

pequeñas ó medias, permitirá obtener economías reduciendo los espesores á lo estrictamente necesario; pero cuando se trata de proyectar bóvedas de luces extraordinarias, en que no puedan fijarse los espesores por comparación con otras obras, el sistema se impondrá necesariamente, puesto que con los métodos actuales de construcción no es posible saber si los materiales empleados se hallarán en condiciones de resistir, toda vez que son desconocidos los esfuerzos que sufren. Con el sistema articulado, por el contrario, es fácil conocer hasta qué límite pueden aumentarse las luces con un material determinado, sin necesidad de acudir á la comparación con otras obras, comparación que es imposible cuando se trata de luces superiores á las de las obras construidas.

Es fácil verificar ensayos de este género; bastan los datos expuestos para poder proyectar puentes de este sistema, no solo sin aumento en el coste, sino realizando alguna economía en el volumen de las fábricas, aunque no es prudente en las primeras aplicaciones llevar la reducción hasta el límite indicado por la teoría. Recomendamos á nuestros compañeros su estudio por si juzgan conveniente proponer la realización de algún ensayo, pues los resultados obtenidos en Alemania prueban suficientemente que pueden construirse puentes de este sistema en condiciones económicas perfectamente satisfactorias.

Madrid 30 de Octubre de 1891.

LUIS GAZTELU,
Ingeniero de Caminos.

PROYECTO DE SANEAMIENTO GENERAL DE VALLADOLID

REDACTADO EN VIRTUD DE ORDEN DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO

POR D. RECAREDO DE UHAGÓN

Ingeniero primero del Cuerpo Nacional de Caminos, Canales y Puertos

(Continuación.)

24.—Metro lineal de galería ovoide de $1,59 \times 1,06$ metros.—Tienen éstas 0,30 de espesor, de modo que el volumen de material en cada metro de longitud será $V = p' \times e$, y como

$$p' = 7,91 \times r' = 7,91 (0,53 + 0,15) = 5,38 \text{ metros}$$

$$V = 5,38 \times 0,30 = 1,61 \text{ metros cúbicos}$$

y la superficie inferior $S = 7,91 \times 0,53 = 4,89$ metros cuadrados, descomponiéndose el precio como sigue:

	Pesetas.
Preparación del terreno.	0,50
1,61 metros cúbicos de hormigón hidráulico á 26,44 pesetas.	42,57
Enlucido interior con cemento 4,19 m. ² á 1,20 pesetas.	5,03
Molde de madera, incluso montaje.	3,00
Sobreprecio de la mano de obra por el empleo del hormigón, 1,61 m. ³ á razón de tres pesetas.	4,83
<i>Suma.</i>	55,93

25.—*Metro lineal de galería ovoide de 1,59 × 1,99 metros.*—El volumen de material por metro de longitud es para estas galerías de 0,30 de espesor, 1,95 metros cúbicos, porque tenemos:

$$\begin{array}{l}
 R = 1,06 \\
 e = 0,30
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 R' = 1,21, \alpha = 127^{\circ}, \frac{2 \pi R' \times 127}{360} = 2,68 \\
 r = 0,467 \\
 e = 0,30
 \end{array}
 \right\}
 \begin{array}{l}
 3,25 \text{ metros} \\
 r' = 0,617, \alpha' = 53^{\circ}, \frac{2 \pi r' \times 53}{360} = 0,57
 \end{array}$$

$P' = 3,25 \times 2 = 6,50$; $V = P' \times e = 6,50 \times 0,30 = 1,95$ metros cúbicos; y la superficie interior

$$\left.
 \begin{array}{l}
 \frac{2 \pi R \times 127}{360} = 2,348 \\
 \frac{2 \pi r \times 53}{360} = 0,432
 \end{array}
 \right\}
 \begin{array}{l}
 2,78 \text{ metros } S = 2,78 \times 2 = 5,56 \text{ metros cuadrados,} \\
 \end{array}$$

descomponiéndose el precio como sigue:

	Pesetas.
Preparación del terreno.	0,60
1,95 metros cúbicos de hormigón, á 26,44 pesetas.	51,59
5,56 metros cuadrados de enlucido interior, á 1,20 pesetas.	6,67
Molde de madera, incluso montaje.	4,00
Sobreprecio de la mano de obra (1,95 m. ³ , á 3 pesetas).	5,85
<i>Suma.</i>	68,71

26 al 32.—*Boquillas de grés para empalme de acometidas.*—Estas se colocarán cada 10 metros y se implantan en los tubos de hormigón y en las galerías al fabricarse unos y otras.

Sólo hay, pues, que contar el precio de adquisición, que es según los datos de la localidad:

	DIAMETRO DE LOS TUBOS						
	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	
Precio. Pesetas.	5,40	5,55	5,70	5,85	6,00	6,00	9,00

33 al 40.—*Tapones provisionales de grés.*—Para estos tapones sólo hay que contar el valor de la pieza y el importe de su colocación en la boquilla, tomándola con cemento y brea, ó con mastic de fontanero.

En los ramales de grés estos importes resultan:

	Pesetas.
Adquisición del tapón.	1,00
Colocación.	0,30
Suma.	1,30

y en las boquillas de las tuberías de hormigón y galerías

	DIÁMETROS						GALERÍAS
	0m,35	0m,45	0m,55	0m,65	0m,75	0m,90	
	<i>Pesetas.</i>	<i>Pesetas.</i>	<i>Pesetas.</i>	<i>Pesetas.</i>	<i>Pesetas.</i>	<i>Pesetas.</i>	
Adquisición.	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,40	2,00
Colocación.	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,50
Suma.	1,50	1,57	1,64	1,71	1,78	1,80	2,50

41.—*Codos al $\frac{1}{8}$ de 0,15.*—Estos se emplean en las tuberías de descarga de los sumideros para aguas de la vía pública.

Habrá que contar la adquisición, las roturas y la colocación, resultando:

	Pesetas.
Adquisición.	3,00
Roturas 5 por 100.	0,15
Colocación.	0,08
Suma.	3,23

42.—*Tonelada de hierro fundido en bastidores, tapas, etc.*—Atendiendo á que esta fundición debe ser esmerada y el moldeado cuidadoso y limpio, se asigna á esta unidad el precio algo elevado de 750 pesetas.

43.—Rebajamos este precio á 500 cuando se trate de piezas de moldeado y ejecución corriente, como son las tuberías.

44.—Al kilogramo de hierro en tornillaje se asigna el precio de una peseta, algo más elevado que el ordinario para esta clase de material que rige en la localidad.

45.—La labra cuidadosa que exigen los sillares que en los sumideros de la vía pública se colocan para empotrar la boca del tubo de descarga, no consiente que pueda abonarse esta fábrica al precio asignado para la sillería aplantillada.

Fijamos el valor de cada uno de estos sillares en 25 pesetas incluso todo gasto, precio que permite se ejecuten con el mayor esmero y cuidado.

OBRAS ACCESORIAS

No siendo posible precisar la importancia ni la naturaleza de éstas *a priori*, figuran en el presupuesto por partidas alzadas, habiéndose previsto los gastos que serán necesarios para la limpieza, desinfección y relleno de los pozos negros que se tropiecen al ejecutar la red, los que podrán ocasionar algunos agotamientos de las zanjas, por más que, según se ha indicado ya y se dice en el pliego de condiciones, las obras deberán ejecutarse de agua abajo á agua arriba, circunstancia que permite el fácil desagüe de las excavaciones, y los que sean necesarios para el apeo y la recomposición de las tuberías de agua y gas.

En este artículo se comprenden también el importe de las fundaciones que puedan exigir las galerías y colectores al cruzar terrenos flojos y el de los macizos para empalmes de galerías.

Con todos estos antecedentes se ha formado el presupuesto de ejecución material y el de contrata, que ascienden respectivamente á 1.666.643,94 y 1.916.640,52 pesetas, y arrojan para los 40.349 metros que forman la red total un coste de 41,25 y 47,50 pesetas por metro.

PLIEGO DE CONDICIONES

Este documento se ha redactado conforme al modelo oficial para los proyectos de carreteras y con las variaciones que en éste introduce la naturaleza de la obra de que se trata.

Con lo dicho ya anteriormente no necesitamos hacer advertencia alguna acerca de él.

MODO DE EJECUTAR LAS OBRAS

Conforme hemos repetido y dice el pliego de condiciones, las obras se llevarán siempre de agua abajo hacia agua arriba, á fin de evitar los agotamientos y el que las zanjas se inunden en casos de lluvias torrenciales.

Se empezarán las obras por los colectores, y terminados éstos se irán ejecutando los diversos sistemas que comprende la red, que siendo completamente independientes unos de otros podrán ejecutarse á la vez ó paulatinamente.

Antes de ejecutar los sistemas B, C y D deberá dejarse construida la cañería de conducción de aguas del Esgueva, que según se dirá pasa por debajo de ellos.

QUINTA PARTE

EPURACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUCIAS

BREVE INDICACIÓN DE LO EXPUESTO EN LA SEGUNDA PARTE DE LA MEMORIA

En la segunda parte de esta Memoria expusimos los graves inconvenientes que tendría el verter al Pisuerga el volumen de líquido que de ordinario pueda acarrear la red de alcantarillas de Valladolid, porque con ello sólo se conseguiría inficionar el río y llevar á sus márgenes el mal que se padece aquí.

Indicamos también el valor que tienen las deyecciones de la capital, que sería completamente perdido de seguir tan primitivo recurso, y manifestamos el fracaso de todos los procedimientos industriales ideados para depurar estas aguas sucias, operación que sólo podía conseguirse por medio de la filtración intermitente á través de un subsuelo permeable, que consienta el empleo de estas aguas en el riego y el aprovechamiento de los principios fertilizantes de que van cargadas.

Habiendo tratado de este particular con el detalle suficiente á nuestro objeto anteriormente, nos parece inútil repetirnos y extendernos en mayores consideraciones acerca de él.

PROBLEMAS HIGIÉNICO É INDUSTRIAL

Resulta así que todo Municipio que vele por los intereses de sus administrados en estos asuntos, se encuentra en la necesidad de resolver dos problemas: el higiénico, que consiste en depurar las aguas sucias y escurrirlas completamente inocuas, y el industrial, que estriba en aprovechar el valor de ellas con el mayor efecto útil, es decir, de la manera más económica.

El primer problema es á todas luces el más importante desde el punto de vista elevado y humanitario en que debe colocarse toda Corporación, y tanto más aquí por tratarse de un ahorro de vidas importante; pero si puede conciliarse al propio tiempo la solución del segundo, se habrá conseguido el desideratum en asunto tan complejo.

Siendo la filtración intermitente y el riego la clave del problema, claro es que cuando se puede conseguir una y otro, es decir, cuando se disponga de terrenos que reúnan las condiciones necesarias para realizar la epuración, y haya también otros dedicados al cultivo y que puedan recibir el riego, se habrá resuelto por completo la cuestión; porque si se logra llevar á ellos las aguas sucias sin grandes dispendios, los terrenos dedicados al cultivo podrán recibirlas en las épocas más convenientes para utilizarlas y realizar á un tiempo la depuración y el aprovechamiento; y cuando el riego no pueda practicarse convenientemente, ya por las exigencias climatológi-

cas, ya por las del cultivo, se conseguirá la epuración llevando las aguas sucias á los terrenos destinados á tal objeto, resolviéndose de esta suerte el problema higiénico, que es el más importante.

EXCELENTES CONDICIONES EN QUE SE ENCUENTRA VALLADOLID PARA REALIZAR
LA SOLUCIÓN

Recordando lo que se dijo en la primera parte de esta Memoria acerca de la constitución geológica y de la permeabilidad de los terrenos que rodean á la capital, se comprende desde luego que se prestan perfectamente al tratamiento de las aguas sucias, y que Valladolid se encuentra en condiciones verdaderamente envidiables por lo que á este particular se refiere.

SOLUCIÓN HIGIÉNICA

Agua abajo de la capital, siguiendo el Pisuerga, posee el Municipio (1) el pinar llamado de Antequera.

Encuétrase éste á unos nueve kilómetros al SO. de Valladolid, y su altura media viene á ser 690 metros.

El terreno pertenece al período contemporáneo y está constituido por una capa de acarreo, cantos rodados y arenas, que se apoya en las arcillas terciarias. El espesor de esta capa, según las calicatas que hemos practicado en varios puntos de la superficie que proponemos se destine á campo de epuración, es por lo menos de tres metros hasta la lámina de aguas subterráneas.

Por último, este pinar se encuentra al SO. de la ciudad, es decir, al socaire de los vientos reinantes, que son los NE.

La distancia y situación de estos terrenos respecto de Valladolid los hacen perfectamente aceptables para realizar en ellos la solución higiénica.

CAMPO DE EPURACIÓN

Elegimos, por lo tanto, según indica el plano, lámina 114, para campo de epuración la extensión necesaria de terreno situado al Norte de la hacienda del Sr. D. José A. Pintó, y comprendida entre el ferrocarril del Norte y la carretera provincial de Valladolid á Puente Duero, por bajo de la curva de nivel 693.

La extensión de terreno necesaria para campo de epuración depende de la cantidad de agua que haya de tratar y de la capacidad depuradora del terreno, es decir, del volumen que cada metro cuadrado puede depurar, y

(1) De los antecedentes que hemos recogido, resulta que el Ayuntamiento de Valladolid es sólo propietario del suelo de estos pinares y copropietario con otros pueblos del suelo. Esto no se opone á que en ellos se elija el terreno para la epuración, porque será fácil convenir lo necesario entre los interesados, puesto que con la operación citada va á beneficiarse el suelo y todos sus dueños.

del tiempo que invierta el líquido en pasar por las capas del subsuelo para hacerse completamente inocuo.

El volumen de agua que arrastra el alcantarillado en los casos de lluvias ordinarias durante las seis horas de la mañana que corresponden al máximo, es, según vimos, de 941 litros por 1", que repartidos sobre las veinticuatro horas que el día comprende corresponden á un volumen por 1" de 235 litros; sumado este volumen con los 21 litros que en igual período aportarán las limpias automáticas, puesto que cada seis horas se verterán 458 metros cúbicos de agua con este objeto, resulta para volumen total á tratar por 1" en el campo de epuración 256 litros ó 22.118 metros cúbicos cada veinticuatro horas y 7.973.070 por año.

La capacidad depuradora del terreno ó la dosis de agua de alcantarilla que por hectárea podrá verterse, en la seguridad de que se realiza por completo la epuración, se determinará por experimentos directos siguiendo el método de Frankland.

Un tubo de 20 á 30 centímetros de diámetro y de longitud igual al espesor permeable del terreno, que en nuestro caso es de tres metros, se rellenará con las tierras extraídas de aquél, disponiendo en lo posible dentro del tubo el espesor y la naturaleza de las capas de idéntico modo al en que se encuentran en el terreno.

Este tubo se colocará verticalmente sobre un recipiente con grava ó piedra suelta, y se verterán diariamente por su parte superior determinados volúmenes del agua de alcantarilla de que se trate, que se irán aumentando hasta llegar á la capacidad máxima depuradora.

Es decir, que se empezará por verter 10 litros al día, por ejemplo, durante una semana, ensayando química y microbiológicamente las aguas filtradas. Si éstas son puras, se aumentarán las dosis diarias de agua á 15 litros, se repetirán los ensayos y si resultan favorables volverá á aumentarse el volumen de agua de alcantarilla vertida á diario hasta llegar al volumen máximo a que puede epurar el tubo cada día.

Como se conoce la superficie de dicho tubo, deduciremos enseguida el volumen A que cada metro superficial del terreno podrá epurar.

Pesando el tubo lleno de tierra antes de verter en él el líquido de alcantarilla, y después de haber vertido la dosis máxima que puede depurar, con la precaución de dejarlo escurrir perfectamente primero, deduciremos el volumen b de líquido que el tubo retiene, y por lo tanto el volumen B de aguas sucias que retendrá un metro cuadrado del terreno en cuestión.

El cociente $\frac{A}{B}$ será el número de días que tardará el agua sucia en pasar por el terreno para depurarse por completo, y $\frac{A \times 365}{B}$ será el

número de metros cúbicos que cada año podrá recibir el metro cuadrado, de donde inmediatamente deduciremos el número de hectáreas necesario y la dosis por hectárea.

Según Frankland, y como es lógico suponer, no conviene verter la dosis de una vez, porque es fácil sobrecargar el trabajo del terreno y aun interrumpirlo.

Es decir, que si cada metro cuadrado admite 150 litros cada seis días, vale más verter 50 cada tres, y 25 diariamente, que no los 150 de una vez, esperando el intervalo antes dicho para verter los otros 150.

Conviene, pues, que la dosis sea diaria, porque además así pasará inmediatamente al subsuelo, evitándose los inconvenientes de la permanencia de estos líquidos sobre la superficie un período de tiempo más ó menos largo.

Claro que estas deducciones del laboratorio llevadas á la práctica exigirán un coeficiente de corrección, y que en problemas de esta clase conviene siempre pecar por exceso, calculando mayor superficie de la necesaria.

Cuando llegue el caso de la ejecución de las obras podrá deducirse el terreno necesario para Valladolid exactamente. Por ahora, y no habiéndonos sido posible realizar ensayos previos, puesto que las aguas de alcantarilla no existen aquí, deduciremos por comparación y para los efectos de este proyecto, el área con que debe contarse.

En Edimburgo vienen vertiéndose desde hace ochenta años volúmenes de agua por hectárea y año que varían de 40 á 45.000 metros cúbicos.

En la granja de Merthyr-Tidfil, Mr. Bailey-Denton viene practicando la epuración desde el año 1870 vertiendo por hectárea y año de 180 á 240.000 metros cúbicos. El agua, según los análisis de Frankland, sale perfectamente depurada. El subsuelo permeable tiene un espesor de dos metros y está formado por arcillas apoyadas en grava gruesa.

En Inglaterra es de uso constante, cuando sólo se trata de depurar el agua, verter anualmente de 80 á 200.000 metros cúbicos por hectárea, teniendo el subsuelo permeable un espesor de 1,80 á 2,00 metros.

En la meseta de Gennevilliers en París, el método de Frankland acusa un poder de filtración de 57.000 metros cúbicos por hectárea y año, dato confirmado por la experiencia, puesto que los riegos se practican á la dosis de 45 á 50.000 metros cúbicos por hectárea.

El subsuelo tiene un espesor permeable de 2,00 metros y ha admitido hasta 120.000 metros cúbicos por hectárea depurando las aguas perfectamente.

Por último, la Comisión oficial de 1876, nombrada para informar acerca del proyecto de aprovechamiento de las aguas sucias en los terrenos de

Achères, admite para éstos, análogos á los de Gennevilliers, la dosis de 50.000 metros cúbicos por hectárea y año.

En Berlín se vierten como término medio sólo 12.000 metros cúbicos; pero hay que tener presente que en los campos de epuración el espesor del subsuelo permeable llega sólo á un metro.

Teniendo en cuenta la altura que en los pinares de Antequera tiene la capa permeable, su naturaleza casi exclusivamente arenosa, y los antecedentes que quedan indicados, fijamos como avance en 25.000 metros cúbicos anuales la dosis de aguas sucias que holgadamente admitirán estos terrenos.

Resultan así necesarias 320 hectáreas, que aumentaremos hasta 350 hectáreas para tener en cuenta toda clase de contingencias.

Esta es la superficie de los terrenos que se señalan para campo de epuración.

SOLUCIÓN INDUSTRIAL

En la segunda parte de la Memoria indicamos las ventajas del riego con aguas de alcantarilla, la producción que se conseguía por hectárea y el aumento de valor que resultaba para el suelo.

Los terrenos que se encuentran agua abajo del Pisucrga en las cercanías de Valladolid, dedicados al cultivo, tienen excelentes condiciones para aprovechar en su riego las aguas sucias, puesto que su subsuelo presenta exactamente la misma composición que el de los pinares, y su superficie, que abarca la vertiente al río desde los pinares de Antequera, no baja de 2.500 hectáreas.

Pueden, pues, utilizarse en su beneficio las aguas sucias de Valladolid, y no cabe dudar que los propietarios del término utilizarán más tarde ó más temprano estas aguas, que á la par les llevan el abono y el riego.

Podrá, pues, realizarse la solución industrial al propio tiempo que la higiénica, y el Municipio crearse un ingreso importante por este concepto.

Veamos cuál es el valor de estas aguas sucias en principios fertilizantes.

Según el resultado de los análisis de Durand Claye, que abarcan un período de diez años, el agua de alcantarilla de Paris contiene, como término medio por metro cúbico:

Materias minerales	1,622 kilogramos que encierran	
Acido fosfórico.	0,018	»
Potasa..	0,037	»
Cal.	0,35	»
Materias orgánicas.. . . .	0,773	» conteniendo
Nitrógeno	0,045	»

Voelcker ha dosificado las aguas sucias de Londres, hallando:

Materias minerales	0,856	kilogramos con
Acido fosfórico.	0,014	»
Potasa..	0,043	»
Materias inertes	0,799	»
Materias orgánicas.. . . .	0,482	»
Nitrógeno.	0,099	»

Petermann ha encontrado en las aguas de alcantarilla de Bruselas, por metro cúbico:

Materias minerales	1,247	kilogramos conteniendo
Acido fosfórico.	0,067	»
Potasa..	0,104	»
Materias orgánicas.. . . .	0,989	»
Nitrógeno.	0,136	»

Y según Muller, las aguas sucias de Berlín encierran:

Nitrógeno.	0,100	kilogramos.
Acido fosfórico.	0,040	»
Potasa..	0,040	»

por metro cúbico.

De todas estas aguas las menos ricas son las de París, y á falta de otros datos, asimilaremos á ellas las que haya de producir Valladolid, que á nuestro entender, si acaso serán más ricas que aquéllas, porque allí se consume una enorme cantidad de agua también en el lavado de las alcantarillas y arroyos de la vía pública, y en las fuentes, y el consumo en los usos privados por habitante, es mayor que el que aquí ha de realizarse en muchos años.

Podemos, pues, suponer que el metro cúbico de agua sucia contendrá

0,045	kilogramos de nitrógeno.
0,018	» de ácido fosfórico.
0,037	» de potasa.

Para abonar como es debido una hectárea se necesitan, según Muntz (*Les Engrais*), 10.000 kilogramos de estiércol de granja al año, que ha sufrido ya la descomposición conveniente por su exposición al aire, y que contiene

65	kilogramos de nitrógeno.
55	» de ácido fosfórico.
75	» de potasa.

Con un riego anual de 3.500 metros cúbicos por hectárea, con agua de alcantarilla, se llevarán á la tierra

157	kilogramos de nitrógeno.
63	» de ácido fosfórico.
129	» de potasa,

es decir, sobradamente los principios fertilizantes que corresponden al abono ordinario.

Los 7.900.000 metros cúbicos de aguas sucias que anualmente produciría el alcantarillado de Valladolid, podrían, pues, abonar 2.250 hectáreas en números redondos.

Ahora bien; la costumbre en el país es emplear estiércol de establo, que se deja pudrir, y se esparce luego sobre el terreno. Ordinariamente se emplean veinte carros por obrada ó cuarenta por hectárea, que se pagan á 5 pesetas el carro, resultando el coste de abonos por hectárea á 200 pesetas.

Por lo tanto, el riego con agua de alcantarilla podría producir al Municipio un ingreso anual de 450.000 pesetas, y esto dando gratis el beneficio del riego en sí.

En Valladolid sólo se abona la tierra en cultivo corriente cada tres años; pero esto ocurre en terrenos de secano, que se dejan descansar para seguir la rotación establecida.

Con el cultivo intensivo que el riego exige, hay que abonar anualmente; de modo que nuestros cálculos por este concepto no pecan de exagerados, porque entonces la tierra produce mucho más y puede soportar mayores gastos de cultivo

Como hemos visto antes, la cantidad de agua que se emplea en París y Berlín por hectárea es mucho mayor que la correspondiente á la aportación del abono necesario; pero entonces también el rendimiento por hectárea crece enormemente y el cultivo puede soportar el mayor importe del abono.

Comprueba esta aseveración el experimento siguiente de Lawes y Gilbert, hecho con las aguas sucias de París en Gennevilliers, sobre un terreno pobre y permeable, como el que aquí ha de utilizarse y dedicado al cultivo de prados.

	Rendimiento medio por hectárea.
Parcela testigo no regada.	18.747 kg.
Parcela regada con 7.500 m. ³ al año.	54.404 »
» » » 15.000 » »	80.753 »
» » » 22.500 » »	85.663 »

Todo esto indica que empleando mayor dosis de agua puede tasarse más caro lo que cada hectárea deba pagar por el abono, y que el cálculo anterior es exacto desde el punto de vista del valor de los abonos y cuando se quieran utilizar éstos por completo.

Sin embargo, para precaver toda contingencia y para que no se nos tache de exageración, supondremos que cada hectárea exige 10.000 metros cúbicos de aguas sucias al año, y que sólo 750 hectáreas se utilizan de ellas, reduciendo así el valor industrial de los abonos y de las aguas sucias de Valladolid á 150.000 pesetas anuales.

Lo dicho hasta ahora en esta parte de la Memoria demuestra por modo innegable la conveniencia de la solución propuesta. Con ella se utilizan las materias fertilizantes de las deyecciones, sobre todo de las líquidas, que son las de mayor valor, y que hoy se pierden por completo en los terrenos cultivados, sirviendo el campo de epuración de regulador, á donde se enviarán las aguas sucias cuando no las quiera la agricultura, campo de epuración que podrá dedicarse con ventaja al cultivo de prados, si así conviniera. El Municipio se creará además un importante ingreso con la venta de las aguas y utilizará un residuo que hoy sólo le ocasiona gasto y embarazo.

OBRAS NECESARIAS PARA REALIZAR LA EPURACIÓN Y APROVECHAMIENTO
DE LAS AGUAS SUCIAS.

Las obras necesarias para realizar las dos soluciones indicadas, y cuya descripción y justificación será objeto de los párrafos siguientes, comprenden:

Una disposición conveniente en el desagüe del colector U (véase la lámina 115), por medio de la cual las aguas del mismo, en los casos de lluvias torrenciales, verterán al Pisuerga, y en los casos de lluvias ordinarias serán dirigidas á un depósito adosado á dicho colector y situado en las Moreras.

Las bombas necesarias para impulsar las aguas sucias recogidas en el depósito por una cañería que seguirá por el Paseo de San Lorenzo, y atravesando los jardines del Campo Grande continuará por la carretera de Madrid hasta alcanzar la altura conveniente.

Una acequia en donde verterá esta cañería, y que arrancando del extremo de ella y próxima á la citada carretera, seguirá por la ladera y llevará las aguas sucias á los campos de epuración y á los terrenos que pueden utilizarlas como abono y riego.

Finalmente, una cañería que, pasando por bajo de las calles de la Madre de Dios, Gondomar, Cadenas de San Gregorio y León, plaza de San Miguel, calles del Doctor Cazalla y de San Benito y plazas de San Benito y de Poniente, lleve las aguas de la desviación del Esgueva á aparatos que utilizando la fuerza hidráulica que estas aguas proporcionan, pongan en movimiento los que citamos antes, destinados á impulsar las aguas sucias.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LAS DISPOSICIONES GENERALES
DEL PROYECTO.

Fuerza disponible.—Depósito regulador.

No puede pensarse en utilizar los 12.400 litros que por 1" arroja el colector en los casos de lluvias torrenciales, porque ni hay fuerza natural bastante para ello, ni conviene tampoco, puesto que los 600 litros de aguas

propiamente sucias que proporciona la población vienen entonces disueltas en 11.800 litros de aguas casi claras, resultando un volumen sin valor alguno, y del cual no hay perjuicio, sino ventaja en desprenderse.

Por el contrario, los 941 litros que corresponden á las lluvias ordinarias encierran 666 de aguas fecales, que sería un despilfarro perder.

Conviene, pues, que el colector vierta al Pisuega cuando lleve más de 941 litros por 1'', y cuando el volumen sea menor utilizarlo.

Se consigue este objeto estableciendo en el colector un vertedero, cuya altura corresponda al gasto de 941 litros, y agua arriba de este vertedero una derivación que lleve las aguas al punto conveniente cuando el vertedero no funcione.

Contendrá este vertedero todos los volúmenes inferiores á los 941 litros que corresponden á la aportación en los casos de lluvias ordinarias, y sobre él verterán los volúmenes mayores.

Según se indicó, este volumen se refiere al gasto máximo durante las seis horas de la mañana en que se supone acumulado el consumo de agua potable; pero referido á las veinticuatro horas del día acusa únicamente uno de 235,31 litros por 1''.

	Metros.
Como luego veremos, para llevar las aguas á los terrenos que han de aprovecharlas deben elevarse á la cota..	695
y siendo la del desagüe del colector..	684
	11
hay que elevarlas.	11

metros.

Si se tratara de los 900 litros que en números redondos corresponden al gasto máximo del colector, habría que desarrollar un trabajo, aun prescindiendo de rozamientos y pérdidas de carga, de 9.900 kilográmetros.

Ahora bien; la altura de la retenida de las aguas de la desviación del Esgueva es 692; y llegando las avenidas ordinarias del Pisuega á la 681, queda una caída disponible de 11 metros, que con los 700 litros que por 1'' arrastra el Esgueva, sólo produce 7.700 kilográmetros.

Resulta el trabajo necesario para elevar los 900 litros mayor que la fuerza natural de que dispone, y hace falta suplir la necesaria por medio de una máquina de vapor.

Por el contrario, en la caída del Esgueva hay fuerza bastante para llevar á los campos de epuración los 235 litros que corresponden por 1'' cada veinticuatro horas á la aportación del alcantarillado; pero entonces es indispensable un depósito que almacene lo que el colector vierte con un régimen irregular y consienta el trabajo uniforme de las máquinas.

Veamos cuál de estas dos soluciones es la más conveniente.

La primera exige un trabajo supletorio de 3.000 kilogrametros por lo menos, es decir, una máquina de vapor de 40 caballos, y como los aparatos deben ser dobles para evitar interrupciones, hacen falta dos motores de aquella fuerza.

	<u>Pesetas.</u>
Su importe en Valladolid, completamente montadas, es por lo menos de.	70.000
El capital representativo de los gastos anuales necesarios para que estos motores marchen durante seis horas cada día, puede valuarse en.	60.000
<i>En junto.</i>	<u>130.000</u>

Pero para el gasto de 900 litros por 1'' hay que dar á la cañería de impulsión y á la acequia de conducción de aguas sucias una sección mucho mayor que la que se ha adoptado.

Creemos quedarnos muy bajos valuando el aumento de gasto que resultaría para estas obras en un 100 por 100 de su coste actual, porque puede suponerse su importe proporcional á los diámetros, y en la cañería el diámetro necesario por un gasto 4,5 veces mayor, suponiendo la pérdida de carga constante, estaría con el anterior en la relación $4,5^{\frac{2}{5}}$ ó próximamente 2, y en la acequia en la de $4,5^{\frac{1}{2}}$ ó sea 2 también.

El importe, pues, de estas obras vendría aumentado en:

	<u>Pesetas.</u>
Sobrepeso de la cañería	150.280
Sobrepeso de la acequia.. . . .	158.530
<i>En junto.</i>	<u>308.810</u>

según se desprende del examen de los presupuestos correspondientes.

En suma, optando por esta solución, habría que gastar pesetas 438.000 en números redondos, que comparadas con el importe del depósito necesario para la segunda, que es de 306.180 pesetas, arrojan un aumento de 130.000 pesetas, y esto para un servicio intermitente sin ventaja alguna.

Conviene, desde todos puntos de vista, la construcción del depósito regulador conforme se propone.

Este depósito, necesario para regularizar el gasto, debe tener capacidad bastante para almacenar la diferencia entre el volumen que arroje el colector durante las horas de su aportación máxima y el que en igual tiempo impulsen las bombas.

Metros cúbicos.

Durante las seis horas en que el gasto se supone acumulado, el colector vierte $0,940 \times 3.600 \times 6$.	20.304
y en este mismo tiempo impulsan las bombas $0,250 \times 3.600 \times 6$.	5.400

Resulta así para capacidad del depósito. . . . 14.904

ó 15.000 metros cúbicos en números redondos.

Para evitar obra inútil, este depósito debe colocarse lo más próximo á la boca del colector, y claro es que ha de estar más bajo que aquél para que las aguas afluyan á él de modo conveniente.

Por estas razones lo emplazamos inmediatamente agua arriba del colector U y en la margen del Pisuerga, bajo el lavadero que hoy existe en las Moreras (véase lámina 115).

La capa de arcilla consistente que forma el lecho del río Pisuerga se encuentra en este paraje, en la ordenada 680, según puede apreciarse siguiendo la disposición que en la margen presenta esta capa desde el estribo del Puente Mayor hasta agua abajo de la presa de las aceñas.

Para evitar fundaciones costosas y siempre difíciles en esta clase de trabajos, adaptaremos la solera del depósito á esta ordenada, quedando así aquélla en la cota 680.

Acequia de conducción de aguas sucias.

Dijimos antes que la altura de los terrenos destinados á campo de epuración era de 693 metros. Para llevar el agua á estos terrenos se presentan también dos soluciones.

Se ocurre por de pronto conducir las por una cañería en presión, siguiendo el ejemplo de Berlín y de París; pero atendiendo á la longitud que esta cañería necesita, 10 kilómetros, aunque vaya en línea recta, resulta, atendido el gasto de 250 litros por 1", ó un diámetro inaceptable, ó una pérdida de carga incompatible con la fuerza de que se dispone.

Hay que desecher esta solución, pero queda otra á la que se presta admirablemente el terreno, que se eleva suavemente desde el Pisuerga para formar la divisoria secundaria entre este río y el Duero.

Esta disposición del terreno permite contornearlo con una acequia, que partiendo del punto más elevado de los campos de epuración, llegue á las proximidades de Valladolid, reduciendo á lo indispensable la longitud de la cañería de impulsión, y por lo tanto el trabajo empleado en vencer la pérdida de carga que ésta ocasiona.

Con arreglo á estas indicaciones debe morir la acequia en la ordenada 693 y plegándose á las ondulaciones del terreno, ganar la altura necesaria

para arrancar de la carretera de Madrid, á lo largo de la cual puede tenderse la cañería de impulsión sin dificultad, evitándose los gastos de indemnización de terrenos que exigiría otra dirección, y llegando á distancia conveniente á fin de que la longitud que para esta cañería resulta consienta un diámetro y una pérdida de carga aceptables.

Atendida la longitud que para la acequia resulta y la velocidad que debe darse al líquido que por ella discurre para evitar depósitos en su cauce, puede admitirse una pérdida de altura en su recorrido de dos metros, debiéndose llegar de esta suerte á la ordenada 695, y tomando para punto de partida de la acequia la intersección de la curva de nivel 695 con la carretera de Madrid.

La conducción de las aguas sucias por medio de una acequia desde el punto indicado y con la velocidad adecuada no presenta inconveniente alguno y resulta mucho más económica que la de una cañería forzada, caso de que ésta fuera posible.

Cañería de impulsión de aguas sucias.

La dirección más adecuada para esta cañería es la que alcance con menor longitud el origen de la acequia, aprovechando en lo posible para su colocación las vías públicas, que eviten expropiaciones y faciliten el día de mañana la inspección y conservación de la obra.

Arranca por lo tanto esta cañería de las bombas que impulsan las aguas sucias y continúa por el paseo de San Lorenzo hasta la plaza de las Tenerías; toma en este punto la calle de San Ildefonso, y cruzando los jardines del Campo Grande, en dirección recta y por frente de la calle citada, llega al paseo del Príncipe, cuya dirección sigue hacia el paso á nivel del ferrocarril del Norte, prolongándose por la carretera de Madrid hasta el origen de la acequia.

Resulta así con una longitud de 3.567 metros.

El volumen de agua que por segundo debe desaguar se compone del correspondiente á las aguas sucias propiamente dichas, del que vierten las lluvias ordinarias y del que descargan las limpias.

Estos volúmenes son, según se vió anteriormente:

	Litros.
AGUAS SUCIAS.—666,77 litros por 1" en seis horas.— En veinticuatro horas, por 1"	166,69
LLUVIAS ORDINARIAS.—274,48 litros por 1" en seis horas.—En veinticuatro horas, por 1"	68,62
LIMPIAS AUTOMÁTICAS.—453 metros cúbicos cada seis horas.—En veinticuatro horas, por 1"	21,00
<i>Total</i>	256,31

ó 250 en números redondos.

Para que el diámetro de esta cañería no resulte excesivo, y teniendo en cuenta la fuerza disponible, podemos aceptar en ella una pérdida de carga de 2,00 metros.

Aplicando la fórmula de Dupuit

$$D^5 = \frac{L}{H} \left(\frac{Q}{20} \right)^2$$

en la que

$$L = 3.567; \quad H = 2; \quad Q = 0,250, \text{ deduciremos}$$

$$D = 0,78$$

y tomaremos en definitiva para diámetro de esta cañería 80 centímetros.

Cañería de conducción de aguas del Esgueva.

Hemos indicado que la fuerza necesaria para mover las bombas que han de impulsar y elevar las aguas del alcantarillado, se obtiene trayendo al punto conveniente el agua de la desviación del Esgueva por medio de una cañería *ad hoc*.

Es, pues, indispensable, que el agua llegue á las turbinas ó aparatos que la utilicen con la carga necesaria para producir el trabajo efectivo que se requiere, y esta circunstancia es la que determina la pérdida de carga de que puede disponerse para la cañería en cuestión.

	Metros.
La ordenada del origen de la acequia es.	695
La de la solera del depósito regulador.	680
Altura á que hay que elevar las aguas sucias.. . . .	15
Pérdida de carga en la cañería de impulsión.	2
<i>Altura total.</i>	17

y siendo el volumen por 1" 250 litros, resulta para trabajo teórico

$$250 \times 17 = 4.255 \text{ kilográmetros.}$$

Ahora bien, no conviene esperar de los aparatos que se empleen un coeficiente de aprovechamiento superior á 0,60, con lo cual el trabajo efectivo necesario será $\frac{4.255}{0,60} = 7.100$ kilográmetros.

La cantidad de agua disponible en la desviación es de 700 litros por 1"; por lo tanto, la altura de caída necesaria resulta $\frac{7.100}{700} = 10,14$ metros.

	Metros.
Como la retenida de la desviación del Esgueva queda á	692
y la altura de las avenidas ordinarias del Pisuerga es..	681
hay para caída disponible.	11

De ellos hay que restar la carga con que el agua debe llegar á las turbinas ó 10,14 metros, resultando para pérdida de carga tolerable en la cañería de alimentación 0,86 metros.

La dirección más conveniente de esta cañería será la más corta y se colocará aprovechando siempre las calles que consientan este trazado. Por esto arranca la cañería de la desviación en el punto en que ésta corta al camino del Cementerio.

Sigue por las calles de la Madre de Dios, Gondomar, Cadenas de San Gregorio y León. Atraviesa la plazuela de San Miguel y continúa por las calles del Doctor Cazalla y San Benito para terminar en las turbinas que alcanza, pasando por las plazuelas de San Benito y de Poniente y cruzando la carretera del pasco de las Moreras.

Su longitud resulta de 1.849,50 metros y su diámetro se deduce de la fórmula

$$D^5 = \frac{L}{H} \left(\frac{Q}{20} \right)^3$$

haciendo en ella

$$L = 1.849,50; \quad H = 0,86 \quad \text{y} \quad Q = 0,700$$

que da $D = 1,21$ metros que redondeamos hasta 1,25 metros.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS OBRAS NECESARIAS PARA CONSEGUIR LA EPURACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUCIAS

Con los antecedentes expuestos quedan fijados todos los datos del problema y sólo nos resta describir detalladamente cada una de las obras que comprende este grupo.

Vertedero del colector.—Pozos de decantación.

Conforme representa la lámina 115, termina el colector general U en una galería normal á su dirección y próximamente paralela á la del río, cuya galería tiene 25,70 metros de longitud por 2,00 de ancho.

La solera de esta galería queda 0^m,50 por bajo de la del colector, y á 3^m,50 sobre la capa de arcilla resistente, y va apoyada sobre dos muros de hormigón hidráulico de 1,00 metro de espesor, que descansan sobre un macizo general de fundación del mismo material, de 1,00 metro de espesor por 4^m,60 de ancho, encajado en la arcilla resistente.

La galería tiene 2^m,50 de altura y va recubierta por una bóveda de ladrillo que arranca á 2^m,10 de la solera y tiene 0^m,40 de flecha y 0^m,30 de espesor.

Se apoya esta bóveda por el lado interior sobre un muro de hormigón hidráulico de 0^m,60 de espesor, colocado encima del que forma cimiento, y

por el exterior, del lado del río, sobre otro muro en cuyo frente hay practicadas 20 aberturas de 1,00 metro de luz separadas por apoyos de 0^m,30 de espesor y que tienen 0^m,80 de altura.

Estas 20 aberturas, cuyo umbral queda 1,00 metro por encima de la solera de la galería general, es decir, 0^m,50 sobre la del colector, forman el vertedero.

El agua del colector verterá primero en la galería, y cuando la altura en el colector pase de los 0^m,50 que corresponden al gasto ordinario, la lámina de agua de la galería alcanzará el umbral ó piso de las aberturas y pasará al río.

El piso y todo el frente, apoyos y dinteles de estas aberturas son de sillería, y se ha cuidado de challanar las aristas y de dar inclinación conveniente al piso del vertedero para facilitar la salida del agua é impedir movimientos tumultuosos en ella.

La longitud de este vertedero, de la que depende la de la galería, se ha calculado por la fórmula

$$q = 1,77 lh \sqrt{h}$$

en la que h , altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero, se ha supuesto de 0^m,50, y q , el gasto, es la diferencia entre los 12.500 litros de la aportación máxima y los 941 del régimen ordinario, es decir, 11.559 litros. Se ha deducido así: $l = 18,64$ metros, pero para tener amplia margen hemos dado á esta dimensión 20 metros, que es la longitud libre de las 20 aberturas, resultando 25,70 metros para la de la galería.

Se ha cubierto toda esta galería para evitar el aspecto repugnante del agua sucia, y aun para prevenir el peligro remoto de alguna emanación, y si éste es de temer podrán también cerrarse las aberturas del vertedero por tabiques de adobes y yeso, que el empuje del agua romperá en el momento en que su altura rebasa del umbral de las aberturas.

El muro de frente del vertedero va coronado por un cornisamento de sillería, que termina en un pretil del mismo material, y en prolongación de las aberturas hay un macizo de escollera gruesa de 18 metros de longitud, sobre cuya cara superior, inclinada al $\frac{1}{5}$, escurrirán las aguas á su salida por las aberturas.

Este macizo, que se apoya sobre la arcilla consistente, va contenido por un rastrillo de hormigón hidráulico de 2 metros de altura y 1 metro de espesor, y lateralmente por otros dos muros de hormigón también, que cierran los extremos de la galería, y de los que, el de agua abajo en sentido de la corriente del Pisuerga, sigue la pendiente del plano inclinado de escollera y va coronado por una albardilla de sillería, y el de agua arriba tiene en 11,40 metros la misma altura que el muro de frente del vertedero, y va coronado

por su pretil, terminando á los 6,60 metros últimos con una coronación inclinada al $\frac{2}{5}$ y cubierta con su albardilla.

Estos muros, además de encajonar el macizo de escollera gruesa, sirven para contener las tierras de los terraplenes de que luego se hablará.

A continuación del plano inclinado de la escollera, y hasta llegar al río, se construirá un empedrado, que dirigirá las aguas del vertedero é impedirá las socavaciones.

La penetración del colector en la galería del vertedero se ejecutará toda ella de sillería, con las ranuras necesarias para la colocación de compuertas, que maniobradas desde la parte superior, se cerrarán en los casos de avenidas extraordinarias del Pisuerga, é impedirán la entrada de las aguas del río en la red de canalización.

El piso de la galería llevará un embaldosado con mortero de cemento, y en las paredes interiores de ella se dará un enlucido del mismo material.

Termina la galería, por el extremo de agua arriba, en dirección del Pisuerga, en un macizo de hormigón hidráulico, en el que hay practicados dos pozos de 3 metros en cuadro, colocados simétricamente respecto del eje de la galería, y cuyo fondo queda á la cota 680, es decir, 3 metros por bajo de la galería.

La galería comunica con estos pozos por medio de un acueducto de 1^m,00 de ancho por 1^m,00 de alto, que se bifurca para distribuir el agua á uno ú otro pozo.

Este acueducto va provisto de compuertas para impedir á voluntad la comunicación de la galería con uno ú otro de los pozos ó con los dos á la vez.

Los muros de recinto de estos pozos se prolongan hasta la superficie del terreno y van coronados por una hilada de sillería, en la que se empotrarán las tapas de hierro que cierran las bocas de los pozos.

Cada uno de éstos comunica con el depósito regulador por un acueducto de 1^m,00 \times 1^m,00, cuya solera queda á 3 metros sobre la del pozo, y que va provisto de una compuerta que se manobra desde la parte superior.

La boca de estos acueductos del lado del pozo llevará una rejilla del claro conveniente para detener los cuerpos en suspensión de excesivo volumen.

El interior de los pozos y acueductos llevará un enlucido de mortero de cemento, y de cada uno de aquéllos saldrá una tubería de fundición para desagüe, que termina en un muro de hormigón hidráulico, paralelo al de frente del vertedero, y cuyo paramento exterior es vertical y el interior escalonado.

Este muro, en donde intestan las boquillas de los tubos de desagüe de los pozos de decantación, se une del lado de agua abajo con el muro que

limita el macizo de escollera del vertedero, y por el lado de agua arriba termina en otro muro normal á su dirección y coronado con un tendido de 1,5 de base por 1 de altura.

El paramento exterior de este último muro es vertical y el interior escalonado.

Toda esta construcción es de hormigón hidráulico, excepción hecha de la coronación, que es de sillería, y de los sillares que rodean las boquillas de los tubos, y en donde se empotrarán las guías de las compuertas que cierren estos desagües, y de las piezas de imposta correspondientes, en donde se fijarán las maniobras de estas compuertas.

Se ha preferido colocar los cierres de estos desagües al exterior, tanto por ser más fácil su vista y conservación, como por oponerse así mejor á la introducción en los pozos del agua de las avenidas del Pisuerga.

Todas estas obras se ejecutarán con hormigón hidráulico de cemento de Portland, que es el más adecuado al caso, reservándose únicamente la sillería y el ladrillo para aquellos puntos en los que su empleo es indispensable.

El modo de funcionar del vertedero y de los pozos es por demás sencillo. Uno de éstos se dejará de reserva y las aguas del colector vendrán por la galería y el acueducto al pozo correspondiente, en donde se decantarán y marcharán luego al depósito limpias de objetos que pudieran obstruir las bombas de elevación.

Cuando el pozo esté sucio, por medio de las compuertas se dirigirán las aguas al otro, y podrá desaguarse el primero y limpiarse, siguiendo de este modo y utilizando uno y otro pozo según convenga.

En los casos de lluvias torrenciales las aguas tomarán altura en la galería del vertedero y rebasarán el umbral de las aberturas, vertiendo por ellas y pasando sólo al depósito el agua que puede recibir, por la disposición que se ha adoptado en la relación de alturas de unas obras y otras, y porque la lámina de agua sobre las aberturas no pasa de 0,50.

Finalmente, en los casos de crecidas extraordinarias en el Pisuerga se cerrarán todas las compuertas, impidiéndose por completo la entrada de las aguas del río.

Depósito regulador.

Emplazamos este depósito (lámina 115) inmediatamente agua arriba de los pozos de decantación y de modo que su eje mayor sea paralelo al de la galería del vertedero, y su muro de recinto por el Oeste tenga su paramento interior 5,50 metros distante, en esta dirección, del eje de la galería.

El terreno en este emplazamiento se presta á que los productos de la excavación se empleen en rodear á la obra de un terraplén que la proteja,

compensando así el movimiento de tierras y cubriendo la porción del depósito, que de otra suerte quedaría al descubierto.

La solera del depósito se establece en la ordenada 680, y como el colector termina en la 684, puede admitirse una altura de agua en el interior de aquél de 4,00 metros, que para la cabida de 15.000 metros cúbicos que asignamos al depósito, arroja una superficie de 3.750 metros cuadrados.

Claro es que el depósito debe quedar cubierto, y por ser la más sencilla, se adopta una cubierta de bóvedas por arista, apoyadas en los pilares de sillería y en los muros de recinto.

Tiene el depósito 94,6 metros de largo interior por 49,80 metros de ancho, y lo limita un muro de recinto de hormigón hidráulico con 0,75 de espesor en la coronación, talud interior al $\frac{1}{10}$ y escalonado por el exterior con retallos de $1^m,00 \times 0^m,125$.

Apóyase este muro, de 4,00 metros de altura, en un macizo cimiento, también de hormigón hidráulico, de 1,00 metro de espesor por $2^m,25$ de ancho, y va coronado por una hilada de ladrillos á sardinel de 0,30 metros.

Componen la cubierta 153 bóvedas por arista de 5 metros de luz y 1 de flecha de ladrillo, y de $0^m,28$ de espesor.

Las caídas de estas bóvedas se apoyan en los muros de recinto, en donde son recibidas por salmeres de sillería, y en 144 pilares formados por cuatro sillares de 1 metro de altura, y cuyo lado va aumentando de 10 en 10 centímetros, desde $0^m,60$ en los arranques de la bóveda, hasta $0^m,90$ en el sillar que forma basa.

Los encuentros de las bóvedas con los planos verticales del muro de recinto se tapan con muretes de ladrillo de dos astas de espesor.

Todas las bóvedas van recubiertas por una chapa de hormigón hidráulico de 10 centímetros de espesor, y en los senos que forman las caídas sobre los pilares se dejan mechinales para escurrir las aguas de lluvia.

Correspondiendo á las caídas de las bóvedas, lleva el muro de recinto sus contrafuertes exteriores de 1 metro de anchura y 0,40 metros de saliente, en la coronación, con retallos exteriores de $1^m,00$ por $0^m,25$.

La solera general es de hormigón hidráulico y tiene $0^m,50$ de espesor, con macizos de $1^m,60 \times 1^m,60$ y 1 metro bajo los pilares.

Tanto la solera como los muros de recinto llevarán un enlucido interior de mortero de cemento, y á aquélla se le dará una pendiente general hacia los pozos de las bombas.

Lleva el muro longitudinal del Este del depósito adosado, dos pozos de 2,40 metros por 1,00 metro, cuyo objeto es encerrar las llaves de la tubería de aguas claras para limpias.

De la cañería general de conducción de aguas del Esgueva se despren-

derá un ramal de fundición de 0^m,80 de diámetro, que se bifurcará en otros dos de 0^m,60, que entrarán en el depósito pasando por los pozos de que se trata.

Cuando se quiera limpiar el depósito, después de vaciado se abrirán las llaves y se arrojará en él la cantidad de agua limpia conveniente.

Los muros de estos pozos son también de hormigón hidráulico y suben hasta la superficie del terreno, siendo coronados por una hilada de sillería, que llevará los cercos y tapas de fundición que cierran estas aberturas.

Finalmente, sobre las bóvedas se tenderá una capa de tierra de 0^m,60 de espesor en la clave, que se arreglará horizontalmente, dejando de esta suerte sobre el depósito una explanada, que quedará á la cota 686, que es próximamente la de la carretera del paseo de las Moreras, frente á la plaza de Poniente.

En esta operación se reservarán las tierras arcillosas para apisonarlas sobre la chapa de las bóvedas.

Conforme con lo que venimos indicando, toda la obra del depósito se ejecutará con hormigón hidráulico de cemento de Portland, reservando el uso de la sillería y del ladrillo para aquellos puntos en donde se impone su empleo.

De los diagramas de resistencia que se han trazado, se supone el peso del metro cúbico de ladrillo igual á 2.200 kilogramos y á 1.600 el de las tierras.

El espesor de las bóvedas por arista se ha calculado por la fórmula de Gautey:

$$e = \frac{1}{24} A = \frac{5}{24} = 0,21$$

que se aplica mejor á luces tan pequeñas como la de nuestro caso que no las Perronet, Dejardin, alemana y otras. Hemos dado, sin embargo, á las bóvedas un espesor de 0,38 metros; dos roscas de ladrillo á media asta y 0^m,10 de hormigón.

Con arreglo á dichos diagramas resulta que toda la curva de presiones está comprendida en el espesor de la bóveda, y que el empuje de una semibóveda es de 24.350 kilogramos.

Las presiones máximas son, según las juntas verticales del diagrama y por centímetro cuadrado,

2,35	kilogramos	en la clave.
11,76	id.	en los riñones.
7,8	id.	en los arranques,

pudiendo rebajarse estas últimas si se consideran excesivas, aumentando el espesor de la bóveda en los riñones y arranques por medio de un trasdos adecuado al ejecutarse la obra.

Los pilares de sillería resisten el empuje de cuatro semibóvedas y su peso propio ó una resultante vertical de 63.315 kilogramos, que produce una presión de 17 kilogramos por centímetro cuadrado en la junta horizontal próxima á los arranques y de 7,78 kilogramos sobre el macizo de fundación, presiones que son aceptables tratándose de un material como la sillería.

Los muros de recinto, entre cada dos contrafuertes, están sometidos á su peso propio y sobrecarga de tierras, al empuje del agua y de las tierras.

El primero es de 8.800 kilogramos por metro lineal, suponiendo al hormigón un peso de 2.200 kilogramos por metro cúbico.

La sobrecarga, que tiene 2 metros de espesor de tierras, pesa 1.920 kilogramos.

El empuje del agua es $q = 1.000 \frac{4^2}{2} = 8.000$ kilogramos.

El de las tierras, $q' = (P + p) \operatorname{sen} \varphi \cos (\varphi - \beta)$.

Siendo φ ángulo de rozamiento de las tierras, igual á 56° , pues suponemos que se trata de cascajos y arcillas que se sostienen con fuertes taludes, y β ángulo del paramento interior del muro con la vertical, igual á $5^\circ 30'$.

Deducido el prisma de máximo empuje, resulta su base de 1,43 metros, y por lo tanto:

$$P = 1.600 \times \frac{4}{2} \times 1,43 = 4.576 \text{ kilogramos}$$

$$p = 1.600 \times 2 \times 1,43 = 4.576 \text{ kilogramos}$$

$$\text{y } q' = 4.850 \text{ kilogramos.}$$

Compuestas todas las indicadas fuerzas dan una resultante de 12.500 kilogramos, que corta á la base del muro á una distancia d de la arista igual á 0,50.

La presión máxima en la base resulta:

$$p = \frac{2P}{b} \left(2 - \frac{3d}{b} \right) = \frac{2 \times 12.100}{1,40} \left(2 - \frac{3 \times 0,50}{1,40} \right) = 15.730 \text{ kgs.}$$

ó 1,57 kilogramos por centímetro cuadrado.

Los contrafuertes de las bóvedas sostienen su propio peso y sobrecarga, el empuje de la bóveda, la presión producida por las semibóvedas laterales, la presión del agua y el empuje de las tierras.

La base de dichos contrafuertes va empotrada en un macizo de arcilla resistente de un metro de espesor, y la altura del terreno flojo alcanza sólo á tres metros, conforme con lo que arroja la disposición de las capas en el emplazamiento elegido para el depósito.

Análogamente á lo indicado para el muro de recinto hacemos $\varphi = 56$

y $\beta = 14^\circ$, deduciendo para base del prisma de máximo empuje 1,31 metros y para empuje de las tierras $q' = 4.476$.

Compuestas todas las fuerzas citadas dan una resultante de 53.000 kilogramos, que corta á la pared del macizo del contrafuerte apoyada en la arcilla resistente á 0,50 de la arista, resultando una presión máxima de 2,3 kilogramos por centímetro cuadrado sobre dicha fundación.

Bombas.—Turbinas.—Edificio y accesorios.

(Láminas 116 y 117.)

Adosados al muro Norte del depósito y simétricamente respecto á su eje longitudinal, se establecen los pozos de las bombas y el edificio que ha de contener éstas y las turbinas que las pongan en movimiento.

Los pozos son de forma rectangular y escalonados por su interior, con retallos de 1,00 metro por 0^m,25, que disminuyen el lado de la sección cuadrada que presentan aquéllos desde 3,50 metros hasta 2,00 metros.

Los pozos van cubiertos por un cañón de ladrillo de 0^m,30 de espesor, cuyos senos se rellenan de mampostería hidráulica, y en estas bóvedas y correspondiendo con el eje de los pozos se han practicado aberturas circulares de ingreso de 0^m,80 de diámetro, las cuales llevan su encintado de sillería correspondiente con cercos y tapas de fundición.

La solera de los pozos queda al mismo nivel que la del depósito, y en ella se practican rebajos cilíndricos guarnecidos de sillería, en donde entran las cebollas de las bombas.

Los pozos están puestos en comunicación con el depósito por acueductos de 1,00 metro de ancho por 1,00 metro de altura practicados en el muro de circuito, y que pueden abrirse ó cerrarse á voluntad por medio de compuertas maniobradas desde la plataforma superior.

Adosada á los pozos está la cámara de bombas y turbinas, cuyo suelo se establece á la altura de 681, tanto para ganar en las turbinas la mayor caída posible, como para disminuir también el trabajo de las bombas.

Tiene esta cámara 18^m,80 de longitud por 10^m,10 de ancho y va rodeada de muros de hormigón de tres metros de altura y 1^m,10 de espesor en la coronación, con retallos exteriores de 1^m,00 de altura y 0^m,25 de berma.

Los muros transversales del Este y del Oeste se prolongan hasta intostar en los de circuito del depósito, dejando así entre ellos y los de los pozos de las bombas recintos de 4,30 metros por 3,70.

La solera de la cámara es también de hormigón y de 1^m,00 de espesor.

En el piso de esta cámara se establecen las turbinas y las bombas.

Proponemos un juego doble, para precaver las interrupciones, de turbinas Víctor y de bombas Farcot.

Adoptamos de preferencia la turbina Víctor, de origen norte-americano, porque aunque es más cara y tiene el inconveniente, común á todos los aparatos de esta clase construídos en serie, de no adaptarse de un modo preciso á las circunstancias de cada caso, en cambio consigue un coeficiente de aprovechamiento enorme, y presenta la ventaja importante en Valladolid de la facilidad de las reparaciones, puesto que las fábricas suministran inmediatamente todas las piezas de recambio que obedecen á modelos ya fijos que se encuentran siempre en almacén.

Para el trabajo efectivo que hace falta desarrollar y con el coeficiente de aprovechamiento de 0,85, corriente en estas turbinas, basta el modelo de 19 pulgadas inglesas, que tiene 38 centímetros de diámetro interior y 59 de diámetro exterior.

Puede desarrollar esta turbina con la caída de 10,14 metros y los 700 litros por 1", que se distraen del Esgueva 75 caballos, y se colocarán en la cámara dos de esta clase, una en marcha y otra de repuesto, prefiriendo sean de eje horizontal para facilidad de las transmisiones.

Elegimos para impulsar y elevar las aguas sucias las bombas centrífugas Farcot, que se usan también en París en la casa de máquinas de Clichy, y que se adaptan perfectamente á nuestro caso, porque la altura á que hay que elevar las aguas es relativamente reducida.

El tipo que escogemos es el núm. 7, que puede en trabajo normal elevar 160 litros por 1" á la altura necesaria en Valladolid, consumiendo una fuerza de 37 caballos próximamente.

Con arreglo á estas indicaciones hemos proyectado la instalación de las turbinas y bombas, sólo con el objeto de dar idea de lo que ha de ser en su día, porque cuando llegue el momento de ejecutar estas obras lo conveniente será llamar á los constructores de esta clase de aparatos y encargarnos la redacción del proyecto definitivo, no sólo porque lo harán mucho mejor que nosotros podamos hacerlo, sino porque se comprometerán también á un rendimiento en los aparatos que no se les puede exigir con un pie forzado.

Hecha esta aclaración, continuemos describiendo las obras.

La tubería de 0^m.90 de diámetro que trae las aguas del Esgueva, pasa por bajo del suelo de la cámara de máquinas, y en ella empalman los tubos de alimentación de cada turbina por medio de codos al $\frac{1}{4}$ del diámetro conveniente.

El eje horizontal de las turbinas se prolonga, y convenientemente apoyado, lleva las dos poleas necesarias para dar el movimiento á las bombas, que se colocan en la confrontación de estas poleas, cuyo diámetro es el apropiado para que las bombas den el número de revoluciones conveniente.

Los tubos de aspiración de éstas atraviesan el muro que divide la cámara

ra de los pozos, y por medio de un codo al $\frac{1}{4}$, penetran en el rebajo de éstos provistos de sus chupones.

Los tubos de impulsión, también con otros codos al $\frac{1}{4}$, se enlazan con los ramales de la cañería de impulsión de 0^m,80 de diámetro, la cual corre paralela al muro Sur de la cámara de máquinas y á 2 metros de altura sobre su suelo, apoyada en pilares de ladrillo coronados por dados de sillería. Esta cañería atraviesa el muro Este de la cámara y se dirige á la carretera de las Moreras.

Las turbinas desaguan en una cañería de fundición de 0^m,90 de diámetro, colocada bajo el piso de la cámara y paralela al eje longitudinal de ésta. En dicha cañería empalman: el desagüe de los pozos, el de la cañería de impulsión y el de la conducción de aguas del Esgueva, desagües que se practican por medio de tubos de 20 centímetros de diámetro, excepción hecha del último, que se reduce al empalme de ambas tuberías.

Según se detalla en la lámina 117, todos los tubos van provistos de sus correspondientes llaves para dirigir las aguas á donde convenga.

La tubería general de desagüe se dirige, á su salida de la casa de máquinas, en línea recta al Pisuerga y termina en una obra de fábrica, cuyo objeto es contener las tierras del terraplén de que hablamos antes y recibir una compuerta.

Consiste la obra en un muro de hormigón hidráulico paralelo á los lados mayores del depósito, con paramento exterior vertical é interior escalonado, que flanquean otros dos muros normales á su dirección, y cuya coronación sigue la pendiente de 1 $\frac{1}{2}$ por 1 del talud de las tierras. Estos muros, que dejan entre sí un claro de 1,00 metro, tienen sus paramentos exteriores verticales y los interiores escalonados, y entre ellos intesta la boca de la cañería general de desagüe, que se cierra con una compuerta maniobrada desde la parte superior de esta obra en los casos de crecidas extraordinarias del río.

Toda esta obra es de hormigón hidráulico, excepción hecha de las coronaciones y sillares de la boquilla del tubo, que han de recibir el bastidor de la compuerta.

Esta obra se colocará de suerte que su frente esté en prolongación del de la que recibe las boquillas de los tubos de desagüe de los pozos de decantación, á fin de que la arista superior de los terraplenes quede en línea recta paralela al eje longitudinal del depósito.

Sobre la cámara de máquinas, cuyo piso queda á 5 metros por bajo de la cota 686, se construirá un edificio de ladrillo con zócalo de sillería y cubierta de teja plana.

Los detalles de este edificio quedan claramente representados en la lá-

mina 116, y esta circunstancia nos evita entrar aquí en detalles enojosos y confusos.

Diremos, sin embargo, que se da á la cámara 6 metros de altura con objeto de que pueda recibir luz bastante por las ventanas apaisadas que se practican en el zócalo y de que el piso de la casa quede bien saneado.

El techo de la cámara de máquinas, que viene á formar el piso del edificio, está compuesto de bovedillas de hormigón hidráulico, apoyadas en viguetas de hierro de doble T distantes 1,20 metros, que á su vez descansan sobre los muros de recinto y sobre otras viguetas longitudinales de 0^m,30 de altura y también de doble T, que se apoyan en tres columnas de fundición.

Los espacios de 4^m,30 por 3^m,70 á que antes nos referimos y que quedan entre los pozos de las bombas y los muros transversales de la cámara de máquinas prolongados, se cubren con dos pabellones, que sirven el uno de almacén y el otro de ingreso ó vestíbulo de dicha cámara.

De este vestíbulo arranca la escalera de bajada adosada al muro del Oeste y apoyada en bóvedas de ladrillo por tranquil.

El piso de este vestíbulo está constituido por viguetas movibles, que levantadas dejan un trampón de 3 por 1,80 metros para bajar á la cámara de máquinas las piezas de grandes dimensiones.

La distribución del edificio para habitación de empleados queda bien detallada en los planos, y en su construcción se emplean sólo los materiales corrientes en la localidad, haciéndose los paramentos de los muros exteriores de ladrillo prensado con decoración policroma, y la cubierta, que sostiene una sencilla armadura, de teja plana.

El espacio que queda entre los dos pabellones, y que corresponde al emplazamiento de los pozos, se cubre con un embaldosado de losetas, tomadas con mortero de cemento.

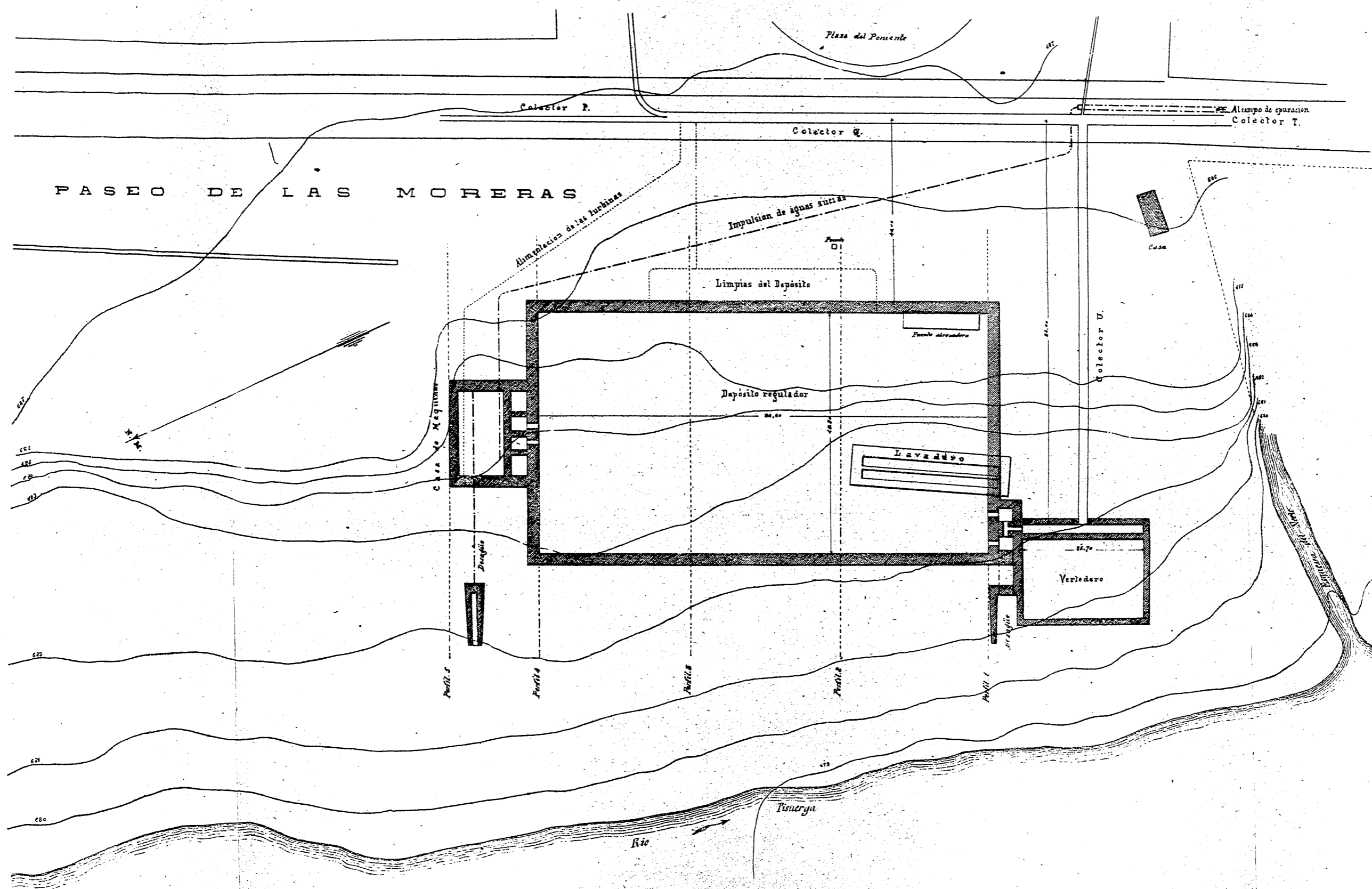
Finalmente, las tierras procedentes de las excavaciones de todas estas obras se extienden, dejándolas enrasadas á la cota 686, constituyendo así una explanada, sobre la que se elevará la casa de máquinas y en cuyos taludes aparecerán el vertedero del colector y las obras en que terminan los desagües de los pozos de decantación y de la cámara de bombas con sus compuertas.

Los materiales que para la construcción de estas obras se proponen, además del hormigón hidráulico que constituye la parte principal, son los de uso común en Valladolid.

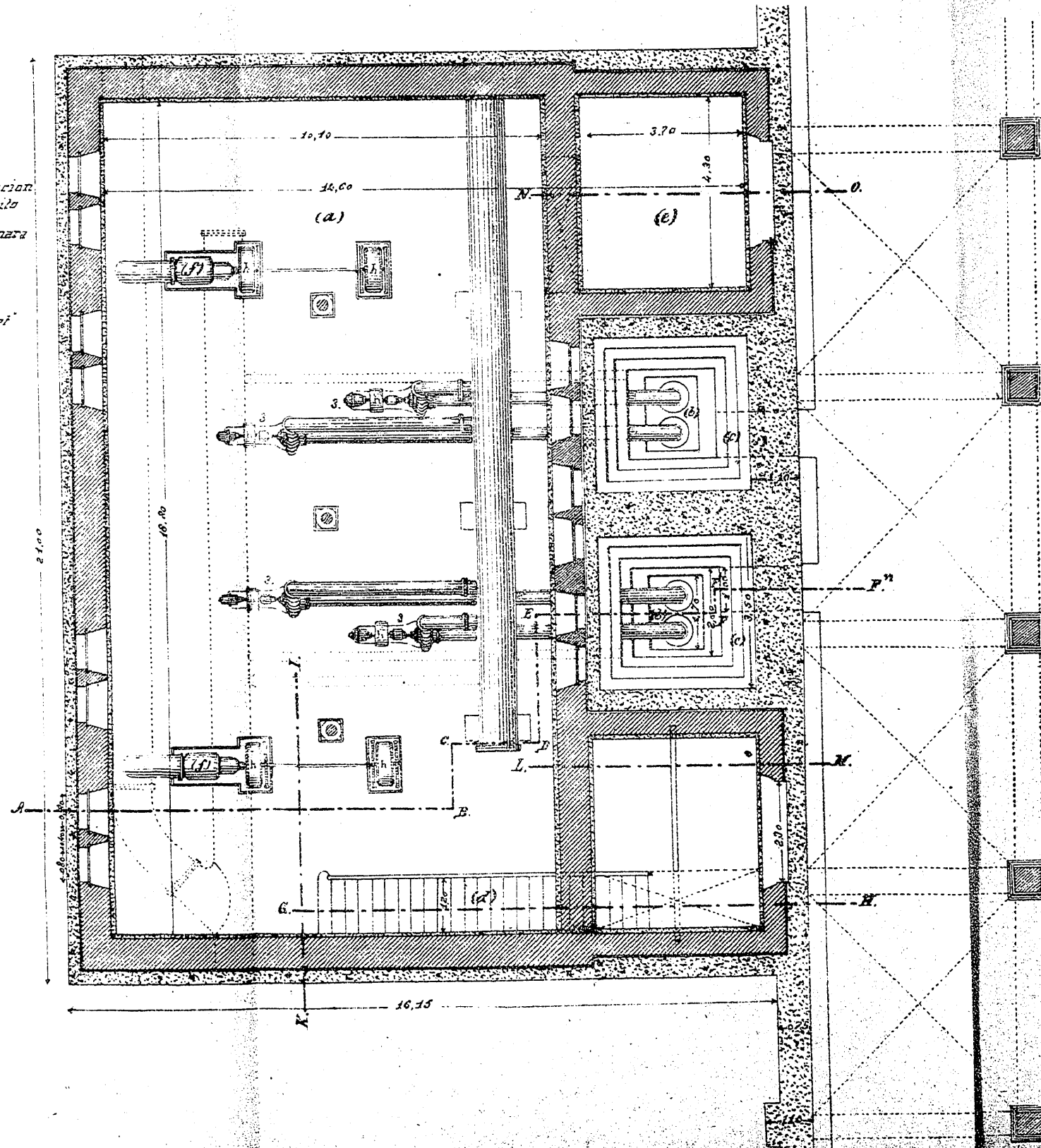
(Se continuará.)

Saneamiento de Valladolid.

Plano del emplazamiento del Depósito regulador y anexos.



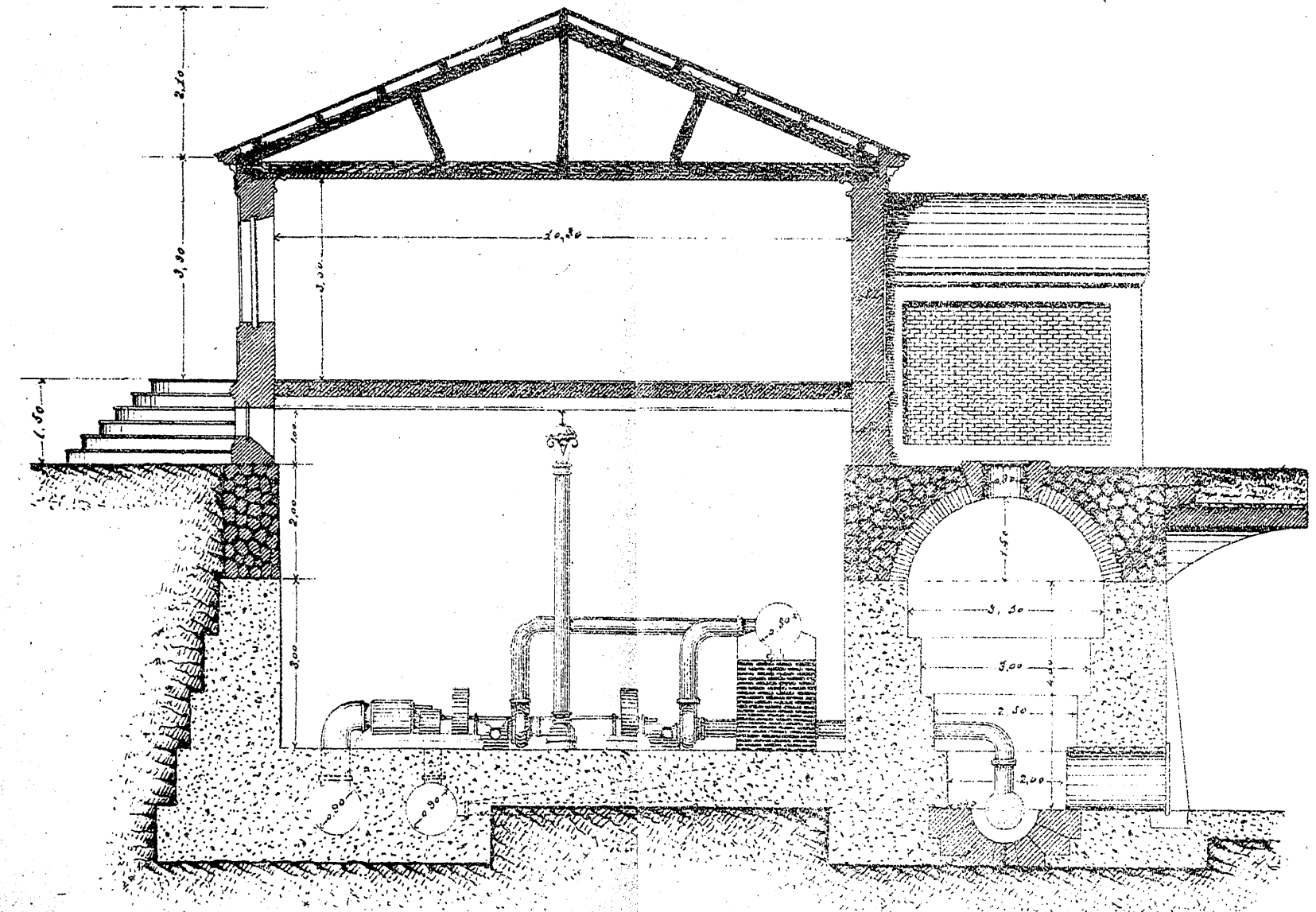
- Explicación
- a - Cámara de máquinas
 - b - Pozos para las bombas
 - c - Acueductos de comunicación de los pozos con el depósito
 - d - Escalera de acceso a la cámara de máquinas
 - e - Almacén
 - f - Turbinas Victor
 - g - Bombas centrífugas Furzei
 - h - Poleas de transmisión

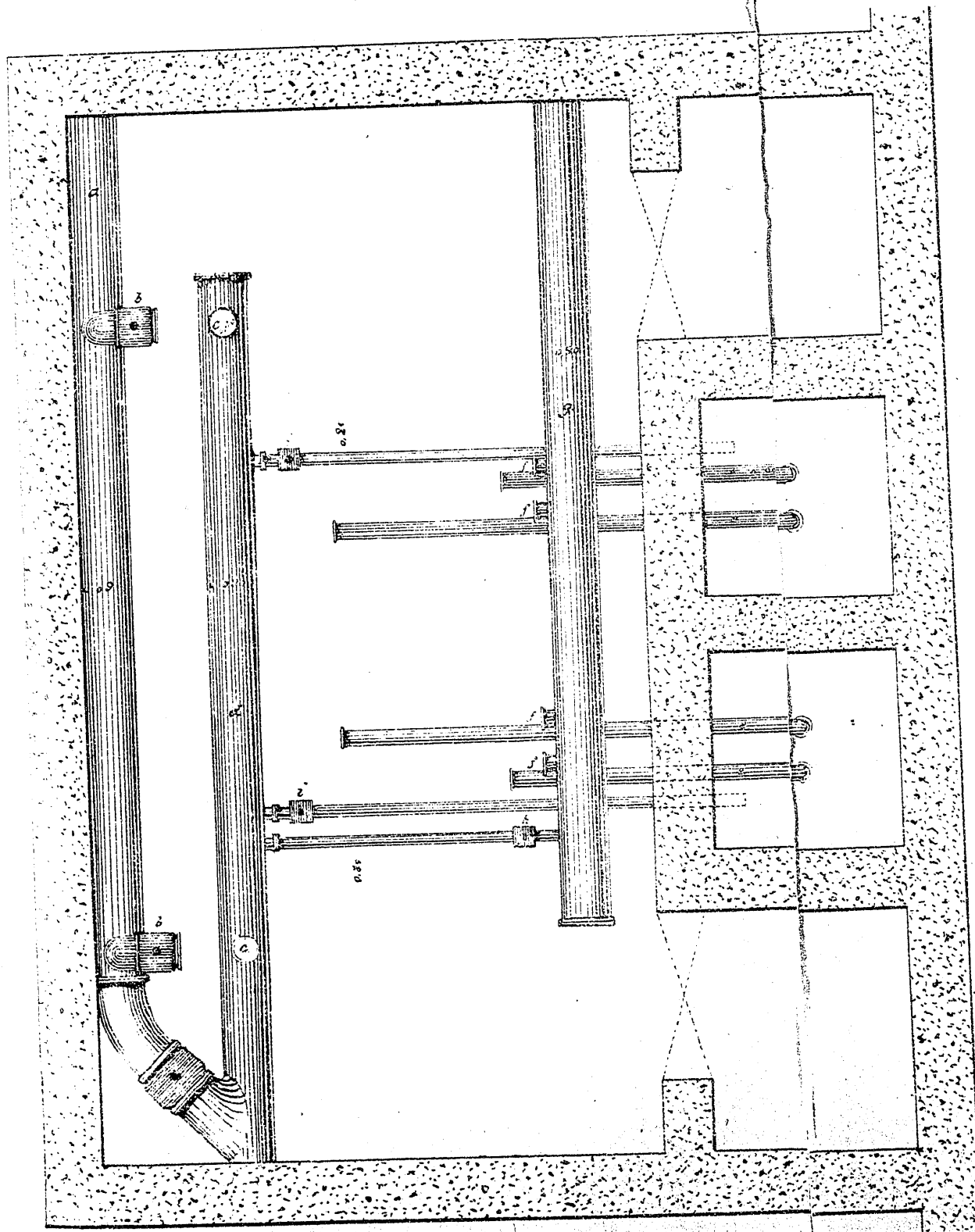


SANEAMIENTO DE VALLADOLID

Casa de máquinas.

Corte por la línea A.B.C.D.E.F.F.F.F.





SANEAMIENTO DE VALLADOLID .

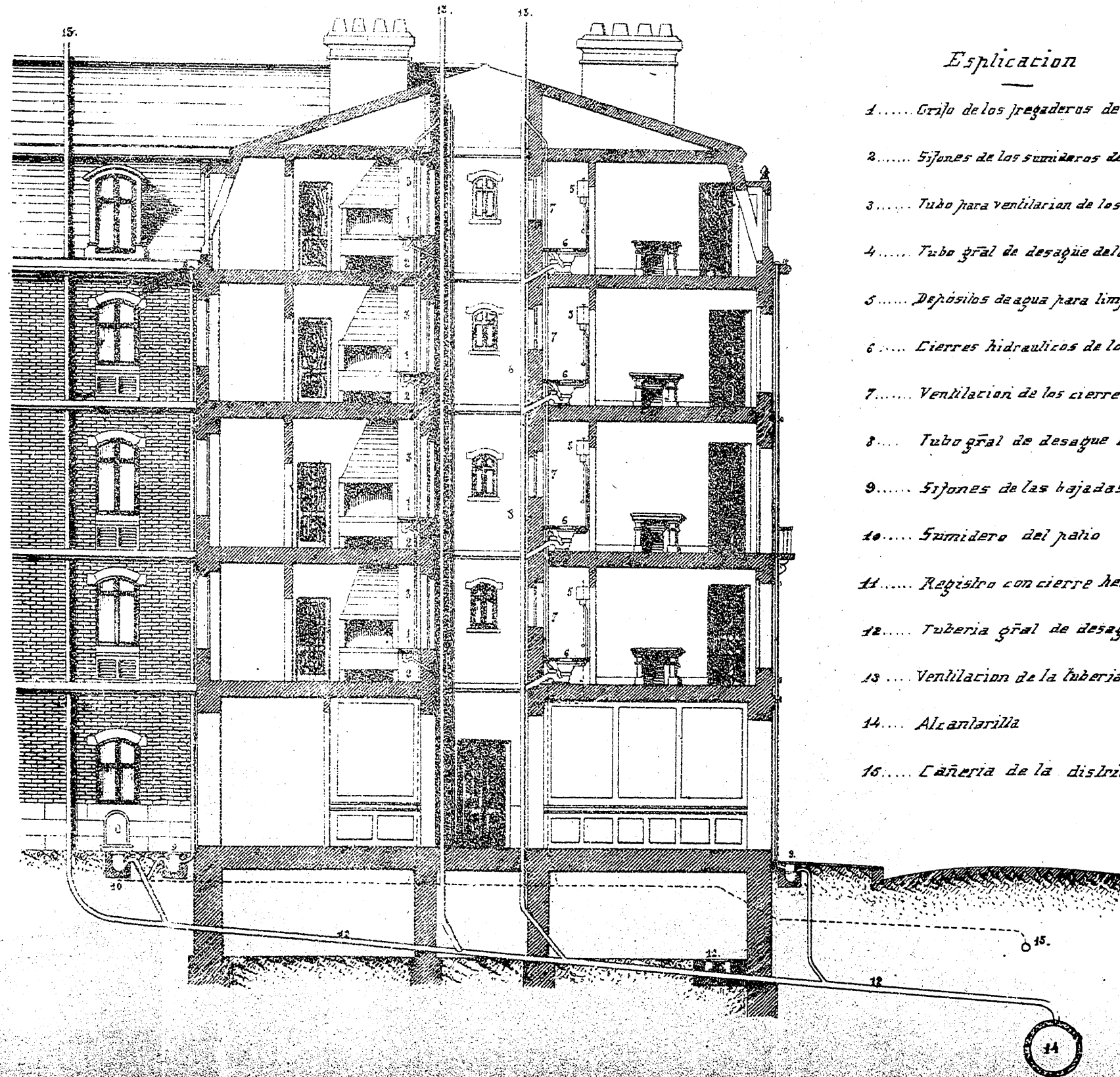
Disposicion de las tuberias de la cámara de máquinas.

Explicacion

- a. ... Tuberia del agua del Esquava para dar movimiento a las turbinas (a llave)
- b. ... Llaves de entrada a las turbinas
- c. ... Tubos de desague de las turbinas
- d. ... Tubo de desague general
- e. ... Tubos de aspiracion
- f. ... Tubos de expulsion de las bombas centrifugas
- g. ... Tuberia de elevacion de las aguas sucias
- h. ... Llave del tubo de descarga de la tuberia de elevacion
- i. ... Llaves de los tubos de descarga de los pozos

SANEAMIENTO DE VALLADOLID.

Saneamiento de una habitación
por desague directo à la alcantarilla.



Explicacion

- 1..... Grifo de los fregaderos de cocina
- 2..... Sifones de los sumideros de cocina
- 3..... Tubo para ventilacion de los sumideros de cocina
- 4..... Tubo gñal de desague de los sumideros de cocina
- 5..... Depósitos de agua para limpia de los retreles
- 6..... Cierres hidraulicos de los retreles
- 7..... Ventilacion de los cierres de los retreles
- 8..... Tubo gñal de desague de los retreles
- 9..... Sifones de las bajadas de aguas del lejado
- 10..... Sumidero del patio
- 11..... Registro con cierre hermético de la tubería gñal de desague
- 12..... Tubería gñal de desague
- 13..... Ventilacion de la tubería gñal
- 14..... Alcantarilla
- 15..... Cañería de la distribucion de agua