

luego en la parte más baja de la atarjea pasarán 9.37 litros por hectárea y por segundo. Al hacer esta aplicación hemos tomado el valor máximo del coeficiente  $C$  para tener en cuenta el hecho de que pasando el tiempo, toda el área estará habitada y también porque los resultados obtenidos con las fórmulas que vamos á comparar no se modifican por las variaciones que pueda haber en la naturaleza de la superficie, y es de suponerse que sus autores admitieron que toda ella tenía los caracteres que distinguen á la superficie del piso en las ciudades.

Una vez conocida la cantidad de agua que pasa por la atarjea, para determinar la capacidad de ésta, emplearemos la fórmula que usó la "Comisión del drenaje de Massachusetts," derivada de la de Kutter, y tomaremos el valor de los coeficientes que nos dan las tablas calculadas por esa misma Comisión.

Los nueve litros treinta y siete centésimos por hectárea y por segundo que acabamos de calcular, equivalen á mil trescientos treinta y cuatro diez milésimos de pié cúbico por acre y por segundo, luego la cantidad de agua que ha de pasar por la atarjea será  $0.967 \times 0.1334$  ó bien 129 pies cúbicos por segundo en números redondos.

Para dar paso á esta cantidad de agua en una atarjea con 0.0008 de pendiente, según un cálculo aproximativo hecho con ayuda de las tablas á que antes nos referimos, se necesita que dicha atarjea tenga seis pies y medio de diámetro próximamente.

La fórmula tal como la presenta la "Comisión," es:

$$v = c \sqrt{r \cdot s}$$

en la que  $v$  es la velocidad del agua en pies;

$c$  coeficiente práctico variable con el radio medio;

$r$  radio medio;

$s$  pendiente expresada en fracción decimal ó diferencia de nivel por unidad de longitud.

en nuestro caso tendremos:

$$r = \frac{\pi D^2}{4\pi D} = \frac{D}{4} = 1.62, \sqrt{r} = 1.27, c = 119.6, \sqrt{s} = 0.0283$$

$$v = 119.6 \times 1.27 \times 0.0283 = 4.3 = 1^m.31$$

$$\frac{129}{4.3} = 30^{\text{pies}^2} = \pi \frac{D^2}{4}, D = 6^m.15 = 1^m.87$$

el diámetro de la atarjea deberá ser, pues, de 1<sup>m</sup>.87.

Debemos á la bondad del Sr. Hering un ingeniosísimo diagrama preparado por él, para determinar por la fórmula de Kutter las dimensiones de las atarjeas. Esta fórmula reducida á su más simple expresión, es:

$$v = c \sqrt{r \cdot s}$$

pero en ésta el coeficiente  $c$  varía con la naturaleza del fondo del canal, con la pendiente y con el valor del radio medio, pues tiene la siguiente forma general:

$$c = \frac{41.66 + \frac{1.8113}{n} + \frac{0.002807}{s}}{1 + (41.66 + \frac{0.002807}{s}) \frac{n}{\sqrt{r}}}$$

$n$  es un coeficiente que depende de la naturaleza del material de que está construido el canal,  $s$  la pendiente y  $r$  el radio medio. Si tomamos por  $n$  el valor de 0.013 que corresponde á un canal construido con mampostería de ladrillo, y que es el mismo que aceptó la "Comisión del Drenaje de Massachusetts;" tomamos  $r$ , radio medio igual á 1.62 y la pendiente igual á 0.0008; por medio del diagrama se deduce muy fácilmente que  $c = 126$  y  $v = 4^p.55 = 1^m.39$ , por consiguiente:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{129}{4.55} = 28.25, \quad D = 6^m.91 = 1.83$$

por cuyo resultado se ve que los dos sistemas concuerdan perfectamente.

Aplicando ahora la fórmula de Hawksley que antes transcribimos, se encontrará:

$$\begin{array}{r} \log. D = \frac{3 \log. A + \log. N + 6.8}{10} \\ A = 968 \\ N = 1250 \\ \frac{18.857}{10} = 1.8854 = \log. 76.''8 \end{array} \quad \begin{array}{r} \log A = 2.9859 \\ \frac{3}{3} \\ \frac{8.9577}{3.0969} \\ \log. N = 3.0969 \\ \frac{12.0546}{6.8000} \\ \frac{6.8000}{18.8546} \\ D = 76.''8 = 1^m.95 \end{array}$$

Con la fórmula de Adams se encontraría:

$$\begin{array}{r} \log. D = \frac{2 \log. A + \log. N - 3.79}{6} \\ \log. A = 2.9858 \\ \frac{5.9716}{2} \\ \log. N = 3.0969 \\ \frac{9.0685}{3.7900} \\ \frac{3.7900}{5.2785} \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{5.2785}{6} = 0.8797 \\ 0.8797 = \log. D = \log. 7^p.58 \\ \frac{7.58}{2.3} \end{array}$$

Por los resultados á que acabamos de llegar se deduce que para el caso en que se encuentra la capital, la fórmula de Hawksley produce diámetros sensiblemente iguales ó que se aproximan mucho á los que se obtienen por la aplicación sucesiva de la fórmula de Burkli-Ziegler y de la de la "Comisión del Drenaje de Massachusetts," ó el diagrama de Mr. Hering, mientras que la fórmula de Adams produce resultados notablemente mayores que los de las otras.

Si se tiene en cuenta que el terreno de Londres es más accidentado que el de México, siendo la pendiente general del terreno mayor que la de 0.001 que aquí admitimos para nuestros cálculos, se puede creer que hasta cierto punto esa ha de ser la razón de por qué la fórmula de Hawksley produce resultados un poco mayores que las otras á que primero nos referimos, y que por esto consideramos esos resultados como perfectamente concordantes.

Antes de emitir una opinión definitiva acerca del método que á nuestro juicio se debe seguir para determinar las proporciones de las atarjeas de México, creemos necesario hacer una observación que servirá para fundarla más. Es ésta, que en todas las ciudades de Europa donde se han hecho observaciones para determinar la cantidad de agua que llega á las atarjeas en la unidad de tiempo, los techos de las casas son bastante inclinados por lo general, mientras que en México son casi horizontales, pues tienen muy ligera inclinación, y esta es una causa que ha de retardar bastante la llegada del agua á las atarjeas y al mismo tiempo ha de aumentar las pérdidas por evaporación y filtración. Además, la evaporación es aquí muy rápida á causa de la grande altura á que estamos sobre el nivel del mar y la sequedad de nuestra atmósfera.

Estas razones abogan en pro de la idea de que aun siguiendo el método que produce los menores resultados, las dimensiones que se obtengan para las atarjeas, serán suficientemente amplias, atendiendo á las circunstancias locales de la Ciudad de México.

Esta Ciudad está en el caso de aquellas que deben admitir una gran masa de agua pluvial en sus conductos subterráneos; el volumen de los desechos de las habitaciones, hemos tenido oportunidad de apreciarlo en las bombas de San Lázaro, y apenas llega á medio metro cúbico por segundo, mientras que el de las aguas de lluvia puede llegar á quince ó veinte metros cúbicos en la misma unidad de tiempo; así es que los desechos representan sólo una pequeña fracción del volumen de agua que se debe desalojar en los momentos de un fuerte aguacero, y no hay que preocuparse por ellos <sup>1</sup>, el procedimiento que se deberá seguir para calcular las atarjeas, será pues:

*Calcular la cantidad de agua que llega á las atarjeas por la fórmula de Burkli-Ziegler, y determinar las dimensiones de la sección transversal de esos conductos de desagüe, por la fórmula que la "Comisión del Drenaje de Massachusetts" derivó de la de Kutter.*

Al fijar las dimensiones de una atarjea, además de todas las consideraciones relativas á la cantidad de agua que debe pasar por ellas se debe también tener presente la *necesidad que hay de que la corriente líquida adquiera una velocidad de sesenta centímetros por segundo cuando menos, en los momentos en que está llena á la mitad.*

Por la forma de la expresión que sirve para calcular este elemento,  $v=c\sqrt{rs}$ , se ve que si la velocidad  $v$  se hace constante, é igual á una cantidad determinada, el radio medio  $r$  y la pendiente  $s$  debe variar en razón inversa.

El valor de  $r$  se calcula dividiendo el área  $A$  por el perímetro mojado  $P$ , así es que

$$r = \frac{A}{P};$$

los valores de  $A$  varían como el cuadrado de las líneas en función de las cuales se calcula el área, mientras que  $P$  sólo es proporcional á los valores de esas mismas líneas; de aquí resulta que  $r$  aumenta considerablemente con el área de la sección transversal de la atarjea, y á medida que ésta crece, la pendiente  $s$  debe ser menor para satisfacer á la condición establecida de que

$$v=0.6$$

<sup>1</sup> Imitamos en esto á todas las ciudades que están en un caso análogo, porque en ello es uniforme la opinión.

Esa velocidad de 0<sup>m</sup>60 por segundo, es la menor que se puede admitir para que la corriente desaloje los depósitos de materias sólidas que tienden á formarse en la atarjea, y si atendiendo sólo á la extensión del área que uno de estos conductos debe desaguar, se encuentra que es un tubo que colocado en la pendiente disponible en aquel lugar, no permite al agua adquirir la velocidad de sesenta centímetros por segundo, *se debe siempre sustituir por otro que colocado en esa pendiente satisfaga á la imprescindible condición de que el agua pase por él, cuando menos con una velocidad de sesenta centímetros por segundo*, aun cuando las dimensiones de éste sean demasiado grandes para los otros servicios que tiene que prestar, pues la disposición que tendrá nuestro sistema de atarjeas, permitirá en todos casos introducir en cualquiera de ellas, un volumen de agua que las llene hasta la mitad cuando menos, y con esto dejarlas limpias y expeditas.

Esta última circunstancia impone otra condición, cual es: la de que todas las atarjeas laterales *deben tener en su origen, esto es, al partir de la de distribución, una sección bastante amplia para que por ella pase agua en suficiente cantidad para lavar á la lateral en los puntos donde tenga mayor amplitud.*

Son muchas las condiciones que hay que tener presentes para determinar la sección de una atarjea, y como son tantas las atarjeas de la Ciudad y tan variadas las condiciones en que se encuentran, por lo que se refiere á su pendiente y al área que tienen que desaguar, la aplicación directa del cálculo, siguiendo el procedimiento que antes indicamos, sería laboriosísima y los resultados que se obtuvieran no merecerían absoluta confianza, porque no se podía establecer un método de comprobación directo y fácil.

Preocupados por esto y por el tiempo que tales operaciones absorberían, nos propusimos simplificarlas; valiéndonos de procedimientos gráficos de la manera que vamos á indicar.

Calculamos primero por medio de la fórmula de Burkli-Ziegler la tabla N° 2, en la que tomando como argumento el número de hectáreas de una superficie comprendida entre ciertos límites, se encuentra inmediatamente al lado, el número de litros por segundo que han de pasar por el punto más bajo de la atarjea, que ha de recibir el producto de una lluvia de 0.025 por hora que se precipite en dicha superficie.

En seguida, con los coeficientes de la tabla N° 1, y por la fórmula

$$v=c\sqrt{rs},$$

se determinaron las velocidades que con distintas pendientes podía adquirir el agua en atarjeas cuyas secciones fueran de los tipos que nos propusimos admitir, y con esas velocidades y el área de las secciones, fué ya posible determinar la cantidad de agua que cada atarjea podía descargar en variadas condiciones de pendiente. Los resultados de esos cálculos constan en las tablas 3, 4, 5, 6, etc., y con estos elementos fué ya posible construir los diagramas 1 y 2; el 1 para pequeñas superficies con atarjeas de pequeña sección, y el 2 para las grandes superficies que deben estar provistas de grandes atarjeas.

Nos pareció más cómodo y más inteligible, consignar la explicación y uso de los diagramas en el plano mismo que los contiene, por esta razón no entramos aquí en detalles acerca de la manera de usarlos.

Sí creemos necesario consignar, aun cuando no sea sino para dar una idea de la manera con que los trabajos se han ejecutado, que siendo enteramente indispensable tener á la vista el área de cada porción de la superficie total que debe estar provista de un elemento de desagüe; esos datos se asentaron en un plano separado, así como los del mismo género que corresponden á cada tramo de una misma atarjea cuando es muy larga; y lo hicimos así, porque los datos relativos á las superficies no los creímos necesarios en el plano general, que acompañamos marcado con el N° 1, pues como son muy numerosos, habrían introducido la confusión en dicho plano, dificultando la fácil percepción de otros que sí son necesarios para dar una idea del proyecto en sus detalles.

#### 4ª-FORMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

En la forma de la sección transversal de las atarjeas ha habido grandes variaciones, desde la rectangular que se usó en los primeros tiempos en que se comenzaron á construir conductos subterráneos de desagüe, hasta la forma ovoide que fué determinada cuando la práctica demostró que era enteramente indispensable concentrar la pequeña cantidad de agua que pasa comunmente por las atarjeas, á un espacio reducido, con el objeto de aumentar la velocidad y disminuir los depósitos que tienden á formarse en las atarjeas de sección rectangular.

Para dar una idea de la diversidad de opiniones que se siguen en otras partes, vamos á indicar cuáles son las prácticas que se observan en varias ciudades, y después diremos lo que aquí conviene hacer, á nuestro juicio.

En Londres hay una gran variedad de formas de atarjeas, pues, como dice muy bien el Sr. Hering, "representan las ideas de varios siglos;" ahora se usan: la forma circular para los tubos de barro, que rara vez son mayores que cuarenta y cinco centímetros, y para ciertas atarjeas de intercepción. La forma ovoide es común en las atarjeas de ladrillo ó de betón, exceptuando en las atarjeas de intercepción como acabamos de decir, y en las que están destinadas á recibir el agua de lluvia. La forma oval con un gran radio en el fondo, se usa cuando hay que remover diariamente una masa considerable de líquidos; las otras formas, tales como la de fondo, plano ligeramente curvo, las que se asemejan á la forma de los túneles de ferrocarril, etc., se usan en casos especiales.

En París las atarjeas tienen grandes dimensiones, porque éstas se determinaron admitiendo el principio de que los depósitos se han de remover por un medio mecánico, y para satisfacer á ésta condición, es enteramente indispensable que sean accesibles en toda su longitud. Hay en esta ciudad catorce tipos distintos cuyas dimensiones constan en la tabla siguiente:

Número del tipo.	Altura debajo de la Clave.	Anchura en los arranques.	Superficie de la sección.
1	4.40	5.60	18.75
2	4.35	5.20	16.59
3	3.90	4.00	11.81
4	2.98	3.70	9.89
5	3.80	3.00	8.66
6	3.15	2.50	7.04
7	3.55	2.50	6.29
8	2.80	2.30	5.02
9	2.75	2.00	4.23
10	2.40	1.75	3.24
11	2.30	1.30	2.36
12	2.10	1.30	2.15
13	2.00	1.05	1.65
14	2.00	0.90	1.44