

Proyecto de estación depuradora de las aguas residuarias de Madrid

Antecedentes

El alcantarillado de Madrid, obra muy completa, verdadero modelo, con el único defecto de ser exce-

El Manzanares, con un caudal de estiaje muy inferior al de las aguas negras que en él vierten sin tratamiento alguno, resulta, a las puertas mismas de Madrid, un emisario descubierta; en sus márgenes y

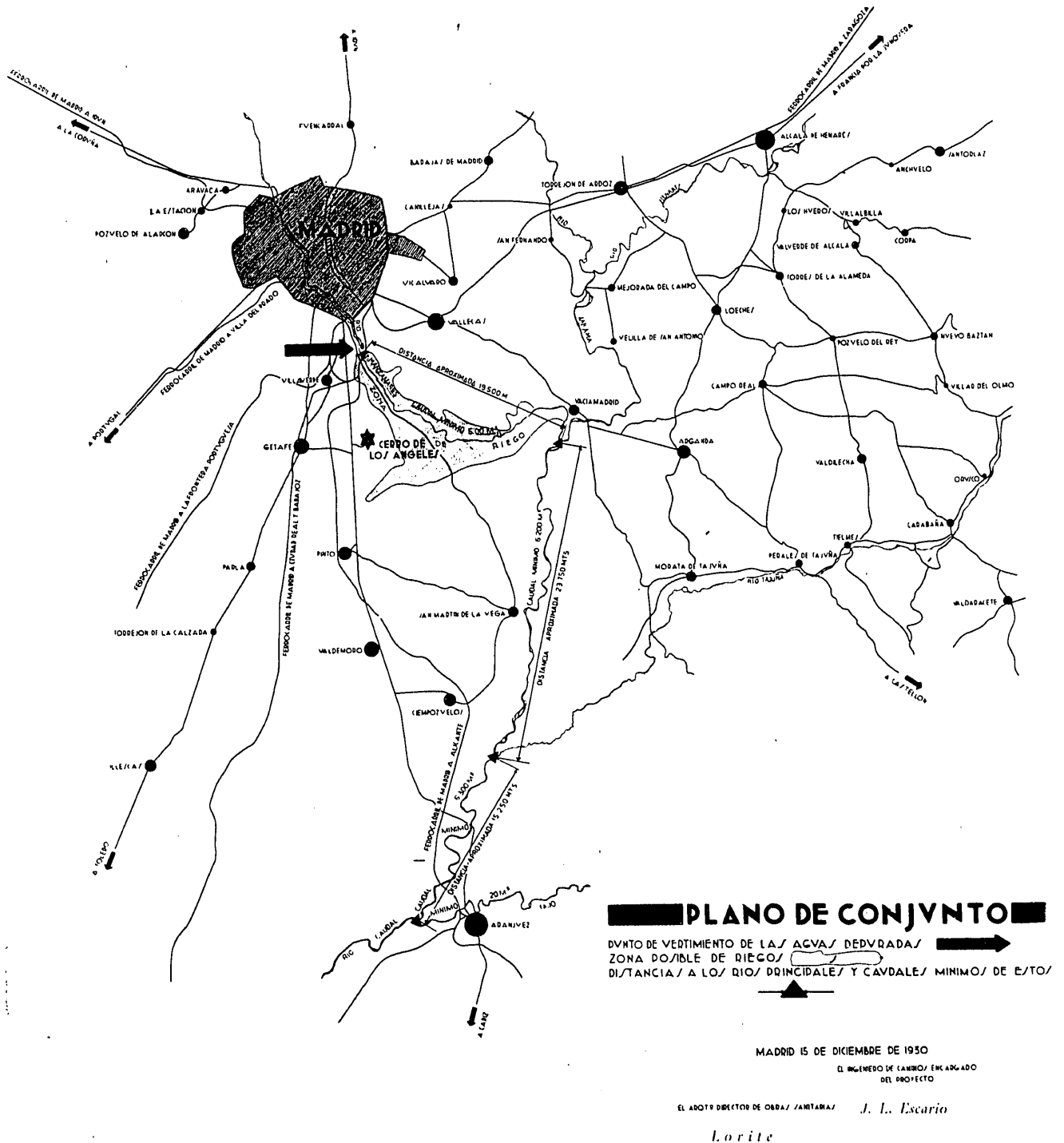


Fig. 1.ª

sivamente lujoso, pues es todo visitable, con una longitud total de colectores de 400 km, está de hecho anulado, desde el punto de vista higiénico, por el destino final de las aguas que recoge.

meandros se detiene la materia orgánica que transporta, formando depósitos en activísima putrefacción, cuyos olores hacen imposible la vida en las proximidades y constituyen focos de contagio de im-

FIEBRE TIFOIDEA EN MADRID.
MORTALIDAD ANUAL POR 100.000 HABITANTES

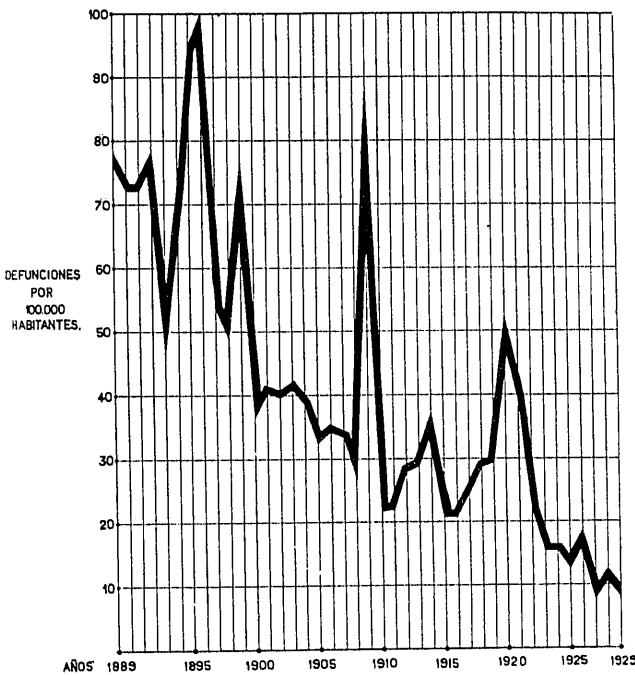


Fig. 2.*

significativa, especialmente teniendo en cuenta el destino de las aguas residuarias de la capital.

Resolver este problema ha sido el afán de muchos Municipios madrileños; pero no se ha logrado, algo por las vicisitudes y cambios políticos, y mucho porque el problema técnico presentaba dificultades no fáciles de vencer.

Se inició su estudio, con empeño digno de todo elogio, por el arquitecto director de Obras Sanitarias, D. José de Lorite, construyéndose primero una pequeña instalación de cienos activos, y después, en la calle de Méndez Alvaro, una mayor, del mismo sistema, capaz de tratar 250 m³ al día, y otra sistema «Simplex». A pesar de la forma en que ambas instalaciones se montaron, sin la debida elasticidad de funcionamiento, precisa en toda instalación experimental, los resultados a que se llegó, desde el punto de vista de depuración, fueron muy satisfactorios; y apoyándose en ellos, se formuló en 1927, siendo alcalde el señor conde de Vallellano, un proyecto de estación total por el procedimiento de «cienos activos», proyecto que en principio se aprobó, consignándose en el presupuesto extraordinario la cantidad precisa para iniciar la resolución del asunto con la construcción de una unidad.

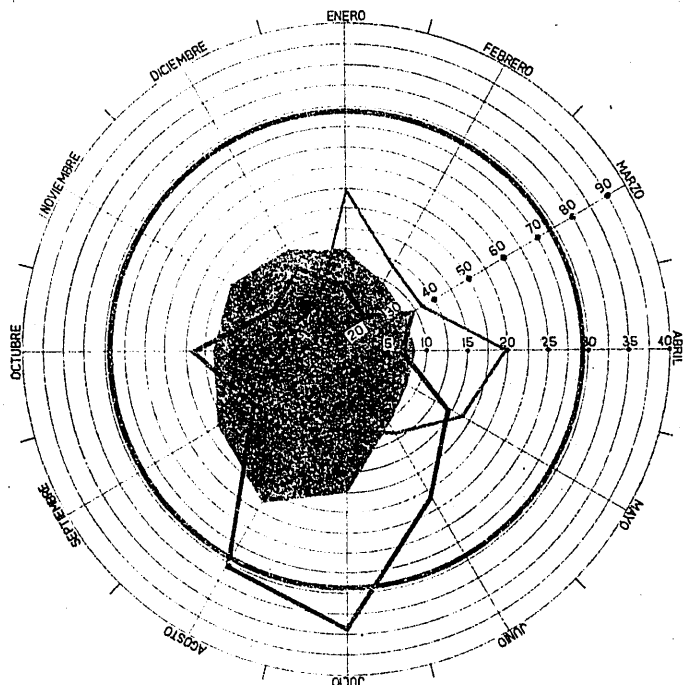
Era muy difícil, no obstante, decidirse a acometer en su totalidad el problema, pues los gastos de establecimiento y explotación, con arreglo al proyecto

portancia grande, por su situación en las cercanías de núcleos de población considerables.

Las aguas del alcantarillado, derivadas directamente de los colectores y tomadas del río, sirven, sin tratamiento alguno, para el riego de huertas, en las cuales se efectúa el cultivo sin vigilancia de ningún género y sin la menor precaución de orden higiénico; a las verduras que en ellas se producen se debe, sin duda alguna, gran parte del tifus endémico que Madrid padece.

Hay la idea popular de que el tifus de Madrid está causado por sus aguas de abastecimiento. Nada más lejos de la realidad. Es cierto que tanto los viajes antiguos como el abastecimiento de Santillana, son deficientes y peligrosos; pero la población que de ellos se sirve es sólo una pequeña parte de la total. Las otras aguas, las que Madrid recibe del Canal de Isabel II, reúnen las máximas garantías higiénicas. De las Memorias del Canal hemos tomado los datos de los máximos de *bacillus Coli* en los depósitos de Madrid durante los distintos meses del año, que han servido para construir el gráfico de la figura 3.^a. En la misma figura hemos trazado la curva de las máximas defunciones por fiebre tifoidea ocurridas durante los últimos doce años. Los máximos de estas dos curvas no coinciden, y, en cambio, coinciden los de defunciones por fiebres tifoideas con el máximo consumo de verduras crudas. Esta coincidencia no es, claro está, para fundar en ella una afirmación categórica, máxime existiendo otros abastecimientos que no reúnen las garantías higiénicas del Canal de Isabel II, pero de todas maneras, es muy

TERMINOS MEDIOS DE DEFUNCIONES POR FIEBRES TIFOIDEA EN LOS DISTINTOS MESES EN LOS ULTIMOS 12 AÑOS-MADRID



■ LIMITE MAXIMO DE BACILIV/ COLI PERMITIDO POR EL REGLAMENTO DE JAMIDAD MUNICIPAL DE 9 DE FEBRERO DE 1925 EN LA / AGVA / DE / SERVICIO PVBLICO

● MEDIA MENSUAL DE BACILUS COLI EXISTENTES DE LOS DEPOSITOS DE MADRID DEL CANAL DE ISABEL II

○ CONSUMO MEDIO MENSUAL DE VERDURAS CRUDAS EN MILES DE BULTOS

Fig. 3.*

aprobado, resultaban muy elevados. En estas circunstancias, el autor de estas líneas recibió el encargo de la Dirección de Obras Sanitarias de estudiar el problema y formular un proyecto definitivo.

DIAS DE LLUVIA EN MADRID AL MES.
MEDIA EN 5 AÑOS

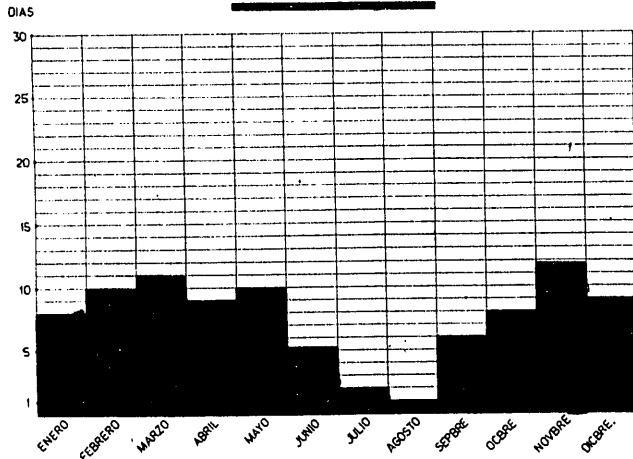


Fig. 4.*

En estos últimos años la técnica de la depuración de las aguas residuarias había dado un paso gigante con la digestión separada de cienos y la utilización de los gases para producción de fuerza. Conocíamos ya, desde hacía años, lo principal que en Europa y América se había construido, y habíamos seguido muy de cerca la evolución del asunto; pero antes de terminar nuestro proyecto definitivo quisimos visitar las modernas instalaciones alemanas y, por nosotros mismos, comprobar las características base de nuestro estudio, consultando con las mayores autoridades técnicas de aquel país, para lograr así una seguridad plena. Detenidamente recorrimos las instalaciones principales de los distintos sistemas, compulsando los datos de la estación de Madrid y procurando comprobar hasta los menores detalles técnicos, para que nuestro proyecto fuese, como hemos creído lograrlo, lo más completo y moderno posible.

Datos locales

La estación la hemos calculado para una población de 1 200 000 habitantes, máximo que podrá verter al actual colector general del Manzanares.

El sistema de alcantarillado de Madrid es unitario, y como la dotación de agua por habitante y día es elevada, la composición de las aguas negras resulta normal, siendo más bien débiles que concentradas. No existen industrias importantes cuyos residuos sean perjudiciales para el proceso de depuración

biológica. El caudal medio diario que ha de servir la estación es de 350 000 m³, calculándose ésta para un máximo horario de $350\,000 : (14 \times 3\,600) = 6,94$ metros cúbicos por segundo $\times 7$ m³ por segundo, que es el medio diario repartido en 14 horas.

La dotación media diaria de 350 000 m³ corresponde a 291 litros por habitante y día, para una población de 1 200 000 habitantes, cantidad de agua que resulta muy racional, teniendo en cuenta los planes futuros del Canal de Isabel II.

Elección de sistema

Cuatro sistemas podían resultar aplicables al caso de Madrid: primero, irrigación directa; segundo, sedimentación y clorinación con o sin utilización posterior en riegos; tercero, filtros percoladores, y cuarto, cienos activos. Rápidamente vamos a examinar sus características, ventajas e inconvenientes para justificar nuestra elección.

1.º *Irrigación.*—Es el riego directo de terrenos de cultivo el método más antiguo de los que vamos a examinar. El ejemplo de los célebres *champs d'épandage* de París influyó mucho en nosotros, especialmente por ser la literatura científica francesa la que a principio de siglo utilizaban más nuestros compañeros. Hace cerca de diez años visitamos por primera vez los campos de riego de París, y la impresión que producen, desde el punto de vista de la higiene,

KILOMETROS DE ALCANTARILLA POR 100.000 HABITANTES

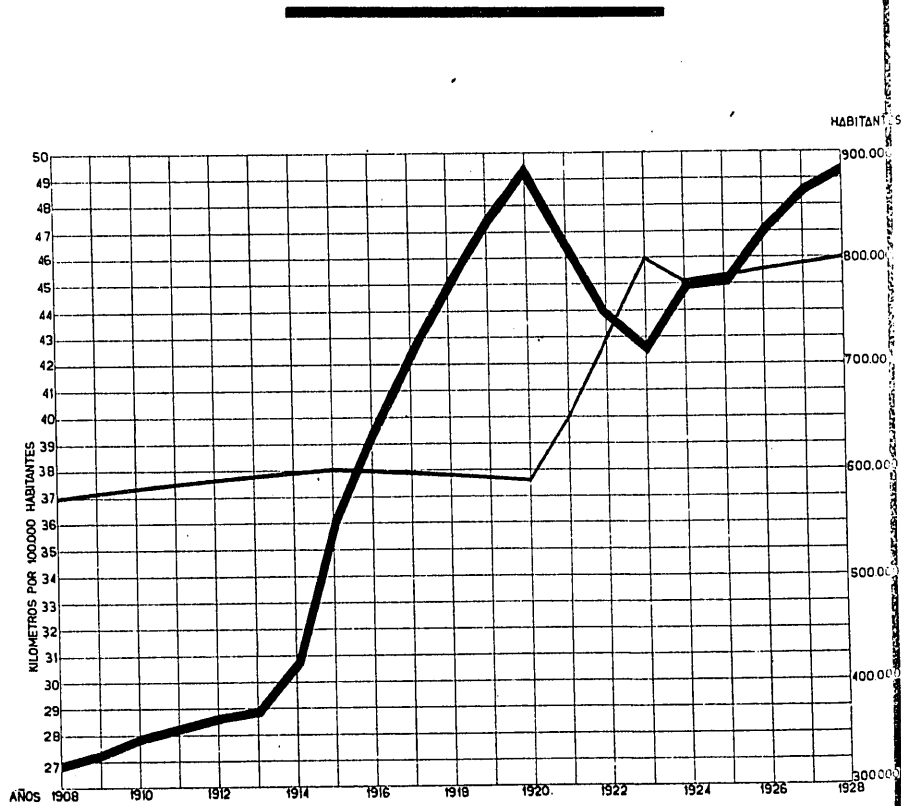


Fig. 5.*

no puede ser más desastrosa. La autoridad indiscutible del doctor Calmette juzga el sistema diciendo «que los muchos millones invertidos no han librado al Sena más que de una cantidad inapreciable de microbios»

París, hace ya años, se preocupa de sustituir el viejo sistema, y tiene establecidos en sus alrededores distintos campos de experimentación, como los de la Madeleine y Mont-Mesly. Se lucha, para suprimir el sistema de riego, con los intereses creados de los regantes, para los cuales, claro está, la higiene nada supone desde el momento en que su negocio es bueno.

Hace unos años se presentó en la Alta Cámara francesa una proposición firmada, en primer término, por el doctor Brouardel, en la cual pedía se prohibiese el riego de huertas con aguas residuarias no depuradas. En la exposición de motivos de esta propuesta se hacían ver los enormes perjuicios que en la salud pública causa el procedimiento de riego directo, que contamina las legumbres regadas y constituye un gravísimo peligro por los depósitos de materias fecales que se forman en los campos de riego, las bacterias de los cuales se transportan por mil medios indirectos de contagio. En la región parisién se ha demostrado que la fiebre tifoidea, en las proximidades de los campos de riego, alcanza cifras más elevadas que en el resto de la región.

Aun los terrenos más convenientes, los de naturaleza arenosa, se saturan muy rápidamente si se riegan con aguas negras sin tratar, y las legumbres que se recogen tienen gusto y olor nauseabundo, aparte de los peligros evidentes de contagio que presentan. El ambiente en los alrededores es insostenible.

La superficie precisa es muy grande. El profesor Dienert considera necesaria 1 ha por cada 80 000 m³ al año. Esta cifra es reducida, pues la proporción corriente de riegos de 1 litro por ha y segundo representaría al año solamente 31 536 m³ por cada hectárea. Estas cifras nos dan idea de la superficie enorme que el Municipio necesitaría para establecer este sistema.

Hoy día las normas modernas de higiene, para evitar los peligros del antiguo sistema, exigen un tratamiento previo de las aguas residuales y una clorinación para destruir los gérmenes patógenos que contengan. Este procedimiento entra dentro del

2.º *Sedimentación y clorinación con o sin utilización posterior para riegos.*—Exige este sistema un desgrosamiento por sedimentación y una clorinación posterior. La cantidad de materia, orgánica y el número elevado de gérmenes que las aguas contienen hacen imprescindible, si se quiere lograr una desinfección completa, el empleo de una cantidad muy elevada de cloro. En Leipzig hay un ejemplo muy instructivo de este sistema; la dosificación varía desde 20 a 50 gramos por metro cúbico. Solamente en cloro se gasta, para una parte de las aguas de Leipzig, más de 200 000 marcos oro al año.

Con las cifras de Madrid necesitaríamos, si se quiere llegar a una desinfección completa, aceptando la cifra media de 30 gramos por metro cúbico,

$$30 \times 350\,000 = 10\,500\,000 \text{ gramos,}$$

o sean

$$10\,500 \text{ kilogramos al día.}$$

El costo del cloro, aun para estas cifras tan elevadas, nunca podría bajar en España de una peseta el kilogramo, y, por lo tanto, solamente esta partida representaría al día

$$10\,500 \text{ pesetas,}$$

o sea, al año,

$$3\,832\,500 \text{ pesetas.}$$

A esta cifra habría que añadir los demás gastos de explotación y los intereses y amortización de la instalación de sedimentación y digestión.

3.º *Filtros percola ores.*—Tienen el grave inconveniente de precisar también una gran superficie. Con las instalaciones anejas, se necesitaría, para la instalación de Madrid, un total de 755 000 m². Desde el punto de vista de la higiene no hay que oponer a instalación de este tipo inconveniente alguno: las aguas que se obtienen son perfectamente estables, y la reducción bacteriana es tan elevada como en el proceso de cienos activos. El único inconveniente que tiene su explotación es la dificultad de evitar los malos olores y la presencia de moscas en las proximidades de la instalación. Aunque los gastos de explotación son reducidos, los de primer establecimiento son muy elevados, resultando en definitiva, tenidos en cuenta interés y amortización de primer establecimiento, más costoso que el procedimiento de cienos activos.

Con los presupuestos aproximados de los procedimientos 2.º y 3.º—desechando, desde luego, el 1.º, de irrigación directa, por la gran superficie que exige y sus desventajas higiénicas—y con el exacto de la solución adoptada de cienos activos, hemos formado el gráfico que se reproduce en la figura 6.ª, en el cual pueden verse las características de los distintos sistemas estudiados y la carga anual que representa su establecimiento.

Solución adoptada.—Teniendo en cuenta las razones de orden higiénico y económico que anteriormente se señalaron, decidimos adoptar el procedimiento de cienos activos, en el momento actual el más moderno y en boga en el mundo.

Hasta hace muy pocos años tenía este procedimiento los gravísimos inconvenientes de su elevado costo de explotación y de la gran cantidad de cienos que era preciso desecar; pero el conocimiento y la aplicación del proceso de digestión de los cienos ha venido a resolver ambos inconvenientes, produciéndose, en condiciones determinadas, en los tanques de digestión, la cantidad de gases suficiente para engendrar la potencia que la instalación necesita, y, al mismo tiempo, los cienos digeridos son en menor cantidad y mucho más fácilmente desecables, ya que el tanto por ciento de agua que contienen es inferior al de los cienos sin digerir.

La instalación proyectada comprende:

1.º Un aliviadero de superficie que limita el caudal máximo a tratar a 7 m³ por segundo.

2.º Cámara de rejillas gruesas que separan los elementos flotantes y que no conviene vayan a las de sedimentación, donde sería difícil separarlos.

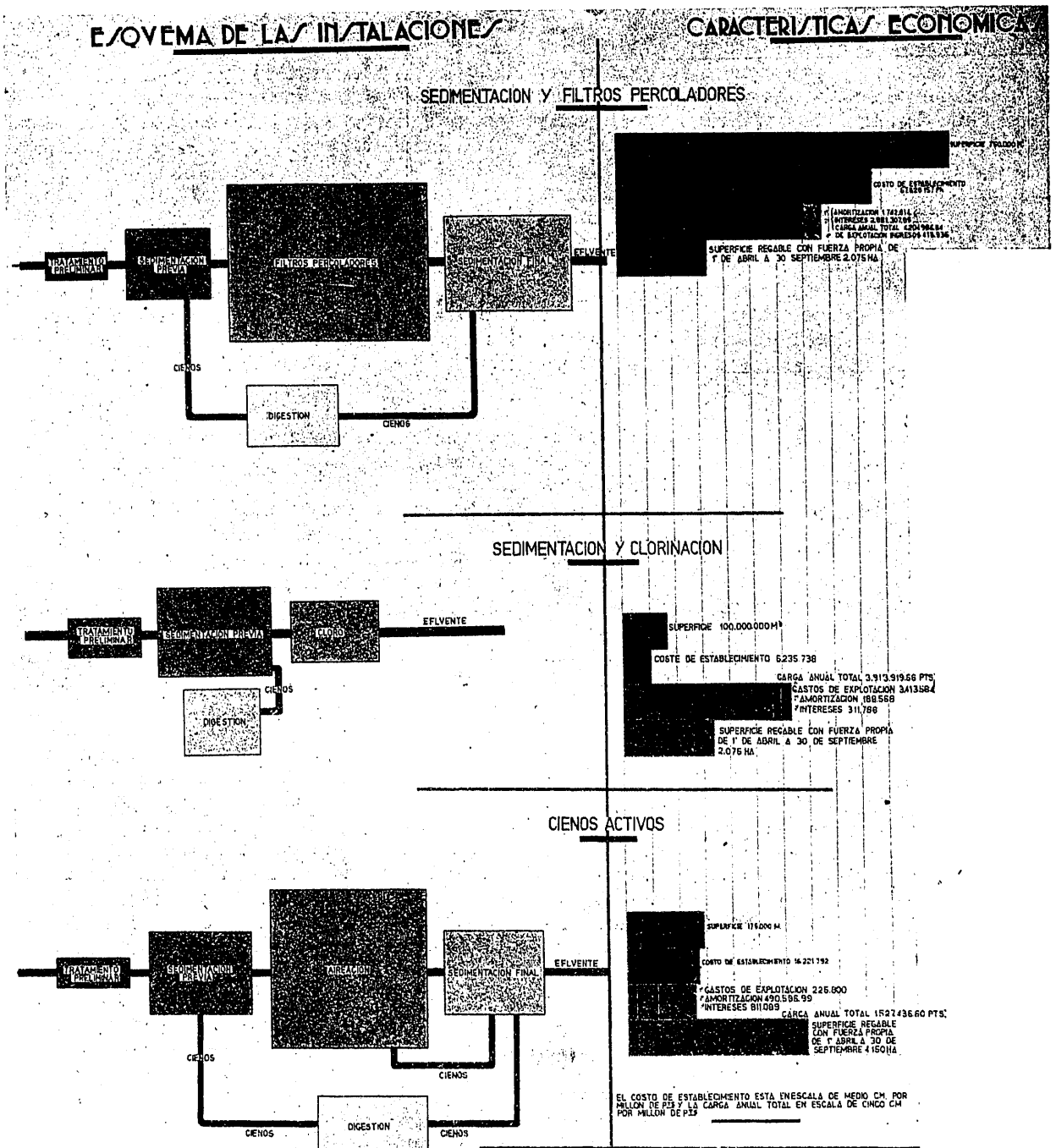
3.º Un arenero en el cual se separan las arenas y elementos minerales sedimentables, a 0,30 m por segundo de velocidad del agua.

4.º Una cámara de grasas para la eliminación de éstas, que no pueden separarse en el resto del proceso.

5.º Un canal general de distribución, con sus cámaras de compuertas para repartir las aguas en forma conveniente entre las unidades de sedimentación.

6.º Seis unidades de sedimentación, con eliminación mecánica de lodos.

7.º Canal de mezcla de las aguas sedimentadas con los cienos activos y cámaras de distribución a los tanques de aireación.



I	II	III
Estación compuesta de sedimentación previa, filtros percoladores y sedimentación secundaria	Estación compuesta de sedimentación previa y clorinación	Solución adoptada: Cienos activos
Superficie precisa..... 750 000 m ²	Superficie precisa 1 000 000 m ²	Superficie precisa..... 175 000 m ²
Presupuesto aproximado de establecimiento..... Ptas. 57 025 157,00	Presupuesto aproximado de establecimiento Ptas. 6 235 738,57	Presupuesto de establecimiento Ptas. 10 221 102,35
Idem de explotación: Administración..... » 20 000,00	Idem de explotación: Administración..... » 20 000,00	Idem de explotación: Administración..... » 20 000,00
Idem id. Laboratorio..... » 20 000,00	Idem id. Laboratorio..... » 20 000,00	Idem id. Laboratorio..... » 20 000,00
Idem id. Personal y varios.... » 185 800,00	Idem id. Personal y varios.... » 185 800,00	Idem id. Personal y varios.... » 185 800,00
Suma..... » 225 800,00	Idem id. Consumo de cloro.... » 3 832 500,00	Total..... » 225 800,00
Ingresos por la venta de 1 000 CV continuos o sean 6 447 380 kWh anuales producidos por los gases de digestión, a 0,10 pesetas el kWh en la estación	Total..... » 4 058 300,00	Cargas anuales: Gastos de explotación..... » 225 800,00
Ingresos anuales..... » 644 787,00	Ingresos por la venta de 1 000 CV..... » 644 736,00	Idem id. Amortización (en 20 años al 5 por 100)..... » 400 546,09
Cargas anuales totales. Amortización (en 20 años al 5 por 100)..... » 1 742 814,00	Gastos totales de explotación..... » 3 413 564,00	Idem id. Intereses (5 por 100 anual)..... » 811 089,01
Intereses (5 por 100)..... » 2 881 307,85	Cargas anuales: Gastos de explotación..... » 3 413 564,00	Total..... » 1 527 436,60
Total..... » 4 023 922,84	Idem id. Amortización (en 20 años al 5 por 100)..... » 188 668,73	
A descontar ingresos anuales.. » 418 936,00	Idem id. Intereses (5 por 100 anual)..... » 311 786,03	
Carga anual..... » 4 204 986,84	Carga anual total..... » 3 913 919,66	

Nota importante: Todas las cifras se refieren a la instalación total para 1 200 000 habitantes, máximo previsto para el día de mañana. No se tiene en cuenta ingreso alguno por la venta, como abono, de los cienos secos. Si se efectúa el proyecto complementario de riegos, vendiendo el Ayuntamiento el agua elevada en el origen de los canales a 0,02 pesetas metro cúbico desde 1.º de abril a 30 de septiembre, tendrá por este concepto un ingreso directo de 1 260 000 pesetas anuales, aparte de los indirectos que la solución propuesta originaría.

PLANO GENERAL DE LA INTALACION

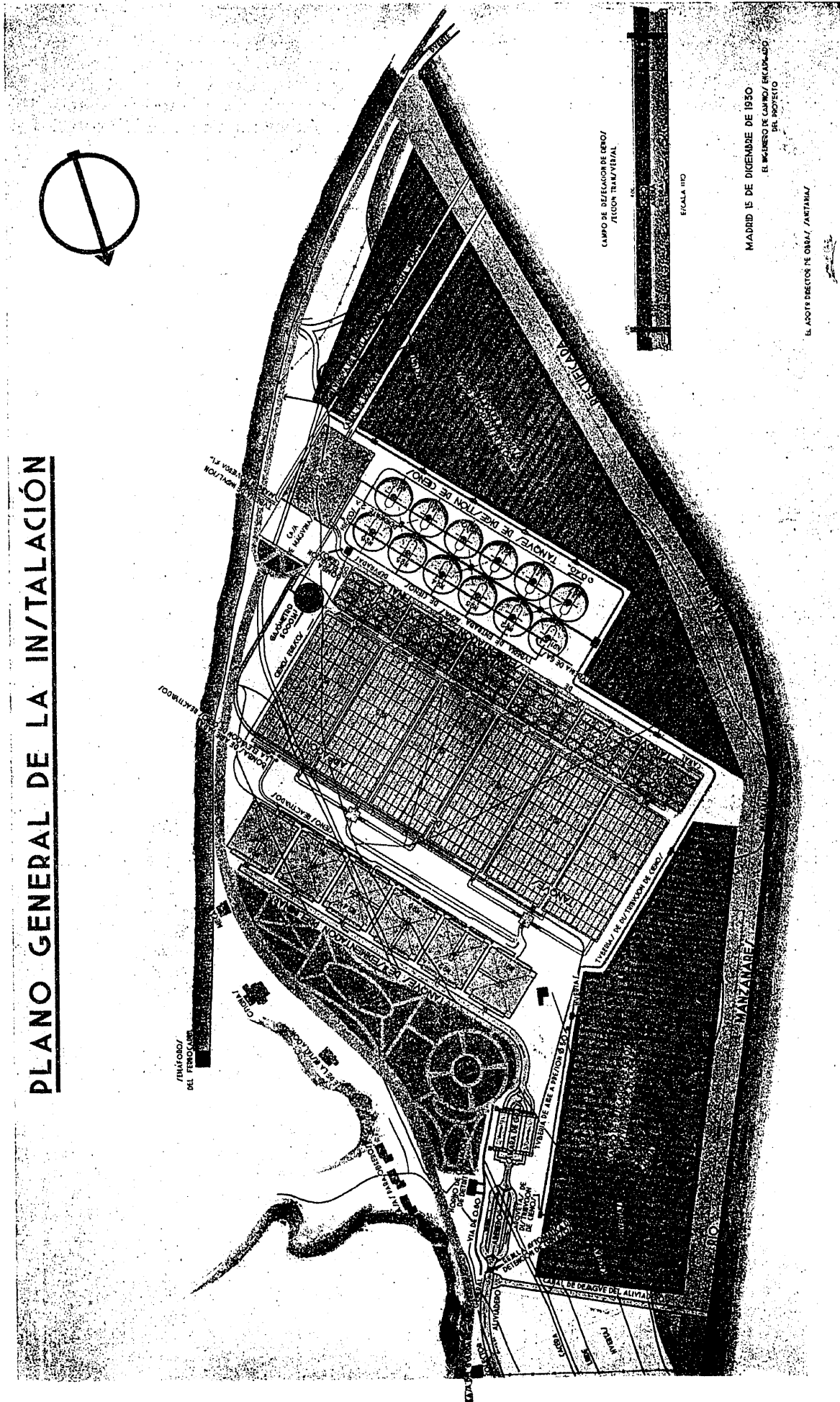


Fig. 7.

8.º Seis tanques de aireación por difusión de aire.

9.º Seis grupos de ocho tanques cada uno para la sedimentación final.

10. Doce tanques de digestión de cienos, con aparatos de mezcla de éstos y campanas de recuperación de gas.

11. Casa de máquinas, con sus motores de gas y

eléctricos, compresores de aire y gasómetro regulador.

12. Un horno de cremación de detritus.

13. Campos de desecación de cienos.

14. Casa para oficina y laboratorio.

15. Casas-viviendas para el personal.

En un próximo número describiremos los elementos principales.

José LUIS ESCARIO
Ingeniero de Caminos

Política hidráulica¹

El Estado, las grandes obras hidráulicas y la producción de energía eléctrica

VIII

Más directa y radical, como corresponde a una nacionalidad que acaba de formarse, es la intervención del Estado checoslovaco en la intensificación, no sólo de la producción hidroeléctrica, sino de sus aplicaciones a las industrias convenientes a la economía del país.

Tal es el caso, como ejemplo, del contrato concertado en 11 de enero de 1930 entre dicho Estado y la «Zentralelektrizitätswerke, A-G.», de Praga, para la construcción de la presa y central eléctrica de Massaryk, en el río Elba, en la que aprovecha un caudal de 300 m³ por segundo.

Según este contrato, las autoridades provinciales de Praga se encargan, por cuenta del Estado, de la ejecución de las obras de los canales de conducción y restitución, de la presa de Massaryk y de las obras hidráulicas de la central; es decir, de los cimientos y macizos hasta el nivel de la sala de máquinas.

Por su parte, la Empresa mencionada toma a su cargo, también por cuenta del Estado, la ejecución de la parte restante de la central, con sus instalaciones mecánicas y eléctricas, de los edificios para el personal de la central, con todos sus accesorios, y de los talleres y almacenes anejos, y contribuye con el 2 por 100 de su importe para la inspección oficial de las mismas.

También es de cuenta de la Empresa la adquisición y entrega de los terrenos necesarios para la ejecución de las obras.

Una vez terminadas éstas, el Estado se hará cargo de la central y edificios adyacentes, que pasarán, por este acto, a ser de su propiedad, y el Estado, seguidamente, entregará dichas instalaciones, con carácter de alquiler, a la Empresa, por un plazo de 50 años.

Este alquiler obliga a la Empresa a abonar al Estado:

1.º Desde el comienzo de la ejecución de las obras de los canales de conducción y restitución y obras hidráulicas de la central hasta su terminación, la suma de 25 000 000 de coronas checas, pagaderas por semestres vencidos, fijando de común acuerdo los plazos semestrales.

2.º Desde el comienzo de las obras restantes de la central, edificios anejos, etc., un alquiler anual,

por año vencido, de 3 500 000 coronas, durante 10 años.

3.º Durante el plazo de concesión, y a partir del comienzo de la explotación de la central, las cantidades siguientes:

Desde el 1.º al 10 año: el 1 por 100 de la mitad de los gastos realizados por el Estado en la presa, sin que pueda sobrepasar la cifra de 35 000 000 de coronas.

Desde el 11 al 20 año: el 2 por 100 de los mismos gastos.

Desde el 21 al 30 año: el 3 por 100.

Desde el 31 al 40 año: el 4 por 100.

Desde el 41 al 50 año: el 5 por 100.

Están condicionados minuciosamente los aumentos o reducciones de los tipos de alquiler según el aumento o disminución del caudal utilizado, como consecuencia de las maniobras para el tráfico fluvial, y también la reducción y hasta anulación de los primeros por consecuencia de interrupción parcial o total por causa de catástrofe, en cuyo caso se aumenta el plazo de concesión en lo que duren las obras de reparación.

La Empresa está obligada a facilitar gratuitamente el flúido necesario para el servicio de la presa y también a proporcionar corriente para las reparaciones e instalaciones posteriores, si bien en estos casos el Estado abonará la energía al precio de coste aumentado en el tanto de interés y amortización correspondiente, pero sin exceder en total de 0,10 coronas.

El Estado no pone inconvenientes para que los derechos de la Empresa puedan ser cedidos a la Asociación para Producción Química y Metalúrgica, de Karlsbad, a condición de que ésta introduzca en el territorio checoslovaco nuevas producciones electroquímicas y electrotérmicas que en el mismo contrato se relacionan y detallan, comprometiéndose la Asociación a utilizar, por lo menos, 55 000 000 de kW-h anuales en estas nuevas producciones, siempre que la central disponga de esta energía.

El resto de la energía puede ser vendida, previa la conformidad del Estado, debiendo percibir éste el exceso sobre cierto precio que se fija al kW-h.

La Asociación puede, a su vez, pasar o subarrendar sus fábricas a otra persona o Compañía, con sus derechos y obligaciones, si el Estado le presta su conformidad.

Transcurrido el plazo de 50 años de duración del

¹ Véase el número anterior, página 90.