

76

# SEMINARIO SOBRE ENSEÑANZA DE INGENIERIA SANITARIA EN AMERICA LATINA



**ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD**  
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la  
**ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD**

16390

RA  
10  
.AG  
S4  
n. 76-81

ENSEÑANZA DE  
INGENIERIA SANITARIA EN AMERICA LATINA

Informe y Documentos del Seminario  
celebrado en Lima, Perú  
18-27 de julio de 1961

INDEXED

Pan American Sanitary Bureau



Publicaciones Científicas No. 76

Mayo de 1963

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la  
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD  
1501 New Hampshire Avenue, N.W.  
Washington 6, D.C., E.U.A.

Parte de los trabajos que aparecen en esta publicación han sido reimpresos del *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. LII, No. 2 (febrero de 1962), y Vol. LIII, No. 6 (diciembre de 1962).

## SUMARIO DE MATERIAS

	<i>Página</i>
Introducción.....	v
INFORME PRELIMINAR—Prof. Gordon M. Fair.....	1
CONCLUSIONES DEL SEMINARIO.....	8

### Tema I

TEMA I-A. Estado actual e importancia de la enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina

Enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina—*Prof. Gordon M. Fair*.... 19

TEMA I-B. Personal docente para la enseñanza de ingeniería sanitaria

¿Por qué y a quiénes debemos enseñar ingeniería sanitaria?—*Ing. Alejandro Beunza Gómez*..... 40

¿Quién debe enseñar ingeniería sanitaria?—*Ing. Gustavo Rivas Mijares*..... 45

TEMA I-C. Determinación del plan de estudios

La enseñanza de ingeniería sanitaria—*Ing. Ernesto Romero Jasso*..... 56

### Tema II

TEMA II-A. Enseñanza en el laboratorio y procesos de investigación

¿Qué medios y métodos de laboratorio se deben utilizar para la enseñanza?—*Ing. Hernando Correal*..... 65

Función de las escuelas de ingeniería en la investigación y enseñanza de ingeniería sanitaria—*Ing. Frank A. Butrico*..... 71

TEMA II-B. Otros medios de enseñanza (biblioteca, medios audiovisuales, prácticas sobre el terreno, trabajo cooperativo)

¿Qué otros medios de enseñanza pueden emplearse?—*Ing. Haroldo Jezler*..... 78

### Tema III

TEMA III-A. Estudios de especialización (postgraduado) al nivel nacional e internacional, cursos de perfeccionamiento y cursos cortos para ingenieros y personal técnico auxiliar

Enseñanza de ingeniería sanitaria a nivel postgraduado en América Latina—*Ing. Humberto Olivero, h.*..... 93

## SUMARIO DE MATERIAS (cont.)

Página

TEMA III-B. Relación de la enseñanza de ingeniería sanitaria con las facultades de medicina, salud pública, ingeniería y otras, así como con agencias del gobierno

¿Debemos trabajar y enseñar en cooperación más estrecha y eficaz con otras facultades e instituciones nacionales?—*Ing. José M. de Azevedo Netto* . . . . . 103

TEMA III-C. Utilización de los graduados de ingeniería sanitaria en actividades públicas y privadas

¿Están hallando los ingenieros sanitarios graduados empleos adecuados a su profesión y estudios?—*Ings. Ramón del Valle Reyes y Guillermo Ruiz Troncoso* . . . . . 107

### Anexos

1. Lista de participantes . . . . .	117
2. Composición del Seminario . . . . .	121
3. Método de trabajo del Seminario . . . . .	123
4. Programa . . . . .	125

## INTRODUCCION

El Seminario sobre Enseñanza de Ingeniería Sanitaria en América Latina, convocado por la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, se celebró en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, Perú, del 18 al 27 de julio de 1961. Colaboraron también en dicha reunión el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Ministerio de Obras Públicas del Perú, y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América.

Asistieron al Seminario profesores procedentes de veinticuatro escuelas de ingeniería y tres escuelas de salud pública de dieciocho países americanos, así como siete ingenieros consultores de la Oficina Sanitaria Panamericana y de la Agencia para el Desarrollo Internacional, y un observador del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América.

Los objetivos del Seminario fueron los siguientes:

1. Presentar los resultados de la encuesta sobre el estado actual de la enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina, iniciada por la Oficina Sanitaria Panamericana en 1960, y escuchar los informes sobre el desarrollo de esta especialidad docente en los distintos países.

2. Familiarizar a las altas autoridades universitarias con la importancia y la necesidad de que se incluyan en las escuelas de ingeniería programas de enseñanza e investigación de ingeniería sanitaria.

3. Determinar la organización más conveniente de la enseñanza de ingeniería sanitaria con respecto a: a) personal docente, b) programas de enseñanza y prerrequisitos y c) instrucción de laboratorio.

4. Considerar la necesidad de que los profesores e ingenieros, incluso aquellos de los servicios gubernamentales, reciban en-

señanza especializada, y estudiar la posibilidad de llevar a cabo programas de investigación de ingeniería sanitaria.

5. Estudiar las posibilidades de cooperación con las facultades de medicina, de salud pública y otras.

6. Determinar la utilización de los ingenieros sanitarios por los organismos gubernamentales.

7. Señalar la necesidad y posibilidad de ampliar los estudios de ingeniería sanitaria para ingenieros graduados, así como cursillos para estos profesionales y para el personal auxiliar de ingeniería.

De acuerdo con lo indicado en el Programa del Seminario, las actividades de los siete días de sesiones oficiales se llevaron a cabo en la siguiente forma:

1. Presentación de los resultados de la encuesta sobre el estado actual de la enseñanza de ingeniería sanitaria, y discusión de los planes y métodos de enseñanza de determinado número de universidades que ofrecen cursos de ingeniería sanitaria.

2. Presentación de los tres temas generales asignados de antemano a una o varias autoridades en la materia correspondiente, quienes prepararon documentos de trabajo que luego expusieron al Seminario en sesión plenaria, previo a las reuniones de los Grupos de Trabajo. Con el objeto de orientar las discusiones, se proporcionó asimismo a los participantes unas listas de proposiciones generales, preguntas y sugerencias en cada caso.

3. Estudio de los tres temas generales por los tres Grupos de Trabajo constituidos durante el Seminario. Cada Grupo contó con unos doce participantes, con Secretarios Técnicos y con Directores de Debates y Relatores, elegidos estos últimos por los miembros del Grupo. Al terminar las discusiones de los Grupos, celebradas en se-

siones separadas, un Comité de Redacción tuvo a su cargo la preparación de informes conjuntos, que fueron objeto de estudio y revisión por parte de cada Grupo y luego discutidos y aprobados en sesión plenaria.

4. El último día del Seminario los informes sobre los tres temas fueron combinados en uno solo, el que se sometió, en sesión plenaria, a la consideración y aprobación de todos los participantes. Este documento constituye las conclusiones del Seminario que se incluyen en esta publicación.

Las conclusiones a que se llegó en el Seminario permiten abrigar la esperanza de que la enseñanza de ingeniería sanitaria en la América Latina pasará a ocupar el lugar que demanda el creciente desarrollo social y económico del Hemisferio. La Organización Panamericana de la Salud y otros organismos internacionales están llamados a colaborar y participar en este movimiento que, sin lugar a dudas, redundará en beneficio de la salud y el bienestar de las poblaciones de los países de América.

## INFORME PRELIMINAR

GORDON M. FAIR

*Profesor de la Cátedra "Gordon McKay" de Ingeniería Sanitaria y de la Cátedra "Abbott and James Lawrence" de Ingeniería, Universidad de Harvard Cambridge, Massachusetts, E.U.A.*

Este trabajo tiene por objeto dar a conocer algunos aspectos de la enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina que deben tomarse en cuenta al considerar la situación existente, con cierta comprensión de las causas históricas, económicas y sociales que influyen en dicha enseñanza y que limitan el grado y ritmo de progreso que cabe esperar en un futuro próximo. Sin embargo, no debe tenerse la menor duda de que se lograrán progresos muy importantes en los años venideros.

El documento que aparece bajo el Tema I-A,\* presenta la información complementaria acerca de la situación actual de la enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina.

### LA UNIVERSIDAD Y LAS ESCUELAS DE INGENIERIA

Lógicamente, las universidades de América Latina, salvo en Haití, derivan de las universidades de la Península Ibérica y, a través de éstas, de la Universidad de Padua. En ciertos casos, ha influido en su estructura alguna institución "misionera", como la Universidad Mackenzie, en São Paulo. Por lo demás, la trama y urdimbre del telar de la enseñanza han creado una pauta de organización, administración, sostenimiento, enseñanza y aprendizaje bastante similar a la de las instituciones docentes de España y Portugal. La enseñanza primaria y secundaria, así como los estudios superiores, siguen esta pauta del "viejo mundo". En otras palabras, a diferencia de la herencia cultural de Estados Unidos de América, que

es anglosajona, la de América Latina es en grado predominante europea-continental. Así, pues, en cualquier evaluación de las instituciones latinoamericanas se deben tener claramente en cuenta estos aspectos históricos. La incompreensión de la herencia cultural de América Latina puede conducir a errores de bulto en la interpretación de los resultados de una encuesta acerca de los sistemas educativos vigentes.

Entre las instituciones de enseñanza superior, las facultades y escuelas de ingeniería son, relativamente, nuevas en todo el mundo. Excepto en Francia, pocos centros docentes de ingeniería tienen un siglo de existencia, y Francia, en cierto sentido, se convirtió en la madre de la enseñanza de ingeniería cuando estableció en su Escuela Politécnica un programa de dos años de formación en ciencias físicas y matemáticas. Por lo que se refiere a la ingeniería civil, más que a la militar (la Escuela Politécnica prepara para ambas especialidades), estos años "preclínicos" fueron seguidos de programas de dos años relativos a las especialidades de ingeniería; la Escuela de Puentes y Carreteras fue la primera escuela especial no militar dedicada a la enseñanza de "ingeniería civil". Esta escuela ya existía cuando se creó la Escuela Politécnica. En cierto sentido, fue creada por el Ministerio de Obras Públicas y los ingenieros graduados en la misma ingresaban normalmente en este servicio gubernamental. Debido a que los profesores de la escuela estaban íntimamente relacionados con la construcción de nuevas obras públicas, la instrucción ofrecida en los "años clínicos" de la enseñanza de ingeniería

\* Véase pág. 19.



se orientó hacia los detalles de la práctica. Sin embargo, como la instrucción seguía las directrices de la formación altamente matemática y científica de la Escuela Politécnica, incluso la enseñanza de la ingeniería práctica era matemática y científica, pues el grado de conocimientos así lo permitía.

Por la novedad y la ejemplaridad de la ingeniería en Francia, la enseñanza de esta materia en la Europa continental siguió, en gran parte, el modelo francés. Este se transmitió asimismo a América Latina y puede afirmarse con bastante certeza que hasta fecha tan reciente como la de la Segunda Guerra Mundial, los ingenieros latinoamericanos seguían los textos franceses más bien que los ingleses. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de las instituciones docentes de ingeniería de la Europa continental, los centros latinoamericanos de esta índole estaban en su mayoría dentro de la órbita universitaria. En ésta surgieron, bien como facultades (en general en las universidades pequeñas) o como escuelas de ingeniería. Son pocas en Latinoamérica las escuelas técnicas o las universidades de ingeniería. Del prototipo de las escuelas francesas procede, pues:

- 1) La sólida base teórica del plan de estudios;
- 2) la preponderancia de las clases orales en el sistema de enseñanza;
- 3) la importancia concedida a la lenta transcripción a los cuadernos de los alumnos de lo escrito en la pizarra por el profesor con todo detalle y, a veces, con extraordinaria destreza;
- 4) la falta de libros de texto y hasta de obras de consulta distintas de los manuales, y
- 5) la abundancia de clases orales en detrimento de las prácticas de laboratorio y sobre el terreno. De Europa continental procede, asimismo, la contratación de ingenieros en ejercicio para enseñar ingeniería. Esto se lleva hasta un punto exagerado, por la estrechez económica de los recursos universitarios.

#### INGENIERIA CIVIL Y SANITARIA

En muchos países latinoamericanos, retrasados en producción industrial, si bien necesitados de toda clase de obras públicas, las directrices de la enseñanza y de la prác-

tica se han orientado muy en especial hacia la ingeniería civil. Aquí y allá se han añadido departamentos de ingeniería industrial (electro-mecánica, químico-minera, etc.) y de materias incluso más especializadas. Desde luego, hay escuelas o facultades de ingeniería que no cuentan con un departamento de ingeniería civil, pero son las menos.

En general, la ingeniería sanitaria, a semejanza de otros países, se enseña como parte de la ingeniería civil, y la amplitud de su instrucción varía desde un simple curso sobre abastecimiento de agua y eliminación de aguas residuales, hasta una serie de ellos. En estos casos, la purificación del agua y el tratamiento de aguas servidas, y a veces la química y biología sanitarias, así como el saneamiento en general (vivienda, eliminación de desechos, contaminación del aire e higiene del trabajo) se añaden a la materia más estrictamente hidráulica del abastecimiento de agua y eliminación de aguas cloacales.

Buena parte de la enseñanza de materias de ingeniería en América Latina es una exposición de la práctica más que de los principios. En cierto grado, esto también es cierto en Estados Unidos de América. Sin embargo, en la enseñanza estadounidense se halla en fermento una tendencia a relegar este tipo de instrucción a los años de prácticas, y a prestar, en cambio, una mayor atención a la estructura de una determinada materia que a sus aspectos funcionales. Esta nueva orientación de la enseñanza de la ingeniería sanitaria no se presta a la función docente a tiempo parcial, por ingenieros en ejercicio. Los profesores latinoamericanos se muestran reacios a eliminar abundante material duplicado sobre los fundamentos de la hidráulica aplicada o la ingeniería hidráulica. Al contrario, se insiste en enseñar por separado materias sobre abastecimiento de agua y alcantarillado municipales, sobre sistemas de regadío y desagües agrícolas, sobre energía hidroeléctrica, aprovechamiento de ríos y administración de puertos. El argumento aducido en favor de ello es la dificultad de

coordinar la enseñanza de los expertos en tales materias, aun cuando muchos de los principios de tales aplicaciones son comunes.

Hasta la fecha, la demanda de ingenieros especializados en prevención de la contaminación del aire e higiene del trabajo ha sido escasa en Latinoamérica. No obstante, es indudable que con la expansión urbana y la industrialización se incrementará el interés por estos aspectos del saneamiento.

#### EL PROFESOR

En la última generación, un número considerable de profesores latinoamericanos, así como de ingenieros empleados en proyectos de demostración de ingeniería sanitaria, han sido enviados a universidades estadounidenses, mediante becas concedidas, primero, por la Fundación Rockefeller, y desde 1942, por el Gobierno de Estados Unidos de América. Como consecuencia, la orientación de los profesores más jóvenes se inclina firmemente hacia las directrices de Estados Unidos de América, tanto en lo relativo a material docente, como a la dotación de bibliotecas y equipo de los laboratorios ora existentes o de nueva construcción. Por otra parte, se han enviado a América Latina profesores norteamericanos, en misiones a corto plazo.

Ultimamente, la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, ha concedido asimismo becas con el mismo objeto.

En la fase actual de desarrollo de la economía latinoamericana la enseñanza es, por lo general, una actividad secundaria en la vida de un profesor. De ordinario, no hay enseñanza a tiempo completo, en el verdadero sentido de esta expresión. Los profesores sólo dedican unas cuantas horas a la universidad, durante el curso, y, en el fondo, ninguna después de la terminación del mismo. La necesidad de lograr unos ingresos razonables, obliga a los profesores a dedicarse al diseño o construcción de obras de ingeniería, al margen de las actividades docentes. Con frecuencia, las horas de clase

que se pagan a un profesor son, de hecho, más de las que éste puede dedicar a la labor universitaria en sus días de mucho trabajo. En tales casos, la enseñanza, y no el ejercicio de la profesión, es la que sale perdiendo. Esto es particularmente cierto respecto de hombres de edad madura, que tienen obligaciones económicas mayores. Estos son, precisamente, los hombres que mejor pueden transmitir experiencia al alumno. Lo peor del caso es que pueden verse obligados a abandonar la enseñanza por completo, por mucha vocación que tengan para la misma. En realidad, hay pruebas de que profesores e ingenieros expertos dejan, con harta frecuencia, sus puestos docentes en el momento en que sus servicios son más valiosos para los estudiantes. Una situación semejante se da en los servicios gubernamentales. Por consiguiente, todo aquel que visite facultades de ingeniería o instituciones gubernamentales dedicadas a la ingeniería en Latinoamérica, no debe sorprenderse si se encuentra en las mismas hombres jóvenes, con la posible excepción de los funcionarios administrativos permanentes en cualquiera de estos organismos.

Si se desea establecer una verdadera profesión docente en América Latina, el profesor titular ha de convertirse en profesor de hecho, y no sólo de nombre. Esto sólo puede conseguirse si se le releva del apremio de tener que ganarse la vida ejerciendo privadamente su profesión. Si bien a un profesor a tiempo completo debe permitírsele que preste servicios de consultor a organismos consultivos o gubernamentales, ha de exigírsele que dedique la mayor parte de sus horas de trabajo (por ejemplo, el 80%) a la enseñanza e investigación dentro de la universidad. Cierta grado de dedicación al ejercicio de la ingeniería es conveniente.

De ordinario, la creación de cátedras de ingeniería a tiempo completo puede reducir el número de profesores asociados a una determinada facultad, y las universidades latinoamericanas suelen esgrimir el argumento de que cierto número de los especialistas más competentes en una deter-

minada materia pueden perderse para la enseñanza si se crean puestos a tiempo completo. A este argumento responderemos más adelante. El progreso de la enseñanza de la ingeniería en Latinoamérica debe tener, como primera meta, el establecimiento de, cuando menos, un profesor a tiempo completo en cada una de las repúblicas. Como ya se ha indicado, esta persona habrá de ser competente en su especialidad y recibirá un sueldo que le exima de la necesidad de ejercer en privado su profesión. El empleo a tiempo completo permitirá también al profesor dedicarse a la investigación y a publicar trabajos originales, así como estar a disposición de los alumnos para responder a sus consultas.

#### EL ALUMNO

Como sus compañeros de otras partes, el estudiante de ingeniería de las universidades latinoamericanas, tiene vocación y es muy trabajador. Como grupo, los alumnos de ingeniería están más interesados en los hechos que en las ideas y, normalmente, su trabajo les absorbe tanto tiempo que sus actividades políticas son menores que las de sus colegas de otras facultades o escuelas de la misma universidad. Es lástima que, en estas circunstancias, los métodos de enseñanza sean, con demasiada frecuencia, de tal índole que no alienten el interés de los alumnos por las tareas docentes y causen falta de asistencia a clase. Si ésta se complementara con reuniones de sección, discusiones, grupos de conferencias, y trabajos de delineación, prácticas de laboratorio y ejercicios sobre el terreno, desaparecerían muchas críticas del sistema de clases orales.

La falta, o carestía, de libros de texto, de obras de consulta y revistas profesionales no permite que el estudiante establezca los cimientos de su biblioteca profesional durante sus años universitarios. Los apuntes que toma en clase constituyen su vademécum. Con frecuencia no aprende a utilizar una biblioteca profesional y no se familiariza con el contenido que las distintas revistas y las publicaciones oficiales contienen.

Por lo tanto, la formación profesional no progresa tan bien como debiera una vez que el alumno sale de la universidad.

En América Latina, muchas obras de ingeniería las hacen empresas extranjeras. Si bien en algunas de sus actividades emplean personal del país, lo hacen casi siempre para trabajo subalterno. Por estas y otras razones, es difícil a los jóvenes ingenieros progresar mediante la experiencia en materia de planeamiento, diseño y construcción, todo ello tan esencial para el pleno y rápido desenvolvimiento profesional. Los ingenieros jóvenes que ingresan en los organismos oficiales dedicados a toda clase de trabajos de ingeniería—investigación, planeamiento, diseño y ejecución—encuentran a veces que sus nuevos jefes son en realidad sus antiguos profesores. Esto puede privar a esos ingenieros jóvenes de la oportunidad de adquirir en la experiencia nuevos puntos de vista, con lo que las posibilidades de perfeccionamiento profesional son menores de lo que serían de otra manera.

Si las instituciones docentes latinoamericanas desean alcanzar un grado suficiente de preparación en ingeniería sanitaria, han de crear un plan de estudios de esta disciplina para los alumnos de ingeniería, o requerir enseñanza especial en dicha materia a los ingenieros ya graduados. En Estados Unidos de América, las objeciones a una especialización prematura, han desplazado la enseñanza de la ingeniería sanitaria a un curso de un año para graduados. Son menos de media docena las instituciones donde se ofrece enseñanza de esta clase a los no graduados.

Hay objeciones a ambos sistemas. La especialización del no graduado puede “congelar” a un alumno en un programa que no sea el que más le interese o mejor se adapte a sus aptitudes. Asimismo, puede reducir sus oportunidades de empleo después de graduarse. Al mismo tiempo, puede restar a su programa materias que, a la larga, quizá le resulten más provechosas que los llamados cursos “profesionales”, los cuales son, de ordinario, el remate de su

formación universitaria y le son de provecho inmediato para empleo en cualquier empresa.

Hay que decir, con toda franqueza, que la enseñanza destinada a graduados en ingeniería sanitaria, suele ser objeto de crítica en los círculos universitarios por no considerarla como "postgraduada" en la verdadera acepción de la palabra. Y esto es verdad, en cierto modo, porque en ella figuran materias que, en ciertos casos, se incluyen en los planes de estudio de graduación en otras disciplinas. Ejemplos de ello son la química o la biología de una u otra clase. Dicho sea de paso, esto supone también una crítica de los planes de estudio de las escuelas de salud pública. Incluso si el trabajo progresa al ritmo propio de un curso para graduados, es una "continuación" de la enseñanza, y no enseñanza de "postgraduados", porque buena parte de aquél no se basa directamente en disciplinas enseñadas en años previos a la graduación. Sin embargo, nuevos experimentos en la enseñanza de ingeniería sanitaria, para graduados, prometen soslayar estas críticas, pero estos ensayos no pueden considerarse a punto de que los profesores latinoamericanos los apliquen, pues hay que comprobarlos antes.

Los conceptos sobre especialización tanto de graduados como de no graduados, se han de hacer llegar tanto a los alumnos como a los profesores y autoridades universitarias, para que ambos programas puedan alcanzar el éxito apetecido.

En lugar de la instrucción oficial en ingeniería sanitaria para graduados, hay la posibilidad de un nuevo enfoque de continuidad docente en la especialidad que nos ocupa mediante los "institutos de ingeniería sanitaria". Esta posibilidad se discutirá en la sección siguiente de este trabajo. Debemos añadir que ciertos institutos de ingeniería, como los de hidráulica, se han establecido con éxito en algunas universidades latinoamericanas. La importante contribución hecha por dichos institutos para la solución de problemas específicos relativos al diseño de obras de ingeniería que habían sido pro-

yectados, justificaron, en general, la creación y costo de tales institutos.

#### ACTIVIDADES DE INVESTIGACION

Si una tesis es requisito esencial para graduarse, en la mayoría de las instituciones de ingeniería latinoamericanas, los problemas planteados y la labor hecha se reducen en general a pesquisas bibliográficas y a diseños computativos, lo que se acerca más a un ejercicio o examen de fin de curso que a un proyecto de investigación.

Se ha observado que, por lo común, los estudiantes más capaces en ciencias puras y aplicadas se sienten atraídos hacia los trabajos nuevos e interesantes. Por lo tanto, es lógico suponer que mientras no haya también tales oportunidades en laboratorios adecuados de ingeniería sanitaria de las instituciones latinoamericanas, habrá escaso incentivo para la labor universitaria a tiempo completo y poca aportación de los alumnos, en forma de nuevos conocimientos en la esfera sanitaria. Esto es de lamentar porque, entre 200 millones aproximados de personas, es indudable que hay muchas de gran inteligencia y aptitud. Hasta la fecha este potencial humano está por explotar en gran parte en lo que respecta a la ingeniería sanitaria.

Como primer paso del fomento de la investigación, hay la posibilidad de establecer en las universidades de América Latina, bien dentro de las mismas o en asociación con ellas, laboratorios de estudio de los problemas de importancia local más inmediata. Ya iniciada su labor, es indudable que, en el momento oportuno, se ampliará y orientará hacia una investigación de orden más fundamental y hacia un tipo de enseñanza graduada de carácter no oficial basada en la autoeducación.

#### LA PROFESION

Desde el punto de vista del ingeniero e investigador profesionales, en América Latina faltan datos fundamentales sobre un cierto número de materias, entre ellas

estadísticas demográficas y existencias de recursos naturales.

Buena parte del diseño de las obras de ingeniería sanitaria se basa en previsiones de la población, y la mejor medida de muchos de los progresos logrados o de las necesidades en ingeniería sanitaria se encuentra con frecuencia en los informes de morbilidad y mortalidad. Y ambos tipos de estadísticas o bien son inadecuados o poco fidedignos en muchos países latinoamericanos. Sin embargo, hay indicios de un gran interés en las repúblicas latinoamericanas por saber más acerca de sus respectivos habitantes y sobre su estado de salud y bienestar.

Es indudable que el planeamiento, diseño y fundamiento de obras sanitarias no puede llevarse a cabo como es debido, si no se dispone de datos fidedignos sobre los recursos hidráulicos que hay que utilizar. Debe conocerse, asimismo, la clase y cantidad de otros recursos: terrenos, arenas, rocas, maderas, hulla y muchos más. Ejemplos de los datos que, con respecto al agua, se requieren son los siguientes: precipitación pluvial, incluso la procedente de vertederos de tormentas e inundaciones, evaporación del agua superficial, acumulaciones de nieve en la parte alta de cuencas hidrográficas y ritmo de fusión de la misma, caudal de las corrientes de agua y de las inundaciones, y acumulación y movimiento de aguas subterráneas. Para utilizarlas debidamente, estas constantes hidrológicas deben ir acompañadas de datos topográficos y geológicos en mapas convenientes al respecto.

Para que la enseñanza sea eficaz, este tipo de datos debe ser la base de los problemas que haya de resolver el alumno. Por consiguiente, hay muy buenas razones para que las instituciones docentes y gubernamentales cooperen; y mucho más, porque los datos actuales de esta naturaleza no son tan completos como podrían serlo en muchas de las repúblicas latinoamericanas. Las diferencias de clima, de estructura económico-social y desarrollo urbano e industrial hacen necesarias normas o patrones de ingeniería

sanitaria que tengan significado en los distintos países de América Latina. Tales normas pueden con frecuencia establecerse en forma muy satisfactoria mediante investigación patrocinada por el gobierno y hechas en los institutos de ingeniería sanitaria anexos a las universidades. Entre estas normas requeridas se puede mencionar la correspondiente al criterio y factores que hay que tener en cuenta en el diseño de obras públicas, los requisitos de funcionamiento y los relativos a la calidad del agua de usos municipales, industriales, agrícola y recreativo, y a la protección de ésta de la contaminación.

Otros ejemplos de las normas requeridas se refieren a las lagunas y a los estanques de estabilización y oxidación, y a las especificaciones de las plantas donde pueda haber escasez de energía o de personal para su funcionamiento en ciertas localidades. El que las lagunas y estanques de tratamiento de aguas residuales y lodos cloacales, así como de residuos industriales arrastrados por el agua, dependan, para su funcionamiento, de la evaporación, luz solar y lluvia, a la vez que de la naturaleza de los restos que el agua contenga, pone también de relieve estas necesidades.

#### INFORMACION Y COMUNICACION

Finalmente, el alumno de ingeniería sanitaria en América Latina debe también estar advertido de la falta de comunicación entre los países afines. El que este aislamiento sea tan general en una región que comparte en esencia el mismo idioma, resulta difícil de entender. Sin embargo, no hay más que pensar en los frecuentes y nimios celos que hay entre Canadá y Estados Unidos para ver con más tolerancia las rivalidades latinoamericanas. Por desgracia, una de las consecuencias de este aislamiento es que las publicaciones sobre ingeniería no trascienden las fronteras del país de origen.

Otro obstáculo de la difusión de datos técnicos y teóricos es la escasez de bibliotecarios expertos. También puede decirse

que la biblioteca particular de cada profesor suele superar muchas veces la de los diversos departamentos.

En ingeniería sanitaria, los medios de información comprenden, en particular, libros y periódicos o revistas profesionales, servicio de extractos y resúmenes, conferencias, datos sobre equipo y productos existentes, catálogos e informes de investigación universitarios, publicaciones oficiales y servicio de biblioteca en general. Todo esto se encuentra muy lejos de estar al nivel que debiera en muchos países latinoamericanos.

Desde el punto de vista didáctico, tal vez la escasez más grave sea la de libros de texto adecuados, obras de consulta y manuales. Un ensayo que parece no haber sido intentado hasta ahora para eliminar los obstáculos de una mayor difusión de dichos libros, es la edición de un tratado de ingeniería sanitaria en cuya preparación participe un destacado profesor o instructor de cada país latinoamericano. Un trabajo de esta clase no necesita ser totalmente original, sino que puede muy bien basarse en un texto escrito ya, traduciéndolo y, si fuere necesario, revisándolo y adaptándolo a las necesidades latinoamericanas.

#### RESUMEN

El estudio de los temas considerados en el Seminario indica que los profesores latinoamericanos de ingeniería civil y sanitaria se dan perfecta cuenta de los factores determinantes del tipo de enseñanza que ellos están fomentando en la actualidad. Las razones que los inducen a moverse con cautela por el camino de las innovaciones deben ser respetadas. El problema habrá de abordarse con criterio realista, en vez de basarse en idealismos, mientras no se cuente con el debido apoyo para experimentar con nuevos métodos de enseñanza; con nuevas condiciones para el nombramiento de profesores; con nuevos medios para la enseñanza en el laboratorio, salas de dibujo y trabajos prácticos sobre el terreno, y con nuevas oportunidades para la investigación.

Sin embargo, esto no impide que, al mismo tiempo, se hagan ensayos con nuevas organizaciones en relación con la enseñanza de ingeniería sanitaria. Cualquier experimento de esta índole realizado por profesores entusiastas, debe recibir el apoyo y la simpatía de todos y, en lo posible, toda la ayuda financiera que razonablemente pueda pedirse.

## CONCLUSIONES DEL SEMINARIO

Se considera que las deficientes condiciones sanitarias ambientales en los países de América Latina son una de las principales causas de las elevadas tasas de morbilidad y mortalidad debidas a ciertas enfermedades que, como las de origen entérico, ocupan, a este respecto, el primer lugar en la mayoría de tales países.

En la actualidad uno de los más ambiciosos propósitos de los países de América Latina es lograr un alto grado de desarrollo económico y social, y se considera que para alcanzarlo es condición esencial que protejan y fomenten sus recursos humanos. Sin embargo, se considera que, debido a las altas tasas de morbilidad y mortalidad causadas por las condiciones sanitarias del medio ambiente, estos países no están desarrollando al máximo sus recursos humanos ni obtienen de éste ni de sus recursos económicos la máxima eficiencia. Se considera que estas condiciones, por lo que representan técnica y socialmente, pueden y deben ser radicalmente mejoradas por la intervención de la ingeniería sanitaria.

Las razones expuestas justifican la urgente necesidad de preparar personal profesional idóneo capaz de afrontar y solucionar los diversos y complejos problemas del saneamiento del medio en América Latina.

A. 1. El Seminario consideró que los problemas básicos de saneamiento ambiental que existen en los países de América Latina son los siguientes:

- Abastecimiento y purificación del agua;
- Eliminación de aguas servidas y excretas;
- Higiene de la vivienda;
- Control de vectores;
- Higiene de los alimentos, en especial de la leche;
- Recolección y eliminación de basuras;
- Contaminación de aguas superficiales;
- Eliminación de desechos de origen industrial;
- Higiene industrial.

Se consideró que debe darse prioridad máxima a la resolución de los dos problemas enunciados en primer lugar, o sea a los abastecimientos de agua potable y a la eliminación de aguas servidas. También se indicó que los problemas mencionados deben enfocarse con las adaptaciones y flexibilidad necesarias, tanto por la diversidad de países como por el medio urbano y rural.

B. Se conceptúa que el valor y éxito de cualquier programa de enseñanza depende fundamentalmente del personal docente que lo lleve a cabo, así como de la aptitud y preparación básica del estudiante.

1. Se reconoce que es difícil fijar un número de profesores para la enseñanza de la ingeniería sanitaria y que tal número deberá asignarse de acuerdo con las necesidades y el tamaño de la escuela.

2. Los profesores encargados de la enseñanza de la ingeniería sanitaria deberán tener preparación específica en la materia y título universitario, de preferencia con estudios postgraduados en este campo y amplia experiencia docente y profesional. Es recomendable que los profesores tengan alguna experiencia en la investigación de problemas de ingeniería y que hayan publicado trabajos sobre la materia.

3. Se considera que la tendencia en América Latina debe ser hacia la utilización del profesor a tiempo completo siempre que las necesidades y recursos disponibles lo justifiquen. Dentro de la realidad actual socio-económica de los países latinoamericanos se justifica la presencia del profesor a medio tiempo. Se reconoce que la enseñanza a tiempo parcial (por horas) tiene la ventaja de que permite contar con profesores especializados que poseen una valiosa práctica profesional.

No es posible fijar un número mínimo de

alumnos por cada profesor, sin embargo se considera que el número máximo de alumnos en una clase no debe sobrepasar de 35 y el número ideal se considera de 20.

4. La universidad puede obtener mejores profesores estimulando el interés de aquellos estudiantes y profesionales que tengan vocación y aptitud para la enseñanza y la investigación mediante la concesión de becas, subsidios, etc., así como mediante alicientes de tipo económico y facilidades para la enseñanza e investigación y superación profesional y docente. Se recomienda la creación de la carrera docente universitaria, así como la adopción de métodos de concurso, a base de méritos académicos y profesionales, para ocupar cargos docentes.

5. Se reconoce que el prestigio es un factor importante tanto para la universidad como para el profesor, pero no debe de olvidarse que una adecuada remuneración es también importante tanto para la estabilidad y situación económica de éste, como para poder exigirle el estricto desempeño de sus labores docentes.

6. Las sociedades de ingenieros y entidades conexas con la ingeniería sanitaria deben colaborar con las universidades en mejorar la enseñanza de esta materia: a) aportando, a través de sus representantes, experiencia adquirida en el ejercicio de la profesión mediante charlas, conferencias, mesas redondas y publicaciones de orden técnico; b) fomentando la investigación y la prestación de bibliotecas y material técnico de lectura y consulta; c) ofreciendo becas y premios a los estudiantes, y d) dando oportunidad para que los alumnos de los últimos años se vinculen en alguna forma a dichas sociedades.

7. Se recomienda que los profesores preparen esquemas o notas resumidas para las clases teóricas, e instrucciones para el desarrollo de proyectos y prácticas de laboratorio. Estas notas deberán contener los conceptos fundamentales de la materia y ser revisadas y puestas al día lo más frecuentemente posible. La universidad, no sólo debe cubrir

los gastos de la preparación de las notas, sino fomentar y perfeccionar esta práctica. Es además recomendable el contar con libros de texto básicos y con adecuadas referencias bibliográficas de la materia. Las universidades deben fomentar la publicación de buenos libros de texto solicitando para ello la colaboración de los organismos y asociaciones internacionales para la elaboración y difusión de aquéllos. También debe de proporcionar a profesores y alumnos los libros y revistas necesarios, de acuerdo con la organización y capacidad de las mismas. Los libros y revistas especializadas deberán ser suministrados a través de la facultad o departamento respectivo, mientras que los de carácter general se pondrán a la disposición del lector a través de la biblioteca central. En todos los casos el libro de texto no debe ser considerado como un sustituto de la labor del profesor.

8. En relación con los libros y revistas técnicos que se necesiten en la enseñanza de la ingeniería sanitaria, se recomienda solicitar a la Organización Panamericana de la Salud que efectúe una encuesta entre todas las universidades de América Latina con el objeto de preparar una lista de libros y revistas selectos (en español, portugués, inglés, francés y otros idiomas) sobre la materia.

C. 1. Se considera que un buen programa de enseñanza de ingeniería civil debe de contar con cursos bien concebidos de ingeniería sanitaria. La estructura actual de la mayoría de los programas de enseñanza de ingeniería civil en América Latina permite, en términos generales, llevar a cabo una buena enseñanza básica de ingeniería sanitaria. Se recomienda fomentar y mejorar estos cursos y, cuando se considere conveniente o deseable, proceder a establecer la opción sanitaria o la carrera independiente de ingeniería sanitaria.

2. Se conceptúa que en la enseñanza de la carrera de ingeniería civil los cursos básicos de hidráulica o mecánica de flúidos deben preceder al curso o cursos de inge-



nería sanitaria. Es recomendable, también como prerrequisito de ésta, conocer los fundamentos de hidrología, bien si se enseña como materia aparte o en combinación con la de hidráulica. Los cursos de hidráulica aplicada (irrigación, hidroelectricidad, etc.) se enseñarán por separado. También se recomienda que, dentro de los estudios de ingeniería sanitaria, las materias de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas servidas deben enseñarse en forma conjunta, si bien separadas de los de hidrología e hidráulica aplicada.

3. Todos los estudiantes de ingeniería civil deben adquirir dentro del curso de ingeniería sanitaria, los conceptos fundamentales de la purificación de aguas y tratamiento de aguas servidas, en especial en lo que se refiere a su importancia en el saneamiento del medio. Se considera que su enseñanza permite una preparación previa y adecuada para proseguir estudios postgrado de ingeniería sanitaria, y que sirven además para despertar la vocación entre los estudiantes por esta carrera.

4. Se considera que en América Latina es recomendable una reorientación de la enseñanza de la química como preparación para los cursos de ingeniería sanitaria. Igualmente, los conocimientos elementales de biología deberán suplementarse en los cursos de ingeniería sanitaria.

5. El número de horas de enseñanza de ingeniería sanitaria, dentro del plan de estudios de ingeniería civil, en el caso de no haber opción, debe ser como mínimo de 200 a 240 horas, de las cuales aproximadamente un 50% podrán dedicarse a clases teóricas y el resto se distribuirá entre laboratorio, prácticas, proyectos, visitas, etc., de acuerdo con las necesidades presentes y futuras del país y de las disponibilidades con que cuenta la universidad.

D. Se considera que un factor importante en la enseñanza de la ingeniería sanitaria como parte de la carrera de ingeniería civil, es el trabajo de laboratorio relacionado con

la determinación de la calidad del agua y con el concepto y los resultados de los procesos unitarios fundamentales en la purificación de ésta y con el tratamiento de aguas servidas.

1. Se recomienda que todos los estudiantes de ingeniería civil, aun en los primeros años de estudios, deben adquirir los fundamentos del trabajo de laboratorio, sobre todo lo relacionado con la determinación de la calidad del agua, con el objeto de capacitarlos para planear, coordinar e interpretar los resultados de los análisis efectuados en el laboratorio. Igualmente se considera conveniente y necesario que los alumnos estudien en el laboratorio y en el campo los procesos unitarios fundamentales. Cuando haya opción o especialidad de ingeniería sanitaria, los alumnos deben realizar personalmente los trabajos de laboratorio, así como los procesos unitarios fundamentales.

2. El uso del laboratorio se considera indispensable en la enseñanza de la ingeniería sanitaria. La formulación y coordinación del programa de laboratorio y la dirección del mismo deben estar a cargo de un profesor que sea ingeniero sanitario, asistido por químicos o biólogos, cuando la labor de la institución así lo demande.

3. Las universidades deben fomentar las actividades de investigación en ingeniería sanitaria en sus laboratorios. Se insiste en la necesidad de que al profesor a tiempo completo se le faciliten los medios necesarios para dedicar parte de su tiempo a labores de investigación.

4. El laboratorio debe tener los elementos necesarios para que los alumnos efectúen las siguientes determinaciones físicas y químicas: técnica del muestreo, pH, cloro residual, dureza, alcalinidad, coagulación, sedimentación, y otras, de acuerdo con las condiciones y necesidades locales; además, deberá estar equipado para poder efectuar en él demostraciones bacteriológicas y microscópicas. El equipo de laboratorio debe ser sencillo y práctico. Se recomienda un área mínima de

4 a 5 m.<sup>2</sup> por alumno, con un área no menor, en ningún caso, de 60 m.<sup>2</sup> por laboratorio.

5. Se recomienda que las universidades intensifiquen y apoyen la publicación y divulgación de los trabajos de investigación que sobre ingeniería sanitaria se lleven a cabo en las mismas. Igualmente, deben colaborar en la preparación y divulgación de procedimientos y normas técnicas relativos a ingeniería sanitaria.

E. Una crítica frecuente en relación con la enseñanza de la ingeniería sanitaria en América Latina es que depende demasiado de clases tipo conferencia, con poca o ninguna participación de los alumnos. Se considera que ello se debe a la poca utilización de bibliotecas o a que éstas no están lo bastante provistas de revistas y libros técnicos y están tal vez mal organizadas; y a que, además, no existen suficientes textos y revistas sobre ingeniería sanitaria en español y portugués, ya sean originales o traducidos de otros idiomas. Igualmente, deben considerarse a este respecto hechos tales como: excesivo número de clases teóricas; deficientes métodos de evaluación del aprovechamiento de los alumnos; falta de orientación y de estímulo del trabajo del estudiante.

1. Se considera que la crítica anterior es cierta cuando el alumnado es numeroso. Este aspecto puede remediarse cuando las condiciones de cada universidad permitan subdividir las clases en grupos pequeños. Se debe hacer notar que la mayor parte de las universidades de América Latina están tratando de mejorar los sistemas de enseñanza presentes. Basándose en lo expuesto se formulan las siguientes recomendaciones:

Complementar las clases teóricas con reuniones de tipo seminario en las cuales participen más activamente los alumnos;

Habituar a los estudiantes en el uso apropiado de la biblioteca;

Obligar a los alumnos a la consulta de referencias bibliográficas;

Ofrecer por anticipado al alumno el tema de la clase siguiente, así como referencias bibliográficas referentes al mismo.

2. Se reconocen las dificultades de solucionar los problemas metodológicos en escala nacional, y por lo tanto se recomienda utilizar los servicios de la Organización Panamericana de la Salud, como el organismo técnico especializado de la Organización de los Estados Americanos, para promover y mejorar el intercambio del personal docente y la información entre los diversos países, y específicamente se le solicita promover y organizar la traducción y edición de libros de carácter internacional de ingeniería sanitaria. Como una tarea inmediata se propone que la OPS envíe directamente a las bibliotecas de las universidades latinoamericanas las publicaciones con que cuente sobre ingeniería sanitaria.

Se considera que otros aspectos del mismo problema podrían solucionarse de la siguiente forma:

Dar menor importancia a los exámenes finales y mayor valor a las actividades desplegadas durante el período académico (trabajos prácticos, seminarios, asistencia a clases, pruebas parciales, participación en investigaciones de cátedra, etc.);

Preparar material pedagógico adecuado, con resúmenes y bibliografías, que permitan limitar la clase a la exposición de los principios fundamentales de la materia;

Preparar y traducir libros técnicos, adaptados a las modalidades del medio respectivo;

Traducir artículos técnicos y científicos de interés general;

Crear organismos universitarios de bienestar estudiantil y promoción de actividades remuneradas, dentro de la cátedra, para los estudiantes; y

Proponer que se estudie en el reglamento de las universidades la conveniencia de establecer un porcentaje aceptable de asistencia obligatoria a las clases teóricas y prácticas.

3. Se considera que las notas o resúmenes preparados por el profesor no quitan en modo alguno importancia a los libros de las bibliotecas, y se cree que resultan útiles y convenientes, sobre todo cuando se adaptan a las condiciones locales. Se recomienda que los profesores traten de incrementar y facilitar el uso de los libros por parte del estudiante.

4. Se considera que existen otros medios aprovechables de enseñanza, tales como los audiovisuales, los cuales deben emplearse con criterio pedagógico, recomendándose su cuidadoso estudio antes de su utilización con el objeto de obtener su máximo provecho y lograr los objetivos fijados.

Se sugiere que la Organización Panamericana de la Salud actúe de coordinador y distribuidor del material existente y del que se prepare en el futuro, y que promueva la preparación de material audiovisual nuevo especialmente adaptado a las condiciones de los países latinoamericanos.

Deberán también considerarse otros medios de enseñanza, tales como seminarios y mesas redondas, conferencias por profesionales especializados, intercambio entre la cátedra y otras instituciones afines, visitas a obras en construcción o en funcionamiento, trabajo en equipo de los estudiantes y experiencia profesional durante el período de vacaciones.

5. Se considera que los procesos unitarios fundamentales de tratamiento que deben estudiarse de preferencia son: la sedimentación, coagulación, filtración, desinfección, aeración, procesos biológicos, y otros que se consideren necesarios debido a las condiciones locales de cada país. Se considera posible la enseñanza de estos procesos unitarios fundamentales mediante la utilización de equipos independientes, sencillos y económicos, tales como maquetas y modelos, complementada con visitas a plantas de tratamiento en construcción o en operación.

Se recomiendan los equipos de tamaño operacional cuando las facilidades y recursos de la cátedra lo permitan, pues de esta manera se vinculará al estudiante con la realidad profesional.

F. Para que el ejercicio profesional de la ingeniería sanitaria se desarrolle en forma adecuada y técnica en un país, se requieren los datos básicos que puedan obtenerse de los organismos gubernamentales y privados. Esta información básica puede consistir en lo siguiente: datos de población para estimar

necesidades presentes y futuras; datos sobre el consumo de agua; cantidad de aguas servidas provenientes de las municipalidades y las industrias; información hidrológica sobre precipitaciones pluviales; caudal de corrientes de agua y movimientos de aguas freáticas; calidad de las aguas, y otras.

1. En relación con la recopilación de datos básicos, se considera que es indispensable que haya cooperación de carácter permanente entre la universidad y los organismos públicos y privados. En aquellos lugares donde no existan entidades encargadas de la recopilación sistemática de datos, la universidad debe proponer su creación, y ofrecer su cooperación para proceder oportunamente al análisis de los mismos. Para lograr una cooperación real y efectiva, la universidad debe, mediante acuerdos y convenios, promover la creación de organismos con adecuados recursos económicos que recolecten datos de carácter permanente que estimulen la participación del profesorado y permitan actividades complementarias para el alumado.

G. Se considera que la enseñanza de la ingeniería sanitaria, como la de cualquiera otra materia, debe de ser continua, y en consecuencia se deben proporcionar al alumno facilidades para proseguir estudios universitarios superiores en este campo. Se menciona el caso de Estados Unidos, en donde la ingeniería sanitaria se ha convertido en una especialidad importante. Se reconoce que en los países en proceso de desarrollo de la América Latina la enseñanza de la ingeniería civil no ha incluido, por lo general, una cantidad suficiente de materias de ingeniería sanitaria, sobre todo de aquellas que se refieren a la conservación y utilización de los recursos hidráulicos. Se recomienda, siempre que sea posible, la enseñanza de la ingeniería sanitaria de un nivel universitario postgrado como una continuación de los estudios de ingeniería civil. Sin embargo, debe recordarse que la enseñanza universitaria postgrado es costosa y que, frecuentemente, no se cuenta en muchos

países con los recursos humanos ni otros elementos necesarios.

1. Se considera que algunos de los países más desarrollados de América Latina están capacitados para mejorar la calidad de la enseñanza de la ingeniería sanitaria.

De acuerdo con el grado de desarrollo de estos países, y cuando la demanda de tales profesionales lo requiera, deben crearse cursos postgraduados o cursos regulares de ingeniería sanitaria.

2. Los países cuyo grado de desarrollo es menor, deben incrementar la enseñanza de la ingeniería sanitaria dentro de los cursos regulares de ingeniería civil y aprovechar los cursos para graduados existentes en otros países. Con este objeto, se recomienda reforzar la enseñanza de la ingeniería sanitaria al nivel postgraduado en las escuelas existentes con el objeto de darles alcance regional. En caso de que las necesidades de determinado grupo de países lo demande, podría recomendarse la creación de nuevas escuelas de carácter regional.

3. Como un medio de incrementar la enseñanza de la ingeniería sanitaria en América Latina, se cree conveniente que un conjunto de profesores o profesionales especializados se agrupe en un núcleo circulante, y que vaya a determinados países, con el objeto de enseñar cursos breves, seminarios o ciclos de conferencias en las diferentes universidades. Se cree que un proyecto de este tipo podría ser patrocinado por alguno de los organismos internacionales.

4. En conexión con la enseñanza de la ingeniería sanitaria, se considera que deben de aprovecharse las características especiales de ciertos países que presentan problemas peculiares, para fomentar la creación de centros o institutos de investigación dentro de las universidades.

5. Como un medio de orientación e información sobre los recursos de la enseñanza de la ingeniería sanitaria a nivel postgrado existentes en las Américas, se solicita a la

Organización Panamericana de la Salud que proceda a la recolección y divulgación de información sobre tales centros de enseñanza, así como sobre sus planes de estudio. Esta información debe comprender a todos los países del continente americano y permitirá encauzar mejor los esfuerzos locales para incrementar el número y calidad de los futuros ingenieros sanitarios.

H. Se conceptúa que un importante factor para el desarrollo de actividades en los programas de ingeniería sanitaria lo constituye la preparación de cierto personal auxiliar, tal como inspectores sanitarios, operadores de plantas de agua potable y de aguas servidas, capataces, etc.

1. Se considera que la preparación del personal auxiliar para los programas de ingeniería sanitaria compete a los organismos gubernamentales respectivos, especialmente a aquellos ministerios vinculados con la salud pública y a las entidades de obras sanitarias. En determinados casos, la universidad puede colaborar, mediante convenios especiales, con las autoridades interesadas en la programación y desarrollo de tales cursos. En aquellos países que no cuenten con cursos de preparación para el personal auxiliar, y en forma transitoria, puede aceptarse la creación y desarrollo de estos cursos por la universidad, a solicitud de los organismos gubernamentales y bajo su administración y patrocinio. En determinados casos, puede obtenerse la colaboración de los organismos internacionales y de instituciones privadas.

2. Los cursos o programas de adiestramiento del personal auxiliar deben incluir materias estructuradas de acuerdo con programas mínimos y estar dirigidos específicamente a sus respectivos campos de aplicación, poniéndose especial interés en las prácticas necesarias para una capacitación adecuada.

I. Muy a menudo, materias que no son propiamente del dominio de la ingeniería sanitaria, pero sí muy relacionadas con ella

(ejemplos: microbiología, epidemiología, etc.), son enseñadas por ingenieros, en vez de profesores especializados y con otra formación básica.

1. Con el objeto de remediar la situación descrita se recomienda que las facultades o escuelas de ingeniería saquen más provecho y utilidad de otras facultades y organismos nacionales y municipales de salud pública y de obras sanitarias, etc., mediante convenios, con el objeto de suplir o complementar sus recursos normales de enseñanza. Se considera este hecho de singular importancia, pues mediante mínimos esfuerzos de coordinación se puede contar con personal docente adicional, idóneo y compenetrado de los problemas de la ingeniería sanitaria. En los convenios mencionados debe tenerse siempre presente que las facultades de ingeniería no menoscaben su función rectora a cambio de la ayuda que reciben. En forma recíproca, se considera que las escuelas o facultades de ingeniería, especialmente el personal docente de ingeniería sanitaria, pueden prestar valiosos servicios a las facultades de medicina y salud pública, así como a organismos gubernamentales de salud pública, obras sanitarias y otros.

2. Se recomienda que la cooperación que se obtenga de otras facultades y entidades gubernativas sea principalmente de la categoría de cursos postgraduados o cursos regulares de ingeniería sanitaria. Es recomendable que, en lo posible, la propia facultad o escuela de ingeniería civil cubra sus necesidades de personal docente en el plano de la enseñanza regular.

3. Se recomienda, igualmente, que se obtenga la cooperación de otras facultades y organismos para la utilización de sus laboratorios y de otras instalaciones y para las visitas a obras en ejecución y en funcionamiento.

J. Se considera importante y hasta necesario que se proporcionen oportunidades de progreso y mejoramiento profesional a aque-

llos ingenieros que deseen dedicarse al ejercicio de la ingeniería sanitaria o a su docencia. Se cree que si se ofrecen a los ingenieros tales oportunidades se obtendrá un grado mayor de especialización y permanencia en la carrera.

1. Se recomienda que el papel de la universidad esté orientado a:

Ofrecer cursos de especialización y promover la concesión y utilización de becas a los profesionales;

Organizar y realizar conferencias, seminarios y programas de investigación;

Ofrecer cursos cortos de ampliación de estudios y estimular la promoción científica y económica de los profesores;

Proporcionar y divulgar información sobre sus programas y recursos de enseñanza, así como sobre sus actividades en general;

Fomentar la jerarquía y ética profesional;

Promover nuevas actividades en el campo de la ingeniería sanitaria con el objeto de dar al ingeniero sanitario mayores oportunidades profesionales; y

Estimular las labores de investigación mediante convenios con entidades oficiales y privadas.

2. Se recomienda a las entidades públicas y privadas que:

Las actividades en el campo de la ingeniería sanitaria sean desempeñadas o ejecutadas, de preferencia, por ingenieros con especialización académica en la materia;

Se establezca el escalafón profesional dentro de la carrera administrativa, a fin de permitir la promoción de los ingenieros sanitarios, su estabilidad y adecuada remuneración; y

Se otorguen toda clase de facilidades a los ingenieros sanitarios o a los ingenieros con especialización académica en ingeniería sanitaria, para que asistan a reuniones técnicas de carácter nacional o internacional, así como para la obtención y utilización de becas o bolsas de viaje para su perfeccionamiento profesional.

3. Se recomienda y recuerda a las sociedades de ingenieros e instituciones similares que todas sus actuaciones estén inspiradas

hacia las actividades primordiales de ayuda social y mejoramiento económico de los pueblos a que sirven, y que traten de elevar el nivel profesional de la ingeniería por diferentes medios, tales como:

Promoción, mediante la creación del escalafón profesional dentro de la carrera administrativa, de una adecuada remuneración para todos los profesionales;

Creación de la ley del ejercicio profesional en aquellos países que aún no la posean;

Desarrollo y promoción del código de ética profesional;

Integración dentro de las sociedades o colegios de ingenieros de aquellas asociaciones o capítulos locales de carácter internacional, tales como la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS), que agrupa a los ingenieros sanitarios del país; y

De seminarios, congresos, conferencias y otros medios de divulgación profesional de la ingeniería sanitaria.

K. Como recomendaciones finales se adoptaron las siguientes:

1. Exhortar a los organismos de carácter internacional para que presten toda la ayuda necesaria, por todos los medios posibles, con el objeto de elevar en forma efectiva el nivel académico de las universidades de América Latina.

2. Que la Organización Panamericana de la Salud, como el organismo regional técnico especializado de la Organización de los Estados Americanos y de la Organización Mundial de la Salud, intensifique aún más todas sus actividades relacionadas con el saneamiento ambiental y con la enseñanza de la ingeniería sanitaria en América Latina.

Se recomienda igualmente que, en lo posible, establezca relaciones directas con las universidades y escuelas o departamentos de ingeniería sanitaria.

---



## **TEMA I**

- A. Estado actual e importancia de la enseñanza de ingeniería sanitaria en América Latina.**
- B. Personal docente para la enseñanza de ingeniería sanitaria.**
- C. Determinación del plan de estudios.**





## ENSEÑANZA DE INGENIERIA SANITARIA EN AMERICA LATINA

GORDON M. FAIR

*Profesor de la Cátedra "Gordon McKay" de Ingeniería Sanitaria y de la Cátedra "Abbott and James Lawrence" de Ingeniería, Universidad de Harvard Cambridge, Massachusetts, E.U.A.*

El trabajo original presentado por el Prof. Fair al Seminario ha sido ampliado en esta publicación para incluir la información tabular completa de la encuesta llevada a cabo en 1960 por la Oficina Sanitaria Panamericana. Ha contribuido a este trabajo, tal como aparece actualmente, el Ing. Efraín Ribeiro, del Departamento de Saneamiento del Medio, OSP. Ha sido reimpreso del número de diciembre de 1962 del *Boletín de la OSP*.

Exponente del interés de los ingenieros por la enseñanza de su profesión en estos momentos, son, por ejemplo, las tres conferencias celebradas en Estados Unidos de América en el plazo de un solo año. Una de ellas, sobre el estudio de la Enseñanza de Ingeniería Sanitaria, fue organizada por la *Cooper Union*;<sup>1</sup> otra, la Conferencia de Estudio sobre Enseñanza Graduada de Ingenieros Sanitarios, se celebró bajo los auspicios del *American Sanitary Engineering Intersociety Board*,<sup>2</sup> y la tercera fue en realidad una serie de conferencias celebradas con ocasión del centenario del Instituto Tecnológico de Massachusetts.<sup>3</sup>

### INTRODUCCION

El momento actual parece propicio al autoexamen, en cuanto a la enseñanza de ingeniería en general y de ingeniería civil y sanitaria en particular. La necesidad de introspección no se limita a país determinado alguno, sino que es de carácter mundial, y sus razones son múltiples. Entre éstas, son las principales el avance científico, que hace posible el uso creador de nuevos descubrimientos mediante la investigación y desarrollo de la ingeniería; el rápido aumento de la población, que viene a añadir a las naciones una responsabilidad más en cuanto a la seguridad de masas humanas cada vez mayores, y el reconocimiento del postulado de Lincoln según el cual el mundo no puede vivir mitad esclavo y mitad libre, lo cual amplía la demanda de un nivel de vida más elevado e impone un ritmo más acelerado de industrialización y de general desenvolvimiento social.

Noticias procedentes de otros países dan también pruebas de interés similar en otras partes. De la mayor importancia es, pues, este Seminario sobre Enseñanza de Ingeniería Sanitaria en América Latina, auspiciado por la Organización Panamericana de la Salud y del cual es huésped la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú; así como también la encuesta iniciada en 1960 por la OPS con la cooperación de instituciones docentes latinoamericanas dedicadas a esta enseñanza.

Es natural que, en momentos en que se ha

<sup>1</sup> *Civil Engineering Education*, American Society of Civil Engineers, Nueva York, 1961.

<sup>2</sup> *Report of Study Conference on the Graduate Education of Sanitary Engineers*, Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge, Mass., 1960.

<sup>3</sup> Aún por notificar, pero véase la referencia 1.

visto cambiar en mayor escala que nunca el ambiente en que vive el hombre, la demanda de ingenieros competentes que puedan proteger y fomentar la salud pública mediante el control del medio en que viven, sea intensa e importante. Por consiguiente, la formación de ingenieros en materia de higiene pública o saneamiento del medio, interesa sobre todo a los ingenieros, trabajadores y educadores sanitarios, así como a las autoridades de índole internacional, nacional y locales. El fomento del abastecimiento público de agua por parte de las Naciones Unidas en todo el mundo, así como el programa mundial de erradicación de la malaria, son buenos ejemplos de la presente necesidad de ingenieros sanitarios competentes.

Es innecesario decir a los ingenieros que la investigación o la encuesta debe preceder a la planificación y a las decisiones para lograr los objetivos propuestos. Por ello, una encuesta sobre la situación actual de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en América Latina pareció ser el punto de partida lógico para fundamentar las decisiones que se tomaran en este Seminario.

#### LA ENCUESTA DE LA OPS

##### *Propósito de la misma*

Los fines de la encuesta de la OPS pueden enumerarse como sigue:

1. Hacer, hasta donde sea posible, una evaluación cuantitativa de la enseñanza actual de la ingeniería sanitaria en las escuelas de esta especialidad y en otras instituciones docentes latinoamericanas. El objetivo principal convergía en lo que se puede llamar instrucción normal, o sea, la encaminada a la graduación del ingeniero. El conocimiento de la enseñanza destinada a graduados se consideró menos urgente, aunque también importante. Además, dentro de la esfera de la enseñanza normal, la ingeniería civil se consideró como preparación común, desde el punto de vista de la ingeniería sanitaria.

Por consiguiente, la ingeniería civil fue analizada en conjunto.

2. Descubrir posibles deficiencias de importancia en la enseñanza de ingeniería sanitaria, y concentrar la atención en las condiciones que más necesiten ser mejoradas.

3. Proporcionar a las autoridades docentes un medio eficaz de autoevaluación de programas e instalaciones docentes.

4. Contribuir a que cada escuela aproveche la experiencia de las demás.

5. Fomentar relaciones más estrechas entre los centros de enseñanza de la ingeniería sanitaria, las autoridades públicas y las colectividades servidas por ingenieros sanitarios.

6. Determinar las zonas donde la OPS y otros organismos internacionales puedan contribuir a mejorar la enseñanza de la ingeniería sanitaria.

##### *Métodos de la encuesta*

La encuesta se inició en 1960 con la preparación de cuestionarios, que las autoridades universitarias o sus representantes debían contestar, relativos a organización, administración, financiamiento, contrata de personal, cuerpo estudiantil y programas de estudio de las escuelas de ingeniería. Como anexos figuraban ciertas peticiones de datos generales acerca de la posición social de los ingenieros sanitarios, organización profesional de los mismos y servicios que a la sazón prestaban al gobierno y a la industria. El autor de este trabajo, acompañado del ingeniero sanitario de la zona o proyecto de la OPS y, en general, de un representante de las autoridades sanitarias, de obras públicas o docentes, visitó una o varias instituciones en diversos países donde se enseñaba ingeniería sanitaria. El itinerario abarcó 10 países y, después de visitar 20 instituciones de interés, los ingenieros de la OPS recogieron seguidamente, de otras instituciones de esta clase, toda la información posible antes de celebrarse este Seminario.

Por desgracia, el plazo era demasiado breve para hacer un examen completo de

cada institución. Las discusiones se limitaron a cuestiones estrechamente relacionadas con la ingeniería sanitaria, pero se hicieron indagaciones sobre las instalaciones generales de bibliotecas y laboratorios, así como sobre la instrucción previa al ingreso y los estudios de ciencias físicas básicas y de ingeniería requeridos para cursar ingeniería sanitaria.

#### *Datos disponibles para el análisis*

Como se ve en el cuadro 1, hay 86 departamentos o escuelas que ofrecen, en 83 instituciones docentes, enseñanza de ingeniería sanitaria a ingenieros civiles o sanitarios. De dichas escuelas, 81 sólo se dedican a enseñar lo exigido para graduarse de ingeniero, 3 ofrecen, además, instrucción para graduados, y 2 se limitan sólo a la enseñanza de graduados. En una institución se enseña la ingeniería sanitaria paralelamente a la ingeniería civil, destinada a estudiantes que aspiran a graduarse en ingeniería. Se ha recibido información puesta al día, parcial o completa, de 57 instituciones, entre las que hay 2 escuelas de salud pública que enseñan saneamiento para ingenieros ya graduados; una institución latinoamericana—la única—que enseña ingeniería sanitaria para no graduados, y una escuela de ingeniería recién fundada. Estas 57 instituciones se hallan distribuidas entre 19 de las 20 repúblicas latinoamericanas.

#### ANÁLISIS DE DATOS

Los datos analizados comprenden lo relativo a los siete aspectos siguientes de la ingeniería sanitaria y materias afines:

1. Distribución de centros que enseñan ingeniería sanitaria a no graduados y número de alumnos que asisten a los mismos (cuadros 2 y 3).
2. Horas de clases de ingeniería sanitaria y materias afines, incluso las de ciencias físicas básicas y de ingeniería (cuadros 4, 5, 6 y 7).
3. Instalaciones docentes de ingeniería sanitaria y materias afines (cuadros 8 y 9).
4. Profesorado de ingeniería sanitaria (cuadro 10).
5. Investigación.
6. Enseñanza de ingeniería sanitaria para graduados.

7. Categoría profesional de los ingenieros sanitarios.

Se ha informado a cada institución de la posición que ocupa en la escala de la encuesta, pero, en cambio, se mantienen en reserva los nombres de las instituciones comprendidas en las tablas y gráficas. El presente análisis se limita, como es natural, a los datos procedentes de las 57 instituciones que llenaron los cuestionarios. Dos de estos centros son escuelas de salud pública que enseñan a ingenieros sanitarios graduados ya, como grupo especial. La tabulación de los datos recogidos es de carácter preliminar, sujeta a mejoras y modificaciones a medida que se reciban más datos de las restantes escuelas, así como informes complementarios de las 57 escuelas ya mencionadas.

#### INSTITUCIONES QUE ENSEÑAN INGENIERIA SANITARIA PARA NO GRADUADOS Y NUMERO DE SUS ALUMNOS

En el cuadro 2 figura la distribución por países de las instituciones que ofrecen cursos sobre abastecimiento de agua, alcantarillado, etc., a los alumnos de ingeniería civil. Todos los países latinoamericanos cuentan al menos con uno de estos centros, y su número llega a 16 en México, y a 22 en Brasil. *Per capita*, las 3 escuelas bolivianas prestan servicio a un promedio de 1.200.000 habitantes, las 22 brasileñas a un promedio de 3.200.000, y la única universidad cubana, a 6.800.000. La media correspondiente a los 20 países es de 2.000.000.

#### *Número de estudiantes de ingeniería civil*

El total de matriculados en ingeniería civil en 42 de las 57 instituciones que contestaron al cuestionario, es de 17.000, de los cuales 2.791 aproximadamente siguieron, en 1960, cursos de abastecimiento de agua, quizá la materia más importante de ingeniería sanitaria incluida en los programas de ingeniería civil. Por consiguiente, la razón de estudiantes de abastecimiento de agua al total de los de ingeniería civil, es 10:61. Como la carrera de ingeniero com-

CUADRO NO. 1.—*Instituciones de enseñanza de ingeniería civil en América Latina, 1960.*

País y ciudad	Institución	Facultad o escuela <sup>a</sup>	Cuestionario recibido
<b>ARGENTINA</b>			
Bahía Blanca	Universidad Nacional del Sur	Instituto de Ingeniería	
Buenos Aires	Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María de los Buenos Aires"	Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas e Ingeniería	
Buenos Aires	Universidad Nacional de Buenos Aires	Facultad de Ingeniería	*
Córdoba	Universidad Católica de Córdoba	Facultad de Ingeniería	
Córdoba	Universidad Nacional de Córdoba	Escuela de Ingeniería Civil	
La Plata	Universidad Nacional de La Plata	Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas	
Resistencia	Universidad Nacional del Nordeste (Corrientes)	Escuela de Ingeniería	
Rosario	Universidad Nacional del Litoral (Santa Fé)	Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales Aplicadas a la Industria	
San Juan	Universidad Nacional de Cuyo (Mendoza)	Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	
<b>BOLIVIA</b>			
La Paz	Universidad Mayor de San Andrés	Facultad de Ingeniería Civil	*
Oruro	Universidad Técnica de Oruro	Facultad Nacional de Ingeniería, Sección Civil	*
Potosí	Universidad Mayor y Autónoma "Tomás Frías"	Facultad de Ingeniería Civil y de Minas	*
<b>BRASIL</b>			
Belém	Universidade do Pará	Escola de Engenharia	
Belo Horizonte	Universidade de Minas Gerais	Faculdade de Engenharia	*
Curitiba	Universidade do Paraná	Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil	*
Fortaleza	Universidade do Ceará	Escola de Engenharia	
Goiânia	Universidade Federal de Goiás	Escola de Engenharia	
João Pessoa	Universidade da Paraíba	Escola de Engenharia	
Lins	Instituição Toledo de Ensino (Bauru)	Escola de Engenharia de Lins	
Maceió	Universidade de Alagoas	Escola de Engenharia	
Natal	Universidade do Rio Grande do Norte	Escola de Engenharia	
Niterói	Escola Fluminense de Engenharia	Curso de Engenharia Civil	
Pôrto Alegre	Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	Escola de Engenharia	
Pôrto Alegre	Universidade do Rio Grande do Sul	Escola de Engenharia	*
Recife	Universidade Católica de Pernambuco	Escola Politécnica; Curso Pós-Graduado de Engenharia Sanitária	
Recife	Universidade do Recife	Escola de Engenharia de Pernambuco	
Rio de Janeiro	Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Escola Politécnica	
Rio de Janeiro	Universidade do Brasil	Escola Nacional de Engenharia	*
Salvador	Universidade da Bahia	Escola Politécnica	*
São Carlos	Universidade de São Paulo (São Paulo)	Escola de Engenharia de São Carlos	

<sup>a</sup> Según aparecen en *Instituciones latinoamericanas de enseñanza superior*. Unión Panamericana, Washington, D.C., 1961.

CUADRO No. 1.—Cont.

País y ciudad	Institución	Facultad o escuela	Cuestionario recibido
São Paulo	Universidade de São Paulo	Faculdade de Higiene e Saúde Pública	*
São Paulo	Universidade de São Paulo	Escola Politécnica	*
São Paulo	Universidade Mackenzie	Escola de Engenharia	*
Uberaba	Escola de Engenharia do Triângulo Mineiro		
Vitória	Universidade do Espírito Santo	Escola Politécnica	
COLOMBIA			
Bogotá	Pontificia Universidad Católica Javeriana	Facultad de Ingeniería	*
Bogotá	Universidad "La Gran Colombia"	Facultad de Ingeniería Civil	*
Bogotá	Universidad Nacional de Colombia	Facultad de Ingeniería Civil	*
Cartagena	Universidad de Cartagena	Facultad de Ingeniería Civil	*
Manizales	Universidad Nacional de Colombia	Facultad de Ingeniería Civil de Manizales	*
Medellín	Universidad Nacional de Colombia	Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia	*
Popayán	Universidad del Cauca	Facultad de Ingeniería Civil	*
COSTA RICA			
San José	Universidad de Costa Rica	Escuela de Ingeniería	*
CUBA			
La Habana	Universidad de La Habana	Facultad de Ingeniería	
CHILE			
Antofagasta	Universidad del Norte	Facultad de Tecnología	
Santiago	Universidad de Chile	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Ingeniería	*
Santiago	Universidad de Chile	Facultad de Medicina, Escuela de Salubridad	*
Santiago	Pontificia Universidad Católica de Chile	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Ingeniería	*
Valparaíso	Universidad Técnica Federico Santa María	Facultad de Ingeniería de Construcción Civil	
ECUADOR			
Cuenca	Universidad de Cuenca	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas	*
Guayaquil	Universidad de Guayaquil	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas	*
Quito	Universidad Central del Ecuador	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas	*
EL SALVADOR			
San Salvador	Universidad de El Salvador	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	*
GUATEMALA			
Guatemala	Universidad de San Carlos Nacional y Autónoma	Facultad de Ingeniería	*
HAITI			
Port-au-Prince	Université d'Haiti	Ecole Polytechnique d'Haiti	*
HONDURAS			
Tegucigalpa	Universidad Nacional Autónoma de Honduras	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas	*

CUADRO No. 1.—Cont.

País y ciudad	Institución	Facultad o escuela	Cuestionario recibido
MEXICO			
Chihuahua	Universidad de Chihuahua	Facultad de Ingeniería	*
Guadalajara	Universidad Autónoma de Guadalajara	Facultad de Ingeniería	*
Guadalajara	Universidad de Guadalajara	Instituto Tecnológico, Facultad de Ingeniería	*
Guanajuato	Universidad de Guanajuato	Escuela de Ingeniería Civil	*
Hermosillo	Universidad de Sonora	Facultad de Ingeniería*	*
Mérida	Universidad de Yucatán	Facultad de Ingeniería	
México, D. F.	Colegio Militar	Escuela Militar de Ingenieros	
México, D. F.	Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura	*
México, D. F.	Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad Nacional de Ingeniería	*
Monterrey	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Escuela de Ingeniería	*
Monterrey	Universidad de Nuevo León	Facultad de Ingeniería	*
Morelia	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Facultad de Ingeniería	*
Puebla	Universidad Autónoma de Puebla	Facultad de Ingeniería Civil	*
San Luis Potosí	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Escuela de Ingeniería	*
Toluca	Universidad Autónoma del Estado de México	Facultad de Ingeniería	*
Veracruz	Universidad Veracruzana (Jalapa)	Facultad de Ingeniería (Veracruz, Veracruz)	*
NICARAGUA			
Managua	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (León)	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (Managua)	*
PANAMA			
Panamá	Universidad de Panamá	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	*
PARAGUAY			
Asunción	Universidad Nacional de Asunción	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas	*
PERU			
Cuzco	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco	Sección de Ingeniería Civil	*
Lima	Pontificia Universidad Católica del Perú	Facultad de Ingeniería	*
Lima	Universidad Nacional de Ingeniería	Facultad de Ingeniería Civil	*
Lima	Universidad Nacional de Ingeniería	Facultad de Ingeniería Sanitaria	*
REP. DOMINICANA			
Santo Domingo	Universidad de Santo Domingo	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	*
URUGUAY			
Montevideo	Universidad de la República Oriental del Uruguay	Facultad de Ingeniería y Agrimensura	*

\* Escuela de creación reciente, no se incluye en los cuadros numéricos.

CUADRO No. 1.—Cont.

País y ciudad	Institución	Facultad o escuela	Cuestionario recibido
VENEZUELA			
Caracas	Universidad Católica Andrés Bello	Facultad de Ingeniería	*
Caracas	Universidad Central de Venezuela	Facultad de Ingeniería	*
Caracas	Universidad Santa María	Facultad de Ingeniería	*
Maracaibo	Universidad del Zulia	Facultad de Ingeniería	*
Mérida	Universidad de los Andes	Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería	*

CUADRO No. 2.—Escuelas de ingeniería civil que ofrecen enseñanza de pre-grado en ingeniería sanitaria, y número respectivo de estudiantes de América Latina, 1960.

País	Población (en miles)	No. de escuelas	Escuelas que informaron				
			No. de escuelas	Estudiantes de ingeniería civil		Estudiantes de ingeniería sanitaria*	
				Número	Por 100.000 habitantes	Número	Por 100.000 habitantes
Total.....	203.251	86	54	...	...	...	...
Argentina.....	20.956	9	1	25	0,1	25	0,1
Bolivia.....	3.454	3	3	297	8,6	56	1,6
Brasil.....	70.175	23	7	...	...	527	0,8
Colombia.....	14.132	7	7	2.069 <sup>a</sup>	14,6	346 <sup>b</sup>	2,4
Costa Rica.....	1.171	1	1	150	12,8	17	1,5
Cuba.....	6.797	1	—	...	...	...	...
Chile.....	7.628	5	2	...	...	109	1,4
Ecuador.....	4.317	3	3	922	21,5	81	1,9
El Salvador.....	2.612	1	1	277	10,6	24	0,9
Guatemala.....	3.765	1	1	888	23,6	31	0,8
Haití.....	3.505	1	1	98	2,8	27	0,8
Honduras.....	1.953	1	1	263	13,5	30	1,5
México.....	34.626	16	13	6.920	20,0	758	2,2
Nicaragua.....	1.477	1	1	120	8,2	13	0,9
Panamá.....	1.055	1	1	250	23,7	12	1,1
Paraguay.....	1.768	1	1	178	10,1	19	1,1
Perú.....	10.857	4	4	461	4,2	404	3,7
República Dominicana.....	2.994	1	1	503	16,8	96	3,2
Uruguay.....	2.827	1	1	...	...	23	0,9
Venezuela.....	7.182	5	4	3.968 <sup>c</sup>	59,1	193 <sup>c</sup>	2,9

\* Como muchas de las escuelas no llenaron esta parte del cuestionario, se tomó el número de estudiantes del primer curso de abastecimiento público de agua potable.

... Datos no disponibles.

<sup>a</sup> Datos de sólo 5 escuelas.

<sup>b</sup> Datos de sólo 6 escuelas.

<sup>c</sup> Datos de sólo 3 escuelas.

prende normalmente cinco años, tal vez menos de la mitad de los alumnos de ingeniería civil en un año determinado, prosiguen sus estudios hasta completar el de

abastecimiento de agua. Dado el efecto de la escasez económica en el abandono de la carrera por los estudiantes, este resultado no sorprende. Por el contrario, indica lo urgente



CUADRO No. 3.—Número de estudiantes de ingeniería civil, de química general, de materias afines a la ingeniería sanitaria, y de ingeniería sanitaria, en 1960, y de estudiantes del primer curso de abastecimiento público de agua potable, 1959 y 1960, de 56 escuelas de ingeniería de América Latina.

Ingeniería civil	Química general	Materias afines a ingeniería sanitaria	Ingeniería sanitaria	Abastecimientos públicos de agua	
				1959	1960
3.762	—	...	420	360	420
3.000	1.200	180	20-200	75	161
888	...	102	31	36	31
750	40	160	30	80	100
668	116	47	15	40	38
650	...	...	...	75	113
600	142	85	62	30	29
503	198	210	96	98 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>
495	—	...	104	92	104
412	120	60	110	110	125
393	57	67	35	...	...
360	...	55	27	302	310
350	—	...	36	53	36
350	...	...	...	30	35
310	—	...	24	14	24
300	...	...	...	...	...
277	38	24	24	12	24
270	47	81	21-30	30	36
263	67	24	30	30	26
250	...	12	12	15	11
203	—	...	29	21	29
216	126	50	21	—	28
200	...	...	30	30	30
179	...	...	...	7	11
178	...	...	...	16 <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>
168	...	...	...	4	6
150	...	36	17	32	36
147	80	80	80	80	80
141	21	15	11	12 <sup>c</sup>	14 <sup>c</sup>
137	...	31	13	8	8
135	—	...	...	7	7
120	—	...	18	17	18
120	...	16	13	8	13
105	—	...	15	9	15
104	...	...	104	21	26
98	...	...	27	28	27
90	—	...	10	6	10
72	27	23	23	...	72
57	...	...	...	24	27
40	—	...	8	—	8
25	25	25	25	25	25
...	...	...	...	238 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>
...	...	...	...	180	268
...	...	...	...	90	100
...	...	...	...	97 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>
...	...	...	...	51 <sup>b</sup>	71 <sup>b</sup>
...	...	...	...	100	70
...	...	...	...	34	27
...	...	...	...	22	23
...	...	...	...	17	17
—	—	—	13	19	13
...	...	...	...	19	9
...	83	28	18	10	9
...	...	...	...	...	7
—	—	—	—	5 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>
...	...	...	...	...	...

... Datos no disponibles.

—Ninguna.

<sup>a</sup> 1960 y 1961, respectivamente.

de descubrir formas y medios de evitar, en lo posible, este abandono de los estudios. Como el abastecimiento de agua se trata de ordinario al final de la carrera, cabe suponer que el número de graduados en ingeniería civil sólo es un poco menor que el de estudiantes de abastecimiento de agua. El promedio anual de graduados de ingeniería civil tal vez sea de 1,5 por cada 100.000 habitantes. La cifra de Estados Unidos de América correspondiente a los 138 planes de estudios de ingeniería civil acreditados en instituciones docentes, es de 2,7 (1959). El contingente más numeroso de estudiantes de ingeniería civil hasta ahora notificado a la OSP por una de las 42 instituciones, asciende a 3.762, el menor es de 25, y la media de todas es de 210. En cuanto a los estudiantes de abastecimiento de agua (notificados por 51 centros de ingeniería) el máximo es 240, el mínimo 7, y la media, 27.

Sin embargo, las cifras por sí solas no dicen hasta dónde América Latina viene atendiendo su necesidad de ingenieros civiles competentes para hacer frente a sus problemas de ingeniería sanitaria. La piedra y el mortero de las aulas no son testimonio fidedigno. Sabido es que de edificios destaralados han salido alumnos excelentes, mientras que en palacios de mármol se graduaron ingenieros mediocres.

En teoría, el total de graduados en ingeniería civil debiera ser hoy mayor en Latinoamérica que en Estados Unidos, porque, entre otras razones, es mayor la urgencia de obras de ingeniería civil en zonas que han de ser objeto de un rápido desenvolvimiento, si se desea dar a éstas impulso económico satisfactorio, en vez de supeditarlas al índice de crecimiento de población. Es claro que cada país debe determinar sus propios requerimientos, a base de los datos actuales y de los que se vayan obteniendo. Los hechos aquí presentados sólo pueden servir de orientación general.

<sup>b</sup> Curso de ingeniería sanitaria, o saneamiento.

<sup>c</sup> 1958 y 1959, respectivamente.

CUADRO NO. 4.—Horas de enseñanza teórica y práctica de materias especiales de ingeniería sanitaria; de materias afines a la ingeniería sanitaria; de química general, y de todo el plan de estudio de ingeniería civil, en 56 escuelas de ingeniería de América Latina, 1960.

Ingeniería Sanitaria			Materias Afines			Química General			Ingeniería Civil		
Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica
1.596	980	616	504	252	252	112	56	56	5.488	2.996	2.492
1.224	854	370	—	—	—	—	—	—	—	—	—
911	421	490	—	—	—	—	—	—	—	—	—
840	420	420	...	...	...	...	...	...	...	...	...
768	448	320	496	272	224	192	96	96	4.768	2.752	2.016
746	646	100	450	310	140	280	140	140	4.896	2.600	2.296
741	741	—	2.295	1.835	460	135	—	135	5.000	4.000	1.000
630	270	360	660	420	440	...	...	...	...	...	...
600	360	240	1.140	690	450	300	180	120	7.200	4.920	2.280
540	360	180	504	216	288	...	...	...	...	...	...
494	234	260	272	169	103	104	78	26	4.127	2.288	1.839
396	264	132	397	231	166	165	99	66	...	...	...
385	280	105	210	140	70	175	105	70	6.440	4.760	1.680
390	240	150	420	240	180	210	120	90	6.330	...	...
340	170	170	442	272	170	136	68	68	7.140	4.386	2.754
340	272	68	272	272	—	...	...	...	...	...	...
306	162	144	450	288	162	90	54	36	5.184	2.664	2.520
304	272	32	256	256	—	416	256	160	5.116	4.048	1.068
288	180	108	504	288	216	144	72	72	6.984	4.104	2.880
280	280	—	385	385	—	490	350	140	7.735	6.615	1.120
272	192	80	160	96	64	256	64	192	3.968	2.560	1.408
256	256	—	384	384	—	128	128	—	7.552	6.848	704
248	120	128	240	240	—	192	160	32	4.112	3.648	464
210	105	105	525	315	210	420	210	210	7.735	4.585	3.150
208	104	104	364	208	156	130	78	52	...	...	...
200	146	54	160	120	40	...	...	...	...	...	...
195	90	105	585	390	195	—	—	—	4.095	3.290	805
195	90	105	585	240	345	82	45	37	4.770	2.250	2.520
192	128	64	224	160	64	288	160	128	6.016	3.008	3.008
192	100	92	...	...	...	...	...	...	...	...	...
185	144	41	518	306	212	187	102	85	4.905	2.414	2.491
180	120	60	300	120	180	120	60	60	5.160	2.400	2.760
180	90	90	570	450	120	—	—	—	4.440	3.390	1.050
168	168	—	224	212	12	84	84	—	4.860	4.212	648
168	84	84	490	280	210	112	56	56	5.656	3.052	2.604
157	122	35	735	463	262	315	157	158	7.630	4.532	3.098
150	100	50	510	360	150	—	—	—	4.080	3.270	810
150	90	60	510	360	150	—	—	—	4.920	3.645	1.275
150	130	20	150	130	20	60	40	20	3.450	2.790	660
146	76	70	364	208	156	104	52	52	3.874	2.288	1.586
144	144	—	144	144	—	216	216	—	3.834	3.420	414
140	140	—	210	210	—	140	70	70	1.690	1.610	80
126	90	36	540	414	126	216	108	108	4.734	3.528	1.206
125	75	50	358	260	98	—	—	—	3.481	2.669	812
125	75	50	600	405	195	—	—	—	4.170	3.315	855
125	75	50	407	285	122	—	—	—	4.167	2.766	1.401
120	117	3	105	88	17	...	...	...	...	...	...
120	90	30	540	300	240	120	60	60	5.850	3.750	2.100
100	72	28	990	750	240	—	—	—	5.766	4.278	1.488
100	80	20	460	310	150	—	—	—	4.120	3.250	870
100	100	—	260	260	—	100	100	—	3.330	3.230	100
99	99	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...
80	61	19	165	130	35	150	125	25	2.880	2.320	560
72	60	12	120	80	40	40	40	—	2.200	1.620	580
50	35	15	285	285	—	—	—	—	...	...	...
44	30	14	...	...	...	...	...	...	...	...	...

... Datos no disponibles.

— Ninguna.

Número de alumnos admitidos a los programas de ingeniería civil

El prestigio de que los ingenieros gozan en América Latina y las excelentes ocasiones de

obtener empleos bien remunerados en los organismos oficiales y en la práctica privada, hacen que los aspirantes a estudiar esta carrera sean muy numerosos en estos países.

CUADRO No. 5.—Horas de enseñanza, teórica y práctica, en materias afines a la ingeniería sanitaria, en 56 escuelas de ingeniería en América Latina, 1960.

Total			Hidráulica			Hidrología			Energía Hidráulica			Irrigación			Ríos y puertos			Otras materias			
Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	Total	Teórica	Práctica	
2.295	1.835	460	540	400	140	1.350	1.100	250	135	100	35	135	100	35	135	100	35	135 <sup>a</sup>	...	...	
1.140	690	450	540	270	270	120	120	—	330 <sup>b</sup>	210	120	...	...	...	150	90	60	90	60	60	
990	750	240	360	300	60	90	60	30	90 <sup>c</sup>	90	—	90	60	30	180	120	60	180 <sup>d</sup>	120	60	
210	140	70	210	140	70	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
735	476	262	262	157	105	79	53	26	61 <sup>e</sup>	35	26	157	105	52	96	70	26	79 <sup>f</sup>	53	36	
660	420	240	360	240	120	...	...	...	300 <sup>g</sup>	180	120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
600	405	195	120	90	30	90	45	45	120	90	30	90	45	45	180	135	45	—	—	—	
585	390	195	150	90	60	30	30	—	90	90	—	225	90	135	90	90	—	—	—	—	
570	450	120	90	90	—	90	90	—	90	90	—	120	120	90	90	90	30	30 <sup>a</sup>	—	—	
540	414	126	216	180	36	—	—	—	72	54	18	—	—	—	126	90	36	126 <sup>b</sup>	90	36	
540	300	240	150	90	60	—	—	—	—	—	—	150	90	60	120 <sup>c</sup>	60	60	120 <sup>b</sup>	60	60	
525	315	210	210	105	105	—	—	—	—	—	—	210	105	105	—	—	—	105 <sup>b</sup>	105	—	
518	306	212	186	102	84	35	20	15	4	1	3	11	5	6	5	2	3	277	176	101	
510	360	150	120	90	30	90	45	45	120 <sup>a</sup>	90	30	90	45	45	90	90	—	—	—	—	
510	360	150	120	90	30	90	90	—	120	90	30	180	90	90	—	—	—	—	—	—	
504	288	216	324	180	144	—	—	—	180 <sup>b</sup>	108	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
504	252	252	336	168	168	—	—	—	—	—	—	168	84	84	—	—	—	—	—	—	
504	216	288	504	216	288	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
496	272	224	160	96	64	96	48	48	96	48	48	—	—	—	64	32	32	80 <sup>c</sup>	48	32	
490	280	210	168	84	84	—	—	—	—	—	—	168	84	84	56	56	—	98 <sup>b</sup>	56	42	
460	310	150	120	90	30	—	—	—	120	90	30	180	90	90	40	40	—	—	—	—	
450	288	162	162	108	54	72	36	36	72	36	36	72	36	36	72	36	36	—	—	—	
450	310	140	280	140	140	—	—	—	50	50	—	60	60	—	60	60	—	—	—	—	
442	272	170	170	102	68	102	68	34	170	102	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
440	196	244	440	196	244	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
420	240	180	420	240	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
407	285	122	132	99	33	—	—	—	132 <sup>c</sup>	99	33	—	—	—	30	30	—	113 <sup>b</sup>	57	56	
397	231	166	232	132	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	165	99	66	
385	385	—	140	140	—	...	...	...	140	140	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
384	384	—	128	128	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	256 <sup>b</sup>	256	—	
364	208	156	130	78	52	104	52	52	—	—	—	—	—	—	130	78	52	—	—	—	
364	208	156	130	78	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	78	52	104 <sup>h</sup>	52	52	
358	260	98	228	156	72	—	—	—	52	26	26	—	—	—	78	78	—	—	—	—	
300	120	180	300	120	180	...	...	...	150	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
285	285	—	135	135	—	...	...	...	150	150	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
272	272	—	136	136	—	136	136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
272	169	103	117	65	52	—	—	—	78	52	26	—	—	—	77	52	25	—	—	—	
260	260	—	200	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60 <sup>b</sup>	60	—	
256	256	—	128	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	128	128	—	
240	240	—	160	160	—	—	—	—	—	—	—	80	80	—	—	—	—	—	—	—	
224	212	12	140	128	12	—	—	—	—	—	—	84	84	—	—	—	—	—	—	—	
224	160	64	128	96	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96	64	32	—	—	—	
210	210	—	140	140	—	—	—	—	70	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
165	130	35	15	10	5	—	—	—	15	10	5	120	100	20	15	10	5	—	—	—	
160	96	64	160	96	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
160	120	40	160	120	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
150	130	20	90	90	—	—	—	—	60	40	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
144	144	—	144	144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
120	80	40	120	80	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
105	88	17	105	88	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

... Datos no disponibles.

— ninguna.

<sup>a</sup> Visitas al terreno.

<sup>b</sup> Obras hidráulicas.

<sup>c</sup> Máquinas hidráulicas.

<sup>d</sup> Ingeniería municipal y urbanismo; calefacción, ventilación y refrigeración.

<sup>e</sup> "Centrales" o "centrales eléctricas".

<sup>f</sup> Instalaciones sanitarias de edificios.

<sup>g</sup> Construcción marítima.

<sup>h</sup> Urbanismo.

Los estudios requeridos al ingresar varían en América Latina de 10 a 13 años, y la media es de 11. En Estados Unidos de América se requieren unos 12 años. La mayoría de las instituciones que han enviado datos afirman que el ingreso se hace mediante examen. En general, se prescribe el estudio a tiempo completo, pero se dice que los alumnos reanudan y dejan sus estudios con gran libertad. Sólo las escuelas privadas, por lo general a cargo de religiosos, cobran sumas importantes por su labor docente. En las instituciones públicas la enseñanza, si no es gratuita, se paga con derechos de matrícula reducidos.

Durante sus estudios de 4 a 6 años, los ingenieros civiles latinoamericanos, según las 41 instituciones de ingeniería que han informado al respecto, cursan de 6.848 a 1.610 horas de clases teóricas y de 3.150 a 80 horas de prácticas, o sea, un total de 7.735 a 1.690 horas. La media de clases teóricas es 3.280 y la de clases prácticas 1.401, lo que implica una media general de 4.860. Desde el punto de vista pedagógico, quizá lo más grave sea que, en muchos casos, escasean las oportunidades de aprender mediante ejercicios de laboratorio, delineación y prácticas sobre el terreno, así como por medio de visitas a obras de ingeniería, bien construidas ya, o en construcción: en otras palabras, escasean las oportunidades de aprender en la práctica. Más adelante se volverá a recalcar esto.

#### ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA SANITARIA Y DE MATERIAS AFINES

##### *Horas de clase*

Incluyendo la enseñanza de no graduados dada en Lima, las horas dedicadas a ingeniería sanitaria y a materias afines varían de 1.596 a 44; si aquélla se excluye, el máximo correspondiente a los 56 centros restantes descende casi a la mitad, o sea, a 840. La media es de 194. En cuanto a las clases teóricas, el máximo fue 980 (741), el mínimo 30, y la media 128; el máximo

de horas de práctica fue 616 (420), el mínimo 0, y la media 62.

La enseñanza de materias afines a la ingeniería sanitaria, por ejemplo, hidráulica e ingeniería hidráulica, ocupa de 2.295 a 120 horas, o sea una media de 442.

En la hidráulica en particular, las horas de enseñanza varían de 540—400 de teórica y 140 de práctica (el más alto número de clases teóricas), 6 270 de teórica y otras 270 de práctica (el mayor número de horas dedicado a prácticas)—hasta un total de 15 horas, de las que 10 son de clases teóricas. Las cifras medias correspondientes a los 51 centros que informaron al respecto es de 150 horas en total, 120 de clases teóricas y 52 de prácticas. Sólo 15 instituciones de ingeniería dicen que enseñan hidrología. La cifra más alta es de 1.350, con 1.100 horas de clases teóricas y 250 de prácticas; a continuación vienen 136 horas de clases teóricas y ninguna de prácticas; la cifra más baja es de 30 horas, todas de clases teóricas. La media de 90 horas se compone de 56 horas de clases teóricas y 30 de prácticas.

Con respecto al campo de la ingeniería sanitaria considerado en su totalidad, los hechos significativos figuran en el cuadro 7. La instrucción en abastecimiento de agua y alcantarillado se ofrece en casi todas las instituciones que han enviado datos. En contraste, sólo alrededor de dos tercios de las mismas enseñan depuración del agua y tratamiento de aguas cloacales, y alrededor de un tercio de ellas enseñan química y biología del agua y química y biología de las aguas cloacales. En algunos cursos relativos al abastecimiento municipal de agua, los alumnos no hacen prácticas. La enseñanza de sancamiento en general se ofrecía en alrededor de dos tercios de los centros docentes que enviaron datos, y, con frecuencia, en numerosas clases. Sin embargo, la epidemiología y la estadística fueron relegadas al mínimo, a una séptima parte del total de los centros, y, además, en escaso grado. En ambos campos, los promedios fueron pequeños.

CUADRO No. 6.—Horas de enseñanza, teórica y práctica, en materias especializadas de ingeniería sanitaria, en 66 escuelas de ingeniería en América Latina, 1960.

Total	Total		Abastecimiento público de agua		Alcantarillado público		Tratamiento de agua		Tratamiento de líquidos cloacales		Química del agua		Biología del agua		Saneamiento* y salud pública		Epidemiología y bioestadística		Higiene industrial		Otras materias		
	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	Teórica	Práctica	
1.596	980	616	84	42	42	84	84	42	42	42	84	56	56	196	84	56	56	56	—	—	336*	140 <sup>a</sup>	
1.224	854	370	60	30	12	94	16	80	16	80	32	34	34	278	72	34	96	78	22	22	108 <sup>b,c</sup>	8 <sup>c</sup>	
911	421	490	46	32	30	39	38	27	27	30	46	40	80	103	103	60	60	100	38	18	6 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	
840	420	420	42	42	42	30	30	20	20	20	84	84	84	84	24	24	...	...	...	—	—	94 <sup>d</sup>	94 <sup>d</sup>
768	448	320	48	48	32	48	48	...	...	...	—	96	64	48	16	96	96	...	48	—	—	80 <sup>e</sup>	—
746	646	100	150	150	50	50	—	50	—	—	60	—	—	—	—	50	—	—	16	—	—	120	—
741	741	—	135	135	—	135	—	135	—	—	—	—	—	—	67	—	—	—	67	—	—	67 <sup>b</sup>	—
630	270	360	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
600	360	240	90	90	60	60	60	60	60	60	...	...	...	...	60	...	...	...	...	...	...	...	...
540	360	180	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	360	180	...	...	...	...	...	...	...
494	234	260	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
396	264	132	66	66	—	33	66	...	...	...	...	...	...	...	99	...	...	...	...	...	...	...	...
390	240	150	...	...	...	120	90	...	...	...	70	35	35	—	—	...	...	...	...	...	...	...	...
385	280	105	...	...	...	...	...	...	...	...	70	70	35	—	—	...	...	...	...	...	...	...	...
304	272	32	128	96	—	68	32	...	...	...	—	—	—	—	—	...	...	...	...	...	...	...	...
340	170	170	34	...	...	...	102	...	...	...	...	...	...	...	34	34	...	...	34	—	—	—	—
340	272	68	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
306	162	144	54	36	36	36	36	36	36	36	18	9	6	18	9	—	—	—	12	6	—	—	6
288	180	108	54	36	54	...	...	...	...	...	32	16	—	—	—	...	...	...	...	...	...	...	...
280	280	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
272	192	80	80	80	32	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
256	256	—	128	128	—	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
248	120	128	30	21	23	21	23	18	19	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
210	105	105	105	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
208	104	104	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	104	104	...	...	...	...	...	...	...
200	146	54	28	10	28	10	18	20	8	...	4	2	8	...	6	...	...	...	2	—	...	...	...
195	90	105	34	28	48	6	3	5	2	...	—	—	—	...	2	...	...	...	...	...	...	...	...
195	90	105	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
192	100	92	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
192	128	64	64	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	64	—	...	...



CUADRO No. 7.—*Medianas y límites de las horas de enseñanza teórica y práctica de cursos de ingeniería sanitaria en 56 escuelas de ingeniería en América Latina, 1960.*

Cursos	No. de escuelas que informaron	Total			Teórica			Práctica		
		Media-na	Máxi-mo	Míni-mo	Media-na	Máxi-mo	Míni-mo.	Media-na	Máxi-mo	Míni-mo
Total.....	56	194	1.596	44	128	980	30	62	616	0 <sup>a</sup>
Abastecimiento de agua.....	42	76	210	12	49	150	8	15	105	0 <sup>a</sup>
Alcantarillado público.....	37	62	200	12	32	150	8	12	60	0 <sup>a</sup>
Tratamiento del agua.....	30	29	210	6	17	135	0 <sup>b</sup>	8	102	0 <sup>c</sup>
Tratamiento de líquido cloacal..	25	18	135	3	16	135	2	5	60	0 <sup>d</sup>
Química del agua.....	15	48	168	1	25	84	0 <sup>b</sup>	13	96	0 <sup>d</sup>
Biología del agua.....	12	44	168	2	24	84	2	21	84	0 <sup>e</sup>
Saneamiento y salud pública....	32	31	540	2	23	360	0 <sup>b</sup>	11	180	0 <sup>a</sup>
Epidemiología y bioestadística..	8	53	174	3	53	96	3	0	100	0 <sup>e</sup>
Higiene industrial.....	11	34	67	2	34	67	2	0	22	0 <sup>e</sup>
Otras materias.....	12	43	476	2	40	336	2	4	140	0 <sup>f</sup>

\* Ocho escuelas.

<sup>b</sup> Una escuela.

<sup>c</sup> Tres escuelas.

<sup>d</sup> Cuatro escuelas.

<sup>e</sup> Seis escuelas.

<sup>f</sup> Cinco escuelas.

En el cuadro 6 no se citan algunas de las materias complementarias que se enseñan a los ingenieros sanitarios en la esfera general de saneamiento, y que son las siguientes:

Higiene del trabajo.....	en 11 instituciones, 67 a 2 horas
Contaminación del aire.....	en 3 instituciones, 20 a 9 horas
Residuos industriales.....	en 5 instituciones, 67 a 4 horas

Además, en una institución se ofrecían las materias siguientes:

Fontanería.....	8 horas
Fontanería, calefacción y ventilación.....	8 "
Urbanismo.....	168 "
2 seminarios en ingeniería sanitaria.....	80 "
Fisiología humana.....	50 "

El total de horas y el número de clases teóricas especificados suelen ser elevados en comparación con las normas norteamericanas. Sin embargo, respecto al abastecimiento de agua y alcantarillado los prome-

dios son bastante similares, si se parte del supuesto de que estos cursos dedican, en realidad, una importancia igual a la depuración del agua y tratamiento de aguas cloacales. Que este supuesto puede, sin duda alguna, considerarse razonable lo indica el número relativamente mucho más pequeño de horas dedicadas a la depuración del agua y al tratamiento de aguas cloacales, como tales especialidades. La enseñanza de química y biología del agua y de las aguas cloacales, es desalentadora.

El número de clases teóricas de asistencia obligatoria debe basarse, en parte, en la falta de buenos libros de texto y en la necesidad de que los estudiantes anoten estas clases en sus cuadernos como referencia permanente.

El total de horas de enseñanza de ingeniería civil destinadas a la ingeniería sanitaria varía del 16,1 al 1,8 %, en las 41 instituciones que han facilitado los datos necesarios al respecto. El promedio es del 3,8 %. Esto no difiere mucho de la norma de Estados Unidos de América. En el único programa de ingeniería sanitaria para no

CUADRO NO. 8.—Número de estudiantes en ingeniería civil y en ingeniería sanitaria, o abastecimientos públicos de agua potable; laboratorios disponibles para enseñanza e investigación de ingeniería sanitaria; biblioteca sobre ingeniería civil e ingeniería sanitaria, en 56 escuelas de ingeniería en América Latina, 1960.

Estudiantes		Laboratorios (m. <sup>2</sup> )				Libros		Revistas	
Ingeniería civil	Ingeniería sanitaria	Hidráulica	Química del agua	Biología del agua	Otros	Ingeniería civil	Ingeniería sanitaria	Ingeniería civil	Ingeniería Sanitaria
3.762	1.000	1.000	—	—	—	1.491	15	6	2
3.000	200	496	600	60	60*	2.092	...	...	...
888	31	140	70	—	—	3.640	60	65	4
750	30	...	—	—	—	400	100	—	—
668	15	8.000	—	—	—	2.815	25	...	...
650	113	—	—	—	—	...	...	...	11
600	62	—	—	—	—	60	16	—	—
503	96	—	—	—	—	...	...	...	...
495	104	—	—	—	—	460	20	3	—
412	110	200	—	—	—	18.000	120	15	2
393	35	—	—	—	—	85	10	...	3
360	27	250	21	21	—	915	25	24	3
350	36	—	—	—	—	1.521	13	6	—
350	35 <sup>b</sup>	—	—	—	—	180	20	11	4
310	24	1.000	—	—	—	40	1	2	—
300	...	200	—	—	—	402	74	62	4
277	24	—	—	—	—	...	...	...	...
270	30	260	—	—	—	...	...	10	...
263	30	30 <sup>c</sup>	30 <sup>c</sup>	—	—	286	8	—	—
250	12	128	200	—	—	2.640	40	...	4
203	29	—	—	—	—	800	9	1	—
216	21	—	—	—	—	90	8	15	2
200	30	900	30	30	—	800	10	3	—
179	11 <sup>b</sup>	—	—	—	—	1.700	20	—	—
178	19 <sup>b</sup>	—	—	—	—	1.500	15	—	—
168	6 <sup>b</sup>	— <sup>d</sup>	—	—	—	...	...	6	2
150	17	200	—	—	—	125	17	5	1
147	80	100	—	—	—	4.500	500	15	3
141	11	300	—	—	—	1.274	12	6	2
137	13	—	—	—	—	47	14	...	2
135	7 <sup>b</sup>	—	—	—	—	200	8	3	—
120	18	—	—	—	—	250	2	3	—
120	13	—	—	—	—	491	13	—	—
105	15	—	—	—	—	200	3	7	1
104	104	700	124 <sup>e</sup>	46	—	135	92	4	3
98	27	—	—	—	—	250	12	—	—
90	10	160	—	—	—	660	22	4	—
72	23	—	50	—	—	1.240	51	2	1
57	27	—	—	—	—	...	...	...	...
40	8	—	—	—	—	152	—	7	—
25	25	—	—	—	—	32.406	683	551	18
...	200 <sup>b</sup>	— <sup>d</sup>	—	—	—	...	...	...	...
...	268 <sup>b</sup>	—	—	—	—	1.424	245	25	3
...	100 <sup>b</sup>	1.200	—	—	—	...	...	...	...
...	72 <sup>b</sup>	140	140	—	—	10.312	120	75	4
...	71 <sup>b</sup>	—	—	—	—	10.400	200	—	—
...	70 <sup>b</sup>	2.000	40	—	—	25.000	200	150	9
...	27 <sup>b</sup>	320	320	—	—	...	200	...	3
...	23 <sup>b</sup>	600	120	—	—	25.000	500	40	10
...	18	—	—	—	—	2.575	135	...	1
...	17	—	—	—	—	...	...	...	...
...	13	—	300	300	50 <sup>a, e</sup>	500	300	17	12
...	9 <sup>b</sup>	200	—	—	—	1.481	8	22	—
...	7 <sup>b</sup>	360	—	—	—	40.000	763	...	30
...	2 <sup>b</sup>	—	80	100	60 <sup>a</sup>	...	100	...	5
...	...	—	—	—	—	...	...	...	...

... Datos no disponibles

— Ninguna

<sup>a</sup> Química del aire.

<sup>b</sup> Curso de abastecimientos públicos de agua potable o de saneamiento.

<sup>c</sup> Sin equipo.

<sup>d</sup> En construcción.

<sup>e</sup> También "Unit Processes".

<sup>f</sup> Escuela de Salud Pública.

<sup>g</sup> También hay laboratorio de estadística, 150 m<sup>2</sup>.



CUADRO No. 9.—*Medianas y límites del número de libros y revistas sobre ingeniería civil e ingeniería sanitaria en las bibliotecas de 56 escuelas de ingeniería en América Latina, 1930.*

Tipo de publicación	No. de escuelas que informaron	Me-diana	Máximo	Mínimo
<i>Libros:</i>				
Ingeniería civil...	44	858	40.000	40
Ingeniería sanitaria.....	44	21	763	1
<i>Revistas:</i>				
Ingeniería civil...	31	7	551	1
Ingeniería sanitaria.....	28	3	30	1

graduados, el porcentaje es 29, o sea, casi el doble de la cifra más alta correspondiente a la ingeniería civil, y casi 15 veces el de las horas de enseñanza de ingeniería sanitaria en el plan gemelo de ingeniería civil.

#### *Enseñanza de la química y de la biología*

La enseñanza de las ciencias básicas, que empieza a reconocerse como quizá el mayor deber de las escuelas de ingeniería, en un momento de revolución científica y técnica, sólo empezó a analizarse en función de lo que la química y la biología pueden ofrecer como materias de interés especial debido a la base bioquímica de la ingeniería sanitaria. De 56 instituciones que enviaron datos, 34 notificaron el tiempo dedicado a química y biología (bien a ambas disciplinas o bien sólo a química). El total de horas varió entre 490 y 40, las clases teóricas de 350 a 40, y las prácticas, de 210 a cero. Los promedios correspondientes son 142, 97 y 68 horas, respectivamente. El único programa de ingeniería sanitaria para no graduados se basaba en 112 horas de química y biología: 56 de clases teóricas y las otras 56 de prácticas.

#### MEDIOS DOCENTES DE INGENIERIA SANITARIA

El estudio de la OPS relativo a la enseñanza de pediatría en Latinoamérica,<sup>4</sup>

<sup>4</sup> En la preparación de este trabajo, el esquema

recuerda a sus lectores un antiguo proverbio chino, cuya paráfrasis puede ser ésta:

Lo que por mí leo, lo recuerdo;  
lo que veo vale por mil palabras;  
lo que hago, acrece mi entendimiento.

Así expresa el antiguo proverbio lo que, tal vez, son las dos necesidades más flagrantes de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en Latinoamérica: buenas bibliotecas y laboratorios.

#### *Bibliotecas de las escuelas de ingeniería*

La escasez de libros y otras publicaciones en español y portugués es un serio obstáculo de la enseñanza de ingeniería. La mayoría de los libros que se editan como obras originales en América Latina, sólo circulan, al parecer, dentro del país o de la escuela donde su autor enseña. Relativamente, hay pocos libros de texto extranjeros, y menos aún obras de consulta traducidas al español o al portugués. En su lengua original, el uso de los mismos suele ser poco, debido a las barreras idiomáticas y al costo. No obstante, aquí y allá hay alguna buena colección de libros y revistas. Varias de ellas están, desde luego, a cargo de bibliotecarios competentes y de profesores interesados en que sus alumnos cuenten con medios docentes útiles y apropiados. Sin embargo, en general, queda mucho por hacer para mejorar la situación, como muestra el examen del cuadro 8, con respecto a 44 de las 56 escuelas que enviaron datos.

Entre las publicaciones sobre ingeniería sanitaria, la revista de la AIDIS (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria) se encuentra en 11 bibliotecas, y el *Journal of the American Water Works Association*, en 10. Las demás revistas se encuentran, a lo sumo, en media docena de estas bibliotecas. El gran interés por las revistas espe-

y algunas de las ideas expuestas en *Pediatric Education in Latin America*, por M. E. Wegman, J. G. Hughes, y R. R. Puffer, resultaron de máxima utilidad.

CUADRO No. 10.—Estudiantes de ingeniería sanitaria y materias afines; profesores y horas dedicadas al cargo, por estudiante y por tipo de actividad; horas de enseñanza por tipo de instrucción; en 56 escuelas de ingeniería en América Latina, 1960.

Estudiantes	Profesores	Horas dedicadas al cargo por los profesores					Horas de enseñanza de las materias		
		Total	Por estudiante	Tipo de actividad			Total	Teóricas	Prácticas
				Clases teóricas	Prácticas	Investigación y otros			
420 <sup>a</sup>	5	1.050	2,5	630	420	—	660	460	200
268 <sup>b</sup>	6	1.064	4,0	560	504	—	658	364	294
200 <sup>a</sup>	10	1.200	6,0	656	384	160	1.264	720	544
200 <sup>b</sup>	3	432	2,2	144	288	—	1.044	576	468
210 <sup>c</sup>	5	480	2,3	240	240	—	480	240	240
160 <sup>c</sup>	8	1.800	11,2	1.800	—	—	3.036	2.576	460
113 <sup>b</sup>	8	1.290	11,5	690	600	—	1.290	690	600
110 <sup>a</sup>	7	...	...	...	...	...	595	420	175
104	15	1.064	10,2	1.064	—	—	2.000	1.132	868
104 <sup>a</sup>	8	1.575	15,1	990	585	—	780	480	300
102 <sup>c</sup>	3	1.040	10,2	528	512	—	488	360	128
100 <sup>b</sup>	3	280	2,8	280	—	—	892	585	307
81 <sup>c</sup>	2	400	4,9	400	—	—	350	350	—
80	4	806	10,1	234	416	156	510	284	226
72 <sup>b</sup>	3	225	3,1	125	100	—	192	100	92
71 <sup>b</sup>	5	1.725	24,3	550	390	875	44	30	14
70 <sup>b</sup>	5	3.150	45,0	1.080	450	1.620	780	330	450
67 <sup>c</sup>	2	192	2,9	140	52	—	192	140	52
62 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	140 <sup>a</sup>	2,3	140	—	—	665	665	—
55 <sup>c</sup>	6	6.948	126,3	2.520	1.296	3.132	666	504	162
50 <sup>c</sup>	4	630	12,6	630	—	—	735	420	315
47 <sup>c</sup>	3	960	20,4	600	300	—	1.740	1.050	690
36 <sup>a</sup>	4	494	13,7	338	156	—	483	335	148
36 <sup>c</sup>	2	640	17,8	640	—	—	640	640	—
35 <sup>b</sup>	3	476	13,6	408	68	—	612	544	68
31 <sup>c</sup>	4	416	13,4	416	—	—	560	528	32
30 <sup>a</sup>	5	3.456	115,2	2.952	504	—	756	450	306
30 <sup>a</sup>	2	252	8,4	252	—	—	392	380	12
29 <sup>a</sup>	5	2.640	91,0	2.250	390	—	750	540	210
28 <sup>c</sup>	2	...	...	...	...	...	793	495	298
27 <sup>a</sup>	5	300	11,1	225	75	—	245	191	54
27 <sup>b</sup>	3	312	11,6	104	208	—	572	312	260
27 <sup>b</sup>	1	...	...	...	...	...	810	480	330
25	3	...	...	...	...	...	1.196	956	240
24 <sup>a</sup>	5	2.220	92,5	1.410	450	360	725	480	245
24	3	300	12,5	300	—	—	360	360	—
23 <sup>b</sup>	5	506	22,0	184	322	—	766	403	363
23 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	510 <sup>a</sup>	22,2	306	204	—	782	442	340
19 <sup>b</sup>	2	229	12,1	96	128	—	416	288	128
18 <sup>a</sup>	3	2.100	116,7	2.010	90	—	560	390	170
17 <sup>a</sup>	2	...	...	...	...	...	225	205	20
16 <sup>c</sup>	2	288	18,0	288	—	—	288	288	—
15 <sup>c</sup>	5	510	34,0	390	—	120	660	390	270
15 <sup>a</sup>	2	345	23,0	330	15	—	335	320	15
13 <sup>a</sup>	2	212	16,3	92	—	120	911	911	—
12	2	608	50,7	416	192	—	432	288	144
11 <sup>b</sup>	1	150	13,6	120	30	—	300	260	40
10 <sup>a</sup>	4	1.260	126,0	792	468	—	532	360	172
9 <sup>b</sup>	2	99	10,0	99	—	—	99	99	—
8 <sup>a</sup>	2	420	52,5	360	60	—	660	450	210
7 <sup>b</sup>	5	...	...	...	...	...	840	420	420
7 <sup>b</sup>	4	810	115,7	600	210	—	1.090	822	268
6 <sup>b</sup>	3	792	132,0	468	324	—	792	468	324
2 <sup>b</sup>	6	1.003	501,5	478	285	240	1.224	854	370
...	7	...	...	...	...	...	703	450	253
...	3	444	...	...	...	148	360	266	94

... Datos no disponibles.

<sup>a</sup> Ingeniería sanitaria.

<sup>b</sup> Primer curso de abastecimientos públicos de agua potable o curso de saneamiento.

<sup>c</sup> Materias afines a la ingeniería sanitaria.

cializadas en abastecimiento de agua no es sorprendente, puesto que ésta es una de las necesidades más urgentes de las colectividades latinoamericanas. El total de los varios títulos notificados es 40.

#### *Laboratorios de las escuelas de ingeniería*

Se solicitaron datos acerca de cinco clases de laboratorios: hidráulica, química del agua, química del aire, biología del agua y biología del aire. Aparte de los relativos a un laboratorio de química del aire, sólo se han recibido datos sobre laboratorios de hidráulica, química del agua y biología del agua. Por lo menos 30 escuelas no hicieron mención de laboratorio de hidráulica. Había 12 laboratorios de química del agua (1 sin equipo) y 4 de biología del agua. Esta situación no es satisfactoria. El espacio de 24 laboratorios de hidráulica variaba de 8.000 a 140m.<sup>2</sup>, y el promedio fue de 310m.<sup>2</sup>. En ingeniería civil (incluso la ingeniería sanitaria), el espacio por estudiante varía entre 12 y 0,2m.<sup>2</sup>, y hay seis laboratorios donde no se ha podido determinar el espacio relativo.

Más estrechamente vinculadas a la enseñanza de ingeniería sanitaria se encuentran las 12 unidades utilizadas para el estudio de la química del agua y las 4 dedicadas a biología del agua. El espacio de las mismas varía de 600 a 21 m.<sup>2</sup> para química, y de 60 a 21 m.<sup>2</sup> para biología. Las cifras correspondientes a cada alumno de abastecimiento de agua son de 18,1 a 0,1 m.<sup>2</sup> para química, y de 1 a 0,1 m.<sup>2</sup> para biología.

La única escuela donde se enseña ingeniería sanitaria a no graduados cuenta con 700 m.<sup>2</sup> de laboratorio de hidráulica especializada para sus 36 alumnos, o sea, 19 m.<sup>2</sup> por estudiante, un laboratorio de 124 m.<sup>2</sup> para química del agua, que comprende espacio y equipo para el estudio por unidades de las operaciones de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales (3,4 m.<sup>2</sup> por alumno) y un laboratorio de 46 m.<sup>2</sup> para biología del agua (1,3 m.<sup>2</sup> por alumno).

Hay ciertos hechos alentadores, como el reconocimiento oficial de la posible aportación de los laboratorios de hidráulica al diseño de importantes estructuras y obras hidráulicas, y una apreciación más general, por parte de los centros docentes y de la profesión de ingeniería, de la necesidad de disponer de laboratorios idóneos. Que los antiguos alumnos de ingeniería sanitaria de la Universidad Central de Venezuela hayan equipado un laboratorio moderno de hidrología, es un testimonio espléndido del despertar de este interés.

#### PROFESORADO DE INGENIERIA SANITARIA

El número de profesores de ingeniería en América Latina es escaso. Si bien hay escuelas que tienen hasta 10 profesores, cada uno de ellos no dedica a su trabajo, suponiendo que trabajen por igual, más de 18 horas de clases, todas ellas teóricas. Sin embargo, hay centros donde los profesores dedican 1.160 horas a la enseñanza, a base de una distribución equivalente del trabajo. Puede calcularse que los puestos a tiempo completo requieren unas 1.600 horas, o sea, 40 semanas a razón de 40 horas cada una. Un análisis de los datos de 49 instituciones, muestra que el número de profesores varía de 10 a 1, y la mediana de 4. El único programa de enseñanza de ingeniería sanitaria para no graduados cuenta con 15 profesores y ayudantes.

El volumen total de enseñanza no puede hallarse a base de los datos disponibles. Si se admite que el trabajo está distribuido de un modo uniforme entre los miembros del profesorado, las variaciones correspondientes a las 46 instituciones son las siguientes:

Total de horas.....	de 1.160 a 50
Horas de clase teórica.....	de 670 a cero
Horas de prácticas.....	de 220 a cero
Horas de otras actividades.....	de 780 a 9

Una institución cuyos profesores trabajan 1.160 horas como promedio ha notificado la elevada cifra de 3.132 "horas de otras actividades".

En general, puede afirmarse que la enseñanza de ingeniería sanitaria a tiempo completo, en el sentido de que ésta sea en verdad el principal empleo del profesor, no existe en las escuelas latinoamericanas para no graduados, salvo en los casos en que el profesor sea el decano o el presidente o secretario del grupo de ingeniería civil o sanitaria. No es posible enjuiciar debidamente la situación sin conocer a fondo la calidad de la enseñanza. Allí donde la profesión de ingeniería vela por la misión que le compete en cuanto a la perpetuación de la buena práctica profesional y al perfeccionamiento de la técnica en que se basa, y donde la colaboración con un centro docente representa el reconocimiento de altos méritos profesionales, el profesorado es bueno y lo mismo la enseñanza.

Por otra parte, para la enseñanza del desenvolvimiento de las ciencias en que se basa la ingeniería sanitaria, quizás no sea siempre un ingeniero en ejercicio el más eficaz. Salvo casos excepcionales y tratándose de personalidades extraordinarias, lo recomendable es que estos puestos estén a cargo de personas dedicadas, a tiempo completo, a la enseñanza y la investigación.

#### INVESTIGACION SOBRE INGENIERIA SANITARIA

Entre más de 200 millones de personas tiene que haber muchas mentes excepcionales que, mediante el análisis, la síntesis y la reducción a la práctica, puedan perfeccionar las ciencias y técnicas básicas de la ingeniería. La encuesta acusa 18 temas de investigación, llevadas a cabo por 8 escuelas donde la ingeniería sanitaria forma parte del plan de estudios de ingeniería civil. De estas investigaciones, se han publicado 7. Otras 5 vienen siendo estudiadas por el personal afecto al único plan de ingeniería sanitaria propiamente dicha para no graduados. Tanto los profesores como los alumnos participan en 3 proyectos de investigación en uno de los programas de ingeniería sanitaria para graduados. Todo esto es alentador. Sin embargo, no es sino el comienzo.

La ingeniería sanitaria no puede quedar abandonada en un sector tan amplio de la creciente población mundial.

También sirven de estímulo las publicaciones de los respectivos países, muchas de las cuales han sido iniciadas muy recientemente por algunas instituciones docentes latinoamericanas, así como por organismos gubernativos interesados en la ingeniería sanitaria. Aunque buena parte del material publicado resume investigaciones y progresos hechos fuera de América Latina, las publicaciones son un buen principio. La posibilidad de publicar revistas profesionales estimulará la investigación independiente. Es muy importante que haya publicaciones internacionales en varios idiomas, como la revista de la AIDIS. Debe mencionarse, asimismo, el *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, que publica trabajos en español o portugués sobre cuestiones relacionadas con la salud.

#### ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA SANITARIA PARA GRADUADOS

Entre las escuelas que han informado al respecto, hay dos de salud pública que enseñan ingeniería sanitaria especializada a ingenieros graduados. Además, tres escuelas de ingeniería ofrecen enseñanza para graduados y no graduados. Si bien el número actual de alumnos graduados es pequeño—de 10 a 30, y algunos años menos—los profesores y sus centros docentes respectivos, convencidos de la necesidad de la enseñanza para graduados, no se desaniman, sino que siguen sus planes con vistas al futuro. En esta labor, merecen el caluroso apoyo de toda la profesión.

Las horas de enseñanza en las dos escuelas que ofrecen un año de enseñanza a tiempo completo, son 1.224 y 911 respectivamente, y el número de profesores, 6 y 2. Los 6 profesores tienen a su cargo un total de 1.003 horas (478 de clases teóricas, 285 de prácticas y 240 de otras actividades); los 2 profesores se encargan de 212 horas (92 de clases teóricas y 120 de otra índole). Por

supuesto, el programa total requiere la intervención de químicos, biólogos, epidemiólogos y estadísticos de otros departamentos de ambas instituciones. En mayor detalle, los programas abarcan la instrucción sobre abastecimiento de agua y alcantarillado municipales (118 y 153 horas de cada especialidad, de las cuales 90 y 78 son de clases teóricas, respectivamente); depuración del agua y tratamiento de aguas cloacales (206 y 131 horas de cada materia, de las cuales 174 y 66 son de clases teóricas, respectivamente); química del agua y biología del agua (196 horas de cada clase, y con 64 y 70 de clases teóricas, respectivamente); saneamiento general y administración (350 y 206 horas, con 278 y 103 horas de clases teóricas, respectivamente), y epidemiología y bioestadística (174 y 160 horas, con 96 y 60 de clases teóricas, respectivamente). Una de las instituciones ofrece 64 horas de enseñanza de higiene del trabajo (42 de clases teóricas), 28 horas en residuos industriales (todas de clases teóricas) y 88 horas de parasitología (80 de clases teóricas). La otra escuela dedica 56 horas a higiene del trabajo y contaminación del aire (38 de clases teóricas) y 9 horas a residuos industriales (6 de clases teóricas).

Con la excepción de Brasil y México, las dos mayores repúblicas de América Latina, parece que los programas de ingeniería sanitaria para graduados sólo pueden resultar viables mediante la cooperación internacional. Por desgracia, determinados obstáculos impiden la asignación de estudiantes de un país a otro. Los principales son: la imposibilidad en que se ven los países pequeños para justificar los gastos de programas para graduados; dificultad de apoyo económico durante el tiempo completo de los estudios de graduados en un país extranjero; escasez de divisas extranjeras; separación de la familia y dudas en cuanto a la conservación de los puestos. La solución de este problema es fundamental para el pleno desenvolvimiento de la ingeniería

sanitaria en Latinoamérica. Si la cuestión es realmente tan importante como nos lo parece a la mayoría, debe encontrarse algún medio de que la enseñanza de ingenieros sanitarios graduados pueda establecerse sobre una base firme. Con imaginación, perseverancia y buena voluntad ha de hallarse un camino.

#### CATEGORIA PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS SANITARIOS

No es difícil comprender que la enseñanza de ingeniería sanitaria no puede situarse por encima del nivel de la profesión correspondiente. Por consiguiente, uno de los objetos de la encuesta fue la categoría profesional de los ingenieros sanitarios en Latinoamérica. En general, la situación es buena, pero no excelente. Hay oportunidades de empleo en todos los niveles gubernativos. En algunos casos, según la economía del país y su estructura gubernativa, hay grupos bien organizados de consultores que prestan servicios en unidades políticas y en la industria. Donde esto ocurre, también hay posibilidades de empleo en las empresas constructoras. Como hay gran demanda de viviendas, es cierto que algunos ingenieros sanitarios se vienen dedicando a la construcción de casas. Hay por lo menos 60 sociedades profesionales de ingeniería, según informes recibidos de 16 países latinoamericanos. La mayoría de las mismas son sociedades de carácter nacional, y 29 de ellas tienen filiales fuera de la capital del país. Hay 11 filiales de la agrupación de ingeniería sanitaria internacional, conocida por la AIDIS, algunas de las cuales tienen a su vez departamentos locales.

A juzgar por los datos de que se dispone, las relaciones con las autoridades de salud pública son cordiales en todas partes. No obstante, parece faltar una plena comprensión entre ambas profesiones. Las dos tienen todavía mucho que aprender acerca de las aportaciones que pueden hacer al control del ambiente: una, por medio de la inge-

niería, la otra, de la medicina. Si bien los departamentos de sanidad han estimulado a los ingenieros a que hagan de la salud pública el objeto de su propia carrera, éstos se muestran reacios a ello, y son tal vez demasiados los casos que se dedican a otras actividades.

A este respecto, América Latina ha seguido el ejemplo europeo de separación e igualdad, más que el ejemplo norteamericano, de una sola autoridad encargada de todos los aspectos de la salud pública, con considerable intervención en la construcción de obras públicas destinadas al saneamiento. Pero, repitámoslo, con buena voluntad

ambos tipos de organización pueden resultar eficaces.

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los estudios a que se refiere el presente trabajo no son lo bastante extensos para servir de base a un resumen definitivo o a conclusiones de gran alcance. La labor no se podrá completar mientras no se reciban todos los datos. Entretanto, los autores agradecen profundamente a sus muchos amigos, nuevos y antiguos, el envío de los datos objeto del presente trabajo, colaboración que los hace, en cierto sentido, coautores del mismo.

---

## ¿POR QUE Y A QUIENES DEBEMOS ENSEÑAR INGENIERIA SANITARIA?

ING. ALEJANDRO BEUNZA GÓMEZ

*Decano, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Lima, Perú*

La ingeniería sanitaria tiene como punto básico de partida todas las consecuencias que se derivaron de las investigaciones del Dr. John Snow, en Londres, en 1855, y de su informe sobre "Cholera Outbreak", en Westminster. Con anterioridad, también durante el Siglo XIX, se desarrollaron estudios especiales con el objeto de perfeccionar técnicas rudimentarias de abastecimiento de agua para poblaciones; este campo estaba prácticamente cubierto por la hidráulica aplicada. Posteriormente, los estudios de Pasteur, Koch y otros, así como la rapidez con que los investigadores y experimentadores encontraron la relación entre causa y efecto, entre bacteria y enfermedad, permitieron descubrir los medios de transmisión de las enfermedades, y determinaron que el agua era el gran vehículo conductor. Se perfeccionaron y desarrollaron técnicas y métodos los que, utilizando los nuevos descubrimientos bacteriológicos, se aplicaron a los abastecimientos de agua y a la eliminación de los desagües, y así se abocó a una nueva especialidad de la ingeniería: la ingeniería sanitaria.

Siguiendo un desarrollo natural y lógico, se descubrieron después toda una gama de enfermedades transmitidas no solamente por el agua, sino también por otros medios, y que podían controlarse mediante técnicas de ingeniería. El ingeniero sanitario, familiarizado con algunos aspectos de las ciencias biológicas y bacteriológicas, era el más indicado para incrementar su formación intelectual con una serie de disciplinas que inciden en el campo de la medicina preven-

tiva, y aplicando técnicas y métodos de ingeniería, controlar los nuevos medios de transmisión descubiertos.

La ingeniería sanitaria no se contenta ni detiene en este único y fundamental objetivo de cortar la transmisión de las enfermedades, y avanza decididamente hacia el control de las condiciones del medio ambiente, promoviendo condiciones favorables de vida como una nueva y superior etapa. Su ambición es ahora mejorar el medio ambiente general para el pleno desarrollo del hombre, ampliando sus horizontes en tal forma que aun hoy no se vislumbran sus límites.

Como es fácil comprender, en esta cruzada de saneamiento ambiental son muchos los profesionales que participan, como son: biólogos, químicos, físicos, médicos, ingenieros, veterinarios, educadores y muchos otros especialistas más. Pero es indiscutible que a la cabeza del saneamiento ambiental está la ingeniería sanitaria.

Algo interesante que se advierte en el amplio campo de acción de la ingeniería sanitaria debe señalarse: el importantísimo papel que desempeña en beneficio de grandes grupos de población. Cuando se aplican las técnicas y los métodos de ingeniería sanitaria—para mejorar o crear condiciones del medio ambiente—es el pueblo quien se beneficia con los resultados. La ingeniería sanitaria se dedica a estudiar, dentro de la estructura social, cómo el hombre puede vivir mejor y más sanamente, dentro de sus complejas relaciones con sus semejantes, comprendiendo a instituciones sociales de

toda índole que no logran nunca alcanzar un equilibrio perfecto, pero cuyas incesantes modificaciones llegan a influir sobre la composición social de los pueblos. La ingeniería sanitaria cumple, de esta manera, una función social de vital importancia en la estructura de la vida humana.

En este Hemisferio, y especialmente en los países latinoamericanos, las condiciones naturales del medio ambiente son desfavorables por sí mismas, con gran predominio de enfermedades capaces de ser controladas por métodos y técnicas de ingeniería sanitaria, encontrándose graves dificultades geográficas y orográficas, y donde el problema es más grave aún a causa del bajo nivel de desarrollo económico general.

En el caso del Perú, que cuenta con una población estimada en 12 millones de personas, según los datos preliminares del Censo Nacional del 2 de julio de 1961, la distribución de esta población puede establecerse, aproximadamente, como sigue: 60% de población rural y 40% de población urbana. El 90% de la población rural carece de las facilidades primarias de agua potable y eliminación de desagües. El Perú cuenta con un índice de crecimiento de su población de 3% anual, y las estadísticas de mortalidad y morbilidad señalan que las enfermedades entéricas aumentan progresivamente, siguiendo aproximadamente el mismo ritmo de crecimiento que el de la población. De acuerdo con los informes técnico-económicos (CEPAL, y Prof. Arthur Little) realizados con miras al futuro del Perú, debe incrementarse la agricultura diversificando la producción y mejorando la alimentación general; debe tenerse muy en cuenta el alto índice de crecimiento de nuestra población que proporciona un alto contingente de población, entre activa e inactiva y, finalmente, debemos preocuparnos por lograr un desarrollo armónico de nuestra incipiente industria y los problemas que se derivan de ella.

Lo que ocurre en el Perú sucede también, en forma muy parecida, en los otros países latinoamericanos, como puede constatarse de los resúmenes de los informes cuadrie-

nales sobre las condiciones sanitarias en las Américas, que ha publicado la Oficina Sanitaria Panamericana.<sup>1</sup>

Debemos efectuar, pues, una verdadera cruzada de saneamiento ambiental en defensa de nuestro capital humano. Si calculáramos el costo que representa poner a un individuo en condiciones de trabajo, es decir, en condiciones de ser productivo, quedaríamos asombrados de la cantidad de dinero que derrochan los países latinoamericanos al no preocuparse debidamente del saneamiento de sus poblaciones, y muy especialmente, en el momento verdaderamente crucial en que vivimos, con altos índices de natalidad, sin programas integrales ni planes desarrollados para un saneamiento general. Y al mismo tiempo, damos nuestros primeros grandes pasos para el futuro desarrollo industrial que se está elaborando en los países latinoamericanos, que necesitan del capital humano para su normal desarrollo. Es una obligación de los países latinoamericanos el aprovechar al máximo el desarrollo técnico de nuestra época en todo su sentido y amplitud.

Al enseñar ingeniería sanitaria, estamos preparando el tipo de profesionales que se necesitan y se adaptan a nuestro medio ambiente. Debemos disminuir las posibilidades de incurrir en los mismos errores que han experimentado otros países más adelantados, pero debemos apresurarnos en esta profesión para vivir a la par de nuestra época.

La evolución histórica de la carrera específica de ingeniería sanitaria demuestra que su campo de acción es cada vez más amplio y que no permite en la actualidad adquirir los conocimientos necesarios en poco tiempo. La experiencia de 20 años de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, permite asegurar que es necesario ampliar teórica y prácticamente el programa actual, de tal manera que los cinco años con que cuenta ahora no serían suficientes ni permitirían

<sup>1</sup> *Publicaciones científicas de la OPS* 40 (1958) y 64 (1962).



coordinar un programa adecuado, lo que hace necesario pensar en un año más, o sea, seis años en total, para estar seguros de que los egresados de la Facultad tendrán realmente la conciencia técnico-sanitaria y social que deseamos que adquieran. El ingeniero sanitario no sólo debe tener conocimientos técnicos en uno o dos temas específicos, sino en un conjunto de conocimientos intelectuales y generales que, paralelos con las técnicas de ingeniería, produzcan un tipo especial de profesional que reúna, en feliz coordinación, las ciencias físicas y matemáticas con las ciencias biológicas, bacteriológicas y sociales, orientando todo ello hacia el mejoramiento del medio ambiente en beneficio de sus semejantes.

Estas mismas razones pueden percibirse claramente cuando se lee el prólogo del libro de Babbitt<sup>2</sup> en la parte que se refiere a "ingeniería de salud pública" en lugar de "ingeniería sanitaria", en un afán de aclarar mejor aún el concepto del ingeniero sanitario actual, que no es solamente un especialista en agua y desagüe (temas que debe conocer y dominar mejor que nadie). Y el mismo concepto lo apreciamos en el libro de Phelps sobre contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua.<sup>3</sup>

Las universidades de América Latina deben incrementar la enseñanza de ingeniería sanitaria, preparando ingenieros perfectamente capacitados en las ciencias físicas, químicas, matemáticas, biológicas, bacteriológicas y sociales, a fin de producir egresados con plena conciencia técnico-sanitaria y social, lo que no puede lograrse en períodos cortos en los que sólo se adquieren conocimientos elementales que no crean conciencia, y que sólo se concentran en unos pocos temas de este amplio campo. La enseñanza de la ingeniería sanitaria debe efectuarse en un espacio de tiempo que permita un entrenamiento completo.

<sup>2</sup> Babbitt, H. E.: *Engineering in Public Health*. Nueva York: McGraw Hill, 1952, 582 págs.

<sup>3</sup> Phelps, E. B.: *Public Health Engineering: A Textbook of the Principles of Environmental Sanitation*. Nueva York: Wiley, dos tomos, 1948, 1950.

En la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, los estudiantes deben cumplir con un curriculum de cinco años. El primer año es común para todas las especialidades, iniciándose propiamente la carrera en el segundo año.<sup>4</sup> Todos los estudiantes ingresan a la Universidad con la enseñanza secundaria completa, previo un examen de admisión, inscribiéndose desde el primer año en la Facultad de su preferencia (son alumnos no graduados).

Tomando en cuenta estos conceptos de ingeniería sanitaria, nuestra Facultad ha venido modificando su programa de estudios de acuerdo con sus posibilidades económicas, tratando de reforzar la enseñanza con nuevos cursos como el de "procesos unitarios", haciéndose gran énfasis en la parte teórica y relevando así los programas de los cursos de "purificación de aguas" y "tratamiento de desagües", que actualmente se ocupan mayormente de la parte de diseño. En igual sentido, la creación del curso de "hidrología" ha permitido liberar, en gran parte, las generalidades del curso de "abastecimiento de agua". Se ha creado también un curso denominado "conferencias sobre temas sociales", que cubre la parte social que faltaba en el programa anterior. Para 1962, se tiene programado el curso de "estadística general", que será de gran utilidad para varios cursos que repiten, en forma muy elemental, los mismos capítulos de estadística que necesitan. Asimismo, están proyectados para ese año cursos semestrales específicos de agua y desagüe para la industria. Otra modificación importante consiste en la ampliación a cuatro horas (anteriormente eran tres horas) del curso de "hidráulica", así como la creación del curso de "instalaciones sanitarias interiores". Se piensa que en un futuro cercano el curso de "saneamiento rural y municipal" deberá desdoblarse.

La base de la enseñanza de la ingeniería sanitaria, al igual que en cualquier otra

<sup>4</sup> Al final de este trabajo se incluye el curriculum completo de la Facultad.

especialidad, está en el profesor, quien tiene la misión de instruir y formar una conciencia profesional en el alumnado. En América Latina, tenemos muy pequeño número de verdaderos maestros educadores, con labor docente continua, aun fuera de las aulas. Ha sido una suerte que muchos de los egresados de las facultades, con entrenamiento en el extranjero y generalmente graduados en universidades norteamericanas, tengan vocación por el profesorado y cumplan perfectamente con la parte docente de estas facultades. Esto es un éxito de los programas de becas y ayuda técnica que sostiene el Gobierno de los Estados Unidos de América. La aspiración de la enseñanza universitaria ha sido, por muchos años, ofrecer conocimientos técnico-científicos. Actualmente, con el desarrollo y amplitud del campo de la ingeniería sanitaria, no podemos contentarnos con ello y debemos dar a nuestros egresados conocimientos humanísticos sociales, en forma tal que nuestros ingenieros tengan un claro concepto de la estructura de la sociedad que habitan, así como de los factores económicos que la gobiernan.

La enseñanza de ingeniería sanitaria debe ampliarse en cursos especiales generales que deben dictarse en las otras facultades de

ingeniería o en las de medicina, veterinaria, bioquímica, etc., para que así se expanda la ingeniería sanitaria y se conozcan las finalidades y objetivos que correspondan a cada especialidad.

La enseñanza de ingeniería sanitaria debe comprender al personal subalterno, por medio de cursos o cursillos preparatorios para inspectores, capataces, maestros y operadores de plantas, o sea a todos los que se desenvuelven en los niveles intermedios.

La enseñanza de ingeniería sanitaria debe incluir, además, un aspecto muy importante: la investigación, que puede ayudar al Estado a realizar y proyectar planes nacionales de saneamiento de gran envergadura.

La Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, al enseñar ingeniería sanitaria en un curriculum de cinco años, hace todo lo posible por formar, como ya hemos dicho, un tipo especial de profesional, un ingeniero sanitario, que tenga una preparación que sea el resultado de una feliz coordinación de las ciencias físicas y matemáticas con las ciencias biológicas y sociales, y orientada hacia el mejoramiento ambiental de sus semejantes.

## Apéndice

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA DEL PERU FACULTAD DE INGENIERIA SANITARIA—PROGRAMA DE ESTUDIOS

	Horas semanales		Semestres
	Clases	Prácticas	
<i>1er año de Ciencias Físicas y Matemáticas</i>			
Introducción a las Matemáticas			
Superiores	6	4	1
Geometría Descriptiva	6	4	1
Análisis Matemático	10	4	3
Física	6	4	2
Química	2	2	Curso anual
Dibujo Técnico	—	2	3
Humanidades	2	—	3
Instrucción Premilitar	2	—	Curso anual

**Universidad Nacional de Ingeniería del Perú**  
**Facultad de Ingeniería Sanitaria—**  
**Programa de Estudios (continuación)**

	Horas semanales	
	Cursos anuales	
	Clases	Prácticas
<i>2º año de Facultad</i>		
Cálculo	3	3*
Física	3	3*
Mecánica Racional	3	3*
Dibujo Técnico*	1	2
Topografía	3	3*
Geología General y Aplicada*	2	3
Química Sanitaria*	2	—
Biología Sanitaria*	2	2
Bacteriología Sanitaria*	2	2
Instrucción Premilitar	2	—
<i>3º año de Facultad</i>		
Topografía	2	3*
Resistencia de Materiales	3	3*
Hidrología*	2	3
Hidráulica*	3	3
Materiales de Construcción	2	3*
Análisis de Aguas*	3	2
Instalaciones Eléctricas*	1	3
Epidemiología*	2	—
Instrucción Premilitar	2	—
<i>4º año de Facultad</i>		
Estructuras*	3	3
Irrigación	3	3*
Procedimientos de Construcción	3	3*
Concreto Armado*	3	3
Abastecimiento de Agua*	3	3
Laboratorio de Hidráulica*	3	3
Control de Vectores*	2	—
Procesos Unitarios*	3	3
Saneamiento Municipal y Rural*	3	3
Conferencias sobre Temás Sociales*	1	—
Instrucción Premilitar	2	—
<i>5º año de Facultad</i>		
Concreto Armado*	3	3
Defensa Nacional	1	—
Urbanismo	2	3
Alcantarillado y Tratamiento de Desagües*	3	3
Administración Sanitaria*	2	—
Purificación de Aguas*	3	3
Fundamentos de Máquinas*	3	—
Proyecto de Tesis*	2	—
Instalaciones Sanitarias*	2	3

\* Se dicta en la Facultad de Ingeniería Sanitaria. Los demás cursos se dan en la Facultad de Ingeniería Civil.

## ¿QUIEN DEBE ENSEÑAR INGENIERIA SANITARIA?

ING. GUSTAVO RIVAS MIJARES

*Profesor, Departamento de Ingeniería Sanitaria  
Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería  
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela*

### INTRODUCCION

La invitación recibida de la Oficina Sanitaria Panamericana para que participáramos en este Seminario sobre Enseñanza de Ingeniería Sanitaria, llenó una sentida aspiración de nuestro centro de enseñanza, ya que nos ofrecía una valiosa y excepcional oportunidad para expresar algunas ideas que venían preocupando grandemente a un grupo de nuestros profesores. Nos permitiría, además, oír la opinión autorizada de un grupo destacado de pioneros de estas disciplinas en nuestro Hemisferio.

Se trataba de someter a discusión la posibilidad de estructurar, dentro de la enseñanza de la ingeniería civil, la enseñanza de la ingeniería sanitaria, pero no solamente en función de la programática más o menos clásica adoptada por las facultades de ingeniería de las universidades de países plenamente desarrollados, sino también, o mejor aún, con base en las características ecológicas comunes de la mayoría de los países de América Latina, en donde los problemas del saneamiento básico del medio tienen la complejidad producida por el estado actual de la educación, del aprovechamiento de los recursos, de la dispersión de la población y de las comunidades rurales, y de una extensa geografía que dificulta abarcar programaciones amplias con los limitados recursos económicos y el poco personal técnico de que disponemos.

Nos ha parecido necesario adoptar programas más realistas, que contemplen las modalidades de nuestro medio; preparar un

personal capaz de llenar el vacío que representa la falta de técnicos con disciplina superior, apto para dedicarse a la planificación y ejecución, y con la sensibilidad necesaria para comprender la importancia social de las obras de saneamiento.

Esta filosofía nos obliga, y así lo hemos venido aplicando, a concebir la enseñanza de la ingeniería sanitaria incluyendo ciertos aspectos que podrían estar más bien contemplados dentro de la temática de salud pública.

En la preparación de este trabajo, nos ha parecido conveniente subdividir la exposición en tres aspectos íntimamente ligados:

¿Qué funciones debe ejercer el ingeniero sanitario?

¿Qué asignaturas debe cursar el ingeniero sanitario de acuerdo con las funciones que debe ejercer?

¿Quién debe enseñar la ingeniería sanitaria?

### FUNCIONES QUE DEBE EJERCER EL INGENIERO SANITARIO

Para fijar estas funciones, debemos considerar primeramente los medios que puedan conducirnos a esta definición.

Según las funciones que desempeña o pudiera desempeñar en diferentes regiones o países (como se expresara anteriormente con relación a la realización de obras de saneamiento, requeridas con mayor urgencia y generalmente a largo plazo), consideramos como ingeniero sanitario a un ingeniero civil expresamente adiestrado, mediante

una especialización dentro de los estudios normales, para resolver cualquier problema de saneamiento ambiental básico en una o más comunidades, con el estudio e indagación de las circunstancias y causas que determinen un planeamiento, con sus respectivas soluciones y aplicaciones prácticas. Entendemos, por supuesto, como problemas de saneamiento básico, los que a continuación se expresan:

a) El abastecimiento de agua potable a las comunidades, pero bajo ciertas condiciones sanitarias satisfactorias, y en cantidades tales que su consumo pueda resultar o tienda a ser exclusivo para esos núcleos de población. Este servicio contribuye a limitar la ocurrencia de enfermedades que frecuentemente se transmiten a través del agua, y además, garantiza la higiene elemental y aun el bienestar mínimo que debe ofrecerse a núcleos de cuyo potencial depende esencialmente la estabilidad de las comunidades. Además, tal servicio permite promover el desarrollo de industrias a la vez que atender los aspectos estéticos y otros no menos importantes.

b) El tratamiento necesario para rendir el agua potable según sus condiciones físico-químicas y bacteriológicas mínimas. El reconocimiento de aquellas características que al ser eliminadas del agua la hagan apta para ser usada en abastecimientos municipales. Los tratamientos mecánicos y químicos que puedan balancear su contenido, hacer que presente un aspecto físico satisfactorio, y que asegure la ausencia de agentes infectantes que la hagan inminentemente peligrosa para el consumo humano.

c) La adecuada disposición de las excretas, basuras y otros compuestos que, por su misma naturaleza, puedan producir un ambiente insalubre, potencialmente causante de brotes de enfermedades, especialmente las transmisibles, que pudieran adquirir caracteres de epidemias o pandemias, o que por su extensión y permanencia sean de carácter endémicas, pero en general, de naturaleza controlable. Esta acción debe

ser complementaria de las realizaciones anteriores, a fin de lograr el bienestar social inherente al hombre civilizado.

d) Los sistemas individuales de disposición de excretas, como letrinas, fosas sépticas con sumideros o campos de riego superficial, o los más completos con funciones complementarias, como los sistemas de recolección, transporte y disposición de los líquidos usados, provenientes del uso del agua en actividades domésticas, comerciales o industriales.

e) El tratamiento, en los casos necesarios con tanque Imhoff, lagunas de oxidación, filtros percoladores, lodos activados, etc., cuando las condiciones sanitarias resultantes de un reconocimiento sanitario de hoyas afectadas por descargas de aguas usadas, demuestren la necesidad de aplicar tales tratamientos.

f) La recolección y eliminación, o disposición, de basuras putrescibles, sin olvidar los aspectos de cantidad y las características de las basuras domiciliarias y los problemas de la disposición final en tiradores, rellenos sanitarios, trituración y descarga en los sistemas de alcantarillado, incineración, etc.

Otros aspectos que permiten ampliar el campo de la ingeniería sanitaria son los relativos a:

g) Las obras de control de las faunas transmisoras, tales como obras de drenaje, aplicación de insecticidas por rociamiento y, en suma, la planificación de las campañas de erradicación de las endemias predominantes.

h) El control de los alimentos en los aspectos relacionados con la profesión de ingeniería. El diseño e instalación de industrias relacionadas con la elaboración o conservación de alimentos. Industrias de enlatados, de pasteurización, de beneficio; recepción o expendios cuando ellos requieran de nuestra intervención. La determinación de las normas sanitarias que

garanticen la preservación, y las de seguridad para la ingestión.

i) El estudio del medio ambiente para determinar lo que pueda aportar para establecer las bases mínimas en las que reposan los diseños de viviendas, en especial las rurales, con un mínimo de comodidades y en condiciones sanitarias que aseguren una construcción saludable. Los aspectos de espacios ambientales mínimos, de iluminación y de ventilación. Se incluyen en muchos casos, además, las campañas de control de las enfermedades relacionadas con la vivienda; y por último, la determinación de los materiales de construcción más convenientes bajo el doble aspecto de economía y salubridad.

j) Por último, los ingenieros sanitarios deben ser capaces de aplicar los conocimientos que proporciona la higiene industrial en lo que se refiere al control de diseños para evitar la presencia de ambientes peligrosos en lugares de reuniones públicas (salas de clases, de conferencias, cines, teatros, etc.); evitar o eliminar la contaminación atmosférica de núcleos o ambientes de trabajo; la eliminación de ruidos, y otros problemas más recientes, como la exposición a las radiaciones atómicas, así como también la determinación del tiempo máximo de exposición bajo ciertas y determinadas circunstancias.

Las ideas expuestas anteriormente no descartan, por supuesto, el concepto básico de que la mente de un ingeniero sanitario—o sea, la de un ingeniero como tal—debe instruirse o estructurarse para que estudie, proyecte, construya y planifique, con visión integral (económico-social y política), obras de saneamiento. En tal sentido, es posible catalogar las asignaturas complementarias de otras ramas de la ingeniería civil, con el objeto de capacitarlo para tales funciones, lo cual contribuye a mejorar o lograr la salud de la comunidad como objetivo último.

En resumen, podemos decir que los inge-

nieros sanitarios deben ser aquellos ingenieros civiles preparados para estudiar, proyectar, construir y planificar las obras que constituyen el saneamiento ambiental básico. Deben ser, además, capaces de resolver, mediante la investigación de las circunstancias de salubridad pública existentes, los problemas inherentes de la salud colectiva, por medio de la planificación de ciertas campañas sanitarias relacionadas con este primer aspecto discutido.

#### ASIGNATURAS QUE DEBE CURSAR EL INGENIERO SANITARIO

Con base en los razonamientos expuestos, en cuanto a las funciones que debe ejercer el ingeniero sanitario, es fácil llegar a definir y limitar los conocimientos que un ingeniero civil debe adquirir para que pueda ser considerado como un verdadero ingeniero sanitario.

Tales conocimientos deben abarcar un mínimo de los aspectos enumerados anteriormente, a fin de que los ingenieros sanitarios estén capacitados para ejercer las funciones básicas inherentes a su especialización, pero estos conocimientos deben ser cubiertos dentro de los programas normales. Esas asignaturas constituirían así las materias comunes mínimas que deben cursarse en cualquiera de las escuelas o departamentos de ingeniería sanitaria, y deberían abarcar, en mayor o menor grado, los siguientes tópicos:

##### a) *Abastecimiento de agua potable*

Obras de captación, transporte y distribución, basadas en el estudio de circunstancias particulares y factores que definan las dotaciones mínimas; y el aprovechamiento racional y económico de las posibles fuentes de abastecimiento (superficiales, subterráneas, subsuperficiales). Servicios de operación y mantenimiento mínimo que garanticen y preserven el sistema.

##### b) *Tratamientos de potabilización*

Estudio de los diversos procesos mecánicos y químicos aplicables al agua para que

ésta llene las condiciones mínimas de potabilidad instituidas y pueda ser utilizada para el consumo humano: calidad del agua—características físicas, químicas y bacteriológicas. Controles y tratamientos de desinfección, estabilización y clarificación. Estudios de laboratorio en lo referente a muestras y sus análisis, fijación de los tratamientos y aplicación económica de tales procedimientos.

e) *Disposición de excretas*

Estudio de las diversas modalidades de la disposición de excretas y otros desperdicios que puedan provocar ambiente insalubre. Sistemas individuales y colectivos, comprendiendo la recolección e incorporación, transporte, tratamiento y disposición final. Aguas usadas domiciliarias e industriales y las provenientes de las precipitaciones pluviales, que pueden provocar no sólo problemas sanitarios, sino condiciones que afectan indirectamente a las colectividades en tal sentido. Normas de diseño, procedimientos de operación y mantenimiento de esos sistemas, así como también su economía y adaptabilidad.

d) *Tratamientos de estabilización de las aguas usadas*

Estudio de las características que presentan tales despojos, su importancia desde los puntos de vista sanitario, de recuperación de los recursos naturales y del aspecto estético de las localidades. Investigación de las aguas de recibimiento y posibilidad de su uso; recorrido de las aguas y su influencia en el medio. Diversos tratamientos biológicos y mecánicos que logren la estabilización de esos efluentes. Economía y adaptabilidad de los procesos. Biología y química de los tratamientos en uso, y de aquellos que pudiesen ser desarrollados.

e) *Recolección y disposición de basuras*

Aspectos de la recolección de basuras en lo que a saneamiento se refiere, abarcando la técnica de una eficiente recolección o separación de despojos en función de los posibles tratamientos o eliminaciones. Mé-

todos de disposición o eliminación, con especial interés en el aspecto económico.

f) *Obras de ingeniería para el control de la fauna transmisora*

Estudio e investigación de la amplitud del problema, con la determinación de las regiones que acusan endemias específicas controlables por el hombre. Posibilidades de eliminación de la fauna para lograr la erradicación de estas enfermedades. Estudio y proyecto de obras de drenaje; campañas para sistematizar el rociamiento con insecticidas; control de roedores y otros animales que representan un peligro inminente de brotes epidémicos.

g) *Aspectos sanitarios de la vivienda*

Especial repercusión de este aspecto en la salud de los habitantes. Control de las enfermedades relacionadas con viviendas de construcción inadecuada. Conceptos de espacio mínimo e instalaciones para asegurar la higiene personal, y condiciones adecuadas de ventilación e iluminación.

h) *Salubridad del ambiente—Higiene industrial*

Estudio y determinación de circunstancias adversas en los ambientes colectivos o ambientes de trabajo. Control de la atmósfera urbana. Control de los ambientes limitados donde se desenvuelven los trabajadores. Condiciones mínimas que aseguren la ausencia de enfermedades profesionales. Concepto de comodidades mínimas de trabajo. Ausencia de ruidos molestos o dañinos, de atmósfera cargada con emanaciones, polvos, radiaciones, etc., que contaminen esos espacios. La fiscalización de las instalaciones industriales en lo referente a esos aspectos y planes de eliminación progresiva de tales circunstancias. Diseño de instalaciones que cubran las especificaciones mínimas.

i) *Aspectos de ingeniería en el control de alimentos*

El ingeniero debe intervenir, en forma amplia, en el diseño y estructuración de

construcciones relacionadas con el proceso industrial de alimentos; mataderos, plantas de pasteurización, estación de recibo, expendios, con sus cavas y frigoríficos; enlatado de alimentos, etc.

El ingeniero sanitario debe conocer las normas mínimas de sanidad para lograr alimentos sanos, que no produzcan los conocidos problemas de intoxicación y las epidemias provenientes de la recolección, transporte y distribución de los alimentos esenciales.

Dentro de los tópicos señalados, es lógico suponer la necesidad de estudiar ciertas disciplinas conexas.

En primer término, deben conocerse los principios de hidráulica aplicables a los mismos, estudiados, desde luego, dentro de los programas comunes a las diversas ramas de la ingeniería civil.

Deben estudiarse, además, ciertos principios de química y biología que permitan comprender la razón y la naturaleza de los procesos que intervienen, y la definición misma de las obras que puedan considerarse esencialmente como de saneamiento ambiental.

Estas materias, a veces, están incluidas dentro de los planes normales, pero otras veces, es necesario ofrecerlas como complementarias, y pueden englobarse dentro del grupo que se trata más adelante.

Por otra parte, existe la necesidad de estudiar otras materias que permitan a los ingenieros sanitarios comprender la mecánica y la metodología de procesos y campañas que garanticen una eficiente labor al adaptarse a las modalidades del medio.

Tales asignaturas serían: análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas; características de las aguas negras y cómo responden a tratamientos naturales biológicos de ritmo acelerado. Microbiología de las aguas y de los alimentos, etc. Enfermedades transmisibles y agentes que las producen. Estadísticas de la ocurrencia, generalización, morbilidad y mortalidad de las enfermedades. Prioridad de las campañas y sus ubicaciones, etc.

Por último, se deben dar a conocer aquellas normas sanitarias que, por razón del medio y de la experiencia, se estimen necesarias, en cada país o región—como por ejemplo, las referentes al abastecimiento de agua, alcantarillados, tratamiento de aguas, instalaciones de edificios, etc.

En síntesis, podríamos decir que un ingeniero sanitario debe estudiar:

1. Higiene y saneamiento (saneamiento municipal y rural).
2. Abastecimiento de agua potable.
3. Tratamientos y plantas de potabilización.
4. Sistemas individuales o colectivos de recolección y transporte de aguas usadas.
5. Tratamientos y plantas de estabilización de aguas usadas.
6. Recolección y disposición de basuras.
7. Obras de control de la fauna transmisora.
8. Aspectos sanitarios de la vivienda.
9. Higiene industrial.
10. Control sanitario de la elaboración de alimentos.

A las cuales podrían añadirse las siguientes materias complementarias:

11. Microbiología sanitaria.
12. Química sanitaria (laboratorio de aguas).
13. Epidemiología y bioestadística.
14. Normas sanitarias.

#### CONCLUSIONES

Definidas ya las asignaturas especiales que deben ser estudiadas por un ingeniero sanitario, además de las normales exigidas a todo ingeniero civil, es posible responder al planteamiento del tema: “¿Quién debe enseñar la ingeniería sanitaria?”

A tal respecto nuestro Departamento ha creído lógico estructurar el profesorado tomando en cuenta las disciplinas más allegadas a cada asignatura, con la salvedad de que debe existir, en forma permanente, una interrelación estrecha entre los profesores del Departamento y los de otras facultades, a fin de cubrir, esencialmente



los aspectos mínimos enumerados anteriormente.

Para comprender más claramente esta forma de organización, es preciso decir que el Departamento de Ingeniería Sanitaria de nuestra Universidad utiliza, en parte, personal de otras facultades, tales como médicos higienistas, bioestadísticos, epidemiólogos de la Facultad de Medicina; bacteriólogos y químicos de la Facultad de Ciencias; ingenieros de salud pública, e ingenieros químicos e industriales de la Escuela de Ingeniería Industrial.

En lo que respecta a la enseñanza de las materias propuestas, se llega a las conclusiones siguientes:

Que las asignaturas 2, 3, 4 y 5 deben ser de la exclusiva competencia de los ingenieros civiles-sanitarios propiamente dichos.

Que las asignaturas 1, 6, 7, 8 y 10 pueden estar a cargo de ingenieros sanitarios, de salud pública o ingenieros municipales.

Que la asignatura 9 debe estar a cargo, preferentemente, de ingenieros industriales.

Las materias complementarias 11 a 13, deben ser dictadas, en lo posible, por profesores especializados en esas disciplinas.

Por ejemplo, la 11, por bacteriólogos o médicos; la 12, por químicos laboratoristas o ingenieros químico-sanitarios; la 13, por médicos epidemiólogos y bioestadísticos.

Con respecto a la materia 14, es preferible que sea enseñada por un ingeniero de cualquiera de las especificaciones nombradas, pero aún mejor por ingenieros sanitarios que conozcan tales reglamentaciones.

Esperamos haber contribuido a despertar el interés en el tema que nos ocupa y deseamos que de las fructíferas deliberaciones, discusiones y críticas constructivas que se produzcan en este Seminario, pueda llegarse a mejorar la enseñanza de la ingeniería sanitaria en nuestro Continente.

## Apéndice 1

### UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

*Programas sinópticos de las asignaturas que actualmente se cubren dentro de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil\**

#### Higiene y Saneamiento (3 unidades)

Curso completo de un semestre, dictado en el segundo período del 2º año de la Escuela de Ingeniería Civil. Tres horas semanales de clases teóricas y una hora semanal de prácticas. (Profesor: Ingeniero Municipal y Sanitario)

Este curso comprende esencialmente:

La ingeniería y la salud pública, contemplando los aspectos de enfermedades transmisibles por insectos y animales inferiores, y su control. Saneamiento de alimentos. Abastecimiento de agua y enfermedades hídricas.

La vivienda en su aspecto sanitario. Normas sanitarias para edificios: plomería, ventilación e iluminación. Piscinas y playas públicas. Recolección y disposición de basuras. Disposición de excretas. Disposición y tratamientos de aguas de consumo y de aguas cloacales.

\* No se incluyen las materias de las otras especialidades de la Ingeniería Civil (estructuras, hidráulica y vías).

A este curso pueden ingresar, normalmente, todos los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil.

*Requisitos:* Curso de Química General o Aplicada.

### **Acueductos y Cloacas I y II (8 unidades)**

Curso completo de 2 semestres, dictado durante el primer y segundo período del 4º año de Ingeniería Civil. Tres horas semanales de exposición teórica y 2 horas semanales de trabajos prácticos dedicados al diseño de obras típicas y a visitas a obras relacionadas con la materia. (Profesor: Ingeniero Civil y Sanitario)

Procedimientos de estudios e investigaciones de campo para determinar la solución al problema del abastecimiento de agua potable, de la recolección y disposición de líquidos cloacales y de las aguas pluviales.

Estudio de consumo y dotaciones asignadas por las autoridades sanitarias del país. Producción y aprovechamiento de hoyas hidrográficas. Aguas subterráneas. Tomas, aducciones, distribuciones. Normas de construcción. Bombas. Calidad del agua. Diversos sistemas de recolección de aguas usadas y de lluvia. Diseño y normas de construcción.

Este curso es común para todos los ingenieros civiles.

*Requisitos:* Higiene y Saneamiento y Mecánica de los Flúidos I y II.

### **Laboratorio de Aguas I y II (4 unidades)**

Curso completo de 2 semestres. Prácticas de 3 horas una vez a la semana en el Laboratorio de Aguas del Departamento de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería. (Profesor: Químico)

Prácticas de laboratorio aplicadas a las aguas para todos los usos, comprendiendo una investigación lo más completa posible de sus constituyentes fisicoquímicos, de sus propiedades y aplicaciones y de sus variaciones naturales o por efecto de tratamientos. Prácticas de tratamiento en escala de laboratorio. Análisis de aguas negras y descargas industriales. Control de sustancias empleadas en el tratamiento de aguas. Especificaciones.

A este curso pueden ingresar los estudiantes del 5º año de Ingeniería Civil (opción sanitaria), y los estudiantes de Química.

*Requisitos:* Para los de opción sanitaria—Acueductos y Cloacas I y II. Para los de Química—Química Analítica, Cualitativa y Cuantitativa.

### **Plantas de Tratamiento (3 unidades)**

Curso de un semestre durante el primer período del 5º año de la opción sanitaria. Tres horas teóricas semanales. Visitas periódicas a obras relacionadas con la materia. (Profesor: Ingeniero Civil y Sanitario)

Propiedades de la materia orgánica. Demanda bioquímica de oxígeno. Disposición de aguas negras. Tratamientos correctivos para las aguas negras. Aguas claras. Método de tratamiento de potabilización. Aguas industriales. Tratamientos correctivos.

A este curso pueden ingresar los estudiantes de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil y los estudiantes de Ingeniería Química.

*Requisitos:* Para la opción sanitaria—Acueductos y Cloacas I y II.

### **Microbiología Sanitaria I y II (6 unidades)**

Curso completo de 2 semestres, dictado en el 5º año de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil. Dos horas teóricas y 2 de prácticas semanales. (Profesor: Bacteriólogo)

Bacterias. Morfología. Estructura. Fisiología. Respiración y nutrición. Efectos de agentes físicos y químicos. Hongos. Generalidades. Protozoarios. Helmintos. Virus. Enfermedades e

inmunidad. Virulencia y resistencia. Antígeno, Anticuerpo. Reacciones. El estado inmune. Vacunas, sueros. Quimioterapia. Generalidades. Discusión. Contagio del aire: Microbiología del aire. Control. Paludismo. Chagas. Peste. Tifus. Fiebre amarilla. Poliomiélitis. Contagio del agua: Plankton. Control. Discusión. Bilharziasis. Amibiasis. Bacteriología del agua. Grupo entérico. Salmonella, Shigella, Coli-aerógenos. Cólera. Contagio del suelo y alimentos: Microbiología del suelo. Necator. Ascaris. Triquina. Tenias. Brucelosis. Tuberculosis. Estreptococos. Estafilococos. Botulismo. Discusión.

A este curso pueden ingresar, normalmente, los estudiantes del 5º año de Ingeniería Sanitaria.

*Requisitos:* Higiene y Saneamiento.

### **Normas Sanitarias (3 unidades)**

Curso de un semestre para los estudiantes del segundo período del 5º año de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil. Tres horas semanales. (Profesor: Ingeniero de Salud Pública)

Presentación y comentarios sobre las diversas leyes, reglamentos y normas vigentes del país, referentes al diseño y construcción de obras sanitarias y de saneamiento ambiental. Aplicaciones en diseños específicos.

Este curso se ofrece, normalmente, para los estudiantes de la opción sanitaria.

*Requisitos:* Más de 160 unidades aprobadas; simultáneamente con Higiene Industrial.

### **Higiene Industrial (3 unidades)**

Curso que se dicta para los estudiantes del 5º año del segundo período de la opción sanitaria, de la Escuela de Ingeniería Civil. Tres horas de clases teóricas por semana. (Profesor: Ingeniero Químico)

Estudio de los fundamentos de la seguridad industrial y de los factores que influyen en la higiene, salud y bienestar de los empleados industriales. Toxicología de los materiales inorgánicos más importantes en las industrias, con énfasis en sus efectos fisiológicos. Medidas preventivas. Elementos de legislación al respecto.

Este curso se ofrece, normalmente, para los estudiantes de la opción sanitaria.

*Requisitos:* Química General o Aplicada.

### **Diseño de Plantas de Tratamiento (2 unidades)**

Curso regular para los estudiantes del segundo período del 5º año de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil. Tres horas de prácticas por semana. (Profesor: Ingeniero Civil y Sanitario)

Aplicación de los conocimientos adquiridos en el curso sobre plantas de tratamiento, mediante la ejecución de diseños de plantas de acondicionamiento de agua potable, de aguas domésticas o de despojos industriales. Cálculos hidráulicos. Equipos utilizados y sus especificaciones. Instalaciones. Operación y mantenimiento de las plantas.

Este curso se ofrece, normalmente, para los estudiantes del 5º año de la opción sanitaria y para los estudiantes de Ingeniería Química.

*Requisitos:* Para la opción sanitaria—Plantas de Tratamiento y Concreto Armado.

### **Epidemiología y Estadística Vital I y II (4 unidades)**

Curso completo de 2 semestres, dictado en el primer y segundo período del 5º año de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil. Dos horas teóricas semanales. (Profesores: Epidemiología—Médico. Estadística Vital—Médico)

Bioestadística. Métodos, clasificaciones y tabulaciones. Serie. Estadística. Muestras de falacias estadísticas. La estadística y el planeamiento de experimentos en biología. Epidemiología:

procesos infecciosos en las colectividades humanas. Frecuencia de las enfermedades infecciosas. Definición de términos epidemiológicos. Control de enfermedades transmisibles: difteria, poliomielitis, tifoidea, fiebre amarilla, rabia, paludismo, anquilostomiasis, bilharziasis. Investigación epidemiológica. Interpretaciones, conducta ante epidemias. Panorama epidemiológico de Venezuela. El aislamiento.

*Requisitos:* Higiene y Saneamiento y Análisis Matemático I.

### Seminario de Ingeniería Sanitaria (2 unidades)

Este curso de un semestre se dicta en el segundo período del 5º año de la opción sanitaria de la Escuela de Ingeniería Civil. Dos horas de clases semanales. (Profesores: Los Jefes de Cátedra adscritos al Departamento de Ingeniería Sanitaria)

Charlas y discusiones sobre los diferentes tópicos del campo del saneamiento ambiental básico. Elaboración de bibliografías de temas específicos de la especialidad. Intervención directa de los alumnos a los cuales se les asigna con anterioridad los temas en discusión.

A este curso pueden ingresar estudiantes o graduados en disciplinas afines.

*Requisitos:* Más de 150 unidades aprobadas.

### Apéndice 2

*Distribución de las asignaturas por años y periodos, las unidades por horas teóricas y prácticas semanales que otorgan, y las especialidades y facultades a las cuales pertenece el personal docente*

Materia	Año	Periodo	Horas		Unidades	Profesor	Facultad
			Teóricas	Prácticas			
Higiene y Saneamiento I y II	2º	2º	3	1	3	Ing. Municipal y Sanitario	Ingeniería
Acueductos y Cloacas I y II	4º	1º y 2º	3	2	8	Teóricas: Ing. Civil y Sanitario Prácticas: Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Laboratorio de Aguas I y II	5º	1º y 2º	0	3	4	Químico Laboratorista	Ingeniería
Microbiología Sanitaria I y II	5º	1º y 2º	2	2	6	Bacteriólogo	Ciencias
Epidemiología y Estadística Vital I y II	5º	1º y 2º	3	0	6	Médico Epidemiólogo Médico Bioestadístico	Medicina
Plantas de Tratamiento de Agua	5º	2º	3	0	3	Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Diseño de Plantas de Tratamiento	5º	2º	0	3	2	Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Higiene Industrial	5º	2º	3	0	3	Ing. Químico	Ingeniería y Ciencias
Normas Sanitarias	5º	2º	3	0	3	Ing. Salud Pública	Medicina
Seminario de Ingeniería Sanitaria	5º	2º	2	0	2	Por los diversos profesores del Departamento	—

## Apéndice 3

*Los mismos datos mencionados para el Apéndice 2, pero en función de una nueva estructuración recomendada al Consejo de Catedráticos de la Facultad de Ingeniería*

Materia	Año	Período	Horas		Unidades	Profesor	Facultad
			Teóricas	Prácticas			
Higiene y Saneamiento I y II	2º	1º y 2º	3	1	6	Ing. Municipal y Sanitario	Ingeniería
Acueductos y Cloacas I y II	4º	1º y 2º	3	2	8	Teóricas: Ing. Civil y Sanitario Prácticas: Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Laboratorio de Aguas I y II	5º	1º y 2º	0	3	4	Químico Laboratorista	Ingeniería
Microbiología Sanitaria I y II	5º	1º y 2º	2	2	6	Bacteriólogo	Ciencias
Epidemiología y Estadística Vital I y II	5º	1º y 2º	3	0	6	Médico Epidemiólogo Médico Bioestadístico	Medicina
Plantas de Tratamiento de Agua	4º	1º y 2º	3	0	6	Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Diseño de Plantas de Tratamiento	5º	1º y 2º	0	3	4	Ing. Civil y Sanitario	Ingeniería
Higiene Industrial	5º	2º	3	0	3	Ing. Químico	Ingeniería y Ciencias
Normas Sanitarias	5º	2º	3	0	3	Ing. Salud Pública	Medicina
Seminario de Ingeniería Sanitaria	5º	2º	2	0	2	Por los diversos profesores del Departamento	—

## Apéndice 4

*Relación de las materias, por periodos y años, que constituyen el actual plan de estudios de Ingeniería Civil dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*

### PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

<b>Primer Año</b>		<u>Sexto Período (cont.)</u>		<u>Unidades</u>
<u>Primer Período</u>	<u>Unidades</u>	Mecánica de los Flúidos II	4	
Análisis Matemático I	8	Vías de Comunicación II	3	
Geometría Descriptiva I	6	Física Aplicada II	3	
Química General I	6	Derecho y Ética	2	
Orientación	—	<b>Cuarto Año</b>		
<u>Segundo Período</u>	<u>Unidades</u>	<u>Séptimo Período</u>	<u>Unidades</u>	
Análisis Matemático II	4	Estructuras I	4	
Geometría Descriptiva II	3	Concreto Armado I	4	
Química General II	3	Vías de Comunicación III	3	
Laboratorio de Química General II	2	Proyectos Estructurales I	4	
Física I	3	Mecánica de los Suelos I	4	
Laboratorio, Física I	2	Acueductos y Cloacas I	4	
Dibujo I y II	2	Humanidades I	1	
Idiomas I y II	2	<u>Octavo Período</u>	<u>Unidades</u>	
<b>Segundo Año</b>	<u>Unidades</u>	Estructuras II	4	
<u>Tercer Período</u>	<u>Unidades</u>	Concreto Armado II	4	
Análisis Matemático III	3	Vías de Comunicación IV	3	
Topografía General I	4	Proyectos Estructurales II	4	
Geología	3	Mecánica de los Suelos II	4	
Física II	3	Acueductos y Cloacas II	4	
Laboratorio, Física II	2	Humanidades II	1	
Mecánica Racional I	4	<b>Quinto Año</b>		
Dibujo III	1	<i>Opción Sanitaria*</i>		
Idiomas III	1	<u>Noveno Período</u>	<u>Unidades</u>	
<u>Cuarto Período</u>	<u>Unidades</u>	Laboratorio de Aguas I	2	
Análisis Matemático IV	3	Microbiología Sanitaria I	3	
Topografía General II	4	Epidemiología y Estadística Vital I	2	
Higiene y Saneamiento	3	Electivas	4	
Física III	3	Meteorología e Hidrología	3	
Laboratorio, Física III	2	Administración de Obras	2	
Mecánica Racional II	4	Humanidades III	1	
Dibujo IV	1	Trabajo Especial	—	
Idiomas IV	1	Plantas de Tratamiento	3	
<b>Tercer Año</b>	<u>Unidades</u>	<u>Décimo Período</u>	<u>Unidades</u>	
<u>Quinto Período</u>	<u>Unidades</u>	Laboratorio de Aguas II	2	
Análisis Matemático V	3	Microbiología Sanitaria II	3	
Resistencia de Materiales I	4	Epidemiología y Estadística Vital II	3	
Materiales de Construcción I	3	Electivas	4	
Mecánica de los Flúidos I	4	Higiene Industrial	3	
Vías de Comunicación I	3	Diseño de Plantas de Tratamiento	1	
Física Aplicada I	3	Normas Sanitarias	3	
Economía	2	Humanidades IV	1	
<u>Sexto Período</u>	<u>Unidades</u>	Seminario	2	
Análisis Matemático VI	3	Trabajo Especial	—	
Resistencia de Materiales II	4			
Materiales de Construcción II	3			

\* Electivas para la opción sanitaria: 1) Instalaciones para Edificios; 2) Obras Hidráulicas, y 3) Mecánica de Flúidos Avanzada.

## LA ENSEÑANZA DE INGENIERIA SANITARIA

ING. ERNESTO ROMERO JASSO

*Director, Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad de Nuevo León  
Monterrey, N. L., México*

### CONSIDERACIONES GENERALES

La necesidad de las escuelas de ingeniería de formar ingenieros civiles capaces, que respondan a las exigencias de la vida moderna, requiere, además de la enseñanza apropiada de las materias tradicionalmente fundamentales, un adiestramiento adecuado que les permita resolver problemas relacionados con la salubridad pública, basado en la enseñanza de los principios básicos de la ingeniería sanitaria, aunque sin llegar a la amplitud y profundidad que se requeriría si se tratara de ingenieros sanitarios especializados. Con el conocimiento de los problemas de saneamiento existentes, podrán intervenir en la solución de obras de ingeniería sanitaria y en algunos otros aspectos que son de la incumbencia de especialistas.

La enseñanza deberá tener las siguientes finalidades:

a) Proporcionar al estudiante un conocimiento general sobre saneamiento ambiental.

b) Preparar al estudiante técnicamente para la solución de problemas de ingeniería sanitaria.

c) Capacitar al estudiante para que esté en condiciones de impulsar el interés de la comunidad, para la realización y participación en los problemas de saneamiento que le compete.

d) Despertar y estimular el interés del estudiante por alcanzar el grado de Maestro (*Master*) en Ingeniería Sanitaria.

### ESTADO ACTUAL DE LA ENSEÑANZA

En 1960 se celebró en México la Primera Reunión de Directores y Profesores de Escuelas de Ingeniería que versó sobre la enseñanza de ingeniería sanitaria y que tuvo los siguientes objetivos:

a) Revisar los programas de ingeniería sanitaria de las distintas escuelas.

b) Intercambiar experiencias docentes y relaciones profesionales.

c) Estimular a las facultades de ingeniería existentes, para que crearan departamentos de ingeniería sanitaria.

El tema en discusión se basó en la encuesta que para conocer el estado de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en el país llevó a cabo la Dirección de Estudios Experimentales en 1959. Los resultados se muestran en el cuadro 1.

Del examen del cuadro se concluye que el 81,4% de las escuelas dedicaban tres horas semanales o menos, a la enseñanza teórica, y solamente tres escuelas tenían un número superior de horas por contar con la especialidad de la ingeniería sanitaria.

En lo relativo a Taller y Proyectos, solamente tres instituciones (18,7%) no ofrecían la clase; en cambio, sobre la enseñanza de Laboratorio únicamente el 25% lo ofrecía. Muy semejante era la deficiencia en cuanto a Prácticas de Campo.

Ahora bien, si del cuadro descontamos las escuelas que tienen la especialidad de ingeniería sanitaria, observamos lo siguiente:

CUADRO No. 1.—Horas semanales dedicadas a la enseñanza de la ingeniería sanitaria, escuelas de ingeniería civil, 1959.

No. de escuelas	Teoría	Taller y Proyectos	Laboratorio	Prácticas de Campo
1	22	13	2	—
1	21*	18	6	2†
1	4	2	—	—
1	3	3	—	—
4	3	2	—	—
1	3	—	—	1
1	3	en proyecto	en proyecto	1
1	2:15‡	0:45‡	—	0:15‡
1	3§	—	1:12§	—
1	2:40§	1:20§	0:20§	0:20§
1	2:06§	1§	—	0:20§
2		Instituciones de fundación reciente		
—				
16				

\* Para ingenieros civiles con especialidad en ingeniería sanitaria. Para ingenieros civiles se dedican 4½ horas semanales.

† Número de prácticas anuales, por varios días cada una.

‡ Datos proporcionados en base mensual; hecha la conversión estimativa, considerando 4 semanas.

§ Datos proporcionados en base mensual habiéndose hecho la conversión según lo expresado en el texto.

a) La enseñanza teórica de tres horas semanales, arroja un total de 90 horas anuales.

b) Son menos de dos horas semanales las dedicadas a Taller y Proyectos, con un total aproximado de 60 horas anuales.

c) Prácticamente no se realizaba enseñanza de Laboratorio.

d) Se dedicaba muy poco tiempo a las Prácticas de Campo.

¿QUE DEBEMOS ENSEÑAR?

Tomando como base las experiencias emanadas de la reunión citada anteriormente, se ha puesto en práctica un programa para la enseñanza de la ingeniería sanitaria con el propósito de eliminar las deficiencias encontradas y llenar las necesidades requeridas para el mejoramiento de esta enseñanza.

CUADRO No. 2.—Temario y tiempo recomendable, en horas.

No. de orden	Materia	Teoría	Laboratorio	Prácticas de Campo
I	Abastecimiento y Distribución de Agua Potable	35	—	12
II	Sistemas de Alcantarillado	15	—	8
III	Tratamiento de Agua Potable	10	40	16
IV	Plantas de Tratamiento de Aguas Negras	15	10	8
V	Recolección y Tratamiento de Basuras	5	—	2
VI	Saneamiento General:			
	1. Saneamiento de la habitación, sitios de reunión y trabajo, e instalaciones sanitarias (plomaría)	18	—	4
	2. Construcción a prueba de insectos y roedores	2	—	—
	Totales.....	100 (50%)	50 (25%)	50 (25%)



En las clases de teoría se ha considerado la formulación de ejercicios según el tema tratado. En el cuadro 2 no se incluye la elaboración de proyectos para cada uno de los temas descritos, ya que éstos son elaborados fuera de los horarios de clase.

Los proyectos que se desarrollan durante el curso son los siguientes:

- a) Red de agua potable.
- b) Red de alcantarillado.
- c) Planta de tratamiento de agua potable.
- d) Planta de tratamiento de aguas negras (se incluye un proyecto de un tanque Imhoff).
- e) Cálculo de recolección y destino final de basuras.
- f) Abastecimiento de agua y drenaje de un edificio destinado para alojamiento.

Las Prácticas de Campo se orientan a la observación directa de las instalaciones que integran las obras de ingeniería sanitaria que se visitan, en donde el alumno tiene una visión real de su funcionamiento. Después de cada práctica realizada, el alumno presenta un informe escrito de sus observaciones.

#### AMPLITUD DE LA ENSEÑANZA

#### I. Abastecimiento y Distribución de Agua Potable

##### a) Teoría y Ejercicios (35 horas)

1. Introducción. Objetivos de la ingeniería sanitaria. Medicina preventiva. Salubridad pública.
2. Generalidades sobre partes que forman un abastecimiento de agua potable. Tipos y sistemas.
3. Períodos de diseño. Vida útil para las distintas estructuras.
4. Predicción de población. Condiciones que las norman. Métodos para el cálculo de la población.
5. Demandas de agua para uso doméstico, comercial, industrial y público. Pérdidas y desperdicios. Demanda de incendio. Dotaciones y factores que la afectan.

Determinación de los coeficientes de variación horaria y diaria.

6. Redes de distribución. Principios generales de diseño. El método de Cross. Sistemas por gravedad y por bombeo.
7. Presiones necesarias en las redes. Distintos tipos de tuberías. Hidrantes. Válvula y piezas especiales. Localización de las piezas especiales, válvulas e hidrantes.
8. Tanques de almacenamiento y regularización. Objeto y tipos principales. Tanques en tierra, de concreto, de mampostería. Tanques elevados. Localización de los tanques. Cálculo de la capacidad.
9. Obras de conducción. Conducciones por gravedad y a presión. Localización. Línea piezométrica. Distintas clases de tuberías y materiales. Factores que influyen en su elección. Esfuerzos en las tuberías. Accesorios de las conducciones. Válvulas de purga de aire y de vacío. Atraques. Obras de arte. Especificaciones de construcción.
10. Fuentes de abastecimiento. Aguas superficiales y aguas subterráneas. Aprovechamiento de aguas superficiales. Aforo de corrientes. Mediciones de volumen por velocidad y sección. Métodos por sección y pendiente. Flotadores, molinetes, vertedores, medidor Parshall. Escalas y limnigrafos. Curvas de gastos e hidrogramas. Aprovechamiento por simple derivación y por almacenamiento.
11. Aprovechamiento de aguas subterráneas. Generalidades sobre acuíferos y aguas freáticas, nivel freático. Aguas artesianas y manantiales. Perforación de pozos; distintos procedimientos. Galerías de infiltración. Uso de orificios, Venturis y vertedores para aforar pozos. Operación y mantenimiento de pozos.
12. Obras de captación. Captación de manantiales. Captación de agua atmosférica; la primera lluvia; el almacenamiento. Captación de aguas superficiales. Torres de captación. Captaciones su-

mergidas. Captaciones móviles. Captaciones de ribera. Pequeñas captaciones.

13. Construcción, mantenimiento y operación de los sistemas.

b) *Proyecto*

1. Red de agua potable para una ciudad semiurbana.

c) *Prácticas de Campo* (12 horas)

1. Fuentes de captación para el abastecimiento de agua potable.
2. Conducción y regularización del abastecimiento.
3. Red de distribución.

II. *Sistemas de Alcantarillado*

a) *Teoría y Ejercicios* (15 horas)

1. Generalidades sobre alcantarillados sanitarios, pluviales y combinados. Relación de las aguas negras con la dotación.
2. Levantamiento topográfico e información preliminar. Curvas de nivel. Información geológica.
3. Componentes principales de un sistema de alcantarillado. Trazo general del sistema. Procedimientos. Localización de pozos de visita. Pendientes máxima y mínima de los conductos.
4. Tuberías y obras de arte. Distintos materiales empleados. Construcción, mantenimiento y operación de los sistemas.
5. Nociones sobre pluviometría. Pluviómetros y pluviógrafos. Escurrimientos causados por lluvias. Tiempo de concentración y tiempo de escurrimiento. Estimación de los caudales causados por la lluvia en una cuenca.
6. Coladeras pluviales (imbornales). Capacidad de coladeras. Sección de conductos.

b) *Proyecto*

1. Red de alcantarillado de una población semiurbana.

c) *Prácticas de Campo* (8 horas)

1. Red de alcantarillado.
2. Ampliación de la red de alcantarillado

de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.

III. *Tratamiento de Agua Potable*

a) *Teoría y Ejercicios* (10 horas)

1. Generalidades sobre la calidad de las aguas para abastecimientos. Aguas potables y aguas naturales. Contenido químico y bacteriológico. Enfermedades hídricas. Características físicas de las aguas. Análisis químicos. Análisis bacteriológicos. Índice coliforme. Saneamiento de corrientes. Fuerzas naturales de purificación.
2. Presedimentación y aereación. Objeto. Período de retención. Tipos de tanques presedimentadores. Tipos de aereadores.
3. Coagulación y sedimentación. Coagulantes. Mezclado rápido. Floculadores. Tiempo de retención.
4. Sedimentación. Teoría. Fórmulas de Newton y Stokes. Tipos de tanques. Diseño de tanques. Período de retención. Almacenamiento y remoción de sedimentos.
5. Filtración. Filtros rápidos y filtros lentos. Filtros de arena. Generalidades sobre diseño de filtros lentos.
6. Filtros rápidos. Generalidades sobre diseño. Capacidad de filtración. Sistemas de drenaje. Canaletas. Filtrado. Lavado. Relavado.
7. Ablandamiento. Objeto. Métodos principales.
8. Desinfección. Objeto. Desinfectantes. El cloro, dosis necesarias y formas de aplicación.

b) *Proyectos*

1. Planta de tratamiento de agua potable de una pequeña ciudad.

c) *Laboratorio* (40 horas)

1. Muestreo de agua. Análisis físico del agua.
2. Determinación de la alcalinidad.
3. Determinación de la dureza.
4. Determinación del pH, métodos colorimétricos y electrométricos.

5. Determinación del CO<sub>2</sub> libre.
6. Determinación de sólidos totales y disueltos.
7. Determinación de nitratos en nitrógeno.
8. Determinación de amoníaco en nitrógeno y nitritos en nitrógeno.
9. Determinación de hierro y manganeso.
10. Índice de saturación de Langelier.
11. Determinación de calcio y magnesio.
12. Determinación de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos.
13. Aereación. Observación de aereadores.
14. Coagulación. Coagulantes y prueba de las jarras.
15. Sedimentación. Observación de sedimentadores.
16. Filtración. Granulometría de arenas y gravas. Manejo de filtros.
17. Cloración. Manejo de hipocloradores y cloradores.
18. Examen microbiológico de agua.
19. Identificación de bacterias del grupo coliforme. Prueba presuntiva NMP.
20. Examen rutinario del recuento bacteriano en cajas de Petri.

d) *Prácticas de Campo* (16 horas)

1. Potabilización del agua de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.
2. Planta potabilizadora de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, México.
3. Planta potabilizadora de la Ciudad de Matamoros, Tamaulipas, México.

IV. *Plantas de Tratamiento de Aguas Negras*

a) *Teoría y Ejercicios* (15 horas)

1. Generalidades sobre análisis de aguas negras. Sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Materia orgánica.
2. Tratamiento de aguas negras. Objeto. Tratamientos primarios y secundarios. Rejillas y cedazos. Fosas sépticas. Tanques Imhoff. Lodos activados.
3. Desarenadores. Principios de diseño. Tiempo y velocidad de retención. Vertedores. Desgrasadores. Sedimentadores. Tipos y métodos de operación.
4. Generalidades sobre tratamiento químico de aguas negras. Descripción de plantas de filtros rociadores. Sedimentación secundaria.

5. Plantas de lodos activados. Proceso. Pretratamiento. Métodos de aereación. Dimensiones de los tanques. Difusores. Sedimentación secundaria.
6. Disposición de los lodos. El proceso de digestión. Período de digestión. Capacidad de los tanques.
7. Productos finales. El problema del gas. Calentamiento. Disposición de los lodos digeridos. Cloración de las aguas negras.

b) *Proyectos*

1. Tanque Imhoff.
2. Planta de tratamiento de aguas negras de una pequeña ciudad.

c) *Laboratorio* (10 horas)

1. Métodos específicos para el análisis de aguas negras. Muestreo y homogeneización de aguas negras.
2. Determinación de sólidos sedimentables.
3. Demanda química de oxígeno.
4. Determinación de nitritos, amoníaco y nitrógeno orgánico.
5. Demanda bioquímica de oxígeno.
6. Determinación del oxígeno disuelto.
7. Análisis de los lodos.
8. Examen microbiológico de las aguas negras y de los lodos de tratamiento.

d) *Prácticas de Campo* (8 horas)

1. Tratamiento de las aguas negras de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México. Planta fundidora.
2. Tratamiento de las aguas negras de México, D. F. Planta Chapultepec.

V. *Recolección y Tratamiento de Basuras*

a) *Teoría y Ejercicios* (5 horas)

1. Generalidades sobre la basura. Importancia sanitaria. Procedimientos de recolección. Costos.
2. Disposición de las basuras. Tiraderos. Rellenos sanitarios. Incineración. Otros procedimientos.

b) *Proyectos*

1. Equipo necesario para la recolección de basura de una pequeña ciudad.
2. Cálculo de un relleno sanitario.

c) *Prácticas de Campo* (2 horas)

1. Disposición de basura en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México.

VI. *Saneamiento General*a) *Teoría y Ejercicios* (20 horas)

1. Importancia sanitaria de la habitación y sitios de reunión.
2. Habitación urbana. Tugurios y vecindarios.
3. Elementos de plomería. Descripción de los sistemas. Tuberías de alimentación y drenaje. Instalaciones de plomería.
4. Las tuberías de abastecimiento de agua en edificios. Demanda de agua por unidad mueble. Sistemas de abastecimiento. Materiales y sus esfuerzos. Diámetro de las tuberías. Agua caliente. Uso de tinacos. Pruebas en los sistemas.
5. El sistema de drenaje. Partes de un sistema. La unidad mueble. Tipos principales de instalaciones. Uso de trampas y tubos ventiladores. Uso de tanques lavadores y fosas sépticas.
6. Control de ruidos.
7. Problemas e instalaciones especiales en escuelas.
8. Problemas e instalaciones especiales en teatros y cinematógrafos.
9. Problemas e instalaciones especiales en baños públicos, piscinas y playas.
10. Problemas e instalaciones especiales en centros nocturnos.

b) *Proyectos*

1. Abastecimiento de agua y drenaje de un edificio destinado para alojamiento.

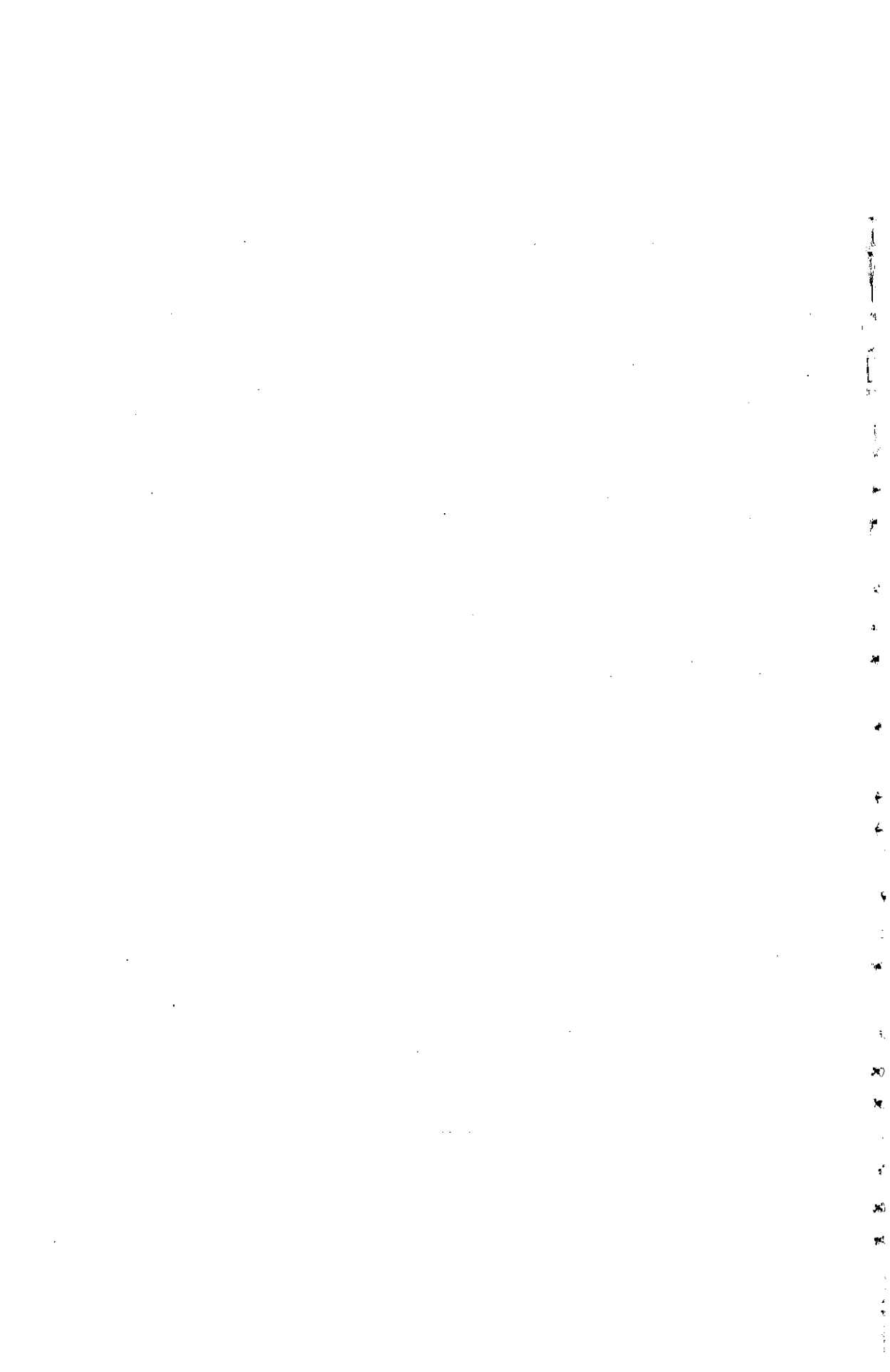
c) *Prácticas de Campo* (4 horas)

1. Observación de instalaciones sanitarias de un edificio.
2. Control de la fauna transmisora en la ciudad.

El programa expuesto es semejante a los de otras escuelas de ingeniería del Continente. Nosotros hemos aumentado el tiempo destinado a la enseñanza objetiva, realizándola en laboratorios especialmente diseñados donde el alumno pone en práctica los conocimientos teóricos adquiridos. También se ha incrementado el tiempo destinado a la práctica de campo para que el estudiante observe en el terreno los detalles de construcción y los beneficios que ofrecen a las comunidades las obras de saneamiento.

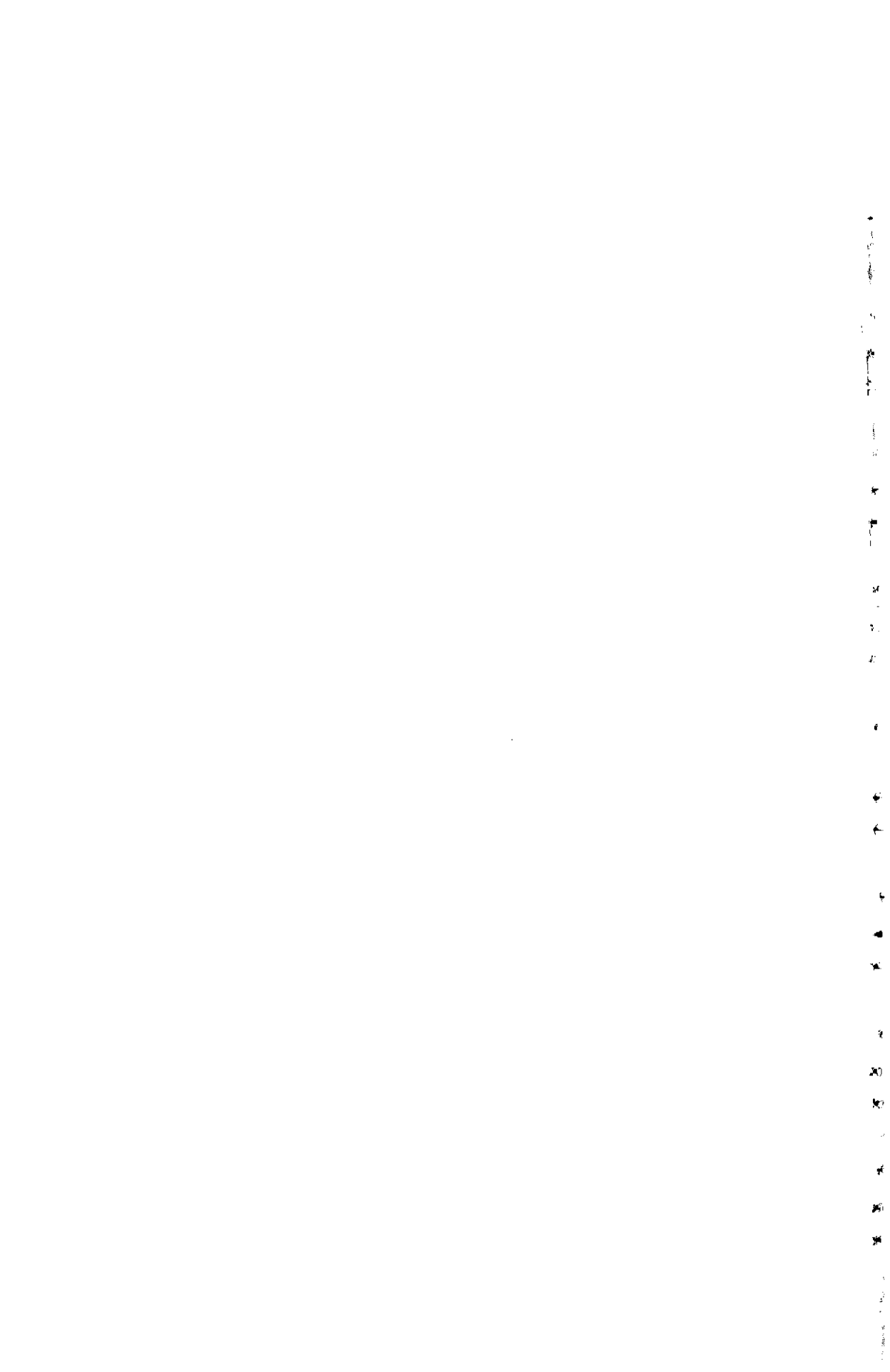
La enseñanza de la ingeniería sanitaria se ha previsto para desarrollarla en el cuarto año de nuestro plan de estudios de cinco años. Se considera que el alumno cursó previamente las materias afines, tales como Geología (segundo año), Hidrología (segundo año), Hidráulica (tercer año), por lo que en el plan de estudios presentado no se han tomado en cuenta temas correspondientes a esas materias incluidos en los programas respectivos.

El presente trabajo está basado en la experiencia personal del cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Nuevo León, y es el resultado de la Primera Reunión de Directores y Profesores de Escuelas de Ingeniería, efectuada en abril de 1960, la cual me honré en presidir.



## TEMA II

- A. Enseñanza en el laboratorio y procesos de investigación.
- B. Otros medios de enseñanza (biblioteca, medios audiovisuales, prácticas sobre el terreno, trabajo cooperativo).



## ¿QUE MEDIOS Y METODOS DE LABORATORIO SE DEBEN UTILIZAR PARA LA ENSEÑANZA?

ING. HERNANDO CORREAL

*Decano, Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia*

La enseñanza de la ingeniería sanitaria, como especialidad de la ingeniería civil, contempla problemas *sui generis* originados en la versatilidad que ha de tener el ingeniero sanitario para poder hacer frente a la diversidad de problemas que debe resolver a lo largo de su ejercicio profesional.

Partiendo de una base físico-matemática común con cualquier otra especialidad, la ingeniería sanitaria se desarrolla conjuntamente con la ingeniería civil en lo que se refiere a los conocimientos sobre vías, estructuras, electricidad y ciencias de administración, y hace especial énfasis en lo que respecta a mecánica de fluidos e hidrología. Pero caracteriza a la ingeniería sanitaria la enseñanza en detalle de los temas de química y biología involucrados necesariamente en los procesos de diseño, control y tratamiento, y con los cuales esta clase de ingenieros pueden desempeñar su papel a cabalidad dentro del aspecto epidemiológico en el que deben colaborar con otros profesionales como el médico, el odontólogo, etc. Los conocimientos de química y de microbiología integran la formación que permite al ingeniero sanitario poner en juego su ingenio profesional, y de esos conocimientos es parte primordial el papel que desempeña el laboratorio. Pero, por idéntica razón, todo curso de laboratorio implica la enseñanza previa, suficiente y adecuada de la química y de la microbiología.

Un curso de laboratorio para la especialización en ingeniería sanitaria que se dictara a ingenieros civiles podría programarse así:

### *Primer semestre*

En líneas generales, el programa mínimo de repaso y conocimiento de la química debe cubrir (1, 2 y 3):

Estructura atómica, distribución de electrones, niveles de energía, relación entre propiedades químicas y estructura atómica, clases de unión entre átomos, iones, valencia, isótopos. Formas de expresar la concentración, pesos y volúmenes de combinación, tipos de reacciones, aplicación a reacciones de oxidación-reducción. Reacciones reversibles e irreversibles, equilibrio químico, constante de equilibrio, y efecto de la temperatura sobre la constante de equilibrio. Constante de ionización, concentración iónica, coeficiente de actividad, pH, electrodo patrón, expresión del potencial de un electrodo, medida de la constante de equilibrios potenciométricamente, hidrólisis, indicadores de pH, producto de solubilidad. Cinética de las reacciones químicas, energía de reacción, energía de activación, catalizadores. Velocidad de reacción, variación de concentración contra variación de tiempo, orden de la velocidad de reacción, tiempo de semi-reacción, expresión de la velocidad de reacción de orden *n*-ésimo. Reacciones competidoras, reacciones de retroceso, reacciones consecutivas y pseudo-orden de reacción. Estado coloidal, tipos de coloides, tensión superficial y adsorción, geles, soles y espumas, teoría de la doble capa de cargas eléctricas, peptización, estabilidad, coagulación, soles hidrófilos, soles hidrófobos. Membranas permeables, diálisis. Expansión de geles.



En forma similar, el programa mínimo de microbiología abarcaría (4, 5 y 6):

Estructura celular de los organismos. Métodos para estudiar plankton, unidades. Métodos para estudiar bacterias. Morfología. Condiciones físicas y condiciones químicas del medio ambiente sobre los microorganismos. Fisiología: respiración, reproducción, enzimas, oxidación, etc. Movilidad. Clasificación. Organismos entéricos, bacterias coli, bacterias nativas en aguas naturales. Organismos microscópicos de aguas naturales, microscopía, taxonomía, olores y sabores producidos en el agua por algunos microorganismos. Elementos de limnología y de reología, condiciones físicas, químicas y biológicas. Control de algas. Organismos índices.

Para facilitar la aplicación de los métodos de análisis es necesario familiarizar al ingeniero con los aparatos de laboratorio, con la calidad de los reactivos originales y de los medios de cultivo que va a utilizar. Así deberá conocer la forma de expresar el grado de pureza y el contenido de impurezas de los reactivos, la forma de medir una concentración elevada mediante el peso específico, y la interpretación de las especificaciones que en general vienen en las etiquetas. Asimismo, es de importancia que se familiarice con las características de inestabilidad de los reactivos y medios de cultivo, tales como alteración por acción de la luz, del calor, de la humedad o por simple descomposición, para que pueda programar la forma económica de utilización de los mismos y, al no usar reactivos alterados, evitar resultados erróneos en los análisis. El conocimiento de las modalidades de uso para las cuales fue tarada la cristalería del laboratorio le garantizará el empleo adecuado de ella y la exactitud de las medidas volumétricas.

De la utilización adecuada de la cristalería y los reactivos es fácil avanzar progresivamente en la estandarización de las soluciones, avaluada por cualquiera de los métodos de alcalimetría-acidimetría, de capacidad de una acción tampón, de oxidación-reducción,

de complexometría y de precipitación. Estas prácticas familiarizan al estudiante con la exactitud que puede y debe obtener en cada ocasión y le permite aplicar la teoría de los errores a una serie de resultados. (7)

Para la determinación del contenido de las sustancias se tiende a emplear, cada día más, los métodos colorimétricos. Es necesario entonces repasar al alumno los conocimientos sobre expresión de la energía electromagnética, las causas principales de absorción de esta energía por las moléculas, la luz monocromática, la ley de Bouguer y la ley de Beer, los sistemas de comparación contra *standards* de igual profundidad líquida y concentración creciente, y de comparación contra *standards* de concentración constante y profundidad líquida variable (colorímetro Duboscq), la variación de la absorción en suspensiones de partículas más gruesas que las coloidales por razón de la sedimentación.

Especial énfasis debe darse al efecto que puedan producir las interferencias, a pesar de que en cada método se insiste nuevamente sobre ellas. En este sentido, son de especial importancia: la turbidez, el color, la concentración a la cual se hace una comparación colorimétrica, la condición de limpieza de la cristalería en general y en especial de aquella que intervenga en una medida óptica; la alteración de los llamados *standards* permanentes con el tiempo y la luz; la turbidez o el color causados por sustancias que precipiten en la muestra analizada, que reaccionen con el color desarrollado o con los reactivos tituladores; las sustancias que pueden incorporarse por los recipientes que se utilicen, por los vapores que existan en el medio ambiente; las interferencias por razón del valor de pH de la muestra, etc.

Como complemento a esta información se presentarán aquellas normas generales de corrección de estos efectos, tales como eliminación de las sustancias en suspensión mediante coagulación y filtración; la adición de agentes inhibidores, de oxidantes, de reductores, o de sustancias que atrapen iones; la duplicación en el *standard* de los agentes interferentes, y cuándo es posible

aplicarlos; la adición de densidades ópticas para lograr, mediante duplicación de la interferencia, igual absorción de la luz; el sistema de precipitación previa o de dilución de la muestra para reducir el contenido del agente interferente a valores aceptables; la separación de la substancia por analizar de la muestra mediante destilación, intercambiadores iónicos o substancias extractoras específicas.

En este sentido, es de capital importancia insistir sobre los límites de concentración dentro de los cuales debe estar la substancia por analizar en la muestra, de manera que estén acordes con la sensibilidad del método que se vaya a utilizar; la forma de lograr tales contenidos mediante dilución, concentración, extracción, etc., y las precauciones que deben observarse en cada caso respecto de las posibles fuentes de error a que conducen estas operaciones.

La diversidad de equipos eléctricos y electrónicos de laboratorio existentes y la notoria tendencia hacia la automatización en este y en otros campos, hace imprescindible suministrar al ingeniero sanitario formación adecuada y suficiente sobre métodos de análisis instrumental. (8) Debe abarcarse este tema buscando ilustrar al ingeniero más en los principios sobre los cuales operan tales instrumentos, que sobre las instrucciones mismas de operación que acompañan siempre al equipo y que, por otra parte, varían notoriamente de uno a otro fabricante. Menos aún se debe pretender ilustrarle sobre las técnicas de reparaciones o ajustes mayores que corresponden, por las características mismas de los aparatos, a expertos bien calificados que dispongan de los elementos adecuados y en muchas ocasiones de instalaciones costosas que garanticen la exactitud y destreza de los ajustes y de las reparaciones. Con el mismo criterio, es fácil extender la aplicación de estos principios al equipo automático que a mayor escala pueda operar en las plantas, *v. gr.*: para control remoto y automático del pH, cloro residual, etc.

Al tratar este tema es necesario formar en el alumno una plena conciencia de que tales

equipos fueron diseñados para facilitar, acelerar y lograr una mayor precisión en los análisis, pero que en ningún caso deben considerarse como máquinas de producir resultados cuya exactitud sea infalible. En este sentido, es indispensable hacer énfasis en la necesidad de verificar los resultados en forma sistemática y con adecuada periodicidad, mediante *standards* y reactivos de cuyas características se tenga cabal certeza. Fotocolorímetros, espectrofotómetros, fotómetros de llama, espectrógrafos, polarógrafos, electrotituladores, puentes de conductividad, amperotituladores, contadores Geiger y escalímetros constituyen el tipo de equipo instrumental electrónico utilizado con mayor frecuencia.

Cualesquiera que sean los equipos o los métodos empleados por el estudiante, se le deberá acostumbrar a verificar permanentemente los procedimientos, los reactivos y las interferencias que puedan ocurrir, duplicando los ensayos sobre muestras de cuya concentración se tiene absoluta certeza, sobre muestras de agua destilada de óptima calidad que permitan determinar el contenido de impurezas de los reactivos, o sobre muestras de concentración conocida a las que se agreguen convenientemente las substancias que existían en el original y de las cuales se sospeche que puedan ocasionar interferencia en la determinación.

Parece ser tendencia general de las universidades agrupar, en un solo curso, lo que se refiere a captación o bocatomía, conducción, red de distribución y tanque de almacenamiento, y red de recolección e instalaciones accesorias; procesos y plantas de tratamiento de aguas, aguas residuales y residuos industriales en otro; hidrología en un curso independiente, y, por separado, la estadística con problemas de aplicación orientados hacia la ingeniería sanitaria.

Esta orientación de los cursos permite fácilmente dedicar de seis a ocho semanas (seis horas por semana en dos sesiones de tres horas cada una) del curso de laboratorio a los programas de repaso de química, de química coloidal, de microbiología, de mé-

todos de análisis instrumental y de familiarización con las técnicas de laboratorio a partir de la estandarización de soluciones. Un 70% de este tiempo necesariamente estará dedicado a la teoría, y el 30% restante a prácticas que fácilmente pueden orientarse a dar un entrenamiento en experiencias comunes con pruebas de pH, alcalinidad, cloruros, acidez mineral, turbidez, microscopía, medios de cultivo, esterilización, etc., aun cuando específicamente no se mencionen como tales.

El resumen explicativo, las reacciones que intervienen, el cuadro de valores límites de interferencias, si existen, y su razón de ser, las precauciones peculiares de cada método y sus referencias bibliográficas, pueden resumirse fácilmente elaborando hojas de material de enseñanza, que debe estudiar el alumno antes de cada clase, de suerte que el profesor tan sólo tratará rápidamente aquellos tópicos en que pueda haber alguna duda y dedicará casi la totalidad de cada sesión a la técnica de ejecución misma de los análisis. De este modo es posible avanzar lo suficientemente rápido como para cubrir en siete a ocho semanas más, con idéntico horario, las siguientes pruebas, considerando en cada una de ellas por lo menos uno de los procedimientos que ofrece el libro *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*. (7)

Sesión	Tema
1	Análisis físico. Alcalinidad, acidez, pH, CO <sub>2</sub> y sus relaciones.
2	Calcio, magnesio, hierro y manganeso.
3	Nitratos, nitritos y cloruros.
4	Fosfatos, fluoruros y sulfatos.
5	Sulfuros (demostración conjunta), aluminio y cobre.
6	Cloro (yodimétrico, ortotolidina, amperométrico, palín).
7	Fenoles y demanda de cloro en aguas tratadas parcialmente.
8	Oxígeno disuelto (Winkler y sus variaciones).
9	Sodio y potasio (espectrofotometría de llama). Conductancia específica.
10-	Pruebas presuntiva y confirmativa de análisis
11	bacteriológico, pruebas bacteriológicas con filtro membrana.
12-	Microscopía de aguas y de lechos de fuentes
14	superficiales. Características del micros-

copio, micrómetro. Unidad de área. Unidad de volumen, concentración de las muestras. Organismos característicos. Clasificación. Cálculos y tablas para expresar los resultados.

- 15 Coloración de organismos. Examen microscópico de organismos coloreados y de limos.
- 16 Comprobación de la exactitud de los análisis. Usos a que se destinan las aguas y *standards* de calidad. Factores ambientales que afectan los contenidos e interpretación de los resultados.

### Segundo semestre

Los temas tratados durante el segundo semestre conducen indefectiblemente a la modalidad de enseñanza mediante plantas piloto, tanto en aguas como en aguas residuales y residuos industriales, por cuanto la mayor parte de este período estará dedicado a los ensayos para el diseño mismo de las plantas y a los métodos y formas de medir y expresar su eficiencia, cuyo conjunto puede resumirse como el control de operación y mantenimiento de las plantas.

El programa que se debe desarrollar con dos sesiones de tres horas cada una, por semana, durante las 15 semanas hábiles del segundo semestre, podría resumirse así:

Sesión	Tema
1-2	Floculación y coagulación. Determinación del pH de coagulación. Remoción de contenidos de color. Gradientes medias de velocidad, tiempo de floculación y producto de gradientes por tiempo de floculación. Agentes activantes de la coagulación, polielectrolitos. Determinación de la velocidad de asentamiento de un floculo y de las características y relaciones entre peso específico, humedad y volumen.
3	Remoción de hierro y manganeso. Ablandamiento por el método de cal-soda. Intercambiadores iónicos.
4-5	Teoría de corrosión. Control de corrosión. Índice Langelier. Protección catódica. Inhibidores de corrosión.
6	Remoción y adición de gases. Remoción de olores y sabores. Adsorción. Carbón activado. Verificación de las leyes de absorción de gases en el agua.
7	Nitrógeno orgánico, nitrógeno albuminoideo, amonio, ácidos orgánicos en los lodos (pruebas demostrativas).
8-9	D.B.O. por dilución y demostración del

- método manométrico. Estabilidad relativa sobre diluciones de una muestra.
- 10 Titulación D.B.O. y demostración del método del dicromato para la D.Q.O.
  - 11 Materia asentable y asentabilidad de lodos, materia en suspensión, residuo por evaporación, porciones fija y volátil.
  - 12 Procesos de oxidación biológica. Lodos activados. Filtros percoladores, filtros de arena, lagunas de oxidación. Identificación de los organismos asociados con el proceso. Organismos asociados con las interferencias del proceso.
  - 13 Digestión de lodos. Efecto del pH, la temperatura y la inoculación en la producción unitaria de gas. Modificaciones en las características de los sólidos durante la digestión.
  - 14 Desecación de lodos. Levigación, tratamiento químico, efecto del pH y de la digestión sobre la facilidad de desecación.
  - 15 Filtración. Pérdida de carga, lavado, velocidad de expansión. Muestras de lecho filtrante, contenido de bolas de barro. Turbidez residual. Velocidad de filtración constante, velocidad de filtración variable. Eficiencia bacteriana, efectividad para remover microorganismos y para oxidar materia orgánica.
  - 16- Residuos industriales. Contenido de metales:
    - 18 cromo, plomo, arsénico, estaño, etc. Características predominantes de los residuos provenientes de plantas de transformación de productos lácteos, cervcerías, fábricas de papel, curtiembres, plantas lavadoras de carbón, centrales azucareros, centrales avícolas, despulpadoras de café, fábricas textiles, y otras industrias más numerosas en el país.
    - 19 Técnicas para captar y transportar muestras de agua. Técnicas para fijar y preservar ciertos contenidos en aguas, aguas residuales y residuos industriales de acuerdo con los análisis que se vayan a practicar.

En la mayoría de los países latinoamericanos el desarrollo de los estudios de física nuclear y la producción de isótopos está tomando un notorio auge. En un futuro próximo podrán disponer fácilmente de isótopos de pureza, concentración, tipo de radiación y actividad certificadas, a un precio relativamente bajo.

El sinnúmero de usos que, como trazadores y auxiliares de investigación, de operación y de control, pueden dársele en ingeniería sanitaria a dichas substancias radiactivas,

exige del futuro ingeniero sanitario conocimientos adecuados y suficiente familiarización con las técnicas y los equipos que necesariamente se verá obligado a utilizar.

Parece entonces indispensable dedicar en el programa de adiestramiento las ocho semanas restantes a desarrollar este tema. La secuencia de los puntos por tratar podría ser la siguiente (9 y 10):

- | <i>Sesión</i> | <i>Tema</i>   |
|---------------|---|
| 20            | Conceptos fundamentales: Estructuras atómicas. Número atómico. Número másico. Isótopos.   |
| 21-           | Radiactividad: Rayos alfa, beta y gamma.  |
| 22            | Cómo actúan sobre la materia que atraviesan. Ionización producida por ellos. Poder de penetración. Constante de desintegración. Tiempo de semidesintegración. Equilibrio radiactivo. Unidades de actividad: el curie, el rutherford. Unidades de ionización: el roentgen, el rep, el rem, el rad. Desintegraciones nucleares artificiales producidas por partículas alfa, protones y neutrones.   |
| 23-           | Instrumentos detectores y medidores de radiactividad. Electroscopio. Electrómetro. Cámara de ionización. Contador de Geiger. Contador de centelleo. Placa fotográfica, Ratímetros y escalímetros.   |
| 25            | Errores en el conteo nuclear. Distribuciones de Poisson y Gauss. Radiación de fondo. Tiempo de resolución. Constante de tiempo en un ratímetro. Errores varios.   |
| 26            | Los radioisótopos. Su obtención en los reactores y en los ciclotrones. Propiedades que es necesario considerar para su selección. Su uso como trazadores: dilución de isótopos, análisis radiométrico, auto-radiografía, activación. Otras aplicaciones.  |
| 27-           | Protección personal. Dosis máximas permisibles. Cámaras de ionización de bolsillo. Placas fotográficas portátiles. Blindajes. Control remoto. Otras precauciones especiales.  |
| 29-           | Prácticas sobre algunas de las aplicaciones   |
| 32            | posibles en la ingeniería sanitaria y sus técnicas. <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Medición de espesores, medición de niveles líquidos, etc., mediante variación de la intensidad de la radiación.</li> <li>b) Aforos, tiempo de desplazamiento, localización de escapes, etc., en tuberías, a presión, mediante la localización de una fuente móvil de emisión.</li> <li>c) Localización de contaminaciones en fuentes subterráneas, de conexiones cruzadas en</li> </ol> |

fontanería. Determinación del tiempo de desplazamiento de la mezcla longitudinal, y las condiciones de flujo en tanques, lagos o represas, mediante el uso de los isótopos como trazadores.

El programa de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia contempla un curso de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de dos horas semanales durante un total de 30 semanas hábiles. Si se tiene en cuenta que los cursos de química general se ofrecen durante el primer y segundo semestre y que el de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria está incluido en el noveno y décimo semestre, es fácil explicarse la necesidad de un breve repaso de la química en la iniciación del curso de Laboratorio. Además, con esta intensidad horaria tan sólo es posible dar una información general que corresponde a los conocimientos que debe tener un ingeniero civil sobre esta materia, pero que en cambio sí permite avanzar con rapidez y profundidad en el curso de especialización de ingeniería sanitaria arriba mencionado.

El actual desarrollo que tiene Colombia en materia de acueductos, alcantarillados, plantas de tratamiento y otras obras sanitarias y sus planes para un futuro inmediato, han conducido a las instituciones encargadas del planeamiento, la ejecución y la administración de estas obras a solicitar insistentemente la apertura de cursos de especialización en ingeniería sanitaria.

Es evidente entonces la necesidad de establecer esta especialización sin perjuicio alguno para los actuales cursos que reciben

sobre esta materia los estudiantes de ingeniería civil.

El programa proyectado trata más de formar el criterio del ingeniero sanitario y suministrarle con preferencia los conocimientos teóricos indispensables, que hacerlo un experto en procedimientos de laboratorio. En otras palabras, interesa más al ingeniero sanitario conocer a fondo la parte teórica sobre la cual opera el laboratorio, para así saber plantearse los problemas, programar la serie de ensayos requeridos e interpretar sus resultados, para poder diseñar o modificar una planta de tratamiento, o controlar y ajustar un sistema, que adquirir una gran destreza en los ensayos que seguramente los ejecutará su personal subalterno.

Por otra parte, nuestra Universidad Nacional, al contar con el Departamento de Física, la Escuela de Salud Pública, el Laboratorio de Hidráulica y el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria hace posible, mediante estrecha colaboración de los diversos profesionales, la realización de los programas descritos.

#### Resumen

Definida la clase de conocimientos que caracteriza al ingeniero sanitario, se presenta un posible programa del curso de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria para estudiantes graduados. Se hace especial énfasis en los conocimientos teóricos, la colaboración que deben prestar los diversos profesionales en este programa y la urgencia de tales cursos en Colombia.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) Fair, Gordon M. y Geyer, John C.: *Water Supply and Waste-Water Disposal*. Wiley, Nueva York, 1955.
- (2) Laidler, K. L.: *Chemical Kinetics*. McGraw-Hill, Nueva York, 1950.
- (3) Weiser, H. B.: *Colloid Chemistry*. Wiley, Nueva York, 1946.
- (4) Gainey, P. L.: *Microbiology of Water and Sewage for Engineering Students*. Burgess Publishing Co., Minneapolis, 1939.
- (5) Whipple, G. C.: *The Microscopy of Drinking Water*. Wiley, Nueva York, 1947.
- (6) Jordan, E. O. y Burrows, W.: *Textbook of Bacteriology*. W. B. Saunders Co., Londres, 1947.
- (7) Asociación Americana de Salud Pública: *Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes*. APHA, Nueva York, 1955.
- (8) Willard, H. H., Merritt, L. L. y Dean, J. A.: *Instrumental Methods of Analysis*. D. Van Nostrand Co., Nueva York, 1953.
- (9) Castillo, G. T.: Los isótopos radioactivos y sus aplicaciones industriales. *Ingeniería y Arquitectura*, No. 128, Vol. XI, Bogotá, 1956.
- (10) Semat, H.: *Introduction to Atomic and Nuclear Physics*. Rinehart and Co., Nueva York, 1955.

## FUNCION DE LAS ESCUELAS DE INGENIERIA EN LA INVESTIGACION Y ENSEÑANZA DE INGENIERIA SANITARIA

ING. FRANK A. BUTRICO

*Secretaría de Salud, Educación y Bienestar  
Washington, D.C., E.U.A.*

Es para mí un placer el participar con todos ustedes en este Seminario. Y es un placer por una razón muy específica. Las circunstancias, apartándonos de las tareas habituales, nos invitan a meditar y a pensar en "¡qué pequeño es el mundo!" y en que "somos los custodios de nuestros hermanos". Al reunirnos aquí damos una expresión real y concreta a estas actitudes. Esta clase de asambleas sustrae a dichas actitudes de la categoría de las trivialidades y deseos piadosos al infundirle vigor y vida. Lo cual siempre es un placer.

Nuestra referencia al vigor y vida es más que una metáfora. La escogí cuidadosamente para que nos recuerde que los fines y objetivos de los adelantos científicos y técnicos comprenden el bienestar de las gentes. Con harta frecuencia, quedamos tan absortos y fascinados por nuestro equipo de laboratorio y por sus posibilidades, que nuestra atención se concentra en cosas mayores, mejores y más modernas, y poco nos preocupamos de lograr que la gente sea más sana y feliz.

Hago también hincapié en este descuido, porque, de todas las especialidades de la ingeniería, la ingeniería sanitaria no ambiciona mejores carreteras, automóviles más vistosos, materiales de construcción más baratos o tejidos más duraderos, sino seres humanos más sanos. Nuestra profesión está orientada hacia las personas, no hacia las máquinas. Y, debido a lo mucho que aún nos queda por saber, estamos grandemente interesados en la investigación y hacemos en ella fuertes inversiones.

Hasta hace muy pocos años, la investigación se consideraba una actividad teórica, y la ingeniería, como de índole más operativa y funcional. Históricamente, el hombre de ciencia y el ingeniero, representan la ciencia y la técnica, respectivamente. Los ingenieros han sido siempre tenidos por "gente práctica", porque convertían los principios teóricos en cosas útiles y manejables. A pesar de las diferencias esenciales que hay entre estos dos empeños, muchas distinciones tradicionales entre ellos están desapareciendo. Cada vez resulta más difícil diferenciar, en casos concretos, la investigación científica o fundamental de la aplicada o evolutiva. La separación entre saber y utilidad se torna problemática cuando se somete a riguroso examen. La supuesta asociación de la ciencia con los descubrimientos, y de la técnica con los inventos, es cada vez menos segura. En ocasiones, hasta se encuentra el título compuesto "ingeniero-científico". Por muy ofendidos que algunos ingenieros puedan sentirse por esta, así llamada, "confusión con los científicos", la tendencia es clara, y la mencionamos con el único propósito de hacer constar la creciente vinculación de la ingeniería con la investigación, como actividad profesional importante y estratégica.

En la actualidad, el cambio llegará a convertirse en característica permanente del mundo moderno. Los dirigentes de esta parte de nuestro Hemisferio se dan perfecta cuenta de la función que la ciencia y la ingeniería están llamadas a desempeñar para elevar el nivel material y sanitario de una creciente población. En realidad, nos hemos

reunido aquí, en este Seminario, para coadyuvar a dirigir y producir, con más eficacia y eficiencia, aquellos cambios que son a la vez convenientes e inevitables.

Los cambios crean problemas. Y éstos se resuelven cada vez más por medio de la investigación. Las relaciones son así de sencillas. La investigación no es un lujo o una actividad voluntaria, sino un elemento integral y estratégico de una forma de vida estructurada, de modo creciente, por la ciencia y la técnica. Dado que la ingeniería ha contribuido señaladamente al mejoramiento del humano bienestar, los cambios operados y los múltiples problemas surgidos como su consecuencia, requieren análisis y solución tan complejos que, a menudo, llevan al ingeniero más allá de la mera aplicación práctica de los principios para entrar en la investigación de éstos.

Aunque la investigación, en cuanto modo de vida de muchas personas, ha hecho su aparición en fecha relativamente cercana, esto no constituye ninguna sorpresa. La vinculación de la ingeniería y la investigación es, en la actualidad, muy íntima, porque las bases de aquélla son muy amplias y se entrelazan. La formación general del ingeniero le capacita admirablemente para la investigación gracias a su estudio de las disciplinas llamadas básicas, o sea la física, la química y la biología, de las matemáticas y, finalmente, de la ingeniería en sí. Por muy poco que se hayan profundizado estos asuntos, ello crea una actitud mental y profesional muy propicia a despertar la clase de curiosidad que sólo la investigación puede satisfacer.

Característica notable de la investigación de ingeniería sanitaria es que depende precisamente de la biología, la física y la química. El hombre ansía la salud y la longevidad aún más que la comodidad material. El creciente ataque mundial contra las enfermedades y dolencias es bien conocido de todos ustedes. No hace falta demasiada imaginación para reconocer la contribución, cada vez más estratégica, de la ingeniería a la medicina y la salud pública. Citaremos como

ejemplos: prótesis, riñones artificiales, máquinas reguladoras del ritmo cardíaco, tubos de nilón para arterias e instrumentos medidores, de precisión increíble. Se están abriendo nuevos horizontes como el de la biomecánica.

En un sentido afín, la ingeniería sanitaria ha tenido que invadir otras disciplinas, mezclarse o vincularse de otros modos con las mismas, a fin de resolver, por ejemplo, los problemas de la contaminación del aire y el agua. Los problemas que la contaminación del aire plantea, no pueden resolverlos los ingenieros por sí solos. Citemos un ejemplo: ¿cuáles son los efectos de ciertos gases, en particular sobre el sistema respiratorio? Para responder a esta pregunta es muy posible que haya que recurrir también a la anatomía, a la química, a la fisiología y a la genética.

Por tanto, se ha convenido ya que en los proyectos de investigación de ingeniería sanitaria participen los científicos que trabajan con los ingenieros, para que los resultados tengan la mayor aplicación posible a la solución de los problemas que se presentan en la práctica. Semejante investigación requiere la colaboración de graduados y profesores de muchas clases: de medicina, ingeniería, salud pública e incluso ciencias sociales y ciencias del comportamiento. Dichos grupos de investigación y enseñanza pueden hallarse y organizarse con más eficacia en las universidades.

Una vez admitida la necesidad de investigación por parte de los ingenieros y la función de la ingeniería sanitaria en la investigación relativa a la salud, la próxima consideración es qué clase de investigación hay que emprender. Los adelantos científicos y técnicos han estimulado la industrialización en muchas partes hasta el punto de que nuestro ambiente natural y físico ha llegado a contaminarse. Me refiero, desde luego, al aire que respiramos, al agua que bebemos, al alimento que comemos y a los locales donde vivimos y trabajamos. Muchos de los problemas de la contaminación del ambiente

son idénticos en todas partes, y muchos otros sólo difieren en intensidad.

Así, por ejemplo, los centros industriales y las vías fluviales están íntimamente ligados en esta parte de nuestro Hemisferio, como lo están en los Estados Unidos. La manufactura produce residuos que se vierten en dichas corrientes, que también proporcionan agua para muy diversos usos públicos y personales. A medida que los nuevos adelantos crean nuevas sustancias y nuevos productos, se encuentran en el agua nuevos tipos de residuos. Algunos de éstos son materias orgánicas sintéticas, químicamente complejas. Tanto que muchas de ellas no se pueden identificar con facilidad y rapidez, y además resultan difíciles de aislar y analizar. Es indudable que los residuos derivados de la explotación minera crean problemas de contaminación del agua en algunos países de América Latina.

Personalmente, tengo en gran estima la capacidad rectora, actual y futura, de los dirigentes profesionales de los países de América Latina. Considero que hay que contar con que sus aptitudes y capacidades serán sometidas a las máximas pruebas, porque, sean cuales fueren las situaciones políticas venideras de dichos países, pueden tener la seguridad de que ocurrirán dos cosas, cuando menos: un crecimiento acelerado de la población y una tendencia, cada vez mayor, a la industrialización. Se puede tener también la certeza de que, como resultado de estos acontecimientos gemelos, los problemas de saneamiento del medio aumentarán y se complicarán. Es, pues, cada vez mayor y más urgente la necesidad de obtener los servicios de todos los expertos profesionales y los medios posibles para lograr el mejor y mayor efecto en cuanto a combatir y controlar estos riesgos de la salud, además de los grupos de problemas tradicionales relativos a la contaminación bacteriana del ambiente, del agua y de los alimentos.

A medida que la población de estos países vaya creciendo, aumentará el uso de productos químicos agrícolas. Y esto, a su vez, incrementará los problemas. A medida que

sus ciudades crezcan y la industria se extienda, surgirán problemas, más o menos intensos, de contaminación del aire. Al ascender el nivel de vida, entrarán en escena nuevos productos que darán origen a nuevos tipos de residuos que hay que controlar. Por ejemplo, en Estados Unidos, se hacen multitud de preguntas idénticas a las de ustedes. ¿Qué clase de sustancias, y en qué cantidad, resultan tóxicas para los humanos y en qué grado? ¿En qué forma, eficaz y económica, se puede suministrar agua, en calidad y cantidad, a las zonas rurales de población poco densa?

Las cuestiones de esta naturaleza se plantean con singular urgencia. Las epidemias producidas por la contaminación bacteriana han sido y están siendo localizadas. Las enfermedades transmisibles tienen un período definido de incubación, de brote visible, de ejercer su virulencia y extinguirse. Las autoridades médicas y de salud pública tienen tiempo de identificar los organismos patógenos, de tomar medidas de control y, llegado el momento, vencer la epidemia. Pero los tiempos han cambiado. El "viejo tipo" de bacteria viviente está ahora acompañado de contaminantes inertes de tipo insidioso, como los rayos gamma. No es posible verlos, oírlos o gustarlos. Y en el momento en que aparecen rojececes en la piel, que comienzan las náuseas y empieza a desprenderse el cabello, ya es demasiado tarde. La historia es la misma con respecto a los residuos orgánicos sintéticos de nuevo tipo y a muchos productos químicos agrícolas. En cantidades mínimas, no causan el menor trastorno al ser humano, si bien se conocen muy bien sus umbrales de toxicidad acumulada para el hombre. Si, por ejemplo, se comprobara una correlación positiva entre la atmósfera viciada y la bronquitis crónica, se necesitarían muchos años de exposición a aquélla para que se manifestaran los síntomas usuales y familiares de ésta.

Por consiguiente, los investigadores de ingeniería sanitaria han de afanarse por esclarecer los posibles efectos de las condiciones ambientales antes de que se conviertan en



problemas tangibles. Hay que estudiar a fondo más las condiciones normales y las relaciones del hombre con los factores del ambiente, a fin de aprender a prever y prevenir los riesgos a que se halla expuesta la salud. Es este un empeño totalmente nuevo de la investigación y la ingeniería. Los riesgos actuales contra la salud son demasiado asoladores para aplazar su control hasta después de que hayan aparecido. Pudiera ser demasiado tarde.

Los efectos patológicos a largo plazo, o como el Dr. René Dubos ha indicado recientemente, "el problema de descubrir causa y efecto cuando entre ambos media un intervalo tan largo, constituye una prueba muy difícil para la medicina científica. En efecto, esto plantea problemas de organización de la investigación con los cuales no están familiarizados muchos experimentadores en patología humana, debido a que sus grandes esfuerzos en lo pasado, y también sus mayores éxitos, han sido en el campo de los procesos patológicos agudos". Los problemas que nos plantean los efectos patológicos a largo plazo, requieren conceptos de investigación nuevos desde el punto de vista del investigador científico, de los medios materiales y del apoyo económico.

El investigador debe avenirse a acometer investigaciones sobre saneamiento ambiental a sabiendas de que hay muchas probabilidades de no obtener resultados importantes durante buen número de años y, en ciertos casos, ni siquiera durante toda una vida. Esta predisposición será difícil de crear.

En cuanto a los medios materiales, hemos de proveer lo necesario para albergar y criar animales destinados a la experimentación. Habremos de experimentar con muchas generaciones de animales durante un largo plazo, a fin de observar los efectos de las enfermedades crónicas, en contraste con la aparición relativamente rápida de las manifestaciones agudas. Este es un aspecto de la investigación que, con frecuencia, se ha pasado por alto.

Este mismo esfuerzo de investigación a largo plazo requerirá nuevas normas de

financiación de estos proyectos. Esto significa otra innovación con respecto al financiamiento tradicional, que, en la mayoría de los casos, no excede en Estados Unidos los cuatro o cinco años.

Ahora bien, ¿dónde se ha de llevar a cabo la mayor parte de la investigación que se necesita? La universidad y mejor aún la escuela de ingeniería, son los centros más apropiados por muchas razones, algunas muy patentes y otras no tanto. Pasemos a analizarlas.

La investigación debe considerarse como un aspecto de la enseñanza superior. Como el Dr. Julius A. Stratton, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, indicó recientemente: "La investigación, en sí, no sólo constituye un elemento esencial de nuestro plan docente, sino una actividad característica e imprescindible de la universidad de hoy".

Desde el punto de vista del plan de estudios, no es necesario insistir en que los aspectos interesantes, prácticos y de más actualidad de muchas materias mejoran mucho por medio de los últimos datos y conocimientos que la investigación rinde.

Un elemento afín que, en la actualidad, ha suscitado una controversia en círculos docentes de Estados Unidos es la función del profesorado en los centros de enseñanza superior. ¿Debe el profesor enseñar o dedicarse a la investigación? ¿Puede hacer ambas cosas? ¿Cuál debe ser la proporción de cada una de ellas? No quiero entrar en esta lid, porque no soy profesor y, por tanto, no estoy plenamente pertrechado para ella. Pero me siento tentado a observar que, sea cual fuere la solución, es indudable que el profesor que se dedica a la investigación, tiene más probabilidades de estar al tanto de los progresos hechos en campos afines al suyo, y modernizará, sin duda, materias de lo contrario muy avejentadas, y transmitirá a sus discípulos la convicción de que las soluciones se están buscando ahora y que lo que se hace en la práctica constituye, a lo sumo, la solución actual, no la solución definitiva de los problemas de ingeniería. Esto es importante para la labor docente,

porque, con el cada día más acelerado adelanto de la ciencia y la técnica, nuestros planes educativos deben preparar a los estudiantes, no para hacer frente a los problemas de ayer y hallar las soluciones de hoy, sino para acometer los problemas de mañana y sus posibles soluciones. En el mundo moderno, la investigación y la enseñanza son las dos caras de la misma moneda. Parafraseando la bien conocida sentencia bíblica: "Lo que la mente humana haya unido, ningún hombre divide".

El Dr. Lee A. DuBridge, Presidente del Instituto Tecnológico de California, señaló otra razón de hacer resaltar la función de la investigación en las universidades: "El físico o el químico puede echar una ojeada alrededor y elegir como tema de investigación casi cualquier asunto que le plazca, y puede además proseguir la misma por tanto tiempo como él decida y luego pasar a otra cosa. Nadie le dice qué problemas son urgentes o necesitan solución inmediata; en realidad, el físico evita los problemas urgentes: esos quedan para el ingeniero. El físico no se pregunta qué es urgente, sino qué es interesante; no qué es importante . . . sino qué es significativo . . . y así puede que descubra un nuevo campo científico que resulte ulteriormente ser de interés práctico y, entonces se lo encomienda al ingeniero y se marcha, dejando la mayoría de los problemas arduos sin resolver".

Esto, aunque en exceso simplificado, encierra mucho de verdadero y evidente. El ingeniero sanitario, que no se ocupa de bienes materiales, sino de la salud humana, debe buscar solución a cuestiones importantes y con toda rapidez. Sin duda, una forma de hallar soluciones con relativa rapidez consiste en ampliar la escala de la investigación, interesando en la misma a investigadores de otras disciplinas y a otros especialistas. Esto vuelve a poner de relieve la insistente recomendación de un planteamiento de la investigación de orden multidisciplinario.

La investigación se relaciona con varios problemas de mano de obra. Por ejemplo, en

Estados Unidos, a causa de la crítica escasez de ingenieros sanitarios, es necesario hacer muchas cosas con poco personal. Por tanto, se procura atraer tan solo a los estudiantes que más prometen. Naturalmente, éstos se sentirán seducidos por los problemas, las ocasiones y medios de investigación, y por la prueba a que éstos los someterán. Resulta, asimismo, evidente que, para afrontar los actuales problemas de saneamiento del medio, se necesita personal competente en casi todas las disciplinas de ingeniería, así como en otras colaterales. El planteamiento inter y multidisciplinario es una absoluta necesidad. Donde antes sólo se contrataba al ingeniero civil, con cierta preparación en abastecimiento de agua y sistemas de alcantarillado, se contrata ahora, y se seguirá contratando, al ingeniero mecánico, químico, eléctrico y nuclear. Además, el trabajo de "grupo" en la amplia esfera del control del medio, debe contar con expertos en biología, física, etc., y con el economista, tratadista político y el geógrafo. La mutua fertilización de ideas producida por el planteamiento multidisciplinario de la investigación es indispensable para eliminar los complejos riesgos para la salud que el ambiente encierra en la actualidad. La gran proximidad y concentración de profesores de ciencias, ingeniería, medicina y salud pública ofrecen el ámbito más amplio posible para coordinar todas las aptitudes precisas para hacer frente a nuestros problemas.

Por ejemplo, la instalación de un instituto o centro de saneamiento del medio dentro del recinto de una universidad, podría ser el medio administrativo de aunar el estudio de la química, la física y la biología ambientales con el de la oceanografía, la epidemiología, la toxicología y economía del ambiente. Dicho instituto proporcionaría una amplia estructura docente especializada, donde fomentar los estudios individuales y de grupo, el desarrollo de capacidades y aptitudes, y el intercambio intelectual. Dicho instituto se destinaría a los que quieran dedicarse a actividades prácticas especiales y a los que tienen la vocación de investigar. Indudable-

mente, el interés y actividad en esta clase de organización se desarrollarán más fácilmente en aquellas instituciones que tengan un profesorado capaz en materia premédica y en ciencias biológicas y físicas, medicina y salud pública, y que hayan demostrado interés por la ingeniería e investigación sanitarias. En Estados Unidos, se ha lanzado por primera vez una propuesta de ensayo con vistas a establecer varios centros de investigación del saneamiento del medio en instituciones de enseñanza superior seleccionadas.

Asimismo, en el mismo país, la mayoría de las universidades tratan de ofrecer a los estudiantes una orientación intelectual lo más amplia posible. Esto resulta extremadamente difícil de conseguir durante los estudios de graduación y de investigación por falta de profesorado y de otros medios. Por consiguiente—por lo menos en tres casos que yo conozco—ciertas universidades han resuelto conceder mayor importancia a determinados tipos de investigación, o especializarse en ellos, según el profesorado de que disponen y los temas que le interesan. Estas instituciones se han puesto de acuerdo con otras de la misma región para que cada universidad siga dedicándose de preferencia a las materias en que cuente con profesores más aptos y acepte estudiantes graduados, sobre una base de reciprocidad y sin parcialidad o prejuicio alguno, a fin de ofrecerles una preparación óptima en las especialidades deseadas.

El hecho de que me haya atrevido a someter semejante medida a la atención de ustedes, se debe a las razones siguientes: a) la ciencia y el afán de saber no reconocen fronteras políticas; b) los profesores dedicados actualmente a la investigación hay que utilizarlos con la máxima eficacia, y c) trabajamos para salvar vidas, y la vida de cualquier ser humano, es tan preciosa como la de otro.

He dado a entender que, muy lamentablemente, en Estados Unidos, estamos muy lejos de contar con el número de ingenieros preparados y competentes que se necesitan. Al mismo tiempo, las necesidades educativas

de adiestramiento y de operación han aumentado a consecuencia de los nuevos deberes, funciones y responsabilidades añadidos a los que incumbían ya a los ingenieros sanitarios. Nuestros escasos recursos de personal deben utilizarse al máximo. La investigación eficaz constituye uno de los medios de asegurar la utilización máxima de un personal limitado. Esto requiere, a su vez, el establecimiento y mantenimiento, quizá con carácter mundial, de algún sistema de "información de investigaciones". No hace mucho tiempo, el organismo en que yo trabajo terminó un inventario de las investigaciones relativas a la contaminación del agua que, en Estados Unidos, llevan a cabo las universidades, el gobierno y la industria. Desde luego, el fin que se persigue es el de conseguir que todas las partes interesadas sepan lo que cada cual está haciendo y con qué alcance. Esperamos establecer otros inventarios. Las ventajas del intercambio internacional de esta clase de información son indudables y claras para todos nosotros.

Al mismo tiempo, el uso más eficaz del planteamiento multidisciplinal en investigación, podría ser otro medio más de conseguir el máximo de los limitados recursos humanos disponibles.

Si el personal y los medios son importantes, el apoyo económico no lo es menos. Una vez reconocido que nuestra labor pertenece sobre todo al dominio público, el Congreso de Estados Unidos ha hecho asignaciones crecientes para subvencionar la investigación. Además, hay subvenciones para becas de investigación, para funcionarios en adiestramiento y medios de investigación. Este tipo de apoyo al individuo es importante para que el esfuerzo dedicado a la investigación resulte eficaz.

El Servicio de Salud Pública de mi país administra una parte importante de estas subvenciones. Las relativas a la investigación en el campo del saneamiento del medio han sido otorgadas por el Servicio de Salud Pública desde 1947. Cada vez se dispone de más fondos para proyectos de in-

vestigación, adiestramiento de especialistas en investigación, perfeccionamiento del profesorado, desenvolvimiento de planes de estudios especializados para graduados y medios de investigación. Tan sólo el Gobierno Federal puede aportar la cantidad y clase de investigación necesaria para asegurar la salud pública y un nivel de vida más elevado.

El último punto a que quiero referirme es el relativo al establecimiento de programas de adiestramiento en las universidades para poner al día la preparación de quienes ya se dedican a la especialidad de saneamiento del medio.

Los nuevos conocimientos se están renovando y rectificando con tal rapidez, que hoy se concede más valía a los ingenieros recién graduados que a los expertos de promociones pasadas. Un titular aparecido en un periódico recientemente rezaba: "La ingeniería considerada como profesión donde la experiencia no cuenta". El artículo se refería a observaciones hechas por el Dr. Thomas Stelson, Director de Ingeniería Civil del Instituto Carnegie de Tecnología, según el cual, en la mayoría de los casos, sólo los jóvenes recién salidos de la escuela conocen los nuevos adelantos. El Dr. Stelson señala que un ingeniero graduado hace diez años necesita dedicar el 10% de sus horas de trabajo a ampliar los conocimientos vigentes durante sus estudios para poder competir con el ingeniero recién graduado. Para que nuestros colegas estén al corriente de los actuales adelantos, es preciso dar un nuevo impulso a los estudios de la carrera

de ingeniería, acentuar la importancia de la enseñanza de los ingenieros ya graduados, brindar adiestramiento de ingenieros durante el servicio, conceder licencias para ampliación de estudios a los profesores de ingeniería y fomentar un intercambio profesional de ideas mediante las sociedades de ingeniería y reuniones como la presente.

Se debiera alentar a las universidades a que ofrezcan cursillos, seminarios o prácticas de laboratorio en relación con diversos aspectos de la ingeniería del saneamiento del medio. Debiera ser posible que los ingenieros pudiesen, en ocasiones, dejar su trabajo, por períodos de una a tres semanas, al objeto de poner al día sus actividades y acrecentar su eficacia profesional. Un programa eficaz de investigación puede constituir un complemento del programa de adiestramiento y hará posible que éste se ajuste a los últimos adelantos.

Si admitimos que las ciencias de ingeniería se complican cada día más; si convenimos en que muchos problemas de ingeniería sólo pueden resolverse por medio de la investigación; si creemos que el adiestramiento de los ingenieros sanitarios debe ser muy amplio; si estamos convencidos de que el planteamiento multidisciplinal de todos nuestros particulares problemas es útil e indispensable y si el conjunto de todos estos elementos forma un panorama auténtico y significativo, la investigación y el adiestramiento son aspectos integrantes de la ingeniería sanitaria, y las escuelas de ingeniería deben tener en cuenta el mandato que dicho panorama implica.

TEMA II-B: *Otros medios de enseñanza (biblioteca, medios audiovisuales, prácticas sobre el terreno, trabajo cooperativo)*

## ¿QUE OTROS MEDIOS DE ENSEÑANZA PUEDEN EMPLEARSE?

ING. HAROLDO JEZLER

*Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Escuela Politécnica, Universidad de São Paulo  
São Paulo, Brasil*

### *Objetivos de los cursos*

La enseñanza de la ingeniería sanitaria, lo mismo que ocurre en otras disciplinas, puede tener objetivos bastante diversos y, por consiguiente, requerir cursos y otros medios tan variados como sea posible. Aun limitándonos a la enseñanza en las escuelas de ingeniería civil, esa variedad es bastante grande para que nos detengamos a analizarla aunque sólo sea de manera superficial.

Los conocimientos acumulados sobre las disciplinas que integran el campo de la ingeniería civil son hoy casi ilimitados, y la ampliación de estos conocimientos se efectúa a un ritmo cada vez más acelerado.

El reconocimiento de esta realidad se refleja en las "especializaciones", ya que es imposible y aun improcedente tratar de formar ingenieros que puedan desempeñar satisfactoriamente cualquiera de las actividades en ese campo. Hemos asistido a esa especialización en muy diverso grado, en varios lugares y épocas, desde la formación de ingenieros civiles—*majors*—en determinadas disciplinas, hasta la de ingenieros civiles "que optan" por un determinado tipo de actividad o que son verdaderos "especialistas" en ciertas materias. Esta tendencia se ha acentuado tanto en ciertos casos que se ha llegado a dudar que haya un campo propio de la ingeniería como tal, y a negar a los ingenieros la categoría profesional inherente al estudio de una doctrina básica común. Según este criterio, los ingenieros no serían más que obreros calificados en los diversos tipos de actividad. Un ingeniero

electrónico no tendría ninguna afinidad profesional con un ingeniero sanitario; y nada se perdería si se suprimiera el calificativo de ingenieros: uno sería un electrónico y el otro, un sanitario.

No cabe duda que este concepto tiene algo de verdad, y de hecho existen, y es necesario que existan, escuelas y por consiguiente profesionales altamente calificados en sus respectivos campos de actividad. El desenvolvimiento industrial así lo exige. La finalidad esencial de estas escuelas consiste en formar profesionales aptos para el desempeño de una determinada función con la máxima eficacia. Por lo tanto, hay que reconocer que la enseñanza basada en esta orientación no está realmente encaminada a la formación de ingenieros, sino de trabajadores calificados.

En estos últimos tiempos, se ha observado en las grandes escuelas de ingeniería una reacción contra la especialización excesiva, y se ha tratado de encontrar características comunes a los ingenieros de todas las especializaciones que los agrupen en un solo cuerpo profesional.

A primera vista podría parecer que se vuelve al tipo de profesional entendido en todas las materias, pero, en verdad, lo que se pretende hoy con esta enseñanza de la ingeniería es formar un profesional muy bien preparado en las disciplinas fundamentales de la ingeniería, ya que, según se reconoce, estos conocimientos deben adquirirse lo antes posible, en los años en que el estudiante puede dedicarle por entero su atención y

entusiasmo. Es necesaria una base científica que, en la mayoría de los casos, sólo es posible obtenerla durante la juventud. En esa fase de la vida, el individuo es, por naturaleza, rigorista; acepta con facilidad, hasta con satisfacción, el rigor científico. Es la edad de la intransigencia y de la intolerancia, que, si bien en el orden social dan a menudo origen a problemas y desajustes, no por eso se debe dejar de reconocer que son también cualidades, y que, como tales, deben ser cultivadas y aprovechadas. Así, pues, los cursos de ingeniería deben iniciarse con las disciplinas básicas y, de esta manera, el estudiante entrará en el campo de la ciencia. Debe prestarse especial atención a la unidad de pensamiento y de método científico aplicado a los problemas más diversos. Todo principio científico se ilustrará con aplicaciones prácticas en los más distintos campos de la ingeniería.

Como ejemplo, en uno de los temas para ser "discutido en clase", Rouse enfoca perfectamente el problema al hacer notar que "los principios de la hidráulica pueden aplicarse ventajosamente en el diseño de puentes, perforación de pozos petroleros, ingeniería sanitaria, minería y metalurgia, conservación del suelo, clasificación de abrasivos, ingeniería química y geología".

En esta primera fase el estudiante se familiariza con sus instrumentos de trabajo. De la misma manera que un carpintero, al aprender a manejar la sierra, observa que en los diversos trabajos tiene que hacer pequeñas adaptaciones en su manera de aserrar, el estudiante se encontrará con que hay distintas maneras de aplicar un mismo principio o un mismo instrumento a problemas diferentes. Lo esencial es que el estudiante sepa que cuenta con un instrumento de trabajo, y hay que enseñarle a utilizarlo, adiestrándolo en diversos trabajos hasta que adquiera la destreza y familiaridad que cualquier buen trabajador tiene con sus herramientas. Hay que advertirle que pueden surgir otros problemas, que ni él ni quizás otros pueden siquiera imaginar, pero que, sin embargo, sus instrumentos de tra-

bajo le serán útiles y que siempre podrá emplearlos dentro de las limitaciones derivadas de su imperfecto conocimiento.

De todos modos, difícilmente se podría aceptar que la carrera de ingeniería se redujese al estudio de las ciencias que le sirven de fundamento, pues el ingeniero, desde el comienzo de su vida profesional, está llamado a ejercer funciones específicas, para el éxito de las cuales necesita el empleo de procedimientos e instrumentos que se van desarrollando y perfeccionando desde hace largo tiempo y que constituyen la técnica de la ingeniería.

La segunda fase de la enseñanza consistirá en familiarizar al estudiante con los aspectos técnicos de la profesión, esto es, con el estudio sistemático de ciertos sectores de actividad. Los casos aislados se estudiarán a fondo, y se pondrán siempre de relieve los principios comunes utilizados en las soluciones y su identificación con los conocimientos básicos ya adquiridos. Se deberán presentar y estudiar determinados instrumentos y técnicas por su valor en la solución de problemas específicos, pero sin perder de vista su posible utilización en otros campos o, inversamente, la ayuda que otros campos de actividad podrán prestar para la solución de dichos problemas. Conviene destacar, con frecuencia, las analogías entre diversos campos y, de esta manera, el estudiante llegará a considerar perfectamente lógico, por ejemplo, que los submarinos se ensayen en túneles de viento y los aviones de retropropulsión en depósitos de agua, o que se resuelvan problemas de distribución de agua analizando el movimiento de llamadas telefónicas y que las técnicas de salud pública puedan desarrollarse inicialmente a partir de consideraciones puramente económicas a través de los esfuerzos de un abogado.

Es evidente que en esta fase no se pueden enseñar todos los aspectos de la ingeniería, aunque hay que reconocer—y esto es importante—que tampoco es necesario. Si los estudios básicos del estudiante estuviesen debidamente orientados, él mismo reconocería que sus estudios sólo le servirán para

profundizar en una dirección, con un doble objetivo. El primero será ponerle en condiciones de atender a una necesidad del medio que requiera la inmediata ejecución de una labor específica; el otro consistirá en ilustrar, por medio de un caso, la evolución de los procedimientos, instrumentos y técnicas derivados de la aplicación de conocimientos básicos a determinados problemas, procurando poner de relieve lo que hubiera de universal en esas interacciones.

Aun reconociendo que no es necesario—y que de todos modos sería imposible—que la enseñanza abarque todos los campos de la ingeniería, hay que reconocer, por otro lado, que este concepto de los demás campos, si bien incompleto, deberá ser lo más amplio posible, y se reconocerá ciertamente que hay campos afines que es posible que influyan más que otros campos en la solución de determinados problemas. Conviene poner de relieve que las contribuciones para la solución de un determinado problema pueden ofrecer campos que en apariencia apenas estén muy remotamente relacionados. La consideración de cuáles son los campos de interés afines, es, en cierto modo, sólo de carácter subjetivo, y en todo caso lo que conviene destacar es la unidad de la profesión, ya que su división en campos o especialidades apenas obedece a necesidades de orden práctico.

De ahí surge la necesidad de ofrecer cursos de introducción a campos de actividad y de esclarecimiento de objetivos, métodos y técnicas pertinentes en esos campos. Tales cursos permitirán al estudiante adquirir una idea general de la profesión, y en las fases iniciales le ayudarán a encontrar el campo de actividad que mejor se adapte a sus inclinaciones y aptitudes naturales.

Por último, habrá determinados cursos cuyo objeto será preparar al estudiante para desempeñar funciones específicas casi inmediatamente después de su graduación y del consiguiente ingreso en la vida profesional. Estos cursos deben ser, de preferencia, de carácter optativo, pues el estudiante habrá

tenido ya ocasión de formarse una idea de las grandes divisiones de la ingeniería, de haber entrado en contacto con las técnicas y métodos peculiares de cada una y tal vez se haya definido ya su vocación por algún aspecto inmediato de la profesión para la cual se está preparando. En estos cursos se dedicará especial atención a la eficaz utilización de los instrumentos de trabajo y a las técnicas ya adquiridas; será en realidad, una iniciación en los "secretos" de la profesión. El estudiante se acerca ya a la llamada "vida práctica", y será necesario que se inicie en la misma con una gran dosis de confianza en su preparación y aptitudes. Conviene que, cuanto antes, se sienta útil en algún género de actividad al comenzar su carrera. La transición de la vida estudiantil a la profesional puede a veces ser tan brusca, que llegue a malograr vocaciones muy valiosas. Es común encontrarse con ingenieros jóvenes y que están ya completamente desilusionados de su carrera por la preparación que sus escuelas respectivas les ofrecieron; por fortuna, es también frecuente ver que, con el correr de los años, esta desilusión tiende, muchas veces, a desaparecer. En otros casos, la desilusión se perpetúa en forma de protesta o disgusto, y el profesional acaba negando todo lo que aprendió, y trata afanosamente de "aprender en la práctica".

Otra actitud extraña es la de ciertos profesionales que, una vez terminados sus estudios, pasan a tener un alto concepto de "su preparación y formación", a la que rodean de una aureola, al mismo tiempo que narran sus glorias estudiantiles, sus brillantes calificaciones, o cómo resolvían con gran eficiencia los problemas y cuestiones que se les planteaban. Y, sin embargo, en su actividad profesional no encuentran ninguna aplicación inmediata de lo que aprendieron. Estos profesionales no desprecian su formación, pero llegan a despreciar su carrera, por carecer, según ellos, de interés.

Adoptan una curiosa actitud, pues llegan a atribuir a lo que aprendieron un valor propio, intrínseco, olvidándose de que su valor real consiste en facilitar la adquisición

de nuevos conocimientos, en ser de utilidad para mejorar la vida humana. Para ellos la formación adquirida sólo representa una iniciación en un grupo más o menos restringido, cuya única finalidad sería la de cultivar y continuar transmitiendo los conocimientos adquiridos. Tal vez fuera impertinente u osado afirmar que una gran parte de los malos profesores pertenecen a este grupo.

De cualquier modo, parece que siempre se trata de desajustes motivados muchas veces por una transición brusca de la vida estudiantil a la profesional, o sea falta de orientación o de objetivos bien definidos de los cursos y planes de estudio.

#### *Medios de enseñanza*

En el Tema II-B de este Seminario se pregunta: "¿Qué otros medios de enseñanza se pueden emplear?" Al analizar la cuestión, nos preocupa la palabra "otros", que sugiere la existencia de medios que estarían, por decirlo así, ya establecidos o aceptados. Seguidamente, el subtítulo aclara la cuestión, pues se indaga la importancia de las bibliotecas, medios audiovisuales, prácticas sobre el terreno y trabajo en común de los alumnos. También hay otro tema en el programa de este Seminario, en el que se pregunta: "¿Qué medios y métodos de laboratorio se deben utilizar en la enseñanza?"

Se entenderá por trabajo de laboratorio el que el estudiante realiza en la escuela, bajo la orientación del profesor, como obligación académica, y tanto el trabajo de laboratorio como las clases ordinarias son los medios normales de enseñanza. Por tanto, se consideran los demás medios utilizados en la enseñanza como subordinados al título en "otros medios".

#### *La biblioteca*

Una de las características que distingue al hombre de las demás especies, y sin duda la más importante, es el poder de acumular y transmitir experiencia. La evolución de las especies que hasta la aparición del hombre se produjo en forma estrictamente biológica y a través del proceso de tentativas y errores

(*trial and error*), por primera vez dispuso de una nueva fuerza—la experiencia—que una especie, la humana, comenzó a acumular y a transmitir a través de factores no genéticos. La importancia de este hecho es tal, que difícilmente se puede concebir que el hombre llegue a perder su posición de supremacía o imaginar la evolución de las especies prosiguiendo en forma errática sin la influencia de este nuevo factor.

En el conjunto de medios de que dispone el hombre para acumular o transmitir la experiencia adquirida, la biblioteca representa la verdadera esencia y el pináculo del proceso. Aunque no todos estén de acuerdo, tal vez una definición del hombre podría ser ésta: "un animal capaz de constituir y utilizar bibliotecas". Naturalmente, por biblioteca se entendería su forma más amplia posible, o sea cualquier colección de conocimientos dispuestos en forma sistemática y accesible para su estudio y consulta. Abarcaría la biblioteca tradicional, así como una filmoteca, una pinacoteca o un museo.

Es indiscutible que, hasta el presente, los libros y demás publicaciones han sido el vehículo ideal para esa acumulación y transmisión de experiencia, tanto que la verdadera universidad, según Carlyle, se puede definir como "una colección de libros".

Los libros son, pues, un medio imprescindible de enseñanza. Y fracasarán por completo los cursos que no tengan como objeto primordial, familiarizar, por lo menos, al estudiante con libros y demás publicaciones sobre la materia o materias que se enseñen.

Los servicios de biblioteca deben recibir la máxima atención en la organización de las escuelas. Deben ser considerados como el verdadero centro de las actividades docentes. Su prioridad sobre cualquier otro medio de enseñanza es indudable y no se justifica cualquier desvío de esfuerzos que pueda ir en detrimento de la organización o desenvolvimiento de tales servicios.

Una inmensa tarea se abre ante nosotros para enriquecer los servicios de biblioteca y, por consiguiente, la enseñanza.



En primer lugar se plantea el problema de sistematizar los elementos disponibles de consulta. No hay que olvidar que la biblioteca es una colección de obras de consulta dispuestas en forma sistemática. Esta sistematización ha sido objeto de estudios muy profundos, que deben ser divulgados como merecen. Constituye, por sí sola, uno de los instrumentos de trabajo más eficaces que una escuela pueda transmitir a sus alumnos. En un mundo cada vez menor, es indiscutible la conveniencia de un sistema universal de catalogación de publicaciones; en una escala más limitada y entre países de grandes afinidades históricas y culturales, como son los de América Latina, el sistema de catalogación es más que algo conveniente, es una necesidad incluíble. En consecuencia se recomienda:

1) Que se enseñen cursos especiales para bibliotecconomistas y profesores, orientados a uniformar la catalogación de publicaciones, de ser posible de carácter universal, o por lo menos, interamericana;

2) Que se incluyan en los cursos de ingeniería clases sobre la utilización de la biblioteca y los sistemas de clasificación; estas clases deben ser generales en los primeros años, y en cada curso se ofrecerán clases especiales sobre lo mismo.

3) Que se mantenga, con carácter permanente, una comisión internacional encargada de revisar y difundir el sistema de catalogación adoptado.

Una vez que el sistema de catalogación haya sido debidamente establecido, adoptado y ampliamente difundido, otro paso importante sería la organización de los catálogos generales, centralizados. En escala local, la biblioteca de cada facultad catalogaría en un sistema central las publicaciones que se encuentran en sus distintos departamentos; cada biblioteca de universidad, catalogaría las obras de sus facultades, y así se llegaría a catálogos nacionales e internacionales.

El movimiento editorial alcanza en el mundo de hoy proporciones astronómicas, y aumenta a tal ritmo que la biblioteca uni-

versal es un ideal imposible, lo que obliga a no dispersar los esfuerzos. Se recomienda, a este respecto, que, a la par de los elementos básicos de la profesión de ingeniería sanitaria, las bibliotecas americanas traten de desenvolverse orientadas hacia alguna especialización de acuerdo con los problemas más apremiantes de las áreas en que estén situadas. Esta sería una manera de dividir los esfuerzos para un bien común. Una de las posibilidades, dentro de un plan general de desenvolvimiento del estudio de la ingeniería sanitaria en las Américas, sería crear centros especializados encargados de estudiar determinados aspectos de la profesión. Las bibliotecas locales serían más útiles si, además de las obras generales de carácter didáctico, se desenvolviesen bajo una orientación sistemática, tratando de alcanzar la máxima profundidad y perfección sobre un determinado aspecto de la ingeniería sanitaria.

En un plano internacional, estos centros especializados podrían encargarse de preparar resúmenes, colaborar en la organización del índice especializado y preparar y mantener al día la bibliografía sobre los asuntos de su competencia. Estos trabajos podrían ser coordinados por un órgano central y recibir amplia divulgación.

Además de sus colecciones, una biblioteca, para cumplir realmente su misión, debe ser accesible, de la manera más amplia y eficaz, al mayor número de personas que deseen consultar sus obras. La biblioteca ha dejado ya de ser considerada como una colección de libros bien guardados y sólo accesibles a unos pocos. Hoy una biblioteca, y en especial la de una universidad, debe ser un organismo cultural, que no sólo ha de atender a sus lectores, sino que debe también estimularlos a que utilicen sus recursos. Así, pues, las publicaciones que expliquen cómo utilizarla eficazmente, los informes y las exposiciones sobre libros recién adquiridos o sobre asuntos especiales, el servicio de biblioteca circulante, todo ello unido a un ambiente acogedor y cómodo, deben ser objeto de constante

preocupación para estimular y acrecentar el número de lectores.

El campo de acción de la biblioteca puede y debe ser ensanchado mediante la correspondencia y la cooperación con otros centros. La publicación de resúmenes y los servicios de reproducción en microfilm permitirán a las personas que se encuentren lejos, servirse de la biblioteca. La reproducción de documentos o de libros en microfilm se ha facilitado de tal manera que, hoy día, hay verdaderas bibliotecas constituidas sólo por microfilms. Las posibilidades que así ofrecen son inmensas y apenas empiezan a ser aprovechadas. Un factor de peso es la economía de espacio que permiten los microfilms y, además, es grande la facilidad con que se pueden consultar y divulgar los documentos y libros raros.

#### *El libro*

Además de la biblioteca pública, es necesario considerar la individual o privada, que el estudiante debe iniciar durante sus estudios, como algo imprescindible para el futuro ejercicio de la profesión. El primer libro de estudio de una materia cualquiera, pasa después a la categoría de amigo y consejero. Tanto el estudiante como el ingeniero en ejercicio, según sus tendencias personales, se identifican de tal manera con ciertos autores y publicaciones, que no pueden prescindir del constante contacto con ellos.

Durante los estudios de la carrera, el libro de texto que sirve de orientación para un determinado curso constituye una necesidad absoluta. Este ha sido uno de los problemas más serios planteados en los estudios de ingeniería en la América Latina. A este respecto se han señalado algunos factores adversos, como los pocos estudiantes de cada país, lo que obliga a hacer tiradas locales reducidas y, por consiguiente, a un precio inaccesible. No obstante, desde un punto de vista continental, el panorama podría ser en extremo favorable. En este inmenso continente, que abarca decenas de naciones, no hay casi ninguna barrera lingüística. El que sólo se hablen dos idiomas en una extensión

territorial que abarca medio hemisferio es algo único. Sólo dos idiomas—español y portugués—y éstos muy parecidos; dos estudiantes pueden conversar fácilmente cada cual hablando su propio idioma.

Esta ventaja podría y debiera ser aprovechada al máximo. Es necesario un intenso intercambio de publicaciones, de estudiantes, profesores y técnicos entre las naciones de la América Latina. Las pequeñas diferencias lingüísticas deben ser registradas y ampliamente divulgadas. Habría que publicar y divulgar glosarios y diccionarios técnicos y científicos en ambas lenguas.

En las escuelas secundarias debe estimularse el estudio de estos dos idiomas, así como el del inglés, hoy en día el idioma más pujante del mundo occidental. En los cursos de postgraduados, uno de los requisitos obligatorios debiera ser, si no el conocimiento de los tres idiomas, por lo menos, el poder leerlos y traducirlos fácilmente.

Si se estimulara al máximo este estudio de idiomas, se facilitaría mucho la solución del problema de los libros de texto, pues la publicación de éstos tendría alcance internacional.

En una publicación reciente, de propaganda de una editorial, se dice lo siguiente: "Sin embargo, el intercambio internacional de libros, en aumento, sugiere una nueva e interesante cuestión: ¿Hay—puede haber—ciertos libros, como por ejemplo, los de valor universal, tan bien escritos y de tan vasto interés que su divulgación no tropiece con el obstáculo de algún prejuicio regional?" Y más adelante añade: "No vacilamos en afirmar que la publicación de libros 'supernacionales' contribuirá en definitiva a la paz mundial..."

La publicación de estos "libros universales" en un solo idioma accesible a decenas de naciones es muy interesante, no sólo desde el punto de vista económico, sino también porque es un medio insuperable de difusión cultural y de compenetración de pueblos y naciones. Las publicaciones podrían imprimirse alternativamente en uno u otro idioma, con notas aclaratorias y un

glosario de términos técnicos, bien en un apéndice o en notas al pie de la página, lo que facilitaría el uso del idioma hermano y despertaría el interés por el mismo.

Estos libros y demás publicaciones deberían ser patrocinados por organismos panamericanos y vendidos a precio de costo. Su redacción debiera confiarse a comisiones formadas por los elementos más competentes de cada materia de la América Latina, para garantizar el valor internacional de tales publicaciones.

A nuestro parecer, la publicación de libros de texto al día y bien escritos, y a un precio accesible, sería el primer paso de una revolución en la enseñanza de la ingeniería sanitaria en la América Latina.

#### *Medios audiovisuales*

Los medios audiovisuales son una poderosa ayuda de la labor docente, pues pueden orientar al estudiante de la manera más directa y segura posible. Estos medios muestran en forma instantánea situaciones que requeriría tiempo, esfuerzo e imaginación el comprenderlas de otro modo. Se pueden utilizar en todas las fases de la enseñanza, desde las materias básicas hasta la preparación para trabajos específicos. Son particularmente útiles cuando se trata de dar una visión general de un determinado campo de estudio o de actividades en campos paralelos. Permiten, como dijo un eminente educador, "abrir brecha" en diversos sectores de actividad.

Los medios audiovisuales varían desde los más corrientes, como son los simples álbumes de fotografías, hasta los más complejos, como películas en color para ser proyectadas en pantallas estereográficas, con sonido estereofónico y demás adelantos técnicos.

De particular interés son las diapositivas, bien en color o en blanco y negro, para su proyección. Este es un medio sencillo y económico, que puede elaborar el profesor, pues sólo requiere una cámara fotográfica y un pequeño proyector. Es un medio de gran eficacia y todo departamento debiera poseer un proyector y una colección de diapositivas,

las cuales se pueden reproducir a bajo costo por procedimientos fotográficos comerciales y se prestan muy bien al envío o intercambio en un plan de cooperación.

Ciertos organismos centrales podrían producir y distribuir series especiales de diapositivas, a modo de ilustraciones, de cada libro de texto utilizado.

Una variante son las diapositivas seriadas, acompañadas o no de un disco o una cinta magnetofónica.

Otros medios también eficaces son los dibujos o fotografías ampliados para mostrarlos en las clases o lugares de exposición; no es necesario proyectarlos y se ven a la luz ordinaria. También son una excelente ayuda las colecciones de fotografías.

Las ventajas de estos medios, que se podrían llamar estáticos, son que dan tiempo para exponer el asunto y pueden volverse a proyectar, además de las ya indicadas de su sencillez y fácil manejo.

Medios más completos, por ejemplo, las películas en color y sonoras, permiten exponer una enorme riqueza de información en poco tiempo y ofrecen una visión conjunta de los problemas. Pero su producción es tan costosa que, por lo general, sólo se pueden producir mediante la cooperación de organismos internacionales. Lo mismo que para producir otros medios con la ayuda de organismos internacionales, hay que proceder con mucho cuidado para que los factores de carácter regional o local no desvíen la atención de los verdaderos objetivos que se trata de alcanzar.

Otros medios que también se pueden clasificar como visuales son las reproducciones, en escala reducida o no, de los diseños de proyectos. Este es un medio realmente eficaz, en especial cuando se trata de cursos relativamente breves, en que no se puede pretender que el estudiante desarrolle, en forma de diseños, un programa completo. Este medio se puede utilizar, por ejemplo, haciendo que el estudiante reciba una colección de los diseños de un proyecto de una estación de tratamiento de agua y que, mediante una clave de colores, señale en dichos dise-

ños el recorrido de los agentes químicos y del agua en tratamiento. Otro ejemplo es la utilización de la misma técnica en un proyecto completo de instalación de conducción de agua.

Otros de los medios recientes son la radio y la televisión. Las posibilidades de estos medios para ampliar la docencia a grandes auditorios no se pueden olvidar en cualquier empeño pedagógico dirigido a grupos cada vez mayores.

Los circuitos cerrados de televisión abren nuevos horizontes a las demostraciones, por lo general restringidas a pequeños grupos, pues permiten dirigirse a la vez a distintos grupos de estudiantes en locales diversos.

Aunque la utilidad de todos estos medios en la enseñanza es indiscutible, no se puede desconocer que no hay estudios sistemáticos sobre su eficacia pedagógica. Parece ser que los especialistas en propaganda han dedicado más atención al asunto que los profesores de ingeniería. Cualquier programa de producción y utilización en gran escala de medios audiovisuales debe ir precedido de un estudio a fondo de su posible eficacia. Sólo así se podría tomar una decisión relativamente segura sobre la inversión de fondos en un programa de esta clase.

#### *Prácticas sobre el terreno*

“Aprender practicando” ha sido siempre un método directo y eficaz, de aquí que el adiestramiento de campo o prácticas sobre el terreno tenga tanta aceptación.

Las dificultades principales de este método en la enseñanza de estudiantes no graduados aún es la parquedad del tiempo disponible. En general sólo se pueden utilizar durante las vacaciones escolares. Por desgracia, ocurre con frecuencia en varias universidades que las obligaciones de un período lectivo son transferidas al período siguiente, como por ejemplo, los exámenes finales en la segunda época, y de esta manera el período de vacaciones queda profundamente mermado. Ignoramos si esto es frecuente en toda la América Latina, pero, por

lo menos, lo es en Brasil, donde, por añadidura, tiene carácter oficial.

Una primera e importante providencia, a nuestro entender, sería establecer un calendario escolar, con fechas estrictas de comienzo y terminación de los períodos lectivos y, en consecuencia, de las vacaciones. Durante estas últimas, tanto los estudiantes como los profesores debieran quedar libres de toda obligación relativa al período que se acabara de cerrar. Esta sería una época propicia, no sólo para planear la labor de los períodos venideros, sino también para el funcionamiento de los cursos de verano o de los cursos de prácticas sobre el terreno. Estas actividades debieran desenvolverse, de preferencia, en un ambiente distinto del escolar, en directo contacto con el lugar de trabajo. Debieran ser además preparadas con esmero, supervisadas y orientadas por las propias escuelas. Con gran anticipación habría que seleccionar los lugares de trabajo de los estudiantes, y que aquéllos se dispusieran para tal fin. El encargado del curso procedería a examinar detenidamente las posibilidades didácticas que se ofrecieran para el trabajo en tales lugares y se prepararía también el plan de trabajo que haría el estudiante.

Los organismos gubernamentales de salud pública podrían cooperar en estos programas, así como los departamentos de aguas y alcantarillado, las estaciones de tratamiento, centros encargados del control de la contaminación y de otras clases, industrias diversas, empresas comerciales, oficinas de ingenieros consultores, compañías de construcción, laboratorios, etc.

De acuerdo con las conveniencias didácticas, el estudiante podría permanecer todo su período de trabajo en el mismo lugar, o bien repartir el tiempo entre diversos lugares.

La ejecución de un programa de trabajo de campo que cuente con la ayuda de entidades ya existentes es poco costosa y puede ser puesta en marcha casi inmediatamente.

Una evolución de este sistema podría consistir en la creación de centros especializados de trabajos de campo, en donde los diversos medios e instalaciones para el ejercicio di-

recto de las actividades de los estudiantes estuviesen reunidos en una sola organización. También en este punto son evidentes las posibilidades de cooperación y de planeamiento en un plano panamericano, y tal vez la instalación de media docena de centros de trabajo de campo contribuiría en gran medida a elevar el nivel de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en la América Latina.

#### *Trabajo conjunto de los estudiantes*

Los trabajos derivados de obligaciones didácticas se incluyen aquí en programas de laboratorio o clases de proyecto, y como tales corresponden al Tema II-A de este Seminario. Entendemos por trabajo conjunto o en colaboración de los alumnos el que se hace durante la vida escolar, con carácter facultativo.

El alumno que trabaja en algo ajeno a sus obligaciones estudiantiles durante los estudios, lo hace por diversas razones, no siempre fáciles de conocer, y, a menudo, por una serie de ellas. Este es otro aspecto importante que merece la atención de los educadores, para indagar qué lleva a los estudiantes a buscar otras ocupaciones además de las académicas.

La hipótesis de que tales razones se pueden resumir en dos, coincidentes o no, o sea, el deseo de aprender y las necesidades económicas, podría simplificar la cuestión, pero no esclarecerla del todo.

La necesidad económica existe; y la verdad es que en muchos casos los estudiantes necesitan "ganarse la vida" mientras estudian y hasta, muchas veces, tienen que sustentar a su familia. Al lado de estos casos, la "necesidad económica" alegada es muchas veces indicio de presiones sociológicas. Sin pretender aventurarnos en terreno vedado, la observación lleva a pensar que intervienen factores como la imitación, el deseo de ser como los demás (los que trabajan) o el afán de sentirse responsable e independiente lo más pronto posible, todo lo cual influye en la busca de ocupaciones remuneradas durante la vida escolar.

En otras ocasiones el "deseo de aprender"

no pasa de ser una protesta contra la orientación de los cursos o las escuelas, y el estudiante busca en el trabajo una satisfacción, y, por desgracia, muchas veces se hace la ilusión de que se aprende más trabajando en una profesión cualquiera. De esta manera desperdicia el tiempo por olvidar o, tal vez ignorar aún que, por lo general, lo fundamental se aprende en esa etapa de la vida o no se aprende jamás. Muy rara vez encontrará en su vida profesional una oportunidad como la que ahora desperdicia.

Las razones del estudiante para buscar trabajo no tienen cabida en este informe, ni poseemos la competencia necesaria para indagarlas, pero no se puede dejar de reconocer que son razones profundas, que expresan el anhelo dominante de un medio social o de un estado psíquico característico de la edad escolar. Sean cuales fueren estas razones, urge dedicarles un amplio y profundo estudio para que las escuelas las tengan en cuenta y se dispongan a satisfacerlas o a disciplinar el anhelo a que responden.

Lo ideal sería incorporar al alumno al ambiente escolar, donde debieran encontrar satisfacción todos sus anhelos y necesidades fundamentales, tanto materiales como espirituales; también el trabajo es una de esas necesidades que hay que encauzar dentro del plan escolar. Si el alumno necesita trabajar por una o varias razones, debe hacerlo en la propia escuela bajo la orientación de la misma.

De muchas maneras podrían las universidades contribuir a la solución de este problema. Desde la concesión de becas hasta la asignación de trabajos auxiliares, en la administración o en otros servicios, cuando la necesidad de trabajar se debe principalmente a motivos económicos, hasta la participación desinteresada en trabajos de investigación, cuando la necesidad esencial es el deseo de aprender. Los aspectos sociales han de ser debidamente considerados, en especial en la América Latina, donde, a menudo, el estudiante no vacilará en aceptar, por ejemplo, un trabajo consistente en manejar una máquina de calcular, si bien encontrará

humillante la idea de lavar matraces y tubos de ensayo en un laboratorio o, también, de lavar platos en un restaurante.

Desde el punto de vista docente, lo ideal sería que el trabajo del estudiante consistiese en una actividad puramente escolar que, junto con la satisfacción de trabajar, le permitiese enriquecer sus conocimientos en el campo de su vocación. Para esto, sería necesario y conveniente que las escuelas, además de sus laboratorios y programas de investigación puramente científica, mantuvieran también laboratorios, institutos y programas de investigaciones técnicas en relación permanente con el medio técnico exterior. Estas entidades son, naturalmente, necesarias por otras muchas razones, si bien nos limitaremos a sus relaciones con la enseñanza. Así pues, dada su influencia en el estudiante, es lógico referirse a la que pueden tener en el profesor, lo que se hace a continuación.

### *El profesor*

No se pretende analizar el problema de "quién debe enseñar la ingeniería sanitaria", pues esto se trata en el Tema I-B del presente Seminario. Lo que interesa analizar es el profesor "como otro medio de enseñanza", puesto que no cabe duda que está incluido en las diversas categorías de "medios" ya examinados.

En un sentido amplio, el profesor es una biblioteca, pues se supone que posee un acopio de conocimientos, sistemáticamente ordenados y accesibles para consulta. Tal vez no sea una biblioteca muy completa y, con frecuencia, fallará su sistema de catalogación, pero sin duda constituirá una fuente de consulta muy fácil de utilizar, y, en general, la que, por comodidad o por necesidad, primero se utilice. El profesor desempeña la función de biblioteca, no sólo para los estudiantes, sino, con más frecuencia aún, ante el medio exterior; la comodidad de utilizarlo como fuente de consulta es enorme, pues al interesado le bastará hacer su pregunta sin necesidad de acudir al fichero para obtener la información deseada. Es cierto que no

siempre obtendrá respuesta, mas no por eso es menor la comodidad de la consulta. Del mismo modo que se ha de hacer con la biblioteca, hay que dispensar al profesor la máxima deferencia, teniendo en cuenta su función de repositorio de conocimientos. Huelga decir que la función del profesor no se reduce a acumular conocimientos, sino también impartirlos. Si la universidad puede definirse como una colección de libros y, por lo tanto, la biblioteca debe merecer la máxima atención, con más razón deben merecerla las personas más capacitadas para utilizar estos libros, para reinterpretar constantemente su contenido y, por último, para escribir nuevos libros.

No dudamos incluir al profesor en la categoría de los medios audiovisuales, pues ciertamente habla, gesticula y escribe, es visto y oído; un profesor mudo, tendría la misma utilidad para la enseñanza que un proyector con la lámpara fundida. Las observaciones y dudas sobre la eficacia de los medios audiovisuales se aplican también al profesor. Muchos objetarán que el profesor es algo más que una máquina de dar clase, y ciertamente tienen razón sobrada, pero no olvidemos que no por eso deja de ser también esa máquina. En algunas circunstancias, en ciertos lugares o en determinados cursos, el profesor debe ser esencialmente eso. Desde este punto de vista, uno de los aspectos en que hay que concentrar la atención en un programa tendiente a mejorar la enseñanza, es el profesor. De su perfección dependerá, más que de todo lo demás, el éxito de la enseñanza. Habrá y debe haber en las universidades puestos para individuos adversos a dar clase, y que pueden, sin embargo, ser profesores notables en investigación, en escribir libros o artículos, en organización y administración; sin embargo, el profesor que dé clases debe tener aptitudes especiales para exponer a sus alumnos la materia que le compete. Ejemplos de lo dicho son el del profesor bien compenetrado con sus alumnos y vehículo eficaz de transmitir conocimientos, aun sin tener dotes de investigador y, por otro lado, el del investiga-

por excelencia, ininteligible para sus discípulos, que sicnte aversión por las clases, la que, en general, acaba por hacer sentir a sus estudiantes, convirtiéndose así en un obstáculo para la enseñanza. En una universidad, todos estos elementos son necesarios, de acuerdo con sus funciones, subordinadas a las tendencias y aptitudes naturales de cada uno; pues el personal de cada departamento debe constituir un equipo. A este respecto, hay que reconocer una vez más que un estudio a fondo de la técnica didáctica, de acuerdo con los conceptos modernos de la propaganda, podría ser muy beneficioso para la enseñanza. Digamos de paso que otros grupos de actividades diversas, como, por ejemplo, las asociaciones políticas, también se sirven en gran manera de estos medios, con sus oradores especializados en impresionar a las multitudes, sus *brain trusts*, sus estadígrafos, psicólogos y sociólogos capaces de registrar, analizar y seguir los mejores métodos y técnicas de transmisión de ideas.

Si son difíciles de esclarecer las razones por las cuales el estudiante busca trabajo, más lo serán aún las que mueven al profesor a dedicarse a su magisterio, sobre todo en la América Latina. No se pretende examinar esas razones, aunque no está fuera del tema el decir que una situación económica difícil puede mermar de manera decisiva la eficacia de esa máquina que es el profesor. Lo dicho antes, que el estudiante debe encontrar una satisfacción total de sus anhelos naturales en el ambiente universitario, se aplica, con mayor razón, al profesor, pues su permanencia en él no es transitoria. El ideal de la dedicación exclusiva a la labor universitaria debe ser estimulado por todos los medios posibles. El contacto con el medio y la solvencia económica de las universidades pueden, y deben ser en parte, reforzados mediante la contribución de las mismas a la solución de problemas que no pueden ser abordados por entidades, comerciales o de otra especie, sujetas a trabajos rutinarios. Los laboratorios e institutos de investigación técnica son el lazo de unión de las

universidades con la industria, mantienen el contacto necesario entre las exigencias de la vida cotidiana y las preocupaciones de carácter científico, contribuyen a la estabilidad económica de las instituciones universitarias, ofrecen un excelente campo para el trabajo en colaboración de los estudiantes y permiten al profesor dedicarse por entero a sus quehaceres universitarios.

### Conclusiones

Si, por un lado, nuestras deficiencias no nos permiten solucionar los problemas suscitados, creemos, por otro, que sería útil conocer las dudas y perplejidades que encuentra un profesor todavía inexperto en sus actividades docentes universitarias. Si nuestras observaciones son de algún valor para los fines del presente Seminario, será por suscitar la manifestación de pareceres y opiniones autorizados. Resumimos de la siguiente manera nuestras conclusiones y sugerencias sobre cómo mejorar los medios de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en la América Latina.

1. Todo curso o plan de estudios debe tener un fin claro y definido y tener en cuenta los cursos básicos, los de divulgación, de introducción, de capacitación para trabajos específicos, y otros. De acuerdo con el fin, variarán los métodos y medios de enseñanza.

2. Se reconoce la importancia fundamental de la biblioteca universitaria, y por ello se recomienda:

a) Estudio intensivo y amplia divulgación de las técnicas de clasificación y catalogación, las que deberán ser objeto de cursos especiales, publicaciones, exposiciones, etc., para familiarizar con ellas al profesor y al alumno, de suerte que se conviertan en un verdadero instrumento de trabajo;

b) Organización de catálogos generales centrales de las bibliotecas de todas categorías: universitarias, nacionales e internacionales;

c) Distribución de esfuerzos entre las bibliotecas, de acuerdo con un plan panamericano, tendiente a la especialización de cada una, de acuerdo con los problemas de

importancia local, y a convertirlas en centros de consulta continental;

d) Colaboración de tales bibliotecas en la tarea de hacer y divulgar resúmenes, y de elaborar índices bibliográficos, al día, sobre los temas de sus respectivas especialidades;

e) Facilitar por todos los medios la utilización de las bibliotecas a los interesados;

f) Ensanchar la acción de cada biblioteca mediante el intercambio de publicaciones con otras y estimular el servicio de reproducción de textos, sobre todo por medio de microfilms.

3. Intensificar la publicación de libros de texto, con la cooperación internacional, destacar que en toda la América Latina sólo se hablan dos idiomas que, por su origen y sintaxis, pueden ser entendidos sin dificultad en todos los centros de enseñanza de la región, y recomendar que se incremente y difunda la utilización de ambos idiomas en dichos países a fin de ensanchar el mercado del libro y abaratar éste.

4. Los medios audiovisuales son una poderosa ayuda de la enseñanza; por consiguiente, se recomiendan estudios intensos para lograr la mejor forma de utilizarlos, con el objeto de obtener el máximo rendimiento o el mejor aprovechamiento posible de los recursos que se les asigne en un programa general de mejoramiento de la enseñanza.

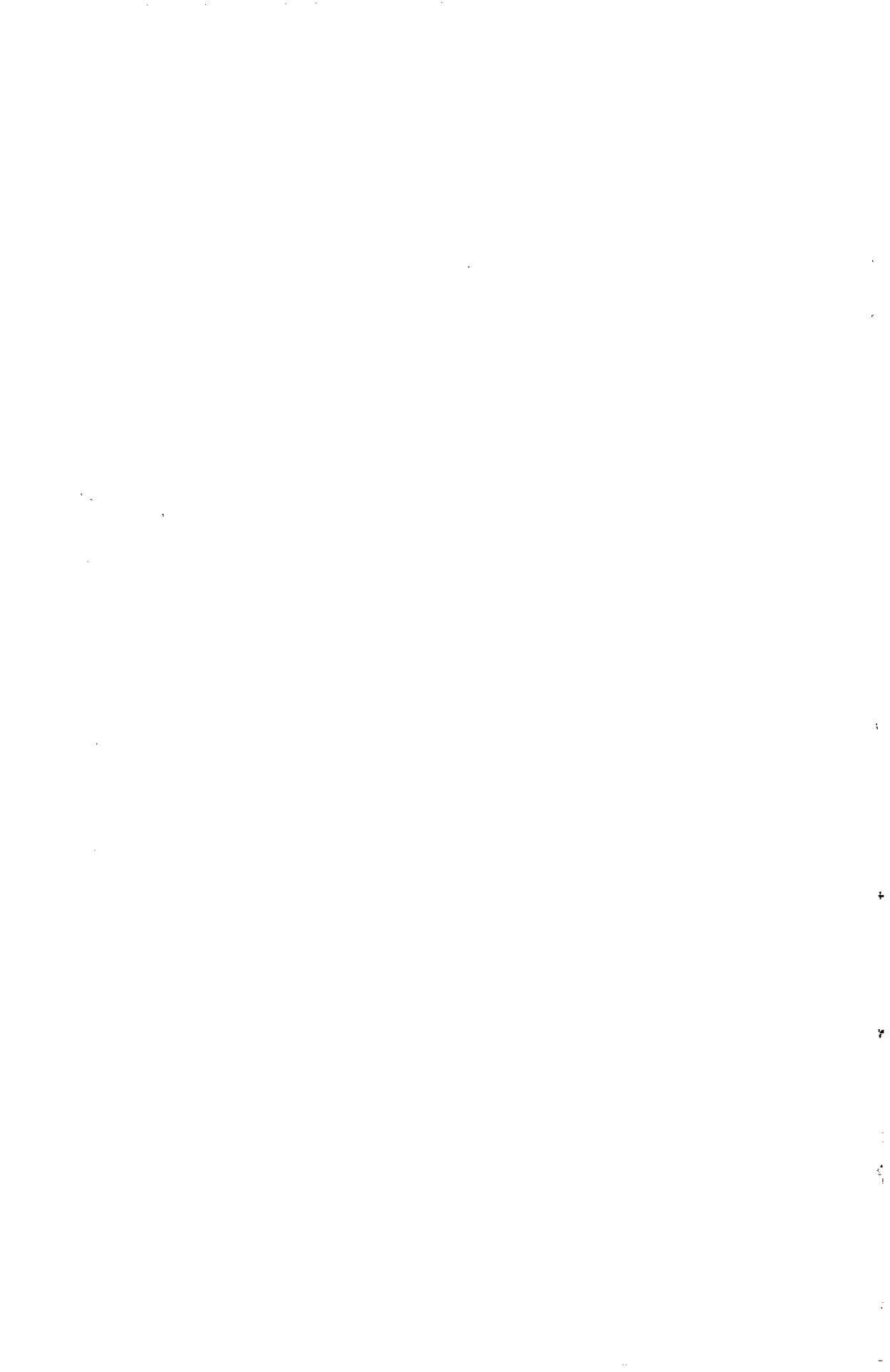
5. Recomendar las prácticas sobre el terreno como un medio de "aprender practi-

cando", y la adopción de medidas encaminadas al adiestramiento económico, aprovechando los organismos locales apropiados, y la creación de centros de adiestramiento basados en la cooperación internacional.

6. Abordar el trabajo en colaboración de los estudiantes desde el punto de vista de su necesidad resultante de presiones económicas, psicológicas o sociales, y recomendar el estudio a fondo de estas presiones, y la necesidad de su reconocimiento por parte de las universidades. Finalmente, se sugiere la adopción de medidas para que el estudiante encuentre la más completa satisfacción de sus anhelos dentro del ambiente escolar.

7. Por último, se ve al profesor como "un medio de enseñanza" más, se destaca la importancia de su actuación y se reconocen la posibilidad y la necesidad de tener en cuenta las diversas aptitudes del mismo, una de las cuales es la de dar clases; se sugiere el trabajo solidario por departamentos, de acuerdo con las tendencias o inclinaciones naturales de sus integrantes; se reconoce que el investigador es valioso en una universidad, si bien puede llegar a ser un mal instructor; se sugiere la adopción de medidas que garanticen la obtención de la máxima eficacia del profesor; se destaca el ideal de la dedicación exclusiva a la labor universitaria; y se recomienda que los laboratorios e institutos de investigaciones técnicos sirvan de vínculo entre las universidades y las fuerzas vivas de su circunscripción.





### **TEMA III**

- A. Estudios de especialización (postgraduado) al nivel nacional e internacional, cursos de perfeccionamiento y cursos cortos para ingenieros y personal técnico auxiliar.
- B. Relación de la enseñanza de ingeniería sanitaria con las facultades de medicina, salud pública, ingeniería y otras, así como con agencias del gobierno.
- C. Utilización de los graduados de ingeniería sanitaria en actividades públicas y privadas.



## ENSEÑANZA DE INGENIERIA SANITARIA A NIVEL POSTGRADUADO EN AMERICA LATINA

ING. HUMBERTO OLIVERO, H.

*Jefe, Departamento de Ingeniería Sanitaria e Hidráulica  
Universidad de San Carlos  
Guatemala, Guatemala*

### INTRODUCCION

Recibimos de la Oficina Sanitaria Panamericana invitación para participar en este Seminario sobre Enseñanza de Ingeniería Sanitaria en América Latina, organizado por dicha Oficina con la colaboración de la Universidad Nacional de Ingeniería y del Gobierno del Perú, y de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. En dicha invitación se nos indicaba que, en esta ocasión, se trataría sobre todo de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en las facultades de ingeniería civil, y a nosotros se nos pidió que tratáramos el tema enfocado hacia la enseñanza de la ingeniería sanitaria a nivel postgraduado. Al tratar de hacerlo, nos damos cuenta de que, como en todo seminario donde el contenido se deja a la libertad del disertante, siempre se tiene, en unos casos, traslape y hasta repetición de ideas y de exposición; y, en otros, distintos puntos de vista sobre la misma cosa. Son las repeticiones y sobre todo las divergencias, las que hacen interesantes estas reuniones, ya que representan las ideas o modo de pensar de personas de experiencia distinta, y, lo que es más importante, de distintos medios, facilidades y condiciones, si bien todos con el denominador común del gran interés por el problema de la enseñanza de la ingeniería sanitaria.

Al tratar el tema de la enseñanza, a nivel postgraduado, en las naturales referencias y comparaciones que hacemos con la enseñanza en los Estados Unidos, deseamos

aclarar, para evitar confusiones, que por lo general, el significado de postgraduado, que para nosotros los latinoamericanos es perfectamente claro, equivale al de nivel graduado en dicho país; y al decir estudios de graduado, nos referimos a lo que en los Estados Unidos llaman *bachelor* o *undergraduate*.

### DEFINICIONES

El Comité sobre Educación Profesional, de la Asociación Americana de Salud Pública, define al "ingeniero sanitario" como "el ingeniero adiestrado en técnicas que le permiten asesorar, administrar, supervisar o dirigir actividades profesionales y científicas en que los conocimientos y la pericia en materia de ingeniería son esenciales para identificar y controlar los factores ambientales que pueden tener efecto perjudicial al bienestar físico, mental o social del hombre".

La ingeniería sanitaria, según el informe sobre "Formación profesional de los ingenieros sanitarios que se dedican a actividades de salud pública",<sup>1</sup> "abarca los aspectos de salud pública de todas las condiciones y situaciones del medio cuyo control se basa en los principios de la ingeniería y en la aplicación de los conocimientos científicos".

También se ha definido, en forma separada, al ingeniero sanitario y al ingeniero de salud pública como sigue:

<sup>1</sup> *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Vol. XLIII, No. 5 (noviembre de 1957), págs. 449-457.

*Ingeniero sanitario:* Es un ingeniero graduado de una escuela de ingeniería, especializado en el diseño, construcción y operación de sistemas y plantas de abastecimiento de agua y de eliminación de líquidos cloacales, y en otras actividades de ingeniería requeridas en saneamiento.

*Ingeniero de salud pública:* Es el ingeniero graduado de una escuela de ingeniería, especializado, en grado substancial, en saneamiento del ambiente, en abasto de agua, en desagües, alimentos, y en especial la leche; en control de vectores y otras actividades propias de salud pública, etc. En Estados Unidos, para ocupar una posición de ingeniero de salud pública en un departamento de salud de un Estado o de una ciudad, se requiere conocer bioestadística, epidemiología, administración de salud pública, alimentos, entomología, vivienda, calefacción, iluminación, aire acondicionado, ventilación, higiene industrial, etc.

Las definiciones precedentes ponen de relieve la diferencia entre las actividades representativas del ingeniero sanitario y las del ingeniero de salud pública, pues mientras el primero se dedica sobre todo al planeamiento, diseño, construcción y operación de obras relacionadas con la salud pública, el segundo tiene por campo de acción el saneamiento general en cuanto responsabilidad de los departamentos de salud.

Tal vez una de las definiciones que mejor describe el campo de la ingeniería sanitaria es: "La aplicación de los principios de ingeniería al medio ambiente del hombre en relación con el agua, el aire, los alimentos, la vivienda y los centros de trabajo, para la protección y promoción de la salud".

No nos resistimos a expresar nuestro pensamiento sobre las distintas terminologías que se han tratado de introducir en la última década para expresar el campo de acción de la ingeniería en relación con el campo de la salud pública. Así podemos mencionar: saneamiento ambiental, ingeniería de salud pública, salud ambiental, ingeniería del ambiente, etc. Tal vez por el atractivo de las nuevas expresiones, estos términos, en Amé-

rica Latina, han encontrado fácil aceptación y tendido a eclipsar el término clásico y correcto de ingeniería sanitaria; y más aún, la utilización de esta terminología tuvo el efecto, en algunos casos, de hacer perder jerarquía a la ingeniería sanitaria en el campo de la salud pública. A este respecto, la División de Ingeniería Sanitaria de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles ha expresado recientemente que "cada uno de estos términos ha tenido su período de prueba, y actualmente la tendencia definitiva es de nuevo hacia el uso y reconocimiento del término 'ingeniería sanitaria' como el más apropiado para expresar la aplicación de los principios de ingeniería al control del ambiente, en interés de la salud pública".

#### UN POCO DE HISTORIA Y CRITERIOS

La ingeniería sanitaria "ha sido y es una profesión en transición y evolución"; por lo tanto, para comprender mejor su estado actual y su futuro, es bueno que se revise, aunque sea brevemente, su pasado.

La ingeniería sanitaria nació y se desarrolló en América. Las primeras actividades en este campo surgieron en los Estados Unidos de América, en el Estado de Massachusetts, por iniciativa de la Junta de Salud del Estado (State Board of Health), en 1886, y en la República Argentina, al crearse la Inspección General de Obras de Salubridad, en 1890, como una dependencia del Departamento de Obras Públicas, cuya finalidad fundamental era el abastecimiento de agua.

La ingeniería sanitaria como disciplina docente y su enseñanza como profesión universitaria tienen origen y desarrollo en Estados Unidos en los últimos años del siglo pasado y primeros del actual. Los primeros intentos de enseñar la ingeniería sanitaria, con atención principal al problema del abastecimiento de agua, se manifiestan en el plan de estudios de ingeniería civil, con cursos complementarios de química y microbiología—Sedgwick, M.I.T.; Babbitt, Illinois; Hyde, Universidad de California.

El período correspondiente al segundo cuarto del siglo actual se caracteriza por la expansión e incremento de la ingeniería sanitaria, que se reflejan en los avances de la tecnología y en los procesos de purificación de agua, de tratamiento de aguas servidas y en trabajo en nuevos campos, como desechos industriales y, en general, con lo relacionado con el saneamiento del ambiente e higiene industrial. En cuanto a centros de enseñanza, su número en Estados Unidos aumenta notablemente y las universidades establecen planes de estudio y confieren grados al nivel de *bachelor*, que corresponden al de licenciatura en América Latina; y al nivel de *master*, equivalentes al de estudios de postgraduado entre nosotros.

La tercera etapa, en la que influyeron los proyectos y programas establecidos durante e inmediatamente después de la segunda guerra mundial, se caracteriza por la demanda de ingenieros, sobre todo de ingenieros civiles, con una sólida educación y adiestramiento en ingeniería sanitaria, lo que hizo sentir la necesidad de programas de estudio a nivel postgraduado (*master's degree*). En este sentido, cabe mencionar aquí, entre otros, el programa de la Universidad de Harvard, bajo la dirección del profesor Gordon M. Fair, que ha tenido una gran influencia en la enseñanza de la ingeniería sanitaria, tanto en Estados Unidos como en América Latina.

Los organismos internacionales, por orden cronológico, el Instituto de Asuntos Interamericanos y luego la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud, han tenido una gran influencia en la formación de ingenieros sanitarios en América Latina, tanto por medio de becas, como de la ayuda y asesoría que han proporcionado a las escuelas y a los programas de estudio creados en los últimos 15 años.

A modo de ilustración, y también por ser útil su conocimiento, haremos una breve referencia a los estudios de ingeniería sanitaria en Europa, para lo cual nos serviremos de la monografía sobre la enseñanza de la ingeniería sanitaria, del Ingeniero Milijob

Petrik, profesor de esta materia en la Universidad de Zagreb, editada por la Organización Mundial de la Salud en 1956.

El profesor Petrik dice: "En Europa hay muy pocos ingenieros sanitarios en comparación con el total de ingenieros de otras clases, y la ingeniería sanitaria como tal no ha alcanzado verdadero reconocimiento".

Para explicar la situación anterior, y al comparar Europa con Estados Unidos, dice que, en Europa, "todos los asuntos relacionados con la salud pública han sido, por largo tiempo, de la sola incumbencia de los servicios de salud; y todo lo relacionado con obras sanitarias incumbió a los departamentos de obras públicas. Al entrar en escena el ingeniero sanitario en otras partes, no había en Europa lugar para él; y si él insistía en recabar su puesto, corría el riesgo de ser considerado como un intruso, tanto por los servicios de salud, como por los departamentos de obras públicas".

En cuanto a la enseñanza de ingeniería sanitaria en Europa, dice que su enseñanza para los graduados (licenciatura o *bachelor*) sólo se ofrece en escuelas de ingeniería, ya que, por lo general, los aspectos privativos de ingeniería sanitaria figuran en el plan de estudios de ingeniería civil, y que la enseñanza a nivel de postgraduado sólo existe en el Reino Unido, en Italia, Yugoslavia y Bélgica. En algunas universidades se ofrecen cursos cortos y especiales de ingeniería sanitaria, como en la escuela de ingeniería de Delf. Al comentar la situación anterior, el profesor Petrik dice que "la mejor forma de mejorar el estado de cosas actual es añadir a los planes de estudios vigentes de ingeniería civil tantos cursos de ingeniería sanitaria como sea posible, para hacer comprender a los nuevos ingenieros los vínculos de su profesión con la salud pública.

Los últimos años, en relación con la ingeniería sanitaria y su enseñanza, se han caracterizado por nuevas técnicas en los aspectos clásicos de la profesión, y la aparición de nuevos horizontes que requieren conocimientos y técnicas cada vez más profundas, complejas y difíciles. Ejemplos conocidos

son, entre otros, el desarrollo de la energía nuclear y los problemas consiguientes de la eliminación de sus desperdicios y posible contaminación del aire por radiaciones ionizantes.

La complejidad y el ensanche cada vez mayor de los problemas de ingeniería en relación con la salud pública, han creado la necesidad de varias clases de ingenieros, o sea de profesionales que poscan, desde su enseñanza a nivel de la licenciatura (*bachelor*), conocimientos básicos que los capaciten para estudiar en mejor forma estos problemas. Así hoy se considera la posibilidad de que un ingeniero químico o mecánico esté más capacitado para hacer estudios a nivel postgraduado en campos como la higiene industrial, polución del aire, etc.

La opinión actual es que parece difícil establecer un plan de estudios, a nivel de graduado (licenciatura o bachillerato), lo bastante amplio para incluir los conocimientos básicos de la ingeniería, los de química y de la biología, y al mismo tiempo todo lo relativo a ingeniería sanitaria, para formar un profesional que, con sólo estos estudios, esté capacitado para resolver todos los problemas.

A este respecto, Ludwig, Laubusch y Pearson, en su interesante trabajo "La evolución de la enseñanza de la ingeniería sanitaria", dicen: "Se reconoce cada vez más, a medida que el campo de acción aumenta, que no es conveniente tratar de acomodar dentro de un plan de estudios de ingeniería sanitaria, a nivel de la licenciatura (*undergraduate*), materias suficientes para considerar al ingeniero un especialista en todos los aspectos de la ingeniería sanitaria". Y luego, en su trabajo, expresan la conveniencia de que la enseñanza de ingeniería sanitaria, al nivel del graduado (*bachelor*), debe ser el paso indispensable para conocer las bases que sirvan de orientación de los estudios a nivel postgraduado, y permitir a los ingenieros civiles conocer la significación e importancia de un gran número de obras vitales para la colectividad. La tendencia en general de la enseñanza especializada de la

ingeniería sanitaria es hacia los niveles de postgraduado (*master* y doctorado).

#### LA INGENIERÍA

Si consideramos que la ingeniería sanitaria es una especialización de la ingeniería, conviene revisar, aunque sea en forma breve, la naturaleza y el propósito de la ingeniería, y principalmente lo relativo a su enseñanza de rango universitario.

Una de las definiciones generales y más conocidas define la ingeniería como "el arte y la ciencia de utilizar las fuerzas y recursos (incluyendo los humanos) de la naturaleza en beneficio de la humanidad". Es una definición bastante amplia por cierto, y aunque se han dado otras, es difícil deslindar sus características esenciales y establecer límites entre ella y otras profesiones. Por ello, a medida que la profesión de la ingeniería amplía su radio de acción y aumentan sus especialidades y funciones, se hace más difícil el definirla.

Nuestra preocupación en la enseñanza básica de la ingeniería, debe ser el fomento de la formación científica del ingeniero, más que preparar simples técnicos, ya que lo que debe caracterizar a los estudios de ingeniería como carrera universitaria, es una buena base científica que permita al ingeniero el estudio y la investigación de los problemas y el hallarles solución.

Al mismo tiempo, la enseñanza de la ingeniería debe abarcar una preparación de los que se gradúan, para el desempeño del papel que les toca en la sociedad en su calidad de ciudadanos y sobre todo para que comprendan la significación de su trabajo para la comunidad.

El mundo actual clama por ingenieros que, además de entender de ingeniería propiamente dicha, conozcan, cuando menos un poco, las ciencias naturales, las artes, humanidades, ciencias económicas, etc. Esto significa que los estudios de ingeniería no deben considerarse ya como una agrupación de cursos desconectados, sino que deben abarcar y hacer uso de materias hasta ahora

consideradas más propias de otras profesiones.

En América Latina, siguiendo tal vez la trayectoria europea, las universidades establecieron primero la carrera de ingeniería civil con el objeto de formar un ingeniero de amplios conocimientos en varios aspectos de la carrera, y que, aunque sin mucha especialización, le permitiera acometer distintos problemas. Luego, la tendencia en varios casos ha sido la de crear escuelas de ingeniería de diversas ramas totalmente separadas unas de otras y dentro de una misma universidad, debido, con frecuencia, a falta de organización, planificación y coordinación en la enseñanza, a nivel de las máximas autoridades universitarias, y también a las presiones de profesores y estudiantes de las diversas disciplinas para constituirse en una entidad autónoma y separada. Aunque estas últimas intenciones sean loables para el desarrollo de las propias profesiones, a la larga se traducen en una serie de desventajas, que van desde el "aislamiento" hasta el aspecto económico, y sobre todo a las dificultades de contar con una enseñanza básica en ciencias, artes, humanidades y el campo económico-social.

Consideramos que lo conveniente sería que todas las carreras principales de ingeniería estuvieran en una misma escuela o facultad universitaria, debido a que una parte de las asignaturas del plan de estudios son, o debieran ser, las mismas, y a que los cursos específicos de cada una de las diversas carreras serían mejor administrados en una forma departamentalizada e integrados dentro de la escuela de ingeniería, ya que, en términos generales, la enseñanza fundamental que se requiere en las varias carreras de ingeniería es la misma.

#### LA INGENIERIA SANITARIA COMO ESPECIALIZACION DE LA INGENIERIA

A medida que el saber científico y la técnica han progresado, sobre todo en las últimas décadas, la profesión de ingeniería se ha ampliado y, como consecuencia, se han creado especialidades. La relación

entre las carreras de ingeniería a nivel universitario y los estudios de especialización de ingeniería sanitaria, al mismo nivel, la expresa el Dr. John C. Geyer así: "Los ingenieros sanitarios provienen con frecuencia de la ingeniería civil, química o mecánica. A este respecto, se considera que todo ingeniero sanitario debe estar preparado en una de las principales ramas de la ingeniería".

En los estudios de especialización o de postgraduado (al nivel de *master*) para estudiantes que han recibido ya una formación en las ciencias básicas y en las propias de la ingeniería, podemos considerar que los programas son más de "educación profesional de la ingeniería", y aquí nuestra preocupación debe ser establecer un programa equilibrado tanto en la enseñanza científica básica, como en la técnica para lograr resultados y soluciones útiles y prácticas. Esto es, capacitar al ingeniero en la aplicación de las ciencias para obtener buenos resultados en el diseño, operación y economía, con una misión en su profesión, de mejoramiento y no de duplicación, en función de beneficios y de costos.

En los programas de estudios de una especialización en ingeniería sanitaria, con frecuencia no se da la importancia que merece a los fundamentos del financiamiento, organización y administración de los programas y trabajos que a dicha especialización competen. Aunque pudiera objetarse que estas son materias que no deben enseñarse en detrimento de las científicas y técnicas de la especialidad, es un hecho que un buen porcentaje de los ingenieros, con cursos de postgraduados en la materia objeto de este Seminario, tarde o temprano desempeñan cargos ejecutivos y administrativos. En todo caso ocupan puestos de jefes de sección o división, donde se necesita coordinar y administrar el trabajo de un grupo y, además, decidir sobre soluciones alternativas a base de un análisis económico financiero.

El problema fundamental de ingeniería sanitaria que actualmente confronta el medio urbano de América es el abasteci-



miento de agua. Este problema no se ha resuelto, no por falta de técnicos, sino por falta de una manera conveniente de financiar dicho servicio con recursos de las colectividades beneficiadas, y por falta de una eficaz organización y administración de los servicios. No se pretende, en manera alguna, convertir al ingeniero sanitario en un especialista en economía, sino que posea la formación fundamental para buscar recursos financieros, y que tenga un concepto claro de la importancia de la organización y la administración.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS  
PLANES DE ESTUDIOS DE POSTGRADUADOS  
EN INGENIERIA SANITARIA E INGENIERIA  
DE SALUD PUBLICA EN AMERICA

A. *Planes generales de estudio vigentes*

En el cuadro anexo a este trabajo se presentan, en forma general, las materias comprendidas en los cursos de postgraduados de ingeniería sanitaria y de ingeniería de salud pública en América. Los datos relativos a Estados Unidos se tomaron del "Directorio sobre la Educación de Ingeniería Sanitaria", preparado por el Comité en Educación de la Junta de Inter-Sociedades de Ingeniería Sanitaria de Norte América; este Directorio se editó en 1960 y es de reciente distribución. Lo relativo a América Latina procede de la Organización Panamericana de la Salud.

Al resumir la información en un solo cuadro, nos damos cuenta de que no es fácil interpretar del todo correctamente, algunos de los datos originales, pero aún con las naturales y pequeñas inexactitudes, el propósito es presentar situaciones y tendencias, y en manera alguna juzgar, examinar o comparar programas de estudio en lo particular. Nuestro objeto es dirigir la atención a consideraciones de carácter general, que son las más constructivas, para, a partir de ellas, hacer algunos comentarios que tal vez permitan formular recomendaciones y criterios.

B. *Estados Unidos de América*

Se presenta la información general de 24 universidades con estudios de postgrada-

dos de ingeniería sanitaria al nivel del *master* o similar, las que se seleccionaron de entre las 52 escuelas de ingeniería que otorgan grado, al nivel de postgraduados, de ingeniería sanitaria. La selección, hecha por nosotros, se basa principalmente en la eliminación de aquellas escuelas que cuentan con un profesorado muy reducido, y en unos pocos casos, cuando los datos no presentaban la claridad necesaria para tabularlos. Aparecen en el cuadro las cinco escuelas de salud pública incluidas en el Directorio y que ofrecen estudios de postgraduados en ingeniería de salud pública. Se resumen a continuación, por separado, las características más salientes de los planes de estudio de ingeniería sanitaria y de ingeniería de salud pública, en Estados Unidos.

*Ingeniería sanitaria en Estados Unidos (master's degree)*

1. Se confiere indistintamente el grado de *master* en ingeniería sanitaria o en ingeniería civil con especialidad en ingeniería sanitaria.

2. Los estudios previos, como requisitos de ingreso, en términos generales, se pueden resumir así:

- a) Todas admiten al ingeniero civil.
- b) La gran mayoría admite también al ingeniero químico y al ingeniero mecánico.
- c) Una buena proporción de escuelas admite a cualquier graduado de ingeniero. Se requiere en algunas el grado de ingeniero electricista.
- d) Algunas escuelas admiten además graduados en química, física, biología, ciencias y matemáticas.

3. Los requisitos de admisión, en cuanto a las materias básicas que deben cursarse previamente, por lo general son: matemáticas, hasta ecuaciones diferenciales y estadística; química, generalmente hasta análisis cuantitativo; bacteriología; un curso general de abasto de agua, sistemas de desagües, purificación del agua y tratamiento de aguas servidas.

4. Entre las escuelas que admiten otros grados además del de ingeniero civil, algunas especifican que deben complementar su preparación con cursos de hidráulica, mecánica

PROGRAMAS DE ESTUDIO DE INGENIERIA SANITARIA A NIVEL POSTGRADUADO EN AMERICA

Universidad	Grado que confiere	Grado como requisito de ingreso	Ciencias				Ingeniería				Salud Pública																		
			Bacteriología	Química	Abas. Agua	Trat. Cloac.	Química Sanitaria	Bac. Sanitaria	Abas. Agua	Desagües	Purif. Agua	Trat. Cloac.	San. Amb.	Ciencias San.	Desechos	Industriales	Hidrología	Estadística	Epidemiología	Enfs. Trans.	Admín. de S.P.	Higiene Industrial	Pol. del Aire	Salud Rad.	Parasitología	Alimentos	Educación Sanitaria	Legislación y Organiz.	
I. Ingeniería Sanitaria, E.U.A.																													
U. de California.....	Ing.	I.C., I.Q., I.M., Otros	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Cornell.....	M.S.	I.C., I.Q.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Inst. Tecnológico de Georgia.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Harvard.....	S.M., A.M.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Illinois.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. del Estado de Iowa.....	M.S.	Cualquier ing.; Otros	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de "Iowa State".....	I.S.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Johns Hopkins.....	Ing.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
M.I.T.....	I.S.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Michigan.....	I.S.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. del Estado de Michigan.....	I.S.	I.C., I.Q.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Minnesota.....	I.C.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Missouri.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de New York.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Carolina del Norte.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. del Estado de Carolina del Norte.....	I.C.	I.C., I.Q., I.M., I.E.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de North Western.....	I.C.	I.C.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Oklahoma.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Inst. Politécnico de Brooklyn.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Siracusa.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Texas.....	I.S.	No indica	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Washington.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. del Estado de Washington.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Wisconsin.....	I.S.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de I.C.....	I.C.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
II. Ingeniería de Salud Pública, E.U.A.																													
U. de Harvard.....	M.S. en H.	I.S., I.Q., I.M., Otros	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Johns Hopkins.....	M.P.H.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Michigan.....	M.P.H.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Minnesota.....	M.P.H.	Cualquier ingeniero	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. de Pittsburgh.....	M.P.H.	I.C., I.Q., I.M.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
III. América Latina																													
U.N.A. de México.....	U. de Buenos Aires.....	U. de São Paulo.....	U. de Chile.....	U. de Puerto Rico.....	S.S.P. de México.....	U.C. de Venezuela.....	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

M.S. = Master of Science; M.P.H. = Master of Public Health

de flúidos, termodinámica, estructuras, etc., además de los mencionados en el punto anterior. Es decir, que lo que se exige para esta especialidad constituye una buena preparación en ingeniería.

5. La mayoría de las escuelas, cuando el estudiante debe tomar un curso de bacteriología, química, estadística o abastecimiento de agua y desagües, etc., antes de entrar en los cursos más avanzados, o porque no los ha recibido previamente, otorgan créditos de acuerdo con el programa que se le fije al estudiante para el *master*.

6. Los cursos básicos de los programas de ingeniería sanitaria son:

- a) Química y química sanitaria (teoría y práctica).
- b) Bacteriología y microbiología sanitaria (teoría y práctica).
- c) Abastecimiento de agua y sistemas de desagüe (teoría y práctica).
- d) Purificación del agua y tratamiento de aguas servidas (teoría y práctica).
- e) Un curso general de saneamiento ambiental o de ingeniería de salud pública.

Siguen en importancia a los cursos anteriores:

- f) Hidráulica, hidrología y recursos de agua.
- g) Desperdicios industriales.
- h) Estadística.

7. Además de los cursos básicos anteriores, algunas escuelas exigen un curso de salud pública, como se aprecia en el cuadro.

#### *Ingeniería de salud pública en Estados Unidos*

1. Se confiere, por lo general, el grado de *master* en salud pública.
2. Los grados, como requisito previo de ingreso, son cualquiera de ingeniería y, en varias escuelas, de química, física o de ciencias básicas de la salud pública.
3. Los requisitos de admisión, en cuanto a las materias básicas que deben cursarse previamente, por lo general son: química, generalmente hasta análisis cuantitativo; bacteriología, curso general; matemáticas

hasta ecuaciones diferenciales. En algunas escuelas se exigen hidráulica, estadística, abastecimiento y purificación de agua y sistemas y tratamiento de desagües.

4. Al igual que para ingeniería sanitaria, los estudiantes que cursan bacteriología y química obtienen créditos en el programa que se les fije para el grado.

5. Los cursos básicos de los programas de ingeniería de salud pública son:

- a) Saneamiento ambiental o ingeniería de salud pública.
- b) Estadística o bioestadística.
- c) Epidemiología.
- d) Administración de salud pública.

Siguen en importancia a los cursos anteriores:

- e) Salud radiológica.
- f) Higiene industrial.
- g) Polución del aire.

#### *Higiene industrial, salud radiológica y polución del aire*

Durante los últimos años, en Estados Unidos, han adquirido mucha importancia los estudios de higiene industrial, de salud radiológica y de polución del aire. En cuanto al nivel de estudio de estas materias, la tendencia general es hoy hacia el nivel del "doctorado", y en algunos casos, el de *master*, pero en este último caso los estudios se concentran y especializan en las materias respectivas. Se requieren de entrada estudios de ingeniería de salud pública, al nivel de *master* o su equivalente.

#### *C. América Latina*

Los estudios de ingeniería sanitaria y de ingeniería de salud pública a nivel postgraduado en América Latina, son de creación reciente.

Este trabajo, tal como se convino, trata de estudios de ingeniería sanitaria a nivel postgraduado. Por ello en el cuadro general sólo aparecen las universidades donde ahora hay estudios a este nivel, pero no queremos dejar de mencionar que, en América Latina, hay una facultad de ingeniería sanitaria, con estudios a nivel de

graduado, precisamente en el país anfitrión; y se han dado en varias universidades, entre ellas la de Venezuela, cursos a nivel de postgraduado sin llegar a otorgar un grado de especialización.

En la información con que se contó sobre América Latina, no se especifica la preparación que debe tener el estudiante, en cuanto a grados académicos previos y materias básicas, para su ingreso. En este aspecto agradecería la colaboración de los distinguidos asistentes a este Seminario, tanto para completar algunos datos, como para corregir otros o ponerlos al día.

Las materias que por lo general se enseñan en los cursos de ingeniería sanitaria e ingeniería de salud pública en América Latina, se encuentran en el mismo cuadro en que aparecen las de Estados Unidos.

Las características más sobresalientes de los planes de estudio son:

1. Dos de las universidades se atienen a programas estrictos de ingeniería sanitaria; en dos universidades el programa está más o menos equilibrado entre cursos de ingeniería sanitaria y de salud pública, y hay otras dos cuyos programas muestran una tendencia marcada hacia la salud pública.

2. En las universidades con programas estrictos de ingeniería sanitaria o en las que combinan materias de salud pública, si bien acentúan la ingeniería, hay por lo general cursos con programas regulares, que suelen seguir ingenieros civiles.

3. En las universidades con programas combinados y con los que muestran tendencia hacia la salud pública, no hay por lo general programas regulares muy definidos. En este tipo combinado de enseñanza cursan, por lo general, médicos e ingenieros, además de enfermeras, educadores, etc.

4. Los cursos básicos comunes a todas las universidades o escuelas son: química sanitaria, bacteriología o microbiología sanitaria, saneamiento ambiental y estadística.

5. En todas hay cursos básicos de abastecimiento de agua y desagüe, y purificación de aguas y tratamiento de aguas negras, pero el alcance de los cursos es distinto, y es mayor

el de aquellos cuya tendencia favorece la ingeniería sanitaria.

6. Las dos escuelas cuyo programa es estrictamente de ingeniería sanitaria, enseñan un curso básico de hidráulica e hidrología.

7. Los programas de cursos combinados y los de tendencia hacia la salud pública, enseñan regularmente cursos de epidemiología, administración de salud pública y parasitología; y la mayoría de ellos enseñan, además, higiene industrial y de los alimentos.

8. Los programas de marcada tendencia hacia la salud pública tienen, además, cursos de educación sanitaria.

9. Algunas de las materias, que no aparecen señaladas en el cuadro, se ofrecen como parte de otros cursos.

#### RECOMENDACIONES FINALES

Al hacer algunas consideraciones finales sobre la enseñanza de la ingeniería sanitaria a nivel postgraduado en América Latina, más que formular conclusiones definitivas, preferimos ofrecer a la consideración de este Seminario ideas generales y sugerencias para discutir las, ya que lo primero no es una tarea fácil, en vista del número y complejidad de los diversos factores que hay que tener en cuenta:

1. La conveniencia de reforzar y de establecer materias de ingeniería sanitaria en las carreras de ingeniería civil, ingeniería química y mecánica, con el objeto, no sólo de proporcionar conocimientos básicos, sino para crear incentivos y despertar aficiones en los estudiantes que tengan aptitudes y deseos de especializarse a nivel postgraduado.

2.Cuál es el grado de preparación recomendable de los estudiantes graduados de las diferentes carreras de ingeniería en América Latina, al comenzar los estudios de especialización, y qué mínimo de estudios se debe fijar para el ingreso a los estudios de especialización (matemáticas, ingeniería, química, biología, etc.)

3. Cuáles son hoy las necesidades más

urgentes para el progreso de la ingeniería sanitaria en nuestros países.

4. Cuáles serán las necesidades futuras, de acuerdo con los avances de la ciencia y la técnica, en materia de ingeniería sanitaria, ya que un plan docente que sólo se atenga a las necesidades actuales e inmediatas, es un plan atrasado.

5. Ya que el radio de acción de la ingeniería sanitaria es cada día más amplio, qué prioridad y "grado de importancia relativa" hay que establecer en la enseñanza de esta disciplina.

6. Los estudios de especialización tienen, por lo general, una duración escasa en las universidades. Teniendo en cuenta la amplitud, cada vez mayor, de los aspectos funda-

mentales en el campo de la ingeniería sanitaria, hay una incompatibilidad entre el tiempo disponible y las materias a cubrir y la respectiva amplitud con que éstas se traten. ¿Qué tipo de planes de estudio conviene adoptar?

7. Conveniencia de que en los planes de estudio de ingeniería sanitaria, a nivel postgraduado, haya una asignatura básica de financiamiento, organización y administración.

8. Cuál es la mejor forma de organizar los planes de estudio de especialización de los distintos campos de la ingeniería sanitaria, a nivel nacional y a nivel regional, dentro de la realidad latinoamericana (recursos humanos y económicos, buena organización, etc.).

#### BIBLIOGRAFIA

- American Sanitary Engineering Intersociety Board, Inc.: Sanitary Engineering Education Directory, Schools Offering Graduate Work and Roster of Instructors, enero, 1960.
- Asociación Americana de Salud Pública: Formación profesional de los ingenieros sanitarios que se dedican a actividades de salud pública. *Bol. Of. San. Pan.*, 43 (5): 449 (nbre.), 1957.
- Babbitt, H. E.: *Engineering in Public Health*. 1a. ed. McGraw-Hill, Nueva York, 1952.
- Coutinho, Ataulpho: Preparación del ingeniero sanitario por el sistema de postgraduación, V Congreso AIDIS, Lima, Perú, 1956.
- Geyer, J. C.: Ciencias básicas requeridas en la enseñanza de la ingeniería sanitaria. *Bol. Of. San. Pan.*, 41(6): 518-521 (dbr.), 1956. (Trabajo presentado en el V Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS), Lima, 19-25 de marzo de 1956).
- Gotas, H. B.: Estudio sobre la educación de ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública, agosto, 1960.
- Ludwig, H. F., Laubusch, E. J. y Pearson, E. A.: Sanitary Engineering Education. Paper No. 1218, 1-11 p. *En Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Jour. San. Engin. Div.*, Vol. 83 (SA-2), abril, 1957.
- Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Zona III (Memorandum, marzo, 1961), Cursos de postgraduados en ingeniería sanitaria.
- Oficina Sanitaria Panamericana (Comunicación): Información sobre materias dictadas en los cursos postgraduados en las escuelas de ingeniería sanitaria o de salud pública en la América Latina, abril, 1961.
- Okun, D. A.: Sanitary Engineering Education: General Requirements. Paper No. 1219. *En Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Jour. San. Engin. Div.*, Vol. 83 (SA-2), abril, 1957.
- Olivero, Humberto: Principios generales de organización y organización de los servicios de agua potable en países latinoamericanos, abril, 1961.
- Olivero, Humberto: Antecedentes históricos de los sistemas urbanos de abastecimientos de agua y consideraciones generales sobre éstos en América Latina, 1960.
- Petrik, M.: *The Training of Sanitary Engineers: Schools and Programmes in Europe and in the United States*. Geneva, World Health Organization (Monograph Series No. 32), 1956.
- Wagner, E. G. y Lanoix, J. N.: *Water Supply for Rural Areas and Small Communities*. Geneva, World Health Organization (Monograph Series No. 42), 1959.

TEMA III-B: *Relación de la enseñanza de ingeniería sanitaria con las facultades de medicina, salud pública, ingeniería y otras, así como con agencias del gobierno*

## **¿DEBEMOS TRABAJAR Y ENSEÑAR EN COOPERACION MAS ESTRECHA Y EFICAZ CON OTRAS FACULTADES E INSTITUCIONES NACIONALES?**

ING. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO

*Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Universidad de São Paulo  
São Paulo, Brasil*

Los últimos 15 años han sido considerablemente fructíferos para la enseñanza de ingeniería sanitaria. En los Estados Unidos de América, las escasas universidades que mantenían anteriormente cursos regulares para graduados en salud pública o ingeniería sanitaria, se han multiplicado, y servirán de modelo o de fundamento para la creación de cursos análogos en otras regiones del mundo.

Cursos regulares, de elevado nivel docente, se ofrecen en diversos países, junto a los de las escuelas de ingeniería o facultades de salud pública, según las condiciones o conveniencias locales.

La Primera Conferencia Regional Interamericana de Ingeniería Sanitaria, (1) celebrada en Río de Janeiro, en junio de 1946, recomendó en sus conclusiones "la creación de escuelas de salud pública, sobre la base de una para cada 20 millones de habitantes y, como mínimo, una por país, en las cuales se ofrecerían cursos especializados de ingeniería sanitaria".

Establecía además: "Para la creación de esas facultades es deseable la conjunción de los esfuerzos de los departamentos de higiene de las facultades de medicina y de los departamentos de saneamiento de las escuelas de ingeniería, en las mismas localidades. Dichos cursos especializados deberán ofrecer conocimientos básicos de ciencias, tales como química, biología, ingeniería y salud pública".

La Facultad de Higiene y Salud Pública de la Universidad de São Paulo ya había sido establecida, como una evolución del tradicional Instituto de Higiene anexo a la Facultad de Medicina.

En 1949, se inició en la Facultad de Higiene el curso normal de Salud Pública destinado a ingenieros diplomados, probablemente el primero en su género (para graduados) ofrecido fuera de los Estados Unidos. Esta notable realización sólo fue posible merced a la colaboración de profesores de la Escuela Politécnica y de la Facultad de Higiene, y la conjunción de esfuerzos y de recursos resultó muy provechosa para ambas instituciones universitarias y, sobre todo, para el propio curso.

El ejemplo de São Paulo se repite en otras partes del mundo, inclusive en el tradicional "Imperial College of Science and Technology" de Londres, que estableció estrecha colaboración con la "School of Hygiene and Tropical Medicine".

En el informe final de la Conferencia sobre Escuelas de Salud Pública, celebrada en México, en 1960, (2) fueron consideradas las siguientes funciones básicas para las facultades:

- a) Docencia.
- b) Investigación.
- c) Servicios en colaboración.
- d) Difusión de conocimientos de salud pública.

Si bien en las circunstancias actuales la función docente ha de tener prioridad, todas las demás funciones deben desenvolverse en un conjunto armónico, según las condiciones y posibilidades locales.

La finalidad principal de las facultades es propagar el conocimiento superior y facilitar las enseñanzas básicas indispensables para la formación técnica de profesionales.

La conquista de nuevos conocimientos y la ampliación del saber no se logran sin la investigación y, por tanto, las actividades investigadoras deben considerarse como función primordial de los institutos superiores.

El trabajo en grupo (*team work*) ha sido sumamente provechoso para el desenvolvimiento rápido de la ciencia. Particularmente en salud pública, la colaboración se presenta no sólo como una forma conveniente de trabajo, sino como una verdadera necesidad impuesta por la naturaleza de las actividades.

Fair y Geyer, en su conocido libro, (3) describieron la evolución del concepto de ingeniero sanitario, en la forma siguiente: "Al ingeniero civil que adquirió competencia en aquellos aspectos de la química y la biología que son importantes para el abastecimiento de agua y la eliminación de aguas servidas, se le llamó ingeniero sanitario. Experto en el control hidráulico del agua, lo natural para él era que participara, andando el tiempo, en la supresión de enfermedades distintas de las entéricas, en las que el agua u organismos contenidos en el agua estaban implicados. Ejemplos de semejantes actividades son el saneamiento de piscinas de natación y otros lugares de baño, y el control del paludismo y de otras enfermedades transmitidas por insectos, en las cuales los insectos vectores pueden ser atacados en sus *habitats* acuáticos mediante trabajos hidráulicos y otras operaciones de ingeniería, relacionados con éstos. El hecho de estar familiarizados con la parte de la ingeniería que se relaciona con el control de enfermedades llevó a los ingenieros sanitarios a participar también en la solución

de problemas no relacionados tan directamente con el agua, pero concernientes en general a la preservación y el fomento de la salud pública".

Además de los problemas relativos al agua, alcantarillado, residuos industriales, basuras, saneamiento de baños públicos, control de insectos y roedores e higiene de la leche y otros alimentos, el campo de la ingeniería sanitaria comprende lo siguiente:

Acondicionamiento del aire.

Calefacción de edificios.

Iluminación.

Higiene industrial.

Higiene de la vivienda, etc.

Adviértese, por tanto, que además de poseer conocimientos de química y biología, el ingeniero sanitario debe tener algún dominio sobre materias relacionadas con su extenso campo de acción.

En la enseñanza de estas materias no deben despreciarse los recursos que siempre existen en las universidades.

No debemos olvidar que las actividades y funciones de las universidades deben reflejar una beneficiosa conciliación de los conocimientos utilitarios y del saber especulativo, o sea, la práctica de las ciencias aplicadas y de las actividades esencialmente especulativas.

La propia palabra "universidad" proviene del vocablo *universus* o *univērsitas*, que significa el todo, la universalidad, y significó, originariamente, la comunidad de maestros y estudiantes, y más recientemente, además de eso, la pluralidad de campos.

La gran colaboración que los cursos de ingeniería sanitaria pueden recibir proviene principalmente de las facultades de medicina (biología, bacteriología, parasitología y epidemiología) y de las escuelas de ingeniería (química, termodinámica, mecánica de los fluidos e hidráulica aplicada, estadística, etc.). Además, existen en las universidades otros departamentos complementarios o simplemente afines, que con frecuencia pueden contribuir a completar las posibilidades en determinado sector.

La conocida Escuela de Salud Pública de la Universidad de Minnesota, para citar un caso típico, utiliza todos los recursos universitarios, aprovechando los departamentos y profesores de diversas facultades: "Los programas de enseñanza se han establecido en estrecha colaboración con los departamentos de ciencias médicas y con los departamentos encargados de los campos colaterales del conocimiento, en particular las ciencias biológicas, ingeniería, educación, etc." (4)

Un ejemplo de aplicación, interesante y digno de mención, fue el ofrecido por el estudio de un importante problema de ingeniería sanitaria: la eliminación de los efluentes sanitarios de las ciudades de Santos y São Vicente (Estado de São Paulo, Brasil) por dispersión submarina. En la solución de este problema participaron elementos de los Departamentos de Saneamiento y de Bacteriología de la Facultad de Higiene y de Hidráulica de la Escuela Politécnica y, además, fue muy valiosa la participación activa del Instituto Oceanográfico de la Universidad de São Paulo.

La colaboración entre facultades y demás organizaciones universitarias, a más de contribuir científicamente al perfeccionamiento de los trabajos, tiene ventajas de orden práctico y económico, evitando muchas veces la duplicidad de laboratorios y actividades paralelas y aisladas.

Por lo tanto, en la enseñanza de ingeniería sanitaria debemos, siempre que sea posible, trabajar efectivamente más cerca de otras facultades, con provecho múltiple.

La enseñanza de ingeniería sanitaria debe efectuarse con el máximo rigor científico, en busca de los fundamentos básicos, de los principios fundamentales y de las estructuras generales, en contraposición al empirismo y a las reglas exclusivamente prácticas. Como dicen Fair y Geyer, en el prólogo de su valioso libro (3): lo que se necesita es "la presentación de principios más bien que de prácticas, de metodología en vez de método, y de racionalidad en lugar de reglas empíricas".

Esto no significa que la enseñanza de ingeniería sanitaria deba alejarse del campo práctico. Muy al contrario, lo que se debe establecer es la directriz racional y la disciplina científica como bases de una formación mejor.

En la enseñanza de ingeniería sanitaria y, sobre todo, en el campo de las indagaciones e investigaciones, son muy ventajosas las relaciones con los organismos gubernamentales y los servicios públicos.

Los departamentos oficiales de saneamiento constituyen un amplio campo de aplicación de conocimientos, un gran medio para observaciones y comprobaciones, a la vez que ofrecen una fuente inagotable de temas para estudios y encuestas. Muchas veces se encuentran en los departamentos gubernamentales ingenieros y otros profesionales capaces de hacer brillantes y provechosas exposiciones sobre asuntos de su completo dominio, con considerable beneficio para los cursos.

Los servicios públicos están frecuentemente dotados de instalaciones y laboratorios, cuyo conocimiento a través de visitas o inclusive su mismo aprovechamiento no pueden dejar de ser considerados en los cursos de ingeniería sanitaria.

La obtención de informaciones, estadísticas y datos locales es otro punto que debe tenerse en cuenta, pues los cursos de ingeniería sanitaria han de adaptarse al medio al que deben servir y por ello no deben constituir un simple repertorio de citas y datos ajenos.

Otro aspecto muy importante es el que se refiere a las prácticas y adiestramiento de estudiantes en los servicios públicos.

Volviendo al ejemplo ya mencionado de la Escuela de Salud Pública de Minnesota, cabe citar también lo siguiente: "Los Servicios de Salud Pública de Minneapolis y St. Paul comparten igualmente las responsabilidades docentes. El adiestramiento de campo sometido a supervisión existe mediante la cooperación de los organismos de salud pública en otras partes de Minnesota". (4)



Este acercamiento responde perfectamente a los puntos mencionados como funciones básicas de las escuelas de salud pública: servicios en colaboración y difusión de conocimientos de salud pública.

Como suele ocurrir, los beneficios se producen en los dos sentidos y los recibe también el propio servicio público.

La colaboración que los servicios gubernamentales pueden obtener en los medios universitarios no debe ser menospreciada.

Un magnífico ejemplo lo ofrece la ciudad de Baltimore, cuyo Servicio de Abastecimiento de Agua viene siendo estudiado, desde 1932, con la colaboración de profesores de la Universidad Johns Hopkins: al principio, la del profesor Abel Wolman y, más tarde, la del profesor John C. Geyer. Los estudios llevados a cabo y las soluciones halladas se cuentan entre los trabajos más importantes de esa naturaleza.

Al finalizar este trabajo, deseamos citar lo que apareció en una monografía de la Organización Mundial de la Salud: "La enseñanza de la ingeniería sanitaria para graduados requerirá, cuando menos, un año completo de estudios, de nivel académico. El hecho de que dichos estudios se ofrezcan

o no en el departamento de ingeniería civil de una universidad, o en una escuela de salud pública, tiene una importancia secundaria y dependerá de las circunstancias locales. Pero deberá existir una estrecha colaboración entre ambos tipos de escuela, de lo cual es ejemplo el curso ofrecido conjuntamente por el 'Imperial College of Science and Technology' y la 'School of Hygiene and Tropical Medicine' dos instituciones que forman parte de la Universidad de Londres". (5)

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) Primera Conferencia Regional Interamericana de Ingeniería Sanitaria. Conclusiones y Recomendaciones. Río de Janeiro, junio, 1946.
- (2) Conferencia sobre Escuelas de Salud Pública, Informe Final. México, 1960. *Bol. Of. San. Pan.* 48 (4), abril, 1960.
- (3) Fair, Gordon M. y Geyer, John C.: *Water Supply and Waste-Water Disposal*. Wiley, Nueva York, 1954.
- (4) Universidad de Minnesota, Escuela de Salud Pública: *Bulletin, 1956-1958*.
- (5) Petrik, M.: *The Training of Sanitary Engineers: Schools and Programmes in Europe and in the United States*. Geneva, World Health Organization (Monograph Series No. 32), 1956.

## ¿ESTAN HALLANDO LOS INGENIEROS SANITARIOS GRADUADOS EMPLEOS ADECUADOS A SU PROFESION Y ESTUDIOS?

INGS. RAMÓN DEL VALLE REYES

Y

GUILLERMO RUIZ TRONCOSO

*Universidad de Chile  
Santiago, Chile*

El presente trabajo no ha podido ser desarrollado en la forma amplia y con una completa recopilación de datos y cifras como habrían sido los propósitos de sus autores. En efecto, el plazo del cual se ha podido disponer para enviar este trabajo a la sede de la Organización Panamericana de la Salud en Washington, ha permitido referirse solamente al caso de Chile, sin poder extenderse al resto de América Latina. Para cumplir el propósito del tema propuesto, podría realizarse posteriormente en cada país latinoamericano un trabajo similar al presente, los cuales podrían ser resumidos en un sólo trabajo de orden continental por la Organización Panamericana de la Salud misma o por el suscrito, si así se estima conveniente.

Para encontrar las respuestas adecuadas a las preguntas formuladas en el temario, se ha creído conveniente hacer, previamente, una breve exposición del estado actual de la enseñanza de la ingeniería sanitaria en Chile, tal como se realiza por intermedio de la Universidad de Chile (estatal) y Pontificia Universidad Católica (particular), únicos planteles hábiles en el territorio de la República para otorgar el título de ingeniero civil.

### ANTECEDENTES GENERALES

Se ingresa a las Escuelas de Ingeniería Civil ya mencionadas, de las Universidades de Chile y Católica, después de seis años de estudios elementales (Escuela Primaria), seis

de estudios secundarios (Colegio o Liceo) y de un Bachillerato o examen final controlado por la Universidad de Chile, el cual contiene pruebas de Filosofía, Historia y Geografía de Chile, dos idiomas extranjeros, Matemáticas, Física y Química.

Dada la gran cantidad de aspirantes a ingresar a estas Escuelas, cada año se hace una selección previa que permite elegir a los alumnos mejor dotados para el estudio de esta disciplina. Actualmente se ha tratado de ampliar al máximo la matrícula de ingreso, de modo que la medida de la capacidad y aptitudes del alumno para estudiar ingeniería se vea a lo largo del primer año de estudios.

### UNIVERSIDAD DE CHILE

La Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile imparte la enseñanza de la Ingeniería Civil, propiamente dicha, dividida en tres menciones:

Ingeniería Civil, mención Estructuras  
Ingeniería Civil, mención Hidráulica  
Ingeniería Civil, mención Transportes

La diferenciación de estas carreras tiene lugar en el último año (sexto año), en el cual se siguen los siguientes ramos comunes a las menciones:

Administración de Empresas  
Geología Aplicada  
Ingeniería Económica  
Planeamiento

Proyectos  
Túneles  
Urbanismo

Además, en ese mismo año, se siguen los siguientes ramos propios de cada especialidad:

*Estructuras:*

Camino y Aeródromos  
Ferrocarriles  
Hormigón Amado  
Estructuras Metálicas  
Hidráulica Aplicada  
Ingeniería Sanitaria  
Puentes y Fundaciones  
Puertos y Canales

*Hidráulica:*

Camino y Aeródromos  
Ferrocarriles  
Centrales de Fuerza  
Fundaciones  
Hidráulica Agrícola  
Ingeniería Sanitaria  
Hidrología  
Instalaciones Sanitarias de Edificios  
Puertos y Canales  
Trazados Topográficos

*Transportes:*

Aeropuertos  
Camino  
Ferrocarriles  
Hidráulica Aplicada  
Puentes y Fundaciones  
Ingeniería Sanitaria  
Puertos y Canales  
Trazados Topográficos

Como puede apreciarse, el ramo de Ingeniería Sanitaria se incluye en las tres menciones, pero su importancia para cada mención, en relación con el número de horas de clases y ejercicios, es la que se indica a continuación:

Ingeniería Sanitaria	Horas semanales	
	Clases(*)	Ejercicios(†)
Estructuras	1,5	0,33
Hidráulica	3,5	1,0
Transportes	1,5	0,33

(\*) Por clase se entiende la exposición hecha por el titular de la cátedra.

(†) Ejercicios prácticos desarrollados por el alumno, individualmente o en grupos, con consulta de los ayudantes y con los textos.

De lo anterior se deduce que los egresados que van a pasar al campo de la Ingeniería Sanitaria deben ser los que poseen la mención Hidráulica, ya que, además del mayor número de horas de clase en dicha especialidad, siguen los siguientes ramos afines, que completan su formación de base sanitaria: Hidrología (1,5 horas de clase y 0,75 de ejercicios semanales), e Instalaciones Sanitarias de Edificios (1,5 horas de clase y 0,75 de ejercicios semanales).

Esta diferenciación o especialidad se puso en práctica en la Universidad de Chile en 1946 y parece estar dando buen resultado.

UNIVERSIDAD CATOLICA

La Escuela de Ingeniería de la Universidad Católica no posee el sistema de menciones que tiene la Universidad de Chile y, por lo tanto, otorga un solo título general de Ingeniero Civil.

En relación con los ramos que podríamos incluir en el campo de la ingeniería sanitaria podemos mencionar los siguientes (un año de duración):

Ramos	Horas Semanales	
	Clases	Ejercicios
Ingeniería Sanitaria	3,0	—
Taller Hidráulico	—	3,0
Instalaciones Sanitarias Domiciliarias	0,5	—
Hidrología	1,0	—
Máquinas Hidráulicas	1,5	—

Es válido decir entonces que, en general, el egresado de esta Escuela tiene una base de preparación en ingeniería sanitaria que le permitirá especializarse posteriormente en dicho campo.

CURSOS DE POSTGRADUADOS

La Universidad de Chile ha organizado escuelas y cursos de postgraduados, de los cuales mencionaremos aquí los que tienen relación con la enseñanza de la ingeniería sanitaria.

a) *Cursos para postgraduados de ingeniería*

Estos cursos se realizan anualmente, desde

1959, en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile y los temas escogidos abarcan especialidades tecnológicas, entre las cuales se incluye ingeniería sanitaria.

En general, los profesores son extranjeros que trabajan activamente en los campos de su enseñanza y los alumnos son egresados de ingeniería o profesionales en ejercicio.

La duración de cada curso es de seis semanas, con un horario de 7,5 horas semanales que equivalen a una cátedra de 45 horas anuales desarrollada con un horario semanal de 1,5 horas de clase. El programa contempla además foros, seminarios y visitas.

La estructura actual de las Escuelas de Ingeniería, a que nos hemos venido refiriendo, conduce a una especialización muy reducida con el objeto de dar énfasis a la enseñanza de las ciencias básicas y aplicadas. De este modo, el análisis de tecnologías muy especializadas o muy recientes sólo alcanza a ser esbozado. De este hecho se deduce que la finalidad básica de los cursos de postgraduados es la de poner al alcance de los ingenieros en ejercicio de su profesión las técnicas modernas aplicadas en otros países y establecer, de este modo, puntos de comparación que redundarán en beneficio de nuestras tecnologías.

b) *Curso para postgraduados en la Escuela de Salubridad dependiente de la Facultad de Medicina*

La Escuela de Salubridad, dependiente de la Facultad de Medicina, tiene organizado un curso de ingeniería sanitaria para postgraduados, al cual asisten, además de ingenieros chilenos, alumnos del extranjero.

La finalidad de dicho curso es ofrecer instrucción avanzada sobre las diferentes asignaturas de ingeniería sanitaria, tanto desde el punto de vista técnico como práctico, y sus relaciones con las ciencias biológicas, además de dar instrucción básica de salud pública y su conexión a la sociología, destacando los problemas de protección y fomento de la salud y la relación que existe entre la higiene del ambiente y las enfermedades transmisibles.

Este programa se completa con visitas al terreno, plantas de tratamiento, etc.

Estos cursos son intensivos y comprenden, entre otros, los siguientes ramos:

*Salud Pública*  
 Bacteriología  
 Saneamiento General  
 Epidemiología  
 Administración Sanitaria  
 Estadística  
 Parasitología  
*Ingeniería Sanitaria*  
 Teoría y Diseño de Plantas y Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado  
 Hidrología  
 Hidráulica  
 Química y Física del Agua  
 Metodología Estadística  
 Higiene Industrial

El curso comprende 374 sesiones de 1,5 horas de los ramos de Ingeniería Sanitaria, y 180 sesiones de 1,5 horas de ramos relacionados con salud pública.

TOTAL DE EGRESADOS

Ya hemos examinado entonces, cualitativamente, las características de lo que es, en Chile, la enseñanza de la ingeniería sanitaria. Veremos ahora el resultado de estos estudios expresado en el número de ingenieros que egresan anualmente de la Universidad de Chile y de la Universidad Católica.

Se acompaña una relación del total de ingenieros civiles egresados desde 1940 hasta 1959-60, en ambas Universidades.

Si consideramos que la mención Hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile agrupa a los profesionales que se dedicarán a uno de los dos grandes grupos formados 1) por Obras Sanitarias y 2) por Obras de Riego y Recursos Hidráulicos y, si además suponemos que la relación entre el 50% del número de estudiantes que integran la mención Hidráulica y los egresados totales puede indicarnos la cifra aproximada de ingenieros que cada año salen a trabajar en labores afines a la ingeniería sanitaria, llegamos a la conclusión de que, aproximadamente, el 13% de los egresados totales, o sea, 10 ingenieros civiles al año, estarían en condiciones de trabajar en esta especialidad

## Egresados de Ingeniería Civil

Año	Universidad de Chile				Universidad Católica	Total general
	Estructuras	Hidráulica	Transportes	Total		
1940				46	14	60
1941				40	18	58
1942				45	25	70
1943				39	17	56
1944				58	30	88
1945				43	27	70
1946	16	20	10	46	32	78
1947	42	19	14	75	28	103
1948	31	10	15	56	24	80
1949	29	20	27	76	23	99
1950	15	7	21	43	30	73
1951	22	24	13	59	24	83
1952	16	26	11	53	24	77
1953	16	27	20	63	30	93
1954	24	23	11	58	28	86
1955	18	19	10	47	17	64
1956	26	9	21	56	16	72
1957	31	5	24	60	22	82
1958	27	11	12	50	10	60
1959	30	10	14	54	19	73
1960	37	9	24	70	9	79
Totales 1940-1960	380	239	247	1.137	467	1.604
Promedio por año:	25	15	16	54	22	77
Porcentajes:	45%	27%	28%	100%		
Porcentajes totales:				70%	30%	100%

(Universidad de Chile más Universidad Católica).

**CAMPOS O INSTITUCIONES A LOS QUE SE DIRIGEN LOS INGENIEROS SANITARIOS**

Planteada esta premisa y examinada la capacidad actual de nuestras Universidades para producir ingenieros sanitarios, examinaremos ahora hacia que campos o instituciones se dirigen estos profesionales.

En Chile, actualmente, las labores inherentes a la ingeniería sanitaria se realizan por medio de los siguientes organismos:

- a) Dirección de Obras Sanitarias (DOS)
- b) Corporación de la Vivienda (CORVI)
- c) Ingenieros Consultores
- d) Ingenieros Contratistas
- e) Servicio Nacional de Salud (SNS)

f) Otras instituciones autónomas supervigiladas por la DOS

g) Universidades

Examinaremos a continuación, brevemente, sus funciones y su importancia.

a) *Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas (DOS)*

Este organismo, producto de la fusión de la ex-Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado con el ex-Departamento de Hidráulica de la ex-Dirección General de Obras Públicas, tiene las siguientes funciones y atribuciones técnicas:

1. El estudio, construcción, administración y mejoramiento de las obras de agua potable, alcantarillado y desagüe que realice el Estado.
2. La construcción, conservación y pro-

tección de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua.

3. La supervigilancia y fiscalización de la construcción y explotación de obras de agua potable y alcantarillado particulares, de municipalidades o de personas jurídicas de derecho privado.

4. La aplicación de las leyes de residuos industriales.

En resumen, la Dirección de Obras Sanitarias es el organismo máximo, rector y contralor, de todas las obras sanitarias que se estudian, proyectan y explotan en el país. Su Planta de Ingenieros Civiles alcanza un total de 79 profesionales, repartidos en los siguientes departamentos:

Relacionador	4
Estudios	19
Construcción	8
Explotación	32
Visitación	3
Vacantes	13
	—
Total	79

Actualmente existen en el servicio 13 vacantes las cuales no han podido llenarse por los bajos sueldos asignados a dichos cargos.

Este problema tiende a agudizarse y es motivo de preocupación general en el Ministerio y en las esferas profesionales.

#### b) *Corporación de la Vivienda (CORVI)*

Es una corporación autónoma, supervigilada por el Ministerio de Obras Públicas, destinada a la construcción de viviendas populares, incluyendo naturalmente la urbanización completa de las nuevas poblaciones.

Las labores que tienen relación con el aspecto sanitario, agua potable, alcantarillado y aguas lluvias, son responsabilidad de un conjunto de siete ingenieros civiles, los cuales tienen a su cargo las obras sanitarias de las nuevas urbanizaciones en su aspecto de proyecto y construcción, entregándolas posteriormente a la DOS para su mantenimiento y explotación.

Dadas las características propias de la

CORVI, este organismo está en condiciones de aumentar el número de ingenieros de acuerdo con el volumen de trabajo que se está realizando.

La tendencia actual es ir a un aumento de su Planta de Ingenieros como una manera de solucionar la actual escasez de ingenieros civiles en el Ministerio de Obras Públicas.

Las remuneraciones de estos profesionales son adecuadas y superiores, aproximadamente en un 50%, a las que perciben los ingenieros que trabajan para el Estado.

#### c) *Ingenieros Consultores*

Tanto la DOS como la CORVI, contratan el proyecto o diseño de las obras sanitarias que no pueden ser estudiadas por sus propios profesionales, debido a la escasez de personal, con ingenieros consultores especialistas en esta materia.

Actualmente el número de ingenieros civiles dedicados a estas labores, ya sea trabajando en equipo u oficinas consultoras o individualmente, alcanza a 30, de los cuales 20 trabajan para la DOS y 10 para la CORVI.

Estos profesionales están en condiciones de absorber cualquier aumento de trabajo que se produzca en este campo.

No hay, al parecer, posibilidades de que se incremente este grupo.

Sus remuneraciones medias no están muy por encima de las que reciben actualmente los ingenieros funcionarios, pero la razón de esta anomalía parece estar en las deficiencias del actual Arancel de Ingenieros, el cual no tiene fuerza legal alguna.

El Colegio de Ingenieros, creado por la Ley No. 12851 de 6 de febrero de 1958, está actualmente estudiando los Aranceles legales con lo cual habrá un mayor incentivo y una mayor estabilidad para trabajar como Ingeniero Consultor de Obras Sanitarias o de cualquier otra especialidad.

#### d) *Ingenieros Contratistas*

Dentro del terreno de la construcción, en general, existe un grupo de empresas y profesionales dedicados especialmente a la

construcción de obras sanitarias, para lo cual han formado equipos técnicos especializados en este tipo de trabajos.

Se considera aquí que el ingeniero civil dedicado a la construcción de este tipo de obras está actuando plenamente en el campo de la ingeniería sanitaria, en una etapa decisiva para la materialización de estas obras.

Para ejecutar las obras sanitarias ya señaladas, las empresas constructoras deben contar reglamentariamente con personal de ingenieros, los cuales se especializan en este tipo de construcciones.

La DOS mantiene un registro en el cual deben estar inscritas todas estas firmas. En la actualidad, en la 1ª Categoría, para la cual deben mantener un ingeniero, hay 181 empresas inscritas.

Aunque de este total sólo una parte se encuentra actualmente trabajando, podemos suponer que potencialmente existe un número equivalente de ingenieros en condiciones de trabajar en este tipo de obras. Si afectamos la cifra señalada de un coeficiente de seguridad, digamos 0,75, para eliminar algunas firmas que están transitoriamente dedicadas a otras actividades, tendríamos un total de 136 ingenieros civiles dedicados a la ingeniería sanitaria en el campo de la construcción.

Las remuneraciones que, en general, reciben estos ingenieros son superiores a las que perciben los ingenieros funcionarios y los ingenieros consultores.

#### e) *Servicio Nacional de Salud (SNS)*

Esta repartición fiscal depende del Ministerio de Salud Pública y posee un Departamento de Ingeniería Sanitaria destinado a aplicar las disposiciones del Código Sanitario y, en general, a supervigilar el cumplimiento de todas las disposiciones legales que tienen relación con la sanidad pública.

Posee una Planta de 16 ingenieros civiles de los cuales hay cinco cargos vacantes, por falta de interés para ocuparlos, debido a los bajos sueldos ofrecidos.

Los profesionales que trabajan en este

servicio están fundamentalmente dedicados a los problemas de salud pública antes que a obras sanitarias propiamente dichas.

#### f) *Otras instituciones autónomas supervigiladas por la DOS*

En este grupo incluiremos a las empresas autónomas que manejan algunos servicios de agua potable y alcantarillado en forma independiente y sólo con la supervigilancia de la DOS.

Las principales empresas de este tipo son las siguientes:

- Empresa de Agua Potable de Santiago
- Empresa de Desagües de Valparaíso
- Servicio de Alcantarillado Municipal de Punta Arenas
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de la Municipalidad de Maipú
- Concesión de la explotación del Servicio de Agua Potable (Red de distribución) de Antofagasta

El número total de ingenieros civiles que emplean es de 10, los cuales pueden ser calificados como ingenieros sanitarios.

Sus sueldos son, en general, superiores a los que reciben los ingenieros sanitarios que trabajan para el Estado, y posiblemente inferiores al de los ingenieros dedicados a las actividades particulares.

#### g) *Universidades*

Tanto la Universidad de Chile como la Universidad Católica utilizan para el desarrollo de sus cátedras de ingeniería sanitaria, profesionales de participación activa en este campo.

Entre las dos Universidades hay un total de seis ingenieros sanitarios trabajando en las cátedras de ingeniería sanitaria y afines.

Estos cargos no poseen mayor atractivo económico y los profesionales que allí se desempeñan llegan, en general, atraídos por su vocación o su entusiasmo.

Resumiendo lo anteriormente expuesto, tenemos el siguiente panorama de empleos o cargos para ingenieros civiles que deseen trabajar en el campo de la ingeniería sani-

taria:

<i>Servicio</i>	<i>No. de empleos</i>	<i>En servicio</i>
a) DOS	79	66
b) CORVI	7	7
c) Ingenieros Consultores	30	30
d) Ingenieros Contratistas	136	136
e) Servicio Nacional de Salud	16	11
f) Otras instituciones	10	10
g) Universidades	6	6
Totales	284	266

El número total de ingenieros civiles que actualmente ejercen su profesión en el país, según datos proporcionados por el Colegio de Ingenieros de Chile, alcanza a 1.776 profesionales, por lo tanto, los 266 profesionales que trabajan en el campo de la ingeniería sanitaria representan un 15 % del total.

Si consideramos, de acuerdo con los cálculos hechos, que el número de egresados de ingeniería civil potencialmente indicados para trabajar en ingeniería sanitaria, alcanza a un 13 %, vemos que existe, dentro del grado de aproximación en que estamos trabajando, un virtual equilibrio entre la demanda y la oferta de trabajo de este tipo de profesionales.

Si, además, pensamos que la vida profesional útil de un individuo es de alrededor de 30 años, estaríamos en la actualidad reponiendo, anualmente, un número adecuado de ingenieros que trabajan en esta especialidad.

A pesar de estas cifras, el conocimiento personal que tenemos del campo profesional de la ingeniería sanitaria en Chile, nos lleva a pensar que aunque existe el aparente equilibrio dado por las cifras, hay un déficit efectivo de este tipo de profesionales, el cual tiende a aumentar a medida que las expectativas y las remuneraciones en otros campos más lucrativos de la ingeniería, se hacen cada vez más atractivas.

SITUACION ECONOMICA DE LOS INGENIEROS CIVILES

Tal como se mencionó cuando se examinó la situación económica de los ingenieros que trabajan en las distintas instituciones, existe una escala económica ascendente que podemos representar en la siguiente forma:

<i>Situación económica</i>	<i>Instituciones</i>
Precaria	Dirección de Obras Sanitarias
Acceptable	Servicio Nacional de Salud Corporación de la Vivienda Ingenieros Consultores Otras instituciones
Buena	Ingenieros Contratistas

Es especialmente ilustrativa la situación de los ingenieros sanitarios que trabajan en el Ministerio de Obras Públicas.

Empiezan su carrera con un sueldo mensual de 200 escudos (EUA\$ = escudos 1,05) para alcanzar a los 10 años de servicio un sueldo de E° 300. Su máxima posibilidad es llegar a percibir 850 escudos mensuales, que es el sueldo límite que puede pagar la Administración Pública Chilena, cifra muy difícil de alcanzar si se considera que actualmente hay un solo ingeniero en la DOS que gana más de 800 escudos mensuales.

Como antecedente destinado a reflejar la situación actual del ingeniero del Estado podemos decir que, como promedio, un ingeniero funcionario llega a poseer casa propia después de 20 años de profesión y automóvil después de 25 años, en cambio, el ingeniero contratista llega a poseer automóvil a los cinco años de profesión.

Los ingenieros del segundo grupo, considerado aceptable, empiezan ganando 400 escudos mensuales, sueldo que va en aumento, sin limitaciones, de acuerdo con su capacidad y experiencia.

Con respecto al tercer grupo, cuya situación económica se ha calificado de buena, empiezan su carrera con sueldos de alrededor de 400 a 500 escudos mensuales, los cuales



aumentan rápidamente, también sin limitaciones.

#### CONCLUSIONES

1. Estas conclusiones sólo se refieren al caso de Chile y sería deseable extenderlas, previo estudio, al resto de América Latina.

2. Las universidades que tienen la misión de formar en Chile ingenieros sanitarios son la Universidad de Chile (estatal) y la Universidad Católica (particular).

3. Actualmente egresan en total 77 ingenieros civiles al año, como promedio, de los cuales un 13%, vale decir, 10 profesionales, están potencialmente en condiciones de trabajar en ingeniería sanitaria.

4. De un total de 284 cargos disponibles para ser ocupados por ingenieros sanitarios en el país, hay sólo 266 cargos ocupados y 18 vacantes.

5. El 15% del total de ingenieros civiles que trabajan en Chile, que alcanzan ac-

tualmente a 1.776 profesionales, laboran en el campo de la ingeniería sanitaria.

6. Existe, de acuerdo con las cifras, un virtual equilibrio entre la oferta y la demanda de este tipo de profesionales.

7. Se está produciendo un desplazamiento del ingeniero civil, potencialmente preparado para actuar en ingeniería sanitaria, hacia otros campos de la ingeniería con mayor remuneración o de mayor atractivo.

8. Las vacantes existentes en la DOS y en el Servicio Nacional de Salud se deben a las precarias condiciones económicas que pueden ofrecer estos organismos a sus ingenieros. El problema tiende a agravarse.

9. Aunque la docencia chilena está en condiciones de preparar un número adecuado de ingenieros sanitarios no existe, por las razones económicas señaladas, un verdadero interés por abrazar esta especialidad.

10. Mientras no se mejore la actual situación económica del ingeniero sanitario, no hay posibilidades de aumentar su número o mejorar su eficacia.

## **ANEXOS**



## Anexo I

### LISTA DE PARTICIPANTES

#### Argentina

DR. ROGELIO A. TRELLES  
Director, Escuela de Ingeniería Sanitaria  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Buenos Aires  
Buenos Aires

ING. VICTORIO INGLESE  
Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Buenos Aires  
Buenos Aires

ING. NEMO TOMMASI  
Profesor de Saneamiento Ambiental  
Escuela Nacional de Salud Pública  
Ministerio de Asistencia Social y Salud Pública  
Buenos Aires

#### Bolivia

ING. RENÉ TEJADA  
Catedrático de la Escuela Técnica  
Universidad Mayor de San Andrés  
La Paz

#### Brasil

ING. LUIS ROMEIRO  
Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Escuela Nacional de Salud Pública  
Río de Janeiro

ING. HAROLDO JEZLER  
Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Escuela Politécnica  
Universidad de São Paulo  
São Paulo

ING. EDUARDO YASSUDA  
Facultad de Higiene y Salud Pública  
Universidad de São Paulo  
São Paulo

ING. ILDEO DUARTE  
Escuela de Ingeniería  
Universidad de Minas Gerais  
Belo Horizonte

ING. ILDEFONSO C. PUPPI  
Escuela de Ingeniería  
Centro Politécnico  
Universidad de Paraná  
Curitiba, Paraná

#### Colombia

ING. HERNANDO CORREAL  
Decano, Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá

ING. GILBERTO RODRÍGUEZ  
Ingeniero Civil, Profesor  
Universidad del Valle  
Cali

#### Costa Rica

ING. MARIO QUIRÓS  
Vice-Decano  
Universidad de Costa Rica  
San José

#### Chile

ING. RAMÓN DEL VALLE REYES  
Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Universidad de Chile  
Santiago

#### Ecuador

ING. LUIS E. GARCÍA  
Profesor de Ingeniería Sanitaria  
Universidad Central del Ecuador  
Quito

ING. GUILLERMO VARAS PEÑAFIEL  
Profesor de Saneamiento  
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil

#### El Salvador

ING. BALTAZAR PERLA  
Decano, Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Universidad de El Salvador  
San Salvador

**Estados Unidos de América**

SR. GEORGE E. BARNES  
 Profesor Visitante de Ingeniería Sanitaria en la  
 Universidad de Venezuela, Caracas  
 (Departamento de Estado, Gobierno de los  
 Estados Unidos de América)  
 Case Institute of Technology  
 Cleveland, Ohio

SR. JOHN ALEXANDER LOGAN  
 Presidente, Departamento de Ingeniería Civil  
 Northwestern University  
 Evanston, Illinois

ING. FRANK A. BUTRICO  
 Secretaría de Salud, Educación y Bienestar  
 Washington 25, D. C.

ING. RICHARD HAMMERSTROM  
 Asesor Regional de Ingeniería Sanitaria  
 Agencia para el Desarrollo Internacional  
 a/c Embajada Americana  
 Lima, Perú

**Guatemala**

ING. JORGE ARLAS B.  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos Nacional y Autónoma  
 Guatemala

ING. HUMBERTO OLIVERO, H.  
 Jefe, Departamento de Ingeniería Sanitaria e  
 Hidráulica  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos Nacional y Autónoma  
 Guatemala

**Honduras**

ING. ARTURO QUESADA  
 Vice-Rector, Universidad y  
 Decano, Facultad de Ingeniería  
 Universidad Nacional Autónoma de Honduras  
 Tegucigalpa

**México**

ING. ARNULFO PAZ SÁNCHEZ  
 Profesor de Ingeniería Sanitaria  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 México, D.F.

ING. ERNESTO ROMERO JASSO  
 Director, Facultad de Ingeniería Civil  
 Universidad de Nuevo León  
 Monterrey, Nuevo León

**Nicaragua**

ING. AGUSTÍN CHAN L.  
 Profesor, Escuela de Ingeniería Civil  
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
 Managua

**Panamá**

ING. GUILLERMO RODRÍGUEZ  
 Profesor de Ingeniería Sanitaria  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Universidad de Panamá  
 Panamá

**Perú**

ING. RICARDO CORZO  
 Subjefe, División de Ingeniería Sanitaria  
 Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
 Lima

ING. EDMUNDO ELMORÉ LUJÁN  
 Ingeniero Jefe, Departamento de Saneamiento  
 Ambiental  
 División de Ingeniería Sanitaria  
 Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
 Lima

ING. ENRIQUE MAISCH G.  
 Profesor, Facultad de Ingeniería Civil  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Lima

ING. ARMANDO GALLEGOS G.  
 Decano, Facultad de Ingeniería Civil  
 Universidad Nacional de Cuzco  
 Cuzco

ING. JORGE PFLUCKER HOLGUÍN  
 Profesor, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Lima

ING. FRANK TETZLAFF  
 Ingeniero Sanitario, Consultor  
 Servicio Cooperativo Interamericano de Salud  
 Pública (SCISP)  
 Lima

ING. FERNANDO VARGAS CABALLERO  
 Profesor, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Lima

**República Dominicana**

ING. JOSÉ RAMÓN BÁEZ  
 Decano, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad de Santo Domingo  
Santo Domingo

### Uruguay

ING. ESTHER CLARAMUNDT  
Profesor Adjunto de Ingeniería Sanitaria  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República Oriental del Uruguay  
Montevideo

### Venezuela

ING. FERNANDO NÚÑEZ CALDERÓN  
Jefe, Departamento de Saneamiento Ambiental  
Escuela de Salud Pública  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas

ING. GUSTAVO RIVAS MIJARES  
Profesor, Departamento de Ingeniería Sanitaria  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Central de Venezuela  
Caracas

### Asesores, Oficina Sanitaria Panamericana

GORDON M. FAIR  
Profesor de la Cátedra "Gordon McKay" de  
Ingeniería Sanitaria y de la Cátedra "Abbott  
and James Lawrence" de Ingeniería

Universidad de Harvard  
Cambridge, Massachusetts  
Estados Unidos de América

ING. EFRAÍN RIBEIRO  
Departamento de Saneamiento del Medio  
Oficina Sanitaria Panamericana  
Washington, D. C., Estados Unidos de América

ING. ALEJANDRO BEUNZA GÓMEZ  
Decano, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Lima, Perú

DR. RAMÓN VILLARREAL  
Departamento de Educación Profesional  
Oficina Sanitaria Panamericana  
Washington, D. C., Estados Unidos de América

ING. CHARLES A. MORSE, JR.  
Consultor en Ingeniería Sanitaria  
Zona IV  
Lima, Perú

ING. FERNANDO DAPELO  
Ingeniero Sanitario, OPS/OMS  
Santo Domingo  
República Dominicana

ING. CARLOS HILBURG  
Ingeniero, OPS/OMS  
Zona I  
Caracas, Venezuela



## Anexo 2

### COMPOSICION DEL SEMINARIO

#### *Consultor Técnico Principal*

GORDON M. FAIR  
Profesor de la Cátedra "Gordon McKay" de  
Ingeniería Sanitaria y de la Cátedra "Abbott  
and James Lawrence" de Ingeniería  
Universidad de Harvard  
Cambridge, Massachusetts, E.U.A.

#### *Secretario General*

ING. FERNANDO VARGAS CABALLERO  
Profesor, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Lima, Perú

#### *Coordinadores*

ING. EFRAÍN RIBEIRO  
Departamento de Saneamiento del Medio  
Oficina Sanitaria Panamericana  
Washington, D.C., E.U.A.

ING. CHARLES A. MORSE, JR.  
Consultor en Ingeniería Sanitaria  
Oficina Sanitaria Panamericana  
Zona IV  
Lima, Perú

DR. RAMÓN VILLARREAL  
Departamento de Educación Profesional  
Oficina Sanitaria Panamericana  
Washington, D.C., E.U.A.

ING. ALEJANDRO BEUNZA GÓMEZ  
Decano, Facultad de Ingeniería Sanitaria  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Lima, Perú

### Grupo A

*Secretario Técnico:* Ing. Fernando Dapelo (OSP)

#### *Integrantes*

ING. VICTORIO INGLESE (Argentina)  
ING. RENÉ TEJADA (Bolivia)  
ING. LUIS ROMEIRO (Brasil)  
ING. EDUARDO YASSUDA (Brasil)  
ING. RAMÓN DEL VALLE REYES (Chile)  
ING. GUILLERMO VARAS PEÑAFIEL (Ecuador)  
ING. GEORGE E. BARNES (E.U.A.)  
ING. ARTURO QUESADA (Honduras)  
ING. AGUSTÍN CHAN L. (Nicaragua)  
ING. ARMANDO GALLEGOS G. (Perú)  
ING. RICARDO CORZO (Perú)  
ING. JORGE PFLUCKER HOLGUÍN (Perú)  
ING. GUSTAVO RIVAS MIJARES (Venezuela)

#### Tema I

Director de Debates  
RAMÓN DEL VALLE REYES (Chile)  
Relator  
AGUSTÍN CHAN L. (Nicaragua)

#### Tema II

Director de Debates  
VICTORIO INGLESE (Argentina)  
Relator  
ARTURO QUESADA (Honduras)

#### Tema III

Director de Debates  
GUSTAVO RIVAS MIJARES (Venezuela)  
Relator  
RENÉ TEJADA (Bolivia)



**Grupo B**

*Secretarios Técnicos:* Ing. Carlos Hilburg (OSP) e Ing. Humberto Olivero, h. (Guatemala)

*Integrantes*

DR. ROGELIO A. TRELLES (Argentina)  
 ING. NEMO TOMMASI (Argentina)  
 ING. ILDEFONSO C. PUPPI (Brasil)  
 ING. GILBERTO RODRÍGUEZ (Colombia)  
 ING. BALTAZAR PERLA (El Salvador)  
 ING. ERNESTO ROMERO JASSO (México)  
 ING. EDMUNDO ELMORÉ LUJÁN (Perú)  
 ING. FRANK TETZLAFF (Perú)  
 ING. JOSÉ RAMÓN BÁEZ (República Dominicana)  
 ING. ESTHER CLARAMUNDT (Uruguay)

## Tema I

Director de Debates  
 JOSÉ RAMÓN BÁEZ (República Dominicana)  
 Relator  
 HUMBERTO OLIVERO, H. (Guatemala)

## Tema II

Director de Debates  
 EDMUNDO ELMORÉ LUJÁN (Perú)  
 Relator  
 GILBERTO RODRÍGUEZ (Colombia)

## Tema III

Director de Debates  
 ESTHER CLARAMUNDT (Uruguay)  
 Relator  
 NEMO TOMMASI (Argentina)

**Grupo C**

*Secretario Técnico:* Ing. Charles A. Morse, Jr. (OSP)

*Integrantes*

ING. ILDEO DUARTE (Brasil)  
 ING. HAROLDO JEZLER (Brasil)  
 ING. HERNANDO CORREAL (Colombia)  
 ING. MARIO QUIRÓS (Costa Rica)  
 ING. LUIS E. GARCÍA (Ecuador)  
 ING. FRANK A. BUTRICO (E.U.A.)  
 ING. RICHARD HAMMERSTROM (E.U.A.)  
 ING. JOHN ALEXANDER LOGAN (E.U.A.)  
 ING. JORGE ARIAS B. (Guatemala)  
 ING. ARNULFO PAZ SÁNCHEZ (México)  
 ING. GUILLERMO RODRÍGUEZ (Panamá)  
 ING. ENRIQUE MAISCH G. (Perú)  
 ING. FERNANDO NÚÑEZ CALDERÓN  
 (Venezuela)

## Tema I

Director de Debates  
 HERNANDO CORREAL (Colombia)  
 Relator  
 GUILLERMO RODRÍGUEZ (Panamá)

## Tema II

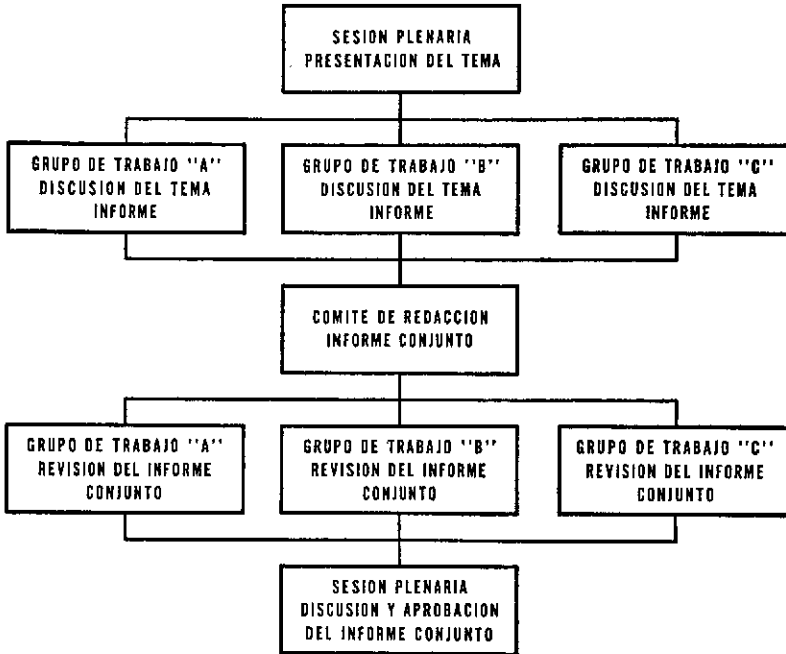
Director de Debates  
 HAROLDO JEZLER (Brasil)  
 Relator  
 MARIO QUIRÓS (Costa Rica)

## Tema III

Director de Debates  
 JORGE ARIAS B. (Guatemala)  
 Relator  
 FERNANDO NÚÑEZ CALDERÓN (Venezuela)

### Anexo 3

#### METODO DE TRABAJO DEL SEMINARIO



#### FUNCIONES GENERALES

##### *De los Grupos de Trabajo*

- 1) Constituirse en los lugares y horas fijados.
- 2) Elegir su Director de Debates y su Relator; uno para cada tema.
- 3) Formular las preguntas correspondientes a cada tema.
- 4) Discutir, ordenadamente, cada una de las preguntas, tratando de obtener opiniones unánimes y, caso de no lograrlo dentro del tiempo prefijado, consignar tanto las opiniones de la mayoría como las de la minoría.
- 5) Terminar las discusiones a la hora prefijada, cualquiera que sea el estado en que se encuentre la discusión del tema.
- 6) Emitir, por intermedio del Relator, un informe del Grupo.

##### *De los integrantes de los Grupos*

- 1) Prepararse para las discusiones de los temas acumulando elementos de juicio: a) reflexionando sobre sus experiencias personales; b) leyendo los documentos de trabajo presentados, y c) tomando notas durante la presentación de los temas.
- 2) Cumplir estrictamente el horario señalado.
- 3) Manifiestar su opinión personal sobre las materias que se tratan, cada vez que lo considere conveniente, cuidando que sus intervenciones sean breves, claras y aborden asuntos importantes.
- 4) Promover o estimular la participación de sus compañeros de grupo que menos hayan intervenido en la discusión, preferiblemente a través de preguntas sobre la opinión que le merece un aspecto determinado.

- 5) Proponer redacciones que reflejen la opinión del Grupo.
- 6) Solicitar aclaraciones de aspectos dudosos cuando lo estime conveniente.
- 7) Participar activamente en la designación del Director de Debates y Relator del Grupo y caso de ser elegido aceptar tales responsabilidades.

#### *Del Comité de Redacción*

- 1) Constituirse con los Relatores y Secretarios Técnicos de los Grupos de Trabajo, bajo la presidencia del Coordinador General del Seminario.
- 2) Reunirse en la oficina del Coordinador General a las horas fijadas.
- 3) Redactar el informe conjunto.
- 4) Delegar en el Coordinador General la tarea de publicar el informe conjunto.

#### *Del Director de Debates*

(Un Director para cada tema, designado por los integrantes del Grupo)

- 1) Presidir y dirigir la discusión del tema correspondiente: a) guiando las discusiones de acuerdo con las preguntas formuladas para cada tema; b) estimulando la participación de todos los integrantes del Grupo, y c) orientando la discusión de tal modo que puedan obtenerse conclusiones y respuestas concretas, sin perder el tiempo en polémicas.
- 2) Ayudar al Relator en la elaboración del informe del Grupo.
- 3) Presidir la discusión del informe conjunto.

#### *Del Relator*

(Un Relator para cada tema, designado por los integrantes del Grupo)

- 1) Tomar nota de las opiniones de los integrantes del Grupo y de las conclusiones a que se llegue.
- 2) Preparar el informe del Grupo, con la ayuda del Director de Debates y del Secretario Técnico del Grupo.
- 3) Colaborar con el Comité de Redacción para la formulación del informe conjunto.
- 4) Elaborar las objeciones y modificaciones propuestas por el Grupo al informe conjunto, con la ayuda del Director de Debates y del Secretario Técnico.

#### *Del Secretario Técnico*

(Designado previamente por los organizadores del Seminario)

- 1) Presidir el comienzo de la primera reunión del Grupo y la elección del Director de Debates y del Relator para los tres temas.
- 2) Ayudar al Director de Debates a conducir los debates y las discusiones, de acuerdo con las preguntas formuladas para cada tema.
- 3) Ayudar al Relator a elaborar el informe del Grupo.
- 4) Participar en el Comité de Redacción para la elaboración del informe conjunto.
- 5) Participar en las discusiones cada vez que sea necesario para asesorar al Grupo o para sugerir ideas que contribuyan al mejor desarrollo de aquéllas.

#### *Del Secretario General*

(Designado por los organizadores del Seminario)

- 1) Encargarse de la reproducción de los informes de los Grupos y del informe conjunto preliminar.
- 2) Solicitar del Comité de Redacción, a la hora fijada, el informe conjunto revisado y proceder a su reproducción.
- 3) Encargarse de la reproducción del informe preliminar del Seminario.
- 4) Hacer que se reproduzca cualquier otro documento necesario para las labores del Seminario.

## Anexo 4

### PROGRAMA

*Lima, Perú—18-27 de julio de 1961*

<b>Martes 18</b>	6:00 p.m.	Inscripción de participantes
	7:30 p.m.	Ceremonia de inauguración (Hotel Bolívar)
<b>Miércoles 19</b>	8:30-9:30 a.m.	Presentación de participantes y consultores Objetivos del Seminario Explicación del método de trabajo
	9:30-9:45 a.m.	Receso
	9:45-11:30 a.m.	Estado actual de la enseñanza de ingeniería sanitaria en la América Latina—Prof. Gordon M. Fair
	12:15 p.m.	Almuerzo
	1:30-3:00 p.m.	Sesión plenaria Exposición, por diversos países, sobre el estado de la enseñanza de ingeniería sanitaria
	3:00-3:15 p.m.	Receso
	3:15-5:00 p.m.	Continuación de la plenaria anterior
	<b>Jueves 20</b>	8:30-10:00 a.m.
10:00-10:15 a.m.		Receso
10:15 a.m.-12:00		Discusión por Grupos de Trabajo—Tema I
12:15 p.m.		Almuerzo
1:30-5:30 p.m.		Discusión por Grupos de Trabajo—Tema I
<b>Viernes 21</b>	8:30-11:00 a.m.	Continuación de la discusión por Grupos de Trabajo—Tema I
	11:00 a.m.-3:00 p.m.	Preparación del informe conjunto por el Comité de Redacción—Tema I
	12:00	Almuerzo
	1:30-3:00 p.m.	Tema II—Actividades de investigación en ingeniería sanitaria—Ing. Frank A. Butrico (E.U.A.)
	3:00-3:15 p.m.	Receso
	3:15-4:15 p.m.	Revisión del informe conjunto por los Grupos de Trabajo—Tema I
	4:15-5:30 p.m.	Sesión plenaria Discusión sobre el informe conjunto—Tema I
	<b>Sábado 22</b>	Receso

<b>Domingo 23</b>		Receso
<b>Lunes 24</b>	8:30-9:30 a.m.	Presentación del Tema II Ing. Hernando Correal (Colombia) Ing. Haroldo Jezler (Brasil)
	9:30 a.m.	Entrega del informe conjunto del Tema I por el Comité de Redacción al Secretario General del Seminario
	9:30-9:45 a.m.	Receso
	9:45 a.m.-12:00	Discusión por Grupos de Trabajo—Tema II
	12:15 p.m.	Almuerzo
	1:30-3:00 p.m.	Continuación de la discusión por Grupos de Trabajo—Tema II
	3:00-3:15 p.m.	Receso
	3:15-5:30 p.m.	Continuación de la discusión por Grupos de Trabajo—Tema II
	5:30 p.m.	Preparación del informe conjunto por el Comité de Redacción—Tema II
<b>Martes 25</b>	8:30-9:30 a.m.	Revisión del informe conjunto por los Grupos de Trabajo—Tema II
	9:30-10:45 a.m.	Sesión plenaria Discusión sobre el informe conjunto—Tema II
	10:45-11:00 a.m.	Receso
	11:00 a.m.-12:00	Presentación del Tema III Ing. Humberto Olivero, h. (Guatemala) Ing. Ramón del Valle Reyes (Chile)
	12:15 p.m.	Almuerzo
	1:30-2:00 p.m.	Continuación de la presentación del Tema III Ing. José M. de Azevedo Netto (Brasil)
	2:00-3:45 p.m.	Discusión por Grupos de Trabajo—Tema III
	3:45-4:00 p.m.	Receso
	4:00-5:30 p.m.	Continuación de la discusión por Grupos de Trabajo—Tema III
<b>Miércoles 26</b>	8:30-11:00 a.m.	Continuación de la discusión por Grupos de Trabajo—Tema III
	9:30 a.m.	Entrega del informe conjunto del Tema II por el Comité de Redacción al Secretario General del Seminario
	11:00 a.m.-3:00 p.m.	Preparación del informe conjunto por el Comité de Redacción—Tema III
	11:00 a.m.-12:30 p.m.	Visita de un grupo de participantes a las diversas instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería
	1:00 p.m.	Almuerzo
	3:00-4:00 p.m.	Revisión del informe conjunto por los Grupos de Trabajo—Tema III

	4:00-5:30 p.m.	Sesión plenaria Discusión sobre el informe conjunto—Tema III
<b>Jueves 27</b>	8:30 a.m.-2:00 p.m.	Visita de un grupo de participantes a los alrededores de Lima Almuerzo campestre
	9:30 a.m.	Entrega del informe conjunto del Tema III por el Comité de Redacción al Secretario General del Seminario
	3:30-5:30 p.m.	Sesión plenaria Discusión y aprobación del informe preliminar del Seminario
	5:30-6:00 p.m.	Ceremonia de clausura

---