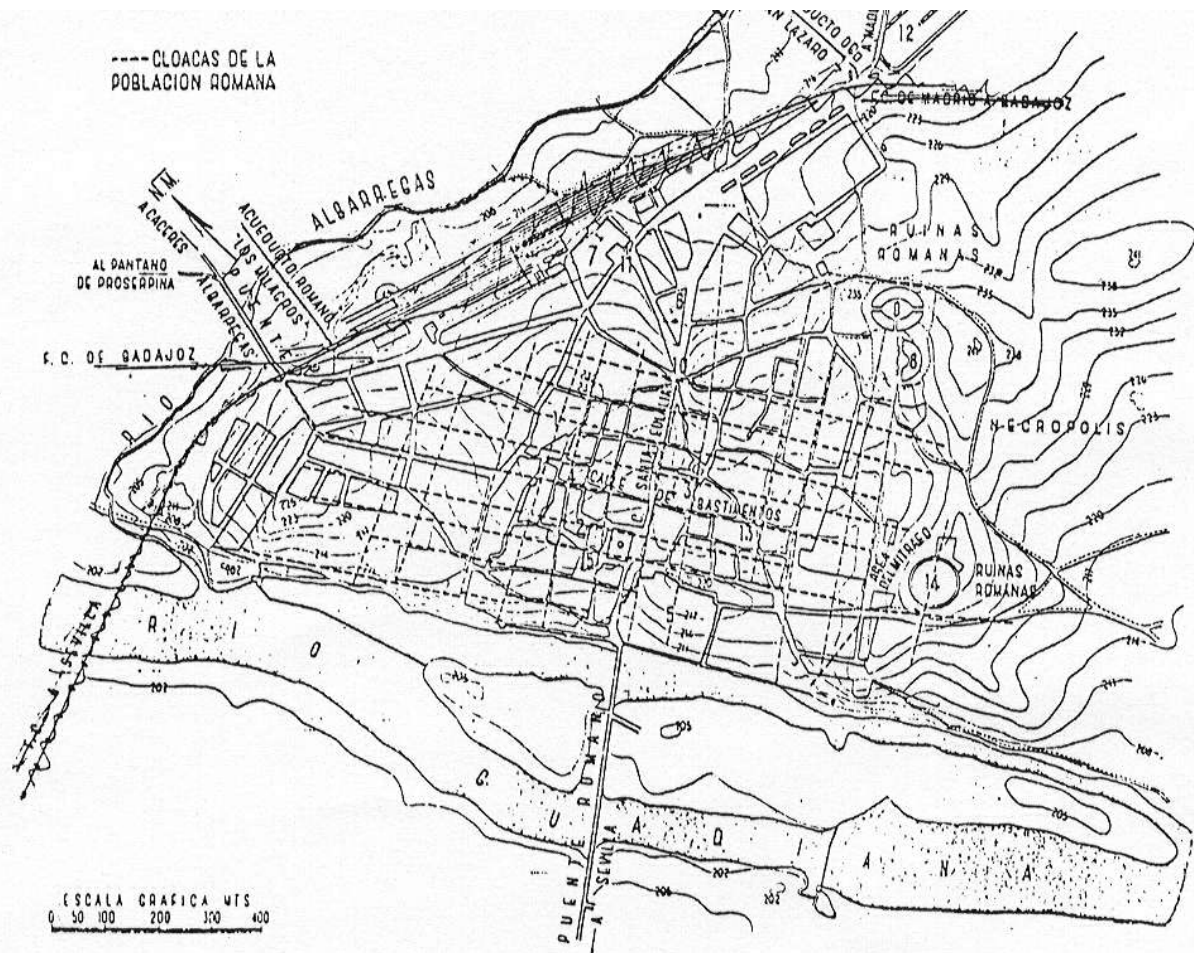
Vaison. La red se orienta en las dos direcciones de E-O y N-S siendo esta última la principal pues corresponde a la pendiente natural del terreno que lleva hacia el río. También existen ramificaciones siguiendo las direcciones de los valles, o los de las calles más importantes de la ciudad actual que deben coincidir con las romanas: calle principal del teatro, calle del ninfeo, etc. Tanto la distribución de las aguas limpias como las de recogida de las aguas negras están perfectamente coordinadas siguiendo las directrices naturales de las aguas de circulación superficial, que influyeron primero en la ordenación de las calles.

Otras cloacas más normales tenían una anchura de 0,60 m. Todos los grandes monumentos teatro, foro, circo y termas tenían su alcantarilla propia; las más importantes iban directamente al Ródano. En el centro de la ciudad las cloacas estaban muy densamente repartidas, sus dimensiones eran de 1,62 x 0,65 m. y 1,90 x 0,85 m.; en dos de ellas cubiertas con grandes losas planas. En muchos casos se duda si son ramales del colector o del acueducto.

## b) Cloacas en Hispania

En España una ciudad donde se ha podido llegar a establecer un plano de la red de saneamiento, es Mérida, de la cual se han recogido cuidadosamente los hallazgos de tuberías al realizar las obras urbanas. Esto ha dado una comprobación del trazado viario de la ciudad actual. Además, ha servido para estudiar la extensión de la ciudad en las distintas épocas de su vida. También se han localizado los emisarios al Guadiana.

En Toledo cerca de la puerta musulmana de Bib el Mardon existe una salida de galería romana con un hermoso emboquillado del frente, que se atribuye al desagüe de una cloaca principal de la red correspondiente pero creemos que se trata de una galería de desagüe del depósito romano correspondiente a las denominadas Cuevas de Hércules, pues la dirección de la galería conduce a aquélla y por el trayecto más corto aunque de máxima pendiente.



Red de cloacas de Emerita Augusta.  
Cloacas de varias ciudades en Hispania: Corduba, Itálica, Caesar Augusta y Emérita Augusta.



### c) Cloacas en Britania

En Lincoln (Britania) existe una red de cloacas en todas las calles antiguas construida con grandes sillares, a las que acometen pequeños tubos que vienen de las casas privadas con las correspondientes válvulas. También recogen las letrinas públicas. En St. Albans una cloaca va del foro al río y recoge de paso una letrina pública. En Chichester hay dos cloacas, una de ellas revestida de madera. En Cristor by Norwich la foto aérea revela una serie de trazos a lo largo del centro de las calles que deben corresponder a las cloacas.