



estación epuradora de aguas
en INEBRA.SUIZA

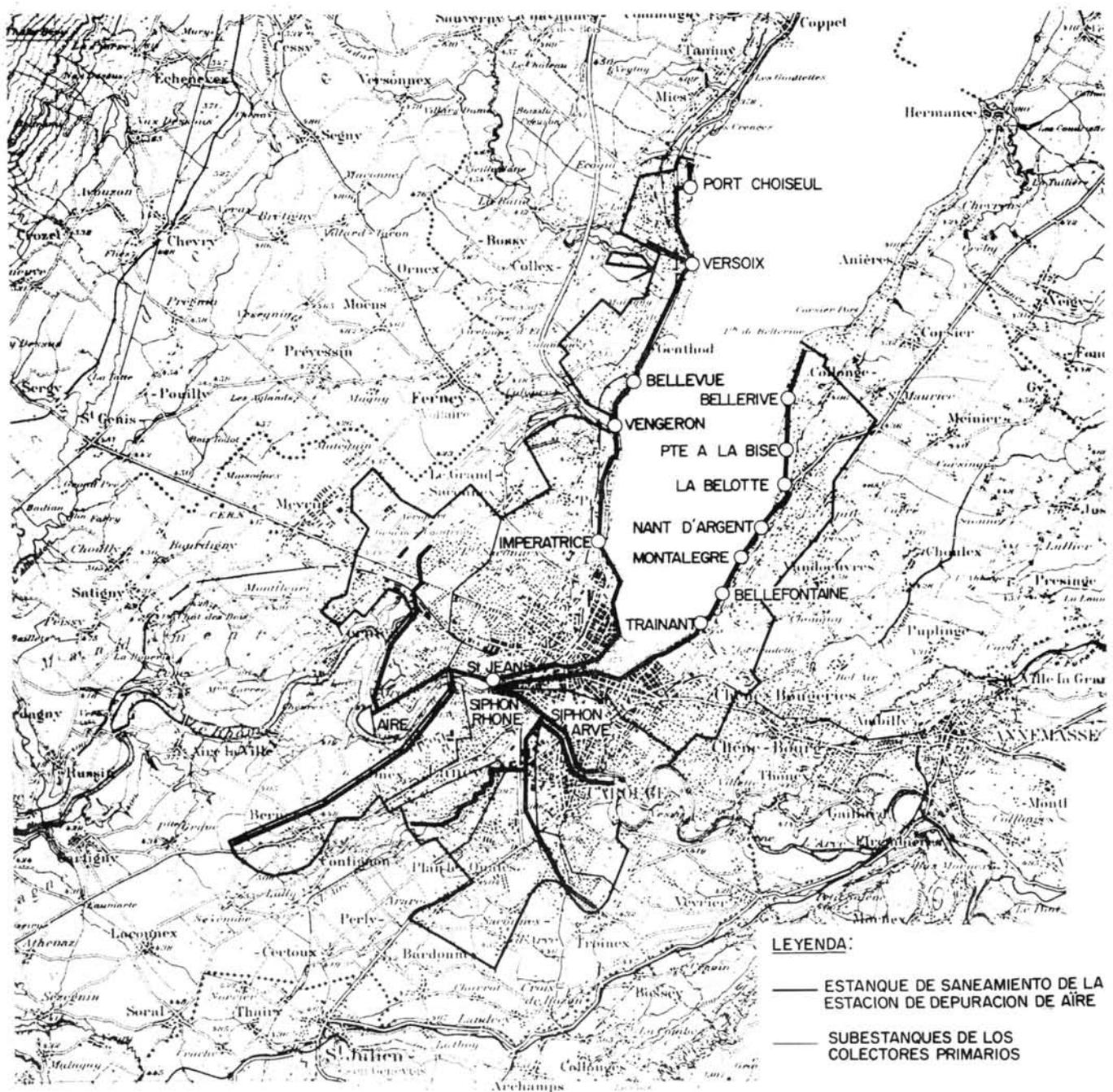
366-12

sinopsis

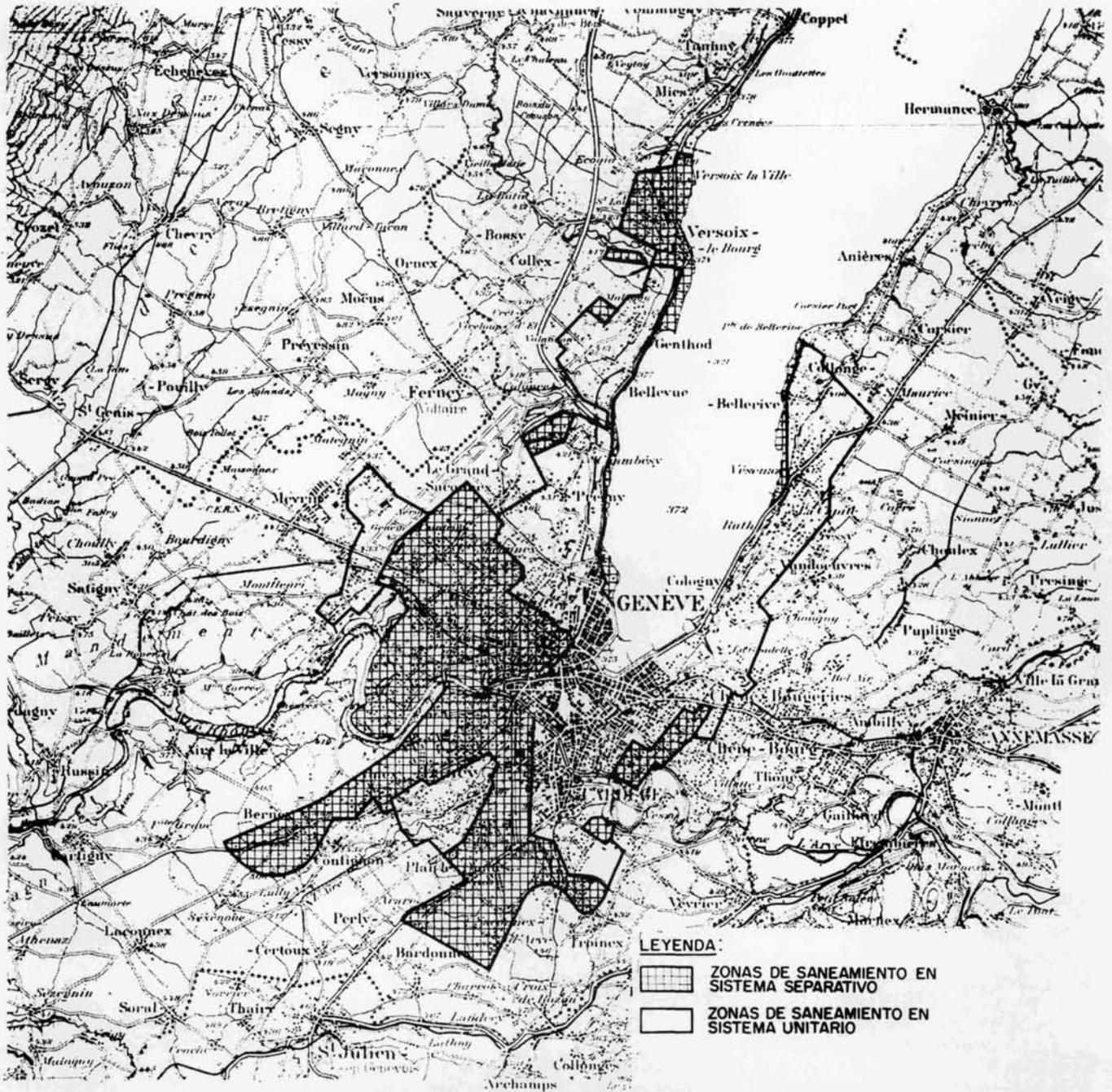
La política de saneamiento adoptada acertadamente por los Organismos rectores del Cantón ha seguido dos criterios fundamentales que han conducido a soluciones originales: crear instalaciones de estructuras abiertas y evolutivas, de cara al futuro; integrar, en lo posible, la evacuación y el tratamiento de todos los desechos urbanos sólidos, líquidos, fangosos, industriales y domésticos.

La estación depuradora se ha dimensionado, en primera fase, para 400.000 habitantes, pero con posibilidad de ser ampliada por etapas de 50.000 personas, cuidando el aspecto funcional y también el estético.

Se han previsto todas las instalaciones actuales y futuras con las técnicas más avanzadas, permitiendo así reducir las dimensiones de las instalaciones y evitar la compra de terrenos costosos y escasos.



zona de tratamiento

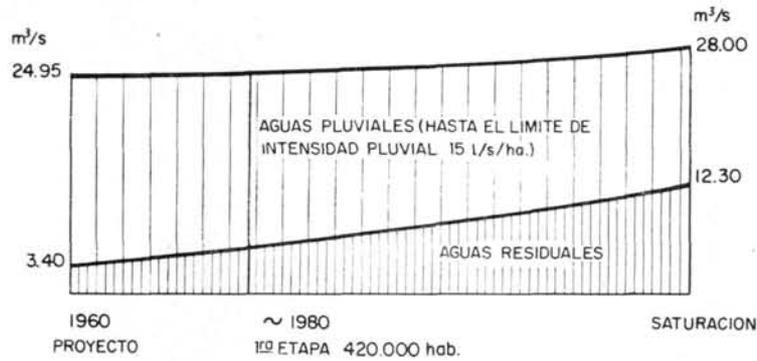


I. LA CONCEPCION

¿Hasta qué grado hay que depurar las aguas residuales?

La depuración de las aguas residuales, serie de fenómenos naturales artificialmente acelerados por medios técnicos, no constituye en modo alguno una regeneración completa del agua: la depuración consiste en extraer la mayor cantidad posible de los desechos que el agua transporta en forma de suspensión sólida, suspensión coloidal o disolución. Como es fácil de imaginar, es mucho más sencillo y, sobre todo, menos costoso eliminar la materia gruesa en suspensión que los coloides. En cuanto a las sales nutritivas en disolución, su extracción,

Evolución de la relación de los caudales agua residual/agua pluvial en el colector general.



denominada depuración terciaria por oposición a la depuración primaria (mecánica) y a la depuración secundaria (biológica), resulta en extremo costosa: los municipios no la suelen proyectar más que con grandes reticencias, incluso cuando están situados al borde de un lago.

Rara vez el agua «depurada» es tan limpia como la del río o lago que la recibe. Debido al elevado coste de la depuración y a que ésta no aporta nada a la economía de forma inmediata, suele contentarse con extraer los desechos que hagan falta para que el curso de agua o el lago receptor puedan acabar, por autodepuración, el proceso de mineralización de las materias orgánicas, incluso si con ello ese receptor se degrada un poco.

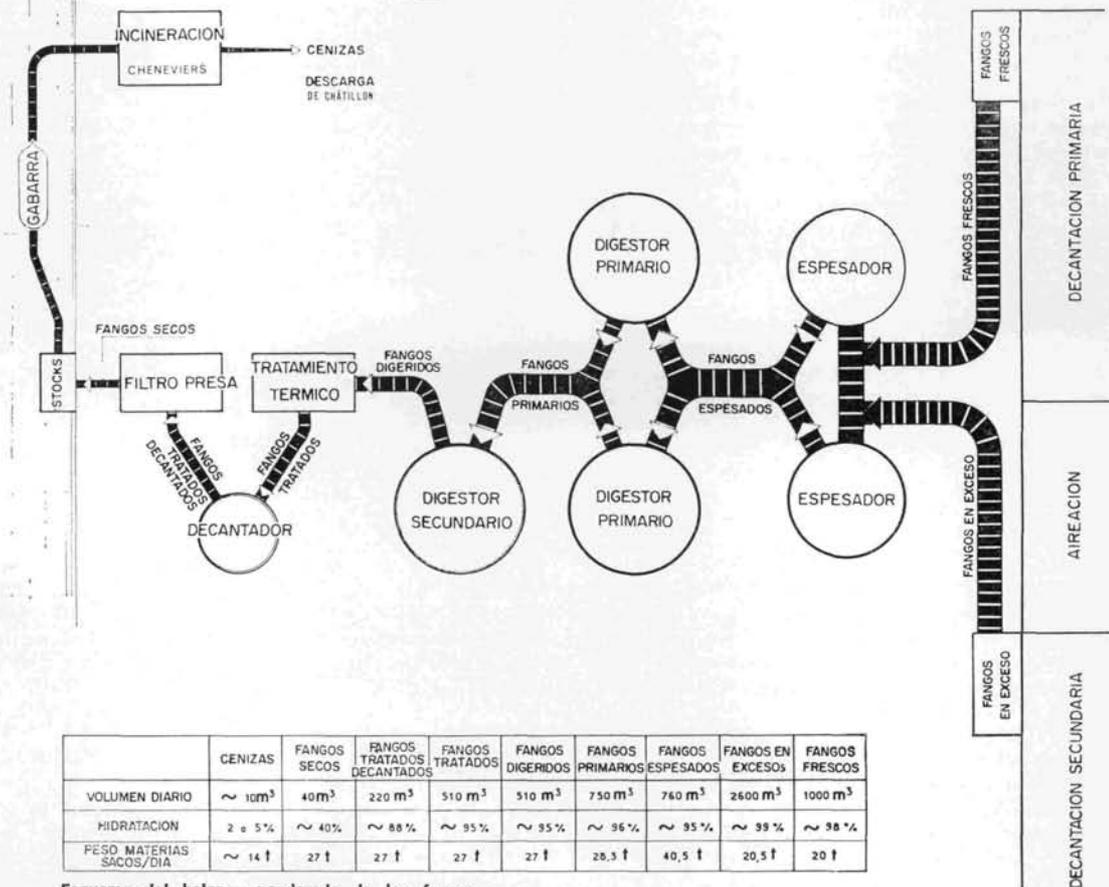
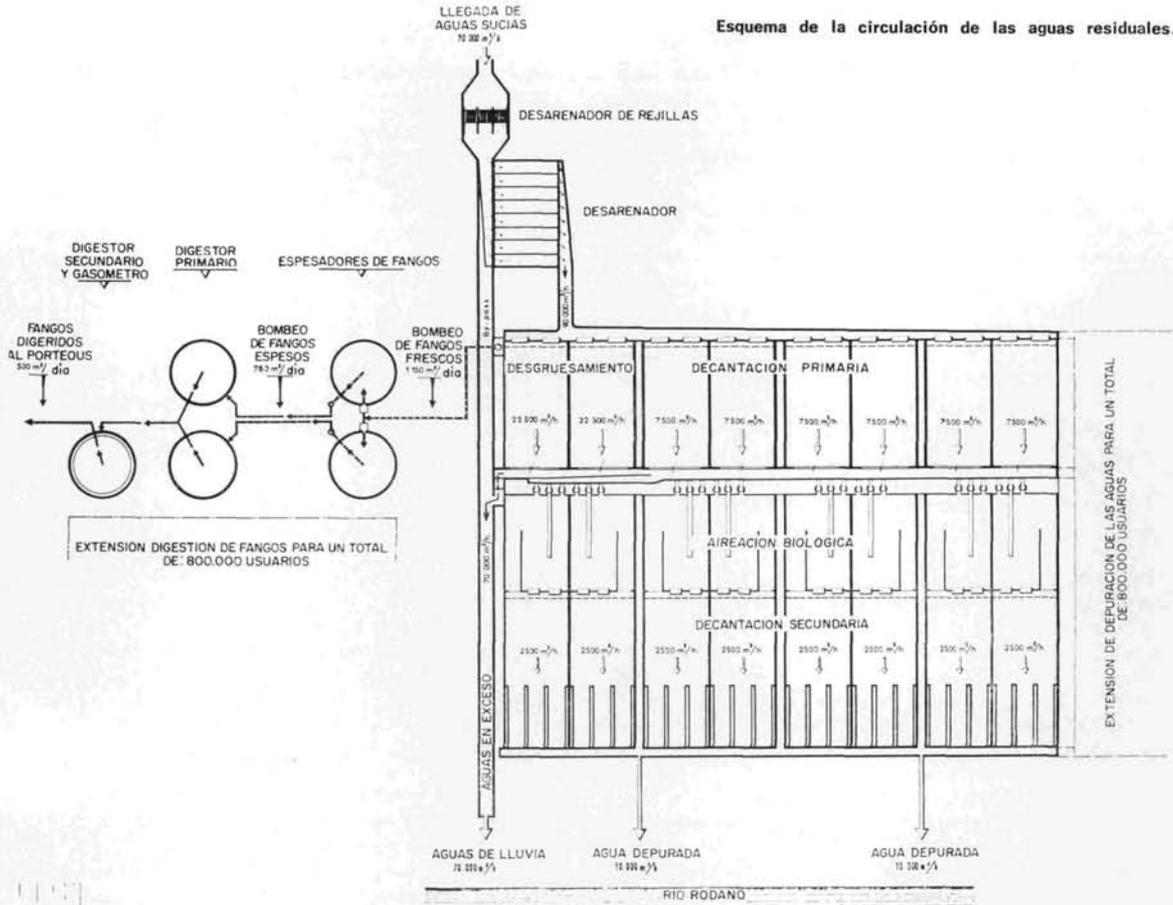
En Ginebra, donde todas las aguas residuales se conducen aguas abajo del lago hasta un punto en el que el receptor es un río con un caudal mínimo de 100 m³/s, es decir, por lo menos 20 veces el caudal de las aguas residuales depuradas, se ha escogido un grado de depuración tal que la polución bioquímica residual sea inferior a 20 mg de D.B.O., medida a 5 días y a 20° C.

Esta elección, realizada hace 6 años, ha sido confirmada por las directrices federales, sobre la materia, publicadas el 1.º de septiembre de 1966. El grado de depuración adoptado constituye actualmente un importante logro y, si en un futuro es preciso un mayor nivel de depuración, numerosas ciudades situadas a orillas de lagos o de pequeños cursos de agua deberán realizar gastos suplementarios antes de que Ginebra deba hacer otro tanto. En otras palabras, la estación de Aire podrá hacer frente a las necesidades futuras durante un período bastante largo.

Al no ser las industrias establecidas en Ginebra grandes consumidoras de agua, la proporción de las aguas residuales industriales respecto a las aguas residuales de origen casero puede estimarse en 1 : 5. Ello ha permitido adoptar la mejor solución técnica para el tratamiento de estas aguas residuales: la mezcla pura y simple con las aguas caseras. De esta forma, los diferentes efluentes industriales se neutralizan recíprocamente y tienen poca influencia en la calidad media del agua residual para la que se han concebido las instalaciones de Aire. Únicamente las aguas industriales muy tóxicas o que representen un peligro (riesgo de explosión, etc.) deben sufrir un tratamiento previo antes de ser introducidas en la red de saneamiento.

Y. MAYSTRE
Ingeniero Cantonal.

Esquema de la circulación de las aguas residuales.



	CENIZAS	FANGOS SECOS	FANGOS TRATADOS DECANTADOS	FANGOS TRATADOS	FANGOS DIGERIDOS	FANGOS PRIMARIOS	FANGOS ESPEADOS	FANGOS EN EXCESOS	FANGOS FRESCOS
VOLUMEN DIARIO	~ 10m ³	40m ³	220 m ³	510 m ³	510 m ³	750 m ³	740 m ³	2600 m ³	1000 m ³
HIDRATACION	2 o 5%	~ 40%	~ 88%	~ 95%	~ 35%	~ 96%	~ 95%	~ 99%	~ 98%
PESO MATERIAS SACOS/DIA	~ 14 t	27 t	27 t	27 t	27 t	28,3 t	40,5 t	20,5 t	20 t

Esquema del balance ponderado de los fangos.

Concepción del tratamiento de las aguas residuales y de los fangos

El procedimiento de depuración adoptado en la estación de Aïre es un método clásico; se ha aplicado ya muchas veces y en numerosos países. Corresponde a los institutos de investigación y a los constructores el ensayar nuevos procedimientos en estaciones piloto: una municipalidad que se lanzara por esta vía pecaría de aventurismo. Pero principio clásico no quiere decir aplicación clásica ni combinación clásica. En el caso de Ginebra, la política de saneamiento ha sido guiada por dos criterios fundamentales que han conducido a soluciones originales e inéditas. Estos criterios son: 1.º, crear instalaciones de estructuras abiertas y evolutivas que permitan hacer frente a las necesidades de un futuro relativamente lejano y para el que las previsiones actuales son vagas e incluso discutibles; 2.º, integrar, en todo lo posible, la evacuación y el tratamiento de todos los desechos urbanos, sólidos, líquidos, fangosos, industriales y domésticos.

Los planos y gráficos muestran cómo unas instalaciones concebidas para una población de 300.000 habitantes serán suficientes para una población tres veces mayor: la proporción entre los caudales de agua residual y de agua pluvial variará considerablemente, pero el caudal total, que determina las dimensiones de los colectores, de los sifones y de la estación de bombeo, no aumentará más de un 10 % entre la actualidad y un futuro lejano cuyo plazo no puede ser fijado con más precisión que el siglo. Esto será posible gracias a la creación sistemática de redes de alcantarillado separativas en todos los nuevos barrios o en los barrios reconstruidos. Todas estas obras han sido, pues, realizadas con sus dimensiones definitivas.

La estación depuradora se ha dimensionado en su primera fase para 400.000 habitantes; está diseñada de manera que pueda ser ampliada por etapas de 50.000 habitantes. Su estructura ortogonal permitirá incluso adoptar dimensiones diferentes de los estanques si así lo requiere la evolución de las técnicas de depuración. Esta preocupación por equipar la estación de Aïre con todos los dispositivos que permitan adaptar el tratamiento de las aguas residuales a su calidad, que es cambiante e imprevisible, ha llevado al Departamento de Obras Públicas a formular unas exigencias draconianas respecto al funcionamiento hidráulico de la estación: el adjudicatario del concurso ha sabido presentar una solución original y elegante de regulación que permite hacer frente a variaciones de caudal considerable, así como disponer de 5 tipos de depuración biológica en una sola instalación.

La calidad del fango cambia de una ciudad a otra e incluso en una misma ciudad varía con los años; no cabe, por tanto, elegir un procedimiento que dependa demasiado de la calidad del fango determinada durante los ensayos. El procedimiento adoptado en Aïre es un acondicionamiento térmico muy poco sensible a las características del fango. Aunque es también aplicable a los fangos frescos se han construido, sin embargo, unos digestores, ya que la estación de Aïre se encuentra actualmente rodeada de inmuebles y no es posible almacenar el fango al aire libre. Era, pues, necesario disponer un depósito de compensación bastante amplio. Los digestores cumplen esta función al mismo tiempo que producen gas; este gas combustible, utilizado en la instalación térmica, permite disminuir el déficit energético de la estación de depuración.

Último rasgo distintivo de la estación de Aïre es el cuidado particular con que han sido estudiados los servicios generales, especialmente el taller de reparaciones y revisiones periódicas; se han concebido para servir al conjunto de las instalaciones de saneamiento del Cantón de Ginebra, incluidas las tres fábricas de residuos urbanos. Esta concentración de servicios permitirá un mejor control y una gestión más racional de las explotaciones. En efecto, una estación de depuración o una fábrica de tratamiento de residuos son instalaciones que manejan durante todo el año, sin interrupción, una materia prima de la que no se controla ni la cantidad ni la calidad; las dificultades de explotación son, por tanto, casi permanentes y la usura rápida. Si no se ejerce un control eficaz y constante, se es expuesto rápidamente a gastos suplementarios considerables.

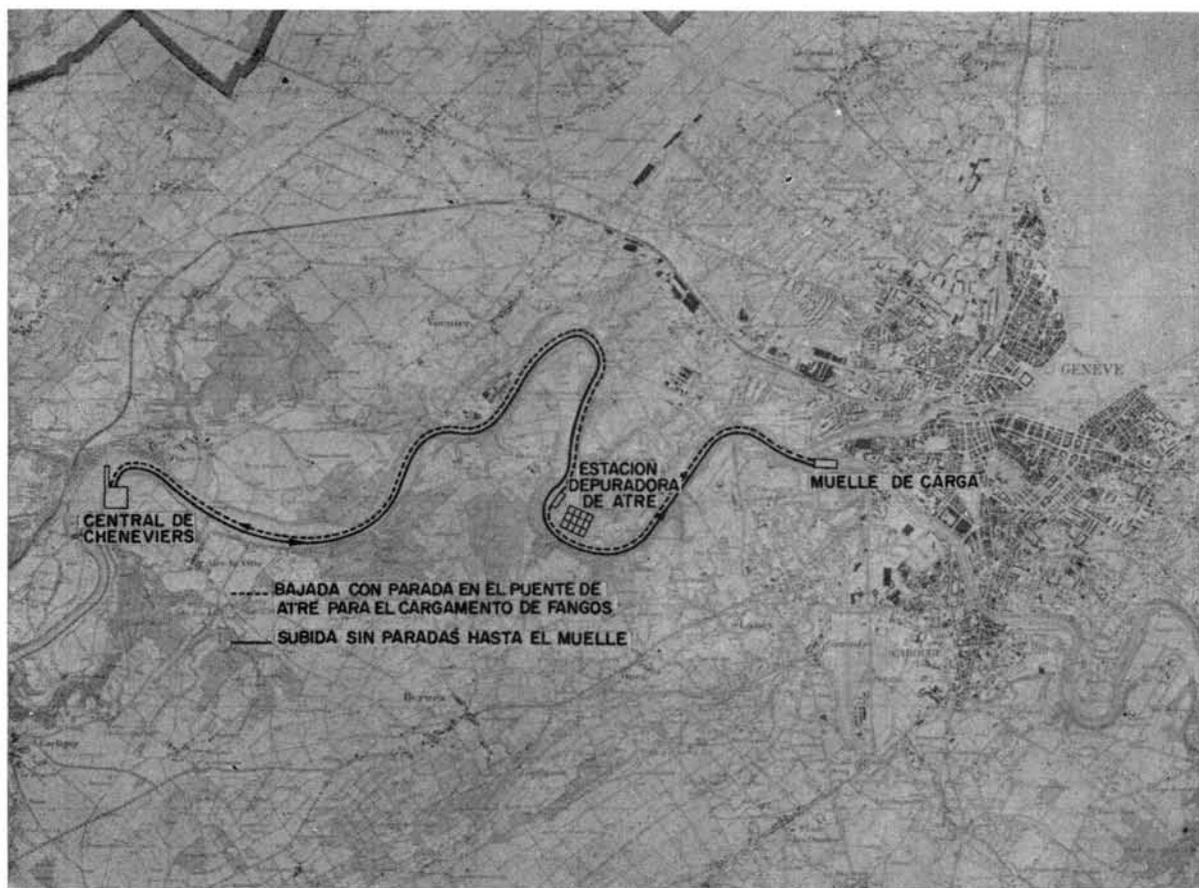
La estrecha colaboración establecida a lo largo de la ejecución entre la empresa constructora y el servicio encargado de la explotación de la estación y el hecho de haber contratado al jefe de la estación desde el principio de la obra, confiándole la vigilancia general de los trabajos, han permitido tener en cuenta, en lo posible, los problemas que planteará la explotación.

Y. MAYSTRE

Ingeniero Cantonal.

La concepción de un conjunto de instalaciones cuyo objeto es tratar una materia de naturaleza variable y evolución difícilmente previsible —el agua residual—, impone un cierto número de opciones a los técnicos encargados de la elaboración de estas obras. Si bien los diversos elementos que definen el saneamiento de la ciudad de Ginebra son muy distintos y diferenciados tanto en su geometría como en su funcionamiento, constituyen la expresión de una sola idea global: transportar y depurar el agua.

La posibilidad de adaptación de un conjunto semejante de instalaciones técnicas a una evolución difícilmente previsible, puede obtenerse aumentando metódicamente la capacidad de cada elemento. Este margen de seguridad cuantitativo implica gastos importantes que son difícilmente aceptables y justificables. La previsión de las necesidades futuras debe hacerse no mediante un volumen en exceso, sino gracias a la elasticidad de los diversos esquemas de funcionamiento y explotación. Ha sido este criterio el que ha guiado a los técnicos en saneamiento del Cantón de Ginebra.



Transporte fluvial de los fangos y de los residuos urbanos.

La escasez de mano de obra y su elevado coste han determinado la mecanización y automatización al máximo de las instalaciones.

El empleo de las técnicas más avanzadas ha permitido reducir las dimensiones de las instalaciones, disminuyendo la superficie necesaria y evitando la compra de terrenos escasos y costosos.

Estas características, entre otras muchas, permiten considerar el saneamiento de Ginebra como uno de los mejores logrados de Europa.

H. WEISZ, ing.
Dirección de la obra.

FICHA TECNICA

CAPACIDAD GENERAL DE LAS INSTALACIONES

I. Estación de bombeo de St-Jean

Potencia instalada en la 1.ª etapa ...	5.000 CV
Potencia definitiva en la 1.ª etapa.	6.200 CV
Caudal máximo actual:	
— orilla derecha	7.200 litros/s.
— orilla izquierda	12.200 litros/s.
Total	19.400 litros/s.
Caudal máximo futuro:	
— orilla derecha	9.700 litros/s.
— orilla izquierda	14.700 litros/s.
Total	24.400 litros/s.

II. Estación de depuración de Aire

Caudal TS diurno probable en la 1.ª etapa	3.600 litros/s.
Caudal máximo TP	25.000 litros/s.
Carga probable del agua bruta:	
— en materia seca	100 g/día-habitante
— en demanda biológica de oxígeno	80 g/día-habitante
Demanda biológica de oxígeno del agua depurada	20 mg/litro
Número de series de estanques de depuración	8
Capacidad nominal de cada serie de estanques	50.000 habitantes

Número de digestores de fango ...	3
Número de series de tratamiento de fangos ...	3
Capacidad de las instalaciones de digestión y tratamiento de fangos.	400.000 habitantes
Capacidad de la estación en su fase final ...	800.000 habitantes

Tiempo de retención del agua residual

	Medio	Mínimo
Desbastado	15 minutos	11 minutos
Decantación primaria	3 horas 15 min.	30 minutos
Depuración biológica	8 horas	2 horas 40 min.

Capacidad máxima de las instalaciones de tratamiento de agua

Instalaciones de entrada y desbastado ...	25.000 litros/s.
Decantación primaria ...	16.000 litros/s.
Instalación biológica ...	5.500 litros/s.
Tonelaje probable de materia seca enviada a la digestión en 1968 ...	25.000 kg/día
Idem con 400.000 habitantes ...	40.000 kg/día
Capacidad máxima de la filtración de fangos ...	2.400 kg materia seca/hora
Producción probable de fangos deshidratados (con un 45 % de agua) en 1968 ...	28 t/día
Potencia instalada ...	2.500 CV

II. LA EJECUCION

La construcción de los colectores principales

El estudio general del saneamiento de la zona ha mostrado la estrecha interdependencia existente entre los proyectos de colectores de concentración de aguas residuales y pluviales y los proyectos de la estación de depuración; por ejemplo, la cota de esta estación depende de las secciones y pendientes admitidas en los colectores, de la altura de elevación de la estación de bombeo y de las características hidráulicas de los sifones fluviales. Por ello el conjunto de estas obras ha sido objeto de un estudio y una ejecución comunes. Los colectores se componen de tres ramales (Arve orilla derecha, Arve orilla izquierda y Ródano orilla izquierda), construidos en las orillas de los ríos del mismo nombre, y de dos colectores en galería: el colector de la orilla derecha del Ródano, que desemboca en la estación de bombeo, y el colector general, que evacúa todas las aguas elevadas en la estación de bombeo de St.-Jean.

Excepto en sus tramos extremos, situados en zonas de relleno y de vertido, el colector general atraviesa en un tercio de su longitud un terreno de aluvión antiguo, compacto y bien drenado, protegido en su parte superior por una capa de morrena, y en sus otros dos tercios, por una morrena arcillosa, maciza y compacta, en donde se han medido empujes de 10 a 15 Mp/m² debidas al entumecimiento de la arcilla, lo que ha obligado a un considerable refuerzo de las bóvedas. El colector de la orilla derecha del Ródano, situado a un nivel más bajo, discurre por el fondo del terreno aluvionario —donde aflora la capa freática— y por la arcilla hojosa del interglacial.

Las instalaciones generales de la obra, la organización del alojamiento de los obreros y los medios empleados han estado en la línea de las obras de galería en montaña: la empresa ha conseguido de esta forma las mejores condiciones de trabajo, asegurándose al mismo tiempo una mayor autonomía de cara a los problemas de mano de obra y alojamiento, bastante agudos en Ginebra en la época del comienzo de la obra, a principios de 1963. La excavación de la galería del colector general en el aluvión se ha ejecutado con martillo perforador, teniendo que proseguirse con explosivo al llegar a la morrena arcillosa. Un sismógrafo de control ha permitido asegurar que en ningún momento se han sobrepasado las cargas tolerables para los edificios situados por encima del trazado de la galería. Por razones de seguridad y para respetar el programa se abrió un segundo frente de avance en el extremo inferior, atravesando los 80 m de zona de vertidos.

El encofrado del colector general estaba constituido por cimbras y planchas metálicas, realizándose el hormigonado con ayuda de una bomba.

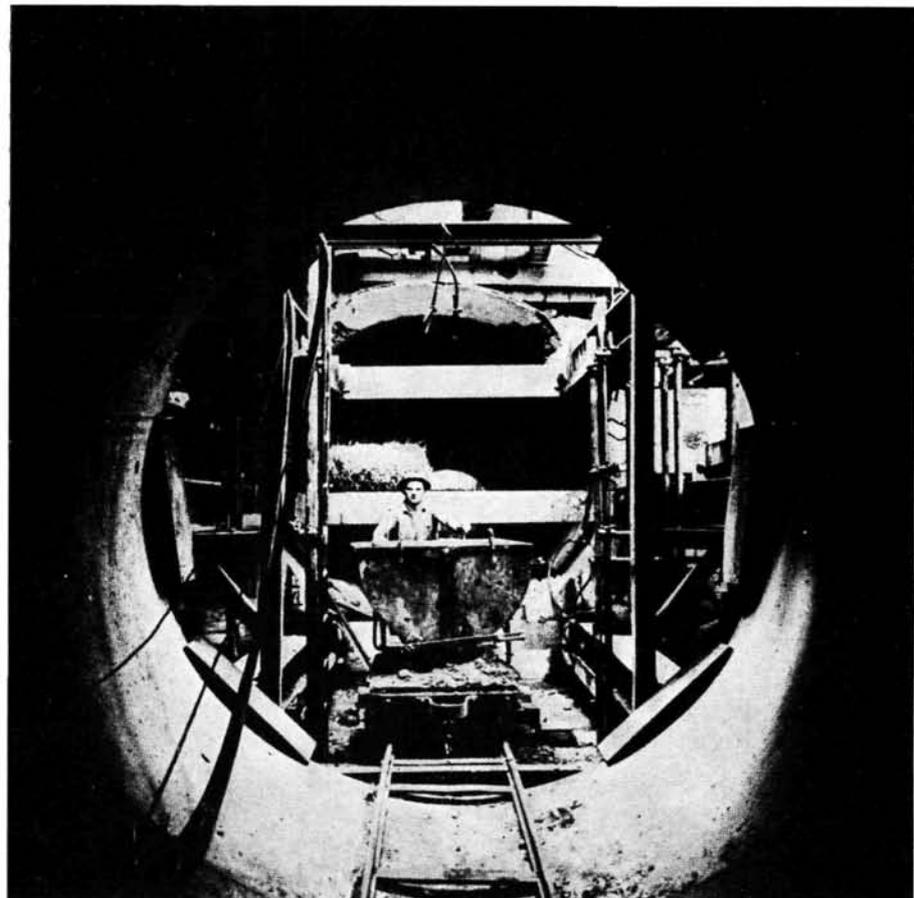
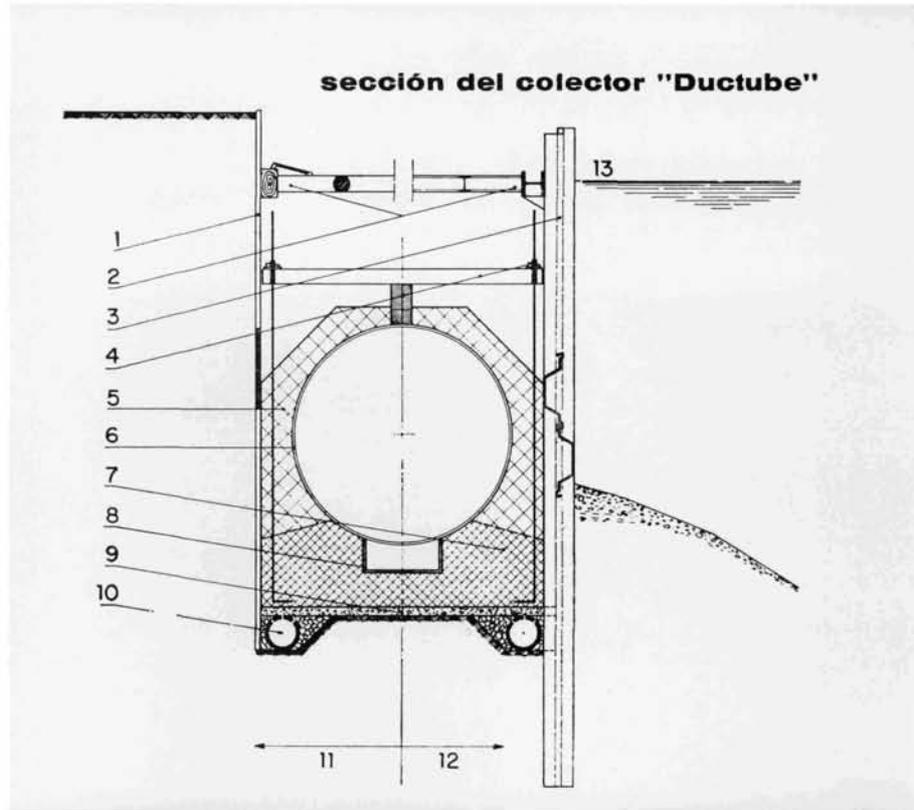
La excavación de la galería del colector de la orilla derecha del Ródano no ha necesitado el equipo de protección de cuchillas múltiples previsto en el proyecto, ya que las filtraciones de agua no han excedido los 60 litros/s.

1. Entibado.—2. Apuntalamiento.
3. Tablestaca metálica.—4. Anclaje del encofrado.—5. Colector de hormigón (segunda etapa).—6. Encofrado.—7. Colector de hormigón (primera etapa).—8. Encofrado del canal de desagüe.—9. Hormigón pobre.—10. Drenaje.—11. Debajo de las carreteras.—12. Por el río.—13. Nivel de aguas altas.

Ha sido preciso, no obstante, situar cimbras cada 1,25 m a fin de colocar, hasta la altura de la arcilla hojosa, unas vigas horizontales de hormigón prefabricadas; estos elementos quedaban a continuación embebidos en el hormigón. El encofrado y hormigonado se han ejecutado de la misma forma que en el colector general.

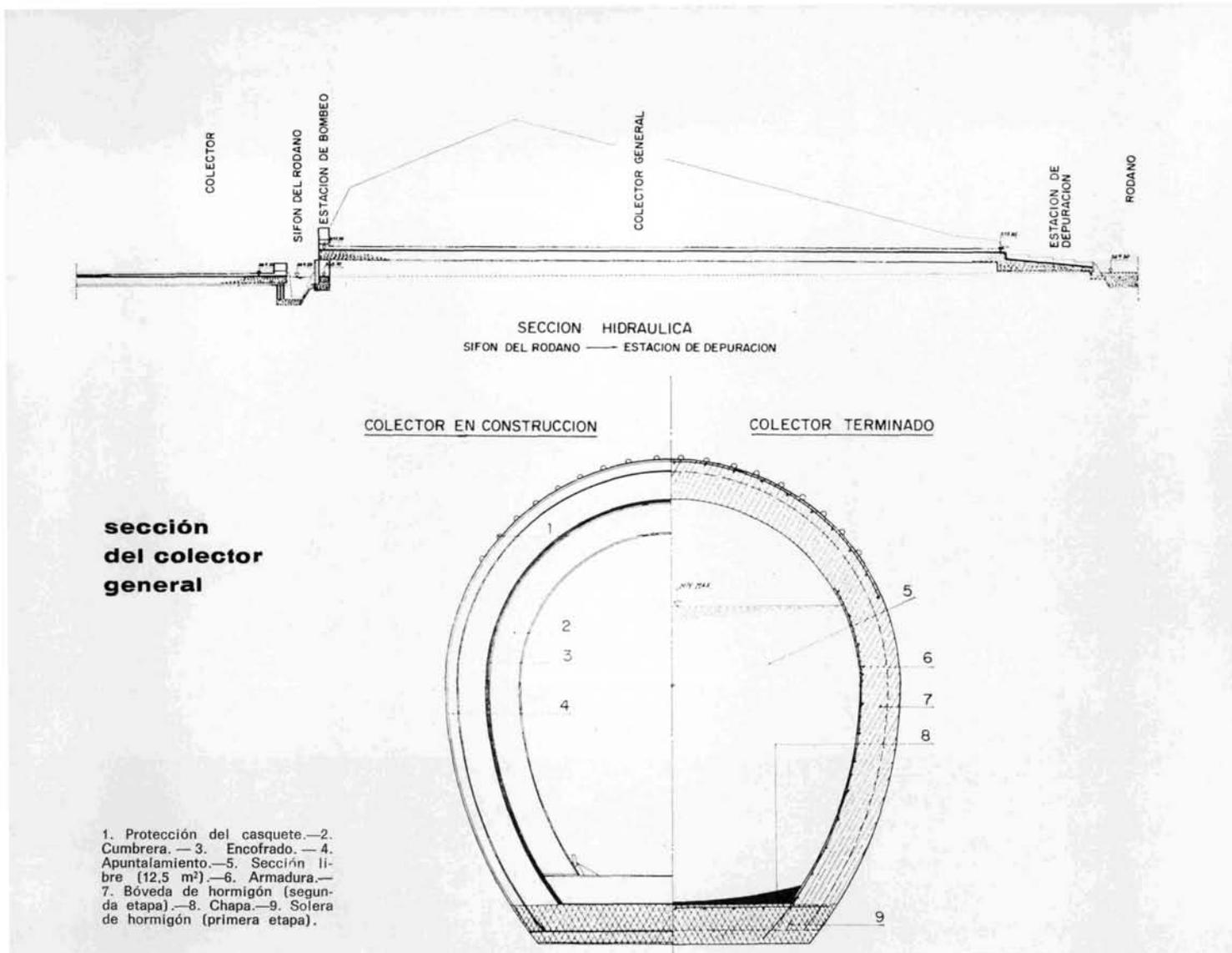
La configuración y el futuro destino de las orillas del Arve y del Ródano, así como la actual ocupación de los terrenos, han determinado el emplazamiento de los colectores ejecutados en excavación a cielo abierto: Arve orilla derecha, Arve orilla izquierda y Rodano orilla izquierda. Allí donde el acceso era posible, los colectores se han ejecutado en excavación a cielo abierto, y fuertemente entibada para evitar una descompresión de la infraestructura de las calzadas. La entibación servía también de encofrado exterior de los colectores. En el lecho de los ríos, una sucesión de cajones estancos hechos a base de tablestacas metálicas han permitido construir los colectores en la orilla del Arve y del Ródano.

Un bombeo continuo aseguraba la evacuación del agua de infiltración. Al igual que en las excavaciones entibadas, las tablestacas servían de encofrado exterior.



Empuja-tubo.

Entre los diferentes métodos de ejecución se ha elegido el denominado «Ductube». Consiste en un encofrado cilíndrico de caucho hinchable, que permite ejecutar tramos de colector de 10 a 20 m, según el diámetro. El hormigón se vierte entre este molde y la entibación o las tablestacas. Una vez fraguado, se desinfla el encofrado Ductube y queda prácticamente acabado el tramo de colector.



sección del colector general

- 1. Protección del casquete.—2. Cumbre.—3. Encofrado.—4. Apuntalamiento.—5. Sección libre (12,5 m²).—6. Armadura.—7. Bóveda de hormigón (segunda etapa).—8. Chapa.—9. Solera de hormigón (primera etapa).

Este sistema presenta además las ventajas de una gran simplicidad de montaje y una fácil absorción de las desigualdades en la alineación de los encofrados, así como de permitir radios de curvatura según los diámetros, del orden de 50 m.

No siempre ha sido posible la excavación a cielo abierto, sobre todo en los cruces con las vías de gran tráfico. En estos casos los colectores se han ejecutado por el procedimiento llamado «Pousse-Tubes», que consiste en introducir en el terreno unos tubos, de hormigón armado prefabricados, empujándolos horizontalmente con la ayuda de unos gatos hidráulicos que se apoyan sobre un contrafuerte construido en el fondo del pozo de acceso. La excavación se realiza, por tanto, en el interior de los tubos.

Este sistema, teóricamente perfecto, ha resultado particularmente ventajoso en terrenos secos y de buena cohesión. En cambio, en terrenos sin cohesión e impregnados de agua resulta muy difícil conservar el tubo en la dirección adecuada, como lo ha probado la obra del muelle de Arénières. Para paliar este inconveniente se ha elegido el diámetro de los tubos lo suficientemente grande como para poder inscribir, a pesar de las desviaciones del eje, la sección definitiva en su interior.

Aliviaderos de crecidas

A fin de no sobredimensionar inútilmente los colectores, se han construido unos aliviaderos de aguas pluviales en las intersecciones de los colectores principales con las alcantarillas secundarias. Los umbrales de los aliviaderos son regulables para poder adaptarse a las variaciones futuras de la relación aguas pluviales : aguas residuales.

El colector de la orilla izquierda del Arve cuenta con 3 aliviaderos, el colector de la orilla izquierda del Ródano tiene 1, y el de la orilla derecha del Arve, 4.

Oficina de Ingeniería H. WEISZ

Los sifones del Arve y del Ródano

Delante de cada obra de entrada de los sifones subfluviales «Arve» y «Ródano» se encuentra un aliviadero, así como un by-pass que permite cerrar la entrada de la obra con una compuerta para ponerla fuera de servicio.

Una reja retiene los detritus voluminosos que podrían taponar los orificios de las conducciones del sifón. Estos desechos son evacuados por unas cucharas con ayuda de un aparato eléctrico.

En cada obra de entrada, una instalación de telealarma transmite las anomalías a la estación de bombeo de St.-Jean.

Los sifones subfluviales exigen unos estudios hidráulicos muy complejos.

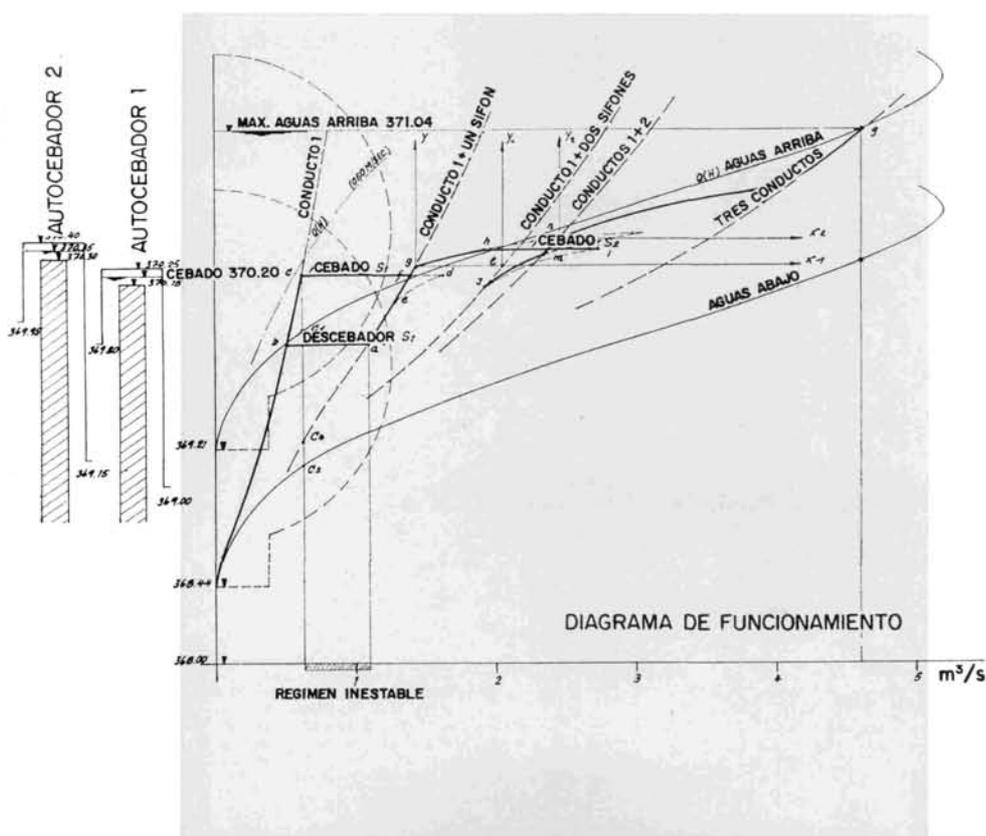
A fin de evitar los depósitos en las conducciones, se ha admitido que la velocidad de circulación no descienda por debajo de 0,60 m/s. La misma condición se aplica a los remolinos de salida. En función de esta condición y de las cantidades actuales y futuras de agua a transportar, los sifones se componen de tres tuberías de diferentes diámetros. El diámetro de la tubería menor viene fijado por la velocidad mínima arriba indicada y por el caudal actual nocturno de aguas residuales. Los diámetros de la segunda y de la tercera conducción son función de la velocidad máxima admitida y del caudal máximo maximórum de aguas negras y pluviales previsto para el futuro en el proyecto general. Una condición importante es que, en ningún caso, la puesta en funcionamiento de la segunda o tercera tubería haga descender la velocidad en la primera por debajo del mínimo exigido.

Para obtener una autolimpieza de las tuberías, su entrada se ha estudiado de manera que garantice una velocidad de 2 m/s en cada puesta en marcha. Por las mismas razones de purga las pendientes han sido limitadas a 1 : 5. Habitualmente estos sifones suelen estar equipados con válvulas automáticas de entrada o de salida, mandadas por un flotador en función del nivel del agua en la obra de entrada. Esta solución tradicional es cara de construcción y de explotación costosa. Por ello se ha recurrido al sifón autocebador.

En el diagrama adjunto están trazadas las curvas de llenado altura-caudal de los colectores, de 2 m de diámetro, aguas arriba y aguas abajo, bajo la condición de una velocidad de 0,6 m/s, así como las características de las tuberías combinadas entre sí, que son función de la relación altura-caudal del colector aguas arriba mayorada con las pérdidas de carga. Este diagrama muestra que para un caudal superior al máximo admitido para la tubería 1, pero inferior al máximo admitido para las tuberías 1 y 2 conjuntamente, la conducción 1 funciona por descargas (caudales comprendidos entre «a» y «C₄»). Este principio ha parecido muy interesante y concluyente para el sifón del Arve pero imposible de adaptar al sifón del Ródano, dada la inestabilidad del régimen del agua durante el cebado de los sifones de cebado automático. La marcha del sifón del Ródano, simultáneamente a la marcha

de la estación de bombeo, se vería entorpecida por el funcionamiento de los sifones autocebadores. Debido a ello, el sifón del Ródano se ha equipado con compuertas automáticas en las conducciones II y III en la obra de aguas abajo, compuertas que son accionadas según el nivel del agua a la entrada del sifón.

Oficina de Ingeniería
H. WEISZ

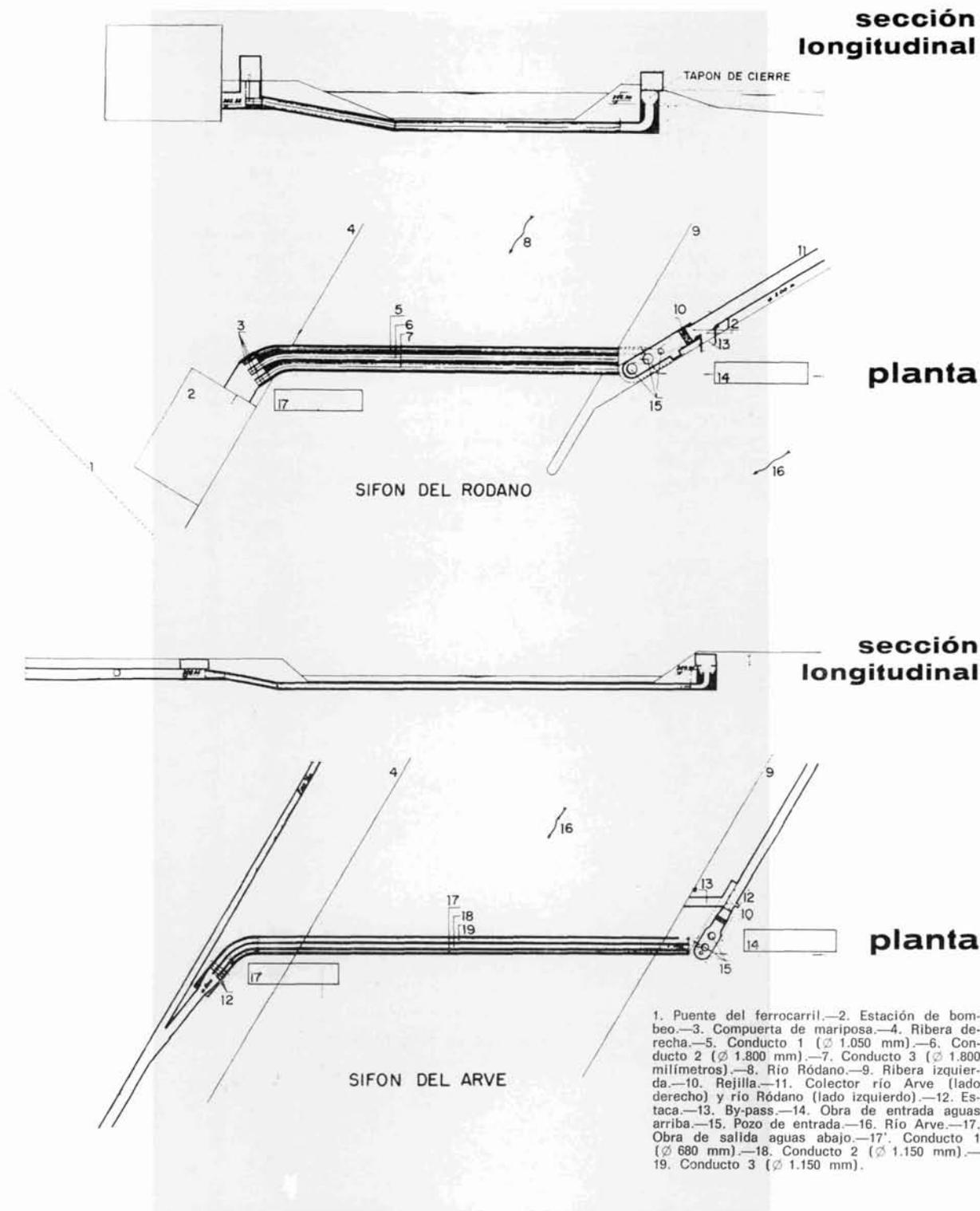


La construcción de la estación de bombeo de St.-Jean

El lugar escogido como emplazamiento de la estación de bombeo se caracteriza por:

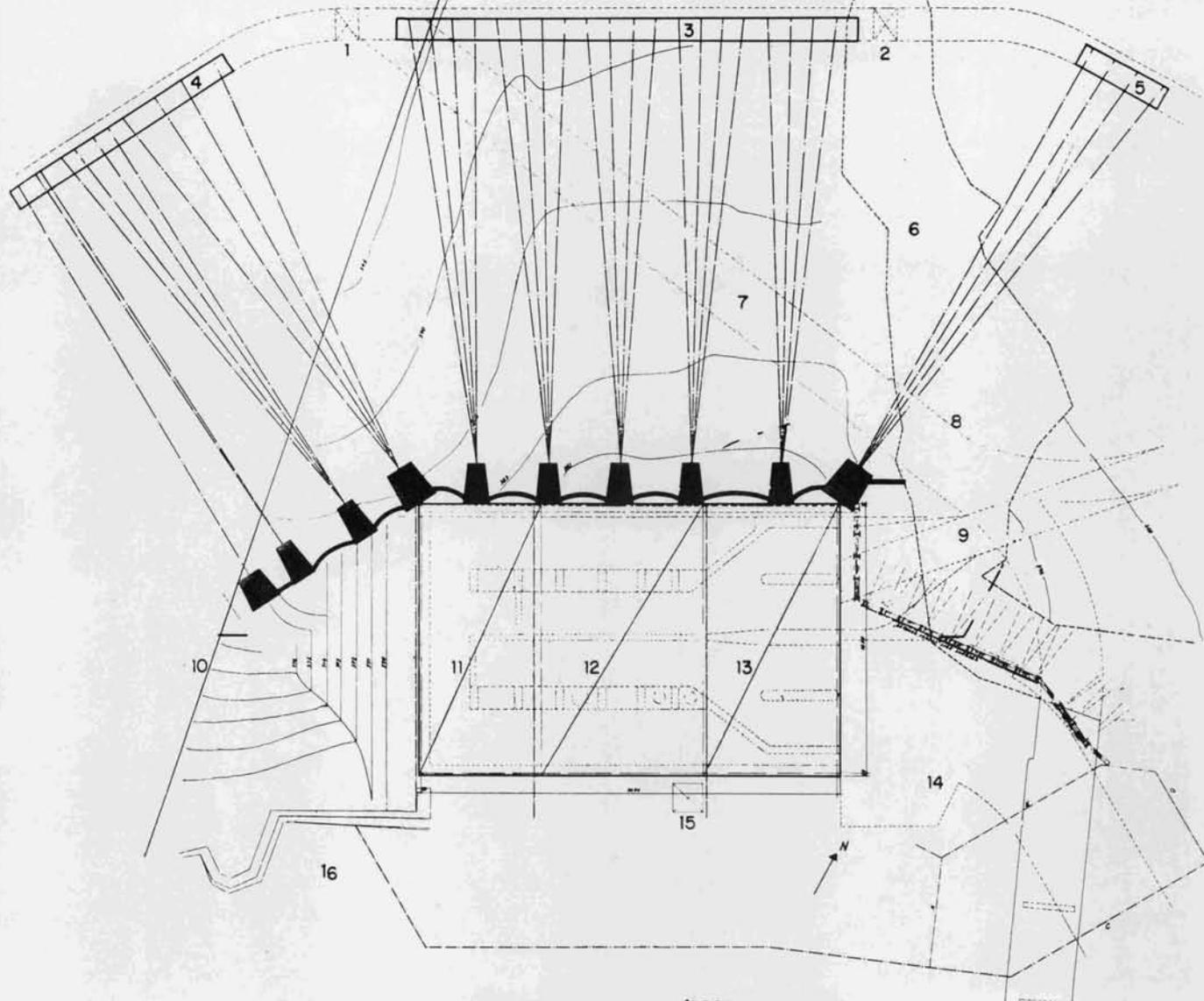
- la reducida superficie disponible, encajonada entre el Ródano, el acantilado y el viaducto ferroviario;
- la proximidad inmediata del puente del ferrocarril;
- la presencia de una capa de menor resistencia (interglaciar) entre las cotas 365,00-367,50, y
- la existencia de numerosas galerías en el acantilado, en la zona norte de la excavación.

La estabilidad al deslizamiento de la zona de terreno comprendida entre el viaducto y el acantilado se consigue mediante un elemento de contención, constituido por una pantalla, su anclaje y el macizo de anclaje.



1. Pozo de bombeo n.º 1.—2. Pozo de bombeo n.º 2.—3. Viga de anclaje (pilares 2 a 6).—4. Viga de anclaje (pilares 7 a 10).—5. Viga de anclaje (pilar 1).—6. Acantilado.—7. Colector general.—8. Galería de acceso a los co-

lectores.—9. Colector río Ródano (ribera derecha).—10. Borde del puente.—11. Sección 2.—12. Sección 1.—13. Sección 3.—14. Obra aguas abajo del sifón.—15. Pozo de bombeo n.º 3.—16. Aguas abajo.—17. Río Ródano.



Plano de la construcción de la estación de bombeo St.-Jean.

← 17

La pantalla está formada por unos pilares verticales de hormigón armado, distantes 5 m entre sí, y unas bóvedas, también de hormigón armado, que ocupan los espacios entre pilares.

El conjunto de los pilares se ancla, a cuatro niveles diferentes y mediante cables pretensados, en las vigas de hormigón armado de la galería de anclaje.

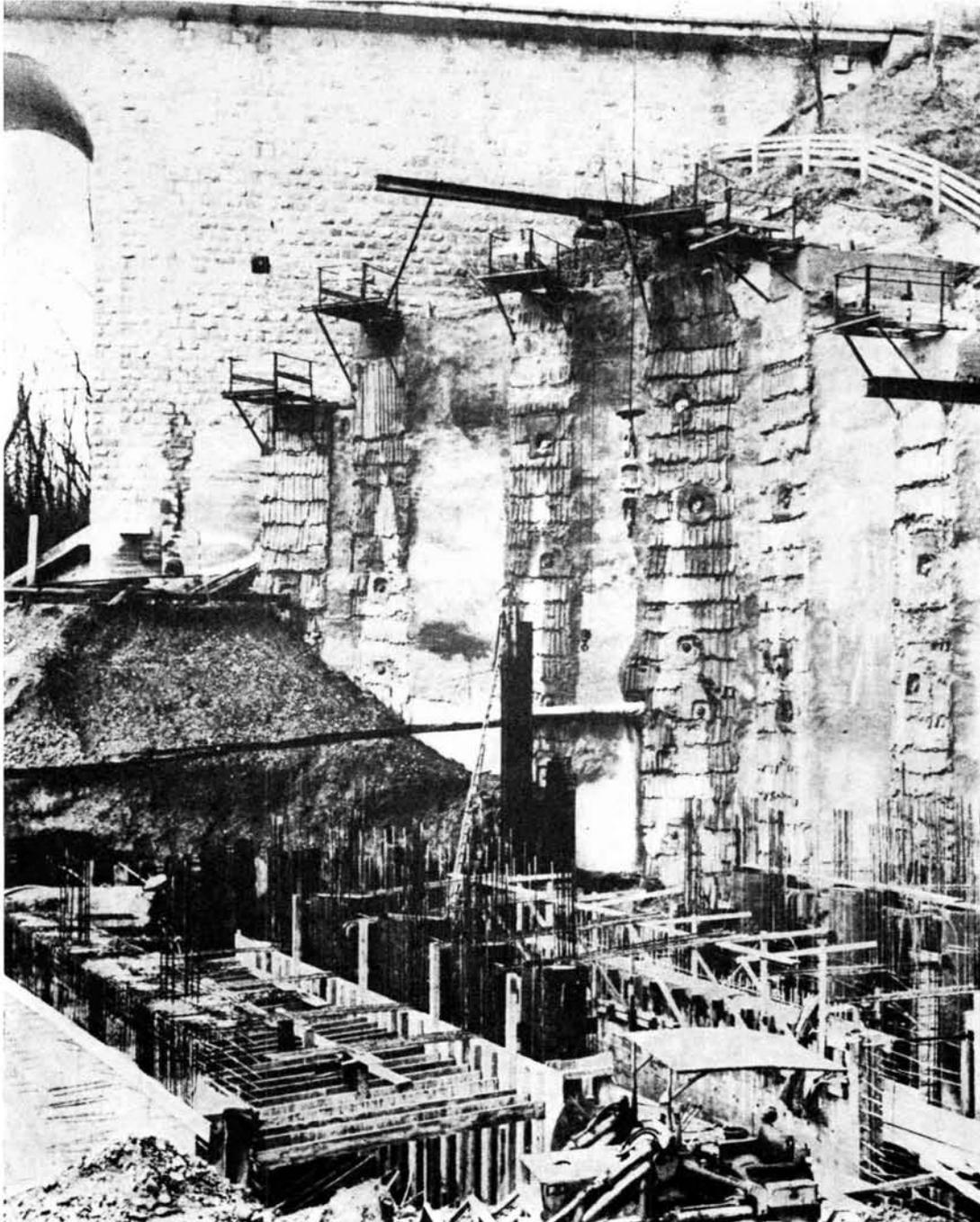
La zona de la excavación situada junto al viaducto ha planteado problemas de estabilidad muy difíciles. Tras un detenido estudio se vio que la solución prevista al comienzo de la obra, pared hormigonada y anclajes, no garantizaba la estabilidad del talud, por lo que se recurrió a una solución clásica: pantalla de tablestacas sostenida por un sistema de apuntalamiento. La necesidad de renunciar a un sistema de anclaje en profundidad ha obligado a ejecutar por tramos el subsuelo de la estación, a fin de obtener una seguridad aceptable de este flanco de la excavación con un costo razonable.

En el lado del acantilado se ha utilizado el sistema de contención «Berliner Verbau». Consta de una serie de pilares verticales —perfiles metálicos distantes 1,50 m— y de vigas horizontales de madera. El conjunto queda anclado a tres niveles diferentes, por fricción, en el interior del acantilado. La longitud de las zonas de anclaje y su posición quedan determinadas por la situación de las líneas de deslizamiento probables.

La excavación realizada por debajo del nivel del Ródano se ha llevado a cabo en tres zonas, separadas por pantallas de tablestacas. Primeramente se ejecutó la sección central, y a continuación, y simultáneamente, las secciones laterales.

Gracias a un ensayo de bombeo efectuado para estimar el orden de magnitud del caudal de agua que cabía esperar durante la excavación por debajo de la capa freática, se han podido estudiar las medidas oportunas para luchar contra las avenidas de agua.

Se ejecutaron algunos pozos de bombeo con el fin de hacer descender en lo posible el nivel del agua y provocar un saneamiento de las capas de mala calidad.



Muro de contención y cimentación de la estación de bombeo St.-Jean.

Con objeto de asegurar la entanquidad de la pared constituida por perfiles metálicos y situada a lo largo del acantilado, se ha procedido a una inyección entre los niveles impermeables del interglaciario y de la morrena de fondo. Estas medidas completaban el efecto de las diferentes pantallas de tablestacas.

Los controles de movimiento del terreno efectuados en las diferentes partes de la obra a lo largo de toda su ejecución, han demostrado la buena estabilidad de los elementos de protección.

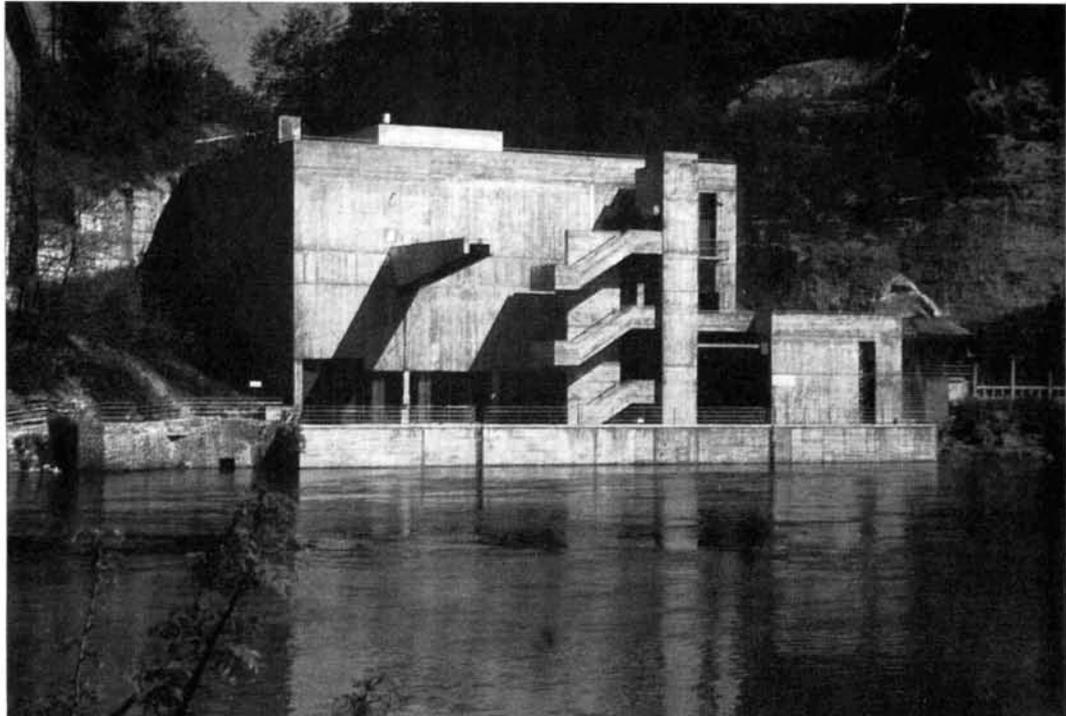
Oficina de Ingeniería H. WEISZ

El equipo de la estación de bombeo de St.-Jean

La estación de bombeo traspasa hasta el colector general las aguas residuales y pluviales que provienen de los colectores de ambas orillas del Ródano.

El colector de la orilla derecha del Ródano conduce directamente el agua a la estación, mientras que el de la margen izquierda lo hace a través de un sifón bajo el lecho del citado río.

El edificio principal consta de dos subestaciones de bombeo totalmente independientes; las llamaremos: estaciones «orilla derecha» y «orilla izquierda». La suma de sus caudales se impulsa hasta un depósito de evacuación común del que sale el colector general.



Una vista de la estación de bombeo de St.-Jean.

Todos los detritos que llegan hasta la estación de bombeo deben ser conducidos con las aguas residuales, por intermedio del colector general, hasta la estación de depuración.

A fin de proteger las bombas, se han instalado unas rejas con un dispositivo automático que permite verter directamente los detritos de los colectores de traída hasta el depósito de evacuación situado en cabeza del colector general.

Las rejas, con una separación entre barrotes de 30 mm, constituyen una protección suficiente para las bombas. El grado de atascamiento de las rejas se controla mediante un dispositivo con flotador, que mide la diferencia de niveles del agua a ambos lados de dicha reja. Cuando esta diferencia alcanza un valor de 5 cm, entra en funcionamiento el mecanismo de limpieza. El peine, que sube y baja con una velocidad de 0,2 m/s, está concebido de manera que no sólo evacúa las materias amontonadas contra la reja, sino que, además, draga el fondo de la fosa.

estación de bombeo



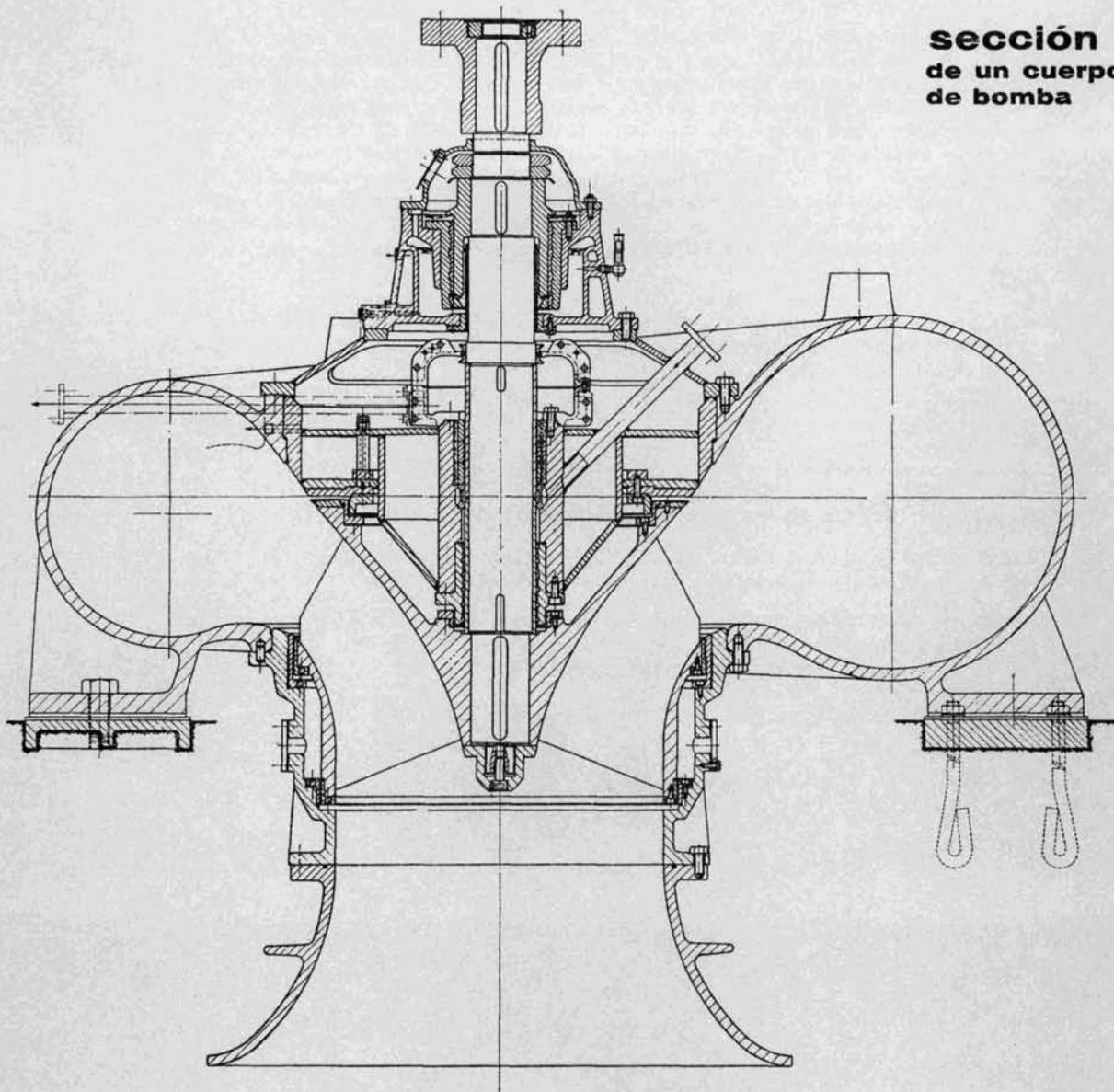
sección

Para evitar una penetración de olores, la instalación de rejas va totalmente separada del resto de la estación de bombeo. El canal de alimentación de cada una de las dos estaciones, orilla derecha y orilla izquierda, está subdividido en dos tramos separados por un vertedero. Aguas arriba de éste, es decir, justo a la salida de las rejas, tienen su toma las bombas de aguas residuales. En tiempo de lluvia, el nivel del agua en el canal sobrepasa el umbral del vertedero, desaguando al segundo tramo del canal, del que arrancan las conducciones de aspiración de las bombas de



planta

sección de un cuerpo de bomba



aguas pluviales. Este vertedero impide que en tiempo seco los canales de aspiración de las bombas de aguas pluviales se conviertan en un lugar de depósito de detritus.

Cada una de las tuberías de aspiración de las bombas puede cerrarse por medio de compuertas, lo que permite el montaje y la revisión de una bomba sin que sea necesaria la puesta fuera de servicio de toda la instalación.

El diámetro de las tuberías de impulsión es de 800 mm en la de aguas negras y de 1.100 mm en la de aguas pluviales.

Ninguna de las bombas va provista de válvula de retención, por lo cual durante las paradas el agua que se encuentra en la tubería de impulsión refluye al canal de alimentación. La masa de agua que retrocede, limpia eficazmente la bomba y la tubería de aspiración, alejando los detritus que allí se encuentren.

El régimen de funcionamiento de las bombas viene fijado por el nivel que alcanza el agua en el canal de alimentación; la medida de este nivel se realiza por balanza neumática. Las bombas se ponen en marcha con un número mínimo de revoluciones. Al elevarse el nivel del agua se entra en una zona de regulación en la que, a cada escalón, se engancha otra posición de los electrodos de la resistencia eléctrica. Ello determina un número de revoluciones correspondiente. Cuando el nivel alcanzado sobrepasa el extremo superior de la zona, la bomba funciona con el número de revoluciones máximo.

El sifón del Ródano consta de tres tuberías, provistas a su salida de válvulas de mariposa: dos de ellas de $\varnothing = 1.800 \text{ mm}$ y la otra de $\varnothing = 1.100 \text{ mm}$; esta última permanece, en servicio normal, siempre abierta; las otras dos se regulan en función del nivel en el canal de llegada a la entrada del sifón. El mando de accionamiento es de movimiento continuo, y la velocidad de apertura permite obtener la velocidad de limpieza del sifón, 2 m/s como mínimo. El mando automático de apertura de las válvulas a un nivel ascendente ajustado del canal de traída provoca la puesta en marcha de una bomba de agua de lluvia, debiendo entrar la segunda en servicio en el ciclo regular, hasta el número de revoluciones mínimo. Este dispositivo asegura la preparación de la bomba de manera que se ponga a desaguar sin retraso en cuanto se alcance el nivel del mando de regulación.

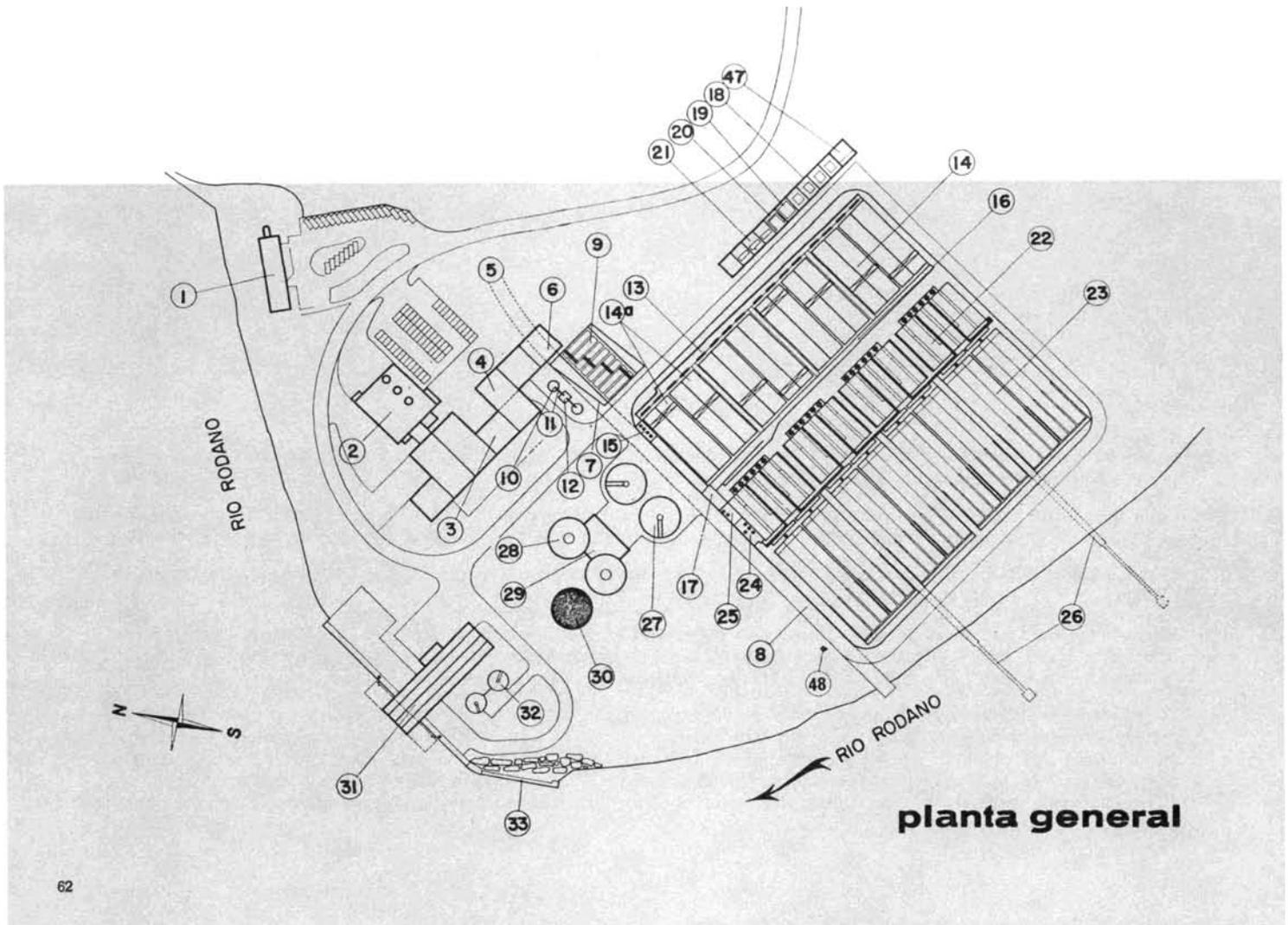
Los equipos de mando automático y de vigilancia de toda la estación se hallan reunidos en el puesto de mando. Los datos principales se transmiten por telemando a la estación de depuración de Aïre.

SULZER HERMANOS
Winterthur

Construcción de la estación de depuración de Aïre

El resultado del Concurso internacional abierto en 1962 por el Cantón de Ginebra, puso de relieve las condiciones esenciales que debía satisfacer la solución:

- Al ser limitada la superficie disponible y teniendo que reservar los terrenos necesarios para futuras ampliaciones eran preferibles decantadores rectangulares, ya que este tipo permite una construcción más compacta.

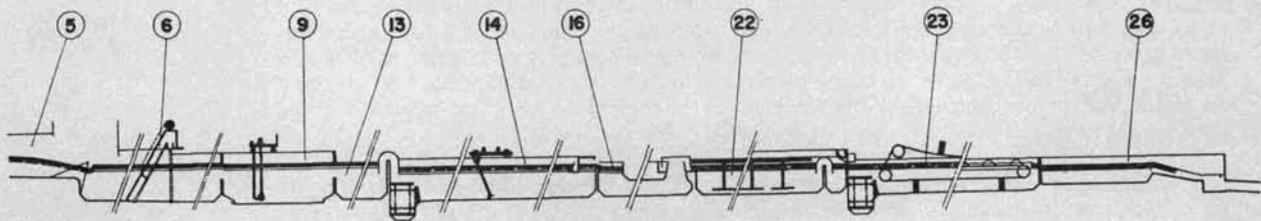


— La superficie de los estanques —que cubrían más de 2 hectáreas— y la necesidad de elevar las aguas negras entre Ginebra y Aire a causa de la presa de Verbois, condujeron a una cimentación de los estanques lo suficientemente alta como para situarse por encima de la capa freática; los cálculos, en efecto, han demostrado que los gastos suplementarios de bombeo representaban, capitalizados, una suma inferior al sobrecosto que implicaba el cimentar los estanques por debajo del nivel de la capa.

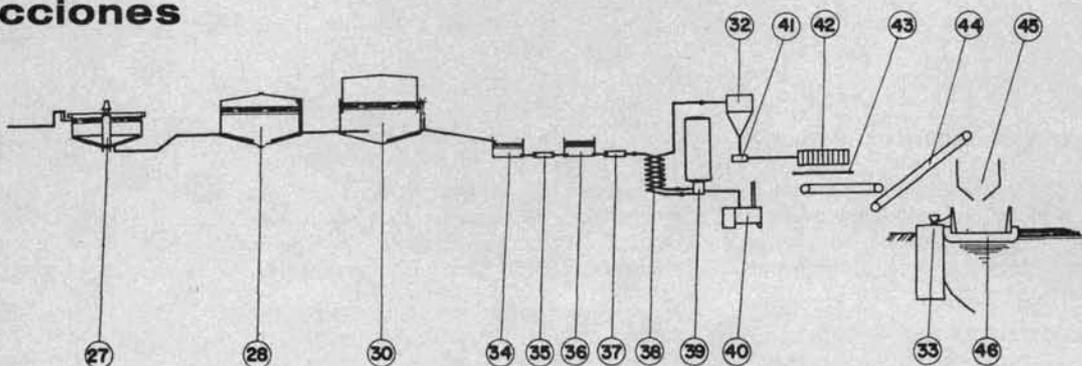
1. Edificio de servicio con laboratorios, despachos, sala de cine y conferencias, comedores, dormitorios y cafetería.—2. Garaje con estación de servicio (25 vehículos).—3. Taller central: secciones de cerrajería, electricidad, mecánica, carpintería y pintura.—4. Vestuarios para 100 personas.—5. Colector general: sección en herradura de 12,5 m²; pendiente de 0,7‰.—6. Instalación automática de rejillas. Los productos retenidos se transportan hidráulicamente hasta 3 dilaceradores, siendo transportados después aguas arriba de las rejillas.—7. Vertedero de seguridad.—8. Canal by-pass.—9. Ocho desarenadores-cámaras de grasa; volumen = 8 × 300 m³. Bombas de arena montadas sobre puente-grúa.—10. Dos lavaderos de arena.—11. Dos transportadores elevadores de arena: tipo de tornillo de Arquímedes.—12. Almacén de arena: elevado para permitir el paso de camiones.—13. Canal de alimentación de los decantadores primarios.—14. Ocho decantadores primarios: 8 × 3.000 metros cúbicos, alimentados por sifones. Rascado longitudinal por puente-grúa. Rascado transversal en el extremo superior mediante cadenas y recuperación de fangos. Los fangos ligeros se recogen en el extremo inferior y, por gravedad, llegan hasta la estación de bombeo de fangos frescos. Los dos estanques, 14 a, funcionan como desbastadores cuando el caudal es superior a 60.000 m³/hora.—15. Estación de bombeo de fangos

frescos, cinco bombas de 30 m³/hora cada una y 6 CV.—16. Canal de reparto de las aguas decantadas.—17. Sifón evacuador de las aguas decantadas en exceso.—18. Cuatro grupos de inyector de aire compuestos cada uno de: un inyector de dos plantas y 210 CV; un inyector de una planta y 100 CV; presión: 3-4 m c.a.; caudal: 130 a 250 m³/minuto.—19. Filtración de aire.—20. Sala de control general y mando de los inyectores así como de las bombas de los fangos de retorno. Los demás mandos se efectúan a partir de tableros locales.—21. Transformadores.—22. Ocho estanques de aireación para fangos activados. Volumen: 8 × 1.450 m³. Estos estanques están formados por tres partes unidas entre sí que, con la ayuda de sifones de alimentación y de desagües en forma de sifón, permiten hacer circular el agua según diversos circuitos. Aireación mediante finas burbujas.—23. Ocho decantadores secundarios. Volumen: 8 × 3.760 m³. Rascadores longitudinales de cadenas con rascado transversal en el extremo superior y toma de fangos.—24. Estación de bombeo de los fangos de retorno; ocho bombas de caudal variable.—25. Estación de bombeo del efluente depurado para enviarlo a los espesadores.—26. Emisarios.—27. Dos espesadores de \varnothing 19 m y 1.160 m³. Batido con rastrillo.—28. Dos digestores primarios calentados a alta carga. Batido realizado por el gas de digestión.

\varnothing 21,5 m. Volumen: 2 × 4.400 m³. Temperatura de calefacción: 35°.—29. Instalación de calefacción de los digestores.—30. Digestor secundario de 4.100 m³ y \varnothing 21,5 m, sin calefacción y sin batido. La parte superior funciona como gasómetro. Producción de gas: 11.500 m³/día.—31. Edificio de tratamiento térmico (sistema Porteous) y de filtración de fangos.—32. Almacenes-decantadores de fangos tratados.—33. Muelle con instalación de cabrestantes para el atraque en las gabarras.—34. Depósito-almacén de fango digerido.—35. Tres bombas dilaceradoras.—36. Depósito de fango dilacerado.—37. Tres bombas de alta presión.—38. Tres intercambiadores de calor de tubos.—39. Tres reactores de \varnothing 1,8 m, y 9 m de altura.—40. Tres calderas de mazout y gas de digestión.—41. Ocho bombas de filtración.—42. Seis unidades de filtros-prensas —del tipo de placas suspendidas— con una capacidad de 2,8 m³/unidad. Dimensiones de las tortas: 1,2 × 1,2 × 0,032 m.—43. Banco de desintegración de las tortas.—44. Cintas transportadoras.—45. Depósitos distribuidores Benoto.—46. Los fangos secados hasta un 45 % de agua se cargan sobre las basuras en las gabarras, transportándose hasta la fábrica de incineración de Chenéviers.—47. Pozo filtrante y estación de bombeo del agua industrial. Caudal: 60 litros/s.—48. Antorcha.



secciones



- El gran número de conducciones, cables y tuberías, tanto actuales como futuras, hacía inadecuadas las instalaciones subterráneas, concibiéndose un sistema completo de galerías subterráneas visitables.

Estas premisas, así como las exigencias estéticas y de organización enunciadas por el arquitecto, han conducido a la solución adoptada: un conjunto de 8 grupos idénticos —con capacidad para 50.000 habitantes cada uno—, compuestos de un decantador primario, un depósito de fangos activos y un decantador secundario. Cada dos grupos y en la cabecera de los decantadores primarios y de los depósitos de fangos activos se encuentran unas galerías visitables. Las demás instalaciones (digestión y deshidratación de fangos, sala de máquinas, taller, garaje y edificio de servicio) tienen una conexión mucho menos rígida con los estanques y entre sí: se han podido, por tanto, disponer alrededor de la masa que constituyen los estanques, en función de las relaciones de trabajo y de la futura ampliación.

En la zona de construcción de los estanques, el terreno de relleno, más o menos orgánico, alcanza un espesor medio de 2 m aproximadamente, bajo el nivel de la solera y de la capa freática. Después de un estudio geológico se ha decidido cimentar las soleras sobre una capa de grava, compactada, y proceder sistemáticamente a ensayos de resistencia puntual con el fin de suprimir todos los puntos débiles de la superficie general de la cimentación. Los asientos calculados variaban según las zonas de 1 a 3 cm, quedando confirmados en la ejecución.

Vistas las condiciones de cimentación, no era razonable buscar una rigidez en la construcción de los depósitos. Siendo la anchura de cada serie de depósitos de 19 m, se ha decidido aislar entre sí las series en sentido transversal y cortar los estanques a intervalos, más o menos regulares, en sentido longitudinal.

Las soleras de los estanques están realizadas a base de hormigón armado parcialmente pretensado en sentido transversal; los muros y la superestructura son de hormigón armado normal. No se ha previsto ningún tipo de enlucido para las paredes verticales, y únicamente las soleras han recibido una capa de revestimiento después de la primera puesta en agua.

La impermeabilidad de los estanques está basada en la calidad de los hormigones. Únicamente las juntas transversales de dilatación tienen una junta de neopreno embebida en el hormigón.

Al ser limitada la carga admisible sobre el terreno ha sido necesario utilizar toda la superficie del fondo y, como consecuencia, instalaciones tales como los espesadores y digestores han tenido que ser implantadas por debajo del nivel de la capa: las tabletas y los pozos filtrantes han permitido realizar estas obras; gracias a su débil superficie en planta, con relación al conjunto de las instalaciones de la estación, el costo de estos trabajos especiales de cimentación no ha influido apenas en el coste de la obra de ingeniería civil.

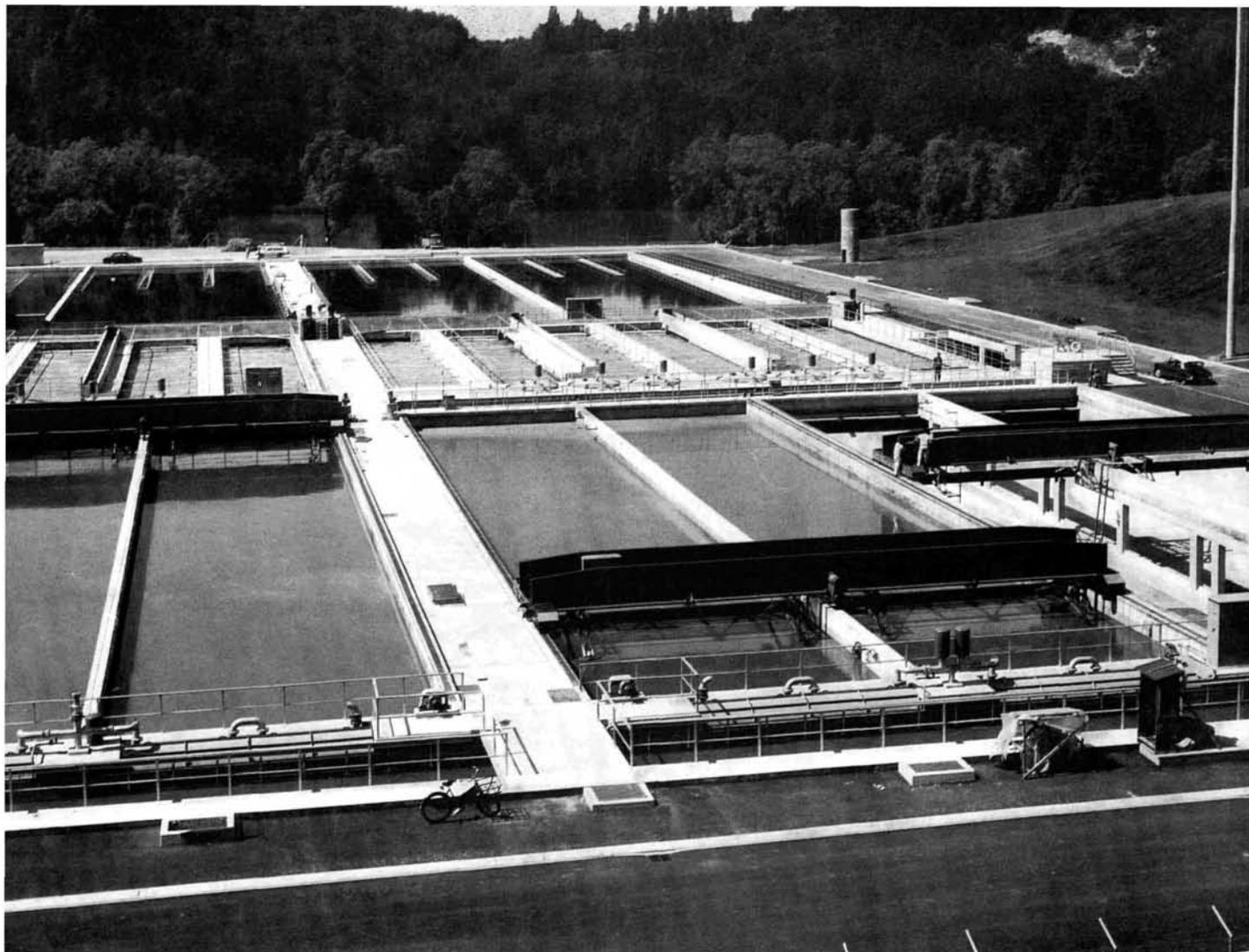
Los emisarios de descarga deben asegurar una buena dilución del agua depurada en la del Ródano. La posición y longitud de estas obras se han determinado con ensayos de dilución de fluoresceína, fotografiados desde un helicóptero. Los emisarios están formados por un tubo de acero de 40 m de longitud, sumergido en el lecho del Ródano, habiéndose asegurado previamente que no constituirían una molestia o un peligro para la navegación fluvial.

Oficina de Ingeniería H. WEISZ

Aspecto arquitectónico

La organización del plan de conjunto de la estación de depuración de aguas residuales se ha concebido teniendo en cuenta las previsiones de crecimiento y evolución de las instalaciones; capaces actualmente para 400.000 habitantes, deberán ser ampliadas en algunos decenios para hacer frente a las necesidades de una población de 800.000 habitantes.

Los edificios se han realizado también con este criterio, empleándose unas «estructuras abiertas» que ofrecen una entera libertad de adaptación a las necesidades futuras.



Vista parcial de los estanques decantadores primarios, de aireación, y decantadores secundarios.

El conjunto de la estación se subdivide en seis partes, cada una de ellas con posibilidades de ampliación:

- 1 Los estanques —decantadores primarios, estanques de aireación, decantadores secundarios— se irán extendiendo hacia el E., en etapas sucesivas de 50.000 a 100.000 habitantes.
- 2 El conjunto de los espesadores, digestores primarios y secundarios se irán ampliando al S. de las instalaciones actuales.
- 3 Las instalaciones de tratamiento térmico y de filtración de fangos tienen una organización y estructura que permiten una expansión, en sucesivas etapas, perpendicularmente al muelle de atraque de las gabarras.
- 4 Las instalaciones de los transformadores, de la sala de control y mando y de los cuatro grupos de inyectores se agrandarán linealmente hacia el E., a medida que se extiendan los estanques.
- 5 El taller central de reparación-garaje está concebido de forma que permita una extensión cómoda al N. y S. de las construcciones.
- 6 La ampliación del edificio de servicio podrá realizarse, llegado el caso, hacia el N.

El edificio de servicio, colocado a la entrada de la estación de depuración, asegura el contacto con el público sin perturbar la explotación de las instalaciones.

Este edificio, situado en la parte superior del terreno, dispone de su propio «parking» para empleados y visitantes.

Consta de dos partes distintas:

El servicio técnico y los laboratorios situados encima del vestíbulo de entrada, instalado a nivel del parking.

Los servicios del personal administrativo y obrero, con comedor, salas de descanso de los guardianes y servicios generales, repartidos bajo el vestíbulo de entrada.

Este edificio se ha concebido como un todo acabado al ser muy improbable su extensión. La plataforma superior, donde está situado el órgano de dirección —con sala de conferencias y cafetería—, posee una vista general sobre toda la estación de depuración.

El taller general de reparación ha sido situado entre el edificio administrativo y la estación propiamente dicha. Este taller hace frente a las necesidades de la estación de Aire y de todas las instalaciones de saneamiento del Cantón.

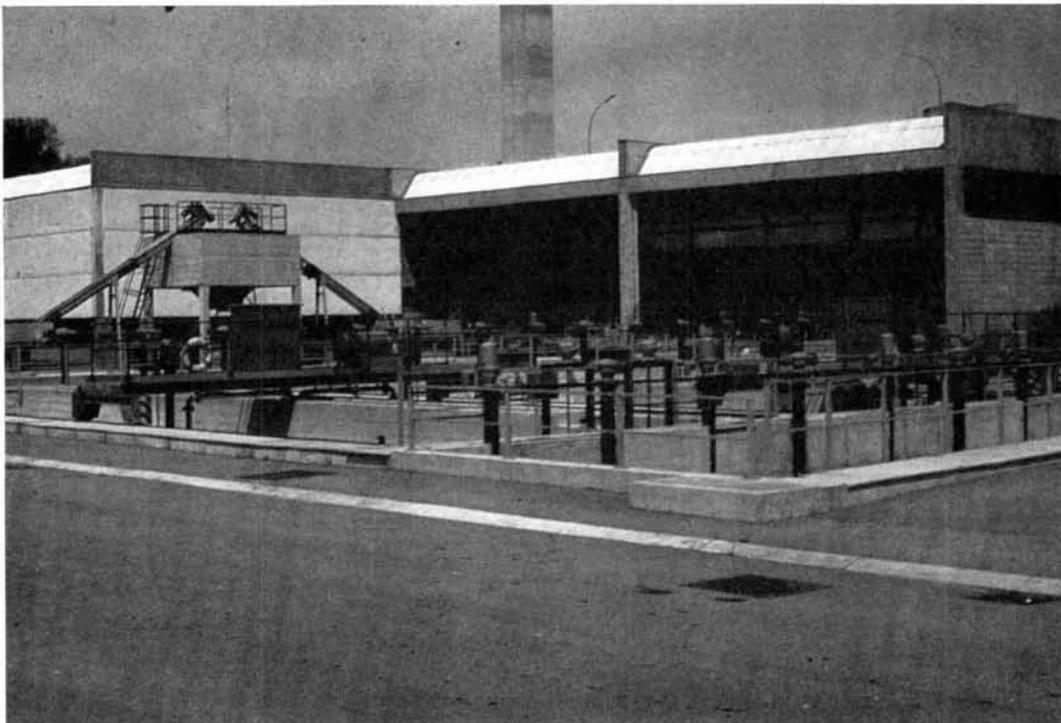
La pendiente del terreno ha permitido organizar las relaciones de trabajo en dos niveles.

En el nivel inferior está el gran taller de 7 m de altura y una trama de base de 16 m × 16 m. Su gran estructura de hormigón armado soporta las cubiertas en dientes de sierra realizadas con elementos de 2,67 m × 16 m. El revestimiento interior de las cubiertas con chorro de amianto ofrece una buena aislación térmica de la techumbre y, sobre todo, una absorción fónica indispensable para el trabajo en el taller.

En el piso intermedio se distribuyen los talleres de electromecánica, en contacto directo con la estación de manutención de los vehículos y su garaje.

Al mismo nivel se encuentra la entrada del personal obrero del conjunto de la estación, con sus vestuarios y duchas. En el nivel superior, sobre el techo del edificio, el gran parking al aire libre del personal se halla directamente unido a la carretera de acceso.

Enrejado desarenador.



El conjunto de las instalaciones, estanques, espesadores, digestores, tratamiento térmico y filtración, se desarrolla linealmente fuera de los dos primeros complejos de servicios generales.

Las instalaciones técnicas, transformadores, sala de control, grupo de inyectores, están agrupadas en un edificio que forma un muro de contención y retiene los taludes necesarios para la construcción de los grandes estanques de depuración.

El edificio de tratamiento térmico y secado de fangos consta de tres niveles:

Un nivel inferior, con el muelle de gabarras y su acceso para camiones.

En la planta baja, al mismo nivel que los estanques de depuración, se encuentra la entrada a las dos secciones, central térmica y tratamiento de fangos.

El secado de los fangos se realiza en el tercer nivel para permitir su vertido, una vez tratados, en las gabarras de transporte fluvial.

El conjunto de estas instalaciones necesitaba grandes luces e incluso un importante voladizo sobre el llenado de las gabarras.

El empleo de una estructura de hormigón armado ha permitido resolver este problema, dejando al mismo tiempo la suficiente flexibilidad para satisfacer futuras necesidades.

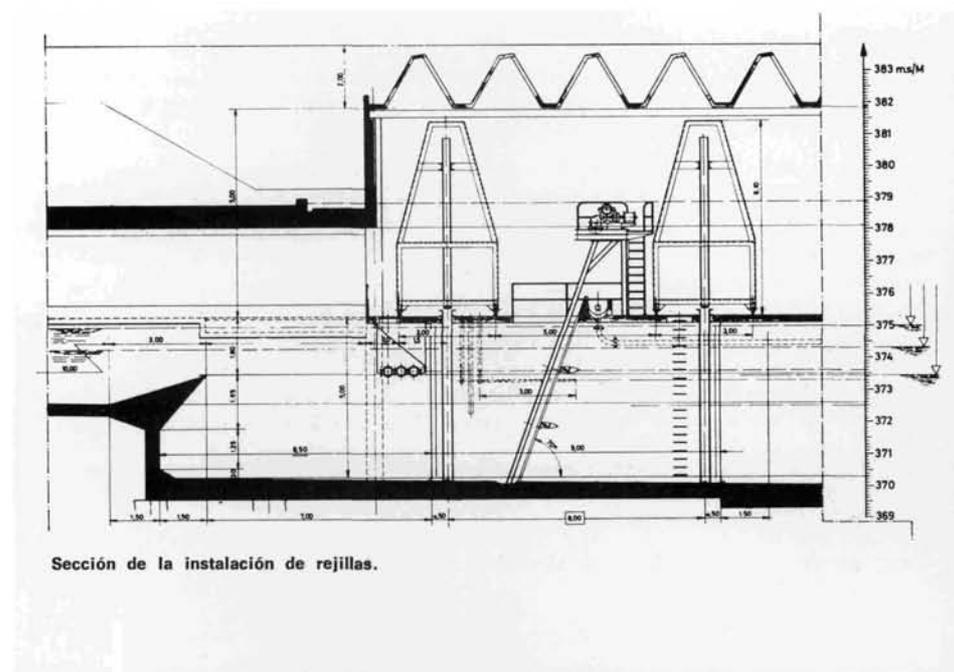
Los grandes vanos de fachada están tabicados con paneles de hormigón o placas de vidrio que pueden ser desplazados sin modificar la estructura resistente.

Era necesario encontrar una escala común a las diferentes obras hasta aquí enumeradas, y únicamente el empleo de un mismo material y de una estructura a escala correspondiente podía asegurar una unidad a estos elementos dispares. Si bien la búsqueda de una escala común entre las construcciones ha sido la principal preocupación de esta realización, no por ello se ha descuidado el lograr una conjunción con el terreno.

En efecto, esta composición de conjunto ha sido tratada con la preocupación de conservar la belleza natural de las orillas del río. El camino de peatones que rodea el Ródano y rodea la estación de depuración, forma parte de un paseo entre la ciudad y el barrio periférico de Lignon y no debía ser en ningún caso alterado.

Si con el tiempo, y gracias a las plantaciones proyectadas, la estación de depuración se difumina y une al paisaje que le rodea, se habrá alcanzado el fin que se había propuesto el arquitecto.

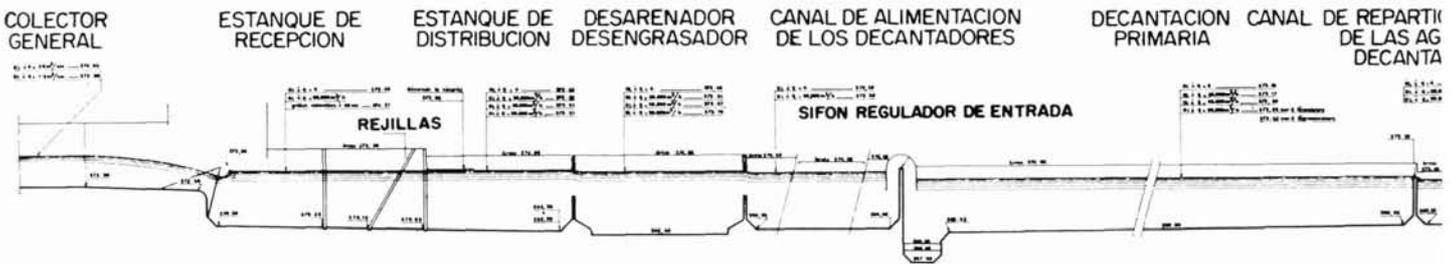
G. BREDÁ, arquitecto, y PETER BOECKLIN, colaborador



La solución hidráulica

Diferentes consideraciones han motivado la adopción de una evolucionada técnica de regulación para el funcionamiento hidráulico de las instalaciones de depuración de agua, en particular:

- la importancia del caudal máximo de agua bruta (90.000 m³/hora) y las fuertes variaciones entre caudal máximo y caudal mínimo (relación de aproximadamente 1 a 20);
- las considerables dimensiones de las instalaciones, que hacen necesarios canales de alimentación de gran longitud;
- la necesidad de un igual reparto del agua a tratar entre las diferentes instalaciones y de una regulación hidráulica, automática, con toda la gama de caudales;
- el importante caudal, en tiempo de lluvia, de agua decantada en exceso que hay que evacuar por el emisario, lo que excluye el empleo de un vertedero de gran longitud, necesitando, sin embargo, una regulación sin intervención manual;
- el deseo de no tener ningún aparato mecánico sumergido en los canales de alimentación de las instalaciones para suprimir toda necesidad de intervención que precise un vaciado del canal de alimentación y, en consecuencia, provoque el paro total de la estación, y
- el deseo de obtener un seguro y fiel funcionamiento de la regulación hidráulica, a fin de evitar que un inexacto reparto de los caudales perjudique la calidad de la depuración.



sistema de regulación

Tras un Concurso internacional para el equipamiento de la estación de Aïre, convocado por el Departamento de Obras Públicas, las anteriores consideraciones han conducido a la adopción del sistema S.G.E.A. de regulación por sifones parciales provistos de dispositivos de control hidrostáticos.

Este sistema se caracteriza por el empleo de:

- órganos reguladores en los que transita el agua, constituidos por sifones de chapa de acero galvanizada, sin ninguna parte móvil, que se pueden sacar fácilmente sin necesidad de vaciar las instalaciones; estos órganos no necesitan ningún equipo mecánico sumergido;
- reguladores hidroneumáticos de que están provistos los sifones; no tienen ninguna pieza sometida a desgaste, estando colocada la única pieza móvil del aparato sobre un baño de mercurio;
- dispositivos de mando constituidos por simples depósitos hidrostáticos llenos de aceite inerte, que no poseen ninguna pieza móvil; estos dispositivos están colocados en unos armarios locales perfectamente accesibles, y
- transmisiones de control, constituidas por unas tuberías de cobre de pequeño diámetro que canalizan el aire a presión.

La instalación está concebida de forma que funcione con regulación «aguas arriba», es decir, de forma que toda variación de caudal en el canal de entrada queda inmediata y automáticamente absorbida en las instalaciones.

En los depósitos de fangos activos, compuestos cada uno de 3 canales, el empleo racional de los reguladores de entrada y de desagües en sifón de salida permite obtener los esquemas hidráulicos correspondientes a los siguientes funcionamientos:

- Serie, paralelo, reaireación, step aireación, reaireación y step.

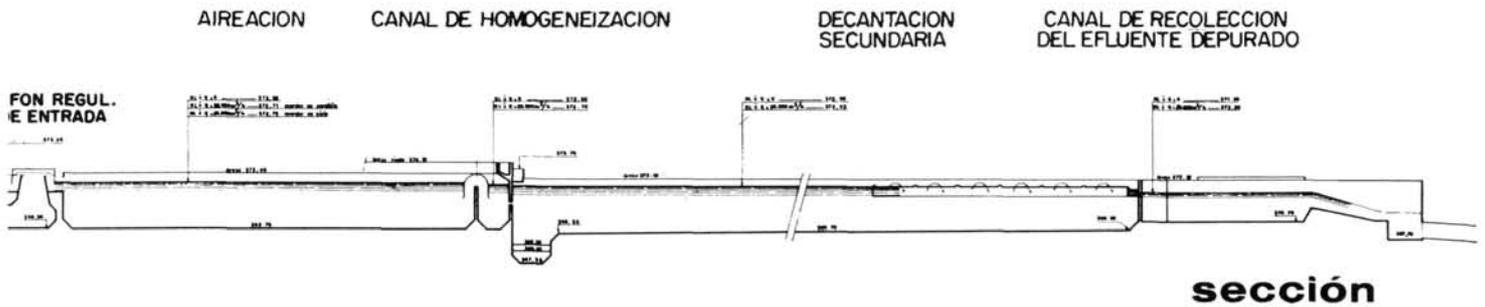
Los sifones de entrada tienen por misión:

- la obtención del esquema de funcionamiento elegido para los tres canales (en unión con los desagües en sifón de salida), y
- la igualdad de reparto del agua decantada entre los estanques de aireación, cualquiera que sea el esquema escogido y el número de estanques en servicio.

Los diferentes esquemas de funcionamiento de los canales de aireación se obtienen por la combinación de 3 circuitos de mando unidos cada uno a los 8 sifones de los tanques de aireación; los dos primeros estanques de aireación pueden trabajar con un caudal constante (regulable) con cualquiera de los esquemas de funcionamiento gracias a un sistema especial de regulación diseñado a este efecto.

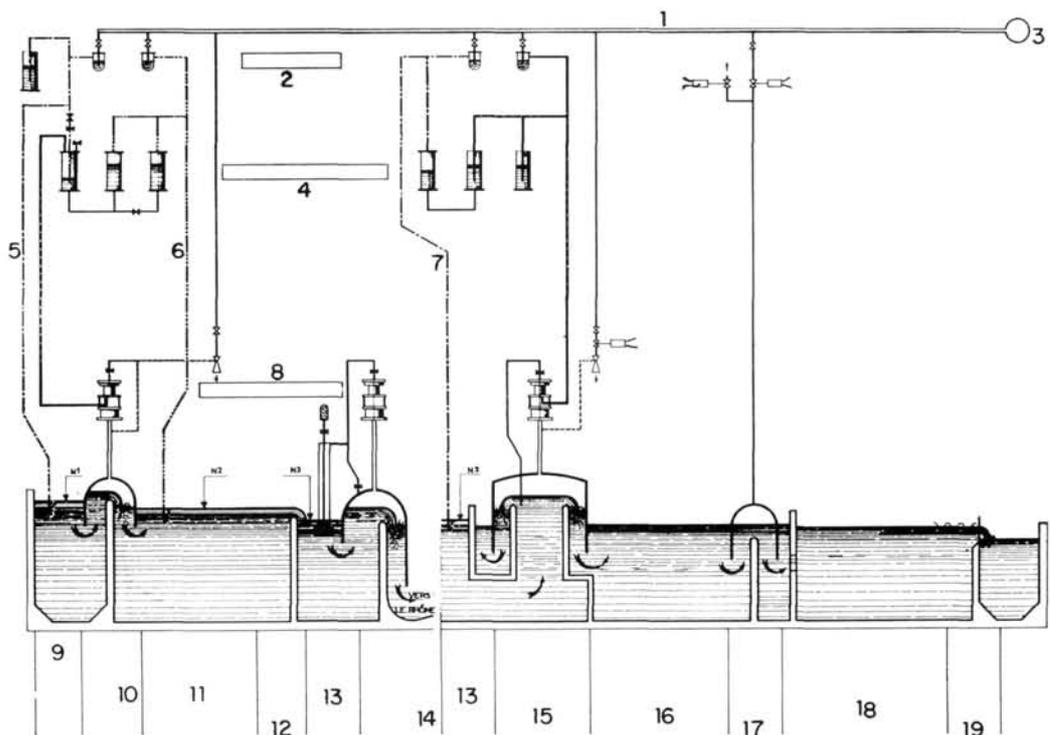
Finalmente, el caudal del sifón es función, en todo instante, del nivel del líquido en el canal de alimentación; toda variación de este nivel provoca una variación del caudal del sifón según una ley matemática conocida.

El regulador hidroneumático es el órgano de control directo del sifón. Consta, esencialmente, de un conjunto móvil de una doble campana y de una copela autocentradora que forma el obturador del aire; al elevarse se apoya sobre un asiento esférico cuyo orificio central sirve de entrada al aire.

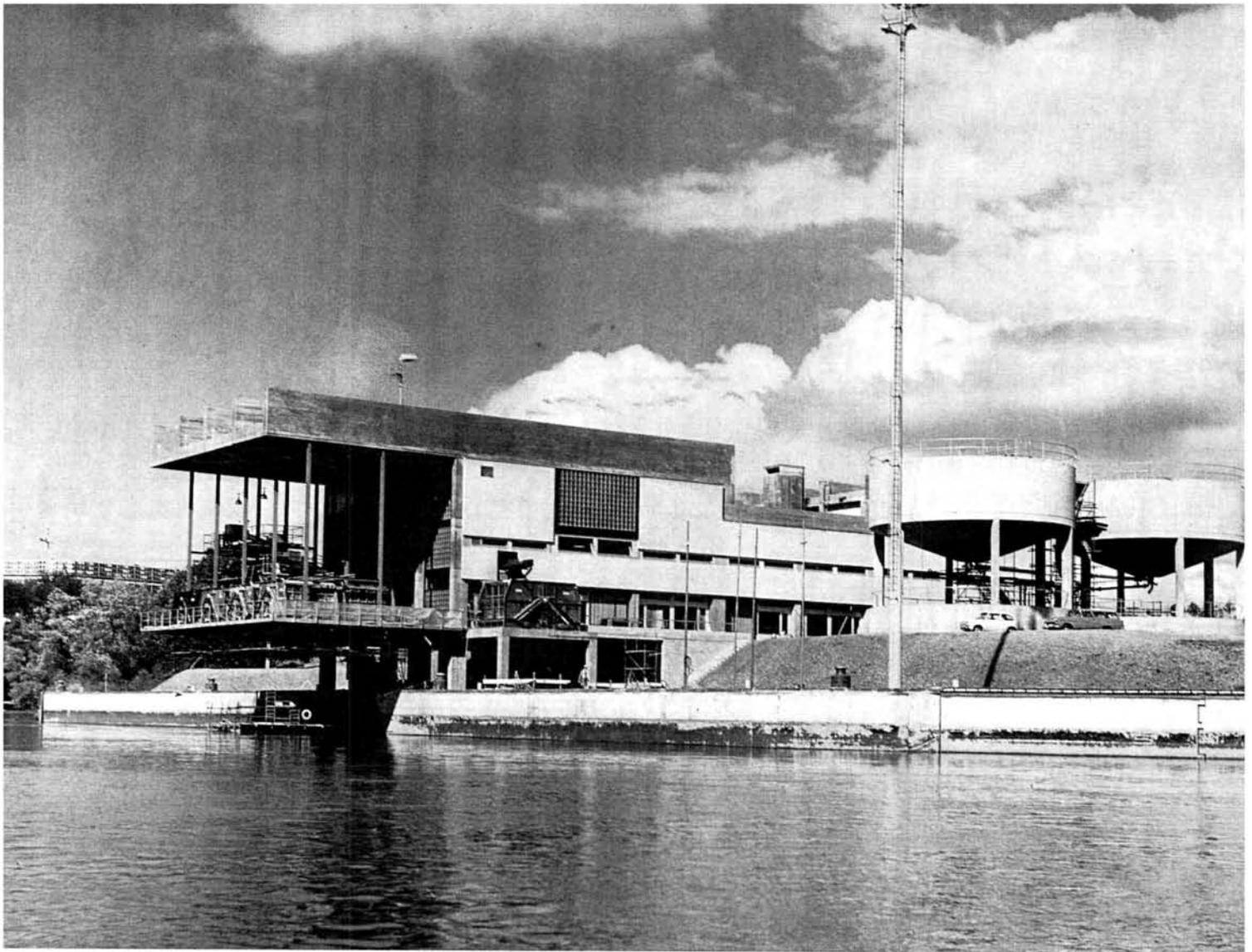


sección

1. Red de aire comprimido.
2. Micromedidor de caudal por metro.
3. Nodriz general de alimentación con aire.
4. Transformadores hidrostáticos.
5. Control n.º 1.
6. Control n.º 2.
7. Control n.º 3.
8. Reguladores hidroneumáticos.
9. Canal de distribución.
10. Sifones reguladores de 2 x 8 de entrada decantadores primarios.
11. Decantadores primarios.
12. Ventiladores de salida decantadores primarios.
13. Canal de repartición.
14. Un sifón de evacuación de agua decantadores en exceso.
15. Sifones reguladores de 3 x 8 de entrada sobre los canales de aireación.
16. Aireación.
17. Desagüe sifónico de salida de aireación de 2 x 8.
18. Decantadores secundarios.
19. Desagüe de salida decantadores secundarios.



esquema



Edificio de tratamiento térmico y de filtración de los fangos.

La doble campana queda sumergida en un baño de mercurio y delimita así unos volúmenes cerrados con junta hidráulica y en los que se pueden ejercer esfuerzos neumáticos.

El estudio de los equilibrios de las diferentes fuerzas aplicadas al sistema es muy complejo y no puede entrar en el marco de esta exposición. Digamos, muy someramente, que una variación positiva de la presión piloto origina una disminución del caudal de aire introducido en el sifón y, en consecuencia, que una elevación del nivel del líquido en el canal de alimentación del sifón origina un aumento del caudal que transita por el sifón.

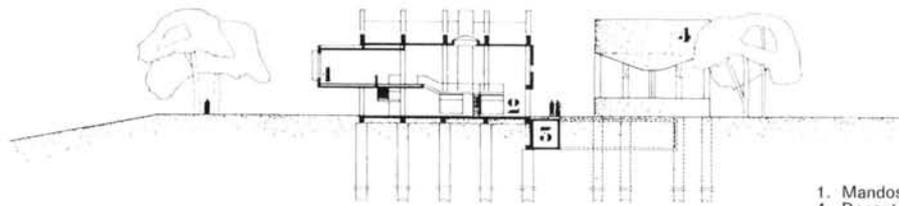
Sociedad General de Depuración y Saneamiento
París

La digestión de fangos

Tras un detenido estudio económico se ha optado por el sistema de digerir los fangos antes de su secado.

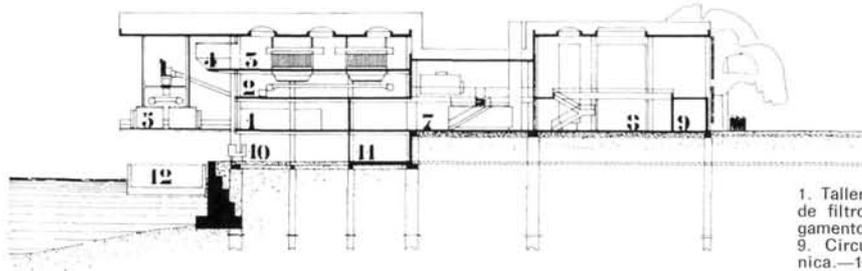
Los gastos de inversión requeridos para la ejecución de las instalaciones quedan, en efecto, ampliamente compensadas con las economías que se originan en la explotación, debidas a:

- la reducción del volumen de fango durante la digestión, y
- la recuperación del gas de digestión y su utilización en el acondicionamiento térmico de los fangos antes del secado.



sección a - a

1. Mandos.—2. Tratamiento.—3. Galería técnica.
4. Decantadores-stock.

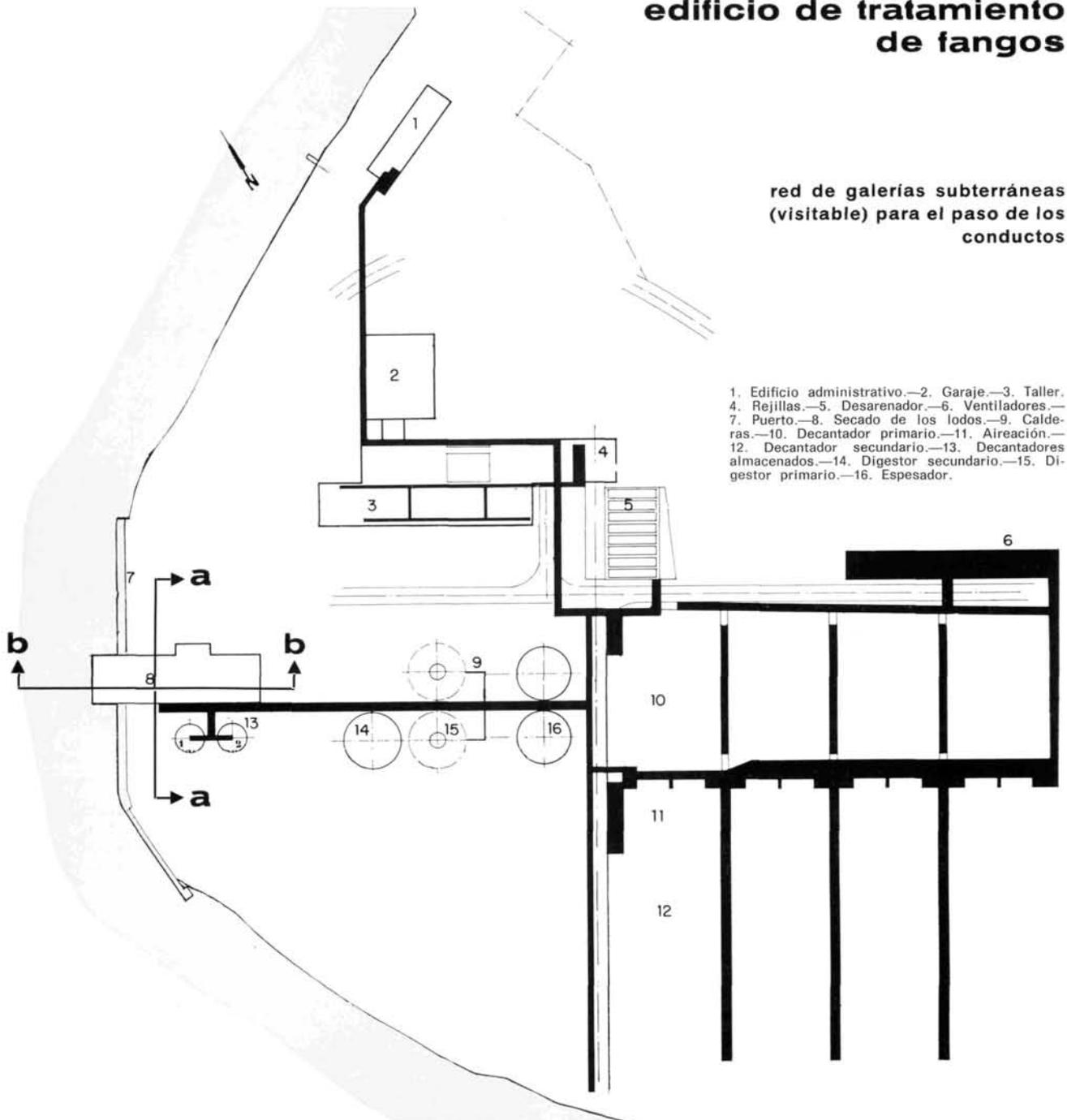


sección b - b

1. Taller.—2. Local de transformadores.—3. Local de filtros prensas.—4. Mando.—5. Silos de cargamento.—7. Calderas.—8. Tratamiento térmico.
9. Circulación.—10. Lavadero.—11. Galería técnica.—12. Gabarra.

edificio de tratamiento de fangos

red de galerías subterráneas (visitable) para el paso de los conductos

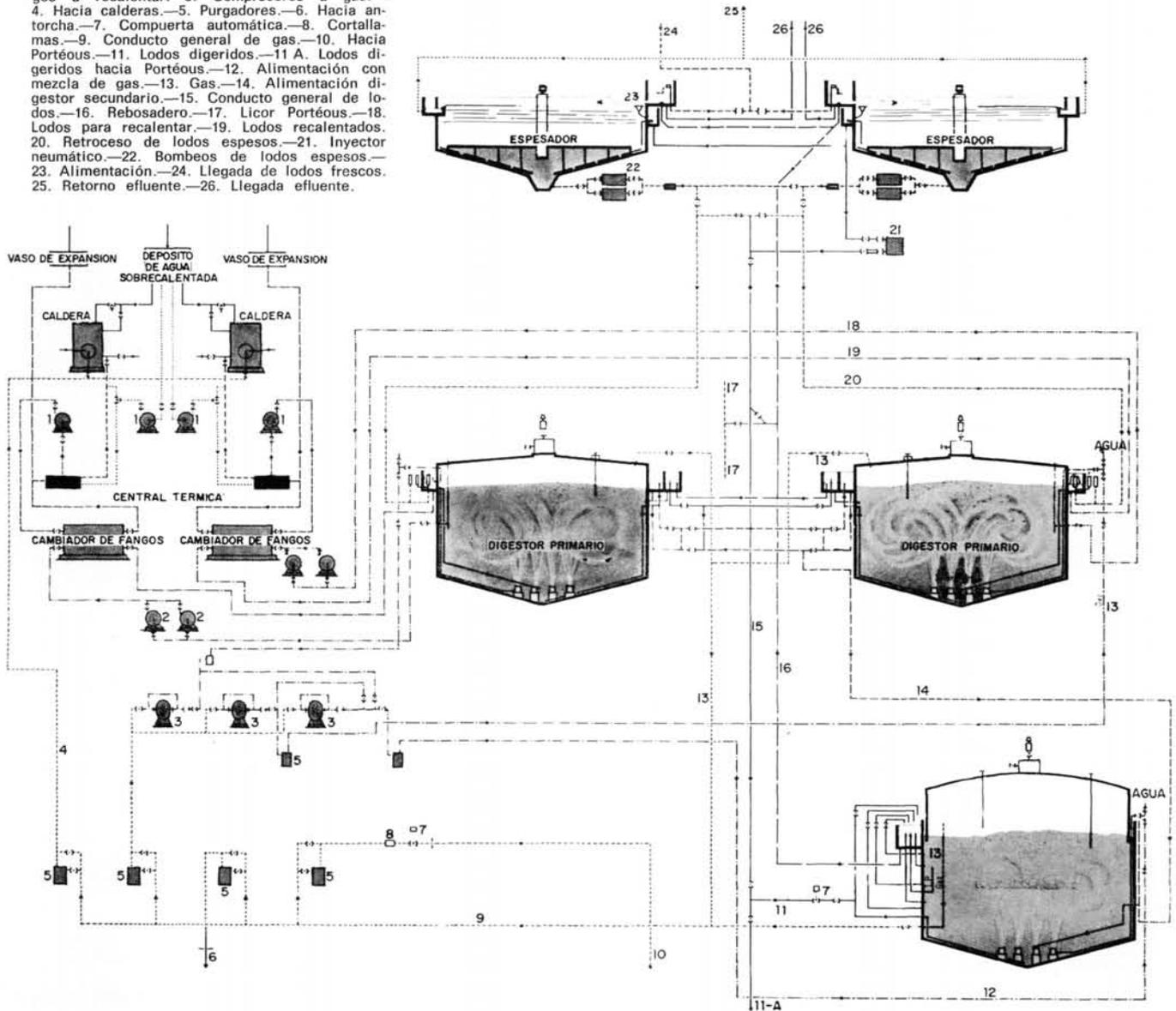


1. Edificio administrativo.—2. Garaje.—3. Taller.
4. Rejillas.—5. Desarenador.—6. Ventiladores.—
7. Puerto.—8. Secado de los lodos.—9. Calderas.—10. Decantador primario.—11. Aireación.—
12. Decantador secundario.—13. Decantadores almacenados.—14. Digestor secundario.—15. Digestor primario.—16. Espesador.

digestión

esquema de funcionamiento

1. Bombas de agua caliente.—2. Bombas de fangos a recalentar.—3. Compresores a gas.—4. Hacia calderas.—5. Purgadores.—6. Hacia antorcha.—7. Compuerta automática.—8. Cortallamas.—9. Conducto general de gas.—10. Hacia Portéous.—11. Lodos digeridos.—11 A. Lodos digeridos hacia Portéous.—12. Alimentación con mezcla de gas.—13. Gas.—14. Alimentación digestor secundario.—15. Conducto general de lodos.—16. Rebosadero.—17. Licor Portéous.—18. Lodos para recalentar.—19. Lodos recalentados.—20. Retroceso de lodos espesos.—21. Inyector neumático.—22. Bombeos de lodos espesos.—23. Alimentación.—24. Llegada de lodos frescos.—25. Retorno efluente.—26. Llegada efluente.



La importancia de la instalación ha llevado a utilizar el procedimiento de «DIGESTION CON ALTA CARGA» realizado por la S.G.E.A. bajo licencia americana C.R.P.; las características de la digestión son las siguientes:

- 1.º La digestión del fango se efectúa en dos etapas.
- 2.º La capacidad de digestión está calculada para una introducción media de 40.000 kg/día de materias secas.
- 3.º El contenido de agua de los fangos introducidos puede variar después del espesamiento entre el 94 y el 95 %, es decir, un volumen de fangos del orden de 800 m³.
- 4.º Se han previsto, para las materias secas introducidas, los siguientes contenidos:

Materias orgánicas volátiles	65 %
Materias minerales	35 %
- 5.º La digestión primaria se realiza bajo la base de una introducción diaria de 4,5 kg de materia seca por m³ de digestor, lo que ha llevado a la ejecución de dos digestores primarios de 4.400 m³ de capacidad unitaria.

Las instalaciones están equipadas de dispositivos de agitación continua por insuflación de gas, que permiten asegurar la mezcla íntima de los fangos frescos con las materias en suspensión, evitando al mismo tiempo la formación de una costra. Están provistas, asimismo, de un sistema de calefacción por intercambiador exterior que mantiene una temperatura constante de 35° C. Las calderas se alimentan con el gas natural de la digestión.

- 6.º La digestión secundaria se realiza en un solo digestor de 4.100 m³ de capacidad, no provisto de sistema de calefacción pero sí de un dispositivo de agitación de funcionamiento discontinuo.

El digestor está coronado por un gasómetro de guiado helicoidal, de 1.500 m³ de capacidad útil, lo que representa una capacidad de almacenaje del 15 % de la producción total diaria de gas.

- 7.º Los fangos frescos y el exceso de fangos se envían a dos espesadores. El bombeo de los fangos espesos hacia los digestores primarios y la extracción de los fangos digeridos hacia el secado mecánico se efectúan de forma continua, durante las 24 horas del día.

- 8.º La producción de gas ha sido estimada, bajo la base de obtener 0,94 m³ de gas por kg de materia orgánica destruida durante la digestión, en un volumen diario de 11.500 m³ en la fase de plena utilización de las instalaciones. Este gas posee una potencia calorífica del orden de 5.600 kcal/m³.

Sociedad General de Depuración y Saneamiento
París

La instalación de tratamiento de fangos

Después de haber convocado dos Concursos internacionales para la instalación de tratamiento de fangos, el Departamento de Obras Públicas de Ginebra ha elegido un procedimiento puesto a punto hace unos treinta años en Gran Bretaña y que en los últimos años ha sido sensiblemente mejorado en cuanto a mecanización y automatización se refiere. Este procedimiento tiene la ventaja de ser prácticamente independiente de la calidad del fango y, sobre todo, de una característica particularmente importante: el contenido de materias coloidales del fango. Para definirlo en términos técnicos sencillos, diremos que el procedimiento Porteous consiste en un acondicionamiento térmico seguido de una filtración por prensas. Sirve lo mismo para fangos frescos que para fangos digeridos y permite obtener una materia no pegajosa, prácticamente sin olor y con un contenido máximo de agua del 45 %, es decir, de apariencia seca. Este fango deshidratado tiene una características de humedad y de poder calorífico sensiblemente parecidas a las de las basuras domésticas, lo que facilita un tratamiento combinado de estos desechos.

El esquema que figura en este folleto muestra el funcionamiento de una instalación Porteous. Precisemos que el líquido filtrado extraído de las prensas está prácticamente exento de materias en suspensión y su D.B.O., muy elevada, puede ser rebajada por un tratamiento biológico ad-hoc hasta el punto de que este filtrado puede ser devuelto a la estación de depuración sin provocar una sobrecarga biológica.

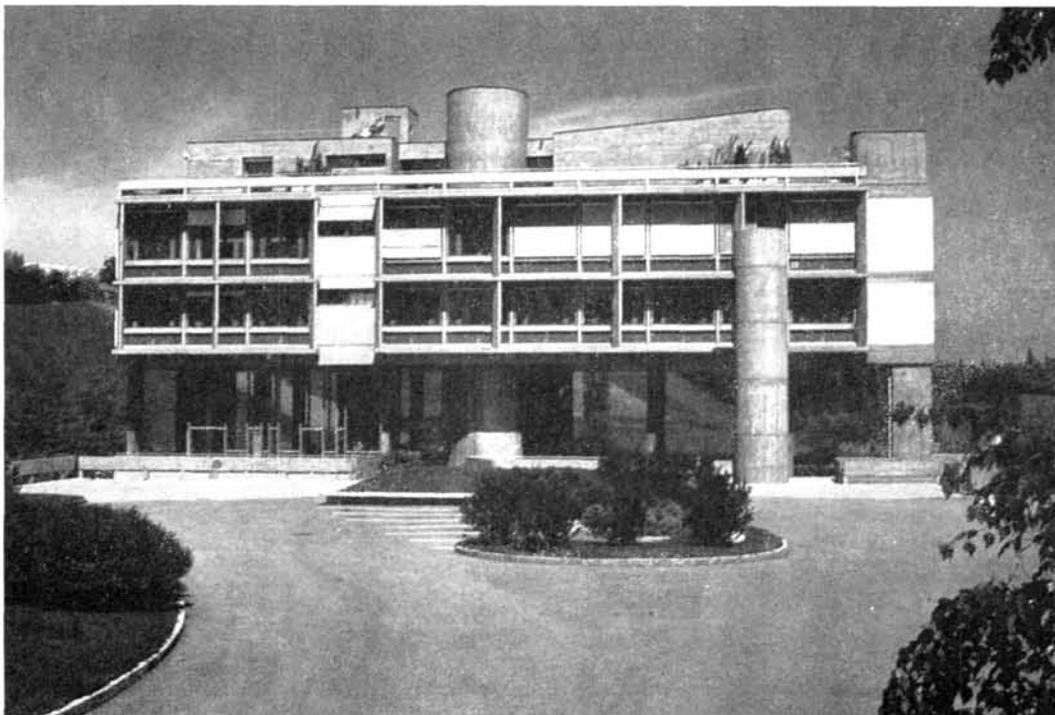
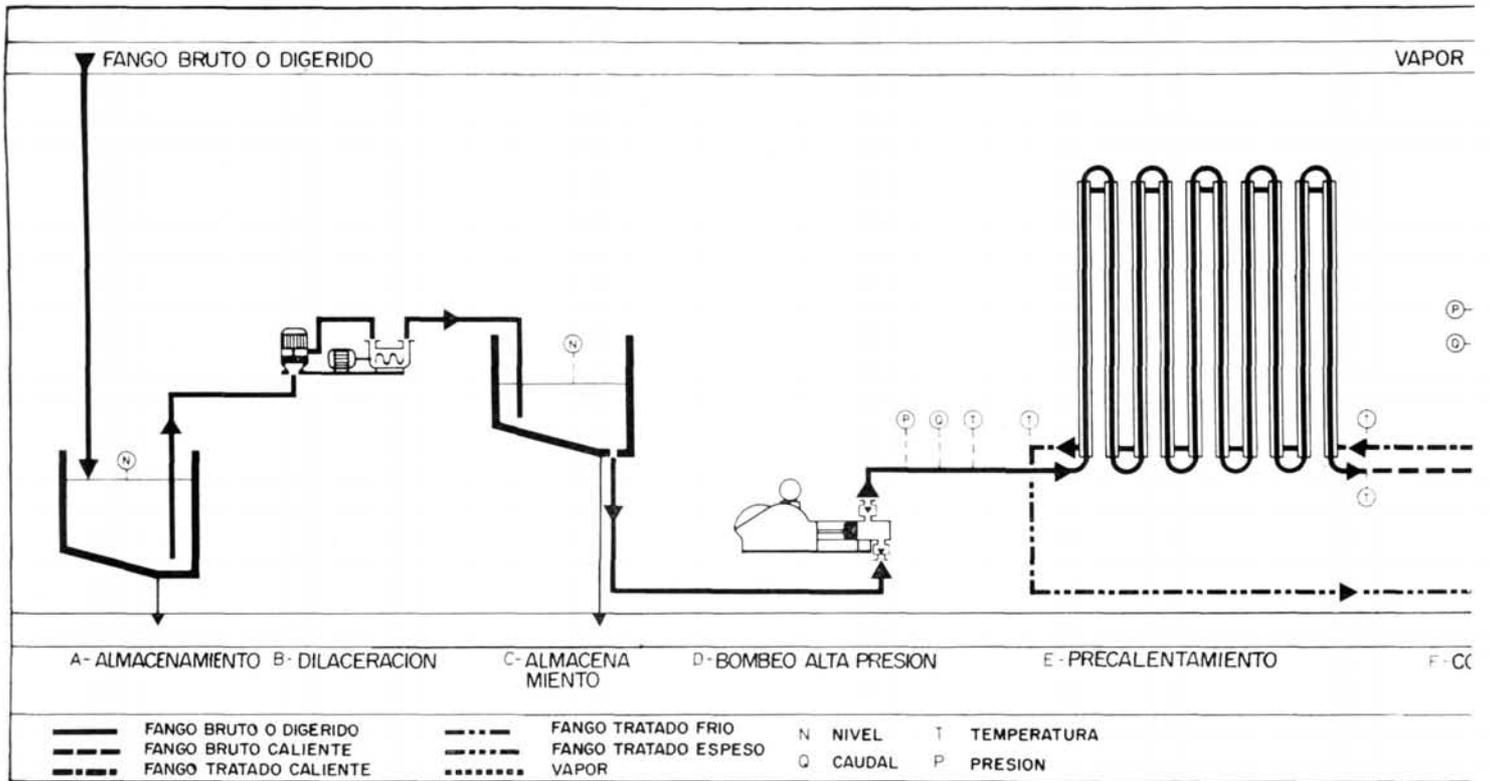
En Aïre, la instalación de deshidratación de fangos según el sistema Porteous ha sido calculada para permitir el tratamiento de los fangos producidos en la estación de depuración. Los fangos a tratar provienen de los digestores y el volumen previsto es de 510 m³/día con un 95 % de agua, lo que equivale a la producción de fangos de una población de 400.000 habitantes.

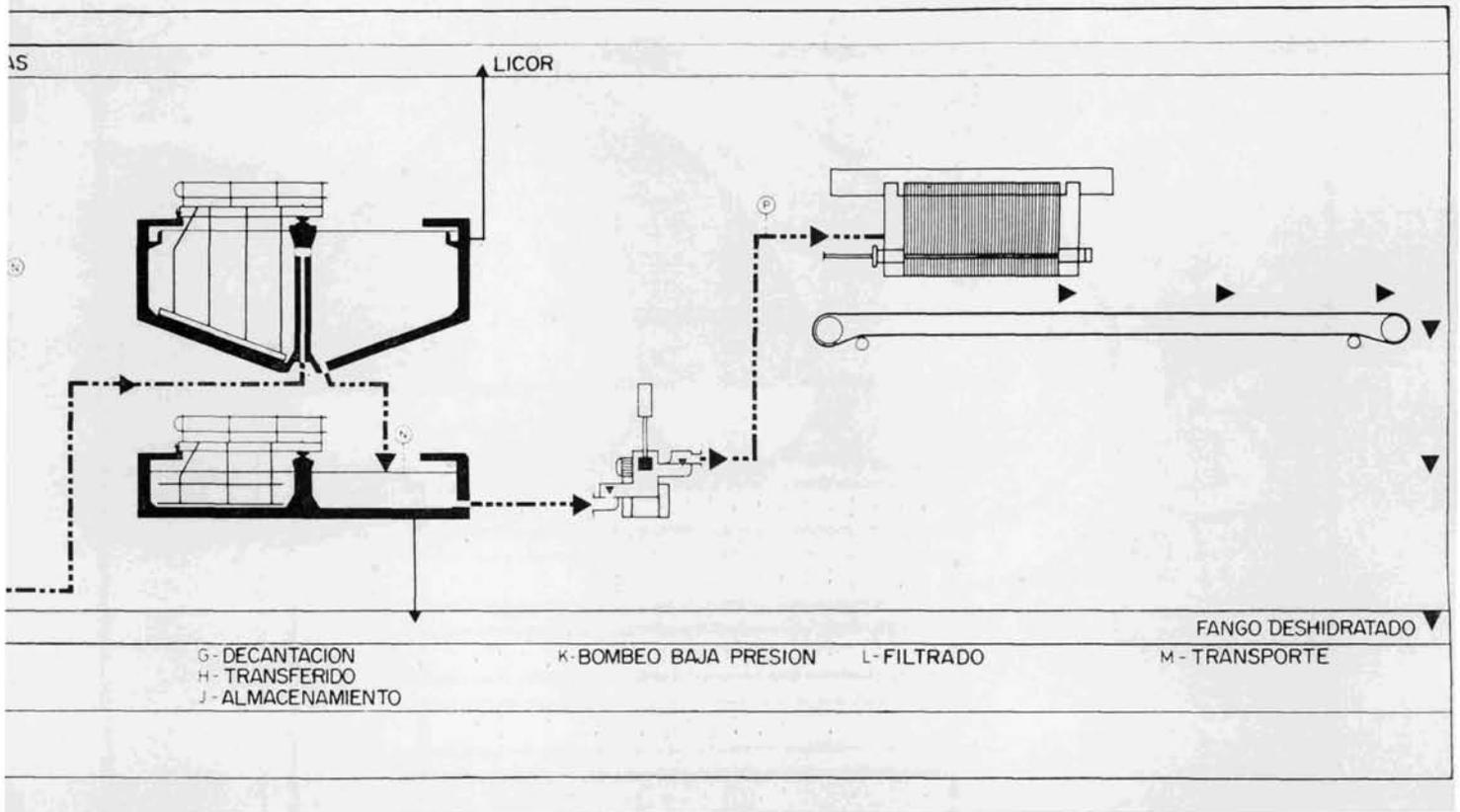
La instalación comprende las instalaciones siguientes:

- Una instalación de pretratamiento del fango, que consta de:
 - un almacén intermedio;
 - unos dilaceradores, y
 - un tanque de almacenamiento del fango digerido.
- Tres cadenas de cocción completamente independientes, incluyendo cada una de ellas:
 - una bomba de alta presión;
 - un intercambiador de calor, y
 - un reactor para la cocción del fango.
- Dos decantadores y almacenadores situados en el exterior del edificio de tratamiento de fangos.
- Una instalación de filtros-prensa con tres cadenas de dos prensas.
- Un sistema de cintas transportadoras que permiten descargar las galletas que caen de las prensas sobre depósitos de almacenaje Benoto.
- Una serie de elementos de almacenaje Benoto colocados en desplome sobre el Ródano a fin de permitir la descarga de fangos deshidratados sobre las barcas que transportan las basuras.

TECHFINA, Ginebra.

instalación de tratamiento de fangos





résumé

Station d'épuration des eaux usées de Genève - Suisse

La politique d'assainissement heureusement adoptée par les services d'administration du Canton a suivi deux principes fondamentaux qui ont conduit à des solutions originales et inédites: volonté de créer des installations aux structures ouvertes, évolutives, pouvant faire face aux besoins d'un avenir relativement éloigné et pour lequel les prévisions actuelles sont vagues et même discutées; volonté d'intégrer, dans toute la mesure du possible, l'évacuation et le traitement de tous les déchets urbains, solides, liquides, boueux, industriels et ménagers.

La station d'épuration est construite en première étape pour 400.000 habitants et équivalents-habitants de l'industrie, mais elle est conçue de manière à pouvoir être agrandie par tranches de 50.000 habitants. Son aspect fonctionnel et esthétique a été soigné.

Les techniques les plus avancées ont été prévues tant pour les installations actuelles que futures, permettant ainsi de réduire leurs dimensions et d'éviter l'achat de terrains rares et trop coûteux.

summary

Sewage Disposal Plant, Geneva Switzerland

The sanitation policy wisely adopted by the ruling bodies of the Canton has followed two fundamental criteria which have led to original results: to create plants which are structurally simple and evolutionary, with a look of the future about them; to integrate as far as possible the disposal and treatment of all urban wastes, whether solid, liquid, muddy, industrial or domestic.

This sewage plant has been designed, in its first phase, for 400,000 inhabitants, but with the possibility of being extended in stages of 50,000 people, while keeping its functional aspect as well as aesthetic appearance.

The most modern techniques have been used in all the present and future plants, thus allowing their sizes to be reduced and the buying of costly and scarce land avoided.

zusammenfassung

Wasserkläranlage in Genf - Schweiz

Die von den kantonalen Behörden sinnvoll eingeschlagene Sanierungspolitik folgt hauptsächlich zwei Grundsätzen, die zu einmaligen Ergebnissen geführt haben: die Einrichtung offener erweiterungsfähiger Anlagen, auf die Zukunft blickend; die Zentralisierung, soweit möglich, der Beseitigung und Behandlung aller städtischen Abfallprodukte: der festen, flüssigen, schlammigen, industriellen und häuslichen Abfallstoffe.

Die Kläranlage wurde, in einem ersten Abschnitt, für 400.000 Einwohner bemessen, aber mit der Möglichkeit einer stufenweisen Erweiterung für jeweils 50.000 Personen, wobei gleichzeitig auf einen ordentlichen Betrieb und auf Ästhetik geachtet wurde.

Alle gegenwärtigen und zukünftigen Anlagen sind nach den letzten Stand der Technik vorgeplant wodurch man die Ausmasse der Anlagen erheblich verringern und somit den Ankauf teurer und knapp vorhandener Grundstücke vermeiden konnte.