

LABORATORIO CENTRAL DE INGENIERIA SANITARIA

Por JULIAN MARTINEZ VAREA

Y
JULIAN FEIJOO MELLE,

Alumnos de 3.^{er} año.

El presente trabajo, presentado por los autores, Alumnos de tercer año en el Curso 1957-58, ha sido galardonado con el premio "Paz Maroto" de nuestra Escuela Técnica Superior, y constituye una aportación importante a la exigencia de una técnica sanitaria en armonía con el extraordinario incremento del auge urbanista en las grandes ciudades, preocupación sentida por los Alumnos de la asignatura que explica en dicha Escuela el creador del premio y que se basa en temas que tratan de "Investigación o aplicación que se refiera a Urbanismo, Ingeniería Sanitaria u Organización y Servicios Técnicos Municipales".

PROLOGO

El complejo fenómeno del auge urbanista de nuestro tiempo condiciona la exigencia de una técnica sanitaria acorde con el extraordinario incremento de las grandes ciudades y los graves problemas que este crecimiento acelerado entraña.

Y, sin embargo, el panorama de esta técnica especializada no puede ser más desolador. Mientras que en los restantes campos de la industria y la construcción los ingenieros marchan al compás de las últimas experiencias de laboratorio y ensayos coordinados—rápidamente difundidos e incorporados—, el avance de la técnica sanitaria está penosamente ceñido a la investigación particular y concreta de cada caso o, a lo sumo, a la labor previa y constante que realizan las grandes instalaciones de abastecimientos de aguas potables o de depuración de aguas residuales— Estación de ensayo de la Chicago South Filtration Plant, Instalación Experimental de Buenos Aires, etc.—, la mayor parte de las veces sin coordinación de ningún género que hace infecunda la labor para el resto de las instalaciones.

Honrosa excepción es la Universidad de California, que ante la realidad presente de su Estado, creó en 1949 el Sanitary Engineering Research Project, con los siguientes fines:

- 1.º Contribuir a mejorar la formación profesional y competencia de los estudiantes a través del departamento de investigación.
- 2.º Dar oportunidad a los graduados de convertirse en especialistas de un campo determinado.
- 3.º Ofrecer facilidades para estudios avanzados de Ingeniería Sanitaria.
- 4.º Servir a California contribuyendo a la resolución de los problemas más acuciantes de su Ingeniería Sanitaria.

En nuestro país la situación no es menos triste, pues prescindiendo de los esfuerzos aislados que se

realizan para resolver los acuciantes problemas del abastecimiento de Madrid, Barcelona, Guadalajara, etcétera, la mayor parte de los Ayuntamientos y Municipios afectados por situaciones extremas se limitan a recurrir al público concurso sin las garantías provenientes de un Organismo oficial, al tanto de las últimas innovaciones y rico en experiencias de su misma índole recogidas en el ámbito nacional.

Y no sería menor el beneficio estatal, obligado por el Decreto-ley del 1.º de febrero de 1952 a contribuir en determinados casos con el 50 por 100 del importe de las instalaciones, si pudiera disponer como órgano de consulta y estudio de un *Laboratorio Central de Ingeniería Sanitaria*.

Estas consideraciones, incrementadas en nuestra condición de alumnos de la Escuela de Caminos por la urgente e imprescindible necesidad de disponer, no sólo de un Laboratorio en condiciones óptimas, sino de un Centro de interés y de estudio permanente que fomente vocaciones dentro de este campo tan vasto y prometedor de la técnica sanitaria, abandonada con tanta frecuencia e incluso indiferencia, a la actuación de técnicos de otras carreras con menos preparación, pero más consciente del porvenir reservado a la Ingeniería Sanitaria, nos ha llevado a realizar el presente trabajo.

La primera parte está dedicada al instrumental adecuado para un *Laboratorio Central*, elaborada seleccionando, dentro de cada método y variedad de análisis, aquellos aparatos y materiales idóneos por su modalidad y contrastada eficacia.

Una segunda parte presenta un esbozo de lo que pudiera ser un *Laboratorio Móvil*, auxiliar eficacísimo de la labor investigadora del Laboratorio Central, contribuyendo a la toma y análisis directo de muestras, al estudio completo de la autodepuración en ríos y cuencas determinadas, etc.

Y por último, animados por la esperanza de una pronta realización, hemos querido aportar nuestro

pequeño esfuerzo al estudio de una *distribución* adaptada a la doble finalidad pedagógica e investigadora del futuro Laboratorio Central de Ingeniería Sanitaria.

LABORATORIO

I. Introducción.

Todas las instalaciones de Ingeniería Sanitaria en abastecimientos de agua, estaciones depuradoras, etc., poseen—aunque a veces reducido al mínimo imprescindible—un laboratorio de análisis de muestras y

físico-químicos hemos dado las características más esenciales que debe resumir un indicador de pH, dada la variedad de marcas comerciales y sus aplicaciones.

Hacemos mención especial de los ensayos radiactivos, cada vez más extendidos, previendo que en determinadas circunstancias—caso de guerra atómica—sería de importancia primordial para instalaciones y laboratorios sanitarios.

En lo que a filtros se refiere, hemos tenido en cuenta que la labor principal del Laboratorio Central se limitará al ensayo, consulta y certificación de los modelos propuestos por las firmas comerciales especializadas, aunque paralelamente exista el ensayo en modelo reducido para la investigación de las pérdi-



Vista parcial de la sección de ensayos físico-químicos de Sanitary Engineering Project, de la Universidad de California (1949).

ensayos; laboratorio que, aun en las mayores, queda restringido por la especialización de los ensayos rutinarios a realizar: turbiedad, algas, dureza, bacterias, etc.

Por eso no ha sido tarea fácil lograr la concreción del material necesario, no ya para una sola instalación, sino para un Laboratorio Central que compendiará el de todas y cada una por específica que fuera; que englobara los ensayos rutinarios y los de investigación de campos especiales.

La falta de precedentes ha contribuido no poco a la dificultad del presente estudio.

Al hacer la relación del instrumental hemos procurado ceñirnos, dentro de cada método y de tipo de ensayo, a la última innovación científica lograda por la práctica sanitaria o a la más consolidada por la experiencia.

Así, en el capítulo dedicado a ensayos biológicos, hemos hecho especial hincapié en el método membranal por las perspectivas de simplificación y seguridad que introducirá en la práctica rutinaria de este tipo de ensayos biológicos, y en el capítulo de ensayos

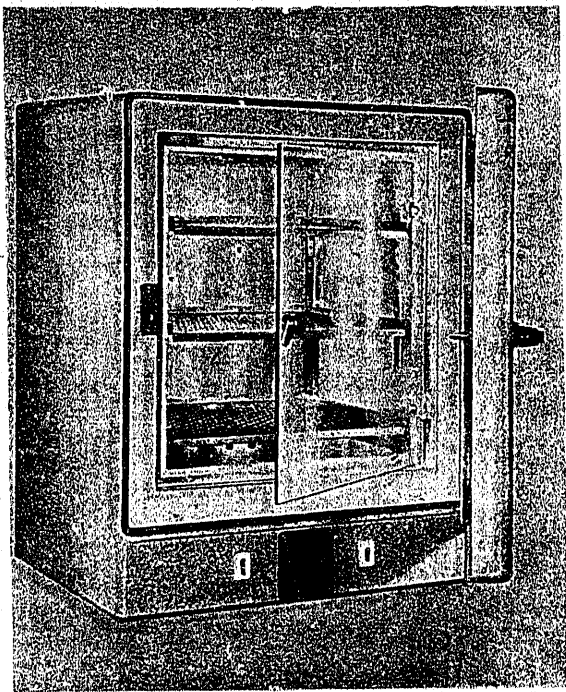
das de carga a lo largo del filtrado, lavado parcial, génesis de la capa biológica, etc.

La inmensa variedad de sistemas de depuración nos ha obligado, para sistematizar, a una división entre la depuración de aguas naturales para abastecimiento de aguas potables y los tratamientos de aguas residuales. En esta última parte incluimos una relación completa del material necesario para un departamento del Laboratorio Central, que se dedicará exclusivamente al estudio de aguas negras.

Y por último, en el capítulo VI, *Accesorios*, hemos querido recoger aquellos aparatos y enseres necesarios para la marcha general del laboratorio—bombas, depósitos, taller de reparaciones, etc.—, así como las distribuciones de gas y electricidad.

II. Ensayos biológicos.

En el ensayo bacteriológico hemos hecho especial hincapié en lo referente al "método membranal", decisivo—creemos—en un futuro próximo en la evolu-



Estufa de cultivo con control termostático. Precisión, $\pm 0,5^\circ$ centígrados. Marca Gallen Karp. Muestra la doble puerta acristalada de seguridad.

ción de los medios analíticos del agua, sin descuidar en los restantes aparatos y técnicas el trabajo de selección que anima el resto del estudio.

Describimos, a continuación, el equipo instrumental perteneciente al laboratorio de estudios biológicos:

Cristalería.

Incluimos en este apartado los siguientes instrumentos:

- Pipetas (el error admisible es del 2 por 100).
- Matraces y tubos de dilución (deben ser de cristal resistente, con preferencia pyrex, cerrados con tapones de goma o plástico).
- Placas Petri (de 100 ϕ y una altura mínima de 15 mm.).
- Matraces de fermentación.
- Frascos (de cristal resistente al ataque del agua; amplio cuello provisto de capa de amianto o aislante para permitir el manejo durante la esterilización).

(Resumido de *Standard Methods*, 1955.)

Estufas de esterilización.

Estufas de cultivo.

Análogas a las anteriores, con termostato de mayor precisión ($\pm 0,5^\circ$ C.) y doble puerta acristalada

de seguridad, que permita la observación directa sin modificar las condiciones internas.

Si es posible, debe estar provista de termógrafo para el registro de temperaturas, periódico.

Autoclaves.

Deben tener manómetro visible, válvula de seguridad y manantial de calor capaz de alcanzar la temperatura requerida en treinta minutos.

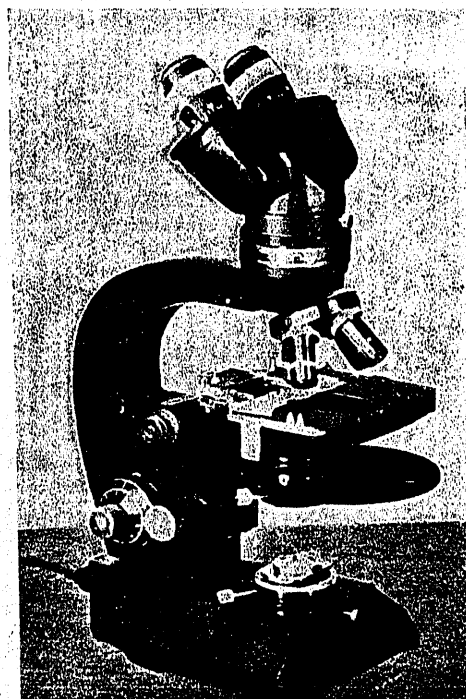
Microscopio.

Hemos de distinguir entre los microscopios propios de la investigación y los destinados a las clases prácticas de enseñanza.

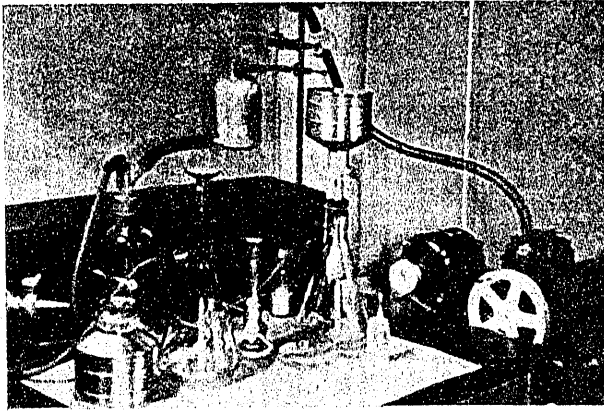
Prescindimos de los segundos — bastan que cumplan las condiciones mínimas — y para los primeros estimamos que se debe emplear un aparato que reúna las siguientes características:

- a) Binocular.
- b) Revólver, incluyendo objetivo de inmersión.
- c) Ocular micrométrico adaptado para el conteo en unidades superficiales de 20 μ de lado (pág. 439, *Standard Methods*).
- d) Platina que permite mover el portaobjetos y poder así observar toda el agua que contiene.

Asimismo, el Laboratorio debe estar provisto de



Microscopio Cooke M 350854, para investigación binocular, objetivo de inmersión y micrómetro que reúne lo necesario para un análisis biológico completo.



Equipo completo para análisis con membranas Millipore, tipo HA, de 150μ y capaz de filtrar hasta $1,500 \text{ cm}^3$ por minuto, con un vacío de 700 mm.

un microscopio especial para microfotografías — e incluso debe preverse la posibilidad de efectuar microfilms —, auxiliar valiosísimo de las clases prácticas.

Membrana.

Este método extraordinario de análisis, desarrollado por la técnica alemana durante la pasada guerra mundial, tanto cualitativo como cuantitativo, está llamado a revolucionar la técnica del análisis bacteriológico por su sencillez, rapidez de ejecución y exactitud de resultados.

La desviación cuadrática observada en el Instituto Tecnológico de Pasadena, U.S.A., ha sido inferior al 4 por 100 en el *Esch coli*, y al 1 por 100 en los restantes tipos de colonias respecto a los resultados obtenidos por el método estadístico normal (*Journal of the American Water Works Assc.*).

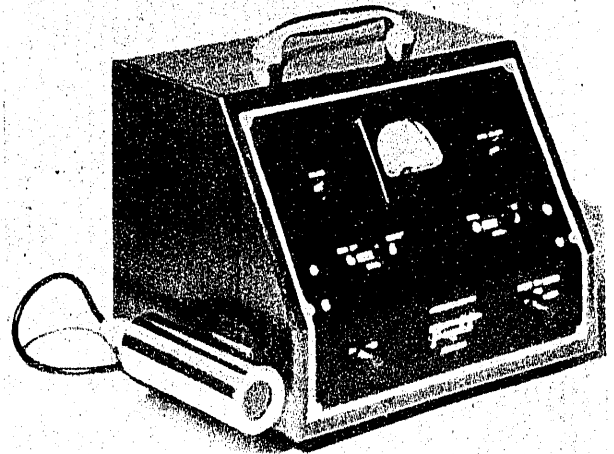


Indicador de pH modelo Beckman, con electrodo de vidrio metalizado, adecuado para investigación.

Sin embargo, *Standards Methods* — publicación conjunta de la Am. Water Works, Am. Publ. Health Ass. y Federation of Sewage Works — se mantiene a la expectativa, aunque su recelo estriba sólo en el análisis de aguas con excesiva turbiedad, que deforma el crecimiento de las colonias *Coli* en la membrana.

Hoy día, la fabricación industrial de las membranas está asegurada por la simplificación lograda en su esterilización por el Inst. Tecn. de Pasadena (Estados Unidos), realizándola por paquetés, cuya envoltura plástica es permeable al esterilizador étlico empleado.

En Europa disponemos para la provisión de estas membranas de la casa alemana Membranfilter, de Göttingen, que permiten el examen de *Coli*-bacterias y bacterias paratíficas, levaduras, *B. acidilactici* y *B. ace-*



Tracerlab's Laboratory Monitor SU-3A. Indicador equipado con tubo Seiger para radiación β y γ . Para las radiaciones α se le acopla un Alpha Detector Probe.

licum, sarcinas, recuento de huevos de helmintos en aguas residuales, etc.

El instrumental necesario constituye un laboratorio resumido; no olvidemos que puede constituir la base de *todo* el análisis biológico:

- a) Frascos de muestra.
- b) Frascos de dilución.
- c) Pipetas y tubos graduados.
- d) Matraces de cultivo.
- e) Placas Petri.
- f) Equipo para filtrar; trompa de vacío, bomba, etc.
- g) Membranas filtrantes.
- h) Placas absorbentes de cultivo.
- i) Pinzas.
- j) Estufa seca.
- k) Microscopio.

III. Ensayos físico-químicos.

No creemos necesario detenernos en la descripción de este tipo de ensayos, por estar suficientemente especificados en las ediciones 9.^a y 10.^a del *Standard Methods*. Únicamente daremos la lista del material que nos ha parecido más adecuado y que en la bibliografía consultada aparece como mejor calificado. En lo que respecta al material para ensayos de radiactividad, hacemos de él mención especial al final de este capítulo.

a) ENSAYOS FÍSICOS.

Turbidímetro de Matheson (fotoeléctrico).

Centrifugadora. (En los ensayos de color es preciso eliminar las materias de suspensión.)

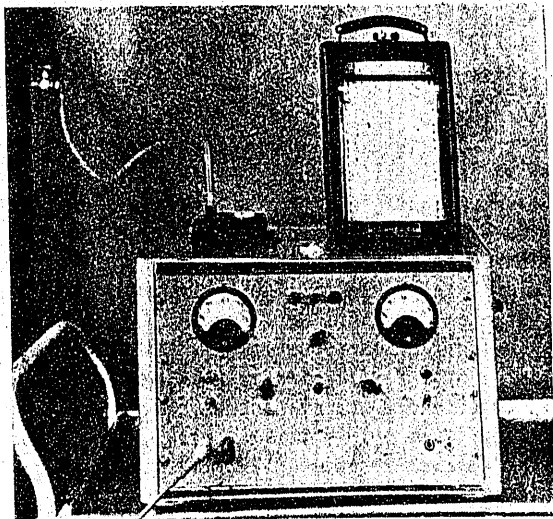
Colorímetro.

Filtro de carbón activo.

b) ENSAYOS QUÍMICOS.

Medidor de contenido salino (basado en la conductividad).

Medidor de pH. (Recordemos en este apartado que, en relación con los procedimientos de depuración, hoy día la determinación de la reacción ácida o alcalina del agua mediante la medida del pE es de la máxima importancia. La investigación de la acción disolvente sobre las tuberías, la coagulación para dis-



Dosímetro para el registro radiológico continuo del agua. Indica directamente dosis de radiación y con cuadro de sensibilidades: 0,2r, 2r, 20r y 200r en veinticuatro horas. Autonomía, dos mil horas. Radiation Counter Laboratories Inc. Chicago.

Se propone el "Medio Endo" como el más adecuado para el cultivo de las colonias.

(*Techniques for Sanitation used in Germany*, Goetz.)

El procedimiento a seguir con el ensayo es:

- 1.º Preparación de los medios de cultivo y cálculo del volumen de agua a filtrar.
- 2.º Filtrado del agua.
- 3.º Incubación preliminar.
- 4.º Traslado al medio diferencial.
- 5.º Incubación final.
- 6.º Conteo y examen microscópico.

(Resumido de *Standard Methods*, 1955.)

Este método y su consolidación deberá ser uno de los primeros campos de investigación del futuro Laboratorio Central.

Refrigerífico.

Deberá estar provisto de termostato, aunque no sea de excesiva precisión.

Centrifugadora.

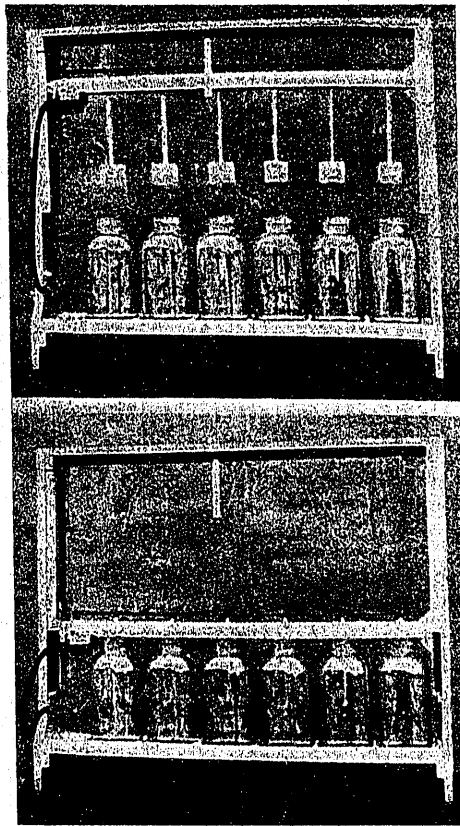
A ser posible, múltiple, para su empleo simultáneo con diversas muestras.

Instrumental menor.

Asas de platino, pinzas, agitadores de cristal, etc., propios de todo laboratorio.



Ensayos de lavado con los Allentown. Los conos miden la expansión de la arena.



Floculador múltiple de la Paterson Laboratory Cy., con regulador de velocidad, transmisión por cable y fijador de altura que permite colocar las paletas a la altura deseada.

minuir la turbiedad y la corrección de la dureza, se basan en su medida.

Proponemos, en consecuencia, un *indicador* de pH sensible, de amplio margen — 0 a 14 — de válvula electrónica y medida directa, con electrodo de vidrio metalizado, por su característica industrial, apto para experimentación e investigación.

Asimismo, y con el fin de realizar mayor número de medidas más sencillas y rápidas, proponemos otro indicador de pH colorimétrico, de los que utilizan un "comparador de disco con colores standard y un compensador "blanco" para hacer más precisa la observación.)

Horno calcinador. (Recomendamos, por sus indudables ventajas, el de electrodos de carborundum.)

Compresor de aire de 5 atmósferas.

Máquina de vacío.

Balanza de precisión.

Corrector de dureza por zeolitas y resinas sintéticas.

Destilador de agua.

Estufa de desecación.

Multiagitador clarificador de agua.

Cristalería general y complementos (mecheros, pinzas, etc.).

Como complemento citaremos la necesidad de un *cuadro eléctrico*, en el que se pudieran regular tensiones y amperajes.

c) ENSAYOS RADIATIVOS.

Normalmente las precauciones adoptadas por las instalaciones atómicas reducen al mínimo las posibilidades de contaminación radiactiva del agua, pero este "mínimo" ya indica un peligro positivo. Recordemos la reciente "explosión" en la central nuclear de Calder-Hall y la contaminación de sus alrededores.

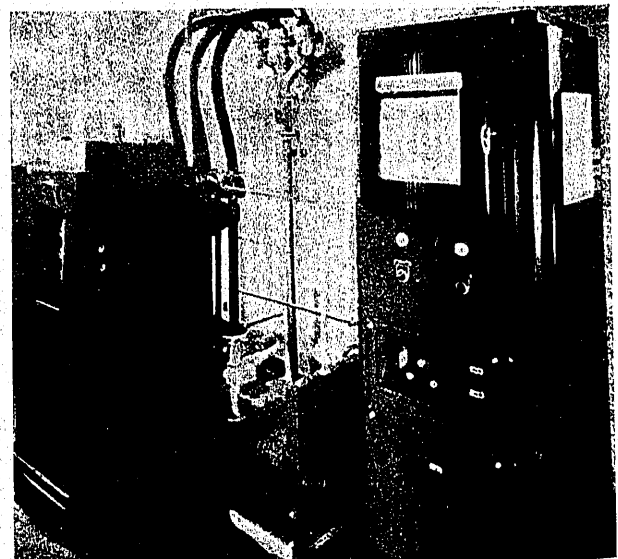
En tiempo de guerra, el bombardeo atómico de las grandes ciudades traerá consigo la inmediata contaminación de la red de abastecimiento, depósitos, etc., y se precisa una orientación clara del grado de radiactividad del agua servida — 10^{-8} microcuries por cm.³ es la dosis aceptable, que en tiempo de paz se ve rebajada a 10^{-7} microcuries por cm.³ —, así como la inmediata neutralización del material radiactivo en suspensión de los depósitos, filtros, etc., etc.

Para realizar investigaciones en el Laboratorio sobre normas a seguir, métodos de detección, corrección de las aguas portadoras de partículas radiactivas mediante cienes activos o intercambiadores de iones, etcétera, disponemos de dos tipos de aparatos:

1.º *Medidores de intensidad eficaz o caudal.*

Para medir el flujo instantáneo se pueden emplear *contadores Geiger-Müller* corrientes. Conectados a un *indicador* (monitor) con su correspondiente sistema de registro, forman el aparato normal de trabajo de laboratorio.

Para la apreciación de radiación y se precisa sustituir el contador *Geiger* por una unidad especial.



Aparato de cloración totalmente automático.

2.º Dosímetros o integradores de dosis.

Se utilizan para el registro "continuo" de la radiación cuya integración de las dosis permisibles, peligrosas y mortales de agua examinada. Su funcionamiento se basa en la apreciación fotoeléctrica de películas ultrasensibles.

(Resumido en los números de marzo y septiembre de 1951 del *Water and Sewage Works*.)

Los detalles y características de los aparatos propuestos están contenidos en las fotografías adjuntas.



Laboratorio de polución.

IV. Filtros.

La sección de filtros de un Laboratorio como el que se propone tiene que estar equipada para desempeñar dos funciones fundamentales y bien diferenciadas.

La primera es la de probar los nuevos modelos que se lancen al mercado, haciendo un estudio comparativo de ellos, de sus rendimientos, de su efectividad, etc. Es la misión que podríamos llamar de "información comercial". Después de estos estudios el Laboratorio podría aconsejar, para una determinada captación, el tipo de filtro más conveniente.

La segunda función a desempeñar es la de investigación.

¡Quedan tantos problemas que resolver en cuestión de filtros!: Granulometrías mejores, tipos de arenas a emplear, separación de las capas de grava y arena (*danger line* de los americanos), cantidad de agua de lavado (¿es necesario lavar todo el filtro?), influen-

cia de las temperaturas (Earl H. Arnold, *Public Works*, octubre de 1948), etc.

Para estos estudios de investigación es imprescindible el montaje de filtros experimentales. H. J. Krum y M. Glace, Ingenieros Sanitarios, crearon un filtro experimental de paredes de vidrio de 30 por 30 cm. de base y cerca de 2,50 m. de altura, al que bautizaron con el nombre de Allentown Filter. Con ellos hicieron unos estudios sobre lavado de filtros, que publicó la revista *Water and Sewage Works* en su número de mayo de 1949. Nos permitimos discrepar de la opinión de estos dos reconocidos autores en el sentido

de que creemos insuficiente la sección dada a los filtros experimentales Allentown. Nos parece más adecuada la sección de 60 por 60 cm., para evitar en lo posible el "efecto pared" y además para permitir la instalación de algunos elementos auxiliares, como podrían ser un dispositivo de aire comprimido para lavado, fondos de placas porosas, drenes, etc. En cuanto a la altura de 2,50 m., nos parece ideal, pues no hay que olvidar que no se puede disminuir la escala vertical.

En el proyecto de distribución, a la sala de filtros se le ha dotado de un sótano para poder instalar en él los sifones de regulación de filtración, valvulares, etc. Los alumnos de la Escuela que fueran allí a practicar verían claramente la disposición de todos los elementos de una instalación de filtros. ("Estación depuradora del agua de abastecimiento a Córdoba", *Informes de la Construcción*, mayo de 1958.)

En el Capítulo V, *DEPURACIÓN*, se da una lista de materiales que comparte con ésta de filtros.

V. Depuración.

Si bien los ensayos biológicos y físico-químicos constituyen la base de trabajo normal del Laboratorio Central, hemos de tener en cuenta que son solamente medio para realizar posteriormente el estudio de la *depuración* y *corrección* que las aguas analizadas requieren.

Esta labor es, por sí sola, el trabajo de investigación más importante del Laboratorio considerado como órgano de consulta y asesoramiento.

La complejidad de la materia nos obliga, para sistematizar, a un desglose de la depuración de las aguas naturales, propias para el abastecimiento de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales o negras.

En ambos campos indicaremos sólo los aparatos y métodos más adecuados para uso del Laboratorio dentro de cada tipo particular de tratamiento de las aguas, diferenciando la corrección de caracteres físicos, químicos y biológicos.

Hemos de tener en cuenta, sin embargo, que a pesar de la división en aguas naturales y negras, con frecuencia los tratamientos son comunes y no los repetiremos al hablar de las aguas residuales.

Los tratamientos por filtración quedan incluidos en el capítulo IV.

AGUAS NATURALES.

Coagulación.

Productos químicos especiales (carbón activo, sulfato ferroso, aluminato sódico, sílice activa, etc.). Aparato para estudio de la *coagulación electrónica*, mediante placas de aluminio (*Water and Water Engineering*, noviembre 1947). La casa Alhydro Inc., Baltimore, dispone de un aparato capaz de funcionar con pH comprendido entre 4 y 12, a cualquier temperatura.

Floculador (deberá ser múltiple, con regulador de velocidad).

Corrección de dureza.

Aparatos comerciales de zeolitas.

Activador Polyradia (en vías de ensayo por la RENFE).

Cloración.

Aparatos de aplicación.

Aparatos semiautomáticos Wallace and Tiernan, Candy, Permutit, Paterson, etc.

(Para el estudio de la cloración se precisa una cámara especial, la cual se ha previsto en la *distribución* estudiada en la última parte de este trabajo.)

(Las prácticas de los alumnos podrían realizarse sólo con botellas de aire comprimido.)

Corrección de olores y sabores.

Equipo completo de producción y mezcla con el agua. (Está prevista una instalación modelo en el sótano del edificio proyectado en la última parte del trabajo.)

(En el número de julio de 1958 de la revista *I. E. C.* se describe una estación experimental que podría servir de modelo.)

Radiación ultravioleta.

Aparato Nogier (de contacto).

Esterilizador Hanovia (pequeñas instalaciones). (Está previsto su ensayo en una cámara especial del sótano, en la distribución adjunta.)

Esterilización metálica.

Aparato Katadyn-Filter (basado en el poder bactericida de los iones plata liberados por procedimiento eléctrico).

Aparatos comerciales (liberación de iones por procedimientos químicos, aún en ensayo).

Aguas residuales.

Su tratamiento empieza a ser de urgente necesidad en España — en proceso de industrialización rápida y con posibles tomas para abastecimiento en ríos de gran polución — y habrá que pensar en un departamento especial del Laboratorio dedicado exclusivamente a esta materia.

Por consiguiente, nos limitaremos a señalar una relación de los instrumentos necesarios para un Departamento de Ensayos, incluyendo aquellos útiles ya reseñados en los capítulos precedentes, pero de uso normal en sección especializada:

Aparato Sierp (para determinación de la D.B.O.).

Pirómetro (platino-rodio).

Viscosímetro.

Microscopio binocular.

Barómetro (de precisión).

Fotómetro gradual.

Refractómetro.

Conos de sedimentación.

Medidor de digestibilidad de fangos.

Tomador de muestra de ensayos.

Balanza Kaiser.

Cajas Petri.

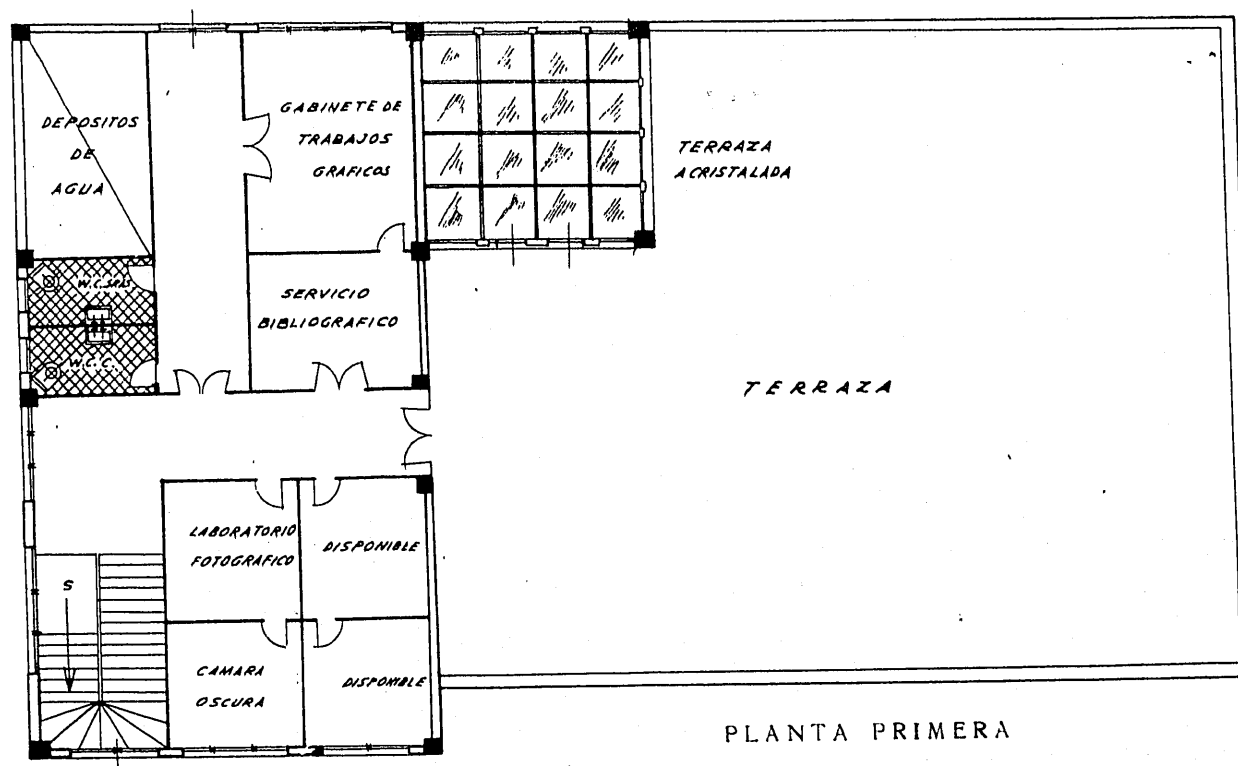
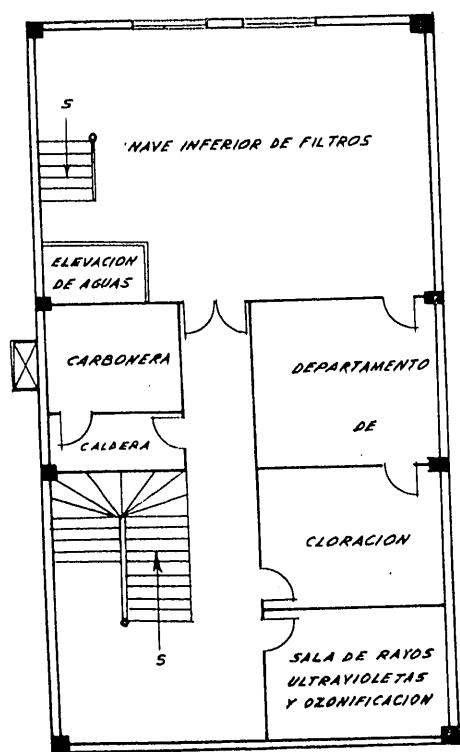
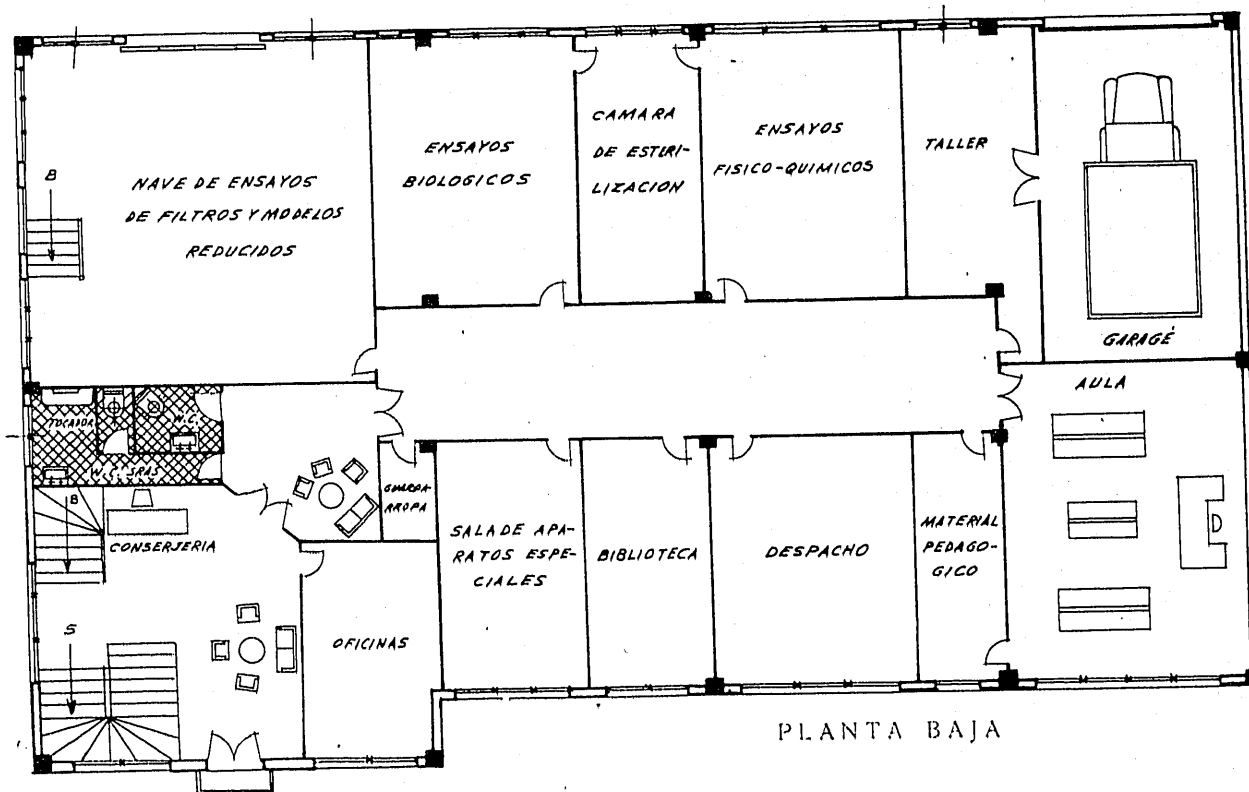
Reactivos.

Aparatos Köohler y Orsat-Kleine.

Espectro-fotómetro (con fulgurador).

Molinetes para el estudio de la floculación.

Cristalería y auxiliares.



SOTANO

PLANTA PRIMERA

Cristalería y auxiliares.

| | |
|--|------|
| Vasos de 250 c. c. | 12 |
| Vasos de 400 c. c. | 6 |
| Vasos de 1 000 c. c. | 3 |
| Frascos de boca ancha de 250 c. c. | 48 |
| Frascos de boca estrecha de 250 c. c. | 36 |
| Frascos de boca estrecha de 500 c. c. | 6 |
| Frascos de boca estrecha de 1 000 c. c. | 8 |
| Buretas de 50 m. | 2 |
| SopORTE de bureta | 1 |
| Bünsen | 2 |
| Pinzas | 9 |
| Crisoles 15 c. c. | 24 |
| Desecador de bandeja de 15 m. | 1 |
| Estufa seca | 1 |
| Bandejas de evaporación | 6 |
| Papeles de filtro | c.s. |
| Frascos Erlenmeyer de 500 c. c. | 2 |
| Matraces 1 litro | 1 |
| Matraces graduados de 250 c. c. | 1 |
| Matraces graduados de 500 c. c. | 1 |
| Matraces graduados de 1 000 c. c. | 1 |
| Embudo de 5 cm. de cuello | 4 |
| Embudo de 10 cm. de cuello | 2 |
| Varillas de cristal | c.s. |
| Tubos de cristal | c.s. |
| Probetas de 50 c. c. | 2 |
| Probetas de 100 c. c. | 2 |
| Probetas de 250 c. c. | 2 |
| Probetas de 500 c. c. | 2 |
| Probetas de 1 000 c. c. | 2 |
| Hornillo eléctrico | 1 |
| Conos Inhoff de 1 litro | 6 |
| Estufas de 20° | 1 |
| Tubos Nessler de 50 c. c. | 12 |
| SopORTE para los anteriores | 1 |
| Equipo de orthotolidina | 1 |
| Pipetas de 2 c. c. | 3 |
| Pipetas de 5 c. c. | 3 |
| Pipetas de 10 c. c. | 3 |
| Pipetas graduadas a 1/10 de 1 c. c. | 6 |
| Pipetas graduadas a 1/100 de 1 c. c. | 2 |
| Pipetas graduadas a 1/10 de 5 c. c. | 2 |
| Tubo de goma | c.s. |
| Pinzas para tubos de goma | 4 |
| Espátula de 8 cm. | 1 |
| Tubos de ensayos 25 por 200 mm. | 12 |
| SopORTE | 1 |
| Cristales de reloj de 7 cm. | 4 |

(Resumido de *Alcantarillado y depuración de aguas residuales*, Sr. Paz Maroto, y *Severage and Sewage treatment*, Babbit.)

No hay que olvidar que el estudio de *maquetas* de estaciones ya construídas es de alto valor pedagógico para la comprensión del proceso total de la depuración.

(Se debe prever la toma directa del colector más cercano al emplazamiento del futuro laboratorio para el ensayo regular y continuo de muestras.)

VI. Accesorios.

En primer lugar ha de disponer el Laboratorio de una pequeña instalación de *elevación de aguas* a depósitos que, situados en la terraza, aseguren una carga de agua constante para los estudios a realizar en los modelos reducidos de filtros.

Precisa también de un pequeño *taller mecánico*, tanto para las reparaciones del Laboratorio Móvil como para aquellos trabajos de soldadura de tubos, fabricación de piezas metálicas sencillas, construcción de aparatos auxiliares, etc. Debe incluir también una sección de carpintería y otra de reparaciones eléctricas.

Incluímos en este capítulo, dedicado al material auxiliar disperso o común a los anteriores, el equipo necesario para el *laboratorio fotográfico*:

- Ampliadora.
- Reactivos químicos.
- Reproductora por reflexión.
- Secadora.
- Esmaltadora.
- Instrumentación de microfotografía.
- Instrumentación especial de films y cortometrajes.
- También insertamos el *material pedagógico* auxiliar para las clases prácticas:
- Proyector de diapositivas.
- Proyector de cine de 16 mm.
- Material de prácticas.
- Maquetas de aparatos e instalaciones.

Y finalmente, *cuadros* de control eléctrico, para disponer de corriente alterna y continua, bajas tensiones (110 y 220 V.) y altas tensiones (ozonización, etc.), situados en la nave de filtros, aula de prácticas, sótano y laboratorio de ensayos físico-químicos.

Resta sólo indicar la distribución de *gas* para los Laboratorios de ensayos y el aula de prácticas.

LABORATORIO MOVIL

La idea de la creación de un laboratorio móvil, surgida del conocimiento de una institución análoga en el Laboratorio del Transporte, responde a dos necesidades bien diferenciadas:

La primera, concebida para un Laboratorio de Ingeniería Sanitaria como el que en la actualidad funciona en la Escuela, es la de poder acudir con el material y aparatos necesarios al lugar en que se vaya a efectuar una captación, evitando así el falseamiento de los análisis producido por el transporte de muestras y por la recogida inadecuada de éstas. Los beneficios, tanto en el plano económico como en el ahorro

de tiempo, serían incalculables. Su equipo sería también utilizable para estudiar el estado sanitario de un caudal después de cruzar ciudades o establecimientos industriales, sirviendo este estudio para prever la ne-

depurador de emergencia al lugar que fuera necesario. Recordemos aquí la triste situación en que se encontró la bella ciudad de Málaga con motivo de la epidemia padecida no hace muchos años.



Interior de un Laboratorio móvil.

cesidad del establecimiento de estaciones depuradoras en otros puntos situados aguas abajo.

La segunda necesidad que cubriría y que se adapta más a las funciones de un Laboratorio Central de Ingeniería Sanitaria, sería la de acudir con un equipo

Existe como precedente en el año 1949, en el Estado de Illinois (E.E. U.U.), el proyecto de un remolque "trailer" de 7,30 m. de largo por 2,10 de ancho que podía transportar el equipo necesario para hacer cualquier ensayo que fuera de índole físico-química o biológica (*Water and Sewage Works*, septiembre 1949).

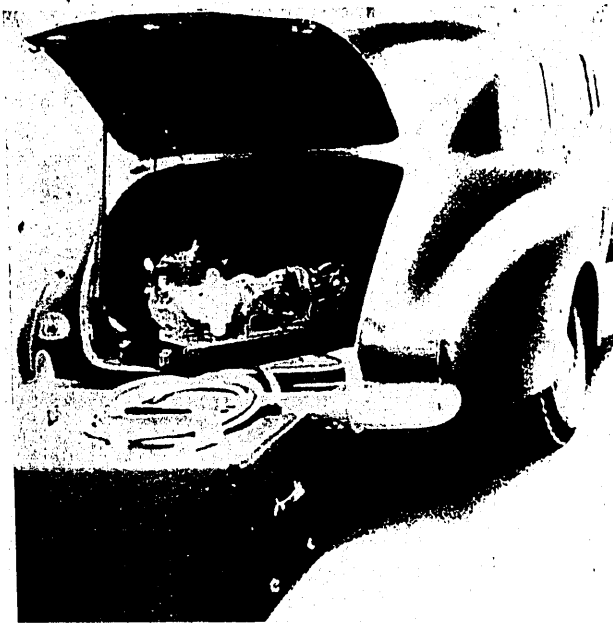
En el año 1950 y también en Estados Unidos (Ohio), se construyó un "trailer" de 8,50 por 2,15 metros, que realizaba los mismos ensayos que en el anterior y además llevaba unos filtros modelos para ver qué tipo era el mejor para el agua que se consideraba. En este laboratorio móvil trabajaban un Ingeniero Sanitario, un físico, un químico y dos biólogos especializados en la rama hídrica (*Journal of the American Water Works Association*).

En cuanto a equipos de depuración de emergencia, hemos encontrado uno que, como se aprecia en la fotografía, se adapta perfectamente a las características del Laboratorio Móvil.

A continuación nos limitaremos, ante la imposibilidad de hacer algo más concreto, a enumerar el material que a nuestro juicio debe llevar un Laboratorio del tipo que se trata.

Cristalería.

Pipetas, matraces, tubos de diferentes tamaños, placas Petri y frascuquería general.



Equipo móvil de cloración.

Estufa de esterilización.
Estufa de cultivo.
Autoclave.
Microscopio.
Equipo de análisis membranal.
Frigorífico.
Horno calcinador.
pH electrónico.
Corrector de dureza a base de zeolitas.
Destilador.
Turbidímetro.
Dosificador de cloro (equipo de emergencia).
Reactivos químicos.
Detector de fugas de agua.
Laboratorio floculador (molinetes).
Varios (compresor de aire, bomba de agua, etc.).
Aparatos de toma de muestras.

PROYECTO DE DISTRIBUCION

La labor investigadora de selección y relación de métodos e instrumentos de trabajo quedaría incompleta sin el estudio de un proyecto de distribución, de cuya conjunción, a modo de continente y contenido, surgiera el objetivo común: el Laboratorio Central de Ingeniería Sanitaria.

Hemos creído conveniente agrupar en una planta principal las secciones de ensayos biológicos y físico-químicos, laboratorio de alumnos, sala de aparatos especiales, así como la biblioteca, el despacho de dirección y las oficinas de secretaría, dejando para otras plantas complementarias (sótano y planta 1.ª) las restantes dependencias: fotografía, cámara de cloración, etc.

Ensayos biológicos (27 m.²) y *ensayos físico-químicos* (27 m.²) están complementados con la sala compartida de *esterilización* (18 m.²), que incluye un pequeño almacén de la cristalería de uso corriente en ambas secciones, de cocina para preparación de caldos y medios de cultivo, almacén de productos químicos de mayor uso, etc.

El *aula* (38,5 m.²) o "Laboratorio de alumnos", dotado de mesas de trabajo, pantalla y aparato de proyección, etc. Tiene adjunto un almacén de *Material*

pedagógico (7,5 m.²) con todo lo necesario para las sucesivas clases prácticas.

Para permitir mayor comodidad e independencia en el trabajo de los investigadores, hemos dado a la *nave de ensayos* (56,25 m.²), de filtros y modelos reducidos, las dimensiones 7,50 × 7,50 m., con una puerta amplia que permita la entrada de grandes aparatos.

El *garaje* (37,5 m.²) para la furgoneta del Laboratorio Móvil tiene adosado un pequeño *taller* (15 metros cuadrados) de reparaciones, que sirve al mismo tiempo para uso de los laboratorios a efectos de soldadura, adaptación de tubos, fabricación de piezas, etc.

Completan la planta baja el *despacho* de dirección (24,75 m.²), la *biblioteca* (16,5 m.²), la *sala de aparatos especiales* (16,5 m.²), las *oficinas* (13,5 m.²), el *hall* (18 m.²), con conserjería y cabina telefónica, y las dependencias menores, *servicios* (12,5 m.²) y *guardarropa* (3,75 m.²).

En la planta primera, provista de *terrazza* acristalada (24 m.²) para permitir el estudio de los efectos solares en la depuración, de las modificaciones debidas a los cambios de temperatura, etc., hemos situado el *laboratorio fotográfico* (18 m.²), suficiente para realizar ampliaciones, microfotografías, pequeños films pedagógicos, etc.; el *servicio bibliográfico* (18 m.²), de revistas y publicaciones, y el *gabinete* (18 m.²), para delimitación, estudio de proyectos, etc.

Las dos salas *disponibles* (9 m.² cada una) se pueden dedicar en su día para un departamento *radiológico* y un departamento dedicado exclusivamente al estudio de *aguas residuales*.

Los *servicios* (9 m.²) y los *depósitos* elevados de agua completan esta planta primera.

En el sótano, aparte de la *carbonera* (9 m.²) y la sala de *calefacción* (4 m.²), está situada la *nave inferior* de filtros (50 m.²) con los desagües, válvulas y sifones correspondientes, sirviendo al mismo tiempo de almacén de aparatos; las salas especiales de *cloración* (28 m.²), de *rayos ultravioleta* y *ozonización* (12 m.²), que exigen un aislamiento y unas condiciones específicas de trabajo.

La superficie útil dedicada a investigación y dependencias auxiliares es de 260 m.², siendo las dimensiones exteriores del edificio 27 m. de longitud y 16 m. de ancho y 8 m. de alto.