

MEMORIA DESCRIPTIVA

DEL PROYECTO DE OBRAS PARA EL
SANEAMIENTO, DESAGUE Y PAVIMENTACION
DE LA CIUDAD DE SANTA ANA

QUE POR ACUERDO DE LOS SEÑORES,
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

D. CARLOS MELÉNDEZ

Y MINISTRO DE FOMENTO

Dr. D. Alfonso Quiñónez Molina,

FORMÓ EL INGENIERO CIVIL

ROBERTO GAYOL

1914

SAN SALVADOR

IMPRENTA NACIONAL.



MEMORIA DESCRIPTIVA
DEL PROYECTO DE OBRAS PARA EL SANEAMIENTO,
DESAGUE Y PAVIMENTACION DE LA
CIUDAD DE SANTA ANA.

GENERALIDADES

La ciudad de Santa Ana está edificada en una ladera que con suave pendiente desciende del Suroeste al Noreste y la inclinación del terreno es tal, que, sin llegar a ser molesta para el tráfico, permite colocar los conductos desaguadores en buenas condiciones de pendiente, y conseguir que la velocidad con que por ellos pase el agua sea bastante grande, lo cual facilita la conservación de las cloacas en buenas condiciones de aseo y permite reducir las dimensiones de las mismas sin perjuicio de su capacidad de descarga, favoreciendo así la economía, porque disminuye el costo de las obras.

El terreno de la región Suroeste es todo de aluvión; en las perforaciones que allí se hicieron, se encontró arcilla y arena casi siempre; en algunos puntos grava, y excepcionalmente piedra suelta y cantos rodados.

Siguiendo una dirección diagonal de Sureste a Noroeste, hay una estrecha zona del terreno que ocupa la ciudad, por donde pasa una corriente superficial de lava basáltica que vino de un cráter que, sin duda, está en la falda del volcán de Santa Ana.

En el plano de las cloacas número 2, se puede ver cuál es la zona que ocupa la corriente de lava y en los perfiles se aprecia, cuál es la importancia de la excavación que en esa lava se tiene que hacer.

Hacia el Noreste de la lava el terreno está constituido por un talpetate arcilloso de color amarillo, que es el terreno primitivo de toda la región, pues se encuentra debajo de la lava, lo cual demuestra que esta lava vino después, y en cuanto al aluvión del lado Suroeste, es de formación mucho más reciente aún, pues se acumuló allí, al depositarse los azolves que trajeron las corrientes que bajan de la cordillera, cuando esas corrientes perdían velocidad al chocar con el obstáculo que le opuso la lava, porque ésta llenó el talweg que de Suroeste a Nor-este atravesaba el terreno que ahora ocupa la ciudad.

El espesor de la capa de lava es muy variable, tanto porque el relieve del terreno permitió que se acumulara más en unos lugares que en otros, cuando estuvo fluida, como porque en varias partes ha sido atacada por los habitantes de la población, ya para utilizarla como material de construcción, o ya para corregir las irregularidades en la superficie de los pavimentos y también aun para dar paso a los desagües, que tienen que seguir las líneas definidas por las calles.

En cuanto a la calidad del terreno desde el punto de vista de las dificultades que puede ofrecer para construir en él las cloacas, preveo que la mayoría de éstas se tendrá que establecer, en materiales que sin ser muy duros ni difíciles de excavar, se podrán sostener cortados a plomo, durante todo el tiempo que sea necesario tenerlos abiertos para efectuar la construcción, pues creo que sólo por excepción será preciso hacer algún ademe en los tajos que se abran y como el agua en el subsuelo está muy profunda, tampoco habrá que hacer desagües, en todo esto me fundo para opinar que por regla general, la construcción no será ni difícil, ni costosa;

la excavación en lava será un 5p% del volumen total que hay que remover.

De lo anterior se infiere que para la pavimentación, también se cuenta con un subsuelo compacto y firme, y por lo mismo el conjunto de circunstancias locales, tiende a facilitar la ejecución de las obras que se trata de hacer.

En cuanto a su hidrografía, Santa Ana deja por ahora bastante que desear, pues además de que penetran a ella las aguas de lluvia que se precipitan en terrenos extensos que hay por el lado del Sur y fuera de los límites de la población, del lado del Oeste hay una barranca, la de Santa Lucía, cuyo *cauce es completamente artificial*; para convencerse de la exactitud de esta observación, basta fijarse en que dicha barranca no va por un talweg, sino que por el Sur corta oblicuamente las curvas del nivel y hacia el Norte queda peor aún, porque ella va por una línea de división de aguas, lo cual se debe a que cuando se desborda en las grandes avenidas el agua deposita el azolve en los terrenos adyacentes.

Antes de que se fundara la ciudad, la corriente que ahora va por la barranca de Santa Lucía, caminaba por un talweg que atraviesa de Suroeste a Noreste la parte más poblada de Santa Ana, talweg que se percibe aún perfectamente marcado por las curvas de nivel, a pesar de las alteraciones que en los detalles de la configuración del terreno se han hecho para regularizar las pendientes de las calles y dirigir las corrientes superficiales en el sentido que más convino; el talweg a que me refiero es el que forma la continuación hacia el Suroeste, del que sirve de cauce a la barranca que comienza en el cruce de la 1 calle Oriente con la 10ª avenida Norte y que pasa por el Rastro.

Es indudable que cuando la ciudad creció, sus habitantes encontraron que era muy molesta la vecindad de una cortadura en el terreno que atravesando la parte más poblada, no sólo interrumpía el

tráfico, sino que servía de receptáculo de toda clase de desechos, como sucede siempre en casos semejantes, y entonces desviaron la corriente de su curso natural.

Estas desviaciones, por regla general, no se hacen con entera impunidad, si no es tomando las debidas precauciones, y como tales precauciones no se tomaron en el caso que me ocupa, resulta que la barranca de Santa Lucía es una perenne amenaza que constituye un peligro para la ciudad, como lo demuestra el hecho de que de tiempo en tiempo se desbordan las crecientes y ocasionan perjuicios que alguna vez pueden alcanzar las proporciones de un desastre.

Según informes que me dieron, el Municipio tiene que gastar anualmente una regular cantidad en desazolvar el cauce, que sigue un trazo defectuoso y está en malas condiciones de pendiente.

Tales condiciones podrían modificarse parcial y favorablemente, rectificando el cauce actual dentro de los límites de la ciudad, pues el trazo tiene fuertes inflexiones, que son innecesarias a la vez que muy perjudiciales.

No bastará, sin embargo, rectificar el cauce, pues para alejar todo peligro, es preciso hacer obras en puntos lejanos de la ciudad, en regiones que recorrí cabalgando, pero que distan mucho de los límites que podrían abarcar nuestras operaciones topográficas, dentro del plazo en que debemos terminarlas, y tales operaciones son el fundamento obligado de cualquier proyecto que tienda a mejorar radicalmente las actuales condiciones de la barranca de Santa Lucía; por esta razón me limito a indicar la conveniencia de hacer un estudio técnico y completo de dicha barranca, sin que pueda formular un proyecto por falta de datos, cuya recolección exige más tiempo del que nosotros dispusimos y mucho más trabajo del que nos comprometimos a desarrollar.

La existencia de la barranca de Santa Lucía y la notable inflexión que en el sentido del descenso presentan las curvas de nivel, volviendo hacia el Norte su convexidad, obligan a separar de la de Santa Ana, la red de cloacas que servirá para desaguar los terrenos que están al Oeste de la barranca y que son los mejor situados para el ensanche inmediato de la población.

Pretendí formar desde luego un proyecto para extender las cloacas en los terrenos de Santa Lucía, pero como no hay aún proyecto para fraccionar los muchos terrenos de propiedad particular que interrumpen la continuidad de las calles, todo lo que hoy se hiciera, tendría que modificarse cuando se prolonguen las calles que en la actualidad están cerradas, y como no se han de hacer obras al Oeste de la barranca, mientras no haya un proyecto definitivo para el ensanche de la ciudad, no vale la pena de hacer estimaciones sobre trabajos que de antemano se sabe que no se han de ejecutar, pero que sí ofrece el inconveniente de aumentar la magnitud de las cifras que expresan el volumen y el costo de las obras.

Voy a exponer ahora cuáles son las ideas fundamentales y las conclusiones que me han servido de base, para formar los proyectos que tengo la honra de presentar adjuntos, dividiéndolos por su naturaleza y objeto en dos partes distintas: la primera comprenderá el saneamiento y desagüe, la segunda la pavimentación.

PRIMERA PARTE

SANEAMIENTO Y DESAGUE.

Al estudiar un proyecto de saneamiento y desagüe de cualquiera población, hay que analizar sus condiciones topográficas e hidrográficas para definir cuál es el sistema que conviene adoptar y cómo deben ser los detalles relativos a los alineamientos o trazos de las cloacas, sus profundidades y pendientes y su capacidad de descarga, fijando a continuación las ideas relativas a la forma de la sección transversal, los enlaces y conexiones, pozos de visita y de lámpara, coladeras para el agua pluvial y los medios que se aconsejan para obtener una buena ventilación de los conductos desaguadores.

Para desarrollar con más claridad las ideas relativas a cada uno de estos puntos, dividiré mi exposición en los siguientes artículos:

- 1º Sistema de saneamiento que conviene aplicar.
- 2º Alineamientos que se deben adoptar o trazos de las cloacas en el plano.
- 3º Profundidades y pendientes de las cloacas.
- 4º Capacidad de descarga de las cloacas, o volumen de agua que por ellas tendrá que pasar.
- 5º Forma de la sección transversal.
- 6º Enlaces y conexiones, pozos de visita y de lámpara.
- 7º Coladeras para el agua pluvial y cajas de depósito.

8º Sistema de limpia de las cloacas y elementos para efectuarlo.

9º Ventilación de las cloacas.

10 Purificación del agua de las cloacas.

11 Presupuestos.

1. — Sistema de saneamiento que conviene aplicar.

Ahora que ya se han difundido tanto los conocimientos relativos a la Ingeniería Sanitaria, estimo que es innecesario entrar en detalles para establecer las diferencias que distinguen unos de otros los diversos sistemas de saneamiento, pues por la ilustración de las personas a quienes interesa este informe, tienen ellas de sobra conocido cuanto yo pudiera decir acerca de los conocimientos actuales y preceptos generales de este ramo de la Ingeniería, y como la terminología se ha difundido también, es innecesario que me divague explicando el significado de nombres que son muy conocidos.

Por esta razón entro en materia inmediatamente, analizando las condiciones especiales de Santa Ana, desde el punto de vista de cada una de las circunstancias que permiten aplicar de preferencia el sistema divisor al combinado; el combinado más bien que el divisor, o bien indistintamente cualquiera de los dos, como sucede cuando las condiciones topográficas e hidrográficas son tan favorables, que permiten limitar las bases para la elección a consideraciones puramente económicas.

El sistema divisor común se puede aplicar:

1º — Cuando es posible que el agua de lluvia corra por la superficie de los pavimentos o porque se le pueda concentrar en algunos canales que crucen la población.

En Santa Ana, el agua corre muy bien y rápidamente por la superficie de las calles, ocasionando esto nada más, por regla general, una breve interrupción del tráfico pedestre, que se subsana de un

modo bastante práctico, por medio de los puentes móviles de madera.

2º — Cuando exista ya una red de cloacas que no son adecuadas para recibir los desechos de las habitaciones, pero que, con un pequeño gasto, se pueden extender y arreglar para que por ellas salga el agua pluvial.

Esta condición no se verifica en Santa Ana, porque aun cuando hay algunas cloacas, las dimensiones de su sección transversal son tan pequeñas que no pueden recibir sino una proporción insignificante del volumen de agua que suele caer en la unidad de tiempo, aun en las lluvias de mediana intensidad; por esto no vale la pena de gastar algo en conservarlas y menos aun en adaptarlas para uso posterior.

3º — Cuando sea muy costosa la purificación del agua que lleva los desechos de las habitaciones y que haya peligro de contaminar las aguas que los habitantes de la región inferior, utilizan para los usos domésticos.

El agua de las cloacas de Santa Ana se utiliza ya y se deberá seguir utilizando en lo futuro, para el riego de los terrenos que están inmediatamente abajo de la ciudad.

Este es el sistema práctico y más económico para purificar las aguas de las cloacas de una población; y como el riego se hace a costa de los dueños de terrenos, a la ciudad no le cuesta nada la purificación de los desechos, sólo será indispensable reglamentar el uso del agua de las cloacas, para que en ningún caso, pueda manchar las corrientes de agua que utilizan los habitantes de las regiones bajas; pues ahora falta este requisito.

4º — Cuando, por no haber suficiente desnivel en el terreno, sea preciso elevar por medio de bombas los desechos de las habitaciones y que esta operación resulte muy costosa si se aumenta el volumen de tales desechos, mezclándoles el agua pluvial.

Afortunadamente para Santa Ana, esta ciudad está ubicada en un terreno que le permite expulsar sus desechos líquidos a gran distancia por simple gravedad; así es que no tendrá que gastar nada para alejarlos de la población.

El sistema combinado se debe preferir, cuando se presenten las tres circunstancias descritas a continuación y marcadas con los números ordinales 5o., 6o. y 7o. (1)

5° — Cuando el terreno que ocupa la población sea tan plano que el agua de lluvia tienda a estancarse en cuarteles extensos y densamente poblados y no puede salir sino por medio de conductos subterráneos.

6° — Cuando no sea necesario purificar los desechos o que la purificación sea fácil y económica.

7° — Cuando hay agua bastante para lavar las cloacas de grandes dimensiones.

La quinta condición no es aplicable a Santa Ana, porque no hay ningún punto en donde sea posible que se estanque el agua; lo cual indica que no es forzoso construir allí las grandes cloacas que requiere el sistema combinado.

El precepto que establece la sexta condición es favorable para el sistema combinado, puesto que en Santa Ana, la purificación de los desechos se hará sin gasto alguno para la comunidad.

Por lo que se refiere a la séptima y última condición, creo que también se podrá satisfacer, aun cuando no sin un gasto constante para elevar el agua; porque este líquido sólo se encuentra en los arroyos que pasan en la parte baja de la ciudad; y para lavar las cloacas, de grandes o pequeñas dimensiones, será preciso elevar el agua a los puntos más altos, en donde comienzan dichas cloacas a bajar.

(1). — Marco las tres condiciones con los números 5o., 6o. y 7o., en vez de 1o., 2o. y 3o., para facilitar las referencias en el análisis que haré al asentar las conclusiones.

Resumiendo las conclusiones del breve análisis que acabo de hacer, se infiere lo siguiente:

Las condiciones primera y sexta, son en Santa Ana favorables al sistema divisor, pero no contrarias al combinado; pues el hecho de que el agua de lluvia pueda correr fácilmente por las superficies de las calles, no impide que se construyan conductos subterráneos para recibirla, si así se juzga conveniente hacerlo para mayor comodidad.

No hay que tomar en cuenta la segunda condición, puesto que en Santa Ana no hay ahora cloacas de capacidad bastante para recibir el agua pluvial.

La tercera y sexta condiciones favorecen la construcción de cloacas del sistema combinado, pero de ninguna manera son contrarias a la adopción del sistema divisor, porque desde el punto de vista de la purificación de los desechos, se puede aplicar uno u otro, indistintamente.

La cuarta condición, que en ciertos casos impone radicalmente el sistema divisor, cuando esos casos coexisten con el hecho de que hay que elevar con bombas el agua que sale por las cloacas, no se aplica en lugares como Santa Ana, en donde los líquidos se desalojan en cualquier punto por simple gravedad, y en casos como el que nos ocupa, en que es negativa la proposición, ella no ejerce influencia alguna, como es de suponer, y se resuelve cuál de los dos sistemas conviene adoptar, por consideraciones de otro género.

Hice ya notar, al referirme a la séptima condición, que en Santa Ana será preciso elevar con bombas el agua que es absolutamente indispensable para lavar las cloacas, sean éstas pequeñas del sistema divisor, o grandes porque se hayan fijado sus dimensiones para satisfacer las exigencias del sistema combinado; pero naturalmente, el volumen de agua que sea preciso elevar, será tanto mayor, cuanto más grandes sean las dimensiones de la

sección transversal de las cloacas; y el gasto que ocasione, tanto la instalación, como el consumo de energía para elevar el líquido, crecerán en razón directa del volumen de éste que se eleve; por lo tanto, las consecuencias que se derivan de la séptima condición, para resolver cuál de los dos sistemas conviene adoptar, entran en la categoría de las consideraciones económicas, lo mismo que todo lo que se refiere a las diferencias en el costo de la construcción, por la gran diferencia que hay en las masas de obras de distintos géneros, que con uno u otro sistema hay que ejecutar.

Resulta, pues, que las condiciones topográficas e hidrográficas de Santa Ana, no imponen forzosamente la aceptación del sistema divisor, de preferencia al combinado o recíprocamente; *pues se puede construir cualquiera de los dos*; y la resolución que se tome, se tendrá que fundar únicamente en consideraciones económicas, puesto que por lo que se refiere a la higiene pública, cualquiera de los dos sistemas dará el mismo resultado práctico y las ventajas del sistema combinado sobre el divisor, en el caso de Santa Ana, se reducen a una conveniencia de comodidad, que se deriva del hecho de que, recibiendo en las cloacas el agua de lluvia, las corrientes de agua que cuando llueve pasan por las calles, dejarán de ser un obstáculo que a veces impide la circulación pedestre; y también habrá una conveniencia de ornato, porque si se establecen conductos subterráneos para el agua de lluvia, se podrá conformar mejor la sección transversal de las calles al construir los pavimentos.

En cambio, el costo de construcción del sistema divisor, será mucho más pequeño que el que exija el combinado, y será también menor el gasto que se requiera para conservar en buen estado las cloacas del sistema divisor.

No es de grande importancia la diferencia que hay en el consumo de agua para lavar las cloacas

de Santa Ana; pues tanto para el sistema divisor como para el combinado, es tan pequeño el volumen que se ha de usar, que la diferencia en el costo no puede ejercer influencia alguna en favor o en contra del sistema combinado.

2º—Alineamientos que se deben adoptar o trazo de las cloacas en el plano.

El detalle del trazo de las cloacas es de suma importancia, porque de él depende que sea sencilla o difícil, económica o costosa la conservación de las obras del desagüe de una población.

Cuando estudié el proyecto de saneamiento de la ciudad de México, llegué a la conclusión de que el trazo de cloacas más práctico y mejor, es del sistema que Lindley adoptó en Hamburgo y Franckfort y a él me sujeté; posteriormente, al poner en uso las obras de México, pude comprobar las grandes ventajas del sistema de Lindley; seguí el mismo sistema al proyectar las obras de saneamiento de Puebla, Oaxaca, Durango, Torreón y todas las demás poblaciones de cuyos proyectos me ocupé; los resultados fueron en todos casos muy satisfactorios y, por esto, ahora he proyectado las cloacas de Santa Ana, siguiendo el mismo sistema, que además de tener buenos fundamentos teóricos, he visto que en la práctica no deja nada que desear.

El plano número 1, es un diagrama que detalla el trayecto que sigue cada una de las cloacas cuya construcción se necesita desde luego, porque pasa por calles en donde ya existe cierto número de habitaciones más o menos importantes.

Este plano está dibujado en escala de 0.002, para facilitar la inspección y estudio del proyecto, pues el dibujo en escala de 0.001, por su tamaño es de difícil manejo, y para el caso la escala no influye en la exactitud, porque no se ha hecho nin-

gún cálculo tomando datos del plano, sino utilizando las distancias y diferencias de nivel medidas directamente en el terreno.

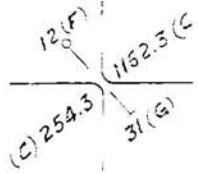
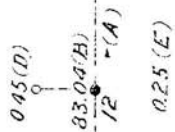
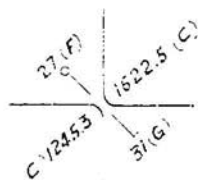
Las líneas que indican el trazo que siguen las cloacas están numeradas; siguiendo el mismo número que se repite en cada inflexión de una cloaca, se define su trayecto y se puede ver que, por regla general, la línea del trazo va alternativamente por una avenida y por una calle, dando vuelta al llegar a cada cruce.

En el plano se pueden ver las irregularidades que hay en el trazo y que son impuestas por las que ofrece la configuración del terreno, la cual dista mucho de ser la de una superficie de inclinación uniforme en una sola dirección, y conviene seguir con el trazo, hasta donde es posible, las líneas en que el terreno desciende, para evitar contrapendientes en el perfil, porque ellas obligan a practicar excavaciones profundas en el momento de la ejecución de las obras; la regla no es, sin embargo, absoluta, es preciso admitir excepciones, para reducir al mínimo el número de puntos en donde se bifurcan las cloacas, porque cada bifurcación tiende a complicar el manejo del sistema.

Cuando la construcción se lleve a cabo, los encargados de ella deberán seguir las reglas bien conocidas para trazar en las calles los ejes de las cloacas.

Para la mejor inteligencia del plano inserto a continuación el significado de los números, y signos convencionales contenidos en él.

En cada tramo de una calle o avenida hay un grupo de números dispuestos como sigue:



Las letras (A), (B), (C), etc., las pongo aquí para referencias al hacer la descripción, pero es fácil comprobar que no existen en plano.

El número marcado con la letra (A), es el que sirve para designar la cloaca en toda la longitud de su trayecto; por esto se repite en todas y cada una de las calles por donde pasa la misma cloaca y es el que relaciona el plano y los perfiles, porque estos llevan escritos con grandes caracteres, el número con que cada cloaca está marcada en el plano. Las pequeñas flechas \rightarrow que hay al lado de los números (A) indican la dirección en que se mueve la corriente que pasa por la cloaca.


Los números (B) expresan en metros y fracciones aproximadas a centímetros, las distancias que hay de crucero a crucero de calles *medidas en el terreno*.


En los cruceros están los números (C) que en metros y decímetros indican cuál es el desarrollo de la cloaca, cuyo origen es su punto más bajo. Estos números se obtienen sumando sucesivamente los números (B), así $1245.3 = 1162.3 + 83.04$; pero suprimiendo los centímetros para disminuir la cantidad de cifras anotadas en el plano; sin embargo, al efectuar las sumas se tuvieron en cuenta los centímetros.

Las fracciones decimales marcadas con (D) y el signo ^{0.45} indican el diámetro que será preciso dar a la cloaca en caso de que se adopte el sistema combinado, y la fracción marcada (E) y el signo ^{0.25} expresan en centímetros el diámetro que allí deberá tener la cloaca del sistema divisor.

Por último los números enteros y sus signos $\frac{27}{31}$ y $\frac{27}{31}$ que en el inserto croquis tienen las letras (F) y (G), sirven para definir cuál es el número del tipo de pozo que contiene los detalles necesarios para la construcción del pozo de visita que invariablemente debe haber en cada crucero, ya sea que a este concurran dos, tres o cuatro calles.

Sobre las líneas que señalan el trazo de las

cloacas hay unos puntos  que en las cuadras cuya longitud no pasa de 110 metros es uno solo y siempre está situado entre los números (A) y (B), mientras que en las cuadras de 120 metros o más hay dos puntos colocados entre los números (A) y (B) y los cruceros inmediatos. En ambos casos los puntos indican la situación y número de los pozos de lámpara que hay en cada cuadra.

Dibujadas sobre las mismas líneas del trazo de las cloacas, hay unos pequeños  signos que indican los puntos en donde cambia el diámetro de la cloaca respectiva.

Para evitar una aglomeración de números, tan inconveniente como innecesaria, omití consignar las pendientes en el plano, pues ya están en los perfiles, y por medio de los números (A) se encuentra cuál es el perfil que corresponde a cada cloaca y por medio de los números (C), que se designan en los perfiles con el nombre de puntos, se localiza en un perfil la posición de cualquier tramo de cloaca que se haya considerado en el plano y recíprocamente.

Las irregularidades que hay en el relieve del terreno de Santa Ana, obligan a derivar algunas cloacas de muy pequeña longitud, que por lo general ocupan sólo un tramo de calle y que ligan entre sí dos cloacas principales. Dichas derivadas se distinguen unas de otras, por el número de la cloaca de donde se deriva y el de aquella donde termina la derivada, por ejemplo la cloaca que lleva los números 19-25, es de un conducto que se deriva en la 19 y termina en la 25.

Con estas breves explicaciones y por medio de los planos y perfiles, será posible determinar todos los elementos que corresponden a cualquier punto de la red de cloacas que se han proyectado para Santa Ana.

3°—*Profundidades y pendientes de las cloacas.*

La inclinación natural del pavimento de las

calles de Santa Ana, es en la mayoría de los casos, muy favorable para dar a los conductos desagüadores una pendiente mayor aún de la que es indispensable, para que los líquidos que por ellas pasen, adquieran la velocidad que les permite arrastrar consigo los cuerpos sólidos que normalmente deben entrar a las cloacas, y aun algunos de los que no deberían entrar, pero que penetran a ellas por causas en que la práctica es imposible contrarrestar de un modo absoluto.

En estas condiciones de pendiente del terreno, lo único que se debe procurar es que el fondo de la cloaca esté a 1.70 m, o dos metros de profundidad, porque si se coloca más cerca de la superficie, habrá casos en que por estar demasiado alta no sea posible dar a los albañales de las casas, la pendiente de 1% que es la mínima que deben tener; mientras que si la cloaca se proyecta y construye muy profunda, aumenta mucho el costo no sólo de la cloaca misma, sino también de los desagües de las casas, con perjuicio de los propietarios de ellas, a quienes se obliga a gastar más de lo que es absolutamente indispensable.

En los perfiles que adjuntos se incluyen, van anotados los datos que describo a continuación, explicando lo que cada uno significa:

Abajo y a la izquierda de cada perfil se encuentran los nombres con que distingo los datos comprendidos entre cada dos líneas horizontales, y que de abajo hacia arriba se encuentran en el orden siguiente:

Puntos, que sirven para establecer la relación entre el plano y el perfil y que dan la medida en metros de las distancias que hay del extremo más bajo de la cloaca respectiva, a los puntos en que va encontrando a los ejes de las calles y avenidas que son perpendiculares al tramo de cloaca que está antes del punto, y, en el perfil, en la línea vertical que coincide con cada punto, van escritas

las iniciales y el número de la calle o avenida correspondiente, así 10 A. N. o 6 C. O., indican los puntos de los cruceros en donde una cloaca llega a la 10a. Avenida Norte y 6a. Calle Oriente, puntos que sobre la línea del eje de la cloaca respectiva vienen a estar del origen de ésta a la distancia indicada en metros en el espacio comprendido entre las dos primeras líneas horizontales, distancia medida, como ya se dijo, a partir del punto más bajo de la cloaca, que es el que se considera como origen, porque es aquel por donde siempre se debe comenzar la construcción.

Entre la segunda y tercera líneas horizontales vienen anotadas las *acotaciones*, que son las alturas del centro de las calles en los puntos respectivos sobre el plano de comparación que pasa cien metros abajo de un punto marcado sobre el monumento de la Libertad en el parque del mismo nombre.

Comprendidos entre la tercera y cuarta líneas, están los números que expresan los valores de las GOTAS ROJAS, que son las acotaciones de la línea que determina el fondo de las cloacas.

Viene en seguida la profundidad de la *excavación*, colocada entre la cuarta y quinta líneas y que es la diferencia que se obtiene restando la cota roja de la acotación del terreno en el mismo punto.

Las *pendientes* de las cloacas están definidas por los números comprendidos entre la quinta y sexta líneas, números que expresan en fracciones decimales lo que en cada tramo de pendiente uniforme, sube el fondo de la cloaca por unidad de longitud.

A continuación hay una serie de números que se designan con el nombre de *áreas* y que expresan en hectáreas la extensión superficial que ocupan las construcciones y terrenos que desaguan por la cloaca a que el perfil se refiere, *desde el punto más alto de dicha cloaca*, hasta aquel en donde el número está colocado y estos puntos son, aquellos en donde los ejes de las cloacas van encontrando a los

de las avenidas, es decir a las vías de comunicación de Norte a Sur.

Los dos espacios comprendidos entre la séptima, octava y novena líneas, tienen por encabezado: uno **V. D.** y el otro **D. D.**

Con las iniciales **V. D.** se han contraído las palabras *Volumen Divisor*, que a su vez una contracción de la frase *volumen de agua que pasará por la cloaca proyectada para el sistema divisor*, y con las iniciales **D. D.** se ha contraído la frase: *Diámetro de la cloaca del sistema divisor*.

En los dos últimos espacios superiores, los encabezados **V. C.** y **D. C.** expresan respectivamente: *Volumen de agua que pasará por la cloaca proyectada para el sistema combinado* y *Diámetro de la cloaca del sistema combinado*.



Como consecuencia del análisis de las condiciones de Santa Ana, quedó demostrado que se puede construir indistintamente el sistema Divisor o el Combinado, pues la elección dependerá sólo de la cantidad de dinero que se pueda o se deba gastar en la ejecución de la obra.

Por esta razón he creído que debía yo presentar todos los datos que son necesarios para resolver el problema con ambos sistemas de saneamiento, porque en ellos se tiene que fundar la decisión respecto de cuál de los dos se debe adoptar, y cómo, con excepción del volumen de agua que afluye a las cloacas y el diámetro que el conducto debe tener para que pase aquel volumen, todos los demás datos son comunes a los dos sistemas, resulta mucho más concisa la exposición y más cómoda la inspección del proyecto, anotando en los mismos perfiles, los datos que corresponden a los dos sistemas cuyo costo se debe definir, porque ese costo ha de ser el elemento que sirva de base a la resolución que se tome respecto de cuál es el sistema que conviene más construir.

Arriba de las líneas a que me he referido al

describir los perfiles, vienen anotados varios datos cuyo significado explico en seguida en el orden que se presentan, siempre ascendiendo:

Primero están en columnas verticales unos números simples, dobles o triples que señalan los lugares en donde, en el trayecto de la cloaca correspondiente, se derivan o se enlazan otras cloacas así, en los puntos 620 y 543 de la cloaca número 20, se derivan las cloacas número 19 y 21 respectivamente; en el punto 131 de la misma cloaca número 20, se enlazan con ella los números 21 y 22 y en el 0 se enlazan la 19 y la 19-25.

Junto a los números, hay unas flechas que sirven para precisar el punto en donde se verifica la derivación o el enlace y a la vez para distinguir los dos casos entre sí, pues las derivaciones tienen una flecha doble , mientras que los enlaces tienen una sencilla .

Inmediatamente después vienen las líneas rectas que describen el perfil del fondo de las cloacas cuyas acotaciones quedaron anotadas en la columna de las cotas rojas; arriba está trazado el perfil que detalla los accidentes del terreno, y los nombres de las calles y avenidas que la cloaca va cruzando.

Por último, en la parte más alta del perfil de cada cloaca, está el número que le corresponde, marcado con grandes caracteres.

En los perfiles de las cloacas que atraviesan la zona que ocupa la corriente de lava se indican también los tramos en que esta lava se encontrará en el subsuelo, así como su profundidad.

4º — Capacidad de descarga de las cloacas o volumen de agua que por ellas tendrá que pasar

Para determinar la capacidad que en una época determinada se debe dar a las cloacas del sistema

Divisor, se necesita conocer la densidad media de la población, es decir, el número de habitantes que por término medio hay en una hectárea, con cuyo dato y el del volumen de agua que para cada habitante recibe la ciudad, se determina el gasto medio en la unidad de tiempo.

La cifra así obtenida, no da directamente el volumen máximo de líquidos que en un momento dado puede afluir a las cloacas; para esto hay dos causas, la primera es que el consumo de agua no es uniforme, pues en todas partes del mundo, hay cada día, un período de tiempo durante el cual la vida es más activa, y esa actividad se manifiesta por mayor consumo de los elementos que se emplean y uno de estos es el agua; la otra causa es: que no todo el volumen de agua que de las fuentes que la surten, sale para una población, llega íntegro a las cloacas, pues en el trayecto que recorre se pierde bastante por evaporación y filtración en los acueductos y por escapes aún en las más bien instaladas cañerías; además, el agua que se usa para el riego, se evapora en su totalidad y otros usos domésticos hacen que se desvíe de las cloacas una proporción notable del volumen que entró a la población.

La primera de estas causas hace que aumente la cifra del gasto medio, la segunda disminuye la relación que existe entre el volumen de líquidos que sale por las cloacas de una población comparado con el del agua que la surte.

Después de recordar estas ideas generales voy a presentar las que tengo acerca de cómo se pueden aplicar al proyecto de cloacas de Santa Ana.

No me fue posible obtener los datos estadísticos que detallen cómo está distribuída la población en el área que ocupa la ciudad, pero se puede observar que la mayoría de las casas es de un sólo piso y por lo mismo, no estando superpuestas las habitaciones, no existe la causa principal que hace

que sea muy densa la población en la parte céntrica de las ciudades importantes, pero en cambio, las costumbres de las clases no acomodadas en la República del Salvador, muy parecidas a las de México, hacen que se aglomeren muchas personas en habitaciones relativamente pequeñas, lo cual tiende a neutralizar, por lo menos en parte, los efectos de la diseminación de las casas.

Fundado en la semejanza de costumbres que acabo de anotar, me creo autorizado para aplicar a las ciudades del Salvador, consideraciones parecidas a las que en México tomé como base para resolver problemas análogos al que ahora me ocupa.

Por el estudio de algunos casos prácticos llegué a la conclusión de que los barrios más poblados de ciudades mexicanas, apenas llegan a tener poco más de trecientos setenta habitantes por hectárea y he admitido que dicha cifra puede subir a cuatrocientos habitantes en la misma unidad de superficie.

He admitido que la provisión de agua llegará, con el tiempo, a 300 litros por habitante y por día, cantidad muy suficiente para atender con gran liberalidad a todas las necesidades domésticas de una población sumamente aseada.

Por último, de acuerdo con lo que se observa en ciudades que tienen ya un buen sistema de cloacas, he aceptado que el período de actividad es de 8 horas; que en este tiempo se consume la mitad del volumen total de agua que entra a la ciudad y que *todo* el líquido que llega por las cañerías, pasa a las cloacas *sin pérdida ninguna*.

Estas bases, aplicadas a las cloacas de Santa Ana, les dará una capacidad de descarga mucho mayor de la que ahora necesitan, pero conviene aceptarlas, para prever el futuro crecimiento de la ciudad, el aumento de densidad de su población y el mejoramiento de su servicio de agua potable que hoy es deficiente y muy limitado.

A pesar de que son exageradas las cifras que tomo para determinar el volumen de líquidos que llegará a las cloacas en el caso de que se realicen todos los hechos que he supuesto, dicho volumen sería sólo de dos litros y un décimo por hectárea y por segundo (2. lit. 1,) que es la cifra que multiplicada por el número de hectáreas que desagua por una cloaca, dará el volumen de líquidos que pase por ella en los momentos en que se verifique la descarga máxima; de esta manera se fijó el valor de los números que en los perfiles tienen el encabezado de **V. D.**, o sea, volumen de líquidos que tendrán que recibir las cloacas del sistema Divisor.

Son menos precisos y dependen de elementos mucho más complejos, los datos que sirven para determinar la capacidad de las cloacas del sistema Combinado, pues el dato fundamental es la intensidad *máxima normal* de la lluvia para recibir cuyo producto conviene adaptar las cloacas, pero intervienen también como factores importantes, la evaporación, la naturaleza de las superficies por las que el agua debe pasar, su inclinación, la extensión superficial del terreno y la figura que en plano tiene.

Mucho se ha discutido ya, no sólo la necesidad, sino aún la conveniencia de construir cloacas muy grandes, que además de tener un costo excesivo, serían muy malas para recibir los desechos diarios de la población, es decir, que serían defectuosas desde el punto de vista de la higiene; su conservación ocasionaría gastos excesivos y su eficacia sería dudosa, cuando tuvieran que recibir el producto de una lluvia de intensidad excepcional.

Es muy instructivo el ejemplo práctico de grandes ciudades, que son muy ricas, que no vacilan en gastar lo que es indispensable para mejorar sus condiciones y que, sin embargo, no han intentado construir cloacas de dimensiones tales que pudieran recibir el producto de lluvias de intensidad excepcio-

nal, como lo demuestra la tabla que inserto a continuación

Localidad	Altura máxima de la lluvia que se ha precipitado en una hora	Altura de la lluvia que pueden recibir las cloacas
París	114	15 por hora
Londres	100	6 en 25 horas
Berlín	24	7 por hora
Viena	25	9 por hora
Hamburgo	28	17 en 24 horas
Franckfort	30	6 por hora
Dantzic	—	6 en 24 horas
Brighton	16	12 por hora

Los números expresan milímetros.

En la tabla que antecede, se ve que las lluvias que se han registrado en Londres y París por ejemplo, no son mucho menores que las lluvias intensas de estos países tropicales, y también se nota que hay una gran diferencia entre la altura de la lluvia que se registra en los pluviómetros, y la que permite apreciar el volumen de agua que pueden recibir las cloacas.

Cuando estudié el sistema de desagüe y saneamiento de México, tuve oportunidad de hacer observaciones para estimar con bastante aproximación la intensidad de las lluvias, su duración, la superficie que abarcan y sus variaciones en función de la distancia, llegando a la conclusión que durante las lluvias de intensidad máxima normal, se precipitan en México 0.0005 mts. de altura de agua por minuto y que la duración de los aguaceros de tal intensidad es de 39 minutos.

Consideraciones especiales me condujeron a la conclusión de que a las cloacas llega 0.55 del agua de lluvia y fundado en esta cifra y las anteriores, deduje que las cloacas tendrían que recibir 0.0466 mts. cúbicos por hectárea y por segundo.

No me ha sido posible obtener ningún dato relativo a los elementos que caracterizan las lluvias en Santa Ana, y no es práctico diferir la formación

del proyecto por ocho a diez años que es preciso observar cualquier fenómeno meteorológico, pero especialmente las lluvias, para que merezcan confianza los datos relativos a máximas, medias y mínimas.

Afortunadamente, las condiciones topográficas de Santa Ana, son de aquellas en las que el hecho de que alguna que otra rara vez, no quepa en las cloacas toda el agua de un aguacero torrencial, se traduce por una molestia pasajera de muy corta duración: la que ocasiona la interrupción parcial por ciertas calles, del tráfico pedestre, y si esto lo aceptan como irremediable, ciudades de una vida tan intensa como la que tienen París, Londres, Viena y Berlín, puedo afirmar que para Santa Ana no presenta ningún inconveniente serio.

Por otra parte, desde el punto de vista de la relación que debe existir entre el volumen de agua que en una lluvia muy intensa, cae sobre una superficie cualquiera, y el volumen que en la unidad de tiempo pueden recibir las cloacas que la desaguan, Santa Ana está en condiciones topográficas mucho más favorable que México, porque en aquella ciudad, el agua que no quepa en las cloacas, saldrá en corto tiempo corriendo por los pavimentos que tienen muy fuerte inclinación, mientras que en México, debido a que el terreno es, no solo casi horizontal, sino que presenta algunas depresiones o cuencas sin salida, el agua de lluvia tiene que pasar forzosamente por las cloacas, para ir del lugar en donde cae, al punto por donde se aleja de la población.

Por último, ya es entre los Ingenieros sanitarios, uniforme la opinión de que no es práctica la idea de construir cloacas de dimensiones exageradamente grandes, previendo el caso de que tendrían que recibir el producto de lluvias, no digo excepcionales, pero aun de las demasiado intensas, y esta idea predominó entre los que proyectaron las obras de las ciudades de más importancia que hay en el mundo, debido a que las cloacas de muy grandes

dimensiones, sobre su excesivo costo de construcción y conservación, resultan defectuosas para el servicio diario y son de una eficacia discutible para recibir los volúmenes de agua que suelen caer de vez en cuando, en todos los países que no están normalmente privados de lluvia.

En todo esto me fundo para creer que, a falta de observaciones directas que detallen los caracteres de las lluvias en Santa Ana, se puede sin inconveniente aplicar los resultados que obtuve en México, pues aun cuando esas observaciones demostraran que en Santa Ana suele haber lluvias más intensas que en México, no convendría proyectar cloacas de dimensiones exageradamente grandes, tanto por su costo prohibitivo, como porque serían defectuosas desde el punto de vista sanitario.

Para estimar el volumen de agua que se puede acumular en las cloacas de Santa Ana, he admitido que cada hectárea de la superficie que desagüe por una cloaca, contribuye con 47 litros por segundo, pues las superficies parciales y aun las totales son pequeñas como se puede ver en los planos y perfiles; además, las pendientes del terreno y de las cloacas son grandes y los techos de las casas tienen fuerte inclinación: todas estas circunstancias imponen la necesidad de admitir que el agua se acumulará en las cloacas con mucha rapidez.

Por vía de aclaración conviene advertir que este método no se aplicó al determinar las dimensiones de las cloacas de México, debido a que sus condiciones topográficas son muy distintas a las de Santa Ana; por esto, aun cuando tomé para esta ciudad, dos coeficientes deducidos para México, su aplicación se adapta en cada caso a circunstancias locales.

Estas ideas son las que me han servido para fijar el valor de los elementos que permiten calcular el volumen de agua que como máximo deberá pasar por las cloacas, ya sean éstas del sistema Divisor

o del Combinado, y en los espacios encabezados en los perfiles, con las iniciales V D. y V C. constantes, expresados en litros por segundo, los resultados correspondientes.

Una vez conocidos estos volúmenes, así como las pendientes en que se podrán construir las cloacas, y fijadas las ideas respecto de la forma de la sección transversal de los conductos, fácilmente se calculan los diámetros que deben tener y que se anotan con los encabezados D. D. y D. C.

Los diámetros que se consignan en el plano y los perfiles se obtuvieron determinando la velocidad del agua por medio de la forma Kutter, aceptando la cifra 0.0013 como coeficiente de aspereza.

Las condiciones de la cloaca número 4 son muy diversas de las de todas las demás, pues se le destina a llevar el agua con que se han de lavar todas las que en ella tienen su origen, por esto su diámetro es constante lo mismo que el volumen de agua que ha de conducir en toda su longitud, disponiéndola de modo que para el sistema Divisor pueda llevar cincuenta litros por segundo y para cien litros en la misma unidad de tiempo si se adopta el sistema Combinado.

5^o—Forma de la sección transversal de las cloacas

La sección transversal de las cloacas, tiene a veces una forma alargada según el eje vertical, otras deprimida según el mismo eje y otras aún, completamente circular.

La sección alargada en el sentido vertical, se ha empleado con el objeto de adaptar el conducto desaguador a gastos muy variables, concentrando los pequeños gastos en un canal que por sus proporciones, tiende a conservar uniforme la velocidad de la corriente, aún cuando varíe el volumen de los líquidos que pasan, esperando conseguir con esto

que no se depositarán las materias sólidas que la corriente lleve en suspensión.

Los conductos deprimidos verticalmente, se usan cuando para dar a la cloaca el área que debe tener, no se dispone de bastante espacio entre la superficie del terreno y el fondo de la cloaca.

Para las cloacas de 0.60 de diámetro poco más o menos, se emplean siempre tubos de sección circular y esta misma forma se adopta para todos los tamaños y capacidades, cuando en cualquier momento se pueden llenar de agua suficiente para que este líquido arrastre consigo los cuerpos sólidos que tienden a depositarse, en los momentos en que se reduce al mínimo al volumen de líquidos que pasan por la cloaca.

Con las formas alargadas en el sentido vertical se disminuye, pero no se evita el azolve de los conductos desaguadores y por esto nunca los he aceptado, prefiriendo apelar al recurso de dar golpes de agua, para conseguir de un modo completo, lo que, con la complicación de la forma y el correspondiente aumento de costo, solo se consigue de un modo parcial.

Así pues, en todos los proyectos y obras que he tenido a mi cargo, los conductos han sido siempre de sección circular y dispuestos como describiré en el artículo 9º para conservarlos limpios, por el único procedimiento que en la práctica es verdaderamente eficaz, y como he visto que mis ideas fueron ya confirmadas por la experiencia y a la vez, las cloacas de sección circular, cuestan menos que las equivalentes de sección ovoide, opino que las cloacas de Santa Ana, deben ser todas de sección circular.

No hago mención de los casos en que se usan las secciones deprimidas según la vertical, porque no tienen aplicación en Santa Ana y son además, muy defectuosas como elementos para recibir los desechos de las casas.

6.º—*Enlaces y conexiones, pozos de visita y de lámpara*

En los adjuntos dibujos que detallan la manera de ligar entre sí en unos casos y derivar en otros las cloacas de varios diámetros, se encuentran todas las indicaciones que son indispensables para la completa inteligencia de cómo propongo que se construyan estos elementos de un sistema de cloacas bien establecido, y los mismos dibujos pueden servir de guía para la construcción, porque otros exactamente iguales se han usado para el caso, en obras semejantes que yo proyecté y que se usaron por primera vez en México, estando ya demostrados por la experiencia sus buenos resultados prácticos y como cada dibujo lleva escritas todas las explicaciones que requiere para su perfecta inteligencia, no creo que sea necesario extenderme para describir aquí, lo que en el dibujo se percibe con más claridad.

Los pozos de visita en donde dos cloacas se aproximan pero no se tocan, pueden construirse como lo detallan los tipos números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 26, 27, 30 y 31, en los que se presentan ejemplos de los cuales deben ser las dimensiones de los principales elementos de la obra; sobre todo, el diámetro de la base del cono.

En la construcción de los pozos de visita, solo se presentan dos dificultades una porque haya poca altura disponible para alojar el cono de ladrillo y la otra porque sea muy grande el diámetro de los conductos y hay necesidad de que el círculo de la base sea de gran diámetro.

El tipo número 1, demuestra que para alojar bien dos cloacas, aun de 0.40 mts. de diámetro, basta una altura de 1.27, y por lo que se refiere al diámetro de las cloacas, el tipo número 15 demuestra que dos cloacas 0.60 de diámetro se alojan bien dentro de un cono que tenga solo 1.60 de

diámetro en la base, y que dos de 0.70 caben dentro de un cono de 2 mts. de base; estos tres casos son los extremos y cualquier otro caso intermedio entre ellos, se resolverá con mayor facilidad.

En el plano número 1, se ha indicado el tipo de pozo que conviene construir en cada cruceo, y en los puntos de bifurcación o enlace de las cloacas, según lo que ya expliqué al tratar de los alineamientos. Para efectuar un lavado eficaz de las cloacas, es preciso que las derivaciones se dispongan de manera que sea posible dirigir la corriente de agua en el sentido que se quiera, y para ello se pueden adoptar dos disposiciones, que son una compuerta de corredera, como para distintos casos detallan los tipos números 9, 11, 23, 24, 25, 27, y 33, o bien para las cloacas que no tengan más de 0.30 de diámetro, se puede emplear las disposiciones de los tipos 38 y 39.

A veces conviene simplificar el sistema, reduciendo el número de compuertas, colocando el fondo de la cloaca derivada un poco más alto que la principal; de este sistema son ejemplos los tipos números 23, 24 y 27, pues así se consigue llevar el agua a cualquiera de los dos conductos, porque en la principal pasa el agua cuando se quita la compuerta, mientras que a la derivada solo entra cuando dicha compuerta se coloca. Este sistema es el que está en uso en México y da muy buenos resultados; los dibujos números 41 y 42, dan en tamaño natural los detalles de las correderas que allí se usan; en el plano número 1, se ha indicado un tipo de pozo en las derivaciones, pero en la ejecución se cambiará por el que las autoridades juzguen conveniente adoptar.

En los dibujos vienen indicados todos los detalles de la forma, disposición y los elementos de construcción de los pozos de visita y de lámpara, que todo sistema de cloacas debe tener para el tri-

ple objeto de inspeccionar los conductos, limpiarlos y favorecer su ventilación.

Todas las formas que esos dibujos describen, fueron ya construidos y están prestando útiles servicios en varias poblaciones de México, por esto los presento con la convicción de que llenan su objeto y de que se construyen con suma facilidad.

7.º—*Coladeras para el agua pluvial y cajas de depósito.*

Cuando se adopta para el desagüe de una población el sistema Combinado, es necesario establecer conductos especiales que lleven a las cloacas el agua de lluvia que se precipita en las calles.

Los dibujos números 50 y 51, detallan dos sistemas de coladeras; el número 51, describe el que usa en la ciudad de México; en este modelo la entrada del agua es lateral, colocada verticalmente en la guarnición de los andenes o banquetas, como en México se llama, a las dos fajas de una calle que con pavimento especial y junto a las casas, están reservadas para la circulación de los peatones.

En el otro sistema, descrito en el dibujo número 50, y que fue aceptado en Puebla, la coladera está colocada horizontalmente en el arroyo que hay junto a la guarnición del andén.

Conviene aceptar el modelo de entrada lateral, en poblaciones en las que las calles son poco inclinadas, pues tiene sobre el otro modelo, la ventaja de que no destruye la homogeneidad del pavimento y en las calles de poca pendiente, con facilidad se arregla la inclinación de los arroyos, para que el agua pase por una entrada lateral.

En lugares en donde las pendientes son tan grandes, que imprimen al agua que corre por la superficie de las calles una velocidad considerable, no es fácil obligar al líquido a que baje a las cloacas por entradas laterales, si no es poniendo obstáculos en

el arroyo y esto tiene el inconveniente de que tales obstáculos perjudican a la circulación de los vehículos.

Por esta razón creo que conviene más adoptar para Santa Ana, el tipo de coladera del dibujo número 50 con entrada horizontal.

Debajo de las coladeras de uno y otro sistema, conviene construir un pequeño depósito, como los que detallan los dibujos números 50 y 51 y que tienen por objeto recibir en él la tierra, las piedras y otros cuerpos pesados que las corrientes de agua superficiales suelen arrastrar, o que, bien por ignorancia o malicia, las gentes introducen por las coladeras, pues si tales cuerpos llegan al interior de las cloacas, la limpia de esta resulta muy costosa, comparada con el costo de limpiar las cajas de depósito que es sumamente fácil, como lo ha demostrado ya la práctica en todas las poblaciones importantes en donde se usan estos elementos de un buen sistema de desagüe.

En México, en quince años que hace ya, que están en uso varios millares de metros de atarjeas de pequeños diámetros, no se ha presentado ni un solo caso de obstrucción, y desde que está en servicio el nuevo sistema de cloacas, no se ha vuelto a romper un pavimento, para dejar expedito algún conducto del servicio general, y estos resultados se deben sin duda, a los buenos servicios que prestan las cajas de depósito, construídas según el modelo descrito en los dibujos a que me vengo refiriendo.

Las coladeras para el agua pluvial deben estar a 20 o 25 metros de la esquina, y a 50 metros entre sí, de modo que en las calles de 70 a 100 metros de longitud habrá cuatro coladeras y en las de 120 a 150 habrá seis coladeras.

8º Sistema de limpia de las cloacas y elementos para efectuarlo.

De los varios sistemas que en distintas partes

del mundo se emplean para conservar limpios y expeditos los conductos desaguadores de una ciudad, el más sencillo, verdaderamente eficaz y el más económico de todos, es: el de introducir en los conductos desaguadores, cada cuatro o cinco días a lo más, volúmenes de agua que basten para que su nivel se eleve en ellas lo suficiente, para que adquiera una velocidad capaz de arrastrar los cuerpos sólidos que tienden a depositarse, en los momentos en que disminuye mucho el volumen de líquidos que pasan por las cloacas, y para quitar la grasa y algunos sedimentos que tienden a adherirse a las paredes de los tubos, basta pasar por éstos una o dos veces al año, rastrillos cilíndricos de un diámetro un poco menor que el del tubo y fabricados con tela gruesa y áspera, hecha de cordeles de fibra de henequén; estos cilindros llenos en parte de arena, se adaptan bien al fondo de los tubos, e introducidos por un pozo de visita, se llevan hasta el pozo inmediato y más bajo, estirando un cable de acero de seis milímetros de diámetro al cual los rastrillos van atados.

Esta manera de limpiar las cloacas de pequeño diámetro, se ha estado practicando con buen éxito en México, desde hace doce años.

Para que el método de limpiar con golpes de agua se pueda aplicar con facilidad y economía, y empleando a la vez un volumen de líquido relativamente pequeño, se necesita disponer el trazo de las atarjeas en el plano, de acuerdo con el sistema de Lindley a que me referí en el artículo segundo, cuando hice anotar que en el proyecto para Santa Ana, las cloacas se trazaron siguiendo los preceptos de este sistema.

Los volúmenes de agua que se requieren para que los golpes de agua sean eficaces, tienen que aumentar con las dimensiones de las cloacas, puesto que la mayor sección requiere mayor volumen para que en una misma pendiente, el agua adquiera la

misma velocidad, por esto es que si en Santa Ana se acepta el sistema combinado, será preciso construir depósitos mayores y bombear una cantidad de agua, también mayor, para efectuar la limpia de las cloacas.

Los depósitos de agua se tendrán que instalar en los puntos que indica el plano número 2. En el origen de cada grupo de cloacas que están ligadas entre si en su extremo superior, habrá que construir depósitos que tengan las siguientes capacidades:

DEPÓSITO	PARA EL SISTEMA DIVISOR	PARA EL COMBINADO
A	100 mts. cúbicos	200 mts. cúbicos
B	50	100
C	25	50
D	25	50

El agua que se necesita para llenar estos depósitos, tendría que elevarse por medio de bombas tomándola del río que pasa al Oriente de la ciudad y el uso de ella se reglamentará, estudiando en el terreno mismo y por la experimentación directa, cuál es la mejor combinación en el manejo de las compuertas, y los momentos precisos en que cada una debe abrirse, para distribuir el líquido en las cloacas de pequeño diámetro y conseguir que se acumule en las de mayores dimensiones, a fin de que éstas reciban el volumen de agua que cada una necesita, para obtener el efecto útil máximo por lo que a la limpia se refiere.

En los dibujos número 31 a 45 se puede ver la disposición de las compuertas que será preciso establecer, en los puntos en donde unen sus corrientes dos o tres cloacas, o bien en donde, de un conducto principal se derivan otro u otros dos.

Lo mismo que en el caso de los pozos de visita, los dibujos de las compuertas contienen todos los detalles para guiar su construcción, adaptando los tipos generales a cada caso particular.

Las tomas de agua para lavar las cloacas, se

construirán como lo indican los dibujos número 54 y 55, según que el agua tenga que ir por uno solo o dos conductos a la vez.

En cuanto a la cantidad de agua indispensable para lavar las cloacas no necesita ser muy grande, como lo demuestran las consideraciones siguientes:

Observando el efecto de los golpes de agua con que se lavan las cloacas de la ciudad de México, se puede notar que la primera corriente que pasa, es la que se lleva todas las materias que no ha podido transportar la pequeña cantidad de líquidos que sale de las casas cuando no llueve; por esto el agua va sucia durante unos diez o quince segundos, después se ve que no tiene ya nada que llevar y por lo mismo, basta que se sostenga la corriente durante un minuto para que la cloaca quede limpia.

En México, la corriente se sostiene durante seis u ocho minutos en cada cloaca; primero: porque se puede disponer de 25 a 30,000 metros cúbicos de agua o más si se quiere para lavar las cloacas; y segundo, porque conviene procurar que se acumule un volumen, lo más grande que sea posible, en las grandes cloacas de un metro setenta y cinco y 2.50 de diámetro, cloacas que tienen una pendiente de solo 0.0006, pero en Santa Ana, en donde los diámetros de los conductos son pequeños y las pendientes muy fuertes, bastará sin duda, que por cada cloaca pase una corriente de cincuenta litros por segundo, para el sistema Divisor y de cien litros por segundo, para el Combinado; en ambos casos durante un minuto nada más y como son 47 cloacas, bastará que haya disponible un volumen de 50 a 100 litros por segundo, según el caso y durante 47 minutos en ambos casos, para conseguir el efecto deseado; de aquí se infiere que si se construye el sistema Divisor, se necesitará solo de un volumen de 141 metros cúbicos, y este volumen será de 282 para el sistema Combinado, y por lo tanto bastarán las capacidades que se anotaron pa-

ra los cuatro depósitos que habrá que construir, si no se juzga conveniente tomar el líquido de las cañerías del agua potable, que sería lo más económico, y que se puede hacer sin detrimento alguno para el servicio de esa clase de agua, aprovechando las horas en que el gasto se reduce al mínimo.

Se sobreentiende que la regla de sostener la corriente de agua durante un minuto, no debe ser general, pues lo práctico será que el tiempo que dure el lavado sea proporcional a la longitud del conducto hasta cierto límite, pero no debe ser nunca menor de diez segundos.

En apoyo de las ideas que aquí consigno, cito el caso de la ciudad de Franckfort, sobre el Main, que tiene 125,000 habitantes. No dispone sino de 600 a 700 metros cúbicos de agua cada día, que convenientemente aplicados y distribuidos en una red de cloacas, trazadas según los principios que se han seguido para el proyecto de Santa Ana, tienen los conductos desaguadores *más bien conservados y más limpios de Europa.*

El personal encargado de dirigir y distribuir el agua de lavado, será de cuatro a seis hombres pues no hay que esperar que el agua pueda ir en algún caso automáticamente por todas y cada una de las cloacas, por la sencilla razón de que el agua se iría siempre por las líneas de menor resistencia, y si esta se iguala en todas direcciones, el líquido se dividirá en las bifurcaciones, hasta el grado de que a muchos puntos no llegará en cantidad suficiente para efectuar la limpia.

Para evitar estos inconvenientes, se necesita disponer las cloacas de modo que se pueda obligar al agua, a ir por el camino que convenga y el medio que yo propongo, es el uso de las compuertas que indican los pozos de visita de todos los puntos en donde hay una o dos derivaciones.

En el plano número 2, se indican con las letras A, B, C y D, la posición de los tanques con

que se han de lavar las cloacas y las mismas letras se repiten sobre el trazo de las cloacas en el perímetro de la zona que cada tanque lava.

Los conductos que son accesibles al agua de dos, tres o cuatro tanques, llevan dos, tres o cuatro letras correspondientes, y cada cloaca lleva su número de orden y el sentido en que se mueve la corriente, indicado por una pequeña flecha.

Las cloacas números 45, 46 y 47, no son accesibles por el agua de los tanques proyectados, pero están en región tan pobre, que tal vez por ahora no se construirán, y en caso de que se construyan, se podrán lavar con un ramal de agua potable o con un tanque de cinco o seis metros cúbicos de capacidad.

9º—Ventilación de las cloacas

En la época ya remota, en que se construyeron las primeras cloacas en ciudades importantes, no eran conocidas aún, las reglas que posteriormente la práctica indicó que conviene observar, a fin de impedir que se estanquen los desechos, que se acumulen, y produzca en ellos la fermentación pútrida que descompone la materia orgánica muerta, para devolver a la naturaleza los elementos que la constituyen.

Esta fermentación, al desorganizar las sustancias protéicas, ocasiona un gran desprendimiento de hidrógeno sulfurado, y como este gas es tan repugnante para el olfato humano, los habitantes de las ciudades provistas de cloacas imperfectas, clamaron pidiendo el remedio para una molestia que en ciertos casos asumió el carácter de ser intolerable.

Pasaron muchos años antes de que se definieran con exactitud, las condiciones que favorecen el escurrimiento de los líquidos, y más aún, antes de que se perfeccionara la fabricación de las cales y cementos hidráulicos, que son indispensables para

que resulte bueno un acueducto y eficaz una cloaca y en este período de tiempo, fue imposible poner el remedio radical de la causa que motivó las quejas, remedio que consiste en impedir que los desechos se detengan en los conductos que los llevan; ahora ya está demostrado que, cuando las cloacas se conservan limpias y expeditas, el olor que hay, aún dentro de ellas mismas, es poco perceptible.

Los encargados de las obras públicas en las ciudades, encontraron obstáculos insuperables para conseguir que se desalojaran los líquidos con suficiente velocidad para llevar fuera de la población los desechos sólidos, y acudieron al expediente de buscar los medios para que los gases infectos circularan arrastrados por el aire, molestando lo menos que fuera posible a los habitantes inmediatos.

Como consecuencia de esta idea, se hicieron experiencias de todo género para combatir los efectos de un mal, cuyas causas por entonces fueron consideradas como irremediabiles, resultando de ello, enseñanzas muy útiles y concluyentes respecto de la ventilación de los conductos desaguadores de las poblaciones.

Londres fue una de las ciudades en donde con gran empeño se estudió cuanto era posible para ventilar las cloacas, empleando para ello muchos recursos aplicados con el método y paciente observación que caracteriza las investigaciones de los hombres de ciencia ingleses, que tanto se preocupan de la higiene pública.

El «Metropolitan Board of Works» de Londres, discutió las experiencias que para limpiar bien las cloacas, se hicieron durante veinte años, en el curso de los cuales, entre otras muchas medidas, en 1868, se nombró una comisión especial para que estudiara la ventilación de las cloacas, facultándola para que otorgara un premio a quien propusiera el mejor medio para impedir el escape de los gases que hay en esos conductos.

La comisión estudió el asunto haciendo experiencias y después de cuatro años de trabajo presentó sus conclusiones, de las que las más importantes son las que siguen:

1ª Los métodos de ventilación que se aplican a las minas, donde sólo hay una abertura para la entrada de aire y otra para la salida, son enteramente inaplicables para ventilar las cloacas.

2ª El método más eficaz y que se puede aplicar con más extensión para impedir que se escapen de las cloacas emanaciones pestilentes, consiste en proveer a éstas de una cantidad de agua, suficiente para diluir y remover las materias infectas, antes de que se descompongan y produzcan gases nocivos.

3ª La ventilación por los pozos construídos directamente sobre las cloacas en el centro de la calle, es una gran mejora respecto del antiguo sistema de ventilarlas por las aberturas de las coladeras al lado de los andenes.

4ª Es inútil emprender gastos con el objeto de ventilar las atarjeas por medio de hornillos y chimeneas.

5ª No se deben ofrecer premios, para otorgarlos a quien presente el mejor medio de ventilación de cloacas.

De estas conclusiones, la segunda es indiscutible, puesto que ella tiende a destruir la causa del mal y en todos casos es mucho más seguro y eficaz atacar una causa que combatir sus efectos, prevenir un mal que remediarlo.

La tercera conclusión es también importantísima, pues ella sanciona como un gran adelanto, el sistema de comunicar las cloacas directamente con la atmósfera en el centro de la calle.

Las otras conclusiones, tienden más que a otra cosa a impedir que los inventores ignorantes que hay en todas partes del mundo, impresionen la opinión pública y la desvíen del buen camino, si exige que los encargados de velar por la salubridad, pierdan

su tiempo y trabajo y el dinero de la comunidad, poniendo en práctica ideas que hace mucho tiempo pasaron al montón de lo dispendioso e inútil por ser ineficaz.

Los modernos adelantos de la higiene y de la microbiología, han demostrado ya de un modo evidente, que interesa mucho favorecer el desarrollo de los microbios aerobios e impedir el de los anaerobios y que para conseguir esto, conviene favorecer el contacto del oxígeno del aire con las masas de materias sólidas o líquidas en las que por una u otra causa puede haber fermentaciones pútridas.

Por esto, cuando se proyecta una red de conductos desaguadores, debe disponerse de modo que el aire tenga fácil acceso al interior de las cloacas por muchos puntos a la vez, pues como allí el oxígeno se consume y la atmósfera se vicia con los gases que provienen de una descomposición parcial de la materia orgánica, es preciso renovarla, cuanto más activamente mejor.

Esta renovación se consigue favoreciendo el escape del aire tanto como su entrada, para conservar el equilibrio y la buena dirección de las corrientes, pues si los gases confinados en las cloacas no tienen fáciles salidas, establecidas de antemano en lugares convenientes, buscan la salida por las entradas o lo que es peor, penetran a las casas, forzando los débiles obstáculos que oponen a su paso, las cerraduras hidráulicas de los desagües de las habitaciones, obstáculos formados por una columna de agua de dos o tres centímetros de altura, que es rechazada por los gases de las cloacas con suma facilidad, pues para ello basta que adquieran una leve presión.

Los gases confinados en un buen sistema de cloacas, deben estar en continuo movimiento, lo mismo que los líquidos que penetran a ellas, porque un estancamiento cualquiera de las masas líquidas o gaseosas, trae consigo inmediatas y malas consecuencias.

Ocupándome ahora sólo de los gases, hago notar que para conseguir que circulen basta preparar amplias entradas y salidas, dispuestas de manera que se pueda utilizar la diferencia de temperatura que hay siempre, entre el aire ambiente y la atmósfera confinada en el interior de los conductos desaguadores, aprovechando también el efecto de las corrientes de aire, que producen notable aspiración en la parte alta de los tubos que sirven para ventilar los albañales de las casas.

Estos dos elementos naturales, son los únicos que económicamente se pueden emplear para producir el efecto deseado, pues la práctica demostró ya, que cualquier sistema con que se pretenda efectuar la ventilación artificial de una red de cloacas en general, resulta casi siempre muy costoso y en todos casos completamente inútil.

Es un hecho comprobado, que dentro de las cloacas la temperatura permanece casi siempre estacionaria, pues las variaciones de las cifras que miden su valor son pequeñas, no sólo del día a la noche, sino aun comparando las observaciones hechas en distintas épocas de el año.

Las corrientes atmosféricas tienden a enrarecer el aire en la parte superior de los tubos de ventilación, produciendo en ellos una corriente ascendente que contribuye mucho a renovar el aire viciado de las cloacas, llevándolo a una masa en movimiento en donde molesta menos y se difunde con más rapidez.

Ciertos prejuicios y el respeto exajerado al derecho de inviolabilidad del hogar doméstico, hicieron que algunas ciudades, principalmente en las Inglesas, no se contara con los tubos de ventilación de los albañales de las casas para ventilar las cloacas.

Se creía por ejemplo, que era inconveniente aceptar en principio que los gases de las cloacas penetraran a los albañales de propiedad particular, pero esta opinión perdió todo su valor, desde que se

demostró que los albañales de las casas están siempre menos limpios que las cloacas de un sistema bien proyectado y cuidado por la autoridad, así es que un conducto que por sí mismo es infecto, nada pierde con que por él vayan de paso nada más, los gases de otro conducto que está más aseado, y a esto se agrega, que el paso del aire que entra a las cloacas por numerosas aberturas practicadas en la calle, en vez de perjudicar, favorece la ventilación de los albañales, porque éstos necesitan, no sólo del escape por los tubos de ventilación, sino de una entrada por donde tenga acceso el aire que ha de sustituir al que sale por los tubos y no hay lugar más a propósito para el objeto, que la cloaca misma, porque es el único que no ofrece ningún inconveniente.

Los escrúpulos relativos a derechos individuales tampoco se toman en cuenta ya, porque al fin prevaleció el principio sano de que la autoridad debe establecer todos los requisitos a que se han de sujetar las instalaciones sanitarias de propiedad particular y dos de estas requisitos, muy esenciales en toda instalación bien hecha, son: que haya un tubo de ventilación en el extremo más alto del albañal y que éste se comunique directamente con la cloaca, sin ofrecer ningún obstáculo a la corriente líquida o al paso de los gases.

En Berlín, Viena, Liverpool, Franckfort, Hamburgo, Dantzig, Oxford y otras muchas poblaciones, los albañales de las casas se utilizan para ventilar las cloacas públicas sin ningún inconveniente, y en Londres mismo, ésta es ya una práctica muy general.

Este es el sistema de ventilación que he recomendado en las ciudades de cuyos proyectos me ocupé, y así se construyeron, dando excelentes resultados prácticos.

En México tuve oportunidad de observar, con más detalles que en alguna otra parte, la eficacia

del sistema y los progresos de la mejoría en la ventilación de los conductos desaguadores del servicio general a medida que se mejoraban las instalaciones sanitarias de las casas, porque antes de que se construyera el actual sistema de desagüe y saneamiento, existían allí unas cloacas públicas de construcción imperfectísima, y unos albañales particulares tan imperfectos como aquellas.

Cloacas y albañales eran unos verdaderos depósitos de materias infectas, en donde, mezclados con tierra, permanecían los desechos de las casas durante mucho tiempo, hasta que por estar ya repletos, era forzoso destaparlos a fin de extraer a mano todo lo que se había acumulado y que no podía desalojarse por falta de pendiente y de condiciones que favorecieran el paso de los líquidos con una velocidad que pudiera arrastrar siquiera los cuerpos ligeros.

Cinco o seis años antes de que se emprendieran las obras de saneamiento de la ciudad de México, el Consejo de Salubridad, del cual era yo el Ingeniero Consultor, publicó las reglas a que debían sujetarse los desagües e instalaciones sanitarias de las casas de propiedad particular, imponiendo entre otros requisitos, el de que se debía establecer en la parte más alta de cualquier albañal, un tubo de ventilación, y prohibiendo que las bajadas del agua de lluvia se comunicaran directamente con los conductos destinados a recibir materias infectas.

En esa época, los propietarios, rehacios para gastar dinero en mejorar sus casas, alegaban que la autoridad municipal debía dar el ejemplo modificando el sistema de desagüe de la ciudad, cuyos defectos eran bien conocidos.

A este argumento, el Consejo de Salubridad contestó, que el Municipio se ocupaba ya de emprender las obras necesarias y que una vez empezadas se concluirían en un período de tiempo mucho menor del que para mejorar sus fincas necesitaban

los propietarios de las 12,000 casas que había en la ciudad en aquella época; y en efecto, así sucedió, pues al terminarse las obras según el proyecto nuevo, no se había conseguido que modificaran las condiciones de sus desagües interiores, sino una cuarta parte de las casas de propiedad particular; quedaban muchas, aún en la parte céntrica de la ciudad, que conservaban sus antiguos albañales de sección cuadrada, sin pendiente, contruídos de materiales impropios para el objeto y que, por estas causas y sus exageradas dimensiones, eran grandes depósitos de lodo y materia orgánica en plena fermentación pútrida y no lo que debían ser: un conducto circular de barro vitrificado, de quince centímetros de diámetro, establecido en pendiente de 1% como mínimo, provisto en su origen de un tubo de ventilación de diez centímetros de diámetro, a fin de que en estas condiciones sirviera de conducto para el paso fácil y rápido de líquidos y gases.

Cuando, después de salvar los obstáculos que se oponían a su desalojamiento, llegaban a las cloacas los desechos de las casas a que me refiero, estaban ellos en plena descomposición, tanto porque a su paso por el albañal se habían mezclado con los fermentos pútridos, como porque caminando con extrema lentitud tenían sobrado tiempo para fermentar.

En las calles donde estaban ubicadas las casas que no habían reconstruido sus desagües faltaban los conductos que pudieran llevar los gases de las cloacas a diez o doce metros de altura sobre el nivel del pavimento de la vía pública, y a la vez, los gases confinados, se cargaban con el hidrógeno sulfurado que en grande abundancia se desprendía de los desechos corrompidos que salían de las casas, resultando de ésto, que a ciertas horas se percibía mal olor cerca de las aberturas que en la calle comunican con la cloaca, pero tan pronto como

se modificaron estas malas condiciones, pasando a las normales en que debe estar una ciudad cuando los desagües de propiedad particular y los del servicio general satisfacen los requisitos que la ciencia y la experiencia imponen, desaparecieron todos los inconvenientes.

Los antecedentes relativos a la práctica que hoy se sigue para ventilar las cloacas como resultado de una experimentación larga y minuciosa; los fundamentos teóricos que tiene y los resultados de mi observación personal, me inducen a proponer que: para ventilar las cloacas de Santa Ana se comuniquen ellas con el aire ambiente, por las tapas de pozos de visita y de lámpara; y en su caso, por las coladeras que deben recibir el agua pluvial.

Las aberturas practicadas en las tapas se deben considerar como entradas de aire; los conductos de salida, serán los albañales de las casas y los tubos de ventilación que deben colocarse en el origen de todos y cada uno de los albañales que se construyan; los tubos de bajada del agua pluvial no deben comunicarse directamente con alguno de los conductos generales de desagüe público o privado.

10°—Purificación del agua de las cloacas.

Los desechos de las habitaciones produjeron en el exterior de las ciudades populosas, molestias semejantes, pero perjuicios mucho más graves, que los que en el interior de las mismas ciudades acabamos de ver que producían, los gases mal olientes que salían de las cloacas imperfectas que antes se construían.

La molestia consistió en la difusión de olores más o menos repugnantes e intensos, pero el perjuicio se manifestó por la propagación de enfermedades que como la diarrea, la fiebre tifoidea y el cólera morbo, se transmiten por el agua contaminada

con las deyecciones de pacientes atacados de estas enfermedades, las cuales hicieron numerosas víctimas, entre los habitantes de las regiones inferiores de las cuencas donde había una ciudad más o menos importante.

Desde que la ciencia comprobó la exactitud de este hecho, se han venido haciendo esfuerzos para evitar que los líquidos que salen de las cloacas, vayan a mezclarse con las aguas que pasan abajo y que son empleadas para los usos domésticos, en la mayoría de los casos por los campesinos, pero muchas veces, también por los habitantes de otras poblaciones.

La solución práctica del detalle que me ocupa, indispensable para el saneamiento completo de una región, presenta a veces dificultades insuperables de orden material y económico, pues hay ciudades ricas y progresistas que, como París por ejemplo, no han podido resolver sino a medias el problema de la purificación de sus desechos, a pesar de los esfuerzos que han hecho para conseguirlo.

Todos los procedimientos artificiales de purificación de los desechos de una ciudad han fracasado, porque resultan de un costo prohibitivo; no hay sino dos sistemas que en la práctica se pueden aplicar: el de la filtración intermitente en los terrenos de labor, en donde el proceso natural de la transformación de la materia orgánica, por los elementos que favorecen la nutrición de los vegetales, purifica el agua por completo, y el sistema de mezclar los desechos con un gran volumen de agua que los diluye y en la cual los gérmenes morbosos encuentran una gran cantidad de fagocitos que los destruyen.

Un ejemplo típico del primer sistema, son las obras de Berlín, y del segundo, las de la ciudad de Chicago y las grandes poblaciones de la cuenca del Mississippi, pues Chicago deriva del lago Michigan, por un canal que le costó varios millones de do-

llares, un volumen de agua suficiente para diluir sus desechos, y San Luis Missouri, Cairo, Menfis y otras ciudades ubicadas en la cuenca del gran río, mezclan sus desechos con las aguas de éste, habiéndose demostrado por estudios muy prolijos, que la cantidad de microbios que hay en el agua, río abajo de las poblaciones, disminuye rápidamente, a medida que se aleja el punto de donde se toman las muestras que se han de analizar.

El caso de Berlín es típico, por la inteligencia con que está instalado el servicio de purificación de los desechos, por su excelente organización administrativa y por sus buenos resultados prácticos y pecuniarios.

También son dignos de estudio y de imitación, los trabajos hechos por la ciudad de París en los campos Genevilliers y de Acheres, en donde se recibe una parte de los desechos que salen por las cloacas para despojarlos allí de los elementos y gérmenes nocivos y disminuir así la contaminación del Sena, pues no la evitan por completo, debido a que se han presentado dificultades insuperables para dar a los campos que se riegan con el agua de las cloacas, la extensión que necesitan para recibir el gran volumen de desechos que diariamente sale de París, y también por algunas otras causas de índole diversa.

Afortunadamente para Santa Ana, sus condiciones topográficas son muy favorables para conseguir la purificación completa de los desechos que salgan por sus cloacas y como hice ya notar, sólo falta reglamentar el uso de aquellos desechos en los campos de riego para obtener un resultado completamente satisfactorio.

PAVIMENTACIÓN

El problema de la pavimentación de las ciudades que tienen mucho tráfico de carros, es uno de

los problemas que más ha preocupado a las autoridades municipales, porque los desperfectos que presenta la superficie de las calles impresiona a todos los transeuntes; los hoyancos llenos de tierra, de lodo y a veces de basura, repugnan a la vista y los baches ofrecen un obstáculo que dificulta la circulación de los vehículos, disminuye la rapidez y la capacidad de transporte, deteriorando a la vez considerablemente a todos los carros y coches que circulan por calles mal pavimentadas.

La causa determinante de la preocupación, ha sido: la dificultad de dar al problema una solución satisfactoria, y esta dificultad dimana de que los materiales que forman la superestructura de las calles y caminos, quedan expuestos al rozamiento y al choque; dos causas de destrucción para contrarrestar las cuales se necesita: que los materiales tengan propiedades físicas que casi se excluyen entre sí, pues para oponerse al rozamiento deben ser duros, para resistir al choque necesitan ser elásticos, y sucede, que en la naturaleza, los cuerpos duros no son elásticos y los elásticos no son duros.

Además de la dureza y la elasticidad, los pavimentos deben ofrecer cierta aspereza, con el objeto de prevenir los serios accidentes que ocurren cuando se camina sobre superficies demasiado lisas; esta condición, proscrib el empleo de materiales eminentemente duros como el hierro.

Grandes dificultades se han encontrado tratando de armonizar los requisitos que deben tener los materiales para pavimentos, y se han hecho experiencias con toda clase de sustancias que para el caso se han podido utilizar: el hierro, la madera, toda clase de piedras, las materias bituminosas, el ladrillo, el concreto y algunos otros, aún el caucho se ha empleado en la construcción de pavimentos, sin que ninguno de estos cuerpos haya satisfecho por completo las condiciones del problema.

Sería inconducente hacer aquí un resumen de

los resultados prácticos que dió el empleo de cada uno de los materiales que acabo de citar; basta, sin duda consignar dos hechos: primero, que con excepción de la piedra, las materias bituminosas, y en ciertos casos la madera, todos los demás materiales han venido cayendo en desuso y algunos se proscriben por completo; segundo, la piedra y el asfalto son los materiales que más se emplean, pero no se usan indistintamente, sino que cada uno tiene sus aplicaciones.

La piedra se usa en general en las poblaciones de poco tráfico y de pequeña extensión superficial, cuyas condiciones de vida no exigen un servicio de vehículos demasiado activo, y se emplea exclusivamente en las calles cuya inclinación pasa de ciertos límites que se fijan de cuatro a seis por ciento según la localidad.

El pavimento de asfalto se usa hoy en todas las calles principales de las ciudades importantes, que tienen un tráfico activo y a gran velocidad, siempre que la pendiente longitudinal, no exceda de los límites que acabo de citar, y esta clase de pavimento necesita para conservarse bien, que haya un tráfico bastante activo, para que las ruedas de los vehículos que pasan a las horas en que el piso está fuertemente calentado por el sol, tiendan a cerrar las pequeñas grietas que se abren en la capa superficial de asfalto, a las horas en que desciende al mínimo la temperatura.

Cuando esta condición no se satisface, las grietas se amplían poco a poco, creciendo cada día y como se abren de un modo irregular, son muy sinuosas y se cruzan en todas direcciones; al cabo de algún tiempo, es deplorable el aspecto de ruina que ofrecen las calles asfaltadas, sobre las cuales no hay un tráfico suficientemente activo.

En esto me fundo para creer que por ahora no conviene pavimentar con asfalto las calles de Santa Ana, pues el tráfico allí es tan poco activo, que hay

el peligro de que, después de que se hiciera un gasto de suma importancia, los pavimentos sufrieran desperfectos por falta de uso.

Hay sin embargo en este país, la circunstancia de que las temperaturas del ambiente no oscilan dentro de límites tan amplios, como aquellos en donde he hecho las observaciones que acabo de citar, y por esto, a mi juicio, antes de aceptar definitivamente como buenos en El Salvador, los pavimentos de asfalto o de rechazarlos por completo, conviene hacer algunas experiencias que permitan observar como se conservan en las condiciones locales, pues no es debido tomar una resolución definitiva, si no es con buenos fundamentos derivados de enseñanzas dimanadas de observación directa en cada lugar, porque una generalización infundada de hechos observados en otras partes, podría conducir a errores costosos y lamentables.

La experiencia debe hacerse tomando todas las precauciones que son indispensables para que la obra resulte bien hecha, porque de otra manera no serían concluyentes las inferencias que se tomaran como base de una resolución definitiva.

En el caso en que esta resolución sea favorable al sistema de pavimentar las calles con asfalto, será también muy importante tomar las mismas precauciones, para que el dinero se invierta en obra duradera y de positiva utilidad.

Para uno y otro caso estimo que es oportuno consignar, cuáles son las principales condiciones que deben imponer las especificaciones que describan la manera de hacer los pavimentos de asfalto de Santa Ana.

Es muy importante que los materiales que se emplean en la construcción de los pavimentos de asfalto, llenen todos los requisitos que deben tener para que los resultados sean satisfactorios, porque bastará que alguno de dichos materiales sea de mala calidad, para que el conjunto resulte malo también y que, si se trata de una experiencia, esta sea

engañosa, y si se trata de construir ya los pavimentos de superficies muy extensas, haya el peligro de que resulten inútiles los trabajos y gastos que se hagan para que la ciudad tenga buenos pavimentos.

Conviene pues, hacer una cuidadosa selección de la piedra y la arena que haya en las inmediaciones, porque son las únicas que se pueden usar, e interesa mucho también, fijar las condiciones que definen si un asfalto es o no de buena calidad, pues mientras no se encuentre en El Salvador, habrá que importarlo de los países más próximos que son: México, la Trinidad, las Bermudas, Maracaibo o California, y el material puede provenir de la refinación del asfalto crudo, o de la destilación de los petróleos asfálticos, y cada uno de ellos debe sujetarse a condiciones que son un poco distintas.

Sólo para recodarlas en momento oportuno, voy a consignar aquí algunas de las precauciones más esenciales que se deben tomar al construir pavimentos de asfalto, y también haré una breve reseña de los requisitos que deben llenar, los cuatro materiales que entran en la construcción de dichos pavimentos y que son: arena, piedra, cemento y asfalto.

Toda el área que ocupe el pavimento será excavada o rellenada hasta que, en cada punto, la excavación o el relleno quede veintiún centímetros abajo del nivel del pavimento definitivo. Al excavar la tierra no se debe de remover más abajo de lo que es estrictamente necesario. No se permitirá el uso de arados para aflojar la tierra cuando la capa que hay que remover tenga menos de catorce centímetros de espesor y en ningún caso el arado debe penetrar a más de dos centímetros arriba del asiento del concreto. En los lugares en que el terreno esté flojo, sea suave o esté compuesto de malos materiales, debe ser excavado y rellenado después con arena u otros materiales de buena calidad.

En caso de que haya que hacer rellenos, estos se deben extender por capas que no excedan de doce centímetros de espesor y cada capa se debe comprimir antes que se extienda la inmediata.

Después de que la excavación o el relleno estén completos, toda la superficie se debe de comprimir con rodillos que no pesen menos de cinco toneladas. En las superficies que sean inaccesibles al rodillo se les pisará lo que sea necesario para que quede bien compacto el material que forma el apoyo del concreto.

En todo caso, el material de los rellenos se humedecerá lo que sea necesario para que la tierra adquiera su máxima cohesión.

La cimentación del pavimento consistirá, en todo caso, en una capa de concreto que no tenga menos de quince centímetros de espesor.

El cemento que se usa para fabricar el concreto debe satisfacer las condiciones de peso específico, tiempo de fraguado, finura, resistencia, constancia de volumen y composición, a que satisfacen todos los cementos de buena calidad y que no se describen aquí por ser muy conocidas.

La arena que se use para fabricar el concreto debe estar compuesta de granos que no sean más suaves que la piedra caliza dura. (Esta recomendación es muy importante en El Salvador, porque hay muchas arenas que tienen mezclada cierta cantidad de fragmentos de piedra pomez que por su blandura es enteramente inadecuada para la fabricación de mortero y concretos).

La arena será un poco gruesa y de preferencia se tomarán las arenas que tienen granos de diversos tamaños, que son las que presentan el menor volumen de huecos.

No contendrá en conjunto más de siete por ciento en volumen de barro, tierra vegetal mica u otras materias inertes y tampoco tendrá más de uno por ciento de materia orgánica.

La piedra quebrada debe ser de un material tan

duro como la caliza, por lo menos, y que esté en fragmentos que hayan pasado por agujeros circulares de siete centímetros de diámetro.

Se puede agregar a la masa de la piedra, cierta cantidad de fragmentos de pequeñas dimensiones, con tal de que al hacer la mezcla se tenga cuidado de que los materiales de distintas dimensiones queden bien distribuidos en la masa, de modo que ésta resulte homogénea.

En caso de que el lugar donde se deposite la piedra y la arena sea de tierra suelta en que haya basura o alguna otra cosa que no se debe mezclar con los materiales que forman el concreto, la piedra y la arena se depositarán sobre tablas de madera para evitar que se revuelvan con materias extrañas.

Los materiales que forman el concreto se dosificarán por volumen y en las calles de mucho tráfico, las proporciones serán de uno de cemento, tres de arena y cinco de piedra.

En las calles en que el tráfico sea menor, puede usarse un concreto de uno de cemento, cuatro de arena y siete de piedra. La dosificación debe hacerse con bastante cuidado para que las proporciones no varíen más de siete por ciento si se compara con las cantidades especificadas.

La mezcla de los tres materiales que forman el concreto debe hacerse tomando todas las precauciones que la experiencia ha demostrado que dan mejores resultados prácticos.

El concreto será colocado en una sola capa de suficiente espesor para que después de pisonado quede con quince centímetros.

Inmediatamente después de colocado, se le pisonará hasta que forme una masa compacta cuya superficie sea paralela en todos sus puntos a la del pavimento definitivo y estará seis centímetros abajo de dicha superficie. Las depresiones que aparezcan por efecto del pison, se llenarán con un concreto hecho con piedras de pequeñas dimensiones y nunca

se llenarán con mortero ni se aplanará la superficie superior de concreto. Tampoco se permitirá barrer con escoba dicha superficie o emparejarla con cuchara.

Después de que el concreto esté en su lugar, se le dejará en reposo todo el tiempo que sea necesario para que el fraguado sea completo; tiempo que se determinará de acuerdo con el que el cemento requiera para fraguar y que por lo general es de cinco días. El concreto se conservará húmedo hasta veinticuatro horas antes de que se le cubra con la capa de asfalto.

Encima del concreto se colocará una capa de «Binder», de 35 milímetros de espesor y una capa de asfalto de 25 milímetros de espesor.

En la fabricación del «Binder» y la capa superior, se usarán de preferencia los asfaltos refinados que no contengan agua, aceites ligeros, ni materias extrañas. Cuando el asfalto refinado provenga del asfalto crudo, no contendrá más de cuatro por ciento de materia orgánica, ni más de veintitrés por ciento de materia inorgánica que no sea de sustancias bituminosas; no más de 18% de carbón fijo y no menos de 55% de betún soluble en bisulfuro de carbono frío. De este betún soluble en bisulfuro de carbono el 63% por lo menos, debe disolverse en nafta que tenga un peso específico de 88 grados Baume, a 20 grados centígrados y no menos de 98% debe ser soluble en tetracloruro de carbono químicamente puro. Cuando se les ponga por siete horas a una temperatura de 163 grados centígrados extendida en una capa de dos centímetros de espesor, el asfalto refinado no perderá más de 5% por evaporación.

Se fabricarán cilindros de 2.5 centímetros de diámetro, por 5 centímetros de altura, que se comprimirán hasta que tengan una densidad de 2.1; estos cilindros se sumergirán en 10 veces su volumen de agua de lluvia y al cabo de 45 días de

inmersión, tendrán una superficie lisa que no haya cambiado por la acción del agua.

Los asfaltos refinados que provienen de la destilación de los aceites asfálticos crudos, no serán aceptados sino en caso de que la destilación se haya hecho en aparatos adecuados y a una temperatura que no exceda de 370 grados centígrados. Tampoco se aceptarán los betunes cuya destilación se haya excedido del punto preciso y que se hayan reconstituido agregándoles aceite. El producto, para ser aceptable, debe tener las siguientes propiedades: se fundirá hasta el grado de quedar fluido a una temperatura que no sea inferior a 60 grados; pero tampoco superior a 82 grados y cuando se le trate en el aparato cerrado para probar aceites, no arderá a una temperatura inferior a 232 grados. Cuando se les ponga en un plato extendido, formando una capa de betún de 2 centímetros de espesor, a una temperatura de 205 grados durante 7 horas, no perderá por evaporación más de 7% de su peso; no menos de 98% se disolverá en bisulfuro de carbono y no menos de 65% ni más de 75% de betún será soluble en nafta fría que tenga un peso específico de 88 grados Baume. No menos de 99% será soluble en tetracloruro de carbono y no contendrá más del 16% de carbón fijo.

En la construcción de verdaderos pavimentos de asfalto, no se deben aceptar revolturas en las que haya mezclas de betunes o alquitranes que provengan de la destilación destructiva o de la oxidación artificial de alguna materia orgánica, ni de la destilación del carbón mineral; tampoco se deben admitir los compuestos bituminosos preparados con aceite o con residuos de aceite calentados con azufre u otras substancias.

Para ablandar y templar el asfalto refinado, se usará el residuo de petróleo o asfalto líquido, el cual no contendrá agua, coke, ni otras impurezas; su peso específico no será menor de 0.92 ni mayor

que 1.04. Su punto de ignición en el aparato típico y cerrado para probar aceites, no debe ser inferior a 180 grados centígrados. No perderá más de 5% de su peso por evaporación, cuando se le ponga durante 7 horas a una temperatura de 162 grados, extendido el petróleo en una capa de 2 centímetros de espesor, en un plato descubierto. No contendrá más de 10% de parafina.

La arena no debe contener más de 2% de impurezas y la de granos angulosos se debe preferir, procurando que tenga granos de distintos tamaños para que en una masa seca y compacta de arena, los huecos no excedan de 33% del volumen.

Una arena típica será la que contenga una mezcla de granos que den los siguientes resultados en las pruebas de arnero:

3% que pase en el arnero de 200 mallas por pulgada	
15 «	100
18 «	80
30 «	50
24 «	30
10 «	10

no debiendo quedar ningún residuo en el arnero de 10 mallas por pulgada lineal.

La calidad y caracteres físicos de la arena que se utilice, es uno de los elementos que más influencia tiene en la utilidad y durabilidad de los pavimentos de asfalto; por cuya razón, se debe procurar que la arena tenga las condiciones especificadas, aun cuando para ello se haya de elevar el costo de la construcción.

La piedra pulverizada que se mezcla con el asfalto, debe pasar toda por el arnero número 50; no más del 10% debe quedar en el arnero número 100 y por lo menos el 70% debe pasar por el arnero número 200; procurando que el material esté perfectamente seco en el momento de usarlo.

El cemento asfáltico que debe emplearse en la capa superficial del pavimento y en el Binder, se

preparará mezclando el asfalto refinado con el material que servirá para ablandarlo y templarlo.

Estos dos materiales se mezclarán a una temperatura que no sea menor que 135 grados ni mayor que 163 grados; agitándolos continuamente hasta el momento de usarlos; y esto se hará cuando la mezcla sea homogénea.

El cemento asfáltico, a la temperatura de 25 grados debe tener una consistencia tal, que cuando se le pruebe en el aparato normal de Dow, usando dos agujas cargadas con 100 gramos, éstas no deben penetrar más de 0.0004 mts. a 0.0008 mts.

Cuando después de varios ensayos se haya obtenido un cemento asfáltico de una consistencia aceptable, se guardarán muestras que se tomarán como tipo para comprar las revolturas que diariamente se hagan y obtener una producción uniforme.

Cuando el cemento asfáltico esté a su temperatura de fusión, presentará una viscosidad tal, que se pueda estirar en hebras que no presenten nudos ni desgarraduras y tendrá propiedades adhesivas.

Para fabricar la mezcla con que se construirá la capa superficial, se agregará al cemento asfáltico cierta cantidad de arena y de piedra pulverizada, en proporciones que deben modificarse de acuerdo con la pureza del cemento, la calidad de arena, las condiciones climatológicas del país y la cantidad y calidad del tráfico que hay en la vía que se trata de pavimentar; pero se puede considerar como típica la siguiente composición:

Arena	100.0 kilogramos
Materia mineral pulverizada que pase por el arnero número 200, incluyendo la que tenga el cemento asfáltico	17.5
Materia bituminosa pura (la contenida en el cemento)	13.5

La mezcla de estos materiales debe hacerse en un mezclador mecánico, capaz de efectuar la incor-

poración homogénea de ellos, de un modo rápido y eficaz. La arena se calentará por separado y cuando llegue al aparato mezclador, su temperatura no será mayor que 177 grados ni menor que 160 grados. La piedra pulverizada debe estar a una temperatura tal, que mezclada con la arena, la temperatura del compuesto no sea mayor que 177 grados ni menor que 160.

Se debe poner primero en el mezclador la arena y después la piedra pulverizada, y formar una masa homogénea con esos dos materiales, antes de agregar el cemento asfáltico. Este último debe ponerse a una temperatura de 150 grados cuando menos y de 177 grados cuando más, y de tal modo que se distribuya lo más uniformemente que sea posible sobre la arena y la piedra pulverizada, continuando la rotación de la mezcladora sin cesar, hasta que todos los materiales estén perfectamente incorporados entre sí y que los granos de arena estén completamente cubiertos con el cemento.

Se debe vigilar mucho, tanto que las mezclas se hagan en las debidas proporciones, como que las temperaturas queden comprendidas para cada operación dentro de los límites fijados, teniendo siempre disponibles para ello buenos termómetros comparados.

En cada caso conviene rectificar cuál es la temperatura más adecuada para manipular el asfalto de que se disponga, pues hay algunos que soportan muy bien y sin perjuicio la temperatura del límite más alto, mientras que otros asfaltos sólo deben tratarse aproximando su temperatura a los límites más bajos.

La prueba de la pérdida de peso por evaporación, sometiendo los ejemplares durante siete horas a la temperatura de 163 grados puede dar una idea aproximada de cuál es la que conviene adoptar para el trabajo: mientras mayor sea la pérdida, menor

debe ser la temperatura a que se someta el cemento asfáltico al mezclarlo con los otros ingredientes.

La composición del Binder debe ser muy cuidadosa, empleando en ella la piedra más dura de que se pueda disponer, reducida a un tamaño que le permita quedarse en una zaranda como mallas del número ocho, pero que pase toda por zarandas con agujeros cuadrados que tengan por lado un centímetro menos que el espesor que se haya aceptado para la capa de Binder, el cual se compondrá de una mezcla de cemento asfáltico, de arena, de piedra pulverizada y de la piedra quebrada que se menciona al principio de este párrafo.

Una mezcla típica para Binder es la que sigue:

Piedra quebrada	100 kilogramos
Arena	42
Betún puro (en el cemento asfáltico)	7
Piedra pulverizada	7.5

Esta mezcla, sin embargo, debe modificarse, en el caso de que al extenderla en la calle y comprimirla con el rodillo de vapor, queden huecos y cavidades entre los fragmentos de piedra, pues las proporciones de los diversos materiales se deben modificar de modo que los huecos de las piedras queden completamente llenos.

Los materiales para el Binder se mezclarán tomando las mismas precauciones que se describieron para la capa superficial, y poniendo primero en el mezclador la piedra quebrada y al último el cemento asfáltico. La temperatura de la mezcla al salir del aparato, no será sino de 162 grados como máximo y 150 grados como mínimo.

El Binder no se debe extender sino cuando el cimientto de concreto esté bien seco y tampoco cuando soplen vientos demasiado fuertes; debe transportarse al lugar de su empleo, en el momento mismo en que sale de los aparatos mezcladores, cubriendo los carros con lona para evitar la pérdida del ca-

lor por radiación. Cuando el material se descargue en la calle conviene que tenga por lo menos una temperatura de 138 grados, y se debe desechar toda carretada o parte de ella, que esté a una temperatura inferior a 116 grados. Sin pérdida de tiempo se procederá a extender el material cuidando de que no haya sobre el concreto, ni tierra, ni escombros, ni basura.

El material se extenderá cuidadosamente en una capa de espesor uniforme, por medio de rastrillos con dientes muy separados y procurando conservar la homogeneidad de la masa. Inmediatamente y antes de que baje mucho la temperatura de los materiales, se hará pasar un rodillo que pese cinco toneladas por lo menos, el cual seguirá pasando, hasta que no produzca ya ninguna depresión en la capa de Binder.

Este se colocará, sólo un día antes que la capa superficial, y su perfil, en la sección transversal, no debe separarse más de medio centímetro, de una plantilla cóncava de tres metros y medio de largo que se coloque transversalmente al eje de la calle.

Cuando se proceda a tender la capa superficial, se procurará no romper ni dislocar el Binder, y cualquier desperfecto que éste sufra, se corregirá oportunamente y se limpiará, quitando los escombros, el material suelto, y cualquiera materia extraña que allí hubiere.

En seguida se extenderá el material de la capa superficial con rastrillos adecuados, rompiendo los terrones y pasando un rodillo ligero para comprimir algo el material, y en donde sea necesario se pasarán unas planchas de hierro, calentadas a temperatura que funda, pero que no queme el betún del cemento. Después se espolvorea cemento hidráulico, en cantidad suficiente para que el asfalto no se pegue al rodillo de diez toneladas con que se debe comprimir la capa de cemento asfáltico, tan pronto como se haya acabado de extender y emparejar

y antes de que su temperatura descienda abajo de 93 grados.

El trabajo del rodillo debe continuar hasta que el material de la capa esté perfectamente comprimido, y debe hacerse siguiendo líneas paralelas al eje de la calle, comenzando junto a la guarnición y avanzando hacia el centro de los dos lados de la calle, caminando después diagonalmente para terminar en líneas perpendiculares al eje y de guarnición a guarnición, cuando el ancho de la calle lo permita. Cualquier punto que no sea accesible al rodillo, se debe pisonar con pisonos calientes hasta que la capa quede tan comprimida como en los lugares en donde pasó el rodillo.

Cuando se dé por terminada una calle, la superficie no debe presentar olas ni desigualdades y al colocar sobre ella una plantilla de tres metros y medio de largo, no deben separarse más de cinco milímetros, y una plantilla de cinco metros de largo puesta sobre los arroyos junto a la guarnición, no debe separarse más de tres milímetros de la línea de pendiente exacta.

Antes de tender la capa superficial, se tomará la precaución de cubrir con una pintura de base de asfalto las piezas de hierro o de piedra con las cuales dicha capa se ha de poner en contacto.

Los detalles que con la brevedad posible aca- bo de insertar, se deben imponer como esenciales en todas las especificaciones que formen parte de los contratos para hacer pavimentos de asfalto en Santa Ana; pues la omisión de cualquiera de ellos, y sobre todo, los relativos a procedencia y calidad de asfalto y a las temperaturas a que se debe sujetar, son fundamentales: primero para obtener un buen material y segundo, para que éste no pierda sus buenas cualidades por estar quemado, o bien porque no se aprovechen las que tenga, si no se le manipuló a las temperaturas que son indispensables para desarrollar dichas cualidades.

En los primeros tiempos en que el asfalto comenzó a emplearse en la construcción de pavimentos, resultaron muchos sumamente defectuosos; en México, hace veinte años, vimos hacer algunas experiencias, cuyos resultados sólo sirvieron para desprestigiar el sistema, y no fue sino después de mucho trabajo, empleando buenos materiales y tomando las debidas precauciones, cuando se logró tener pavimentos bien construídos y tan durables, que hay algunos que tienen ya catorce años de construídos en calles de tráfico intensísimo, que no han exigido ni la menor reparación.

Observando la evolución de esta clase de obras en la capital Mexicana, me he llegado a convencer de que la buena cimentación es uno de los factores que más influencia tienen en la eficacia y duración de toda clase de pavimentos, pues se nota que en las calles que se han pavimentado con asfalto, empleando las llamadas obras de segunda clase, más baratas, y en las que una de las economías se obtiene reduciendo el espesor y la resistencia de la base de concreto, esta se rompe con el paso de los vehículos pesados y en cada rotura se inicia un bache, que es el punto de partida para la completa destrucción de la obra.

La razón de esto es bien sencilla: para romper el cimientó y originar los baches, tiene más influencia la calidad que la cantidad de tráfico, es decir, que sobre un punto dado, pueden pasar diez mil vehículos ligeros sin que el cimientó sufra nada; pero bastará que pase un carro muy cargado para romper aquel cimientó y que comience el efecto destructor del choque de todas y cada una de las ruedas que caen al fondo de la depresión y suben otra vez.

Además, en las calles de más tráfico, la policía limita y vigila mucho el paso de carros cargados con exceso, mientras que en las calles un poco

alejadas del centro, en donde la vigilancia es menor, si hay buen pavimento, son las elegidas por los grandes carros muy cargados, porque allí es donde caminan con más facilidad.

La base de concreto, por su calidad de cimientto de una obra que tiene que resistir pesos vivos, es decir, en movimiento, y pesos cuya magnitud es difícil limitar, debe oponer una resistencia suficiente para no ceder bajo la influencia de los mayores pesos que sobre él han de pasar, y no hay ninguna buena razón para suponer que por ciertas calles pasarán vehículos menos pesados que por otras.

En efecto, en las calles de gran tráfico, son limitadas las horas a que se permite el paso de los carros y, por ello, los fleteros cargan al máximo sus vehículos para aprovechar mejor el tiempo. Estos carros muy cargados pasan por las calles de poco tráfico que tienen mejor pavimento, las cuales son también preferidas para el paso de los carros y coches que van a cualquier punto pues aún se desvían del camino directo, con tal de avanzar más de prisa y con menos molestia; de todo lo cual infiero que no hay razón que justifique la disminución del espesor de la capa de concreto en los pavimentos que se llaman de segunda clase, y estoy seguro de que con el tiempo desaparecerá la práctica viciosa de aceptar semejante disminución.

Un argumento de otro género, pero de la mayor importancia, se puede aducir en pro de la tesis que sostengo, y es: que cuando el cimiento se conserva inalterable, los desperfectos tienen que ser muy superficiales y las reparaciones se limitan a componer la superestructura en donde se destruye por el rozamiento, y por lo mismo, los gastos de conservación se reducen al límite mínimo posible; por el contrario, cuando el cimiento es débil y se rompe las reparaciones se hacen a fondo y aún a mayor costo que en la primitiva construcción, porque el trabajo de quitar la capa de concreto ya deteriora-

do, es bastante difícil, costosa y ocasiona un gasto adicional.

En todo esto me fundo para opinar que en ningún caso se debe reducir la capa de concreto a menos de 0.15 de espesor, al pavimentar las calles de Santa Ana.

Para favorecer la adopción de capas de concreto más ligeras, se puede alegar que los vehículos que transitan por dicha ciudad, son ligeros y que el subsuelo es de muy buena calidad, pero ninguno de los dos argumentos es de peso, por dos razones esenciales: la primera, que los pavimentos costosos y de buena calidad, deben construirse para que duren muchos años, en el curso de los cuales hay tiempo de que aumente la capacidad y peso de los carros bien cargados, y ese aumento se produce, a medida que por la mejoría en la calidad de los pavimentos, disminuyen las dificultades para la tracción; la segunda razón es: que la sección transversal de las calles de Santa Ana, es muy defectuosa, como se puede ver en los dibujos número 1 al 8, circunstancia que impone la necesidad de hacer rellenos para mejorar los perfiles, y esos rellenos, por bien que hagan, no dejarán de ser terraplenes, sujetos como todos, a dislocaciones y asientos irregulares.

Las ventajas de los pavimentos de asfalto, son notorias y creo que no estará demás ponerlas en relieve, ya que, por circunstancias especiales, tengo que recomendar para Santa Ana, pavimentos de otra clase, pues las ventajas, los inconvenientes y el costo de cada sistema, son los elementos principales que las autoridades tomarán, sin duda, en cuenta para establecer una comparación que sirva de base a la resolución práctica de lo que más conviene hacer.

Los choques destructores de los pavimentos, son producidos por el tropezar de las ruedas contra las desigualdades del piso, y por el golpe de los

cascos herrados de los animales de tiro; ambas causas se pueden comparar a golpes de martillo que destruyen una parte de los materiales del piso redondeando los ángulos y aristas, que es donde están las líneas de menor resistencia; por esto las piedras o prismas de cualquier material, colocados en los pavimentos de las calzadas, tienden a tomar la forma esférica que es la única que presenta igual resistencia en todas direcciones.

El rozamiento, la otra causa destructora, la producen las ruedas en los casos en que deslizan en vez de rodar, y las herraduras de los animales, pues a cada paso que estos dan, se impulsan hacia adelante, buscando apoyo en las rugosidades más o menos acentuadas que encuentran en el camino, las que son absolutamente indispensables para fijar el remo y que su extremidad inferior sirva de punto de apoyo a las palancas movidas por el esfuerzo muscular; este esfuerzo, por su dirección, paralela a la superficie del camino, hace que la herradura resbale más o menos, arrancando una parte de las rugosidades que la detenían, y aún cuando el efecto es pequeño una sola vez, como se produce millares y aún millones de veces al cabo del tiempo, la magnitud del factor repetición, hace que profundicen las huellas que sobre los pavimentos deja el paso de los vehículos tirados por animales, y aún el de los automóviles que aparentemente no deslizan, pero que de hecho no avanzan, sino cuando encuentran apoyo en las rugosidades de una superficie áspera, y el avance no se efectúa, si no es arrancando algunas de aquellas rugosidades por el esfuerzo tangencial que produce el movimiento, y en todos casos, las aristas y los ángulos de los materiales, son los que más sufren, porque allí es donde están los puntos débiles.

Según esto, se percibe desde luego, que siendo la lámina de asfalto en cuerpo unido, compacto y sin soluciones de continuidad, no presenta puntos ni lí-

neas de menor resistencia, y al eliminar las aristas y ángulos, se suprime uno de los principales defectos de las superestructuras construídas con materiales de forma prismática.

Por esta razón, y por la de que el asfalto tiene cierta elasticidad, los efectos del choque se reducen a muy poca cosa en los pavimentos construídos con este material y solo son perceptibles los del rozamiento que poco a poco, pero a la larga, destruyen la capa superficial.

Otra gran ventaja tiene el asfalto, y es: la de que, cuando hay que hacer alguna reparación, la parte nueva se adhiere a la antigua, de tal manera bien, que no aperece ninguna solución de continuidad, y si el cimiento no ha sufrido roturas por falta de resistencia, la conservación será perfecta, con solo reponer a tiempo, la capa superficial; a tiempo quiere decir, antes de que tráfico ataque al binder, que no está prearado para resistir los efectos del paso de vehículos sobre él.

Después del asfalto, la madera es el material que, por su elasticidad y porque con él es posible formar una superficie completamente unida y exenta de tropiezos, se ha prestado para construir los pavimentos más cómodos, y ha estado en uso en las grandes ciudades, aún cuando poco a poco el asfalto la va sustituyendo.

No hay que pensar en pavimentos de madera para Santa Ana, pues además de que su precio sería muy alto, dura poco y necesita un riego incesante para su conservación.

En las actuales condiciones de Santa Ana, estimo que lo más práctico será pavimentarla con adoquines de una piedra que se encuentra en las inmediaciones, y que se ha usado ya para ese objeto con buenos resultados, pues hay algunos tramos de calles con ese pavimento, construido hace varios años y que se encuentran en buenas condiciones, a pesar de que no se colocó sobre un cemento ade-

cuado que asegure su estabilidad, siendo el poco deterioro que presenta, un hecho que comprueba la pequeña intensidad del tráfico, aún en las calles céntricas de Santa Ana, que es donde están las muestras a que me refiero.

Conviene que los pavimentos contruidos con adoquines de piedra, tengan un buen cimiento de concreto, pues cuando la piedra se coloca directamente sobre la tierra, como este material ofrece resistencias muy desiguales, pronto se manifiestan depresiones irregulares en la superficie, las que al poco tiempo se convierten en baches que dificultan el tránsito, lo hacen molesto y son el principal factor que acelera la destrucción de la obra.

Reitero aquí, a propósito del adoquinado de piedra, todo lo que dije al describir la utilidad y la manera de construir la capa de concreto, así como las precauciones con que se han de hacer las excavaciones y rellenos.

Al extraer de las canteras la piedra para la superestructura, se elegirá la que presente los caracteres físicos más uniformes, desechando toda la que apasezca alterada, blanda, quebradiza, o que tenga relises o bien gabarros, pues cualquiera piedra de mala calidad puesta en medio de otras buenas, se gasta en menor tiempo que las adyacentes y se forma sobre ella una depresión, que hace que las ruedas choquen contra las piedras inmediatas y las destruyan con mucha rapidez.

Conviene por esto, que la resistencia del piso sea lo más uniforme posible, teniendo cuidado para conseguirlo que no se mezclen las piedras que provienen de diversos lugares de la misma cantera, y menos aún, los de diversas canteras; cada producto se pondrá por separado para utilizarlo en zonas de la misma calle.

Los prismas que forman el adoquín tendrán de 0.20 a 30 mts. de largo, 0.08 a 0.12 mts. de ancho y de 12 a 0.14 de alto; la cara superior no se se-

parará más de 0.006 mts. de ser superficie plana; sus costados serán bastante lisos para que, cuando se pongan en contacto las juntas no tengan más de 0.02 y en sus extremos la junta no debe ser de más de 0.01.

Sobre la capa de concreto se extenderá otra de arena gruesa que tenga 0.04 de espesor, la cual se destina a disminuir el efecto que las irregularidades de la cara de asiento pudieran producir en la superficie de la calle.

Los adoquines se asentarán sobre la capa de arena, colocándolos de modo que su longitud sea perpendicular al eje de la calle y en hiladas que se extiendan a todo el ancho de la calzada normalmente al eje; exceptuando de este último detalle la disposición de las hiladas en los cruceros, que serán diagonales. Se pondrá en cada hilada, únicamente las piedras que tengan el mismo ancho, procurando apretar bien cada hilada contra la adyacente y cuatrapeando las juntas de tal modo, que cada piedra cubra la inmediata por lo menos en siete centímetros.

Las piedras se asentarán en la arena de modo que estén bien apoyadas en toda su base, de manera que la superficie superior quede pareja y al nivel que debe tener el pavimento.

Después de que se termine una hilada, las piedras que la forman serán pisonadas, una a una, para que se apoyen bien en la arena. Los pisonos serán de madera, de 0.10 mts. de diámetro y pesarán por lo menos catorce kilogramos. En caso de que después de aplicar el pisón algunos adoquines sobresalgan de la superficie de la calle, o bajen demasiado, se quitarán y arreglarán de modo que desaparezca el defecto después de pisonarlos bien.

Todas las juntas que haya en dos fajas de un metro de ancho a cada lado de la calzada y junto a las banquetas, lo mismo que las que haya en otras fajas de tres hiladas de ancho separadas entre sí quince metros, se llenarán con grava y un betún

compuesto de 60% de alquitrán, 20% de asfalto y 20% de cemento de Portland, los cuales se mezclarán íntimamente y se agitarán hasta el momento de emplearlos.

La grava estará compuesta de fragmentos de piedra que pasen por un arnero con mallas de 0.015 mts. y se queden en otro arnero de 0.006 mts.

Las juntas se llenarán primero con la grava calentada previamente a 150 grados, vertiendo después el betún calentado a la misma temperatura y hasta que las juntas estén completamente llenas.

Las demás juntas se llenarán con una lechada de volúmenes iguales de cemento y arena, prefiriendo un cemento de fraguado rápido. Antes de aplicar la lechada el pavimento se regará con agua abundante, y la lechada se pondrá en dos tiempos, el primero para llenar el espacio hasta la mitad de la altura y el segundo para completar la operación.

Siguiendo las indicaciones que acabo de anotar, se obtendrá un pavimento adoquinado muy duradero y cuya conservación será económica, porque los gastos se limitarán a reponer de cuando en cuando la superestructura nada más.

En el dibujo inserto quedan gráficamente descritas, las secciones transversales que propongo para los dos casos que se pueden presentar: el de que se acepte el sistema combinado o bien que sea el sistema divisor el que resuelvan las autoridades que sea el que convenga más para Santa Ana, y en el mismo dibujo concreto en dos detalles gráficos los elementos que formarán los pavimentos de adoquines y de asfalto, de acuerdo con las descripciones contenidas en el presente informe, y para la aplicación práctica de las ideas y datos relativos a los pavimentos, se incluyen ocho dibujos que contienen los detalles de cuatrocientas setenta y ocho secciones de las calles de Santa Ana, que detallan el ancho de las calzadas, los de las banquetas, las alturas de las guarniciones y la de los

centros de los arroyos por donde ahora corre el agua pluvial.

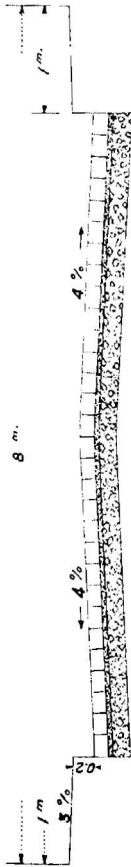
El costo del metro cuadrado del pavimento de asfalto, lo estimo en siete pesos y el del adoquinado en cinco pesos cincuenta centavos, pero el del asfalto se tendrá que modificar de acuerdo con los fletes que se obtengan en el momento de hacer en firme una operación y en cuanto al del adoquinado creo que se podrá reducir, trayendo una maquinaria muy práctica que hay en Alemania para cortar adoquines con grande economía, y aun cuando ahora fue imposible obtener los datos necesarios respecto de esa maquinaria, por falta de comunicaciones, tan pronto como pase la crisis ocasionada por la guerra tendremos el honor de someter a la consideración del Supremo Gobierno los presupuestos y datos respectivos.

No pudimos encontrar en Santa Ana datos que permitieran orientarnos acerca de cuál es la extensión de calles que se desea pavimentar, ni cuáles deben ser las preferidas, pero creemos que conviene mejorar los pavimentos en una línea que conduzca del centro a la estación del ferrocarril por las siguientes calles: a partir del Palacio Municipal por la 7ª Avenida Sur, llegue a la 9ª Calle Poniente, siga por la Calle Diagonal hasta la 11ª Calle Poniente, de allí por esta calle hasta encontrar la 16ª Avenida Sur hasta entrar a la Estación del Ferrocarril.

Después de esta línea, puede llevarse otra que conduzca directamente a la «Finca Modelo» y distribuir lo restante de un desarrollo de doce a catorce kilómetros de calzada de seis metros de ancho, en las calles que las autoridades estimen que conviene más pavimentar.

Con un desarrollo de doce kilómetros se podrá mejorar el pavimento de un cuadro que comprenda próximamente desde la 4ª Avenida a la 12ª inclusive y desde la 4ª Calle a la 12ª también inclusive.

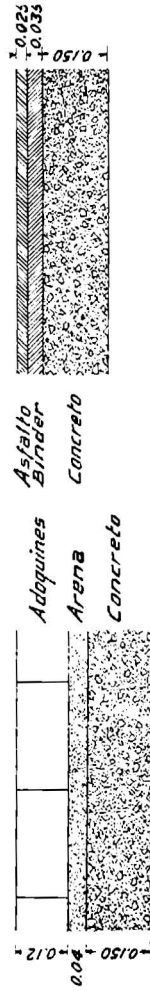
Si por de pronto se juzga que la longitud de



Sección transversal de las calles para el caso de que se adopte el sistema combinado.



Sección transversal de las calles para el caso de que se adopte el sistema divisor.



las calles con pavimento moderno debe limitarse al cuadro comprendido entre las calles 4ª y 10ª y entre las Avenidas 4ª y 10ª esto se podrá hacer con un desarrollo de seis mil quinientos metros.

11º—Presupuesto

Las actuales condiciones de los mercados europeos y americanos, y la carestía de los fletes marítimos, no son de lo más a propósito para formar un presupuesto definitivo de obras que se tengan que hacer con materiales importados del extranjero.

En este caso se encuentran las obras de saneamiento de Santa Ana, en las que habrá que emplear una buena cantidad de cemento y, si se quiere construir las cloacas con tubos de barro vitrificado, será también necesario importarlo, pues no hay ni que pensar en que se podría establecer en El Salvador una fabricación industrial de tubos para cloacas, y como, según creo, hay quien suponga que sería práctico establecer aquí una fábrica de tubos, debo yo exponer las razones en que me fundo para hacer una afirmación contraria y en forma tan concluyente; son las que siguen:

Dé un modo general, todas las manufacturas de efectos de cerámica, en la práctica ofrecen dificultades que son a veces casi insuperables, pues aún la fabricación de ladrillo de buena calidad exige, primero que haya un barro a propósito y después, bastante pericia en todos los detalles de la manipulación, desde el momento en que se humedece el material, hasta aquel en que se saca de los hornos el ladrillo.

Naturalmente, las dificultades se acentúan con la calidad de los objetos que se trata de producir; así, es más fácil fabricar ladrillos que tubos, y más fácil producir tubos que porcelana, pero sin ocuparme de esta última industria y tocando únicamente lo que a tubos se refiere, me basta recordar que los tubos para cloacas deben ser vitrificados; es decir,

cubiertos con una capa que se puede considerar como de vidrio, porque tiene la composición de este material, es un silicato doble de sodio y aluminio, que se produce envolviendo los tubos en una atmósfera cargada de vapores de cloruro de sodio, en los momentos en que dichos tubos están al rojo blanco dentro de un horno de reverbero.

Esta operación que se describe en dos renglones, presenta dificultades prácticas enormes, pues exige que los tubos estén fabricados con un material que resista sin fundirse, a la elevadísima temperatura que se necesita para volatilizar el cloruro de sodio y que se produzca la reacción por la cual el sodio se combina con el silicato de aluminio de la arcilla que forma la base del material de que están hechos los tubos.

Por tal razón, dicha arcilla debe ser hasta cierto punto refractaria sin serlo en absoluto, y para conseguir esto es preciso fabricar mezclas de varios materiales que deben encontrarse en cantidad y en condiciones a propósito para que se pueda extraer y transportar de las canteras con suma economía, y una vez satisfechas estas condiciones, se necesita satisfacer las no menos importantes de construir una planta con máquinas y hornos muy costosos y disponer de combustible abundante y barato que en grandes cantidades consumen los hornos de reverbero.

En los Estados Unidos han fracasado más de 50 % de las fábricas de tubos que se han establecido, y muchas de las que hay, sólo han llegado a prosperar después de mil vicisitudes y de una experimentación costosísima en la que han invertido millones de pesos y muchos años de trabajo.

Un ejemplo palpable de esto, lo vi desarrollarse paso a paso en México en la fábrica de tubos de Santa Julia, establecida en la misma capital.

Esta negociación fue instalada en México el año de 1895 por un grupo de expertos americanos

que tenían fábricas en los Estados Unidos y que por esto, además de su experiencia personal, disponían de peritos y especialistas en cada uno de los detalles de la fabricación.

Antes que otra cosa, buscaron los materiales adecuados; los enviaron en cantidad suficiente para que con ellos fabricaran tubos en los Estados Unidos, y cuando por este medio, al parecer tan práctico, se convencieron de que tenían materia prima en abundancia, resolvieron instalar la fábrica, que costó en definitiva más de un millón de pesos, allí en donde hay abundancia de madera y de todos los elementos indispensables para construir sin gastos excesivos.

Cuando comenzó la producción industrial, trajeron un perito para cada detalle de la fabricación, pero en ciertos casos la sequedad del aire, su excesiva humedad en otros, las variaciones del material que salía de las canteras, la necesidad de aumentar el tiro en una atmósfera enrarecida por la altura, la rapidez con que por la misma causa se produce la evaporación y otras razones de índole diversa, hacían que no saliera bueno ni aceptable, sino el diez o el quince por ciento del producto, dando por resultado que la compañía quebró después de gastar quinientos mil pesos a más de lo que erogó en la instalación.

Vino otra compañía y después otra más que siguieron gastando en experiencias, abandonando los primeros materiales y ensayando otros, hasta que al fin, después de gastar millones y consumir ocho o diez años de trabajo, han logrado producir tubos de buena calidad, lo cual demuestra que, aun cuando haya, como hay en México todos los elementos necesarios, es difícilísimo, aún para los hombres más conocedores, encontrar esos elementos y adaptar su manejo a las condiciones locales.

La historia de la fábrica de Santa Julia, no es sino una repetición de la del 90 % de las fábricas

de tubos y en esto me fundo para no aceptar la idea, de que es práctico admitir que se puede establecer en El Salvador una producción industrial de tubos de barro vitrificado, en el estado actual de los conocimientos humanos y mientras no se modifiquen ciertas condiciones especiales del país, haciendo posible su desarrollo industrial, pues antes que fabricar tubos, se fabricarán otras cosas que sobre requerir muchísimo menos trabajo y dinero, son indudablemente más necesarias, son indispensables para la vida del pueblo.

Descarto, pues, en lo absoluto, cualquiera estimación de costo que se funde en una producción nacional de tubos de barro vitrificado, pero sí he creído necesario formar varios presupuestos, tomando como base diversos materiales, para que el Supremo Gobierno y las autoridades de Santa Ana, decidan cuál combinación es aceptable.

Para estimar el costo de los tubos de barro tuve que limitarme a los que se fabrican en Estados Unidos porque no hay que contar con los de fabricación europea mientras dure la guerra, y puede ser que ni aun algún tiempo después.

Tengo cotizaciones del mes de septiembre y fletes por peso y volumen, tanto de los Estados Unidos a Acajutla, como de es puerto a Santa Ana.

El flete de Nueva York a Acajutla que cobra la compañía Ward, única disponible en la actualidad, es de \$0.50 oro por 100 libras de peso o \$0.28 oro por pie cúbico, a opción de la compañía.

En el ferrocarril me han propuesto un flete de Acajutla a Santa Ana, de \$1.07 por 100 libras de peso o \$0.30 por pie cúbico.

Ambos fletes son excesivos, pero especialmente el del ferrocarril, que resulta a más de 22 centavos por tonelada métrica y por kilómetro; es decir, seis u ocho veces más de lo que cobran la mayoría de los ferrocarriles del mundo, y tal vez por esto el Supremo Gobierno podrá conseguir una cuota más

reducida, para facilitar la ejecución de una obra que interesa, no sólo a la ciudad de Santa Ana, sino a todos los que en ella tienen negocios, y especialmente al ferrocarril, a quien interesa más que a cualquiera otra industria, el desarrollo y prosperidad de las ciudades que toca.

El flete de mar también es muy alto, pero hay que tomar en cuenta las dificultades que actualmente tienen para pasar las mercancías del Atlántico al Pacífico, las cuales desaparecerán en breve, al abrirse al tráfico el Canal de Panamá y entonces creo que conviene estudiar el sistema de fletar un buque para traer a la vez tubos y cemento, asegurando flete de retorno, pues así se reducirá mucho el costo de los materiales.

Todo esto, sin embargo no sirve sino para fundar una esperanza de que dicho costo se ha de reducir, pero el presupuesto se tiene que fundar en las cifras actuales que son las positivas, y he calculado el costo de los tubos y el cemento con los datos de fletes que tengo a la vista, determinando el precio de la unidad por peso y por volumen, y puesto que las compañías de transportes cuidan bien de imponer la tarifa que les permite cobrar el máximo de flete, yo he tomado las cifras que dan el mayor costo en cada caso particular.

En el plano y los perfiles que indican el trazo de las cloacas y todos los detalles relativos a su instalación se ha indicado que la cloaca más pequeña tendrá 0.25 de diámetro, porque conviene reducir en lo posible las probabilidades de que un conducto se obstruya, y es menos probable que se obstruya una cloaca de 0.25 que una de 0.20 de diámetro, pero como para las necesidades del servicio, en la mayoría de los casos basta con un tubo de 0.20 para conducir los desechos de las habitaciones que ocupen un área muy extensa, he formado un presupuesto de lo que costarán las obras en el caso de que los tubos de 0.25 se sustituyan

por otros de 0.20 de diámetro en toda la longitud en la que las cloacas no requieran absolutamente un diámetro mayor.

En atención a que los tubos de barro vitrificado resultan a un precio muy elevado, proyecté construir de ladrillo las cloacas de 0.50 o más, pues las cloacas construidas con este material, de pequeñas dimensiones ($0.22 \times 0.20 \times 0.05$) para que resulte bien cocido en el interior, y aplanando las cubetas de las cloacas con un mortero de 1×1 , resultan enteramente eficaces y muy duraderas.

Eficaces son, porque el aplanado interior hace que la superficie sea lisa y resistente, y para probar la durabilidad de la tierra cocida, basta recordar que existen aún los restos de la cloaca máxima de Roma, construída con ladrillo hace 2000 años, y que lo único que subsiste de las construcciones de Babilonia y Nínive, son fragmentos de paredes de ladrillo.

He oído decir, que hay personas que suponen, que el concreto no es buen material para las cloacas, porque lo atacan las aguas de los desechos de las habitaciones.

Puede haber en esto una confusión, porque lo único que destruye las obras hechas con cemento son los ácidos y por esto se prohíbe que arrojen sus desechos a las cloacas, ciertos establecimientos industriales; pero las aguas que salen ordinariamente de las casas, son perfectamente inofensivas, no sólo para el cemento, sino aún para otros compuestos de base de cal mucho menos resistentes.

La prueba de ello es, que en todas partes del mundo se construyen las cloacas empleando por lo menos mortero fabricado con cemento, y nunca se ha observado que las juntas se destruyan, si no es en casos en que se arrojen a los conductos desagüadores, ciertos líquidos que no se deben admitir, no sólo porque son perjudiciales, sino por otras causas de diversa índole que han motivado ya la

prohibición de que las industrias arrojen a los desagües públicos cierta clase de desechos.

No participo, pues, de la opinión de que no son buenas las cloacas construídas con tubos de concreto y, por esta razón, formé presupuestos de lo que costarán las obras de canalización de Santa Ana, en el caso de que las autoridades acepten la idea de que dichas obras se hagan empleando tubos de concreto, en mayor o menor extensión y fabricados en Santa Ana.

Estas son, en términos generales, las ideas que me sirvieron de base para formar los presupuestos que tengo el honor de presentar.

Las obras que se tendrán que hacer para satisfacer las condiciones del sistema combinado, son las siguientes:

15069 metros de cloaca de	0.25 mts. de diámetro
7852	0.30
6361	0.38
2740	0.45
974	0.50
183	0.55
656	0.60
1213	0.70
793	0.80
626	0.90
80	1.10
78	1.20

36625 metros.

- 94 pozos de visita sobre las cloacas de más de 0.30 mts.
- 152 pozos de visita sobre las cloacas de 0.30 o menos.
- 172 pozos de lámpara sobre las cloacas de más de 0.30 mts.
- 254 pozos de lámpara sobre las cloacas de 0.30 o menos.

1690 coladeras para el agua pluvial.

1 tanque para el agua de lavado, con capacidad de 200 metros cúbicos.

1 tanque para el agua de lavado, con capacidad de 100 metros cúbicos.

2 tanques para el agua de lavado, con capacidad de 50 metros cúbicos.

El costo de estas obras será el siguiente:

En caso de que se construyan con tubos de barro vitrificado, las cloacas cuyos diámetros estén comprendidos entre 0.25 mts. y 0.60; y con ladrillo aplanado interiormente con mortero de uno de cemento por uno de arena, todas aquellas cuyos diámetros estén comprendidos entre 0.70 y 1.20 mts., las obras costarán

En oro	₡ 377,040
En plata al 150 ^o / _o	₡ 942,600

Si se construyen con tubos de barro vitrificado las cloacas cuyos diámetros estén comprendidos entre 0.25 y 0.45 mts. y con ladrillo las de 0.50 a 1.20, se podrán construir todas las obras del sistema combinado por:

₡ 358,920 oro
o bien ₡ 897,300 plata

Admitiendo el sistema de construir con barro vitrificado, las cloacas de 0.25, construyendo de concreto las de 0.30 a 0.60, y con ladrillo aplanando la cuveta, las de 0.70 a 1.20, el costo de todas las obras será de:

₡ 301,480 oro
o ₡ 754,370 plata

Por último, si se construyen de concreto todas las cloacas menores de 0.70 y de ladrillo las de 0.70 o más, costarán

₡ 277,576 oro
o ₡ 693,940 plata

Para desarrollar el proyecto, de acuerdo con los preceptos del sistema divisor, será preciso ejecutar las siguientes obras, en caso de que el tubo de menor diámetro tenga 0.25 mts.

35,591 mts. de cloaca de 0.25 mts. de diámetro
956 mts. de cloaca de 0.30 mts. de diámetro
78 mts. de cloaca de 0.38 mts. de diámetro

36,625 mts.

246 pozos de visita

426 pozos de lámpara

1 tanque para lavado, con capacidad de 100 m. cúbic.

1 tanque para lavado, con capacidad de 50 m. cúbic.

2 tanques para lavado, con capacidad de 25 m. cúbic.

Si todo el sistema se construye con tubos de barro vitrificado, costará

en oro. \$ 218,016

en plata \$ 545,040

La misma cantidad de obras, de las mismas dimensiones, pero con tubos de concreto, se podrá construir por

\$ 158,652 en oro

o bien \$ 396.630 en plata

En caso de que se acepte para Santa Ana que los tubos sean de un diámetro mínimo de 0.20 mts., como se aceptó en el proyecto aprobado para San Salvador, las obras tendrán un costo de:

\$ 174,772 en oro

o bien \$ 436,930 en plata

Tomando como base el mismo diámetro mínimo, pero empleando tubos de concreto, el costo se reducirá a

\$ 137,576 en oro

o bien \$ 343,940 en plata

Estos son, en términos generales, los resultados a que me condujo el estudio minucioso del proyecto

de obras que se necesitan para el saneamiento de Santa Ana, comprendiendo una extensión superficial mayor tal vez de la que sería práctico mejorar desde luego, pues extendí el proyecto a todos los suburbios en donde las casas son todavía de muy mezquina construcción las que, por su pequeño valor, no resistirían el gasto que ocasionaría la mejora, pues de acuerdo con las ideas económicas que hoy acepta el mundo civilizado, sin discusión ninguna, el costo de todos los trabajos que tienden a perfeccionar la urbanización de los centros poblados, lo deben reportar los propietarios de las fincas urbanas que hay dentro del perímetro que se mejora; y el gravamen resulta muy oneroso para las fincas de pequeño valor.

Por esto las autoridades podrán limitar hasta donde convenga, el área que deben comprender las mejoras que se emprendan, pues cualquiera limitación, aún cuando sea temporal, facilitará la ejecución de las obras porque disminuye el gasto.

Me refiero a una limitación temporal, porque la zona que se mejore puede extenderse a medida que la ciudad progresa y pueda disponer de mayores elementos.

Las consideraciones que anteceden, pueden aplicarse a la obra de los pavimentos; y una vez fijado el precio que para la unidad de superficie dejé anotado en la exposición relativa a esta clase de obra, será fácil determinar la magnitud total del gasto, que es directamente proporcional a la extensión superficial de las calles que se trate de pavimentar; así, se puede admitir que las calles céntricas de Santa Ana, en general tienen una calzada de seis metros de ancho y dos andenes de un metro cada uno.

Los anchos de todas las calles se pueden tomar de las 478 secciones que contienen las ocho hojas numeradas del uno al ocho.

Admitiendo el ancho medio de seis metros y una longitud de cien en números redondos, el costo

de cada calle adoquinada será de \$ 3,300 y si se pavimenta con asfalto costará unos \$ 4,200, ambas cifras en plata salvadoreña y el gasto total será proporcionado al número de calles; pero por estas cifras se percibe que con un gasto de \$ 500,000 plata se podrá pavimentar con asfalto unos doce kilómetros o adoquinar poco más o menos catorce kilómetros; es decir, toda la parte céntrica de la ciudad, y aun algo más de lo que por de pronto, a mi juicio debe comprender la superficie que se dote de pavimentos perfeccionados.

*Elementos pecuniarios y proyectos financieros
para desarrollar las obras.*

De las consideraciones y cifras que dejé consignadas en el curso de esta exposición, se infiere que, para proveer a Santa Ana de buenos pavimentos y de un sistema de saneamiento que mejore sus condiciones higiénicas, hay que invertir una cantidad de dinero que puede variar dentro de límites muy amplios y que cambian, tanto por la clase de obras que se adopte, como por la extensión del área que se pretende mejorar.

Cuando se fijan las ideas acerca de estos dos puntos capitales, será muy fácil expresar en números concretos, cuáles son los elementos de toda especie que se necesitan para ejecutar las obras; pero como por el momento hay todavía mucha vaguedad en los datos fundamentales para resolver el problema, voy a tomar alguna de las cifras a que me condujo el análisis del presupuesto, utilizándolas al desarrollar las ideas que tengo acerca de cómo se puede efectuar el pago de las obras.

Admitiré por de pronto, que se trate de pavimentar con asfalto una longitud de doce kilómetros que para el ancho medio de las calles de Santa Ana, tendrán una extensión superficial de setenta y dos mil metros cuadrados (72,000 mts. cuadrados) y

costarán unos quinientos cuatro mil pesos (\$504,000); supondré que para el saneamiento se adopte el sistema combinado, construyendo las cloacas con tubos de barro vitrificado, que importará novecientos cuarenta y tres mil pesos (\$943,000); las dos partidas suman un millón quinientos mil pesos plata en números redondos, o bien seiscientos mil pesos oro (\$600,000 oro).

Si se hace un empréstito de seiscientos ochenta mil pesos (\$680,000) al ochenta y nueve por ciento, producirá algo más de los seiscientos mil pesos que se necesitan; y si el rédito es de 5^o/₁₀₀ al año y si los banqueros aceptan un período de amortización de cuarenta y cinco años, todo lo cual entra en las condiciones normales de esta clase de operaciones, bastará pagar una anualidad de treinta y ocho mil doscientos cincuenta y ocho pesos oro (\$38,258 oro), para saldar la deuda, o bien (\$95.645 plata).

Si en vez del sistema combinado se acepta el divisor, en las condiciones del proyecto aprobado para San Salvador, es decir: con tubos de barro vitrificado y un diámetro mínimo de veinte centímetros (0.20 cmts.), el costo se reduce a cuatrocientos treinta y siete mil pesos plata (\$437,000 plata), y si el desarrollo de las calles por pavimentar se reduce a una longitud de seis mil quinientos metros (6.500 mts.), con una superficie aproximada de treinta y nueve mil metros cuadrados, el costo de la pavimentación será de doscientos quince mil pesos (\$215,000), empleando adoquines de piedra.

El saneamiento y la pavimentación costarán en este caso, seiscientos cincuenta y dos mil pesos plata (\$652,000 plata) o bien en oro y en números redondos doscientos sesenta mil pesos (\$260.000 oro).

Tomando las condiciones que antes acepté, es decir: un empréstito al ochenta y nueve por ciento de emisión amortizable en cuarenta y cinco años y pagando el interés de cinco por ciento al año, será preciso tomar trescientos mil pesos oro (\$300.000

oro) que se amortizarán pagando diez y seis mil ochocientos setenta y ocho pesos oro (\$16,878 oro) cada año, o bien cuarenta y dos mil ciento noventa y cinco pesos plata, (\$42,195 plata) cantidad que cabe muy bien dentro de las posibilidades de una ciudad de la importancia de Santa Ana.

Los recursos necesarios para cubrir el empréstito se pueden obtener de varios modos que tengan por base una moderada tributación de la propiedad urbana.

Se puede tomar como base, por ejemplo, el cobro por metro lineal de fachada, para el servicio de cloacas y pavimentos, contribución establecida en México y otras muchas ciudades.

Hay en Santa Ana dos mil setecientas casas que tienen cincuenta y tres mil ochocientos metros de fachadas, pero de esta longitud, por lo menos una quinta parte corresponde a propiedades que son de muy escaso valor y estimo que quedan al rededor de cuarenta mil metros lineales que podrán pagar un impuesto que por metro lineal de fachada cobre la Municipalidad.

Si la anualidad que hay que pagar, corresponde al empréstito de seiscientos ochenta mil dollars, el promedio de la contribución debe ser de veinte centavos por metro lineal y por mes. Para cubrir las anualidades de doscientos setenta mil dollars, bastará que la contribución sea de nueve centavos por mes y por metro lineal. No sería equitativo que el impuesto fuera uniforme en toda la ciudad, pues deben pagar más las fincas del centro que las de los suburbios, y proporcionalmente a sus productos.

El servicio del agua potable es un elemento que debe pertenecer al Municipio, que bien atendido, contribuye mucho a conservar la salud de los habitantes de una ciudad y puede dar también recursos que aumenten los ingresos con que las auto-

ridades atiendan a las mil necesidades que tiene una colectividad agrupada en forma de ciudad populosa.

San Salvador, octubre 19 de 1914.

ROBERTO GAYOL.



ESPECIFICACIONES PARA CONSTRUIR
LAS OBRAS DE SANEAMIENTO Y DESAGUE
DE LA CIUDAD DE SANTA ANA.

CAPITULO 1º

ARTÍCULO 1º

Las atarjeas y sus accesorios se construirán con los materiales, tamaños y dimensiones, con las conexiones en las líneas, a las profundidades y de manera que indican los planos y perfiles adjuntos, y los que sucesivamente se someterán a la aprobación del Ayuntamiento y que se refieran a los detalles de dichos planos.

Todo el trabajo de mampostería, ya sea de ladrillo o de piedra, será ejecutado con mortero de cemento, fabricado y aplicado como se describe en estas especificaciones.

Los contratistas destruirán las atarjeas situadas en la línea de las obras que se están ejecutando.

En caso de necesidad, las actuales atarjeas serán enlazadas de un modo temporal con las nuevas atarjeas laterales o con los colectores.

ARTÍCULO 2º

Tajos.--El terreno será excavado a tajo abierto, en la profundidad y con la anchura que sean necesarias para la construcción de los colectores y atar-

jeas según los planos, diseños y acotaciones señalados en el plano general de las obras.

No se permite que las atarjeas se construyan en túnel, sino con permiso especial y escrito de la inspección de la obra.

Cuando sea necesario, las paredes de la excavación serán ademadas y en todos casos dicho ademe será quitado a medida que el trabajo avance, a menos que la inspección autorice lo contrario.

Se hará siempre un buen cimiento, arreglado en todos sus puntos a los datos de los planos.

ARTÍCULO 3º

No se abrirán más de cien metros de tajo adelante de la extremidad de la atarjea ya construída, a menos que la inspección dé autorización escrita para alargar la longitud de un tajo en caso especial.

Al completar la construcción de cada sección de cien metros, se construirá el pavimento provisional a que están obligados los Contratistas, siempre que el estado de humedad del relleno lo permita.

ARTÍCULO 4º

Extracción del agua.—Los contratistas sacarán, por medio de bombas o de otro procedimiento el agua que haya o que tienda a acumularse en los tajos, y construirán los diques, compuertas u obras que sean necesarias para conservar la excavación seca, durante la ejecución de los trabajos.

El producto de las bombas o de los elementos de desagüe, que los contratistas apliquen, se arrojará dentro de las actuales atarjeas o en su defecto por los arroyos de las calles, no permitiendo que el agua recorra sin necesidad grande trayectos.

Si estas aguas, por no tener corriente, causaren algún daño, sea en las obras o a terceros, los Contratistas no serán responsables de él.

Cuando se trabaje en terreno de mala calidad, que pueda producir derrumbes peligrosos, el trabajo se impulsará con todo vigor y se hará de día y de noche.

ARTÍCULO 5º

Los Contratistas no podrán interrumpir los desagües de los albañales de las casas durante la ejecución de sus trabajos, excepto durante el tiempo necesario para hacer las conexiones con el desagüe provisional o con la atarjea construída.

ARTÍCULO 6º

Excavaciones en talpetate, mampostería o roca. Cuando se excave en talpetate duro, en mampostería o roca, la excavación en toda su profundidad irá por lo menos seis metros adelante de las mamposterías. El tajo, en el punto donde la atarjea tenga su mayor diámetro externo, será veinte centímetros más ancho de cada lado de la atarjea que se intenta construir, con tal de que el tajo en ningún caso sea menor de setenta centímetros.

En todos los casos en que se usan barrenos, éstos serán cuidadosamente cubiertos con maderas gruesas, siguiendo las instrucciones que por escrito dé el Ingeniero inspector.

Se tomarán todas las precauciones para prevenir accidentes o perjuicios a la construcciones adyacentes; solo se permitirá el uso de la pólvora negra, En ningún caso se hará barrenos a menos de dos metros de canalizaciones subterráneas.

ARTICULO 7º

Relleno de los tajos. Después de que ya esté construido el colector o colocados los tubos de barro o de hierro, se rellenarán los tajos con el mejor material extraído de la excavación inmediata, el cual material

será extendido y apisonado alrededor y arriba de la obra ya construida.

El apisonado se hará de manera que no se determinen derrumbes en los terrenos adyacentes ni vibraciones en la mampostería de la atarjea concluida o en construcción.

El relleno se hará extendiendo capas sucesivas de un espesor no mayor de veinte centímetros, y que se pisarán por los peones de la obra para consolidarlo; o que apisonarán con pisones de hierro o de madera, en los casos en que no haya peligro de derrumbes o vibraciones.

Si el material estuviere seco, se regará hasta su saturación antes de apisonarlo.

No se construirán muros de contención al hacer el relleno, ni aún para hacer de ellos un uso temporal.

ARTICULO 8º

El relleno en todos los casos se hará con el mejor material que se extraiga de la excavación inmediata.

Los Contratistas no tendrán la obligación de separar la piedra de la tierra que extraigan, cuando las piedras tengan un volumen menor de un decímetro cúbico, pero al extraer el material, cuidarán de que la tierra existente en la excavación, libre de piedra, no sea mezclada con ésta.

Si en la zona de trabajo no hubiere material de buena clase para hacer el relleno, los Contratistas transportarán por su cuenta el que hubiere dentro de los cien metros inmediatos a dicha zona, al lugar en donde debe ser empleado; si hubiere necesidad de transportarlo de mayor distancia, el transporte en lo que excede a los cien metros, será por cuenta del Ayuntamiento. No habiendo a ninguna distancia material bueno procedente de las excavaciones, se usará el mejor que hubiere, a no ser que el Ayun-

tamiento suministre, por su cuenta, otra clase de material.

Donde se coloquen los tubos de barro vitrificado se necesitan precauciones especiales. La tierra será cuidadosamente extendida, de manera que no se perturbe la colocación de los tubos; en seguida será humedecida y sólidamente apisonada alrededor de dichos tubos, con herramientas adecuadas. El tajo será rellenado por capas como se ha descrito en el Artículo anterior, y las primeras capas, hasta un punto por lo menos veinticinco centímetros arriba de la parte alta del tubo, será cuidadosamente arrojada con pala y no con carretillas o carros. En caso de que se tengan que asentar los tubos, en una excavación practicada en roca, el relleno se hará con tierra de la mejor clase que se extraiga de las excavaciones en el lugar donde se coloquen los tubos, y de la manera que se ha descrito, por lo menos hasta una altura de cincuenta centímetros arriba de la parte alta del tubo

En caso de que a consecuencia del vacío que hay en el lugar donde esté situada una antigua atarjea, o por otra causa, la tierra procedente de las excavaciones fuere insuficiente para los objetos que menciona el inciso anterior, los Contratistas emplearán el excedente que prevenga de las excavaciones vecinas, siempre que ese excedente estuviere a quinientos metros o menos del lugar donde ha de ser empleado. Si dentro de los referidos quinientos metros no hubiere tierra con las condiciones exigidas en el inciso anterior, sea por haber sido transportada a otro lugar o por cualquiera otra causa, la tierra que falte será suministrada por el Ayuntamiento y transportada a su costa, al lugar donde ha de ser empleada.

ARTICULO 9º

Mampostería de ladrillo. En la construcción de la mampostería de ladrillo, solo se usará material

de la mejor calidad; ladrillos bien quemados compactos, que tengan un coeficiente de ruptura, que no sea menor de 300 kilogramos por centímetro cuadrado, y no absorban más de 30% de su volumen, de agua, después de 24 horas de inmersión; el ladrillo será escogido, y a medida que llegue al lugar del trabajo, el de mala calidad será inmediatamente removido.

La pedacería será usada sólo en los casos en que haya necesidad de usar pedazos de ladrillo.

El ladrillo será mojado por inmersión, inmediatamente antes de que se coloquen en el lugar. Cada ladrillo se colocará en un lecho de mortero, resbalando sobre ese lecho para que el mortero rebase por todas las juntas.

Estas juntas tendrán, cuando más, seis mil milímetros de espesor.

En ningún caso se permitirá lechedear las juntas.

Los ladrillos se colocarán en línea y la mampostería presentará una superficie perfectamente lisa en el interior.

El aparejo, en todos casos, se hará como indiquen los dibujos.

Todo el trabajo, a medida que progrese estará escalonado por hiladas, y no se permitirá dejar engranes de dientes, a menos que lo permita por escrito el Ingeniero inspector.

Todas las cubetas o las curvas del fondo, serán construidas de acuerdo con los perfiles y cuidadosamente ejecutadas para obtener las dimensiones de las atarjeas, y exactamente de acuerdo con las pendientes que se requieran. Las cubetas reposarán cuando menos, doce horas antes de que se construya sobre ellas la bóveda.

Las bóvedas se construirán con cimbras fuertes, de forma y dimensiones correctas, de acuerdo con las dimensiones y formas requeridas.

La clave será colocada por perpiaño, en un baño completo de mortero.

Las cimbras no serán removidas o aflojadas

sino después de treinta y seis horas y hasta que el trabajo se haya asentado por completo y que el relleno de la piedra haya llegado hasta una línea que esté por lo menos, treinta centímetros arriba de los extrados y las cimbras que quitarán con cuidado para no maltratar o perjudicar el trabajo.

Todo el trabajo fresco, debe estar cuidadosamente protegido de todos los accidentes, y esencialmente de los deslaves producidos por la lluvia. No se permitirá andar sobre la mampostería fresca.

ARTICULO 10º

A medida que avance el trabajo de construcción de los colectores de ladrillo, se irán colocando «Slants» de barro vitrificado, que tengan no menos de quince centímetros de diámetro interior, y una longitud suficiente para que proyecten por lo menos un decímetro más allá de los extrados de la bóveda. Dichos «Slants» se colocarán de manera que formen un ángulo de 30 grados con el eje del colector. Se pondrá uno, precisamente, enfrente del zaguán de cada casa, y además otros a distancia de diez metros de la manera que indique el Ingeniero. Ellos estarán colocados, de modo que su extremidad inferior enrase exactamente con la superficie interior del colector, y esta extremidad debe estar aplanada, y seguir la curvatura de ese colector.

Los «Slants» tendrán las condiciones que se especifican en el Capítulo 3º

Ellos estarán colocados a la altura que indique el Ingeniero, y cada tubo estará cerrado exteriormente, con una tapa de barro hecha expresamente para ese objeto.

Todos los enlaces para atarjeas laterales, serán colocados de acuerdo con los dibujos de los pozos respectivos.

ARTICULO 11º

Mortero.—Todo el mortero estará compuesto de

una parte determinada por volumen, de buen cemento de Portland de la mejor calidad, y de tres partes de arena limpia. Después de estar cuidadosamente mezclado en seco, se le agregará una cantidad suficiente de agua, para darle una consistencia adecuada. El mortero se debe mezclar en una cantidad no mayor que la que se requiera para el trabajo que se está ejecutando. Cualquier exceso que quede al llegar la noche o que haya permanecido más de dos horas, debe ser tirado para que no se use en la construcción.

Ningún mortero de mala calidad se usará en el trabajo.

Todo el mortero debe estar mezclado en cajas hechas con ese objeto y en ningún caso sobre el pavimento o terreno.

Siempre y sin excepción alguna, las cantidades de arena serán medidas, para que el mortero resulte en la proporción adecuada.

ARTÍCULO 12º

Cemento.—Todo el cemento que los Contratistas empleen en el trabajo, será de la mejor clase que se usa en las obras de este género mejor ejecutadas; estará sujeto a la inspección y a la prueba antes de usarse, y deberá satisfacer cuando menos las siguientes condiciones.

I.—El cemento dejará un residuo que no exceda de 6% de su peso en el tamiz de novecientas mallas por centímetro cuadrado.

II.—Fraguará en un espacio de tiempo, que no será menor de tres horas, ni mayor de ocho.

III.—Tendrá una resistencia a la tracción, que no será menor de veinticuatro kilogramos por centímetro cuadrado, después de fabricada la briqueta, y estando al aire un día, y seis días debajo del agua; la sección de ruptura de la briqueta, no será menor de cinco centímetros.

Los Contratistas proporcionarán al Ingeniero ins-

pector, todas las facilidades necesarias para tomar las muestras del cemento, y todo el que se encuentre inadecuado para el trabajo o de mala calidad, será inmediatamente retirado. Cuando el cemento se acepte, si no es usado inmediatamente, debe ser protegido de la intemperie y conservado en seco, y en ningún caso se permitirá que se coloque sin poner antes trozos de madera debajo de los barriles o sacos.

ARTÍCULO 13

Concreto.— Todo el concreto que se use en las obras, estará compuesto de una parte de cemento y tres de arena, mezclada para formar mortero del que se especifica en el Artículo II, exceptuando que al mezclar el mortero para el concreto, se usará menor cantidad de agua, que cuando se fabrica el mortero para mampostería de ladrillo, y se agregarán cinco partes de piedra quebrada o ripio de tezontle, libre de polvo y tierra, y de dimensiones tales, que pase en todos sentidos, al través de un anillo de cinco centímetros de diámetro. Será perfecta y rápidamente mezclado en caja hecha con ese objeto, y depositado en capas de no menos de un decímetro, ni de más de dos de espesor; y debe ser asentado y apisonado suficientemente, para que el mortero afluya

la superficie. Cuando el concreto esté en su lugar, no se debe andar o trabajar encima de él, hasta que esté completamente duro, a no ser que se le proteja por medio de entarimados para que no se afecte. Cuando se haga una conexión con una capa que ha endurecido parcial o totalmente, la cara superior de ella debe ser raspada para formar una junta limpia.

Toda la grava o piedra quebrada que esté polvosa o sucia, será arneada y lavada antes de que se use; y aquellos montones que tengan cualquiera suciedad o piedras que tengan más del tamaño especificado, serán rechazados cuando se le lleve al trabajo.

ARTÍCULO 14º

Mampostería de piedra. — La piedra que se use, será de buena calidad y de dimensiones adecuadas para el trabajo que se ejecute. La piedra se colocará de tal modo, que todas las juntas y en todos sentidos, queden llenas de mortero como el que se especifica en los Artículos 10 y 12.

La piedra no se desvastará ni golpeará de ninguna manera, después de que ya esté colocada en su lugar.

Todas las juntas y hendeduras serán perfectamente bien acañadas.

ARTÍCULO 15º

Atarjeas de tubos. — Todos los albañales y atarjeas hasta de 0.45 de diámetro, se construirán con tubos de concreto o de barro vitrificado, barnizados con sal, que satisfarán las condiciones especificadas en el capítulo segundo y que se colocarán en las líneas y en las pendientes indicadas en los planos de detalle.

ARTÍCULO 16º

Cuando sea necesario, se colocarán tubos curvos, y de tal modo que el eje corresponda al arco del radio que se indica en el plano de la obra. Ningún tubo tendrá más de noventa centímetros de largo ni menos de sesenta.

Enfrente del zaguán de cada casa, y en todos los puntos que sea indispensable, se colocarán tubos de atarjeas que tengan conexiones de quince centímetros de diámetro, provistos con campanas, y cuando no haya edificios en el lugar donde se construya la atarjea, las conexiones serán tapadas con unas cubiertas de barro vitrificado, hechas especialmente con ese objeto.

ARTÍCULO 17º

Todos los tubos serán colocados, en línea exactamente recta, o siguiendo las curvas que indican los dibujos, a la altura fijada en los perfiles y en las pendientes que estos señalan. El macho de cada tubo, cuando los tubos sean de este sistema, quedará perfectamente en contacto con el fondo de la campana del que el sigue inmediatamente abajo, y de tal manera que no haya tropiezos en el interior, sino que se forme una superficie cilíndrica perfectamente unida.

En los lugares en donde sea necesario usar concreto, este se encajonará con piezas de madera que se colocarán de cada lado del tubo y a la distancia necesaria para obtener todo el ancho que indique el dibujo. El concreto se extenderá en capas, de las que la primera tendrá doce centímetros de espesor en todo el ancho. Cada capa de concreto, después de que haya sido bien apisonada, se dejará asentar por no menos de veinticuatro horas. Después de que el concreto se haya asentado y antes de que la colocación del tubo comience, se pondrán nuevas tablas para encajonar el concreto y con la altura necesaria para llegar al espesor señalado en el dibujo. Las tablas no se quitarán, sino que se dejarán allí. En ningún caso se extenderá el concreto en el fondo en menos de veinte metros de longitud a la vez, y será apisonado hasta que el mortero enrase a la superficie del concreto. El espacio entre el macho y la campana, será llenado con concreto hecho con pequeñas piedras o grava arneada y de modo que enrase perfectamente en el interior del tubo. El tubo será entonces encajonado en el concreto, como se indica en el dibujo, y se dejará descubierto durante veinticuatro horas, para que haya tiempo de hacer la inspección antes de cubrirlo.

Cuando la cantidad de agua que hay en el fondo de la excavación sea muy grande se usará el dren inferior, como se indica en el dibujo.

Las juntas serán cuidadosamente limpiadas interior y exteriormente, y todo el mortero que pueda haber quedado en el interior, será cuidadosamente quitado para que el tubo quede perfectamente liso en el interior. Cuando sea necesario se usarán unas calzas de pino o de cedro, colocadas transversalmente al tubo, de uno y otro lado de cada junta, para sostener el tubo.

Cuando los tubos estén en su lugar, se arrojará la tierra en el tajo, de la manera que se ha indicado en estas especificaciones.

Antes de que se bajen los tubos al fondo del tajo, se probarán insertando unos en la campana de los otros, para conseguir el mejor ajuste, y que ya no quepa duda acerca de la posición en que se deben colocar cuando se les pone en el tajo, y no serán ligados unos a otros cerrando las juntas, sino cuando se vea que forman una línea exactamente igual a la descrita en el dibujo y que no presenta inflexión en la línea recta ni garrones en las curvas.

Todos los remates de tubos, albañales o conexiones de cualquiera especie que sean, se colocarán con todas las precauciones y detalles que se han descrito arriba.

Después de que el tubo esté ya en su lugar definitivo no se permitirá que se ande encima de él, más de lo que sea estrictamente necesario para llenar el tajo con tierra y apisonarlo, y esto por lo menos hasta que haya setenta y cinco centímetros de tierra sobre él.

El interior del tubo será cuidadosamente limpiado de toda suciedad, cemento o material supérfluo que haya quedado en el interior; para conseguir esto, habrá un disco de madera que tenga exactamente el diámetro del tubo, colocado en el interior de éste, y ligado a un mango suficientemente largo para pasar por lo menos dos juntas más allá del último tubo que se coloque, y este disco se sacará y se volverá a poner cada vez que se coloque un tubo.

La boca del último tubo que se coloque estará cuidadosamente protegida para impedir que entren a él tierra o materias extrañas, y las excavaciones en todo caso estarán enteramente acabadas por lo menos cinco metros adelante de la extremidad del tubo. En todo caso, la boca del tubo estará provista de un tapón de madera que ajuste bien al tubo, para impedir la entrada de los cuerpos extraños.

ARTÍCULO 18º

Los Contratistas construirán los albañales para el servicio de las casas, con todos los “Stlants”, curvas y piezas accesorias necesarias.

Los tubos se ligarán unos a otros con mortero de cemento, se colocarán cuidadosamente en línea y en pendiente, y se tomarán todas las precauciones que se han especificado para las atarjeas de tubo.

Los propietarios de las casas pagarán cada uno el valor del albañal que se construya para el servicio de su casa; el Ayuntamiento hará el cobro haciendo uso de la facultad económica coactiva, cuando el caso lo requiera y pondrá a disposición de los Contratistas el dinero que recaude por este servicio, pues no se ha tenido en cuenta en el Presupuesto.

ARTICULO 19º

Pozos de visita y cajas de depósito. Los Contratistas están obligados a construir, en la línea de colectores y de las atarjeas laterales, los pozos de visita que indiquen los planos.

Los pozos de visita se construirán hasta el nivel de la calle, exceptuando el caso de que el Ingeniero disponga lo contrario.

Los cimientos para los pozos de visita de las atarjeas de tubo, serán de mampostería de piedra con

mortero de cemento, y que comenzarán no menos de treinta centímetros abajo del fondo de la atarjea de ese punto, cuando el terreno sea blando, pero podrá reducirse si es de talpetate o de piedra.

Todas las aberturas de los pozos de visita se cubrirán con tapas de hierro colado, sin defecto, perfectamente limpias, de hierro gris, de buena calidad, de la forma y dimensiones del modelo adoptado en México. Cada cubierta llevará escrito su peso con pintura de aceite.

Siempre que en el lugar del trabajo se encuentre una cubierta para pozo de visita, que tenga un defecto cualquiera, será inmediatamente retirada.

Un mes después de comenzados los trabajos, los pozos de visita a que se acaba de hacer referencia, serán construídos y completamente acabados, a medida que el trabajo progresa, y no se permitirá que avance la construcción de la atarjea, cien metros allá de un pozo que haya quedado sin concluir, a no ser que impida su terminación el hecho de que estorbe la instalación de alguna bomba de desagüe.

Antes del mes expresado, los Contratistas podrán avanzar la construcción en toda la extensión de los que crean conveniente, aunque no estén concluídos los pozos de visita.

ARTICULO 20"

En caso de que se adopte el sistema combinado, las cajas de depósito y albañales para el agua pluvial, se construirán como lo indican los dibujos números 50 o 51; ellos estarán colocados en los lugares que indique el Ingeniero, y en los detalles relativos a su construcción y materiales en ella empleados, se aplicarán las reglas establecidas en estas especificaciones. Todas y cada una de las cajas de depósito, tendrán una cubierta de hierro colado, de la mejor calidad, y de la forma y dimen-

siones del modelo adoptado en México o Puebla, según que se adopte uno u otro tipo.

ARTICULO 21º

Las presentes especificaciones y los planos que las acompañan pueden ser modificadas de tiempo en tiempo de común acuerdo, de manera que no afecte materialmente la parte substancial ni aumente el precio de obra, sino que tienda a completarla y hacerla más perfecta.

ARTICULO 22º

Durante la ejecución de las obras, los Contratistas pondrán todas las luces y tomarán todas las precauciones que sean necesarias para prevenir accidentes que pudieran ocurrir a las personas o vehículos que transiten en las calles. La Autoridad pública, por su parte, dará a los Contratistas una ayuda eficaz para que la policía coopere a que no se produzcan estos accidentes.

Los Contratistas estarán exentos de toda responsabilidad, si la policía no les da la cooperación a que se refiere el segundo inciso de este artículo.

CAPITULO 2º

TUBOS DE BARRO

ARTICULO 23º

Los tubos serán de concreto o de barro vitrificado y barnizados con sal.

ARTÍCULO 24º

El material será entregado en los depósitos que los contratistas establezcan.

ARTÍCULO 25°

El material será inspeccionado, a medida que se ponga en los depósitos. Todas las piezas que no estén conformes con las especificaciones, serán rechazadas y removidas del lugar, a costa de los Contratistas.

ARTICULO 26°

Los tubos que se han de emplear en las obras de Saneamiento de la ciudad, tendrán diámetros interiores de 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.55 0.60.

Los tubos rectos tendrán de 0.60 a 1 metro de longitud, y las piezas que tengan conexión, tendrán por lo menos sesenta centímetros útiles.

ARTÍCULO 27°

Los tubos de barro serán desechados por las causas siguientes:

I.—Porque el barniz tenga grietas y porque el tubo esté mal cocido o mal vitrificado.

II.—Porque se desvíe de la línea recta más de seis milímetros.

III.—Porque tengan ángulos, depresiones o partes planas apreciables en alguna de sus circunferencias.

IV.—Porque al ponerse en contacto con otro tubo, se forme un tropiezo que sobresalga más de cinco milímetros en el interior.

V.—Porque el diámetro medio exceda en más de 3 % respecto al tipo.

VI.—Porque el diámetro medio sea más pequeño que 2 % respecto del tipo.

VII.—Porque el exceso del diámetro mayor sobre el menor, exceda del 5 %.

VIII.—Porque la superficie interior sea áspera,

de tal modo que ofrezca resistencia al paso del agua, o detenga los cuerpos flotantes.

IX.—Porque tenga adherencias o vejigas, de más de cinco centímetros de longitud o mayores que un cuarto del espesor normal del tubo.

ARTICULO 28º

Los tubos tendrán el espesor, profundidad de la campana y espacio anular, que se detallan en la tabla siguiente:

Diámetro interior	Espesor	Profundidad de la campana	Espacio anular
0.15	0.015	0.060	0.015
0.20	0.019	0.070	0.015
0.25	0.022	0.070	0.015
0.30	0.025	0.080	0.015
0.38	0.028	0.080	0.015
0.45	0.032	0.090	0.015
0.50	0.034	0.090	0.015
0.55	0.040	0.095	0.015
0.60	0.040	0.100	0.015