PLANTA de INCINERACIÓN de RESIDUOS en GINEBRA * SUIZA

363-2

dirección de obras: PINGEON, PERRETEY y JEHEBER, ingenieros
arquitectos: E. GUERX y G. KIRCHHOFF

situación

sinopsis

Aunque el sistema de eliminar los residuos por medio de la incineración, en lugar de transformarlos en abono, constituya a largo plazo una mala política, ha sido el elegido en este caso por razones de rentabilidad y por las condiciones económico-agrícolas actuales del territorio. Sin embargo, se ha previsto la posibilidad de que, en el futuro, pueda completarse con elementos de transformación en abono, siempre que la evolución de la economía agrícola demuestre su utilidad.

Después de una serie muy completa de estudios comparativos entre el transporte por carretera y el fluvial, se decidieron por este último; por ello, la planta de incineración tiene un canal que la comunica con el lago, y un muelle de carga, con plataforma inclinada, para sacar del agua a las barcazas que transportan las basuras.

La fábrica está dividida en tres zonas:

- 1) Nave central, que aloja: los silos de basuras y escorias, las tolvas de carga de los hornos, y perpendicularmente, la nave de descarga de las barcazas.
- 2) Nave de incineración, que comprende: las instalaciones electromecánicas, dos hornos de incineración, dos electrofiltros, el turbogenerador, el puesto de mando y la cadena de evacuación de las escorias.
- 3) Edificio administrativo, en el que se distribuyen: los talleres, depósitos, refectorio, entrada del personal, vestuarios, sala de conferencias, instalaciones sanitarias, enfermería, laboratorio y locales de dirección.

En general la obra es de hormigón armado, a fin de crear una unidad del conjunto y procurando lograr al mismo tiempo una arquitectura dinámica y de contrastes en el tratamiento de volúmenes.

La concepción

¿Incineración o transformación en abono?

Entre los partidarios de la incineración —«el fuego purifica todo»— y los de la transformación en abono —«el humus es la vida»— no es posible ningún entendimiento. Se impone, sin embargo, un análisis racional de los hechos: ¿de qué residuos se trata? ¿Únicamente de las basuras domésticas o del conjunto de los residuos urbanos, es decir, las basuras domésticas, los residuos de la industria, del artesanado, del comercio y los fangos resultantes de la depuración de las aguas residuales? En el caso de Ginebra se han considerado todos los residuos, ya que en un pequeño territorio industrializado y de alta densidad de población, en donde sólo una agricultura intensiva puede prosperar, había que considerar todos los residuos y preconizar su tratamiento desde el punto de vista de la destrucción y de la descarga.

planta

La destrucción de la materia orgánica que constituyen las basuras domésticas y los fangos residuales es, a largo plazo, una mala política, ya que el cultivo intensivo de la tierra exige una renovación continua de su humus. Este hecho, considerado globalmente, ha incitado a numerosas personalidades a reclamar una transformación en abono de las basuras y de los fangos; las asociaciones agrícolas de Ginebra han hecho una vigorosa campaña a favor del retorno a la tierra de las materias orgánicas de la ciudad. Los cálculos generales han demostrado que la totalidad del abono producido podía ser absorbido por el campo ginebrino. Pero una solución semejante implicaba tres premisas:

- La segregación de los residuos urbanos, a fin de separar la materia prima de los residuos tóxicos o inertes. En efecto, la transformación es una recuperación selectiva y, en consecuencia, no se puede mezclar todo: los residuos industriales, del comercio y del artesanado, así como la fracción retenida en el cribado de las basuras domésticas, deben ser incinerados; únicamente los fangos y la fracción fina de las basuras son susceptibles de ser empleados en la transformación en abono.
- La creación de una organización para la distribución del abono, así como un servicio de ayuda a los agricultores, ya que el abono no puede ser empleado sin discernimiento y un gran volumen de producción exige una programación de la utilización.
- La entrega gratuita del abono, completada con una subvención para el transporte desde el lugar de producción hasta el de distribución. En efecto, si bien agronómicamente el abono constituye una aportación interesante para la agricultura en general, las leyes de la economía de mercado obligan actualmente al agricultor a buscar el máximo de rentabilidad; ahora bien, el transporte y el esparcimiento del abono son demasiado costosos para interesarles. Una subvención semejante hubiera sido concebible, pues es inferior a la amortización de la diferencia entre el coste de una fábrica de incineración y el de una de transformación en abono.

Al no poder ser satisfechas estas premisas, se ha escogido la solución más simple, más higiénica, más radical y también la más costosa: la incineración de todos los residuos. Esta solución representa ciertamente un desperdicio de gran cantidad de materia orgánica contenida en los residuos. Pero en la coyuntura actual, la incineración representaba, en el caso de Ginebra, la única solución realista, ya que no exigía más que dinero. Un acuerdo con el servicio de electricidad ha permitido satisfacer la única premisa importante: la venta de la energía recuperada en la incineración de los residuos.

Sin embargo, a fin de preservar las posibilidades futuras se ha concebido una fábrica que permita ser completada con elementos de transformación en abono, si las dificultades técnicas del tratamiento de los fangos o la evolución de la economía agrícola demuestran su utilidad.

Ficha técnica

Poder calorífico medio de los residuos	1.500 kcal/kg.
Proporción de escorias	30 a 40 % del peso de los residuos. 10 a 15 % del volumen de los residuos
Capacidad de almacenamiento de basuras	fábrica ... 2.600 m ³ . barcazas ... 2.400 m ³ .
Peso específico medio de los residuos	aproximadamente 200 kg/m ³ .
Capacidad máxima del transporte fluvial	120.000 t/año.
Capacidad nominal de un horno	200 t/24 horas.
Sobrecarga autorizada	20 %.
Número de hornos de la fábrica	2.
Duración de la revisión anual de un horno	alrededor de 1 mes.
Capacidad nominal de la fábrica, con una explotación de 5 días por semana	88.000 t/año.
Capacidad nominal de la fábrica con explotación continua	132.000 t/año.
Carga calorífica máxima de un horno	10 millones de kcal/h.
Producción bruta de energía eléctrica	aproximadamente 300 kWh/t de residuos.
Consumo interno de energía	aproximadamente 50 kWh/t de residuos.
Producción neta de energía	aproximadamente 250 kWh/t de residuos.
Tonelaje probable de desechos en 1965	75.000 t.
Producción neta de energía eléctrica en 1967	18,7 millones de kWh/año.
Producción neta máxima de energía eléctrica	33 millones de kWh/año.
Contenido máximo de polvo en el humo	0,3 g/m ³ .
Contenido medio de polvo en el humo	0,16 g/m ³ .
Peso total del equipo electromecánico	2.600 t.

Capacidad de las instalaciones

La ejecución

Organización general de la obra

La empresa Zschokke ha estudiado la organización de la obra de la fábrica de Cheneviers en función de los siguientes datos:

- La configuración de la obra y las dimensiones impresionantes de ciertas partes de la estructura de hormigón armado o pretensado.
- La situación geográfica de la obra.
- Los imperativos del programa de trabajo, que preveía un plazo de ejecución relativamente corto y fijaba de manera muy estricta la fecha de terminación de la obra gruesa, correspondiendo, de hecho, con el comienzo de los trabajos de montaje de los hornos y del equipo electromecánico.
- La diversidad de los trabajos, que exigía la intervención de numerosos equipos especializados.

detalle de fachada

**sección
pasarela muelle**

vertido de basuras

La empresa Zschokke, encargada de los trabajos de terraplenado y de la obra de hormigón armado y albañilería, se decidió a dotar a la fábrica de Cheneviers con instalaciones técnicas ampliamente dimensionadas. Por otra parte, un importante estado mayor técnico tenía la misión de dirigir la obra de forma muy independiente, conservando, sin embargo, la posibilidad de recurrir a los servicios centrales de la empresa. Gracias a esta organización y a los esfuerzos de todos los interesados ha sido posible respetar el plazo de ejecución, incluso logrando un cierto adelanto, a pesar de algunas dificultades imprevisibles que surgen siempre en obras de esta importancia.

Los efectivos de jefes de equipo y operarios han variado según las necesidades de la obra, con un máximo de 140 hombres y descendiendo a 75 obreros en los trabajos de acabado de la fábrica y de construcción del puente de barcazas.

Dado el alejamiento de la construcción y el hecho de que la región de Verbois no está provista de transportes colectivos, la empresa Zschokke decidió construir un campamento de barracones-dormitorios en la obra, capaz de albergar a 40 obreros, provistos de instalaciones sanitarias con duchas, hornillos para cocinar y refectorio con aparato de TV. Otra construcción albergaba las oficinas de la empresa. Todas estas instalaciones estaban realizadas a base de elementos estandarizados, construidos por la misma empresa.

Durante los períodos de gran actividad fue preciso organizar un servicio de autobuses para transportar a los numerosos obreros alojados en la ciudad.

Como aparatos principales de elevación se emplearon dos grúas-torre Pigeon de 50 y 120 m, con flechas de 30 y 40 m, respectivamente; ambas permitían cubrir la casi totalidad de la superficie de las construcciones principales. El depósito de ferralla, así como un taller de carpintería, se encontraban igualmente dentro del radio de acción de las grúas; todos los transportes de materiales de construcción se efectuaron, por tanto, muy racionalmente.

Las armaduras llegaban a Cheneviers en transportes especiales de 20 t, en barras de hasta 24 m de longitud. Un importante «stock» de acero y un taller de elaboración instalado en la obra reforzaban la independencia de ésta, permitiendo atender los trabajos urgentes de ferralla.

Una estación de hormigonado, un pequeño taller mecánico y un almacén bien surtido completaban el equipo de la obra.

En la construcción del puerto de barcazas, en el lago de Verbois, se hizo necesario el empleo de un importante material flotante: martinets sobre pontones, pontones de transporte, balsas y pequeñas embarcaciones y, finalmente, un derrick flotante para la manipulación de los elementos prefabricados, que constituyen la superestructura de los dos espigones-pasarela del puerto de barcazas; el peso de algunas placas de choque sobrepasaba las 14 t.

Como consecuencia de un estudio realizado por la dirección de la obra y por la empresa se pudo evitar el tener que realizar una instalación específica para los elementos prefabricados: estos elementos, en efecto, pudieron hormigonarse en el interior de la nave central, cargarse con los puentes-grúa de la fábrica y ser transportados hasta pie de obra en las barcazas para basuras que, mientras tanto, habían sido ya construidas y botadas.

Problemas estáticos y de construcción

En el **muelle de carga**, independientemente de los problemas planteados por los muros anclados que protegen la carretera y por los voladizos de los dispositivos de carga, la principal dificultad técnica reside en la ejecución de la infraestructura del edificio, construido en gran parte bajo el nivel de la capa freática y en la proximidad inmediata del río Arve.

Este problema se ha resuelto mediante:

- La utilización de la ataguía constituida a base de terreno natural consolidado por los materiales procedentes de la excavación realizada sobre el nivel de la capa.
- La instalación de pozos de bombeo que permiten descender la capa. Gracias a ello, la excavación y la ejecución de la infraestructura se han podido realizar en las condiciones normales de una obra en seco.

La estructura está compuesta por un cajón, que contiene el empuje del terreno, rigidizado horizontalmente a nivel del muelle de carga. La solera agujereada elimina las subpresiones durante los cambios de nivel de la capa.

Los muelles, en los que se ha querido evitar el empleo de muros macizos de mampostería, están constituidos por planchas metálicas ancladas mediante cables fijados en los aluviones. La durabilidad de estas planchas es extremadamente larga en agua dulce, estando previsto, en caso de que se presentara una agresividad no común en la región, la colocación de una protección catódica.

Los **espigones-pasarela** han planteado el interesante problema de la absorción de la energía de un barco en movimiento. Cuanto más rígida es la estructura, tanto mayor es la fuerza que actúa durante el choque.

En las pasarelas de la Jonction y del puerto de Cheneviers, una estructura ligera absorbe, mediante un sistema de resortes amortiguadores, las fuerzas transmitidas por las embarcaciones a las paredes verticales de hormigón. Estas paredes están articuladas entre sí, quedando solidarizadas mediante un cable pretensado longitudinal, lo que les permite absorber fácilmente los esfuerzos debidos al rozamiento de los barcos.

El **canal de acceso** a la fábrica de Cheneviers está unido, por pantallas de inyección, a las orillas del lago de Verbois. Estas inyecciones tienen como finalidad evitar las filtraciones desde el lago hasta la capa subterránea de Cheneviers.

La **fábrica de Cheneviers** está constituida por un esqueleto de hormigón armado, revestido con una fachada continua. La ampliación de las instalaciones de incineración o de transformación en abono podrá realizarse cómodamente mediante construcción del esqueleto y desplazamiento de las fachadas.

Las principales partes del esqueleto de pórticos múltiples asimétricos se han calculado con la ayuda de una máquina electrónica. Todas las vigas de la estructura son pretensadas. La forma de los pilares (H) se ha elegido, principalmente, con el fin de satisfacer las exigencias de estabilidad de las grandes alturas libres y para reservar un paso cómodo a las distribuciones verticales de cables y tuberías.

Es frecuente que gran cantidad de losas del suelo estén suprimidas, con objeto de permitir la instalación de los elementos del equipo electromecánico. La estructura permite el empotramiento de las losas simples en el doble sistema de dinteles, quedando asegurada la continuidad vertical por los pilares.

La **chimenea**, de 103 m de altura, se ha construido con ayuda de un encofrado deslizante. El sistema patentado de este encofrado permite una reducción del diámetro exterior y una variación del espesor.

En su cálculo se han considerado los efectos dinámicos del viento: la aparición brusca y la alternancia de las ráfagas de viento se han tenido en cuenta comparativamente a la frecuencia propia de la chimenea.

Una hipótesis bastante severa de estos factores y la gran esbeltez de la chimenea han conducido a tomar un coeficiente dinámico de 1,8, es decir, un aumento del 80 % sobre los efectos estáticos del viento. El análisis de esta severa hipótesis ha permitido admitir elevadas tensiones en los materiales.

La concepción arquitectónica

Desde un principio se puso de manifiesto que la obra general se dividiría en tres masas dominantes, determinadas por las exigencias funcionales y por el volumen de las instalaciones electromecánicas:

- 1) **Nave central**, que incluye los silos de basuras, las tolvas de carga de los hornos, el silo de escorias con puente-grúa y, perpendicularmente, la nave de descarga de las barcasas.
- 2) **Nave de incineración**, que comprende las instalaciones electromecánicas, dos hornos de incineración, dos electrofiltros, el turbogenerador, el puesto de mando y la cadena de evacuación de las escorias.
- 3) **Edificio administrativo**, en el que se encuentran los talleres, depósitos, refectorio, entrada del personal, vestuarios, sala de conferencias, instalaciones sanitarias, laboratorio, enfermería y los locales de dirección.

Con este programa impuesto, el papel del arquitecto consistía en crear alrededor de estas instalaciones un medio circundante que expresara lo mejor posible la función de cada una de estas diferentes partes; emplazarlas teniendo en cuenta futuras ampliaciones, necesidad vital de una fábrica de destrucción de residuos urbanos, tri-

butaria del movimiento demográfico y buscar una estructura que se adaptara a las exigencias estáticas y funcionales.

Ya desde los estudios preliminares se estableció una estrecha colaboración entre el contratista, los ingenieros civiles, los ingenieros encargados de las instalaciones electromecánicas y los arquitectos, a fin de ir creando, a medida que avanzaban los estudios, el clima necesario para la búsqueda y creación de soluciones funcionales.

La concepción estética se ha dirigido en el sentido de buscar un contraste en el tratamiento de los volúmenes, según su empleo, sirviéndose de superficies opacas en las zonas polvorientas carentes de presencia humana y utilizando superficies luminosas verticales y cenitales en las zonas de trabajo.

Habiéndose escogido una estructura de hormigón armado, fue preciso, para lograr una racionalización, encontrar un módulo único en relación con las instalaciones mecánicas, lo que ha determinado una distancia entre ejes de pilares de 9,50 m. La forma de esta estructura, con pilares en H y dinteles dobles, puede parecer muy onerosa, pero ha resultado en extremo ventajosa al permitir el paso de las conducciones, tuberías, instalaciones eléctricas, etc., de las que está provista en gran número la obra.

Habiéndose escogido el hormigón armado como material de base, se ha generalizado su empleo a todas las partes del conjunto a fin de crear una unidad de la obra edificada; debido a ello, la arquitectura puede parecer excesiva, pero es a escala de una composición semejante cuando el arquitecto debe intentar dar muestras de generosidad y realizar una estructura dinámica y de contrastes mediante la oposición de estructuras moduladas y elementos opacos y translúcidos.

El tratamiento de las fachadas ha estado condicionado por los siguientes factores: ampliación, función propia de cada edificio y estructura adoptada.

1) NAVE CENTRAL

Atmósfera polvorienta como consecuencia de la carga y descarga de basuras; ninguna presencia humana. Ampliación posible en tres direcciones: oeste, norte (transformación en abono) y este.

Elementos prefabricados y desmontables a base del panel ligero Leca, de 18 cm de espesor, montado sobre una armazón metálica o sobre la estructura.

Iluminación natural indirecta y cenital con cúpulas de poliéster.

2) NAVE DE INCINERACION

Espacio de trabajo, ampliación en dirección este (hornos suplementarios).

Fachadas de paneles desmontables translúcidos Kalwall, con doble superficie de poliéster y armadura de aluminio, montados sobre armazón metálico; estructura de hormigón armado.

Inserción en cada nivel de trabajo, de una fila de ventanas practicables que crean el contacto visual con el campo circundante y permiten asimismo la ventilación.

La ventilación constituía en esta nave un problema importante debido a la atmósfera sobrecalentada creada por los hornos. Para resolverlo se ha realizado una ventilación mediante impulsión de aire exterior en las proximidades de los hornos y evacuación por las cúpulas móviles de iluminación cenital del techo.

3) EDIFICIO ADMINISTRATIVO

El personal debía encontrar la escala humana en los diferentes locales de este conjunto; creación de accesos fáciles entre los diferentes lugares de trabajo del complejo (nave central e incineración).

Fachadas realizadas en muros-cortina compuestas por paneles de hormigón ligero Leca sobre estructura metálica y cristales anticorrosivos; forros de paneles de madera. Búsqueda de un cierto calor humano y de un clima de tranquilidad mediante la elección de materiales y colores adecuados.

Equipo de la Fábrica de Cheneviers

La fábrica está provista de dos hornos de 200 t/día de capacidad cada uno. El foso-silo, que no sirve más que para el almacenamiento de los desechos de una zona próxima a la fábrica, es relativamente pequeño. Un compartimiento provisto de un molino-cizallador está previsto para la recepción de las basuras voluminosas.

Los residuos urbanos de Ginebra son transportados hasta la fábrica por vía fluvial. Una vez allí, las barcasas se remolcan a lo largo de un canal y se sacan del agua mediante una plataforma colocada sobre un plano inclinado. Estas barcasas sirven al mismo tiempo de silos. En la nave de descarga, la cuchara de un puente-grúa, mandado a distancia por un operario instalado en una cabina acristalada y climatizada, recoge la basura.

Los residuos se vierten a una tolva vibratoria de alimentación, situada en lo alto del pozo de carga de los hornos y cuyo mando se efectúa automáticamente mediante un aparato de rayos radiactivos. Las basuras se encienden al finalizar su recorrido sobre la parrilla de presecado, cayendo a continuación a la parrilla principal. Las parrillas están formadas por barrotes ensamblados sobre unas vigas fijas y móviles; estas últimas están accionadas por unos servomotores hidráulicos y efectúan un movimiento de vaivén. La aleación de los barrotes debe resistir la abrasión, los choques mecánicos y, sobre todo, las altas temperaturas. Dos atizadores automáticos montados sobre la parrilla principal garantizan una perfecta incineración.

zona de incineración sección

1. Fosa para basura fresca.—2. Vagoneta.—3. Cuchara.—4. Vibradores.—5. Caída vertical.—6. Horno.—7. Parrilla de presecado.—8. Parrilla de combustión.—9. Caída vertical.—10. Canal de escorias estériles.—11. Cinta transportadora de escorias estériles.—12. Foso de escorias estériles.—13. Cuchara.—14. Caldera.—15. Balón superior.—16. Sobrecalentador.—17. Economizador.—18. Filtro electrostático.—19. Desempolvador mecánico.—20. Cabeza de aclarado.—21. Instalación de clasificación.—22. Chimenea.—23. Instalación del mechero de fuel-oil.—24. Turbina de vapor.—25. Condensador.—26. Turboalternador.

2. Tolva de alimentación.—3. Pozo de alimentación.—4. Cámara de combustión.—5. Parrilla de presecado.—6. Parrilla de combustión.—7. Canal de escorias estériles.—8. Silo de escorias estériles.—9. Caldera.—10. Electrofiltro.—11. Chimenea.—12. Turbina de vapor.—13. Desgasificador del agua de alimentación.—14. Depósito de agua condensada.—15. Condensador auxiliar.

LEYENDA:

- BASURAS
- BASURAS EN COMBUSTION
- ESCORIAS ESTERILES
- ➔ HUMOS

esquema de funcionamiento

La materia incinerada cae a un canal de escorias lleno de agua, de donde se extrae mediante una cadena rascadora, siendo posteriormente vertida a un silo para su evacuación y descarga. Un ventilador aspira el aire de combustión en el interior de la nave de descarga. Este aire es precalentado en dos etapas y después inyectado bajo las diferentes zonas de las parrillas.

El generador de vapor está situado encima del hogar. Los gases de combustión permanecen algunos instantes en la cámara de combustión y a continuación atraviesan los haces del recalentador, del evaporador, del economizador y del intercambiador de calor. El calor recuperado sirve para producir vapor. Las cenizas volantes se depositan en unos recipientes y se evacúan a continuación al canal de escorias. Después, los gases se desempolvan mediante un filtro electrostático y un multiciclón que garantizan una limpieza a fondo. Finalmente, el ventilador de tiro forzado aspira los gases filtrados y los impele a la chimenea. Los residuos de hidrocarburos, una vez tratados en una instalación de decantación, son incinerados en los hornos por unos quemadores.

Los fangos digeridos que provengan de la estación de depuración de Aire se incinerarán en la fábrica de Cheneviers. Antes de su incineración serán secados y añadidos a las basuras domésticas. Manteniendo una proporción inferior al 20 % entre las cantidades de fango secadas y de basuras, la adición de fangos no afecta ni el proceso de incineración de las basuras domésticas, ni el contenido de materia putrescible de las escorias, ni la temperatura de los gases de combustión.

El vapor producido se utiliza para producir energía eléctrica en un turboalternador. Después de su paso por la turbina de condensación con extracción, se condensa el vapor escapado. El agua de condensación es evacuada por una bomba de extracción, recalentada, bombeada al balón del agua de alimentación y desgasificada. La alimentación de las calderas se halla asegurada por dos grupos de dos bombas cada uno, accionadas por motores eléctricos. La alimentación de los consumidores internos se efectúa con vapor a baja presión.

Un condensador auxiliar es capaz de condensar el vapor, en caso de que el turboalternador quede fuera de servicio.

Una instalación de bombeo, situada al borde del Ródano, proporciona el agua de refrigeración de los condensadores, así como el agua industrial consumida por la fábrica.

Las instalaciones cuentan con una sala de mandos, situada en el centro de la fábrica y separada de la nave de hornos-calderas y de la sala del turboalternador por paredes acristaladas.

Acondicionamiento del Ródano y de las instalaciones portuarias

En la elección del lugar de emplazamiento de la fábrica de eliminación de residuos urbanos, ha jugado un papel muy importante el modo de transporte desde los lugares de producción hasta el sitio de consumo.

El Ródano, cuyas características hidráulicas son compatibles con una navegación regular, se presentaba como una posibilidad de eliminar de la carretera un tráfico de 100 a 150 camiones diarios.

La cuestión esencial que se planteaba era, por tanto, la siguiente: ¿Era el transporte fluvial el sistema más económico de encaminar los desechos a la fábrica? Un detenido estudio ha permitido responder afirmativamente a esta pregunta.

El material de transporte, concebido según las últimas técnicas de navegación fluvial, ha sido fijado en función de las cantidades a eliminar en un plazo de tiempo dado. Este plazo tenía en cuenta la llegada de los camiones al muelle de descarga, por una parte, y el consumo de los hornos de la fábrica de Cheneviers, por otra.

sección longitudinal

**estación de bombeo
y filtración del agua
de refrigeración**

Actualmente la flota se compone de una lancha motora-empujadora y cuatro barcazas; se irá ampliando dicha flota a medida que aumenten las aportaciones de basura.

El curso del Ródano tiene aproximadamente una longitud de 12 km desde el muelle de carga en la Jonction, bajo el Bois de la Bâtie, hasta la fábrica de Cheneviers. La velocidad de la corriente, en el tramo de la fábrica de Verbois, es función de los caudales del Ródano a la salida del lago y del río Arve. Este caudal conjunto varía entre 200 y 1.500 metros cúbicos/s, aproximadamente. Unas estadísticas precisas, tomadas sobre un gran número de años, han proporcionado unas gráficas que dan la frecuencia de los niveles en la Jonction y en Verbois. Estos datos eran necesarios para establecer las condiciones límites de navegación.

En la Jonction, el nivel sube a medida que aumenta el caudal «Ródano + Arve».

esquema de carga de gabarras

En Cheneviers, el fenómeno se produce en sentido inverso. El nivel alcanza su cota máxima con el estiaje, al estar totalmente cerrada la presa de Verbois y, su cota mínima con los grandes caudales, al desaguar al máximo la presa.

Una vez elegido el material de navegación era preciso determinar hasta qué caudal era posible su utilización racional.

Para resolver este problema, los ingenieros encargados propusieron al Departamento de Obras Públicas la construcción de un modelo reducido de la Jonction, con el muelle de carga y un tramo del Ródano lo suficientemente largo como para hacer circular los convoyes teledirigidos. El laboratorio de hidráulica de l'Epul se encargó de la

construcción de la maqueta. La lancha motora y las barcazas, todas ellas a escala 1/35, fueron puestas a punto por M. F. Bösch, ingeniero naval, especialista en navegación fluvial, que ya había realizado este mismo tipo de estudios en otros ríos y canales.

Todas las maniobras de los convoyes eran dirigidas a distancia mediante ondas radioeléctricas.

Los ensayos de navegación se realizaban haciendo variar los caudales Ródano + Arve, es decir, con velocidades y niveles diferentes. Gracias a estos ensayos se llegó a la conclusión de que las maniobras de atraque y salida de los convoyes no podían llevarse a cabo con caudales superiores a 1.000 m³/s. Este caudal crítico no se sobrepasa, según los gráficos establecidos a partir de los datos proporcionados por los limnigrafos, más que un día al año. Cuando esto suceda, habrá que enviar los camiones a Cheneviers y vaciarlos directamente en los silos de la fábrica.

Mediante estos ensayos se ha podido determinar también la forma del muelle de carga, del canal de entrada, de los muelles de atraque, así como del extremo del espigón que separa el canal del Ródano. Las soluciones de plano inclinado o de esclusa para la carga a nivel constante, se desecharon ante la falta de espacio para realizar las maniobras de atraque, cambio de barcaza y salida.

Cada maniobra de los convoyes, con diferentes caudales, ha sido registrada en un mismo cliché por efecto estroboscópico, separada cada posición por intervalos regulares de tiempo, lo que permite deducir la velocidad y, por tanto, el tiempo de maniobra. Se ha podido determinar, por el mismo procedimiento, la potencia del barco-empujador necesaria para ejecutar todas las maniobras previstas con caudales de hasta 1.000 m³/s.

Se ha estudiado igualmente la formación de aluviones, pudiéndose decir que no es de temer la formación de ningún depósito sólido en la orilla izquierda en el lugar de emplazamiento del muelle de carga y de sus obras accesorias.

Se ha comprobado que durante los vaciados cuatrienales del tramo de Verbois, la operación de llevar los convoyes por el Ródano, aguas arriba de la Jonction, para ponerlos en lugar seguro, era posible y no presentaba dificultades.

El tramo fuertemente curvado del Ródano, bajo el Puente Butin, ha necesitado también de ensayos en modelo reducido para determinar la corrección mínima a efectuar en la orilla izquierda, con el fin de permitir un paso cómodo bajo el arco de esa orilla del puente. Las numerosas fotos estroboscópicas de las maniobras de los convoyes, antes y después de las correcciones sucesivas y del dragado del lecho aguas arriba del puente, han conducido a la solución adoptada en la ejecución. Los resultados de los ensayos en modelo reducido han quedado confirmados en la explotación regular del material de navegación.

En el resto de las obras fluviales no ha sido necesario el ensayo en modelo reducido.

En conclusión, los importantes gastos originados por los estudios con modelos reducidos han quedado plenamente justificados a la vista de los resultados obtenidos.

Las razones de ser del transporte fluvial

La innovación más importante en la solución del problema de la evacuación de los residuos en Ginebra es, sin lugar a dudas, el transporte fluvial. Existen muchos precedentes, principalmente en Rotterdam y Amsterdam, que los responsables del proyecto ginebrino han imitado, pero es la primera realización de un transporte-lanzadera organizado en un río.

El éxito técnico de las instalaciones y del sistema de transporte fluvial es una cosa, y otra, mucho más importante, la justificación económica, ya que determina lo acertado o no de la solución; por ello parece indispensable dar algunas precisiones sobre esta elección.

Ante todo, hay que resaltar que el emplazamiento de la fábrica ha condicionado todo el problema. ¿Por qué no se ha construido la fábrica en la ciudad, en el extremo de la zona industrial, por ejemplo, como se ha hecho en muchas grandes ciudades? Si no se considera más que el punto de vista del saneamiento, es evidente que una implantación semejante próxima al centro de gravedad es la más interesante económicamente. Pero si se consideran los aspectos urbanísticos y la situación existente, es preciso tener en cuenta otros factores.

Los emplazamientos en los que se pensó más frecuentemente antes de la elección de Cheneviers, fueron el Cabo de Arve y el extremo de la península de Aïre. El Cabo de Arve ya había sido propuesto 30 años antes. Ahora bien, desde hace 15 años las autoridades municipales han decidido destinar toda la banda de terreno a lo largo de la orilla izquierda del Arve a instalaciones deportivas y recreativas. Desde ese momento quedaba excluido ese emplazamiento, porque no se podía colocar en un mismo terreno unas instalaciones de tratamiento de residuos y un centro recreativo.

La península de Aïre hubiera sido asimismo un lugar conveniente para la fábrica de eliminación de residuos. Desde el punto de vista del saneamiento, este lugar habría permitido una concentración muy interesante de todas las instalaciones de tratamiento, agrupando las de las aguas usadas, las de fangos y las de basuras. Además, esta solución no hubiera sido más costosa que la del Cabo de Arve, a pesar de su mayor alejamiento, ya que la producción de la energía eléctrica de la fábrica se podría haber utilizado in situ en la depuración de aguas residuales y en el tratamiento de fangos, economizándose así la diferencia entre la compra y venta de energía. Pero esta solución implicaba todo un acondicionamiento costoso del camino de Aïre, estando éste a su vez condicionado por adquisiciones de terrenos, demoliciones y rectificaciones, es decir, por toda una serie de operaciones preliminares muy largas de resolver. Además eran de temer inconvenientes originados por la polución del aire en todos los barrios situados en los alrededores y por encima del nivel de la fábrica.

Todas estas razones de orden urbanístico han llevado a considerar la solución, completamente nueva, de una fábrica situada lejos de la ciudad, en la que fuera posible una conexión con la red eléctrica a fin de entregar la energía producida en la destrucción de residuos. Este emplazamiento tiene la ventaja de permitir la ampliación de la fábrica con instalaciones de transformación en abono, necesarias tal vez en el futuro para el tratamiento de los fangos, o con otras instalaciones, siempre en función de los desechos futuros. Una gran facilidad de ampliación es, en efecto, esencial en una instalación duradera: cada día aparecen nuevos desechos (70.000 envases de cartón, para leche, han aparecido de un solo golpe en los cubos de basura de Ginebra), lo que hace necesario una adaptación de los métodos y equipos de tratamiento.

Emplazar la fábrica en el campo plantea el problema del transporte de los residuos. En este caso se podía contar con dos sistemas para realizarlo: transporte por carretera o fluvial. Para la elección de uno u otro se hicieron profundos estudios comparativos de su rentabilidad. Para el de carretera se tenía en cuenta los gastos del transporte propiamente dicho, los de amortización y los de manutención de los vehículos, y para el fluvial, los gastos de explotación y los costes de la instalación portuaria necesaria para la carga y descarga de los residuos y los de la flota.

Si se consideran los gastos acumulados resulta que, aunque en un principio es más económico el transporte por carretera, llega a igualarse con el fluvial a los nueve años de explotación, para a partir de este momento ser más rentable este último.

Este estudio comparativo no tiene en cuenta ni el crecimiento del tonelaje anual, favorable al transporte fluvial, ni el desgaste de las carreteras debido al tráfico pesado de los camiones de recolección, ni el aumento de las cargas y salarios, desfavorables a la carretera.

Estas son las razones por las que se ha elegido el transporte fluvial.

résumé

Usine de destruction des résidus de Genève (Suisse)

Direction des travaux, **Pingeon, Perreten** et **Jeheber**, ingénieurs civils
E. Guex et K. Kirchhoff, architectes

Bien que le système de destruction des résidus par incinération, au lieu de leur transformation en engrais, constitue à long terme une mauvaise politique, il a été choisi dans ce cas pour des raisons de rentabilité et pour les conditions économique-agricoles actuelles du territoire. Cependant, on a prévu la possibilité que, dans le futur, il pourra être complété avec des éléments de transformation en engrais, pourvu que l'évolution de l'économie agricole démontre son utilité.

Après une série très complète d'études comparatives entre le transport par la route et celui par voie fluviale, on s'est tourné vers ce dernier. C'est pourquoi, l'usine de destruction a un canal la reliant au lac et un quai de chargement, avec plate-forme inclinée, pour enlever de l'eau les barges transportant les gadoues.

Le parti général se divise en trois masses dominantes:

- 1) Halle centrale comprenant les silos à ordures, les trémies de chargement des fours et de compostage, le silo à mâchefer avec pont roulant et, perpendiculairement, la halle de déchargement des barges.
- 2) Halle d'incinération comprenant les installations électromécaniques, deux fours d'incinération, deux électro-filtres, le turbo-générateur et le poste de commande, les chaînes d'évacuation des mâchefers.
- 3) Bâtiment administratif comprenant les ateliers, les dépôts, le réfectoire, l'entrée personnel, les vestiaires, la salle de conférences, les locaux sanitaires, le laboratoire, l'infirmerie et les locaux de direction avec secrétariat.

Le béton armé est choisi comme matériau de base, afin de créer une unité de l'ensemble bâti et de réaliser, en même temps, une architecture dynamique et de contrastes dans le traitement des volumes.

summary

Refuse Incineration Plant, Geneva (Switzerland)

Works manager: **Pingeon, Perreten y Jeheber**, engineers
Architects: **E. Guex** and **G. Kirchhoff**

Although the elimination of refuse by means of incineration, as opposed to conversion into fertilizer, is in the long run a bad policy, it was chosen in this case for economic reasons and the agricultural conditions of this area. Nevertheless, it will be possible to add the necessary means for fertilizer conversion whenever future agricultural developments dictate their usefulness.

After a series of very complete comparative studies as to the best means of transport, highway or waterway, it was decided to build a canals connecting the plant with a lake. By means of an inclined wharf the unloading of trash from barges is easily accomplished. The plant is divided into three zones:

- 1) The principal building, which houses trash and slag bins, the loading chutes of the incinerator ovens, and, at right angles, the unloading bay for the barges.
- 2) The incinerator itself, which includes electromechanical fixtures, two ovens, two electrofilters, a turbo-generator, the control center, and the slag evacuation chain.
- 3) Administrative offices, which contain workshops, warehouse, lunchroom, staff entrance and dressing rooms, lecture rooms, rest rooms, infirmary, laboratory and business offices.

The construction is of reinforced concrete, aimed at creating a unified, exciting architectural appearance outstanding for its sharp contrasts of volumes.

zusammenfassung

Müllverbrennungsanlage in Genf (Schweiz)

Bauleiter: **Pingeon, Perreten y Jeheber**, Ingenieure
Architekten: **E. Guex** und **G. Kirchhoff**

Obwohl die Müllbeseitigung mittels Verbrennung anstelle von Umwandlung in Dünger auf lange Sicht keine günstige Massnahme ist, wurde in diesem Falle besagtes Verfahren aus wirtschaftlichen Gründen und wegen der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Lage des Gebietes gewählt. Es ist jedoch die Möglichkeit vorgesehen, eine Düngenumwandlungsanlage einzurichten, sobald diese für die Landwirtschaft von Nutzen sein könnte.

Nach einigen sehr ausführlichen vergleichenden Untersuchungen bezüglich des Transportes auf dem Land- oder Wasserwege, entschied man sich für letzteren. Daher besitzt die Verbrennungsanlage einen Kanal, der sie mit dem See verbindet und eine Lademohle mit schräger Plattform, um die Barkassen, die den Abfall transportieren, aus dem Wasser zu ziehen.

Die Anlage ist in drei Zonen aufgeteilt:

- 1) Das Hauptgebäude, in dem untergebracht sind: die Müll- und Schuttsilos, die Einwurftrichter der Öfen und längs dazu der Gebäudeteil zur Entladung der Barkassen.
- 2) Der Verbrennungstrakt zu dem folgendes gehört: die elektromechanischen Einrichtungen, zwei Verbrennungsöfen, zwei Elektrofilter, der Turbogenerator, die Steueranlage und die Schuttentleerungskette.
- 3) Das Verwaltungsgebäude, das unterteilt ist in: die Werkräume, Lager, Kantine, Personaleingang, Garderoben, Konferenzsäle, sanitäre Anlagen, Werksarzt, Laboratorium und Direktionsräume.

Die Anlage besteht vornehmlich aus Stahlbeton um ein einheitliches Ganzes zu schaffen und um gleichzeitig eine dynamische und kontrastreiche Bauweise zu erzielen.