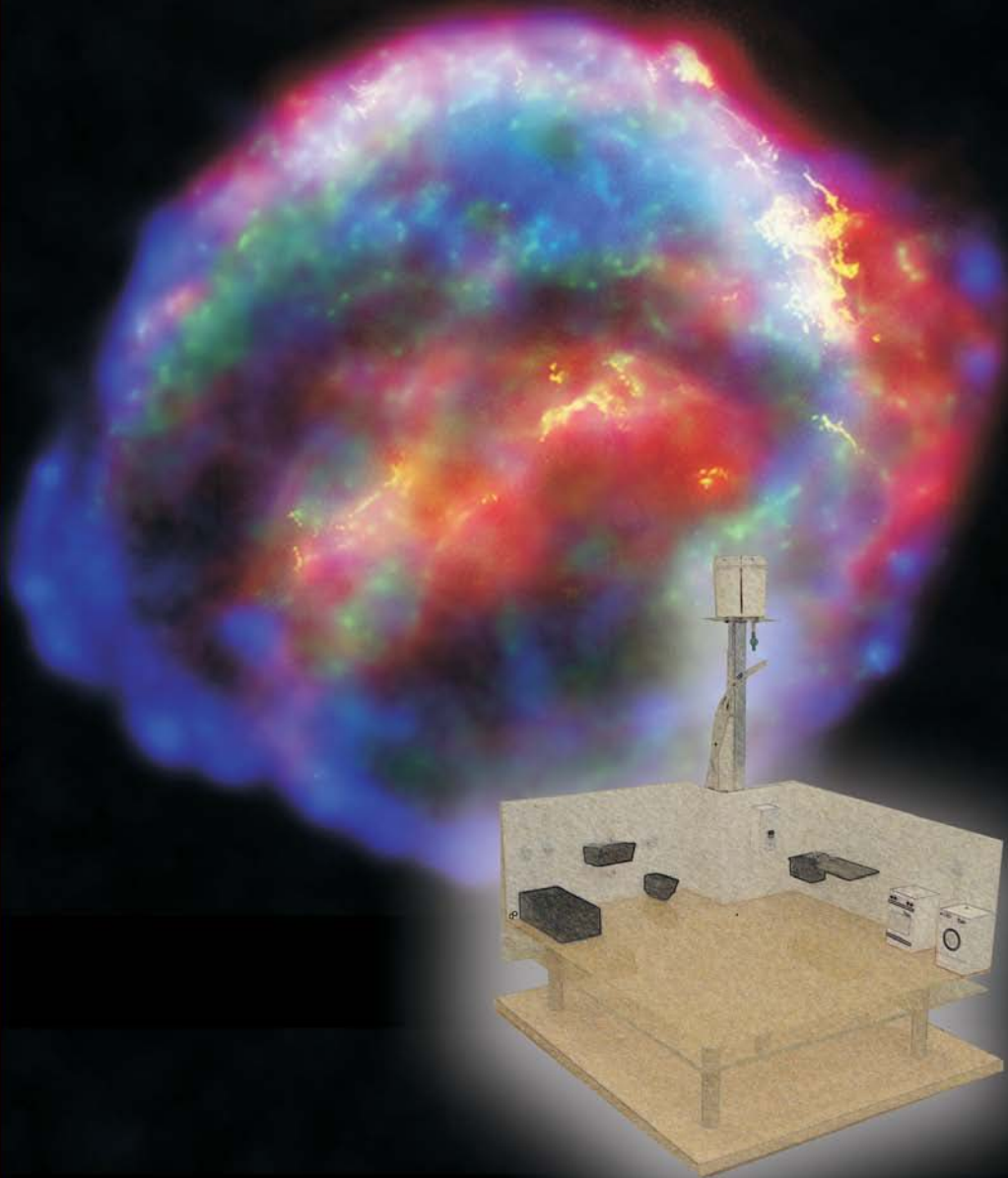




Instalación sanitaria de una vivienda



Serie: Recursos didácticos

Tapa:
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada
por el telescopio Hubble - NASA.

a u t o r i d a d e s

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

Dr. Néstor Kirchner

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Daniel Filmus

SECRETARIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Prof. Alberto E. Sileoni

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. María Rosa Almandoz

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Instalación sanitaria de una vivienda

Eduardo E. Rodriguez,
Maximiliano N. Hasan.

Colección Serie "Recursos didácticos".
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0523-9

Rodríguez, Eduardo

Instalaciones sanitarias de una vivienda / Eduardo Rodríguez y Maximiliano Hasan; coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.

- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.

124 p.; 22x17 cm. (CD-Rom)

ISBN 950-00-0523-9

1. Construcciones-Instalaciones Sanitarias. 2. Agua-Instalación. 3. Desagües.
I. Hasan, Maximiliano II. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. III. Título

CDD 696.13

Fecha de catalogación: 3/11/2005

Impreso en Gráfica Pinter S. A., México 1352 (C1097ABB), Buenos Aires,
en noviembre 2005

Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción-
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible

LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
 - Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T– y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
 - Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
 - Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
 - Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
 - Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
 - Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.
- Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

Programa 1. Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

Programa 2. Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

Programa 3. Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

Programa 4. Educación para el trabajo y la integración social.

Programa 5. Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

Programa 6. Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

Programa 7. Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

Programa 8. Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

María Rosa Almandoz

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativas ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica -CeRET- y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web www.inet.edu.ar–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearon la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

Juan Manuel Kirschenbaum

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

1 Problemas tecnológicos en el aula. En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.

2 Encuadre teórico para los problemas. En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

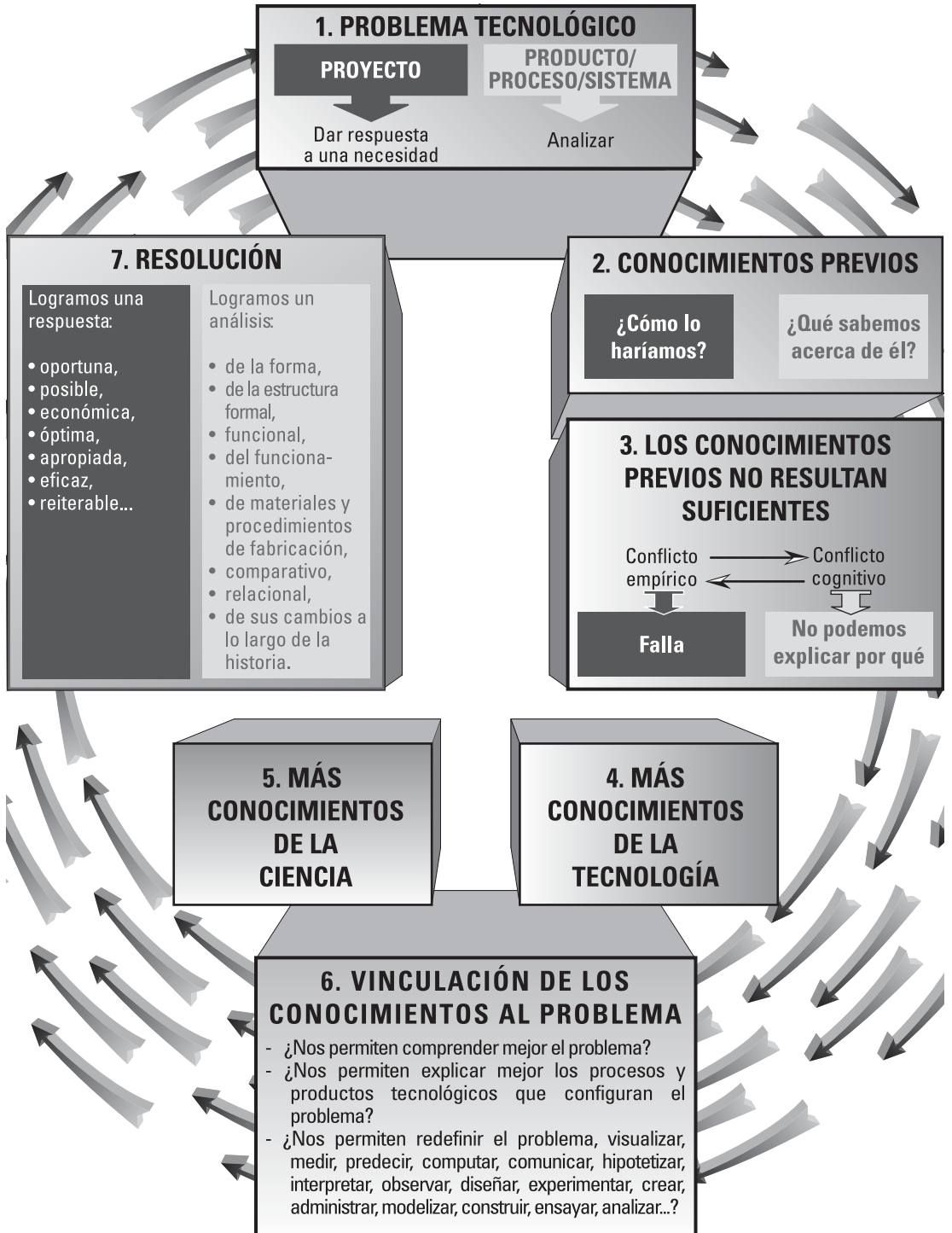
tecnológicos y conceptos científicos asociados.

3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo. Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.

4 El equipo en el aula. En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.

5 La puesta en práctica. Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

nentes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

Haydeé Noceti

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".
Centro Nacional de Educación Tecnológica



15. Instalaciones sanitarias de una vivienda

Este material de capacitación fue desarrollado por:

Eduardo E. Rodríguez

Es Doctor en Física, egresado del Instituto Balseiro. Es docente en la Universidad de Buenos Aires, en la Universidad Nacional de General Sarmiento y en la Universidad Favaloro. Es co-autor del libro *Física re-Creativa: Experimentos de Física causando nuevas tecnologías* (2001. Prentice Hall. Buenos Aires). Es co-editor de los sitios de divulgación *Física re-Creativa* (www.fisicarecreativa.com) y *Red Creativa de Ciencia* (www.cienciaredcreativa.org). Coordina talleres de ciencia para docentes de educación media.

Maximiliano N. Hasan

Es Técnico Electrónico y estudiante avanzado de Ingeniería Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires. Dictó cursos de Electrónica y Física en el nivel universitario. Se desempeña como diseñador de equipos electrónicos industriales, en el ámbito privado.

Coordinación general:

Haydeé Noceti

Diseño didáctico:

Ana Rúa

Administración:

Adriana Perrone

Monitoreo y evaluación:

Laura Irurzun

Diseño gráfico:

Tomás Ahumada

Karina Lacava

Alejandro Carlos Mertel

Diseño de tapa:

Laura Lopresti

J. M. K.

Con la colaboración
del equipo de profesionales
del Centro Nacional
de Educación Tecnológica



Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica	X
La serie “Recursos didácticos”.....	XII

1 Problemas tecnológicos en el aula	4	<ul style="list-style-type: none"> • El agua en la cocina • Y éste... es el baño • El agua caliente • El sistema de desagüe • Los materiales de las cañerías • Modos de ver: Planos y maquetas
2 Encuadre teórico para los problemas	9	<ul style="list-style-type: none"> • Las escalas de construcción y las semejanzas • Los números importan • Números sin dimensión • Y, por casa, ¿cómo andamos? • La universalidad del problema del cambio de escala
3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo	53	<ul style="list-style-type: none"> • El producto • Los componentes • Los materiales, máquinas, herramientas, instrumentos y accesorios • Consideraciones generales sobre el trabajo a realizar • El armado • El ensayo y el control • La superación de dificultades
4 El equipo en el aula	78	
5 La puesta en práctica	84	

Anexo:

- CD con los planos de las partes de la maqueta y con las maniobras a realizar para el maquinado de las piezas

1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

En la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y de la tecnología, surge la necesidad de disponer de recursos didácticos que contribuyan a representar los conceptos básicos que los alumnos han de integrar para comprender de un modo más acabado la realidad y para interactuar con ella. Los docentes necesitamos de este equipamiento didáctico, en cantidad y calidad adecuadas, para satisfacer nuestra exigencia de mejora continua en la enseñanza: nos resulta indispensable que las prácticas en el laboratorio de ciencias se realicen en laboratorios bien equipados y las de tecnología en talleres igualmente bien provistos.

Desde este material de capacitación participamos en esta búsqueda de modos alternativos de enseñanza apoyados en el diseño y en el desarrollo de recursos educativos útiles para ser integrados en las clases de ciencia y de tecnología.

Para comenzar a definir esta tarea de construir buenos recursos de enseñanza, lo invitamos a analizar los siguientes testimonios. En ellos, profesores y alumnos desarrollan -o están por concretar- tareas en las que resultaría útil contar con un equipamiento didáctico como el que deseamos presentarle:

La profesora de *Construcciones* presenta a sus alumnos la siguiente situación:

UN NUEVO BARRIO

La municipalidad de un pueblo ha emprendido la construcción de un nuevo barrio que va a resolver el problema de vivienda de muchas familias de la zona.

Las treinta casas, idénticas, van a estar conectadas a la red domiciliaria de agua potable, lo que contribuirá a mejorar las condiciones sanitarias de muchas per-

sonas que hoy viven en condiciones precarias.

Por supuesto, para este proyecto se necesita diseñar, entre otras, la obra sanitaria. Cada casa va a tener un tanque de reserva, una cocina y un baño, agua fría y caliente. Parte del problema consiste en optimizar los recursos disponibles y en simplificar la red de tuberías de las casas.

Aquí tienen los planos de la vivienda. Los invito a producir opciones de diseño de la obra sanitaria -en este momento de la tarea, un boceto va a ser suficiente- y a justificar sus primeras soluciones.

PLANOS Y MAQUETAS

Los profesores de *Dibujo y Tecnología* enseñan a sus alumnos la utilidad de planos y maquetas para representar una obra a construir.

Estos recursos gráficos y materiales son de invaluable utilidad para diseñadores y constructores. Por esto,

consideran que sería conveniente contar con una versión de una obra realizable que se represente de esas dos maneras.

Entre las opciones, consideran que el análisis de una casa -mediante la representación en dos y tres dimensiones- es una actividad adecuada para proponer a los alumnos.

MODELOS Y PROTOTIPOS

La posibilidad de experimentar con modelos que enseñan sobre el comportamiento de sistemas reales complejos es una alternativa de los procesos tecnológicos.

Ya sea que se esté por lanzar a la venta un nuevo teléfono celular o construir una obra de mayores dimensiones, los tecnólogos suelen adelantarse a los posibles problemas que pueden aparecer, analizando modelos que representan el producto.

Tras el rescate de lo que se aprendió en la experi-

mentación y en las pruebas del modelo, se avanza en la construcción de un prototipo, por lo que hay un necesario despliegue de habilidades en torno a estos pasos, y muchos conocimientos científicos y técnicos de los cuales valerse.

Para esto, el profesor de *Diseño*, asociado al de *Física*, propone estudiar un caso donde ciencia y tecnología se fraguan para diseñar un modelo, sobre el cual analizar y experimentar, en vistas de una posterior construcción a mayor escala. En este sentido, el modelo de un sistema hidráulico es pertinente y los casos a analizar son muchos: diques, canales abiertos, instalaciones sanitarias, entre otros.

El recurso didáctico que proponemos

En cada uno de estos testimonios aparece como necesario:

- potenciar la curiosidad ya existente en nuestros alumnos sobre problemas cotidianos,
- mejorar -tanto con la reflexión como con la práctica sobre un producto- algunas instancias precisas de enseñanza y de aprendizaje de la ciencia y la tecnología, y
- promover la realización de un proyecto tecnológico en el ámbito escolar.

Hemos elegido analizar el sistema sanitario de una vivienda, que puede presentarse en diferentes ciclos y modalidades de la educación técnico-profesional.

El **camino del agua** en una casa es relativamente transparente para el usuario (quien se despreocupa del agua cuando todo funciona). Aquí queremos convertirlo en un recurso didáctico para el aula.

Para esto, proponemos la materialización de este camino por medio de una maqueta que representa una vivienda con su instalación sanitaria.

Aunque lejos de sustituir a la inspección de una obra real -a la que los alumnos tendrán la oportunidad de visitar durante el desarrollo de las tareas-, una maqueta que detalla la instalación puede contribuir a hacer visible el trayecto del agua, desde su entrada a la casa, en los tramos de consumo y en los de drenaje. Por ejemplo, permite analizar cada sistema independientemente, mostrando lo que está "oculto" detrás de las paredes o debajo del piso. Esta apreciación de la organización de los sistemas es relevante y su organización es uno de los problemas a resolver durante la construcción de la maqueta.

Para la realización del proyecto vamos a apoyarnos en un **plano** que refleja la idea original. Un plano representa en dos dimensiones lo que está en tres en el mundo real; y, este "salto dimensional" no siempre está libre de obstáculos para el aprendiz de dibujo técnico o para el constructor en ciernes. Entonces, si tomamos al plano como punto de partida, éste nos va a ayudar en la visualización de los problemas que pueden suscitarse al encarar

sus soluciones. También vamos a experimentar con distintas formas de representación y con distintas escalas; manejamos varias escalas (plano-vivienda, plano-maqueta, maqueta-vivienda), y esperamos que esta parte del proyecto sirva como ejercicio del arte de dibujar, proyectar y pensar a escala. La confección del plano va a ajustarse a normas y, a lo largo del proyecto, hay momentos para enfatizar la importancia de la representación gráfica tanto como herramienta de organización de la información como de comunicación.

El problema del cambio de **escalas** se manifiesta también en las consideraciones sobre el flujo del agua. En una vivienda real podemos conocer, mediante cálculo, aproximadamente, cuáles tienen que ser los diámetros de las cañerías involucradas en cada tramo del sistema sanitario. Pero, ¿podemos trasladar a escala las dimensiones de los tubos que representen a las cañerías reales, de la misma manera que lo hacemos con las dimensiones de la vivienda? Éste es un problema práctico a la hora de diseñar la maqueta y sirve para ilustrar las precauciones a considerar en cualquier diseño. En síntesis, apreciamos que puede generarse una serie de actividades muy provechosas en torno al "problema de escala".

Aún cuando resolvamos los problemas de escala, podemos encontrarnos con dificultades para que el agua fluya con el caudal necesario -por ejemplo, desde el tanque de reserva hasta una canilla abierta cualquiera-. Al enfrentarnos con esta situación, tenemos que preguntarnos sobre las **condiciones físicas** que tienen que satisfacerse para que la circulación del agua sea adecuada. A la vez,

es menester evaluar las necesidades de consumo, tanto en la vivienda real como en la maqueta.

Con la maqueta podremos analizar los sistemas de distribución de agua. El examen de un **sistema modelo** es relevante en una variedad de situaciones y es una de las claves del análisis tecnológico. Por tanto, el desarrollo del equipo que presentamos puede contribuir a la identificación y a la observación de distintos sistemas, y a enfatizar la comprensión del concepto mismo de sistema y la amplitud de su significado.

En síntesis, los contenidos que convergen en el equipo **Instalaciones sanitarias de la vivienda** corresponden a los dominios de la *Física*, las *Tecnologías Básicas*, el *Dibujo Técnico*, el *Diseño* y la *Comunicación*. Nos proponemos que esta variedad de campos conceptuales quede entrelazada durante el desarrollo del proyecto.

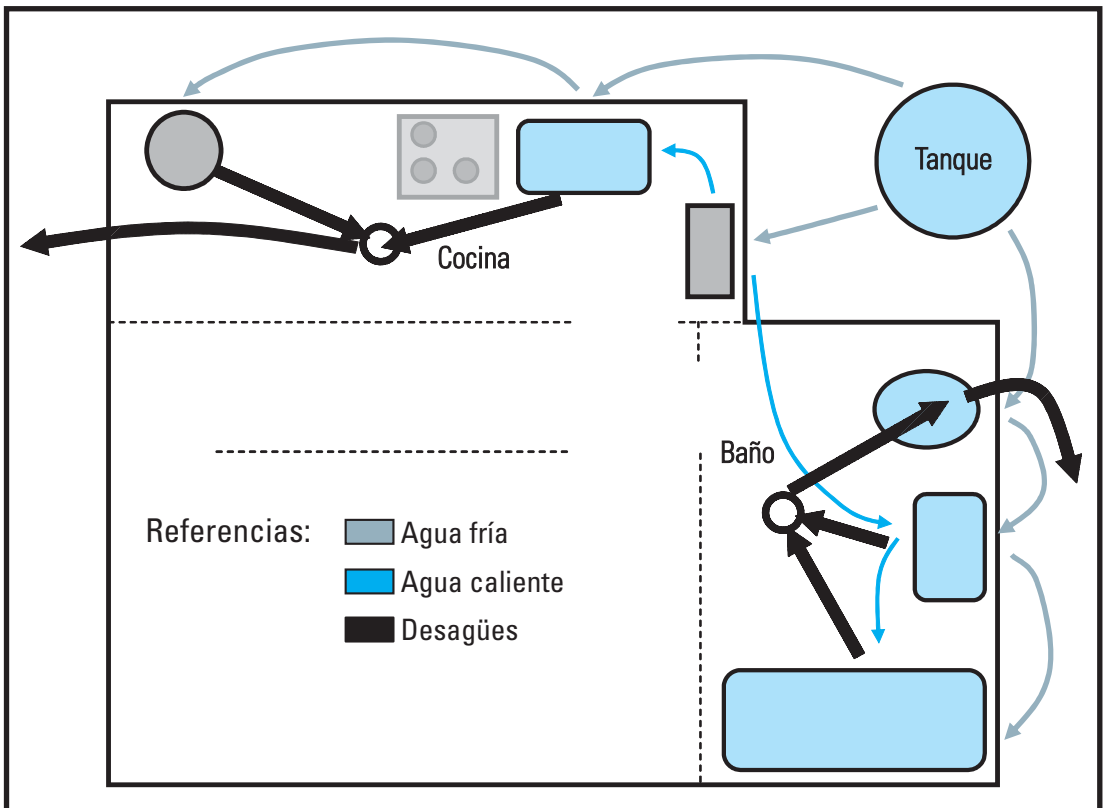
La remisión a la **Física** se hace a través del concepto de energía, de su principio de conservación y de temas de hidrodinámica. El concepto de energía es transversal a diversas ramas y vale la pena considerar su importancia. Los tópicos de hidrodinámica retoman la energía y el principio de conservación, y se aplican a casos relevantes, de donde se definen las ecuaciones básicas de los fluidos en movimiento. También tratamos, sucintamente, el problema de la escala desde el punto de vista del diseño y apoyándonos en ideas de la Física. A lo largo del proyecto, explotamos las analogías que pueden establecerse entre un circuito eléctrico y uno hidráulico; estas analogías amplían el horizonte de posibilidades en el momento de reflexionar (desde el conocimiento) cuando

se busca una solución práctica y es importante que sean establecidas por el alumno.

La adecuación del plano del proyecto a normas reconocidas nos involucra con los requerimientos del **Dibujo Técnico**. En una etapa primigenia, el dibujo esquemático que plasma rápidamente una idea es más que recomendable, ya que potencia el desarrollo creativo de habilidades para la representación gráfica a mano alzada. No obstante, una presentación final requiere del uso de elementos de dibujo, que van desde la regla T y la escuadra sobre la mesa de dibujo, hasta llegar a la representación mediante programas de computadora específicos. El nivel al que se arrije va a depender de

opciones didácticas, en un caso, y a la existencia o no de equipos de informática en la escuela, en otros. De cualquier manera, las técnicas de diseño y dibujo por computadora están cada vez más extendidas y sería conveniente tratar de utilizarlas a lo largo de este proyecto; porque la maqueta que se presenta queda abierta a cambios y mejoras, lo que resulta importante de considerar en un proyecto de **Educación Tecnológica**; a saber, que el aprendiz logre la capacidad para extender el uso de artefactos (en este caso, la maqueta) y de sistemas existentes, a la medida de su habilidad y pericia.

Veamos, esquemáticamente, qué queremos lograr:



Las particularidades de diseño gráfico de este material de capacitación no nos permiten ajustarnos a los colores habituales que denotan los tipos de agua: azul para el agua fría y rojo para el agua caliente.

Nuestro propio bosquejo de la maqueta fue hecho, primero, a mano alzada, para afianzar

la idea que teníamos en mente; luego, dibujamos con las opciones gráficas (rudimentarias) de un procesador de texto.

Este bosquejo rescata la idea general que queremos anticiparle; iremos develando los detalles y resolviendo problemas más adelante, a medida que pongamos proa rumbo al "producto material"... que es éste:



Al final de nuestra tarea, nos detendremos a reflexionar sobre los alcances y limitaciones de nuestra maqueta como medio de representación de una vivienda real.

2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

En las páginas que siguen vamos a presentarle los conocimientos básicos para entender cuestiones atinentes al flujo del agua en una casa.

En torno a cada concepto que desarrollamos, le ofrecemos ejemplos relacionados con el proyecto; también, planteamos algunas tareas sencillas que pueden hacerse en el aula, útiles para favorecer la comprensión de los conceptos y para resolver problemas tecnológicos. Asimismo, nos referimos a algunas analogías que, a menudo, se encuentran entre temas de la mecánica de los fluidos y otras ramas de la física, especialmente de la electricidad. Estos conocimientos generales nos van a servir para entender los rudimentos del diseño de cañerías que conducen agua en una vivienda, los tipos de conexiones y los problemas asociados. Al final, describimos el sistema sanitario de una casa, donde identificamos los subsistemas que pueden analizarse independientemente y en interrelación con los demás, destacando sus modos de funcionamiento en asociación con sus finalidades.

A lo largo de todo el texto vamos a compartir con usted nuestras fuentes de información, de donde nos nutrimos, por lo que incluimos referencias a libros, revistas y sitios de Internet, de modo que pueda consultarlas cuando lo crea conveniente para extender el alcance de sus conocimientos. Nuestros maestros nos han enseñado que remitirnos a las fuentes transforma a la buena práctica académica de citar en un acto de generosidad

del autor para con el lector¹; y, al escribir este texto, nos encontramos frente a una estupenda oportunidad para practicar el consejo.

Los fluidos

Toda la materia está constituida por átomos. El griego Demócrito gestó, hacia 400 a. C., una teoría atomista según la cual la materia estaba compuesta de cuerpos microscópicos indestructibles denominados átomos (de la palabra griega *atomos*, que significa *indivisible*). Los átomos de Demócrito tenían distintas propiedades: algunos eran duros y otros blandos, algunos eran suaves y otros ásperos, y estas diferencias explicaban la variedad de sustancias conocidas.² Hoy sabemos, tras el avance de las teorías científicas apoyadas por resultados experimentales, que el que una sustancia sea sólida, líquida o gaseosa depende de la manera en que las fuerzas entre sus átomos determinan la estructura y sus propiedades.

- En un **sólido**, las fuerzas entre los átomos son relativamente fuertes y les inhibe migrar demasiado de sus posiciones de equilibrio, lo que da lugar a que pueda definirse una estructura atómica ordenada de mediano o de largo alcance.

¹ Martínez, E. (2004) *Cómo se escribe un informe de laboratorio*. Eudeba. Buenos Aires.

² Lightman, A. (1991) *Luz antigua. Nuestra cambiante visión del universo*. Andrés Bello. Barcelona.

- En un **líquido**, en cambio, las fuerzas interatómicas son menores, y aunque permiten un ordenamiento, éste es menos extendido (decimos que el orden es de corto alcance).
- En el otro extremo, en un **gas**, las fuerzas son insignificantes y el estado prevalente es mucho más desordenado.

En los líquidos y gases, las fuerzas entre átomos y el ordenamiento espacial más débil permiten a éstos la notable posibilidad de *fluir*.

Por esta propiedad común, agrupamos a líquidos y a gases con el nombre genérico de **fluidos**.

Observamos que los cuerpos sólidos tienen una forma definida, lo que es consecuencia del mayor ordenamiento de sus átomos, que logra mantener una red cristalina. Cuando oprimimos un cuerpo sólido, las componentes de la fuerza paralelas a la superficie son "fuerzas cortantes" que lo deforman ligeramente, hasta que las fuerzas elásticas internas pueden equilibrar a las fuerzas aplicadas. Estas fuerzas internas resisten a las fuerzas que tratan de cambiar la forma del cuerpo. En un fluido, esto no ocurre. Un fluido no resiste la distorsión causada por las fuerzas cortantes; en cambio, modifica su forma³ y empieza a fluir. Esta capacidad de cambiar su forma es la característica que

define a los fluidos y surge de la "poca habilidad" que presentan para contraponer fuerzas internas a las fuerzas externas cortantes.

Si el cuerpo fluido no resiste ninguna fuerza cortante y no presenta resistencia alguna a los cambios de forma, recibe la denominación de *fluido ideal*. Pero, un fluido ideal es como el "agua seca": no existe. Los fluidos que habitualmente manejamos (agua, leche, aceite, nafta, aire, gas natural) son *fluidos reales*, y sus propiedades de fluidez no se corresponden estrictamente con la definición anterior. Así, cuando aplicamos un torque a un vaso con agua y lo ponemos a girar, si el agua fuera ideal, no acompañaría el giro del vaso; en el caso real, sí lo hace, aunque su movimiento no sigue de inmediato al del vaso.

Lo invitamos a que proponga a sus alumnos hacer la maniobra y la observación, a que traten de entender esta "realidad" del comportamiento del agua y, en lo posible, a que la vinculen con los mecanismos de interacción molecular.

Luego, ínstelos a imaginar y a reflexionar sobre si, cuando se pone a girar un vaso "vacío", gira con él "el aire que está dentro".

La viscosidad

Hemos visto que los sólidos resisten los esfuerzos cortantes, deformándose. Los fluidos, en cambio, no los resisten. En los fluidos, la característica importante no es saber

³ La creatividad es una suerte de adaptación a las circunstancias, y la imagen del agua que cambia de forma para adaptarse a cualquier circunstancia que encuentre, suele usarse como metáfora para la creatividad. Observamos que el agua de un río corre, pero si llega a una roca, fluye alrededor de ella. Si sumergimos una taza en el río y la llenamos, el agua tomará la forma de la taza. Goleman, D. (2000) *El espíritu creativo*. Javier Vergara. Grupo Z. Buenos Aires.

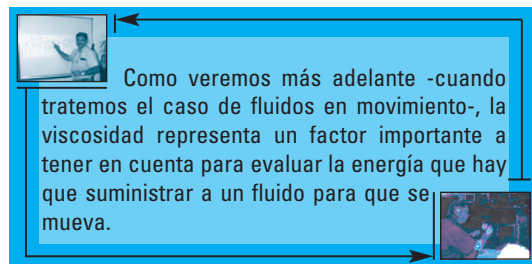
cuánto se deforman, sino cuán rápidamente se deforman. Podemos observar agua y miel derramándose de sendos vasos. La miel tiene "más pereza" que el agua para fluir y desocupa el vaso más lentamente; decimos, así, que la miel es más viscosa que el agua.

La **viscosidad** representa la dificultad de un fluido a fluir.

La viscosidad da cuenta tanto de la fricción entre dos partes del fluido que se mueven una respecto de la otra, como del efecto que produce el movimiento de una parte del fluido sobre otra. Para ver esto, pensemos en un fluido inicialmente en reposo y en contacto con un plano. Cuando movemos el plano con una cierta velocidad, si el fluido fuera ideal -es decir, sin viscosidad-, su estado de reposo no se vería afectado por el desplazamiento del plano. Sin embargo, un fluido real tiene viscosidad y "la capa" de fluido en contacto con el plano tenderá a moverse solidario a él. La viscosidad será el ingrediente responsable de que el fluido viscoso mantenga a la capa más cercana al plano moviéndose con él, y que esta capa, a su vez, "arrastre" al resto del fluido y transmita el movimiento.⁴

Podemos desarrollar una analogía descriptiva usando un libro de Física⁵. Le proponemos que tome uno de estos libros y lo coloque sobre la mesa. Luego, apoye una mano sobre la tapa, aplique un esfuerzo cortante sobre ella y trate de deslizarla. Podrá ver que las hojas superiores, más cercanas a la tapa,

acompañan el movimiento. El rozamiento entre las hojas logra que las demás hojas también acompañen este movimiento, aunque el efecto es más reducido para las hojas más alejadas de la tapa superior. La tapa que apoya sobre la mesa "apenas se entera" de que usted está ejerciendo una fuerza cortante sobre la tapa superior. Este ejemplo trata de poner sobre la mesa, de manera vívida, el efecto del rozamiento interno entre capas (las hojas) que comentamos en el párrafo anterior, respecto de lo que sucede en un fluido viscoso.⁶



Como veremos más adelante -cuando tratemos el caso de fluidos en movimiento-, la viscosidad representa un factor importante a tener en cuenta para evaluar la energía que hay que suministrar a un fluido para que se mueva.

La densidad

Los fluidos adoptan, aproximadamente, la forma del recipiente que los contiene⁷; por tanto, el volumen es una medida práctica de la cantidad de fluido. Notamos que compramos un litro de leche y cargamos el tanque de combustible de un automóvil con

⁴ Jou, D., Llebot, J. E. y Pérez García, C. (1999) *Física para ciencias de la vida*. McGraw-Hill. Madrid.

⁵ Wilson, J. (1996, 2ª ed.) *Física*. Prentice Hall Hispanoamericana. México.

⁶ Si hace este experimento -queda advertido-, sus alumnos bien podrán expresar que los libros de Física, además de pesados y densos, son viscosos... Frente a esto, lo invitamos a buscar una respuesta dialogal apropiada.

⁷ Esto es más cierto en el caso de los gases que en los líquidos. En los últimos, los fenómenos de superficie son determinantes para que la superficie libre de un líquido no acompañe la forma del recipiente. Esto puede verse en un vaso con agua, observando que el agua "trepa" un poco por la pared del vaso, por encima del nivel de la superficie central. Por esto, decimos que el agua moja al vaso.

diez litros de nafta; nunca pedimos 1 kg de leche ni pedimos que pesen la nafta. El volumen está relacionado con la masa de una manera directa y simple; por esto, si compramos dos litros de un líquido, esperamos recibir el doble de masa que cuando pedimos uno.

La densidad de un cuerpo se define como la masa dividida por el volumen que ocupa:⁸

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

La unidad de densidad es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³).

- La densidad es un típico ejemplo de una *magnitud intensiva*, una denominación que indica que la magnitud no depende de la extensión del cuerpo.
- En cambio, la masa y el volumen dependen de la extensión del cuerpo y son *magnitudes extensivas*.

Curiosamente, el cociente entre estas dos magnitudes extensivas define operacionalmente⁹ a la densidad, que es intensiva. Con esta magnitud caracterizamos apropiadamente a las sustancias, independizándonos del tamaño de la muestra: entonces, hablamos de la densidad del hierro, de la densidad del agua, de la densidad de la sangre, etcétera.

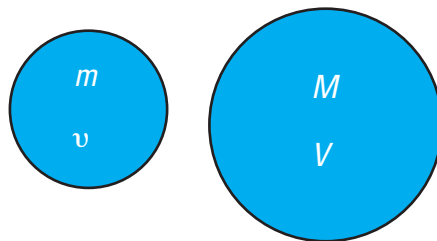
⁸ Nombramos a la densidad con la letra griega ρ (ro), equivalente a la letra r del alfabeto latino. Puede usted consultar el alfabeto griego en:

http://personal5.iddeo.es/ztt/para/alfabeto_griego.htm

⁹ La definición es *operacional* porque indica las operaciones a practicar para medirla; en este caso son tres:

1. medir la masa,
 2. medir el volumen que esa masa ocupa y
 3. hacer el cociente entre masa y volumen.
- Permítanos añadir una cuarta:
4. no olvidemos ponerle la unidad.

Dos cuerpos del mismo material



$$\text{densidad, } \rho = \frac{m}{v} \Rightarrow \rho = \frac{M}{V}$$

La densidad es una propiedad intensiva; la densidad de un material dado no depende del tamaño de la muestra

La densidad depende de la temperatura, dado que si calentamos o enfiamos un cuerpo éste puede cambiar su volumen. En general, los cuerpos se dilatan cuando se los calienta y se contraen cuando se los enfría; en consecuencia, la densidad de un cuerpo, por lo general, decrece cuando aumenta la temperatura y aumenta cuando ésta disminuye.

El agua es una especie de "oveja negra de la familia" y presenta un comportamiento distinto al descrito, que se denomina *comportamiento anómalo*. Vale la pena que nos ocupemos de esto. La naturaleza está llena de rarezas que despiertan la curiosidad y sorprenden al más avisado de los observadores. Además de su interés biológico -lo que merecería un capítulo aparte-, vemos que hay agua por doquier; y, esto amerita tratarla con cierto detalle. El agua es la única sustancia abundante en el mundo que existe en las tres fases: sólida, líquida y gaseosa, y la única que existe principalmente en la fase

líquida¹⁰. En estado puro, el agua líquida tiene una densidad máxima de 1.000 kg/m^3 (1 g/cm^3) a $4 \text{ }^\circ\text{C}$, y su densidad disminuye cuando se la enfría hasta $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -cuando empieza a congelarse-, en contra de la tendencia aludida. Por esta razón, el hielo que se forma tiene menor densidad que el agua líquida y flota en ella, una situación fácil de observar poniendo un cubito de hielo en un vaso con agua.

Al respecto, un iceberg, por más grande que sea, es agua congelada, hielo al fin, y también flota en el agua de mar...

Recordamos la película *Titanic* y las maldiciones que echamos sobre esa mole de hielo que se interpuso entre el amor y el destino de Rose y Jack.

El agua congelada -capaz de hundir barcos- también hace estragos en las cañerías de agua en las casas en zonas frías; especialmente, si no se toman precauciones. Ya sea en Bariloche, Río Negro, o en el Valle del Aconquija, Catamarca, en épocas de mucho frío (cuando hay temperaturas menores que $0 \text{ }^\circ\text{C}$), basta con que el agua quede estacionada en los caños exteriores para que se congele, se dilate y... reviente los caños, si éstos no tienen la rigidez adecuada, lo que sucedería si fuesen, por ejemplo, de plástico. Un recaudo podría consistir en evitar que el agua esté quieta en las tuberías: un chorrito que salga de alguna canilla podría servir para mantenerla circulando; pero, en tal caso, habría un consumo innecesario de un valioso elemento. Lo mejor es construir las cañerías externas con

materiales adecuados; pero, aún en este caso, si los moradores tienen que ausentarse de la casa por un tiempo prolongado, lo mejor que pueden hacer es vaciar las tuberías.

La densidad del agua también cambia con la cantidad de sales disueltas; es decir, depende de la salinidad -recordamos que el agua es un fuerte disolvente-. Para citar un ejemplo extremo, en el mar Muerto, que tiene un 25 % de sales disueltas -7 veces más que el promedio oceánico¹¹-, el agua tiene una densidad más alta que el promedio de $1,030 \text{ g/cm}^3$ de los mares; en esta agua, una persona "hace la plancha" con facilidad¹².

Por su parte, el aire -el mar gaseoso donde vivimos- es poco denso; su densidad es 1 kg/m^3 , una milésima de la del agua. Cuando comparamos la densidad de otro fluido con la del agua, hablamos de *gravedad específica*, que es la densidad del fluido dividida por la densidad del agua. Por lo anterior, se desprende que la gravedad específica del aire es 0,001.

La densidad es una magnitud muy práctica en muchas situaciones. Por ejemplo:

- la medición de la densidad de una muestra de vino obtenida de un tonel de maduración, indica el contenido de azúcar del vino;
- un electricista del automotor puede estimar la concentración de ácido de una batería, midiendo la densidad del líquido;

¹⁰ Asimov, I. (1980) "Agua, agua por doquier". En *Los lagartos terribles y otros ensayos científicos*. Alianza. Madrid.

¹¹ Asimov, I. (1980) *Ibid.*

¹² La densidad media del cuerpo humano es, aproximadamente, 1 g/cm^3 , similar a la del agua.

- la medición de densidad ósea (densitometría) realizada a mujeres adultas, determina el contenido de calcio de los huesos, y sirve para anticipar un diagnóstico y para definir un tratamiento.

El principio de Arquímedes

Quizá, el principio más popular de la hidrostática sea el principio de Arquímedes:

"Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje de abajo hacia arriba de magnitud igual al peso del líquido que desaloja."

El principio explica por qué flotan los barcos y los icebergs, y por qué nos sentimos más livianos cuando estamos sumergidos en agua. Arquímedes (287 a. C. - 212 a. C.) fue un matemático griego, reconocido inventor y un auténtico tecnólogo de su época. Entre sus contribuciones se incluyen ingeniosas máquinas y dispositivos, como el tornillo hidráulico usado para elevar agua. En lo que se refiere al principio que lleva su nombre, la leyenda cuenta que lo descubrió mientras atendía un encargo de Hierón de Siracusa, quien le había encomendado que descubriera si la corona que había encargado a un orfebre y con la que honraría a los dioses inmortales en agradecimiento por sus empresas era, efectivamente, de oro, tal como lo había requerido¹³. En la búsqueda de una solución

al problema -hoy, diríamos que le habían encargado una pericia-, enunció su famoso principio¹⁴.



En el sistema sanitario de nuestras casas hacemos uso del principio de Arquímedes.

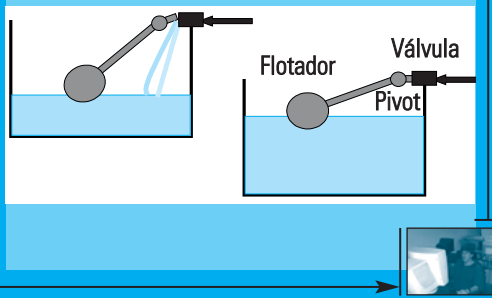
Un tipo de válvula ampliamente usada consiste en un flotador -de plástico o de poliuretano expandido, materiales menos densos que el agua-, colocado en el extremo del brazo más largo de una palanca. La palanca está suspendida de un eje y tiene, en el extremo del brazo más corto, una válvula de cierre del paso de agua.

El conjunto se coloca dentro del recipiente (cisterna, tanque de reserva, tanque del inodoro) que se va a llenar con agua. El agua ejerce un empuje sobre el flotador y éste sube, logrando que la palanca rote sobre el eje.

Cuando el nivel de agua alcanza el nivel requerido, el flotador está en la posición adecuada para que la válvula cierre el paso de agua. Cuando se consume el agua del tanque y el nivel de agua baja, también baja el flotador, abriendo la válvula.

El sistema es un buen ejemplo de un *sistema con realimentación*.

¡Eureka!, diría Arquímedes.



¹³ Maiztegui, A. (1993). "Arquímedes y la corona de Hierón". *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 6. N° 1. Publicación de la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA). Buenos Aires.

¹⁴ La aplicación del principio para medir densidades puede verse en: Gil, S. y Rodríguez, E. (2001) *Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*. Prentice Hall. Buenos Aires. En la web: www.fisicarecreativa.com

La presión

A diferencia de lo que sucede cuando aplicamos una fuerza sobre un cuerpo sólido - sobre el que podemos aplicar la fuerza en un punto de contacto-, en un fluido esto no funciona y debemos aplicar la fuerza sobre una superficie extendida. El fluido resiste sólo una fuerza normal; el cociente entre esta fuerza y el área donde se aplica se denomina **presión**:

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

La unidad del Sistema Internacional para la presión es el newton por metro cuadrado

(N/m²), que recibe el nombre de pascal (Pa), en honor al matemático y filósofo francés Blaise Pascal (1623-1662):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

También contamos con un conjunto de unidades prácticas para la presión, comunes de observar en los instrumentos de medición (manómetros); por ejemplo: centímetros de mercurio (cm Hg), kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm²), libra por pulgada cuadrada (lb/inch²)¹⁵, entre otras.

En vista de tanta variedad, merece la pena tener a mano una tabla de conversión.¹⁶

Tabla de factores de conversión de unidades de presión

	Pa (N/m ²)	bar	Libra/Pulgada ²	kg/cm ²	atm	Torr
1 Pa	1	1 x 10 ⁻⁵	1,45 x 10 ⁻⁴	1,02x10 ⁻⁵	9,87x10 ⁻⁶	0,0075
1 bar	100000	1	14,5	1,02	0,987	750
1 libra/pulgada²	6894,7	0,0689	1	0,070	0,068	51,71
1 kg/cm²	98066	0,981	14,22	1	0,968	735,6
1 atm	101325	1,013	14,69	1,033	1	760
1 Torr	133,32	1,33 x 10 ⁻³	0,0193	0,00136	0,00136	1

¹⁵ Llegar a la estación de servicio y decir: "28 libras en los delanteros y 30 en los traseros", es la versión metonímica de "Maestro, por favor, inyecte o extraiga aire de los neumáticos hasta que la presión interna sea 28 libras por pulgada cuadrada en los delanteros, y 30, medida en la misma unidad, en los traseros."

¹⁶ En la web se consiguen tablas de conversión de uso gratuito. Nosotros usamos el software *Convert* © Joshua Madison, obtenido de: www.joshmadison.com

También decimos que un fluido ejerce una presión sobre cualquier superficie en contacto con él; ésta es la fuerza normal que el fluido ejerce por unidad de área sobre la superficie. Por ejemplo, es esta presión que ejerce un fluido (aire, agua) sobre las paredes de un globo o de una cámara de bicicleta la que usamos para inflarlos.



La presión del aire en el interior de un globo lo mantiene inflado

La variación de la presión con la profundidad

Si usted alguna vez nadó por debajo de la superficie del agua, habrá notado "sensaciones" que indican que la presión aumenta con la profundidad. También habrá leído que los submarinos se construyen con la adecuada resistencia para soportar la presión del agua, a medida que se sumergen. Cuando subimos una montaña, sentimos el efecto opuesto: al aumentar la altitud (corresponde a una menor profundidad en la atmósfera),

nuestros oídos detectan el cambio de presión del aire y nos surge esa sensación de "oídos a punto de estallar". Estos ejemplos llevan a demostrar que la presión en un fluido varía con la profundidad.

Para entender este principio, consideremos un recipiente con un líquido en reposo. Al estar en reposo, todos los puntos del líquido a la misma profundidad deben experimentar la misma presión; de no ser así, habría una diferencia de presión que favorecería un movimiento horizontal del líquido. En particular, en todos los puntos del fondo del recipiente la presión también es la misma. La fuerza sobre la superficie del fondo del recipiente es igual al peso del líquido que forma la columna:

$$F = m g \quad F = \rho V g \quad F = \rho A h g \quad (3)$$

En estas ecuaciones hemos usado la definición de densidad (1) y escrito volumen como el área A de la sección transversal del recipiente por la altura h de la columna, $V = A h$. La presión es F / A ; por tanto:

$$p = \rho g h \quad (4)$$

Es decir, la presión debida al líquido es la misma en cualquier sitio sobre un plano horizontal a la profundidad h .

Además de esta presión, sobre la columna de líquido puede estar actuando una presión extra p_0 sobre la superficie superior, y ésta se agrega a la presión calculada precedentemente para obtener la *presión total*:

$$p_t = \rho g h + p_0 \quad (5)$$

En el caso en que la superficie superior esté abierta, P_0 es la presión atmosférica, P_{atm} .

La **presión atmosférica** es la fuerza por unidad de área debida a los gases de la atmósfera. La presión atmosférica a nivel del mar se utiliza como unidad, denominada atmósfera (atm):

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

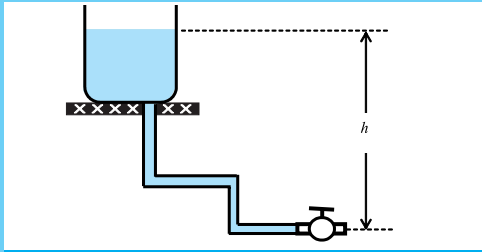
Un experimento sencillo y divertido, digno de un mago que sabe ciencia, permite observar el efecto de la presión atmosférica sobre un líquido. Llenemos un vaso de agua hasta el borde y dejémoslo a punto de rebasar. Con suavidad, coloquemos, ahora, un papel que apoye sobre el borde del vaso y que cubra completamente la superficie del líquido; tratemos de que no queden burbujas. Demos vuelta el vaso y observemos qué sucede (o, mejor dicho, qué no sucede). Si esperábamos



Tanques de agua

Pensemos en el tanque de agua de una vivienda, colocado a una cierta altura.

El tanque está conectado a las cañerías; y éstas, a las válvulas de los artefactos sanitarios. Cuando las válvulas están cerradas, el agua está en reposo en las cañerías. La presión que las válvulas tienen que resistir para que no haya un goteo es la que está expresada en la ecuación 4; y, no es importante qué tan intrincado sea el camino de tuberías.



Tanque de reserva de una casa y un trayecto de tuberías hasta una válvula; cuando la válvula está cerrada, resiste una presión ρgh

Un tipo de tanque de reserva es el tanque hidroneumático. Este tanque es hermético y contiene agua presurizada por aire comprimido. El aire actúa como un regulador que mantiene constante la presión de agua del tanque. Por la ecuación 5, a la presión atmosférica P_{atm} hay que sumarle la presión del aire comprimido, P_{aire} . Si $P_{aire} \gg P_{atm} + \rho gh$, el mantenimiento de esta alta presión de aire comprimido es el que determina la presión. Entonces, la

altura de la columna de agua deja de ser un factor determinante.

Las válvulas a la salida del tanque tienen que ser adecuadas para soportar esa alta presión y el sistema requiere la incorporación de válvulas de seguridad para minimizar riesgos.

Con respecto a las ventajas que este tanque presenta frente a uno de reserva convencional, éstas están asociadas con la reducción del riesgo de alteración o contaminación del agua, por tratarse de un depósito hermético.

Dado que el sistema es de una mayor complejidad respecto del tanque de reserva común, su precio es más elevado y requiere, asimismo, de mayor atención y mantenimiento.



Esquema de un tanque hidroneumático; un "pulmón" de aire comprime al agua



que el agua se derramara, esto no pasa. La presión atmosférica actúa sobre la superficie del papel en contacto con el agua y empuja sobre él, soportando el peso del agua.

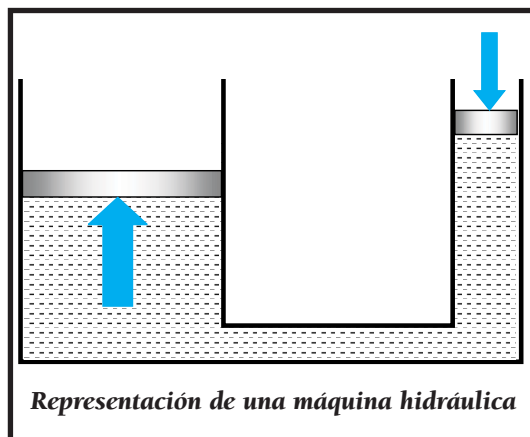


Una demostración de la presencia y efecto de la presión atmosférica

Esta demostración presenta, además, una propiedad importante de la presión provocada por un fluido; a saber, que es *isotrópica* o, lo que es lo mismo, que actúa de la misma manera en todas las direcciones. Vemos que, en nuestro experimento, la presión atmosférica actúa sobre el papel "desde arriba" o "desde abajo".

La máquina hidráulica

La máquina hidráulica es una máquina antigua que utiliza el principio enunciado de que la presión se transmite en todas las direcciones. Este objeto tecnológico ha conservado su valor hasta nuestros días¹⁷.



En el recipiente cerrado de la máquina hay un líquido. Pueden moverse dos émbolos; si se empuja uno de los émbolos, la presión se transmite al otro y éste se levanta. El líquido, empujado por el primer émbolo, obliga a levantar la misma cantidad de agua sobre el nivel inicial del segundo émbolo.

¹⁷ Landau, L. y Kitaigorodski, A. (1973) *Física para todos*. Mir. Moscú.

Si las áreas de los émbolos son S_1 y S_2 , y los desplazamientos l_1 y l_2 , entonces, por la igualdad de los volúmenes del líquido desplazado ($V_1 = V_2$), se tiene:

$$S_1 l_1 = S_2 l_2$$

o bien

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (6)$$

Puesto que la presión se transmite:

$$p_2 = p_1$$

Es decir,

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad (7)$$

Combinada con 6, resulta:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{l_1}{l_2} \quad (8)$$

La relación (7) manifiesta la posibilidad de una multiplicación muy grande de la fuerza. El émbolo que transmite la presión y sobre el que hacemos trabajo muscular para moverlo, puede tener una superficie varias veces menor que el otro émbolo. En

Con una prensa hidráulica se pueden levantar grandes pesos (el conocido "gato hidráulico"), construir máquinas de ensayos de materiales¹⁸, prensar frutas para obtener jugo, etcétera.

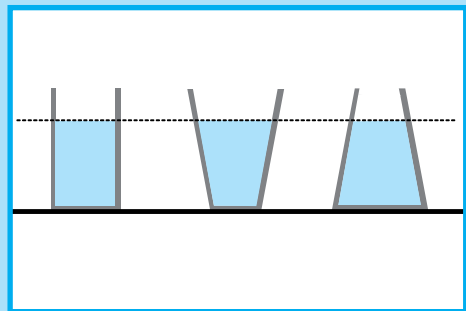
esta misma cantidad de veces se diferenciará la fuerza que actúa sobre el émbolo mayor de la fuerza muscular que hagamos.

Además, la relación (8) indica que, para aprovechar la prensa y tener ganancia en fuerza, el recorrido del émbolo sobre el que aplicamos nuestra fuerza será tantas veces mayor como lo sea la fuerza que resulta en el otro émbolo.

PARADOJA HIDROSTÁTICA

Otra situación interesante que se cumple en los fluidos se conoce como **paradoja hidrostática**: Varios recipientes que contengan un líquido hasta la misma altura producen la misma presión en el fondo, sin importar la forma de los recipientes.

Esto es una consecuencia del resultado de la ecuación (5), que expresa que la presión aumenta linealmente con la profundidad.



Paradoja hidrostática; la presión es igual sobre los fondos de los tres recipientes con líquidos a la misma altura

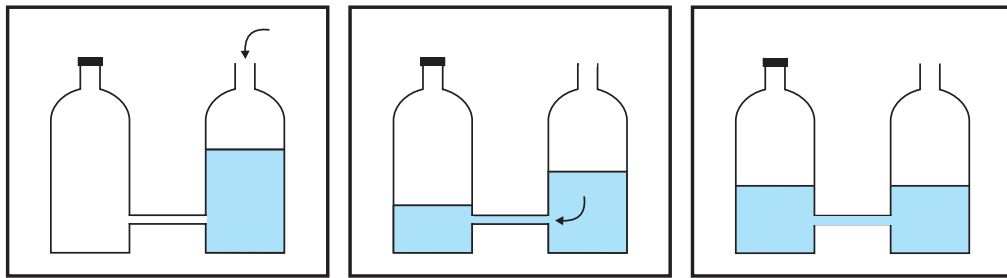
¹⁸ González Arias, A. (1982) *Laboratorio de ensayos industriales*. Litenia. Buenos Aires.

Los vasos comunicantes

En virtud de la *paradoja hidrostática*, si conectamos con un tubo a dos recipientes de diferente forma, pero con un mismo nivel de agua, el agua no pasará de un recipiente a otro. Esto podría ocurrir en el caso en que las presiones en los recipientes fuesen diferentes. Pero, esto no es así: en los **vasos comunicantes** el líquido estará a un mismo nivel, independientemente de la forma de los recipientes que se conecten.

Por el contrario, si los niveles de agua en los vasos comunicantes son diferentes, el agua comenzará a desplazarse, hasta que los niveles se igualen. Para demostrar esto, podemos

usar un dispositivo en el que a cada botella plástica hacemos un agujero cerca del fondo, usando un clavo calentado con un mechero o en la hornalla de la cocina. Luego, conectamos a las botellas con un tubo plástico de, aproximadamente, 1 cm de diámetro (que sacamos, por ejemplo, de un sifón descartable). Los extremos del tubo pasan por los agujeros; el tubo tiene que pegarse a las paredes de la botella con un adhesivo adecuado para asegurar la estanqueidad del conjunto. Mantenemos a una de las botellas con su tapa enroscada. Vamos llenando con agua a la otra y observamos cómo, lentamente, los niveles tratan de igualarse. Si aflojamos la tapa de la primera, los niveles se igualan súbitamente.



Le sugerimos que realice esta experiencia con sus alumnos. Los dibujos muestran el estado de los niveles a los 30 segundos -después de que se llena la botella de la derecha- y al cabo de unos tres minutos -cuando los niveles acaban de igualarse-. La demora se debe a que mantuvimos la botella de la izquierda tapada y el agua

va desplazando de a poco al aire de la botella a medida que entra (necesitamos tiempo para tomar la fotografía). En cualquier caso, con la botella tapada se logra una demostración más sutil e interesante que cuando la botella inicialmente vacía está destapada.

Demostración sencilla de un par de vasos comunicantes



El sifón

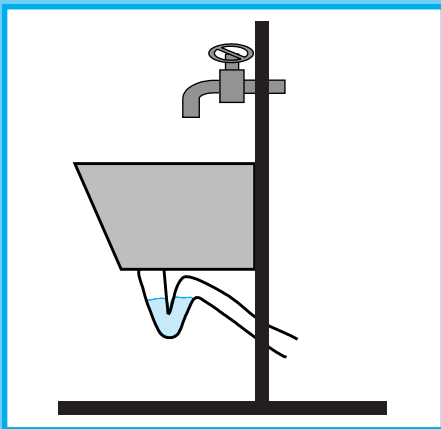
Una aplicación práctica de los vasos comunicantes se manifiesta en los desagües -bien hechos- de una piletta de cocina o de un inodoro.

Cuando se desechan los efluentes, el líquido pasa por el sifón y va al sistema de desagüe de la casa.

El sifón es un caño doblemente curvado y, en el fondo del sifón, queda agua atrapada que impide que los vapores del desagüe ingresen a la vivienda -evitando, así, los malos olores-.

El sifón se diseña para que siempre quede agua retenida. Si alguno de estos artefactos sanitarios no se usa con asiduidad, puede ocurrir que el agua se evapore y que no llene por completo la parte baja del sifón; y, con esto, se rompe la barrera para los vapores.

Asimismo, si el sifón está diseñado para un cierto caudal de líquido y éste se sobrepasa durante el desagote, puede ocurrir que no se logre la retención de agua en los vasos comunicantes y que el fondo quede vacío, inhibiéndose también, en este caso, el papel de barrera para los vapores que tiene que cumplir el dispositivo.



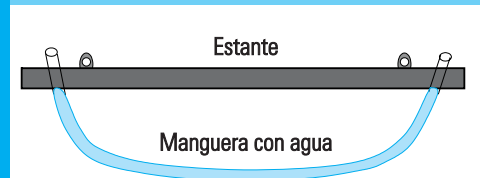
Sifón en el desagüe de una piletta



Un método de nivelación

Cuando colocamos un estante en una pared, queremos que quede horizontal, desde luego. Podemos lograr la nivelación del estante ayudándonos con una manguera transparente que tenga un poco de agua y poniendo en práctica nuestros conocimientos de Física.

Una vez que definimos la altura de un extremo del estante, colocamos la manguera, de modo que el nivel del agua alcance el mismo nivel de ese extremo. Luego, acercamos el otro extremo de la manguera al otro extremo del estante: el agua allí está al mismo nivel que en la otra punta; y, a esa altura, fijamos el otro extremo del estante.

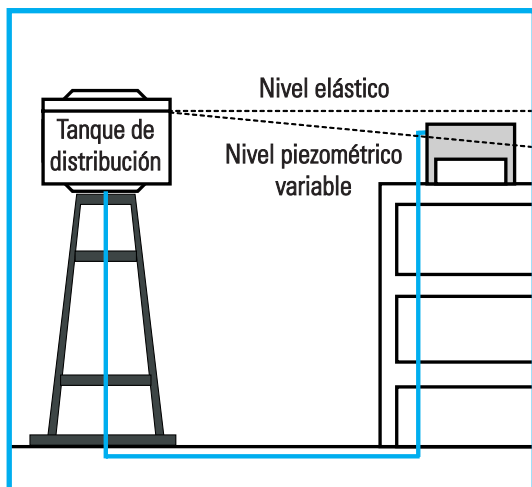


Una forma de nivelar



Finalmente, el principio de los vasos comunicantes tiene toda generalidad. El tanque de reserva de un barrio abastece de agua a las viviendas. Cuando el agua no fluye (líquido en reposo), la altura que alcanza en las casas es la misma que en el tanque de distribución. A este nivel se llama **nivel hidrostático o estático**. El tanque de reserva de la casa no se desborda porque una válvula se cierra cuando está lleno y evita que siga subiendo agua. Cuando se produce circulación de agua, el agua debe vencer resistencias que implican pérdidas de presión y ésta alcanza un valor más bajo, denominado **nivel piezométrico**.

Este nivel piezométrico es variable, según el consumo de agua. Se requiere que el nivel piezométrico sea adecuado para llenar el tanque de reserva.



Vasos comunicantes; tanque de distribución y tanque de reserva de una vivienda

Los fluidos en movimiento

Cada vez que consumimos agua en nuestras casas, la hacemos fluir. Corresponde, entonces, considerar las propiedades de fluidos en movimiento.

Para empezar, tomaremos como referencia un fluido cuya densidad no depende de la presión. Este fluido se denomina *incompresible*. El modelo que utilizamos es bastante simple, y representa una buena aproximación para muchos casos reales.

Con este modelo de líquido *incompresible* podemos hacer *compresible* una buena parte

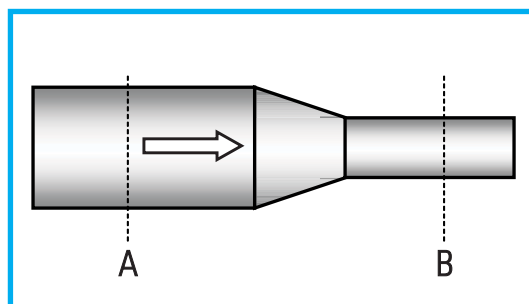
de la fenomenología de los fluidos¹⁹.

La ecuación de continuidad

Supongamos un conducto como el que hemos usado para la demostración sencilla de un par de vasos comunicantes, que tiene una sección transversal variable y por donde circula un fluido que siempre llena la sección.

La **ecuación de continuidad** se refiere a la aplicación del principio de conservación de la masa al flujo del fluido.

Tomemos como objetivo conocer la velocidad con la que el fluido pasa por B, sabiendo la que tiene en A. La ecuación de continuidad surge de aplicar el principio de que la masa de fluido que "entra" por A debe "salir" por B ("la masa no se crea ni destruye" durante su flujo).



Un conducto de sección variable por donde circula un fluido

¹⁹Hemos visto tantas veces escrito "fluido incompresible" en lugar de "fluido incompresible", que hemos decidido destacar en la frase a las dos palabras parecidas. La premisa es que nuestras clases de fluidos -sean sobre fluidos incompresibles o no- sean comprensibles para nuestros alumnos.

Una pequeña cantidad de masa Δm de fluido que pase por A en un breve tiempo Δt es:

$$\Delta m = \rho \Delta V \Rightarrow \Delta m = \rho A_1 v_1 \Delta t \quad (9)$$

Establecimos que en A la sección es A_1 y la velocidad del fluido es v_1 . Esta misma cantidad de masa pasará por B (sección A_2 y velocidad v_2) en el mismo tiempo y, puesto que consideramos un fluido incompresible, también pasará el mismo volumen:

$$\Delta m = \rho \Delta V \Rightarrow \Delta m = \rho A_2 v_2 \Delta t \quad (10)$$

La igualdad de las ecuaciones (9) y (10) lleva a la ecuación de continuidad:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (11)$$

El producto Av se denomina caudal Q del fluido por el conducto:

$$Q = Av \quad (12)$$

La ecuación (11) es una forma de expresar la constancia del caudal.


Como la unidad de medida de una superficie es el m^2 y la de velocidad es el m/s , entonces la unidad de medición del caudal es el m^3/s y representa el volumen de fluido que pasa por una sección por unidad de tiempo:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (13)$$

Vemos que si el producto (área x velocidad) se mantiene, la velocidad del fluido aumentará (disminuirá) cuando circule por regiones de menor (mayor) área transversal. Esto es posible de experimentar cuando regamos con una manguera plástica: el agua sale más

rápido cuando apretamos la boca de la manguera y la deformamos, reduciéndole el área²⁰.


Una forma de medir el caudal de agua que sale por una canilla consiste en medir cuánto tiempo lleva llenar un recipiente de volumen conocido; por ejemplo, si usamos cosas de la casa, puede ser una botella de gaseosa de dos litros o un balde de cinco litros. El volumen vertido será igual al volumen del recipiente, V_0 , y el cociente entre este volumen y el tiempo de llenado es el caudal.



Lo invitamos a practicar este procedimiento para evaluar el caudal de agua que sale del grifo de la cocina de su casa.

Compare el resultado que obtenga con el valor de 0,13 l/s que se toma como referencia para un caudal adecuado en un grifo de una vivienda familiar.

A partir de estos datos, usted podría proceder a estimar la cantidad de litros de agua que consume su familia por día²¹; le ayudará tomar como valor práctico de referencia un consumo de "una canilla y media abierta", es decir, aproximadamente 0,20 l/s.



²⁰ También da lugar a la broma -que todos habremos hecho alguna vez de niños- de mojar a alguien que está lejos de una pileta, tapando con un dedo una parte de la boquilla de salida, de modo que el agua salga más rápidamente y, así, llegue más lejos.

²¹ En un alto en nuestras tareas domésticas, hemos medido en la cocina de nuestra casa un caudal máximo de 0,11 l/s. A la hora de lavar platos, este caudal es más que suficiente - más bien, excesivo (salpica la ropa)-; pero, lo que interesa es que tal caudal nos permite despreocuparnos por los problemas de presión en la vivienda (un departamento de un quinto piso, en un edificio de cinco pisos; la cocina que está cerca del tanque de agua que abastece de agua al edificio). Respecto de las mediciones de caudal, son notables las variaciones del caudal según la hora. ¿Por qué se observa esto?

Por último, notamos que la ecuación de continuidad tiene validez aún cuando un fluido se mueve sin estar contenido en un conducto. Para comprender esto, podemos observar la forma de un chorro de agua que sale de una canilla: A medida que cae, el agua se acelera por la acción de la fuerza gravitatoria y, por tanto, su velocidad va aumentando; conforme esto sucede, la continuidad explica la observación de que el chorro vaya reduciendo su sección transversal²².

El principio de Bernoulli

Para estudiar la fenomenología del movimiento de fluidos, también podemos recurrir al principio de conservación de la energía. El ámbito de aplicación de este principio es el de los fluidos ideales, es decir, los fluidos sin viscosidad e incompresibles.

Sabemos que, para mover un cuerpo de un lugar a otro, tenemos que realizar un trabajo. Lo mismo ocurre cuando tenemos que transportar una cierta masa de fluido por un conducto. En ausencia de rozamiento, este trabajo incrementará la energía mecánica de la masa de fluido. La energía mecánica (E_M) es la suma de la energía cinética (E_C) y la energía potencial (E_P):

$$E_M = E_C + E_P \quad (14)$$

El principio de conservación indica que el trabajo (W) realizado para desplazar al fluido se invierte en incrementar la energía mecánica:

$$W = \Delta E_M \quad (15)$$

No seguiremos todos los pasos necesarios para llegar a la ecuación de Bernoulli; sólo mostraremos el resultado que surge de reordenar los términos de la ecuación (14) para obtener:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (16)$$

Esta ecuación se expresa también como:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constante} \quad (17)$$

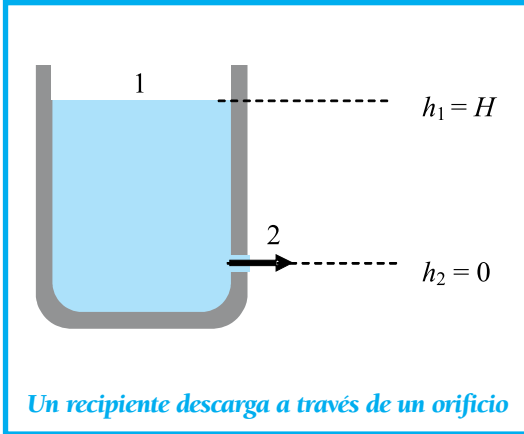
Aquí, el valor de la constante es el mismo para todos los puntos del tubo. Esta ecuación se conoce como ecuación de Bernoulli²³ y es una consecuencia del principio de la conservación de la energía.

La ecuación expresa que un fluido sin viscosidad mantiene constante su energía por unidad de volumen (es fácil verificar que cada término de la ecuación (17) tiene unidades de energía por unidad de volumen).

Un ejemplo del uso de la ecuación de Bernoulli se registra en un recipiente que se descarga a través de un orificio. Con la ecuación podemos averiguar la velocidad de salida del líquido por el orificio lateral, midiendo sólo la altura H de la columna en el tanque respecto de la posición del orificio.

²²El fenómeno se denomina *Vena contracta*.

²³Por Daniel Bernoulli, investigador suizo (1700-1782).



Los puntos 1 y 2 a las alturas $h_1 = H$ y $h_2 = 0$ son los dos puntos a considerar para aplicar la ecuación 17. En ambos puntos, la presión exterior (presión atmosférica) es la misma y $p_1 = p_2$. La ecuación de continuidad exige que $A_1 v_1 = A_2 v_2$. Si el área A_1 del tanque es mucho mayor que el área A_2 del orificio, el cambio de nivel del tanque será poco apreciable; por tanto, podemos aproximar $v_1 = 0$.

Tenemos, entonces:

$$\rho g H = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

De aquí obtenemos la velocidad de salida v_2 :

$$v_2 = \sqrt{2 g H} \quad (18)$$

Esta expresión es conocida como ecuación de Torricelli²⁴.

Consideremos una manera de demostrar que la velocidad depende de la altura de la columna líquida del recipiente. Hemos practicado en una botella plástica dos orificios del mismo diámetro (repetimos la técnica de calentar un clavo y pinchar), ubicados a distintas alturas; y, por éstos sale el agua con diferentes velocidades. La velocidad de salida del líquido queda definida por la altura de la columna por encima de cada orificio, de acuerdo con la fórmula de Torricelli.



Una botella con perforaciones a distintas alturas; de acuerdo con la ecuación de Torricelli, la velocidad de salida del agua depende de la altura del líquido por encima de cada orificio, lo que puede verse por la mayor distancia a la que llega el chorro inferior.

La pérdida de carga

La ecuación de Bernoulli no es aplicable en un fluido viscoso; la suma de la ecuación (17) deja de ser constante. Esto es así puesto que, en un fluido viscoso, parte del trabajo que

²⁴Por Evangelista Torricelli, matemático y físico italiano (1608-1647), colaborador de Galileo Galilei; se le reconoce la invención del barómetro.

realizamos sobre él se utiliza para vencer las fuerzas de rozamiento internas del fluido. El trabajo por unidad de volumen que hay que suministrar para mantener la suma de los tres términos de la ecuación (17) constante se denomina *pérdida de carga* del sistema.

La ecuación (16), aplicada a dos puntos cualesquiera del fluido, deja de tener validez y debe modificarse según:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + \Delta p \quad (19)$$

donde Δp es la pérdida de carga.

Si el tramo de cañería entre los puntos 1 y 2 está al mismo nivel: $h_1 = h_2$, y si la velocidad es la misma: $v_1 = v_2$; por tanto, la pérdida de carga se expresa como la diferencia de presiones entre los puntos:

$$\Delta p = p_1 - p_2 \quad (20)$$

y representa la caída de presión en el conducto por efecto del rozamiento del fluido. Si el tubo es recto, puede considerarse que la caída de presión es proporcional a su largo L .

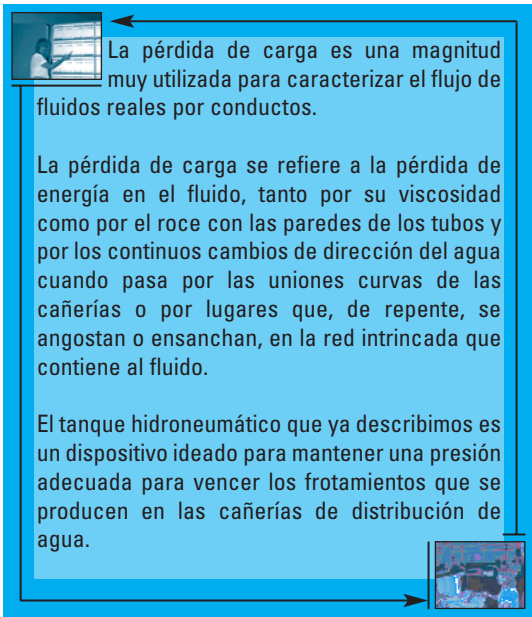
Se suele definir el *gradiente de pérdida de carga o presión* como:

$$G = \frac{\Delta p}{L} \Rightarrow G = \frac{p_1 - p_2}{L} \quad (21)$$

que se mide en unidades de presión por metro.

Retornaremos más adelante a considerar el

concepto de pérdida de carga, cuando mostremos cómo calcular los conductos de circulación de agua de una vivienda.



La pérdida de carga es una magnitud muy utilizada para caracterizar el flujo de fluidos reales por conductos.

La pérdida de carga se refiere a la pérdida de energía en el fluido, tanto por su viscosidad como por el roce con las paredes de los tubos y por los continuos cambios de dirección del agua cuando pasa por las uniones curvas de las cañerías o por lugares que, de repente, se angostan o ensanchan, en la red intrincada que contiene al fluido.

El tanque hidroneumático que ya describimos es un dispositivo ideado para mantener una presión adecuada para vencer los frotamientos que se producen en las cañerías de distribución de agua.

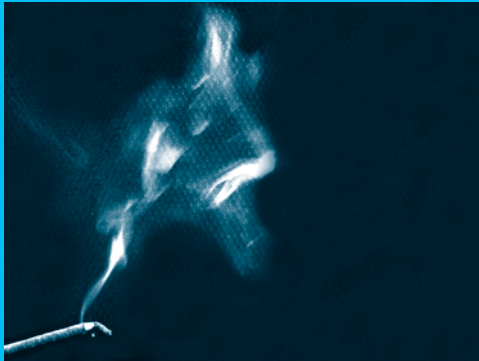
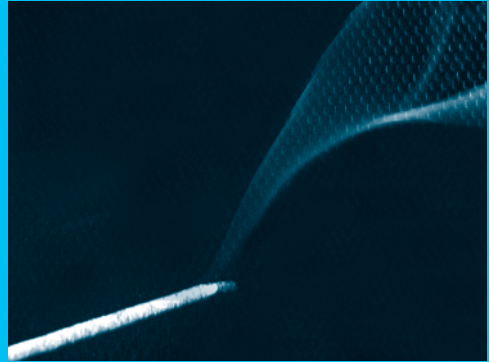
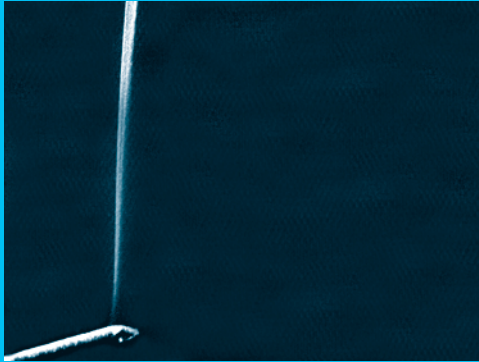
La ley de Poiseuille

Vimos que la ecuación de Bernoulli es aplicable en el ámbito -aunque útil, limitado- de los fluidos sin viscosidad, y que las pérdidas de carga aparecen como consecuencia de los efectos de rozamientos interno y externo.

Al introducir el concepto de viscosidad, notamos que el movimiento de un fluido puede afectar al movimiento de otra parte. Un fluido en contacto con un plano móvil tiene la misma velocidad que el plano; esta velocidad va disminuyendo en las capas de fluido más alejadas. Esta estructura del flujo en capas o láminas de fluido se denomina **flujo laminar** y ocurre, generalmente, a

velocidades pequeñas. A velocidades mayores, los efectos viscosos inhabilitan esta estructura laminar, las trayectorias del fluido son más complicadas y estamos en el denominado **flujo turbulento**. En el régimen turbulento, las pérdidas de energía mecánica son mayores que en el régimen laminar.

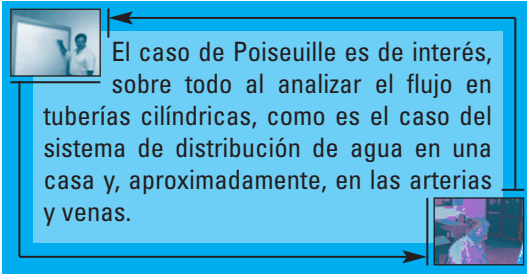
Para demostrar las características más salientes de estos regímenes laminar y turbulento, podemos observar el humo de un sahumero. El humo está formado por los gases de la combustión de la madera con que está hecho el sahumero y arrastra pequeñas partículas de madera. Son estas partículas las que dejan el rastro o traza del ascenso del gas.²⁵



El humo de un sahumero usado para mostrar regímenes de flujo. Arriba izquierda, ascenso en régimen laminar con trayectoria previsible. Arriba derecha, inicio de cambio de régimen. Abajo, ascenso en régimen turbulento con trayectoria cambiante. El primero se obtuvo en un ambiente en calma; luego, bastó con soplar levemente al sahumero: el flujo laminar se "descontroló", dada su inestabilidad

²⁵ El *humo* es un tipo de dispersión denominada *aerosol*, en la que la fase dispersada es un sólido y la fase dispersante es un gas. Otros tipos de dispersiones son las *emulsiones*, en las que las dos fases son líquidas; un ejemplo de ésta es la *mayonesa*. En una dispersión *gel*, la fase dispersada es líquida y la dispersante, sólida, como en la *gelatina* (Grigera, J. R. 1980. *Elementos de Biofísica*. Hemisferio Sur. Buenos Aires.)

Jean Poiseuille, un médico fisiólogo francés especialista en el flujo de la sangre por los vasos sanguíneos, desarrolló un modelo - que, ahora, se conoce como ley de Poiseuille- para el caso laminar, que permite calcular el caudal por un conducto recto en función de la diferencia de presión que lo origina.



El caso de Poiseuille es de interés, sobre todo al analizar el flujo en tuberías cilíndricas, como es el caso del sistema de distribución de agua en una casa y, aproximadamente, en las arterias y venas.

En la ley de Poiseuille, las dimensiones del conducto que interesan son su longitud L y su radio R . También interesa la viscosidad del fluido, η .

Poiseuille dedujo que el caudal Q por el tubo al que se aplica una diferencia de presión Δp es²⁶:

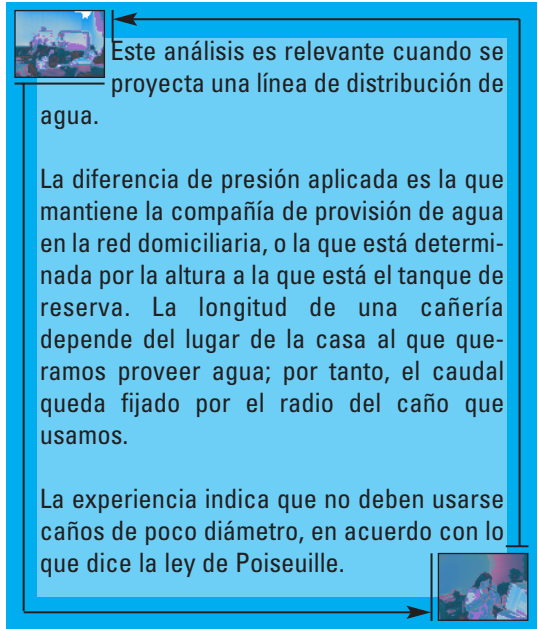
$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta L} \Delta p \quad (22)$$

Esta ley relaciona la causa -la diferencia de presión- con el efecto que produce, el caudal. La constante de proporcionalidad depende de las características del tubo, como son su dimensiones largo L y radio R , y del fluido, a través de su viscosidad .

El análisis de la ley de Poiseuille indica que el caudal depende de la cuarta potencia del

²⁶Poiseuille desarrolló su ecuación en 1839. En la misma época, el ingeniero alemán Gottfilf Hagen logró, en forma independiente, la misma descripción, por lo que la ley suele llamarse también ley de Hagen-Poiseuille.

radio. Es decir que, para una diferencia de presión dada, en tubos de igual largo y con el mismo fluido, el caudal variará mucho, dependiendo del radio: por ejemplo, si se duplica el radio, el caudal aumenta 16 veces.



Este análisis es relevante cuando se proyecta una línea de distribución de agua.

La diferencia de presión aplicada es la que mantiene la compañía de provisión de agua en la red domiciliaria, o la que está determinada por la altura a la que está el tanque de reserva. La longitud de una cañería depende del lugar de la casa al que queremos proveer agua; por tanto, el caudal queda fijado por el radio del caño que usamos.

La experiencia indica que no deben usarse caños de poco diámetro, en acuerdo con lo que dice la ley de Poiseuille.

Analogía entre la ley de Poiseuille y la ley de Ohm

Podríamos empezar esta sección dudando que existan analogías entre un tema de fluidos y uno de electricidad (No creemos que esto sea porque nos enseñaron a no tocar artefactos eléctricos con las manos mojadas...). Solemos tratar a estos casos independientemente, en cursos distintos, en años diferentes; pero, algo nos perdemos si no los vinculamos. Mientras en el ámbito de la literatura una analogía se usa para describir vívidamente con palabras, las analogías científicas se usan con fines aclara-

torios. En Física pueden determinarse analogías en una variedad de sistemas, por lo que la mención de ellas resulta muy provechosa. Lo que explotamos de estas analogías es que podemos establecer correspondencias entre elementos análogos de cada sistema; y, conocido el comportamiento de uno, saber el del otro, valiéndonos del principio de que "ecuaciones semejantes tiene soluciones semejantes".

Tal es el caso de las analogías que existen entre un sistema masa-resorte (que se estudia en un curso de Mecánica) y un circuito resistencia-inductor-capacitor (circuito RLC, que se ve en un curso de *Electricidad y magnetismo*). Y, así, hay muchas otras.

En nuestro caso, empezamos notando que la ley de Poiseuille vincula al caudal Q con la diferencia de presión Δp , de manera análoga que lo hace la ley de Ohm con la corriente I y la diferencia de potencial ΔV en un conductor:

$$I = \frac{\Delta V}{R} \quad (23)$$

Las variables análogas son:

$$Q \rightarrow I \quad \Delta p \rightarrow \Delta V$$

En la ley de Ohm, R es la resistencia eléctrica. En la ley de Poiseuille el valor análogo a R es:

$$R \rightarrow \left(\frac{\pi R^4}{8 \eta L} \right)^{-1}$$

Se define la resistencia hidrodinámica R_H :

$$R_H = \frac{8 \eta L}{\pi R^4} \quad (24)$$

Vemos que la resistencia hidrodinámica es tanto mayor cuanto mayor es la viscosidad del fluido, y cuanto más largo y más estrecho es el tubo. En un alambre, también la resistencia eléctrica es tanto mayor cuanto mayor resistividad tenga el material, y cuanto más largo y fino sea el alambre. Ambas resistencias combinan características geométricas del medio de transporte (tubo, alambre) con una propiedad física (viscosidad del fluido, resistividad del conductor).

La semejanza de la ley de Poiseuille con la ley de Ohm tiene tal amplitud que podemos extender el análisis a situaciones donde se unen dos o más conductos que transportan un fluido. Entonces, recordemos lo que sabemos de las conexiones de dos o más resistencias eléctricas.

Si hablamos, en términos generales, de resistencias -sin distinguir si son eléctricas o hidrodinámicas-, éstas pueden conectarse en dos tipos de conexiones básicas denominadas en serie y en paralelo.

Una conexión **en serie** implica que una resistencia está a continuación de otra, y que la resistencia equivalente R_S de la conexión es la suma de las resistencias individuales:

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (25)$$

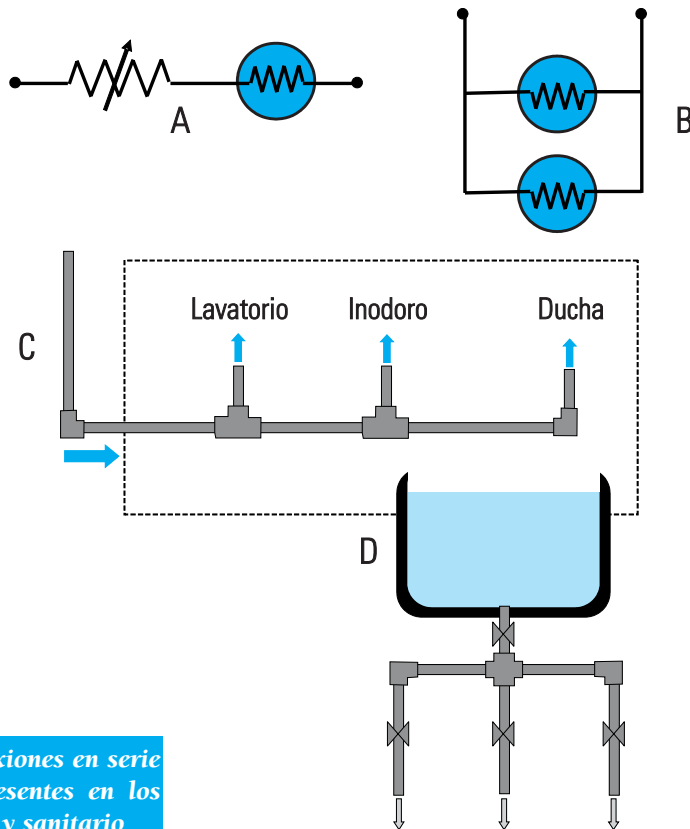
En una conexión **en paralelo**, las resistencias tienen sus extremos en un punto en común; la resistencia equivalente R_p se determina de:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (26)$$

Podemos identificar la existencia de estos dos tipos de conexiones en nuestras casas, tanto en los circuitos eléctricos como en la instalación sanitaria.

Ejemplos de conexiones básicas en los sistemas eléctrico y sanitario de una casa

Sistema	Conexión	Ejemplo	Figura
Eléctrico	Serie	Lámpara y regulador de intensidad	A
Eléctrico	Paralelo	Dos lámparas en una misma habitación	B
Sanitario	Serie	Suministro de agua en un baño	C
Sanitario	Paralelo	Bajada del tanque de reserva	D



Ejemplos de conexiones en serie y en paralelo presentes en los sistemas eléctrico y sanitario

La analogía tratada puede explotarse aún más. En los dos siguientes párrafos, hemos destacado algunas palabras claves para profundizarla:

Pensemos en la **instalación eléctrica** de una vivienda. La central eléctrica provee la energía eléctrica por medio de cables de transmisión. Los cables que ingresan a una vivienda tienen que poder transportar la corriente eléctrica requerida por el **consumo eléctrico hogareño**. En el caso más extremo, todos los artefactos eléctricos (heladera, lavarropa, microondas, computadora) y luminarias (lámparas incandescentes, fluorescentes) estarán encendidos, lo que requiere que **una gran corriente** eléctrica tenga que circular por el cable de entrada. Este **cable maestro** tiene que diseñarse para que sea capaz de transportar la corriente que la central eléctrica va a aportar. Como los cables se hacen de alambre de cobre, el problema de diseño implica darle las dimensiones apropiadas. Puesto que la longitud del cable queda determinada -entre otros factores- por el tamaño de la vivienda, el factor limitante para el buen funcionamiento del cable es su **sección transversal**. Una sección grande implica un cable de menor resistencia eléctrica y que la corriente fluya sin producir un calentamiento excesivo; por un lado, esto protege al cable y, por otro, se reducen las **pérdidas de energía** en la transmisión.

De la misma manera, en una **instalación sanitaria**, la **demanda de consumo de agua** determina las características geométricas de los conductos de suministro. En el caso extremo de **un gran consumo** (recordemos el criterio estándar de "una canilla y media abierta"; en este caso, suponemos que el consumo será mayor), la red sanitaria debe ser capaz de proveer el agua a los distintos subsistemas (baño, cocina, lavarropa) que la requieran. En tal caso, el **conducto maestro** debe ser capaz de transportar la cantidad de agua requerida, que la compañía de servicio de agua debe proveer. Para ello, las dimensiones del conducto tienen que ser las apropiadas. La **sección del conducto** es de nuevo el factor determinante, para asegurarnos que minimiza las **pérdidas de carga**.

En la instalación eléctrica, la sección de los cables de transmisión va reduciéndose conforme se necesita que se transporten corrientes menos intensas. De forma análoga, las secciones de las cañerías van reduciéndose a medida que llegamos a los sanitarios. En la figura, el conducto que sale del tanque de reserva tiene que ser, preferentemente, de mayor sección que los otros que distribuyen "en paralelo".

No obstante, una advertencia: las analogías nunca son completas. A veces, es cuestión de palabras. Cuando prendemos la luz de un ambiente, decimos que *cerramos el interruptor*. Cuando hacemos correr el agua de un lavatorio, decimos que *abrimos la canilla*. Notamos que, con los verbos *cerrar* y *abrir*, nos referimos esencialmente a lo mismo: la posibilidad de establecer un flujo -de cargas eléctricas en el primer caso, de agua en el segundo-. Otras veces, es cuestión de conceptos. Cuando compramos un cable conductor para una instalación eléctrica, lo compramos lleno de electrones, que son los portadores de la carga que vamos a conducir. Cuando compramos una manguera, nos la venden vacía... al agua la ponemos nosotros.

El número de Reynolds

Hemos visto -asociado al humo del sahumerio- que el flujo laminar es inestable y que cualquier pequeña perturbación acaba desestabilizándolo; decimos, entonces, que ha entrado en turbulencia. Aunque se encuentra con mucha frecuencia, este tipo de flujo "más caprichoso" es más difícil de analizar.

Una de las características del régimen turbulento es que en él se da una mayor disipación de energía. En efecto, en un flujo turbulento se generan "remolinos" de tamaños muy distintos, donde se produce gran parte de la disipación.

Un ejemplo lo constituye el flujo de aire que entra a las fosas nasales: la turbulencia da lugar, aparentemente, a una mejora del olfato por las células receptoras más internas y a un mínimo intercambio de calor antes de que el aire avance al resto del sistema respiratorio.

Usualmente, se considera que el paso o transición de un régimen laminar a uno turbulento ocurre cuando la velocidad del fluido alcanza un determinado valor. Para un fluido dado, esta velocidad depende del tamaño del conducto por donde circula el fluido; por tanto, la transición a la turbulencia depende de las dimensiones del conducto. Si se cambia el fluido y se mantienen las características del conducto, las condiciones en las que se manifiesta la turbulencia también cambian.

Existe un número adimensional denominado **número de Reynolds**²⁷ cuyo valor sirve para determinar el régimen del flujo. Si el flujo es laminar o turbulento, dependerá del valor que adopte este número.

Para el flujo de un fluido de densidad ρ y viscosidad η , que se mueve a la velocidad v por un conducto de radio R , se define el número de Reynolds Re :

$$Re = \frac{\rho v R}{\eta} \quad (27)$$

Mediante experimentos se ha hallado en conductos de sección circular, que:

- si el número de Reynolds no supera un valor cerca de 1.000, el flujo es laminar;
- si supera a 3.000, es turbulento;
- en el medio, entre 1.000 y 3.000, es difícil categorizar al flujo en alguno de los dos tipos extremos.

El análisis de la ecuación 27 confirma lo ya dicho: para alcanzar el régimen turbulento necesitamos Re grande, y esto se consigue ya sea con velocidades altas, aumentando el radio del tubo o cambiando el fluido (aumentando su densidad o reduciendo su viscosidad).

Cuando el fluido es agua

Si el fluido es agua, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ y $\eta = 1 \times 10^{-3} \text{ N-s/m}^2$. Con estos valores, la ecuación 27 queda:

$$Re = 10^6 v R$$

Si se considera $Re = 3.000$ como el valor al cual se verifica el cambio de régimen, obtenemos una velocidad de transición (en m/s) dependiente del radio (en metro) del conducto:

$$v_T = \frac{0,003}{R}$$

²⁷ En honor a Osborne Reynolds (1842-1912), físico inglés que lo presentó en una publicación de sus trabajos experimentales sobre el movimiento de fluidos.

Es decir que, si el agua circula por una cañería de 4 mm (0,004 m) de radio, la velocidad de transición será de $v_T = 0,75$ m/s (75 cm/s).



Analicemos si esta condición ocurre con frecuencia en nuestras casas.

Supongamos que el agua se vierte por un grifo de 8 mm de diámetro (sección: $S = 0,5 \text{ cm}^2$).

El caudal típico medido en una vivienda es $Q = 0,10 \text{ l/s} \Rightarrow Q = 100 \text{ cm}^3/\text{s}$. Como $Q = S v$ y (ecuación 12), la velocidad de salida es:

$$v = \frac{Q}{S} \Rightarrow v = 200 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Esta velocidad supera el valor de transición $v_T = 75 \text{ cm/s}$, ya estimado para un conducto del mismo diámetro.

Por tanto, podemos decir -con un poco de humor- que, en nuestras casas, nos servimos agua incolora, inodora, insípida... y turbulenta.



Salida de agua de un grifo a 200 cm/s en régimen turbulento



Dada la multiplicidad de ejemplos tratados, nos atrevemos a señalar que el aprendizaje tecnológico tiene que poder blandir los conceptos precedentes como parte integral de su educación científica-tecnológica y entenderlos asociados a casos reales de la vida diaria.

A continuación, planteamos el desafío de calcular una cañería usando estos conocimientos. A estos conocimientos les añadimos reglas prácticas que surgen de la experiencia, de casos exitosos estudiados en diferentes tipos de instalaciones sanitarias en diferentes edificios. Estas reglas prácticas son bienvenidas, dada la complejidad del comportamiento de un líquido real, cuyo tratamiento físico y matemático es de gran dificultad²⁸.

Nuestro propósito es mostrar cómo podemos calcular un conducto que cumpla con determinados requerimientos referidos a:

- las pérdidas de carga toleradas,
- la compatibilidad con el caudal que queremos mantener y
- las dimensiones aceptables del conducto.

Retornamos al concepto de gradiente de carga G , definido por la ecuación 21. Este gradiente depende de las propiedades físicas del fluido, de la longitud y del diámetro de las cañerías, de la velocidad del fluido y del tipo de cañería usada. Una expresión acepta-

El diseño de una cañería

Los conceptos presentados hasta aquí son generales de la mecánica de los fluidos. Hemos tratado de vincularlos con las situaciones que se manifiestan en una vivienda.

²⁸La "ecuación maestra" de la mecánica de los fluidos es la ecuación de Navier-Stokes. Esta ecuación aún no ha sido resuelta por completo y sólo se conocen sus resultados en casos especiales. La dificultad de su solución la elevó a la altura de los grandes problemas físico-matemáticos no develados. Quien obtenga su solución no sólo será "un gran solucionador", sino que embolsará un premio de un millón de dólares ofrecido en un concurso impulsado por el Clay Mathematics Institute of Cambridge. Apúrese a ver las bases en www.claymath.org/millennium

da para G es:

$$G = \lambda \frac{v^2 \gamma}{2 g D} \quad (28)$$

En esta ecuación: g es la aceleración debida a la gravedad ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), v es la velocidad del fluido (en m/s), D es el diámetro del conducto (en m) y γ es el peso específico del fluido ($\gamma = \text{densidad} \times \text{gravedad}$, en N/m^3). El factor o coeficiente λ es un número sin dimensión que da cuenta de la fricción, y depende de la rugosidad de la cañería y de si el régimen es laminar o turbulento; por esto último, depende del número de Reynolds Re . La rugosidad varía según el material de la cañería y se define como la relación de la altura de las imperfecciones superficiales de las paredes internas al diámetro interior de la cañería.²⁹ Desde luego, es mejor que la cañería sea lo más lisa posible. El coeficiente λ se determina experimentalmente y existen tablas para obtenerlo en diferentes condiciones.

El cálculo de la cañería se refiere a la obtención del diámetro de ésta, sabiendo el caudal que circulará, con una pérdida de carga tolerable. Procedemos de la siguiente manera:

- El caudal es $Q = S v$ (ecuación 12)
- La sección es $S = \pi D^2 / 4$.
- La velocidad es $v = \frac{Q}{S} \Rightarrow \gamma = \frac{4}{\pi} \frac{Q}{D^2}$

²⁹ Giles, R., Evett, J. y Liu, Ch. (1994, 3ª ed.) *Mecánica de fluidos e hidráulica*. Mc Graw-Hill Interamericana de España. Madrid.

d) El gradiente G es:

$$G = \frac{8}{\pi^2} \lambda \frac{\gamma Q^2}{g D^5} \quad (29)$$

Resulta entonces que, para un dado líquido, G es proporcional al cuadrado del caudal (Q^2) e inversamente proporcional al diámetro a la quinta potencia (D^5). Es decir, la influencia del diámetro es más fuerte que la del caudal en la determinación del gradiente de pérdida de carga: vemos que una pequeña reducción del diámetro lleva a un gran aumento de la pérdida G .

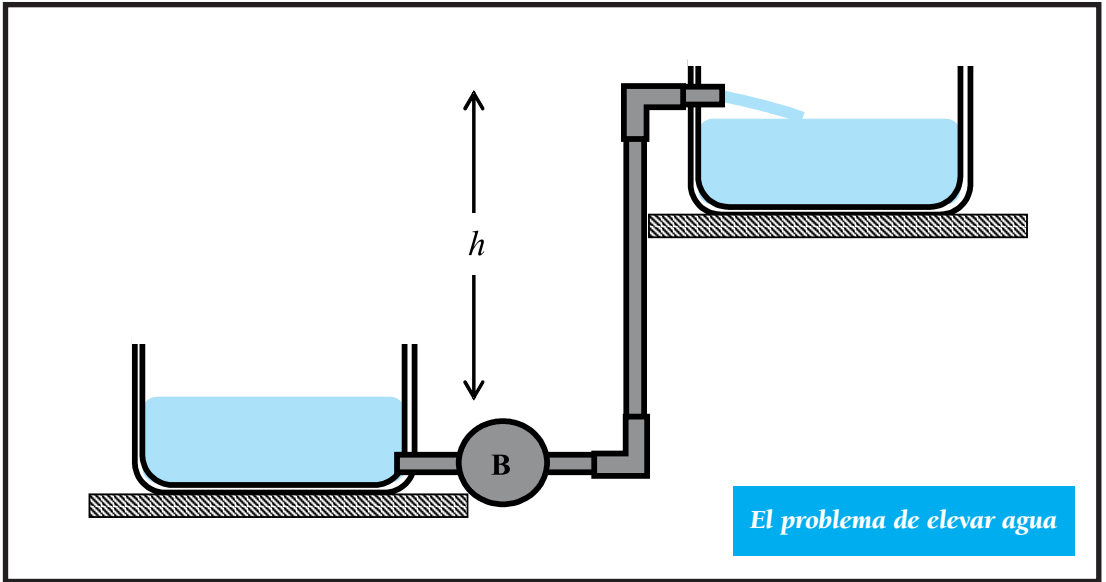
Sobre la base de la ecuación 29 y conociendo los valores posibles del coeficiente de frotamiento λ , se han desarrollado gráficos (denominados monogramas) y tablas que se toman como referencia cuando se calculan cañerías³⁰.

La presión eficaz y la presión disponible

La siguiente vinculación que haremos se refiere al efecto que tiene el rozamiento sobre la presión, y cuál es la **presión disponible o eficaz** tras vencer las pérdidas.

Para desarrollar esta idea, supongamos que tenemos que llenar un tanque elevado hasta un cierto nivel h , pasando agua desde otro tanque ubicado debajo. Podemos hacer el traspaso con una bomba que efectúa el trabajo necesario.

³⁰ Giles, R., Evett, J. y Liu, Ch. *Ibid.*



Cuando el agua sube, está en constante movimiento desde un tanque al otro, y las pérdidas de energía por rozamiento son inevitables. En consecuencia, "la energía paga peaje": parte de la energía mecánica aportada al fluido se transforma en calor. En síntesis, si la bomba sólo aplica una presión inferior igual a ρgh , el agua subirá una altura menor que la deseada. La bomba tiene que hacer una *presión eficaz* mayor que ρgh . Cuánta más presión tiene que hacer, depende de las pérdidas a lo largo de los conductos.

Las resistencias a vencer provienen de los diferentes tramos de los conductos.

- Los tramos rectos provocan una resistencia análoga a la descrita en la ecuación 24 y producen pérdidas -llamémoslas Δp_1 -.
- Los tramos curvos, el paso del agua por las válvulas, codos y uniones, provocan, en conjunto, otras pérdidas, Δp_2 .
- Otras pérdidas ocurren cuando los con-

ductos sufren un cambio abrupto de su sección, ya sea que el flujo pase de un caño de mayor sección a otro de menor sección (pérdida en la contracción) o recíprocamente (pérdida en el ensanchamiento), lo que genera pérdidas adicionales Δp_3 .

En combinación, la bomba tiene que compensar la pérdida total $\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3$. Por tanto, la presión eficaz de la bomba en la parte inferior tiene que ser:

$$p_{\text{eficaz}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \rho gh \quad (30)$$

A la inversa, cuando el tanque está cargado hasta el nivel h y el agua circula hacia abajo, la presión es menor que ρgh en virtud de las pérdidas en los distintos tramos³¹. En este

³¹Ya hemos discutido brevemente esta idea, en relación con el tanque de distribución y el tanque de reserva de una vivienda, vinculándolos con los vasos comunicantes.

caso, hablamos de la *presión disponible* en la parte más baja:

$$P_{\text{disponible}} = \rho gh - (\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3) \quad (31)$$



Estas relaciones enfatizan la importancia de considerar las pérdidas de carga en el diseño de una instalación de agua.



El rozamiento en las resistencias individuales

Hemos mencionado que las pérdidas de carga ocurren en todos los tramos de los conductos (rectos y curvos), en uniones y en válvulas, entre otros. Todas estas pérdidas se suman y es razonable considerar una **pérdida equivalente** única.

En los tramos rectos, el gradiente G se calcula mediante la relación (27), que involucra a propiedades del fluido que se transporta y a la geometría del conducto. Para los demás elementos de una instalación podemos recurrir al concepto de equivalencia y establecer una relación entre el rozamiento en cada accesorio (codo, unión, válvula) con respecto al que tendría el mismo caudal en un conducto recto del mismo diámetro.

Con esta idea, a cada elemento que introduce una pérdida de carga se le asigna una equivalencia con una cierta longitud de caño recto. Existen tablas que contienen las equivalencias de los distintos elementos con

tramos rectos. A modo de ejemplo, para un diámetro de 12,7 mm (1/2 pulgada)³²:

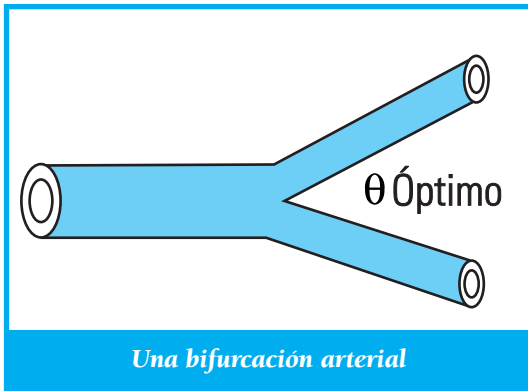
- un codo de 90° equivale a 0,5 a 0,75 m de cañería recta de igual diámetro,
- una curva de 45° equivale a 0,35 a 0,45 m,
- una válvula de retención a, aproximadamente, 2 m, etcétera.

En este punto es interesante hacer una breve asociación con la biología, para conectar lo expuesto con la conducción de la sangre en el sistema sanguíneo humano. Mientras estábamos escribiendo este texto nos preguntamos si la naturaleza habría optimizado la estructura de los conductos sanguíneos para reducir la caída de presión cuando la sangre se bifurca -por ejemplo, desde una arteria de mayor diámetro a dos de menor diámetro-. Frente a esta hipótesis de que pudiera existir una bifurcación óptima con un ángulo óptimo, consultamos a los especialistas de la disciplina. Nos llevamos la sorpresa de que no hay evidencia de la existencia de regularidades en este tipo de bifurcaciones³³. No obstante, la bibliografía consultada nos informó que, para tal optimización, el ángulo de bifurcación óptimo debería estar entre los 37° y los 49°; aunque, este resultado no está verificado por datos experimentales³⁴.

³²La pulgada es una unidad de longitud del sistema de unidades inglés. Una pulgada equivale a 25,4 mm. Los diámetros de cañerías se expresan, usualmente, en pulgadas.

³³Agradecemos a F. Pessana, de la Universidad Favaloro de Buenos Aires, por las aclaraciones sobre este asunto.

³⁴Bender, E. A. (2000) *An introduction to mathematical modeling*. Dover. New York.



El diseño de cañerías según el caudal

El diseño de cañerías de una instalación sanitaria responde a métodos prácticos y a normas que surgen de comprobaciones en edificios cuyo servicio de agua se realiza eficazmente. Las tablas que se confeccionan expresan el *caudal* de agua -medido experimentalmente- que se obtiene para diferentes presiones eficaces o disponibles en instalaciones de cañerías de distintos diámetros. El caudal referido puede ser el caudal requerido para llenar un tanque de reserva desde una conexión directa (interesa la presión eficaz) o el necesario para satisfacer la demanda de consumo de la vivienda desde el tanque de reserva (importa la presión disponible).

El consumo de una vivienda depende del número de artefactos que usan agua (lavatorio, pileta de cocina, inodoro, bañera, lavadora); el mayor consumo ocurre cuando todos se utilizan simultáneamente. Esta situación suele ser infrecuente y, lo más probable, es que sólo algunos artefactos se usen al mismo tiempo.

El criterio adoptado para definir el caudal de agua requerido surge de la experiencia e indica que, en una vivienda unifamiliar, el caudal equivale a "una canilla y media abierta", alrededor de 0,20 l/s (caudal de una canilla = 0,13 l/s).

Las tablas que consultamos indican que, si la cañería tiene un diámetro de 12,7 mm (1/2 pulgada), el caudal de referencia se logra con una presión disponible equivalente a una columna de agua de 4 metros.

La regla práctica de colocar el tanque de reserva de una vivienda a una altura no menor de 4 m -respecto del elemento más elevado a surtir- es, entonces, adecuada. Desde luego, cañerías de mayores diámetros incrementan el caudal para la misma presión disponible; pero, se corre el riesgo de sobredimensionar y/o encarecer la instalación.

Del tanque de reserva se distribuye el agua hacia todos los ramales de la instalación; las cañerías de bajada tienen que ser de secciones adecuadas para optimizar el caudal. Hay múltiples combinaciones posibles de ramales que pueden dar lugar a una, dos o más conexiones de bajada (Pero... nuestro interés no es dar detalles del cálculo, sino indicar algunas reglas prácticas).

Del tanque de reserva sale un caño denominado colector y de él se derivan los diferentes ramales. El diámetro del colector se calcula según las siguientes consideraciones:

- Caso de **dos bajadas**: la sección del colector es la suma de las secciones de los caños de bajada.
- Caso de **tres o más bajadas**: la sección es la suma de la sección de la cañería de

mayor diámetro, más la mitad de la suma de las secciones de bajada de las restantes cañerías.

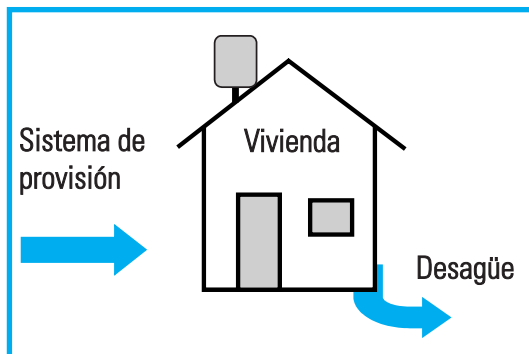
Las secciones de los caños de bajada se estiman, a su vez, del conocimiento del caudal necesario para surtir eficazmente a cada ramal. Para cada ramal deben considerarse tanto los requerimientos como las formas de uso de los elementos que en él se conectan.

Finalmente, el caudal de agua a subir al tanque de reserva desde la red domiciliaria tiene que cumplir con el requisito de llenar el tanque, digamos, en no más de cinco horas. En días calurosos, cuando el consumo diurno es alto, es común escuchar -de noche- el ruido del agua cuando llega al tanque, que se carga en las horas de menor consumo. Una vivienda unifamiliar requiere de un tanque de reserva de un volumen de unos 300 litros; entonces, el **caudal mínimo** para impulsar el agua para llenarlo en un *tiempo máximo* de 5 h es de 60 l/h (1 l/min). La presión eficaz de la red domiciliaria tiene que ser la adecuada para hacer esta tarea.

El sistema sanitario de una casa

El sistema sanitario de una casa es parte de lo que se denomina, comúnmente, "obra sanitaria", que comprende:

- Sistema de provisión (desde el exterior).
- Sistema de la vivienda (distribución interna y consumo).
- Sistema de desagüe (hacia el exterior).



El sistema sanitario asociado a una vivienda

El **sistema de provisión** es responsabilidad del municipio o de una compañía que tiene la concesión, e incluye la obtención de agua de diferentes fuentes, su potabilización y análisis de aptitud para el consumo humano (características organolépticas, físico-químicas y bacteriológicas), y su posterior distribución a los usuarios.

Para el presente proyecto nos interesa analizar el **sistema de la vivienda**. Este sistema tiene varios subsistemas, entre los cuales diferenciamos a:

- Subsistema de reserva de agua: constituido por el tanque de reserva.
- Subsistema cocina: con su pileta, pileta de lavado de ropa o conexión a lavarropa.
- Subsistema baño: con el lavatorio, el inodoro, el bidet y la bañera.
- Subsistema de agua caliente: incluye un calentador de agua (calefón) o termotanque, y es transversal a los anteriores, a los que surte.

Los artefactos pueden distinguirse entre artefactos primarios y secundarios:

- Artefactos primarios: inodoro, piletas de cocina y piletas de piso; por ellos se eliminan deyecciones humanas, líquidos y grasas.
- Artefactos secundarios: lavatorio, bidet, bañera, pileta de lavar; estos artefactos están destinados a eliminar aguas servidas de la higiene personal o del lavado de ropa.

En cuanto al **sistema de desagüe**, éste se inicia desde la cocina y el baño, en el interior de la vivienda, y se dirige al exterior; en conjunto, forma la primera etapa de la red cloacal. Su misión es la de evacuar los efluentes. A su vez, se divide en un subsistema primario y otro secundario, según el tipo de efluentes que se descartan:

- Subsistema de desagüe primario: asociado a los artefactos primarios, elimina las llamadas "aguas negras" provenientes de éstos.
- Subsistema de desagüe secundario: asociado a los artefactos secundarios, elimina las llamadas "aguas blancas".

El tanque de reserva

Ya hemos hecho referencia al tanque de reserva cuando aplicamos nuestros conocimientos sobre el caudal, y su relación con las pérdidas de carga y las secciones de las cañerías. Ahora, reseñamos las características que tienen que cumplir³⁵.

El tanque de reserva tiene como misión almacenar agua, lista para el consumo. Su ubicación en altura debe garantizar una presión disponible acorde con las necesidades de consumo (ya hemos discutido esto). El tanque tiene que estar construido con materiales que no se degraden y que mantengan la potabilidad del agua (plástico duro, fibrocemento, cemento, hormigón armado). El tanque tiene que mantenerse tapado para evitar la contaminación con agentes extraños; de cualquier manera, su estado de limpieza debe verificarse periódicamente.

Un tanque de 300 litros de capacidad tiene un diámetro de, aproximadamente, 0,80 m y una altura de 0,65 m. Si es de fibrocemento con paredes de 1 cm de espesor, pesa unos 30 kg. El diseño del tanque requiere tener en cuenta la posibilidad de una limpieza cómoda del fondo, donde se decanta la suciedad. El caño de bajada o colector se ubica en el centro de la base.

El agua en la cocina

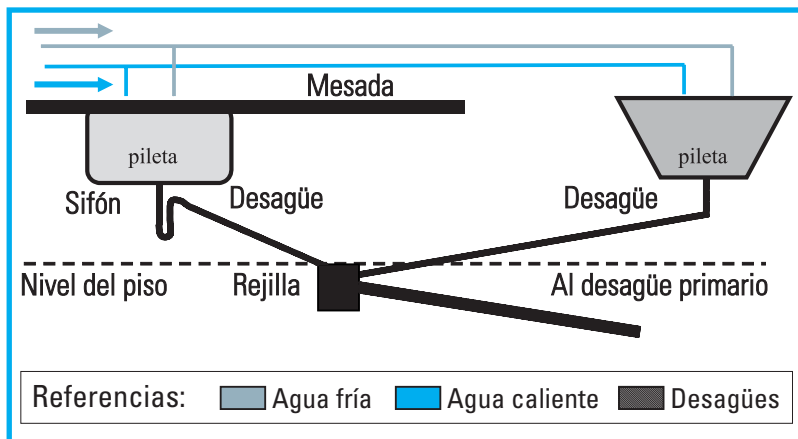
La cocina tiene, por lo menos, una pileta con provisión de agua fría. No obstante, es usual disponer también de agua caliente. En la cocina de viviendas pequeñas es común ver en la cocina una segunda pileta para el lavado de ropa o para la evacuación de un lavadero. Es recomendable que la pileta de cocina sea de acero inoxidable, dado que estará en contacto con los alimentos.

La instalación de agua es, usualmente, *en serie*; es decir, a la provisión de la primera pileta le sigue la segunda. De esta manera, se

³⁵Quadri, N. (2004) *Instalaciones sanitarias*. Cesarini. Buenos Aires.

simplifica el tendido de cañerías de esa rama, con el consiguiente ahorro de materiales. La desventaja radica en que la conexión en serie reduce el caudal en cada pileta cuando las canillas de ambas están abiertas. Puesto que la pileta de cocina se usa más asiduamente, es conveniente que sea la pileta de lavar la que quede en el extremo de la rama, donde la caída de presión será mayor.

La **pileta de la cocina** es un artefacto primario y su desagüe se conecta a un tramo del sistema secundario de desagüe y, luego, al primario. Es recomendable que el desagüe tenga un sifón que sirva de barrera a los vapores cloacales.



Esquema de conexiones de la pileta de la cocina y de la pileta de lavar.³⁶

La **pileta de lavar** es un artefacto secundario y su desagüe es parte del sistema del desagüe secundario. Los desagües de ambas piletas convergen en un nodo o pileta de desagüe, cuya tapa es una rejilla por donde drena el agua de limpieza del piso.

³⁶Recordamos que la codificación habitual es el uso de color azul para el agua fría y de color rojo para el agua caliente; pero, por restricciones gráficas, no nos resulta posible mantenerla en esta publicación.

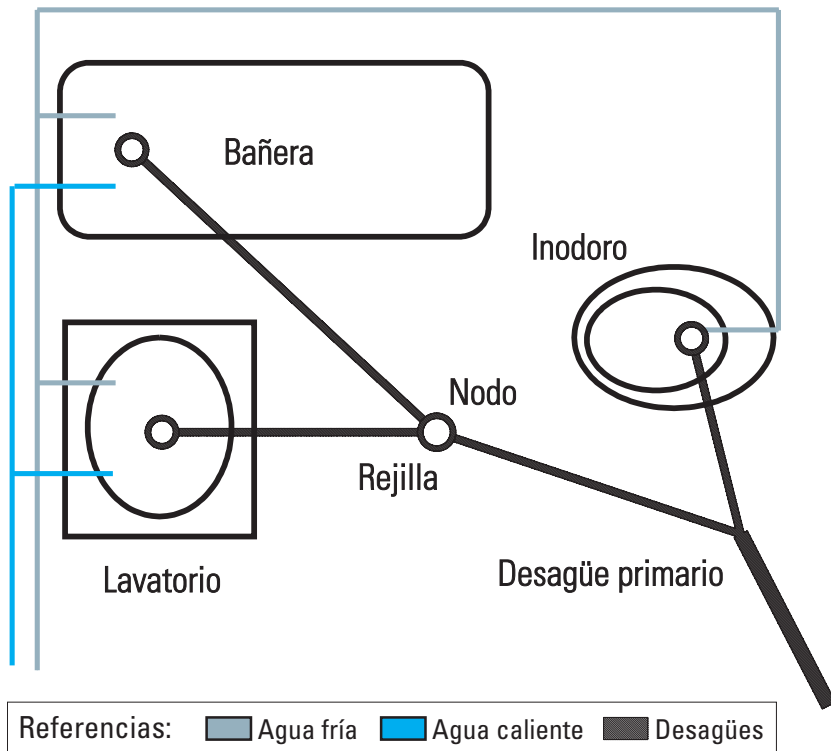
Y éste... es el baño³⁷

El baño es un recinto sanitario donde conviven artefactos primarios y secundarios. En una instalación mínima, el baño está dotado de una canilla surtidora, un inodoro y una ducha. En un baño denominado *principal* se agregan: un lavatorio, un bidet, una bañera y la instalación de agua caliente.

El suministro de agua fría y caliente se hace mediante conexiones en serie, de modo de facilitar la instalación de cañerías. Los artefactos sanitarios son, actualmente, de materiales cerámicos, lo que redundará en la durabilidad y en la facilidad de limpieza.

Los artefactos secundarios (lavatorio, bidet, bañera) están conectados al subsistema de desagüe secundario. El inodoro es el artefacto primario cuyos efluentes se eliminan por el subsistema de desagüe primario.

³⁷Esta sección lleva como título el eslogan de una publicidad televisiva de la década de 1980. El eslogan pretendía reflejar el hecho de que el baño es el ambiente de la casa que mide el estatus de la clase media argentina, que era digno de ser mostrado a las visitas. En la Antigua Roma, el baño se consideraba un componente esencial de la vida de sus ciudadanos, y en él se aseaban, perfumaban y untaban con aceites aromáticos, leían y hacían deportes. Si bien la modalidad del baño ha ido cambiando con el tiempo, seguimos apreciando el tiempo dedicado al aseo como un valor insoslayable y valoramos más que nunca el poder destinar agua suficiente para este quehacer.



Se observa que los desagües secundarios convergen en un nodo o piletilla de desagüe, y de allí se unen al desagüe primario; es decir, el desagüe del inodoro queda más cerca del exterior que los demás artefactos. Las secciones de los caños de desagüe son progresivamente mayores, luego de los puntos de convergencia, para poder movilizar el mayor volumen de efluentes reunido.

Esquema de las conexiones de suministro y desagüe de una instalación mínima (sin bidet)

En el baño se consume entre el 70 y 75 % del total de agua que ingresa en la casa. Si pensamos en una familia de tres miembros que se lavan la cara, las manos y los dientes tres veces por día, se duchan una vez cada uno, alguno de ellos toma un baño de inmersión y usan el inodoro tres veces cada uno, el consumo de agua en el baño es de, aproximadamente, unos 540 litros diarios.

Actividad (por persona)	Consumo (litros/día)
Lavado de platos	30
Preparación de comidas	10
Aseo personal (dientes, manos)	10
Ducha	80
Baño de inmersión	150
Carga del lavarropas	70
Descarga de inodoro	60
Total	410

El agua caliente

En una vivienda³⁸ se usan calentadores de agua o termotanques para calentar el agua y, luego, distribuirla por la rama preparada para tal fin. Los artefactos de calefacción pueden ser eléctricos o a gas, predominando en la actualidad los últimos -dados sus menores costos de

Físicamente, un **calentador** es una zona de paso del agua fría donde se intercambia calor para su calentamiento.

funcionamiento-. En zonas rurales, aún se usan calentadores a leña.

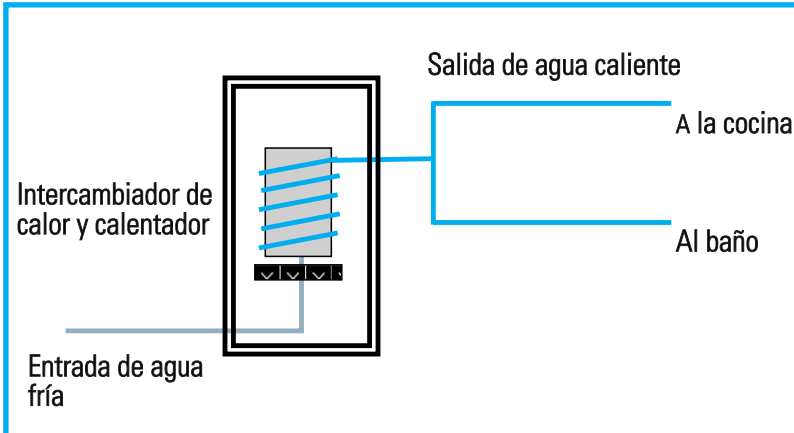
Es conveniente que el calentador esté surtido directamente desde el tanque de reserva, para que su funcionamiento y caudal no estén afectados mayormente por el uso simultáneo de otros artefactos de la casa.

El sistema de desagüe

Ya fuimos presentando a este sistema en relación con los demás. Establecemos, a continuación, algunas características de su diseño que lo diferencian -además de su misión- del sistema de suministro.

Es oportuno recordar que el caudal del sistema de suministro depende de la presión disponible. En cambio, el caudal de los efluentes queda determinado por la cantidad de líquido que se

elimina en los diversos artefactos. El líquido se mueve en las cañerías de desagüe por acción gravitatoria. Por consiguiente, los caños de colección de efluentes tienen que tener la sección suficiente para drenar rápido; para favorecer el flujo, se debe mantener una inclinación justa para el desplazamiento fácil del líquido que se elimina. La dimensión transversal del caño es difícil de valorar; pero, se trata de que el caño no se llene, es



Esquema del sistema de agua asociado a un calentador (calefón), desde donde se distribuye el agua caliente a los distintos artefactos

³⁸De acuerdo a Guhl, E. y Koner, W. (1997. *Los Romanos. Su vida y costumbres*. M E. Madrid.), en las casas de la Antigua Roma, un horno, con una habitación para leña enfrente a él, se ubicaba entre los cuartos de baño. Los baños estaban divididos, según sus diferentes temperaturas, en: saunas, baños calientes (*caldaria*) y baños fríos (*frigidaria*). Los depósitos o bañeras ocupaban el centro de la *caldaria* y la *frigidaria*; una bañera estaba llena de agua fría para zambullirse después del agua caliente. El agua fría, tibia o caliente que se necesitaba, venía de tres tanques situados sobre el horno, unidos unos a otros por medio de tuberías de bronce o plomo. El horno también calentaba el agua para la cocina; es decir, representaba, como ahora, el componente "transversal" del sistema.

decir, que retenga aire en la parte superior de la sección, con el líquido más denso debajo. De nuevo, las secciones se fijan de acuerdo a resultados prácticos que surgen de numerosas experiencias.

Se suele definir para los canales de desagüe una "unidad de descarga", que se adopta en 28 l/min, como el valor de descarga de un lavatorio común. De acuerdo con esta referencia:

- un inodoro tiene entre 4 y 6 unidades de descarga,
- una bañera tiene 2,5,
- una pileta de cocina, 2 unidades³⁹.

Vale la pena que comentemos que, en nuestras casas, hemos medido en el lavatorio del baño una descarga de 14 l/min, que es un 50 % menor que el valor de referencia. Quizá, la unidad de descarga adoptada de 28 l/min evalúe por exceso la descarga de un lavatorio -tratándose de evitar, con esto, diseños que resulten muy ajustados a las necesidades reales-

Las tablas que se usan para el cálculo de cañerías de descarga hacen uso de estos valores de referencia, y especifican los diámetros de las cañerías y las inclinaciones para una rápida evacuación. En una vivienda unifamiliar, el diámetro del desagüe primario es de 10 cm y la inclinación mínima que debe mantenerse es de, aproximadamente, 2 cm por metro. Recordando las definiciones de las (temibles) funciones trigonométricas que nos enseñaron, podemos calcular esta inclinación usando:

$$\theta = \arctan (\text{cateto opuesto} / \text{cateto adyacente})$$

$$\theta = \arctan (2 / 100)$$

$$\theta = 1,2^\circ$$

Si la pendiente de la cañería es insuficiente, se corre el riesgo de que los efluentes escurren lentamente y se acumulen sedimentos en el fondo de los caños, con la consiguiente reducción de la sección efectiva para el desplazamiento del fluido.

Los materiales de las cañerías

El creciente desarrollo de materiales de construcción ha hecho que la oferta de posibilidades sea muy amplia. Hoy en día, también se resuelve muy fácilmente el problema de las uniones de caños, lo que favorece el montaje. Entre los materiales que se usan, se encuentran:

Plomo. Antiguamente, se usaba para el sistema de distribución; pero, quedó en desuso (además, es tóxico). Se mantiene su uso en desagües. Este material es flexible y fácil de trabajar, y evita en algunos casos el uso de codos. Las uniones se hacen por soldadura caliente que requieren material de aporte.

Latón. Se usa el denominado *hidrobronz* a partir de cobre. Las uniones se hacen mediante soldadura blanda de estaño.

Hierro fundido. Usado en antiguas instalaciones sanitarias para el suministro y desagüe. El problema que presenta es que se oxida y que, con el tiempo, aparecen fisuras y por ellas, pérdidas.

³⁹Quadri, N. (2004) Ibid.

PVC (cloruro de vinilo). Es una resina plástica que sirve para todo tipo de cañerías. Su principal ventaja reside en su poco peso. El sellado de piezas se hace sin dificultad, mediante el uso de pegamentos específicos que disuelven localmente al material y lo sueldan. Suele verse, a menudo, en instalaciones aéreas.

Polipropileno. Similar al PVC; pero, con la ventaja de que soporta alta temperatura; por lo tanto, sirve para agua caliente.

Goma flexible. Se usa en acoples de cañerías y desagües de cocina; es un material barato.

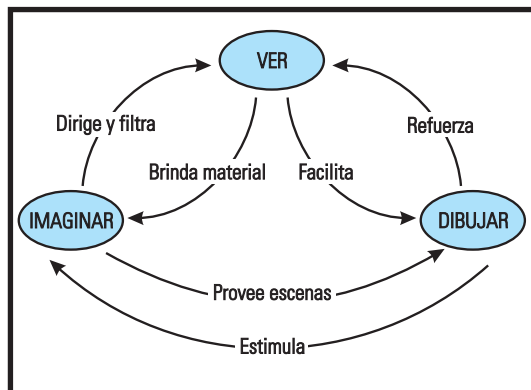
Modos de ver: Planos y maquetas

Hasta aquí hemos reunido información pertinente para conocer las principales leyes físicas que se manifiestan en los fluidos, junto con sus implicaciones tecnológicas, conocimientos que nos asistirán a la hora de domeñar al agua por tuberías y desagües. Ahora, vamos a pensar en torno a la realización de una maqueta que represente al sistema sanitario de una casa.

Tenemos que empezar con la visualización de lo que queremos conseguir; porque, tener una idea significa verla.

En efecto, *idea* viene de *video*, que quiere decir *ver*. Lo que potencie la imaginación va a jugar un papel activo en el momento del diseño y nos ayudará a ver mejor. A medida que vayamos imaginando y viendo, vamos a ir dibujando esos resultados mentales para

documentarlos, para poder reflexionar sobre ellos y para comunicarlos a otros. La interacción entre ver, imaginar y dibujar es muy intensa, y sería deseable enfatizarla a lo largo del proyecto.



A medida que nuestra idea progresa, irá tomando la forma de dibujos cada vez más ordenados. Como diseñadores, orientamos nuestra comprensión del problema tras pasos técnicos que buscan soluciones. Para ello, nos apoyamos, inicialmente, en **bocetos o croquis**. En esta fase de la *concepción gráfica*, estos bocetos son flexibles, de tanteo; indisciplinados e imaginativos, van a ser de trazo grueso e impresionistas. Se sucede, así, una serie libre de ensayos y borroneos, en los que dejamos de lado los detalles.

Luego, el **requisito técnico**, y las exigencias tecnológicas y comunicativas se encargan de hacernos progresar en detalles y especificaciones. El trabajo gráfico se torna más rígido y mecánico, y requiere que acudamos a la asistencia de tableros, reglas T, escuadras y programas de computadora. En esta etapa, producimos *información gráfica* disciplinada.

Nuestro tercer peldaño se ubica a la altura de la **maqueta**. Una maqueta es una repre-

sentación tridimensional realista y resuelve la cuestión de la visualización en un ámbito con volumen y detalles. Nuestra maqueta es un recurso de suma utilidad para mostrar aspectos detallados del objeto que representa: es una gran ordenadora visual, genera inmediatez, muestra contenido, forma y funciones - tres cualidades o atributos de cualquier producto que se desarrolle-.

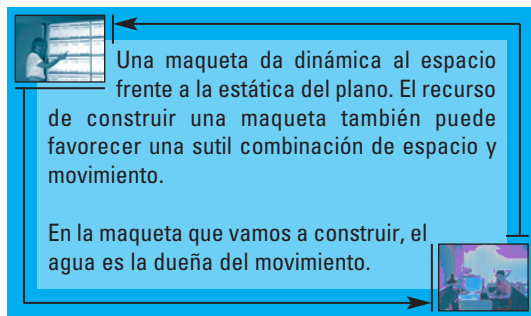
La ventaja de la maqueta frente a otros recursos es evidente; con su previsualización se empieza a resolver el problema comunicativo. En cuanto a la construcción de la maqueta, ésta abarca aspectos extremos que van, por lo dicho, desde la concepción gráfica hasta la comunicación. En el trayecto, el *pensamiento visual* del diseñador sale fortalecido. El pensamiento visual tiene lugar en el contexto de la visión, y, como destacamos, la imaginación y el dibujo ayudan a pensar visualmente con mayor flexibilidad⁴⁰.

En nuestro proyecto, usamos **planos de construcción**. Los planos son la representación a escala, en dos dimensiones, de la obra que se pretende realizar, y constituyen un conjunto de dibujos o esquemas. Una maqueta representa en tres dimensiones, también a escala, a la obra completa, y requiere su "materialización" con elementos más variados (madera, acrílico, yeso). La diferencia más notable entre planos y maqueta reside en que los planos no permiten una visión espacial intuitiva de la representación, lo que sí posibilita la maqueta.

Hoy se construyen maquetas para represen-

⁴⁰McKim, R. (1992) "Cómo pensar mediante imágenes visuales". En Fink, D., Tate, J. y Rose, M. *Técnicas de lectura rápida*. Deusto. Barcelona.

tar edificios y plantas industriales⁴¹, barcos y aviones, *Tiranosaurus Rex* y monstruos *hollywoodenses*, piezas mecánicas y nuevos productos. Nosotros hacemos una casa con su sistema sanitario completo. La finalidad de la maqueta es, entonces, manifestar la complejidad de un funcionamiento, llevado a escala, para que se entienda con cierta facilidad y de forma amena. También interesa que la construcción de una maqueta deleve aquellos problemas de diseño y de construcción que no se advierten a partir del análisis de los planos.



Las escalas de construcción y las semejanzas

Es necesario mencionar algunas consideraciones en torno a las distintas escalas que están involucradas en nuestro proyecto.

Los planos de una obra se dibujan a escala y de tal modo procedemos:

⁴¹ Si tiene la oportunidad de visitar la represa de Futaleufú, en la provincia del Chubut, verá que, en la recepción a los visitantes, hay una maqueta a escala de toda la central generadora de energía eléctrica, que un guía describe previamente a la visita a la instalación. De ese modo, el visitante ya tiene una imagen vívida de lo que espera ver, aún cuando lo más probable sea que, luego, no pueda ver los "detalles ocultos" de la instalación.

- primero, para representar la casa en la que vamos a estudiar su sistema sanitario,
- y, luego, para representar la maqueta a construir, que modeliza la casa.

Cada plano mantiene una **semejanza o similitud geométrica** con la casa. Para ver esto, supongamos que la casa ocupa una superficie rectangular de $(8 \times 7) \text{ m}^2$. Esto quiere decir que si en el papel 1 m real está representado por una longitud de 10 cm, los 8 m de un lado ocuparán 80 cm y los 7 m cabrán en 70 cm. Decimos que la escala es $1\text{m} : 10 \text{ cm}$, o bien es de $1 : 0,10$, sin especificar las unidades mientras sean las mismas.

Pero, quizá no podamos mantener la misma escala usada para las dimensiones lineales para representar todos los elementos de la casa. En el caso que nos ocupa, consideremos el tamaño de las cañerías. En una casa, un caño de media pulgada (12,7 mm) lleva agua a la cocina. Si seguimos usando una escala de $1 : 0,10$, este caño se dibujaría en el plano con una línea de un grosor de 0,127 mm. Quizá esto no tenga dificultad -bastaría con afinar la punta del lápiz-. Pero, una vez trasladada a la maqueta, esta reducción puede acarrear dificultades. Veamos por qué.

La maqueta que construiremos ha sido diseñada según la escala $1 : 0,10$; es decir, 1 metro real se corresponde con 10 cm en la maqueta. En esta escala, el diámetro del caño de media pulgada estaría representado por un tubo de 1,3 mm de diámetro. La semejanza geométrica pone límites a las dimensiones del tubo con el que se represente un caño típico real; pero, emerge como proble-

ma el mantenimiento del caudal. En principio, no necesitamos que, en la maqueta, el caudal sea proporcional al de una casa real, sino más bien que sea apreciable sin dificultad. Pero, si los tubos tienen un diámetro pequeño, esto no será fácil de lograr. Recordemos que la resistencia hidrodinámica depende de la inversa de la cuarta potencia del diámetro de la cañería (ecuación 23), y los efectos de rozamiento podrían ser dominantes en el tubo delgado que usaremos en la maqueta... o bien, podrían aparecer otros problemas, como los efectos de la tensión superficial⁴².

Por tanto, para evitar el inconveniente, tenemos que elegir tubos de mayor diámetro del diámetro a escala. Quebrada la similitud geométrica, es probable que se haga visible cierta desproporción de la red de caños de la maqueta con respecto al tamaño de los ambientes, paredes y otros. De todas maneras, elegimos tubos no mucho más gruesos y buscamos una medida superior cercana a los 1,3 mm. Conseguimos tubos de acrílico de 3 mm de diámetro interno y 5 mm de diámetro externo. Sus paredes internas lisas van a contribuir a minimizar las pérdidas de carga, relativamente grandes dada la baja presión de agua que manejaremos.

Creemos que esta solución está en la categoría de lo que se llama una *solución tecnológica* en el proceso de construcción de la maqueta, y está presente en el diseño de cualquier producto, en cuanto tenemos que adaptar las necesidades a los recursos disponibles y viceversa.

⁴²La Ley de Murphy dice que detrás de un pequeño problema está -agazapado y ansioso por aparecer- otro mayor... Graf, J. (1998) *Murphy vive en mi computadora*. Prentice Hall. Madrid.

Volviendo al diseño de maquetas, hay generalidades que se aplican ya sea si trabajamos con nuestra maqueta por donde fluye agua por pequeños conductos, o si estudiamos un avión a escala en un túnel de viento, o un modelo de un barco en un canal de agua en un laboratorio.

En todos los casos, la idea principal es aprender a partir del comportamiento del modelo a escala sobre el comportamiento del agua en conductos, del avión o del barco reales, en sus tamaños normales. En todos estos casos, lo que preocupa a los ingenieros y diseñadores es saber en qué relación se aproximan los resultados obtenidos en los modelos a la situación a escala real.

Además de la semejanza geométrica que es dable mantener en el modelo, existen otras dos semejanzas que debemos considerar: la semejanza cinemática y la semejanza dinámica.

- La **semejanza cinemática** implica que las corrientes de fluido por la instalación de agua de la maqueta sean similares a las del fluido real que se mueve en una casa. Es decir, las velocidades del agua en cualquier punto de la maqueta y en el punto análogo de la casa tienen que ser proporcionales.
- La **semejanza dinámica** necesita que las fuerzas estén, también, en una relación de proporcionalidad directa, en la maqueta y en la casa.

A diferencia de la semejanza geométrica, las dos últimas son difíciles de conseguir.

Con este comentario final quedamos advertidos de que no todo en la maqueta será como en la casa real que representa. Y, si el adagio dice que "El mapa no es el territorio", no está de más que digamos, con razón, que "La maqueta no es la casa".

Mientras no establezcamos los tres tipos de semejanzas aludidas, la maqueta será un *modelo distorsionado* de lo que quiere representar y será necesario, por tanto, reconocer los alcances y las limitaciones de la representación.

Los números importan

Para ver la complejidad del problema aludido, tomemos una parte de la casa y su homóloga en la maqueta; por ejemplo, el largo de la cocina. Nombramos:

L_C : largo de la cocina de la casa (C)

L_M : largo de la cocina de la maqueta (M)

El cociente entre estas longitudes define la escala geométrica L_R :

$$L_R = \frac{L_C}{L_M} \quad (32)$$

Ésta, en nuestro caso, es $L_R = 10$.

La escala implica que, si medimos una dimensión lineal en la maqueta, podemos conocer la dimensión de lo que representa, simplemente multiplicando por la escala L_R . En este sentido, observamos que, en la maqueta, elegimos la altura de las paredes de 20 cm, lo que significaría que la casa tiene paredes de 2 m de alto -por cierto, algo bajas para una casa típica-.

Decidimos instalar paredes bajas combinando *razones estéticas* (la elegancia no es sólo tema de sastres) y *económicas* (que no sólo es tema de economistas). Respecto de las primeras, vimos que si queríamos llevar a escala los 3 m de altura típica de las paredes de una casa, éstas estarían representadas por "altos 30 cm" en la maqueta, que desmerecerían un poco las proporciones generales⁴³. Por el lado económico, 10 cm más de pared representaban un gasto innecesario (el costo del acrílico con que construimos la maqueta sigue la *regla de escala* de ser directamente proporcional a la superficie), en virtud de que la altura de las paredes no es un factor gravitante para el proyecto y para su finalidad principal -que es la de mostrar el "camino del agua" en una casa-.

Con respecto a la escala geométrica, observamos que si, por ejemplo, un conducto de agua tiene un diámetro D, en la maqueta éste debería estar reducido un factor $L_R = 10$. Así, un desagüe de 10 cm de diámetro real, debería quedar representado en la maqueta por un tubo de 1 cm de diámetro. Una cañería de suministro de agua de un lavatorio tiene, típicamente, media pulgada de diámetro; en la maqueta debería estar representada por un tubo de 1,27 mm de diámetro. Ya analizamos que algunos problemas pueden presentarse en estos ductos de diámetro reducido.

Por otra parte, para que haya similitud cine-

⁴³Este recurso es un típico ardid de los escenógrafos y se denomina contraste de escala. Los muebles que se muestran en una escena televisiva no tienen por qué ser de un tamaño normal, sino que suelen estar hechos a la escala apropiada para reforzar la perspectiva cuando los toma la cámara de filmación. De esta manera, se logra una ilusión de perspectiva óptima, lista para mostrar en la pantalla bidimensional del televisor.

mática, debemos mantener una relación uniforme entre las velocidades del agua en la casa y la maqueta. Esta relación es:

$$\frac{V_C}{V_M} = \frac{\frac{L_C}{T_C}}{\frac{L_M}{T_M}} \Rightarrow \frac{V_C}{V_M} = \frac{L_C}{L_M} \cdot \frac{T_M}{T_C} \Rightarrow \frac{V_C}{V_M} = \frac{L_R}{T_R} \quad (33)$$

y vemos que, además de la escala geométrica, aparece en escena una **escala temporal**:

$$T_R = \frac{T_C}{T_M} \quad (34)$$

Esta escala temporal dice que, si en la casa el agua demora $T_C = X$ segundos en pasar por un conducto de largo L , a la velocidad V_C , en la maqueta lo hará por el tubo equivalente en un tiempo $T_M = X / T$, a la velocidad V_M . Ya comentamos que, en el baño de nuestras casas, medimos $V_C = 200$ cm/s. En la maqueta, la velocidad de salida del agua por el surtidor del lavatorio es $V_M = 40$ cm/s; dado que $L_R = 10$, los datos implican una escala temporal aproximada $T_R = 2$.

Otra manera de encontrar experimentalmente la escala temporal T_R es a partir de mediciones de caudal en la casa y en la maqueta. Para mantener la similitud cinemática -a la par de la similitud geométrica que establecimos cuando diseñamos la estructura de la maqueta-, la relación de caudales tiene que ser:

$$\frac{Q_C}{Q_M} = \frac{\frac{L_C^3}{T_C}}{\frac{L_M^3}{T_M}} \Rightarrow \frac{Q_C}{Q_M} = \left[\frac{L_C}{L_M} \right]^3 \cdot \frac{T_M}{T_C} \quad (35)$$

$$\frac{Q_C}{Q_M} = \frac{L_R^3}{T_R} \quad (36)$$

Es decir:

Medimos $Q_C = 100 \text{ cm}^3/\text{s}$ en la casa y $Q_M = 3 \text{ cm}^3/\text{s}$ en la maqueta, lo que nos lleva a establecer la escala temporal en el mismo orden de magnitud: $T_R = 3$.

Hasta aquí, hemos usado valores provenientes del diseño para definir la escala geométrica L_R , y valores empíricos (mediciones de caudal) para conocer la escala temporal T_R . Si las relaciones de velocidades se mantienen en todos los puntos homólogos de casa y maqueta, aseguramos la semejanza cinemática.

El aspecto crucial a considerar ahora es si podemos mantener la semejanza dinámica, a la par de las semejanzas geométrica y cinemática. El establecimiento de semejanza dinámica tiene alto rigor, en virtud de que son fuerzas (de presión) las que empujan al agua para que fluya, son fuerzas (viscosas) las fuerzas de rozamiento interno del fluido y de éste con las paredes de los conductos, etcétera.

Si las tres semejanzas aludidas -geométrica, cinemática y dinámica- se preservan, decimos que estamos en presencia de **similitud hidráulica**. El concepto de similitud hidráulica capta la atención de diseñadores de diques, canales, entre otros sistemas hidráulicos. En nuestro caso, podemos avanzar un poco y estudiar la situación en la maqueta.

Antes, haremos un alto en el camino histórico del tratamiento de este tema.

Números sin dimensión

Varios físicos y matemáticos estudiaron el problema de la semejanza dinámica. Entre otros: Euler, Reynolds, Froude y Weber. En honor a ellos, una serie de números sin dimensión llevan sus nombres.

Estos números representan las relaciones entre las fuerzas que se presentan en situaciones de interés. Son estos números los que tienen que valer lo mismo en el caso real y en el modelo, a fin de que quede preservada la semejanza dinámica.

La relación entre las fuerzas de inercia y las de presión define el **número de Euler**:

$$\frac{m a}{\rho A} = \frac{\rho v^2}{\rho} \quad (37)$$

Donde:

m : masa

a : aceleración

p : presión

A : área

ρ : densidad

v : velocidad

La relación entre las fuerzas de inercia y las viscosas está caracterizada por el **número de Reynolds**:

$$\frac{m a}{\tau A} = \frac{\rho v L}{\eta} \quad (38)$$

Donde:

L : dimensión característica de la configuración

τ : esfuerzo cortante

A: área
 η : viscosidad
 ρ : densidad
v: velocidad

La relación entre las fuerzas de inercia y las gravitatorias está medida por el **número de Froude**:

$$\frac{M_a}{M_g} = \frac{v^2}{Lg} \quad (39)$$

La relación entre las fuerzas de inercia y las de tensión superficial está expresada por el **número de Weber**:

$$\frac{M_a}{\sigma L} = \frac{\rho L v^2}{\sigma} \quad (40)$$

Donde:

L: dimensión característica de la configuración

σ : tensión superficial

ρ : densidad

v: velocidad

Puesto que, en un problema dado, la relación entre las distintas fuerzas es particular, se consideran sólo los números más relevantes para el caso en estudio.

Y, por casa, ¿cómo andamos?

Apliquemos las ideas precedentes a nuestro proyecto. Si queremos que nuestra maqueta sea un modelo representativo de una casa en lo que se refiere al flujo de agua y a su configuración global, tenemos que revisar la igualdad de los números destacados en la situación. La igualdad de los números de

Reynolds de cada una lleva a:

$$\frac{\rho_C v_C L_C}{\eta_C} = \frac{\rho_M v_M L_M}{\eta_M} \quad (41)$$

La primera observación se refiere a que, tanto en la casa como en la maqueta, usamos el mismo fluido: agua. La segunda, que las longitudes características pueden tomarse iguales a los diámetros de las tuberías homólogas de la casa y la maqueta, de modo que:

$$D_C v_C = D_M v_M$$

Esto indica que el producto (diámetro x velocidad) tiene que ser idéntico en ambas; o bien, puesto que $L_R \approx D_C / D_M$, debe verificarse:

$$v_M = 10 v_C$$

Como, típicamente, $v_C = 200$ cm/s, v_M debería ser 2000 cm/s, que reconocemos como un valor muy alto para la maqueta.

De otra manera, si queremos mantener la similitud dinámica, podríamos circular otro líquido en la maqueta, con el fin de que se cumpla la ecuación 41. En tal caso, debe cumplirse:

$$\frac{\rho_M}{\eta_M} = \left[\frac{D_C}{D_M} \right] \cdot \left[\frac{V_C}{V_M} \right] \cdot \left[\frac{\rho_C}{\eta_C} \right]$$

Usando definiciones previas, reemplazamos los dos primeros corchetes y obtenemos:

$$\frac{\rho_M}{\eta_M} = \left[\frac{L_R^2}{T_R} \right] \cdot \left[\frac{\rho_C}{\eta_C} \right]$$

Esta ecuación nos da la relación entre los cocientes de densidad a viscosidad en cada líquido a usar. En nuestra maqueta: $L_R^2/T_R = 10^3/3 \Rightarrow L_R^2/T_R = 333$ (que tomamos como 300); por tanto:

$$\frac{\rho_M}{\eta_M} \approx 300 \frac{\rho_M}{\eta_M} \quad (42)$$

Es decir que el fluido que reemplace al agua en la maqueta tendría que tener la propiedad de cumplir con la ecuación (42).

En este instante sólo nos resta: ¡Meternos de cabeza en la biblioteca, consultar tablas de datos y ubicar el fluido con esta propiedad como único camino para modelar la casa en las mejores condiciones de similitud que nos sea posible! Necesitamos encontrar un fluido de muy baja viscosidad, que podría ser un gas; pero, no lo veremos fluir por las cañerías transparentes de la maqueta.

Para concluir, el propósito de esta última sección ha sido llamar la atención sobre los variados problemas de diseño que se presentan en situaciones reales. La maqueta ha servido de *metáfora* para apreciarlos y para colocarnos en los zapatos de los diseñadores profesionales.

Para concluir, observamos que en la maqueta aparecen, inevitablemente, situaciones extra, que analizadas en detalle, pueden no ser observables en una casa. Por ejemplo, en el sistema de desagüe de una casa, el colector principal puede tener 10 cm de diámetro y esto no representa problemas para un desagote en condiciones de caño semilleno. En la maqueta, su homólogo tiene un

diámetro de 1 cm y la tensión superficial empieza a jugar algún rol, y pueden hacerse observables algunos efectos de capilaridad.

No obstante:

El trayecto del agua puede mostrarse sin dificultad: cuando abrimos una canilla, el agua corre, abastece a los artefactos sanitarios y, tras prestar su servicio, sigue su recorrido por los desagües.

Esta observación es nítida para el usuario de la maqueta, de la misma manera que lo es, para el habitante de una casa real, el correr del agua por lavatorios y bañeras.

La universalidad del problema del cambio de escala

Si usted ha hecho alguna vez una torta de, digamos, 1 kg, para la que usó ingredientes en la cantidad necesaria -según sugerencias de su libro de recetas de cabecera⁴⁴, quizá se haya preguntado si para hacer otra torta del mismo sabor, pero ahora de 2 kg, necesita meramente multiplicar por dos las cantidades usadas. Y, si la torta va a ser de 3,5 kg, ¿multiplicamos todo por el factor 3,5? ¿Quién nos asegura que el agregado de una pizca de levadura que resulta en la torta de 1 kg, va a funcionar en la de 2 kg, con dos pizcas? Si tras multiplicar las cantidades por el factor adecuado, mezclar los ingredientes y

⁴⁴ Le sugerimos leer Golombek, D. y Schwarzbaum, P. (2002) *El cocinero científico*. Siglo Veintiuno Editores y Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires.

cocinarlos, la torta nos sale del peso previsto y rica como la primera, podremos decir que hemos encontrado la regla de escala para el preparado de tortas.

La idea es válida para otras situaciones, bien diferentes del ejemplo culinario. Supongamos, ahora, que tenemos una fábrica y queremos duplicar la producción⁴⁵. ¿Qué hacemos? ¿Multiplicamos por dos el número de empleados, el número de horas trabajadas, el volumen de insumos? ¿Todo por dos? La cosa no es tan simple, en este caso. El aumento de producción va a requerir un cambio de escala más difícil de evaluar. El tema requiere asociar conceptos de economía, estudios de mercado, antecedentes, y proyecciones de precios y niveles de ventas, y quién sabe cuántas cosas más.

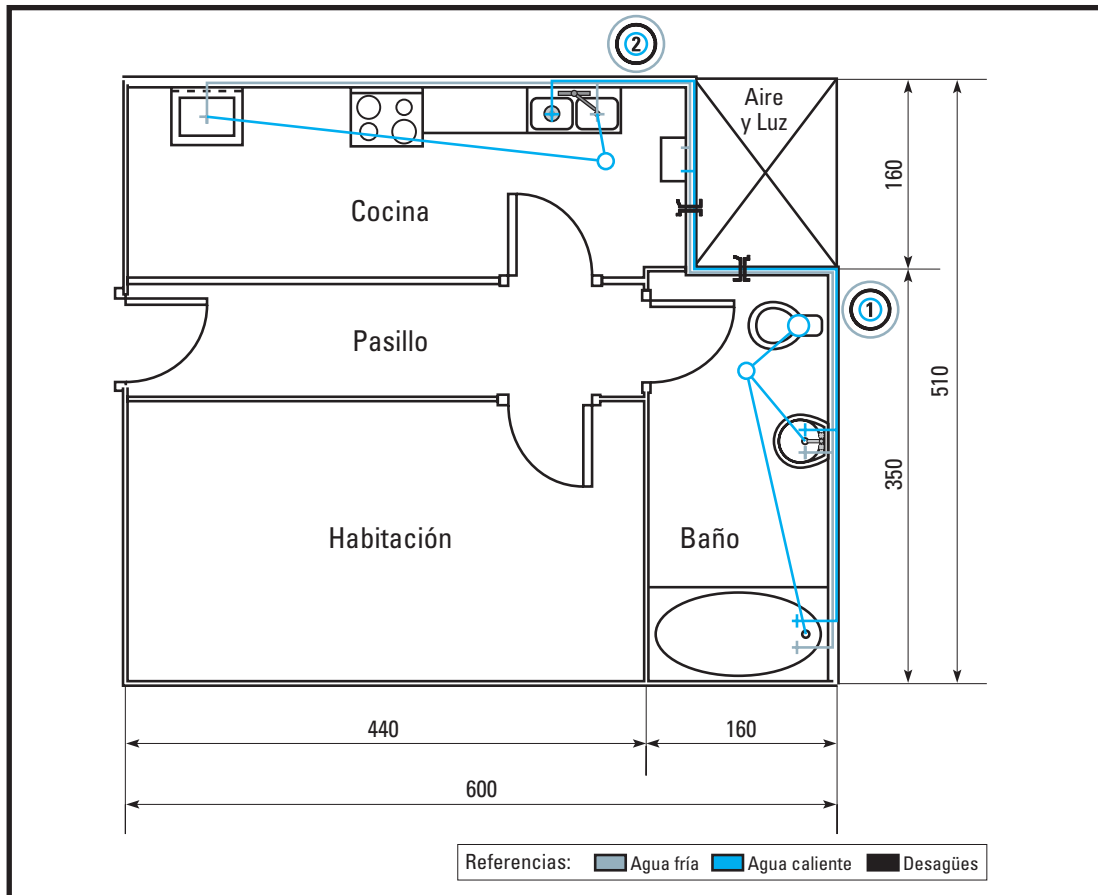
⁴⁵ Este ejemplo surgió de conversaciones mantenidas con el Dr. J. Luzuriaga, del Instituto Balseiro (www.cabib.cnea.gov.ar), mientras lo interesábamos con algunos aspectos de este proyecto.

3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

El producto





La maqueta tiene dimensiones de 0,60 m x 0,50 m x 0,50 m y pesa, aproximadamente, 5 kg. La estructura es robusta, se presenta en tres niveles y su traslado es posible, con cuidado.

El corte de la vivienda destaca los ambientes que contienen parte del sistema sanitario. Estos ambientes son: la cocina y el baño.

- Desde el lado interior, se observan los artefactos sanitarios: piletta de cocina,

lavatorio, inodoro⁴⁶ y bañera, y las canillas de agua fría y agua caliente.

- Desde el lado exterior, se observan los ramales de distribución de agua, desde el tanque de reserva hasta la vivienda.

La elevación de la maqueta permite una inspección desde abajo -a través de un contrapiso transparente- del sistema de desagüe.

El equipo es modular y acepta variantes, modificaciones y ampliaciones.

⁴⁶Es interesante que analice con sus alumnos cómo funcionan los modelos de inodoro que tienen servicio de bidet incorporado. Recuerde que el análisis de producto es un procedimiento didáctico clave en la educación tecnológica.

Los componentes

La maqueta está compuesta de:

a. 6 paneles de acrílico

Estos paneles conforman la estructura principal de piso, contrapiso y cuatro paredes.

Las piezas están ensambladas entre sí para formar la estructura.

Los colores de las piezas están elegidos para que representen, con buen contraste, el piso (marrón claro), las paredes (blancas) y el contrapiso (transparente).

Para la elección del acrílico como material de construcción, evaluamos: su disponibilidad, su facilidad de manejo y el aspecto estético que confiere al producto terminado. Además, es impermeable. Por otra parte, como la preparación de algunas piezas del equipo requiere maquinado, esto puede hacerse en este material sin mucha dificultad.

Pueden usarse otros materiales -por ejemplo, cartón duro o madera-; aunque, debe evaluarse el impacto que podría tener la caída de agua sobre ellos. La absorción de agua puede terminar ablandando al cartón, lo que incide en la estabilidad de la estructura, o pudriendo la madera a mediano o a largo plazo.

b. 25 piezas de acrílico negro

Se usan para la construcción de los artefactos sanitarios:

- mesada y piletta de la cocina= 6 piezas,

- lavatorio del baño= 6 piezas,
- bañera= 5 piezas,
- inodoro= 8 piezas.

El preparado de estas piezas requiere seguir los planos de diseño y armado que incluimos en el CD anexo.

Para los artefactos, también puede usarse arcilla o cerámica que, con un debido tratamiento, se vuelven impermeables.

c. 13 piezas de acrílico de color

Se usan para la construcción de los elementos accesorios:

- calentador de agua= 4 piezas,
- cocina= 4 piezas,
- lavarropa= 5 piezas.

Para la construcción de estos accesorios, el acrílico puede reemplazarse por madera blanda o por cartón duro.

d. 3 cilindros huecos de acrílico

Sirven para la construcción de las piletas de desagüe:

- desagüe de la cocina= 1 cilindro,
- desagües del baño= 2 cilindros.

e. 1 recipiente

Provee el tanque de reserva.

f. Varios

- 8 canillas para los artefactos sanitarios,

- tubos de acrílico de diferentes diámetros para las cañerías,
- manguera transparente de distintos diámetros para los empalmes y codos, y
- conectores "T" de goma para empalmes y bifurcación de ramales.

g. 1 pieza de madera

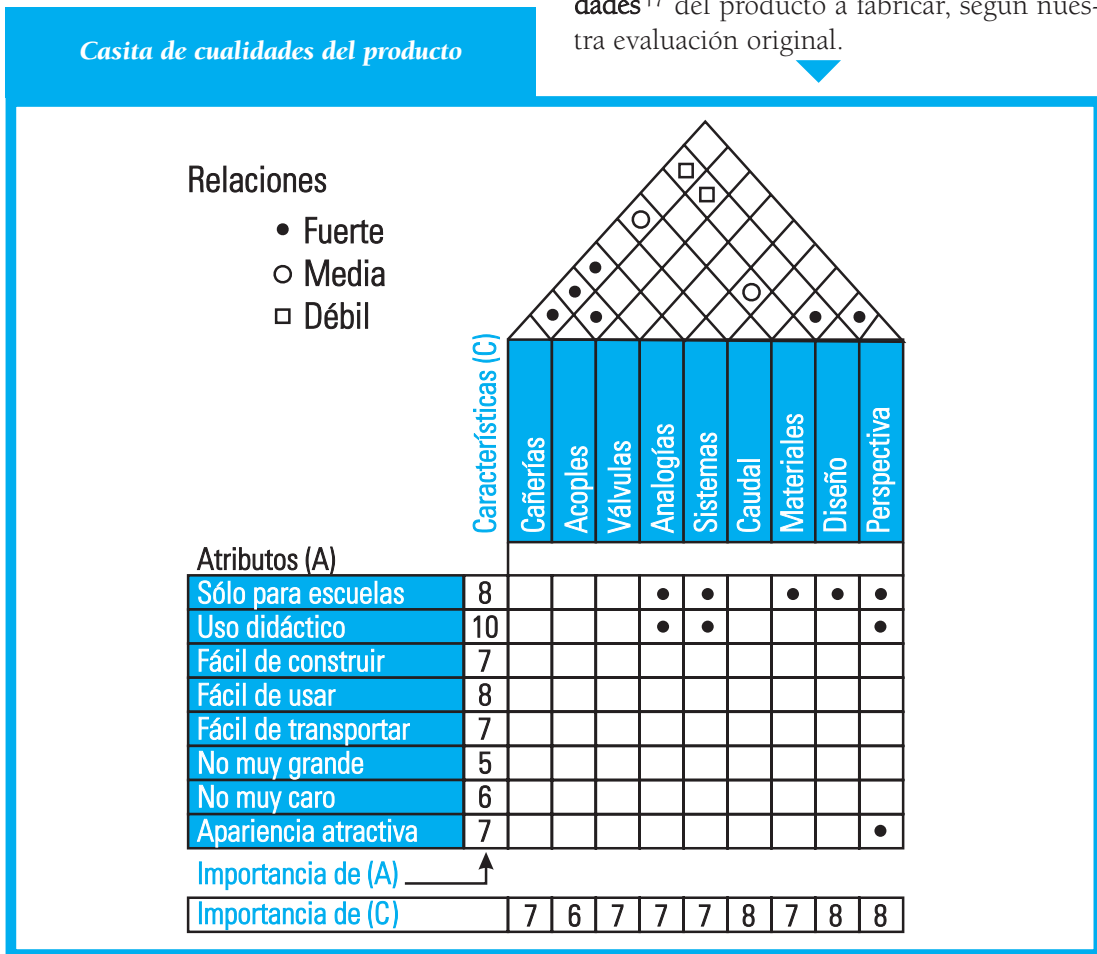
Constituye la base de la estructura.

h. 2 piezas de aluminio (perfil y placa)

Constituyen la torre del tanque de reserva.

El plano de la maqueta se presenta adjunto y es un insumo del proyecto. Ha sido realizado con el programa *VectorWorks 8.0*, que es adecuado para el diseño de planos y la generación de vistas.

La siguiente figura muestra la **casita de cualidades**⁴⁷ del producto a fabricar, según nuestra evaluación original.



⁴⁷ El concepto está incluido en: Cross, N. (2000, 3rd edition) *Engineering design methods: strategies for product design*. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex.

Los materiales, máquinas, herramientas, instrumentos y accesorios

Materiales			
Nombre o plano	Especificaciones	Cantidad	Uso
P0	Acrílico marrón (60 cm x 51 cm)	1 pieza	Piso
C0	Acrílico transparente (60 cm x 51 cm)	1 pieza	Contrapiso
P1	Acrílico blanco (44 cm x 20 cm)	1 pieza	Pared
P2	Acrílico blanco (16 cm x 20 cm)	1 pieza	Pared
P3	Acrílico blanco (16 cm x 20 cm)	1 pieza	Pared
P4	Acrílico blanco (35 cm x 20 cm)	1 pieza	Pared
D1, D2	Cilindro hueco de acrílico: ϕ 5 mm, h = 3 mm	3	Piletas de desagües
Tarugos: T1 - T6	Acrílico o similar, sección cuadrada: 1 cm ² , o circular: ϕ 10 mm; h = 30 mm	6	Separación de piso y contrapiso
B1	Madera dura o aglomerado, 12 mm de espesor (66 cm x 56 cm)	1	Base
Pilares: P1 - P6	Madera, sección circular: ϕ 20 mm; h = 120 mm	6	Pilares de la maqueta
R1	Recipiente plástico, de no menos de 500 cm ³	1	Tanque de reserva
Perfil de aluminio	Perfil U, 15 cm de lado	80 cm	Torre del tanque
Placa de aluminio		12 x 12 cm ²	Torre del tanque
Tubo	Acrílico transparente, ϕ 5 mm	1 m	Cañerías
Tubo	Acrílico transparente, ϕ 3 mm	1 m	Cañerías
Tubo	Acrílico transparente, ϕ 8 mm	1 m	
Válvula	De una vía, de plástico	8	Canillas

Materiales

Nombre o plano	Especificaciones	Cantidad	Uso
Manguera	Plástica transparente "cristal" ϕ 5 mm	1 m	Codos y uniones
Manguera	Plástica transparente "cristal", ϕ 8 mm	1 m	Codos y uniones
G1 - G2	"T" de goma o similar	3	Bifurcación de ramales, bajada del tanque de reserva, desagüe
Tornillos	Bronce, philips autoperforantes, 22 mm	6	Fijación de la torre del tanque a la base de madera
Tornillos	Bronce, philips autoperforantes, 6 mm	6	Fijación del contrapiso a los tarugos
Tornillos	Bronce, philips autoperforantes, 8 mm	6	Fijación de pilares a la base de madera
A1 - A5	Acoples plásticos, ϕ 3 mm	5	Empalmes en T en los atefactos
A6 - A8	Acoples plásticos, ϕ 8 mm	3	Empalmes en T en las ramas y desagüe
Plano "calentador de agua"	Acrílico de color, madera liviana o cartón duro	4 piezas	Calefón
Plano "cocina"	Acrílico de color, madera liviana o cartón duro	4 piezas	Cocina
Plano "lavarropa"	Acrílico de color, madera liviana o cartón duro	5 piezas	Lavarropa
Pegamento	No tóxico, viscosidad media	1 tubo de 100 cm ³	Pegado y sellado

Máquinas y herramientas

Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
Taladro de mano o de banco		1	Perforaciones
Mechas	1-10 mm	1 juego	Perforaciones
Torno portátil		1	Terminación, calado
Sierra manual	Hoja fina	1	Corte de tubos de acrílico
Lápiz o marcador	Color oscuro	1	Trazado y marcas
Trinchete o tijeras	Buen filo	1	Corte de mangueras

Instrumentos y accesorios

Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
Regla	30 cm	1	Mediciones generales
Cinta métrica	Metálica, 1 m	1	Mediciones generales
Escuadra	90°	1	Alineación vertical y horizontal
Plomada		1	Nivelación y alineación
Lija fina		1 hoja	Terminaciones
Mesa	Superficie y altura adecuadas para el armado	1	Disposición de piezas y armado
Tela o mantel	Tela suave	Cantidad suficiente para cubrir la mesa	Cobertura de la mesa, desplazamiento suave de las piezas de acrílico
Lámpara de mesa		1	Iluminación de la mesa de trabajo
Trapo	Tela suave	0,5 m ²	Limpieza de derrames de pegamento
Cuaderno	80 hojas	1	Notas y bitácora del proyecto

La construcción de la maqueta implica la preparación de piezas de acrílico. Algunas de ellas llevan perforaciones y calados. Las perforaciones pueden hacerse con un taladro de banco o con uno de mano. También se requiere cortar los tubos de acrílico de las cañerías con una sierra, con precisión del orden de 0,5 mm, y cortar mangueras, con una tijera o trinchete, con similar precisión.

El uso de un torno manual es opcional; para la construcción de la maqueta lo hemos usado en los calados de las paredes, necesarios para la colocación de las canillas de los artefactos. El calado depende del tipo de canilla que se disponga y de la necesidad de su adaptación al espesor de la pared.

Torno que usamos para la preparación de piezas



La plomada puede construirse con un plomo de pesca y un hilo fino; su tamaño se adapta a las dimensiones de la estructura a construir.

La habilidad requerida para el montaje de la estructura principal de la maqueta está asociada a una buena apreciación visual de la alineación, nivelación y perpendicularidad del conjunto.

Se recomienda atender las normas de seguridad (uso de guantes, antiparras, mascarillas) que garanticen el trabajo seguro durante el uso de herramientas de corte o máquinas que puedan despedir virutas o polvo.

Consideraciones generales sobre el trabajo a realizar

- Todas las piezas de acrílico de la maqueta tienen que presentar cantos planos para garantizar un apoyo firme entre piezas, y un buen encuadre y ensamble por pegado. El acrílico puede encargarse en casas especializadas que realizan cortes de piezas a medida, de acuerdo a planos; las herramientas de corte que estas empresas utilizan, garantizan cantos con muy buena terminación, sin asperezas. Se consiguen placas de acrílico de aproximadamente 1m^2 , de varios espesores y tonos (transparentes y opacos).
- Usualmente, las planchas de acrílico traen adherido un nailon delgado que las protege de la suciedad y que evita que puedan producirse rayaduras durante su transporte, apilado y manipulación; le sugerimos mantener las piezas de acrílico cubiertas con su nailon durante la construcción y recién retirarlo al término de ésta.
- El agujereado de las piezas puede hacerse sin sacar el nailon, a menos que usted y sus alumnos adviertan que éste represen-

ta una dificultad para el maquinado.

- Para el pegado de las piezas de acrílico es necesario un pegamento adecuado; se consiguen siliconas acéticas para acrílicos -presentadas en un pomo que se usa con una pistola, para facilitar la distribución- o bien pegamentos universales (cianocrilatos: adhesivos de un solo componente que curan por la acción de la humedad ambiente), con los que se logra una excelente adherencia. En cualquier caso, consulte las especificaciones del producto, su modo de uso y las medidas de seguridad a contemplar. Las viscosidades de estos pegamentos son lo suficientemente altas (100 veces la del agua) como para facilitar su distribución sobre los cantos de las piezas que van a adherirse.
- El tiempo de fijación varía de producto a producto y, en términos generales, es del orden de los 10 minutos. La resistencia mecánica que se logra es muy alta -unos 100 kg/cm^2 a la tracción- y soporta temperaturas de hasta $80\text{ }^\circ\text{C}$ en régimen continuo. De cualquier manera, la regla práctica indica esperar un tiempo prudencial (que define el constructor) antes de exigir mecánicamente a las estructuras que vayan armándose, sobre todo a las de mayor envergadura.
- Una vez elegido el pegamento, es recomendable practicar el encuadre y el pegado de algunas piezas de muestra. Para esto, sus alumnos tienen que prever la existencia de algunas piezas extra con

las que llevar a cabo esta práctica. En lo posible, es bueno que practiquen, entre otras posibilidades: maniobras de acomodamiento de una pieza sobre otra una vez que está puesto el pegamento, despegado rápido frente a la observación de deficiencias en el montaje deseado, limpieza de las piezas con un trapo húmedo en caso de derrame del pegamento.

- Para las perforaciones, es conveniente marcar con una punta, la posición del orificio a hacer. Es recomendable, asimismo, realizar las perforaciones grandes empezando con mechas de menor diámetro que el final deseado. De este modo, los agujeros pequeños sirven de guía para las mechas grandes, lo que da mayor precisión a la maniobra. Por ejemplo, para un agujero de 8 mm de diámetro, tras marcar la ubicación, pueden usarse, progresivamente, mechas de 1 mm, 3 mm y 6 mm, hasta llegar a la de 8 mm; desde luego, las mechas tienen que tener un buen filo. En todos los casos, eviten que la mecha arranque material.
- Recomendamos trabajar sobre una mesa de tamaño adecuado donde pueda ensamblarse la estructura completa. Los accesorios necesarios para el ensamblado (escuadra, regla, pegamentos, la guía para el armado, planos, etcétera) tienen que tener su lugar en la mesa o entorno, para que su localización durante las maniobras de armado se haga sin dificultad. La mesa puede cubrirse con una tela suave, para facilitar el desplazamiento de

los paneles y minimizar el riesgo de rayaduras.

- Resulta imprescindible trabajar en un ambiente bien iluminado, ya sea con luz natural o artificial, bien aireado y de dimensiones adecuadas para el número de personas involucradas en la etapa del armado.

El armado

Desarrollamos la tarea en 15 pasos.

1. Armado de los artefactos sanitarios.
2. Armado de los muebles accesorios.
3. Colocación de las canillas en la pileta y en el lavatorio.
4. Preparación y ensamble de las paredes.
5. Colocación de las canillas en las paredes.
6. Armado de las piletas de desagüe.
7. Montaje de los artefactos en las paredes.
8. Montaje de los ramales de agua fría y caliente.
9. Colocación de las paredes.
10. Conexión de los ramales de provisión de agua.
11. Armado y ubicación de las piletas de desagüe.
12. Conexión de los desagües.
13. Colocación del piso sobre el contrapiso.
14. Elevación de la maqueta.
15. Ubicación del tanque de agua y conexión final.

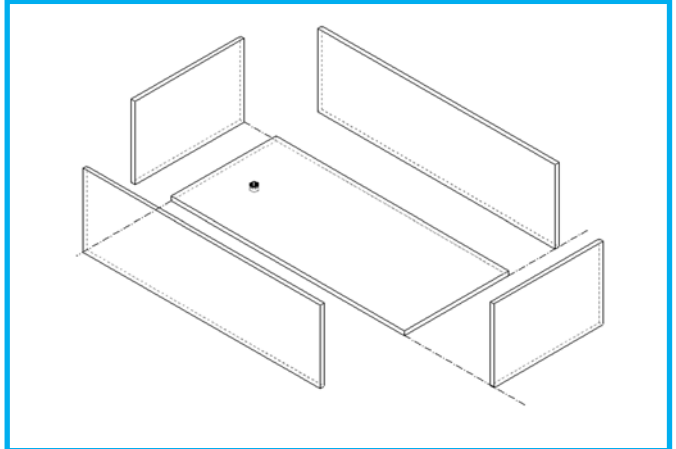
Paso 1. Armado de los artefactos sanitarios

Es recomendable comenzar con el armado del artefacto de diseño más simple (bañera) y avanzar sobre los de mayor complejidad (mesada de la cocina y pileta, lavatorio del baño, inodoro).

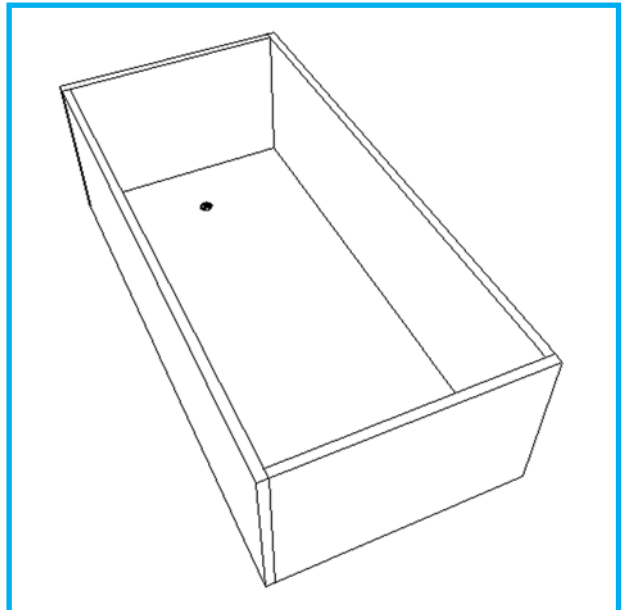
1.1. Bañera

- De acuerdo con el plano, disponemos de 5 piezas rectangulares que vamos pegando hasta obtener "una caja sin tapa", de sección rectangular, con un orificio de salida de 5 mm de diámetro en el fondo.
- Es conveniente respetar un orden de pegado de las piezas; sugerimos pegar, inicialmente, las paredes laterales más grandes a la base y, luego, las paredes más pequeñas. Tenemos que asegurar un buen encuadre de las piezas y, para esto, podemos usar una escuadra. También podemos colocar el conjunto sobre un papel cuadriculado que nos ayude a observar la perpendicularidad de las piezas que vamos pegando.
- Controlamos que la perpendicularidad se preserve durante el secado del pegamento.
- Una vez que el pegamento está seco, tapamos el orificio de salida (podemos usar un bollito de masilla o plastilina), llenamos la bañera con agua y nos aseguramos que no pier-

da agua por las uniones. Si vemos que pierde agua, identificamos el lugar de la pérdida, desagotamos la bañera y la secamos. Luego, agregamos pegamento en el lugar identificado, para corregir el error.



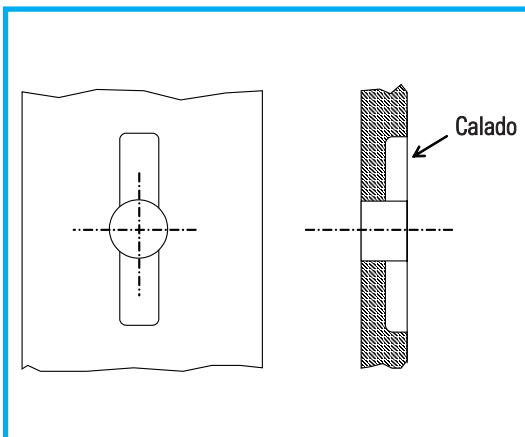
Detalle del armado de la bañera



Aspecto de la bañera terminada

1.2. Mesada de la cocina

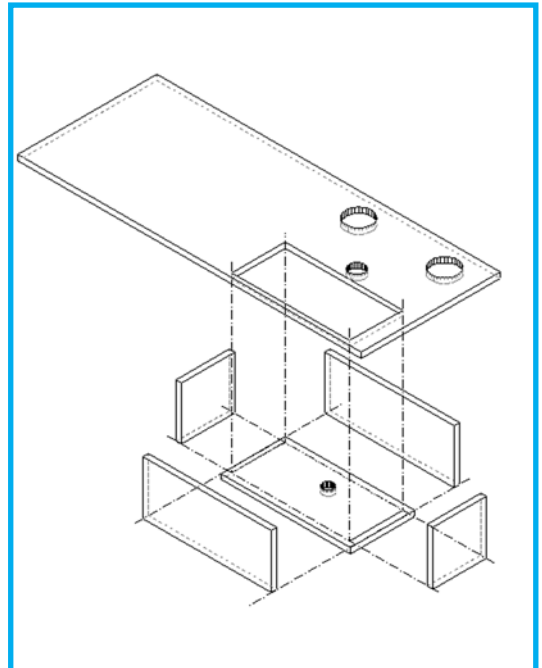
- La mesada tiene un calado rectangular para la pileta, y tres orificios: dos para las canillas (agua fría y caliente) y el restante para el caño mezclador. En torno a los orificios para las canillas, hacemos un calado para facilitar la colocación de las canillas. Este requerimiento es específico y se debe a las características y al tamaño de las canillas usadas. En este proyecto, las canillas son el elemento determinante del diseño que presentamos. Hacemos el calado usando el torno portátil.



Detalle del calado de las piezas

- La pileta es una caja sin tapa y su armado sigue las mismas reglas que el armado de la bañera. Una vez que el pegamento ha fraguado, probamos la estanqueidad de la pileta, tal como hicimos con la bañera.
- Una vez construida y probada, pegamos la pileta a la mesada, centrada con el hueco. Para esto, aplicamos pegamento a los cantos superiores de la pileta y la apoyamos con cuidado sobre la mesada.

- El diseño permite manipular el conjunto sin mayor dificultad para colocar las canillas y el caño mezclador.



Detalle del armado de la mesada de la cocina



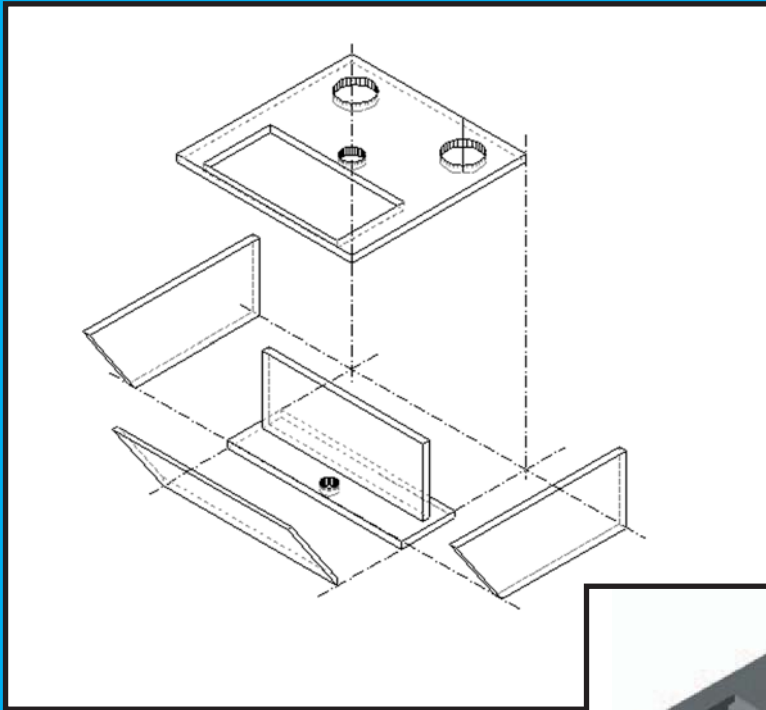
Aspecto de la pileta terminada

1.3. Lavatorio del baño

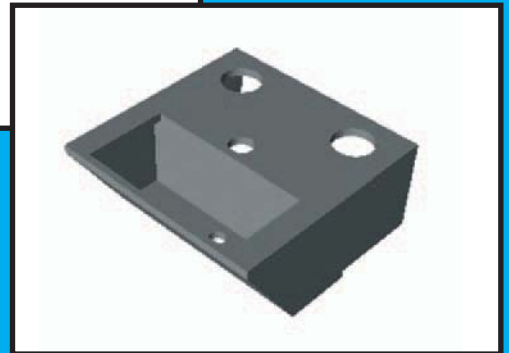
- El lavatorio presenta el mismo concepto que la mesada de la cocina, en una versión reducida y levemente modificada. La tapa superior tiene los orificios donde se ubicarán dos canillas y el caño surtidor. También tenemos que practicarle los calados necesarios para ubicar las canillas.
- La pileta es una caja de sección trapezoidal, con un orificio de salida de 5 mm de diámetro en el centro del fondo, donde encajará el tubo de desagüe. Su

armado sigue las mismas reglas precedentes.

- Hacemos el pegado de la pileta a la tapa, aplicando pegamento a los bordes superiores y apoyando, con cuidado, la pileta sobre la tapa.
- Son necesarias las pruebas de estanqueidad, como ya describimos.
- El diseño permite manipular el conjunto sin mayor dificultad para colocar, luego, las canillas y el caño mezclador.



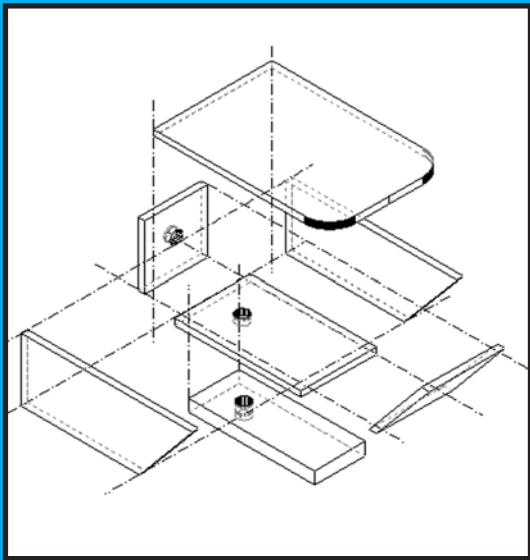
◀ *Detalle del armado del lavatorio del baño*



Aspecto del lavatorio terminado ▶

1.4. Inodoro

- Las piezas que lo representan forman una caja de sección lateral trapezoidal. La caja tiene dos orificios de 5 mm de diámetro: uno en la pared trasera por donde entra el agua; otro, para la salida de los residuos, ubicado en el centro del fondo.
- El pedestal del inodoro se pega desde abajo de la caja y no tiene que obstruir el agujero de salida. La tapa del inodoro se fija a la caja desde arriba, mediante una pequeña bisagra que va a permitir que pueda rebatirse.



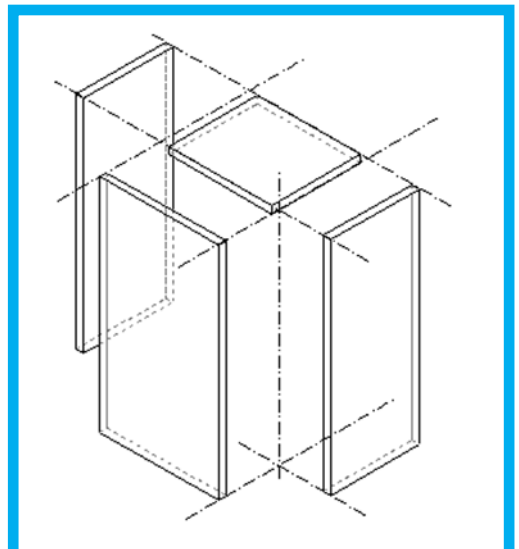
Detalle del armado del inodoro ▲



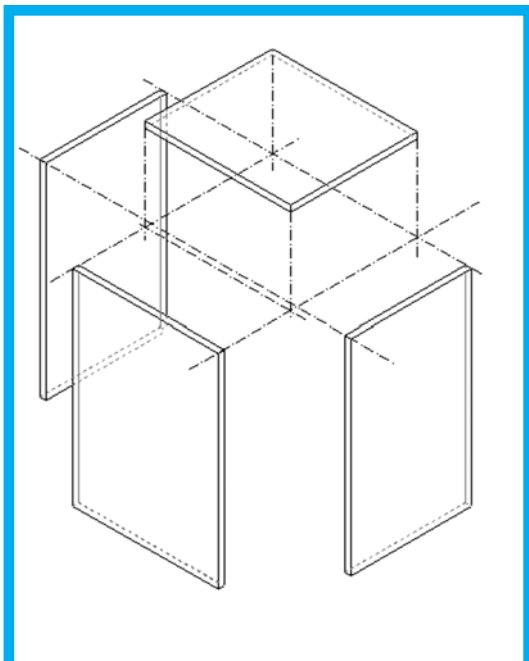
◀ *Aspecto del inodoro terminado*

Paso 2. Armado de los muebles accesorios

- El armado de estos muebles es opcional y puede preceder al primer paso; así, puede ser útil para practicar el pegado de piezas que no son decisivas para el funcionamiento de la maqueta.
- En el diseño básico, el calefón, la cocina y el lavarropa están representados por tres cajas incompletas -sin base ni fondo- de sección rectangular. Para los tres muebles valen las reglas generales de armado que indicamos para la bañera.
- En caso de armar estos muebles, recurrimos a sus planos. La elección de acrílico de un color distinto al de los artefactos sanitarios provoca contraste de color que ayuda a diferenciarlos en la maqueta, en cuanto son componentes no esenciales para el funcionamiento del sistema de agua.



Detalles del armado del calefón

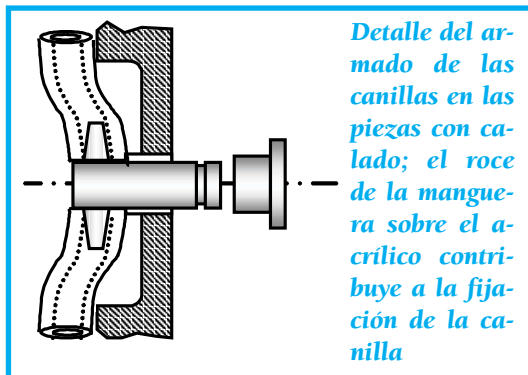


*Detalles del armado de la cocina
(equivalente al lavarropa)*

Paso 3. Colocación de las canillas en la pileta y en el lavatorio

- Hemos comentado que el diseño de las piletas -con el calado adicional- permite la ubicación de las canillas sin dificultad. Para esto, la ubicación de los orificios y sus dimensiones tienen que ser compatibles con las dimensiones de las canillas elegidas.
- Desarmamos las canillas y las colocamos en las mesadas a través de los orificios. Ambas piletas se arman de idéntica manera.
- Usamos tramos de manguera para conectar a las canillas entre sí y al caño vertedor. Cortamos tramos del largo adecuada-

do, para que no se produzcan estrangulamientos cuando los curvamos. En general, las mangueras se acoplan bastante bien con las canillas y se fijan sólo por efecto del rozamiento entre ellas. Además, el rozamiento ayuda a fijar las canillas a las piezas de acrílico.



Detalle del armado de las canillas en las piezas con calado; el roce de la manguera sobre el acrílico contribuye a la fijación de la canilla

- Los caños mezcladores de piletas y lavatorio están hechos con tubos de acrílico de 3 mm de diámetro, doblados adecuadamente. Para doblarlos, los calentamos a la llama de un mechero o sobre la hornalla de la cocina, mientras vamos girando el tubo. Luego, apoyamos el tubo caliente sobre una pieza cilíndrica (por ejemplo, la barra de un destornillador o un clavo grueso), y le damos la curvatura requerida. En esta maniobra, cuidamos que el tubo no se aplaste y estrangule, para que, luego, no impida el flujo normal de agua. Una vez que le damos la forma deseada, sumergimos el tubo en agua; el enfriado rápido impide que siga deformándose.
- En estas condiciones, la piletas y el lavatorio quedan preparados para ubicarlos sobre las paredes; sus caños están listos para ser conectados a la red de agua, lo que haremos más adelante.

Paso 4. Preparación y ensamble de las paredes

Hasta aquí hemos trabajado con las piezas más pequeñas, para dar forma a los artefactos. Llegó el momento de trabajar con las paredes donde éstos van a quedar ubicados.

- Lo primero que hacemos es definir la ubicación de cada artefacto. Aprovechando el nailon que cubre al acrílico, podemos dibujar sobre él -con un marcador de fibra- las posiciones de los artefactos y, en especial, las de las canillas que van a pasar a través de las paredes y de las salidas de los desagües de cada artefacto.
- Una vez definidas esas posiciones, calamos las paredes para permitir la fijación de las canillas a las paredes (las de la bañera, inodoro y lavarropa); lo hacemos con el torno portátil.
- Con el taladro perforamos las paredes en los lugares por donde pasarán las canillas de las piletas y los tubos de desagüe de éstas.
- Es conveniente ensamblar las paredes de a dos: P1 con P2 y P3 con P4. Pegamos estas paredes aplicando pegamento en la cantidad suficiente. Nos aseguramos que queden perpendiculares y con sus bases al mismo nivel, dado que estas bases van a estar apoyadas sobre el piso. La terminación en "L" de cada par de paredes favorece la estabilidad de la estructura, una vez que conectemos toda la red de cañerías.

Paso 5. Colocación de las canillas en las paredes

- Ahora, trabajamos en el armado de las cuatro canillas. Éstas van a quedar ubicadas: dos en la bañera, una al lado del inodoro y una al lado del lavarropas. Estas canillas van a pasar a través de las paredes; su armado sigue el mismo concepto descrito para las piletas.
- Por el momento, estas canillas quedan presentadas sobre la estructura sin conexión a la red de agua; dejamos la conexión para más adelante.

Paso 6. Armado de las piletas de desagüe

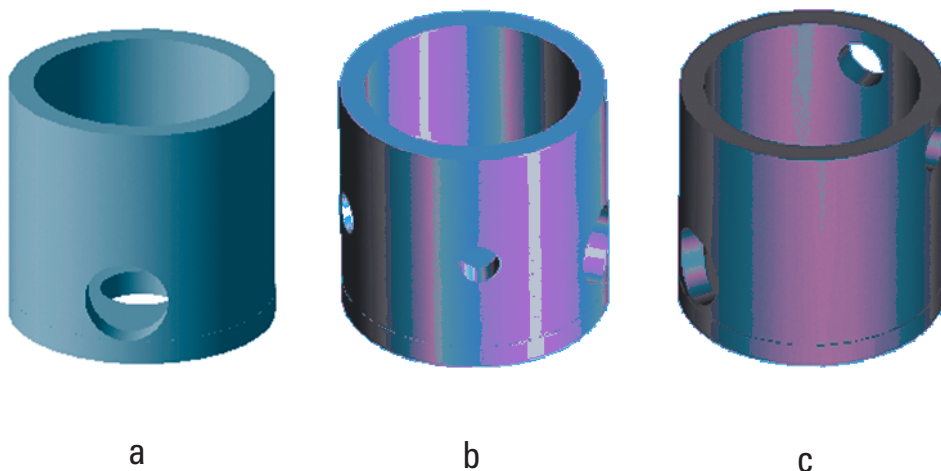
- Hay tres piletas de desagüe: una en la cocina y dos en el baño.
- Construimos cada pileta a partir de un cilindro hueco de acrílico. Con un taladro hacemos, a cada uno, los orificios laterales necesarios para definir las bocas de acceso y escape de líquido; en ellos van conectados los conductos de desagote.
- Luego, pegamos a cada cilindro una placa de acrílico para dar forma a una tapa inferior. La placa puede ser cuadrada o redonda. Cada pileta va a quedar apoyada sobre esa tapa.
- Las posiciones de los orificios dependen de la ubicación del respectivo desagüe respecto de los artefactos que desagotan en cada uno.
 - Desagüe de la cocina: Decidimos ubi-

carlo cerca de la pileta. Como en él converge lo que se elimina de la pileta y los efluentes del lavarropa, la pileta de este desagüe necesita tener dos bocas de entrada laterales y una de salida lateral.

- Desagüe del baño: Está ubicado cerca

del centro del baño. Este desagüe recoge los desechos del lavatorio y la bañera. Tiene tres orificios laterales y uno superior.

- Estas piletas de desagüe van a quedar debajo del piso; van a estar conectadas a los artefactos por medio de caños de desagote, y aprisionadas entre el piso y el contrapiso de la maqueta, apoyadas sobre las placas que forman sus bases.



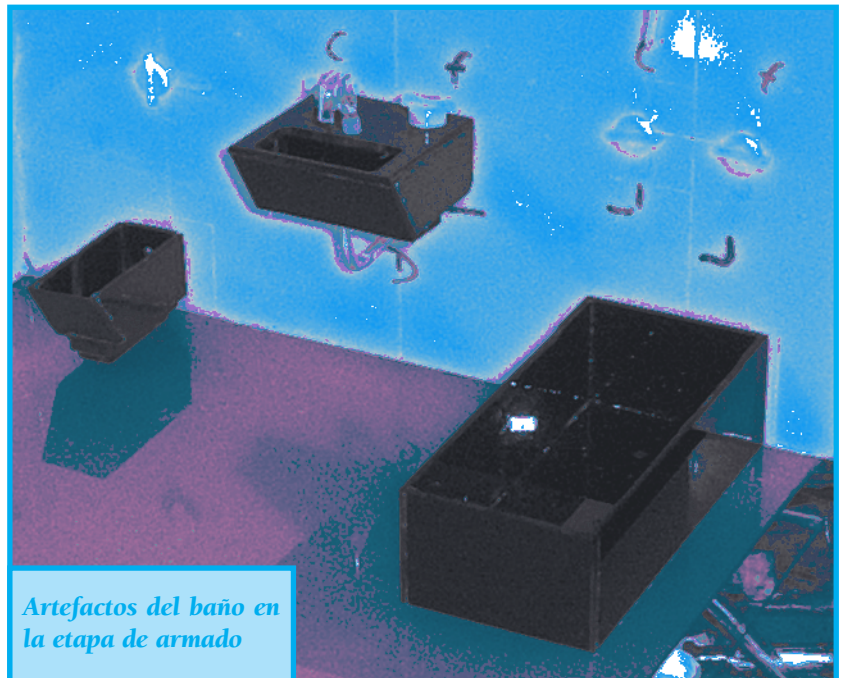
Piletas de desagüe: a) principal del baño, b) secundaria del baño, c) de la cocina

Paso 7. Montaje de los artefactos sobre las paredes

- Los artefactos que van a ubicarse sobre las paredes son: el lavatorio y la pileta de la cocina.
- Colocamos los artefactos de modo que los brazos de las canillas pasen por los agujeros realizados en las paredes.
- Para fijar los artefactos, los conectamos con tramos de manguera desde el lado exterior; estos tramos tienen que calzar firmemente en las paredes de los orificios y soportar a los artefactos por efecto del rozamiento. De aquí la importancia de haber hecho los agujeros del tamaño justo para que las mangueras queden trabadas.



Mesada de la cocina en la etapa de armado; las paredes aún conservan el nailon, sobre el que están marcadas -para referencia del constructor- las posiciones de canillas y de desagües



Artefactos del baño en la etapa de armado

Paso 8. Montaje de los ramales de agua fría y caliente

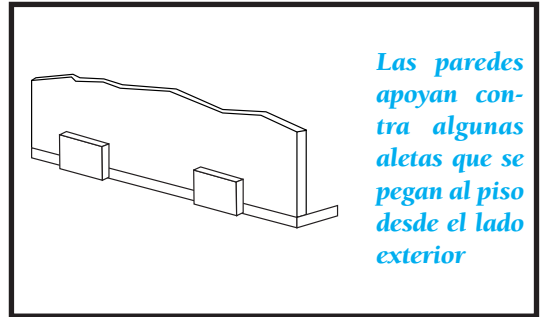
- Hay tres ramales para preparar: el ramal del baño, el de la cocina y el del calefón.
- Desde el lado exterior de las paredes, medimos las longitudes de los tubos de acrílico (de 3 mm de diámetro) que tenemos que cortar para conectarlos a las canillas de cada artefacto.
- Conectamos estos tubos a las canillas de los artefactos; lo hacemos mediante combinaciones de codos que preparamos con trozos de manguera. Usamos conectores "T" de plástico para las bifurcaciones.
- Por comodidad, sugerimos que los extremos de los tubos terminen en coincidencia con los extremos de las paredes respectivas de la cocina y el baño, del lado del espacio de aire y luz de la maqueta. En ese espacio vamos a realizar, luego, las "conexiones maestras" de cada rama.
- Hasta que los conectemos en forma definitiva, fijamos los tubos a las paredes, usando cinta engomada, la que pegamos sobre el nailon protector del acrílico.

Paso 9. Colocación de las paredes

- En este momento, las paredes tienen los artefactos colocados, las canillas están conectadas y las cañerías de agua están en su lugar.
- Ubicamos las paredes sobre el piso. En la etapa de pruebas es suficiente con que las

mantengamos estables, aunque no sea en sus posiciones definitivas.

- Una forma de estabilizar las paredes es ésta:



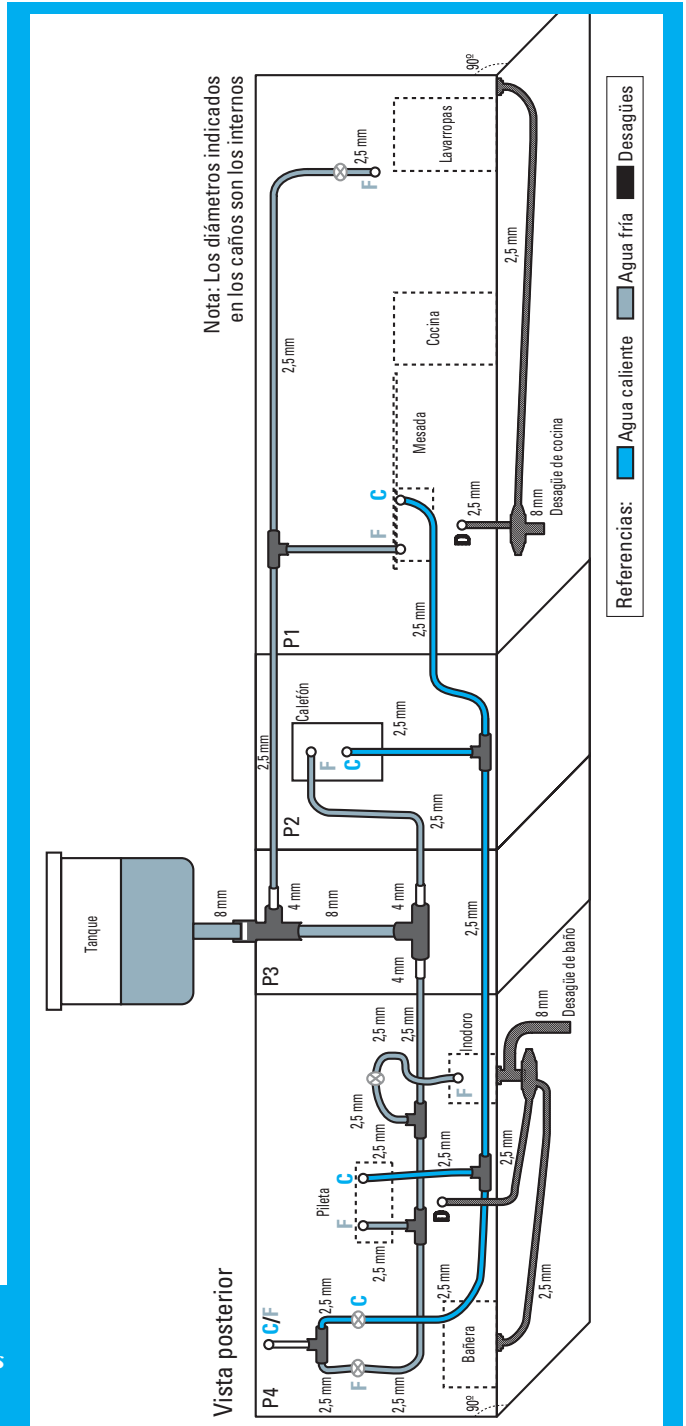
- Cuando conectemos la bañera a la red de agua y al desagüe, va a quedar apoyada contra la pared y ayudará a dar más estabilidad vertical a la pared del baño.

Paso 10. Conexión de los ramales de provisión de agua

- Con las paredes colocadas sobre el piso, procedemos a conectar la instalación de agua. En el lado externo de la pared P3 ubicamos las "T" que van a bifurcar el agua desde el tanque a las distintas ramas. Para fijar estas "T" usamos algunos soportes que preparamos con pequeños recortes de acrílico, que pegamos a la pared.
- Conectamos las mangueras plásticas de los tres ramales de agua a las respectivas bajadas del tanque de agua. Damos a las mangueras una longitud óptima, para que las curvas que forman no tengan estrangulamientos ni tensiones innecesarias.

- Preservamos la alineación horizontal de las cañerías de cada ramal y evitamos superposiciones de cañerías.
- En este momento podemos hacer una prueba de estanqueidad global. Para ello, empezamos asegurándonos que todas las canillas estén cerradas; luego, soplamos desde el extremo de la red de agua (la más cercana al tanque) y evaluamos si se mantiene una cierta presión de aire sin pérdidas, en toda la red que acabamos de construir.
- Si surgen dudas acerca de la estanqueidad, tratamos de identificar el lugar del problema. Una manera de hacerlo consiste en mojar las uniones que nos parezcan conflictivas con una mezcla de agua y detergente; luego, soplamos y tratamos de ver si hay pompas de detergente formándose en lugares por donde se pierde aire. Tras esta identificación, solucionamos el problema.
- La topología de la distribución de cañerías y las conexiones del sistema de desagüe son:

Despliegue de la red de conexiones



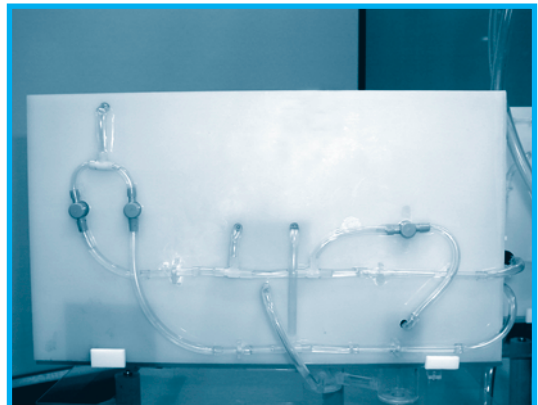
Paso 11. Armado y ubicación de las piletas de desagüe

- Conectamos a las piletas de desagüe los tubos de entrada y de salida de agua. Para esto, pegamos los tubos de acrílico de 5 mm de diámetro en las entradas y el de 8 mm en la salida. Es sumamente importante que los tubos tengan una inclinación suficiente, compatible con el espacio que ocupan y con el que permitan las dimensiones de la maqueta. Recordemos que los efluentes se eliminan por gravedad y que tienen que escurrirse libremente.
- Para evitar posibles filtraciones de agua cuando la maqueta esté en operación, nos aseguramos que la cantidad de pegamento que usamos sea suficiente para un buen relleno de las separaciones entre piletas y tubos. De ser necesario, reforzamos el pegado aportando más pegamento.
- Ubicamos las piletas de desagüe en su lugar definitivo, por debajo del piso. Nos ayudará marcar estas posiciones sobre el nailon del piso.
- Orientamos adecuadamente las bocas de entrada de las piletas hacia los artefactos y revisamos que todo esté espacialmente ordenado.
- Por el momento, podemos fijar las piletas al piso de la maqueta, por el lado de abajo, usando cinta engomada -que, luego, retiraremos-.

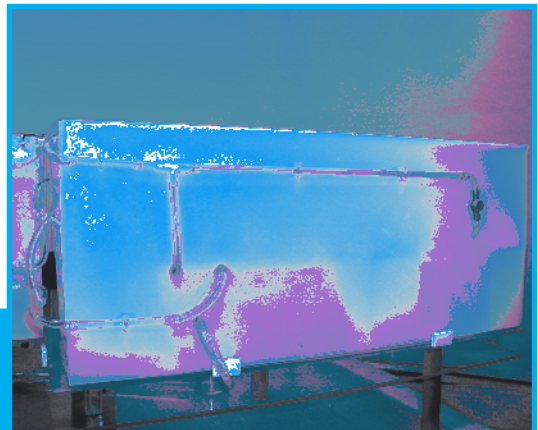
Cañerías de la cocina y su pileta de desagüe, después de los pasos 10, 11 y 12 ▶

Paso 12. Conexión de los desagües

- Conectamos las salidas de los artefactos a los desagües.
- Las salidas de los artefactos se dirigen al exterior de la maqueta pasando por las paredes y, desde allí, van a las piletas de desagües respectivas. Conectamos estas salidas a las piletas de desagüe, por detrás de las paredes, usando tramos de manguera flexible.



Cañerías del baño y piletas de desagüe, después de los pasos 10,11 y 12

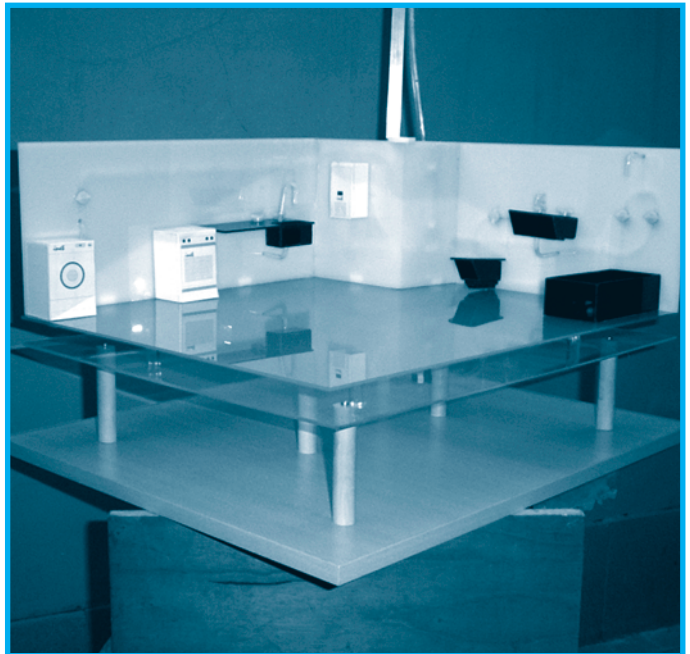


Paso 13. Colocación del piso sobre el contrapiso

- El piso va a quedar separado del contrapiso por las piletas de desagüe y por los seis tarugos (T1-T6) de acrílico transparente. Estos tarugos tienen la misma altura que las piletas de desagüe, y van a servir de separadores y estabilizadores del conjunto piso-contrapiso.
- Los tarugos quedan pegados al piso y atornillados al contrapiso; para esto, una de las bases de cada tarugo tiene que estar roscada. Una manera de hacer la rosca consiste en perforar con una mecha unos 5 mm de profundidad y roscar repetidas veces, en derecho y en reversa, de a pasos pequeños, un tornillo del mismo tipo que el que se va a usar. El diámetro de la mecha tiene que ser el mismo que el del tornillo; de esta manera, "copiamos" el paso de la rosca en el acrílico. Luego, hará falta que sólo unos tres o cuatro filetes del tornillo penetren en el acrílico para una fijación suficientemente fuerte.
- A continuación, pegamos los seis tarugos de acrílico al piso. Dejamos secar el pegamento un tiempo prudencial.
- Una vez que colocamos el piso sobre el contrapiso, las piletas de desagüe quedan apoyadas en el contrapiso y apretadas por el piso desde arriba.

Paso 14. Elevación de la maqueta

- Elevamos el conjunto ya armado. Esta elevación va a facilitar la observación del sistema de desagüe desde los costados de la maqueta.
- Para esto, preparamos la base de madera, sobre la que fijamos los 6 pilares de madera (P1-P6) con tornillos.
- Elegimos las ubicaciones de los pilares que den una buena estabilidad a la maqueta. Montamos la estructura de acrílico de piso-contrapiso-paredes sobre los pilares. La centramos respecto de la base de madera y, finalmente, atornillamos el contrapiso a los pilares.



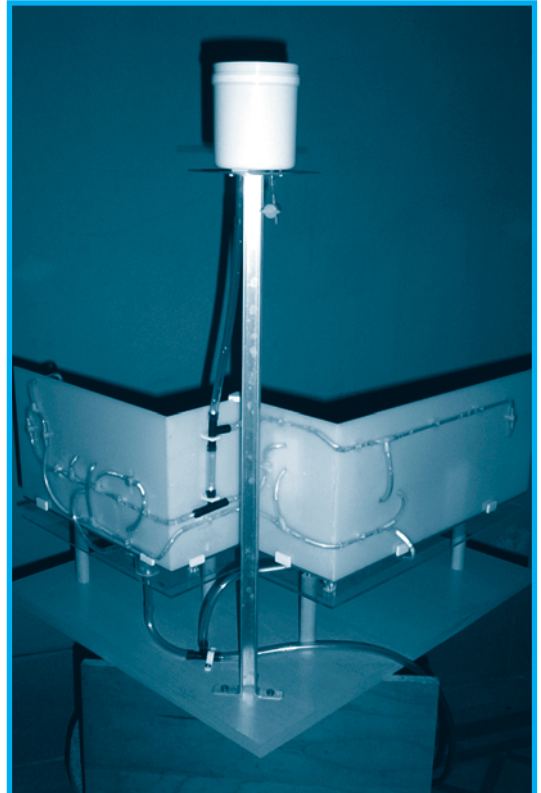
Maqueta sobreelevada; ya están ubicadas las paredes, y distinguimos el piso, el contrapiso y la base de madera con los pilares

Paso 15. Ubicación del tanque de agua y conexión final

- El tanque de agua va a quedar colocado en una torre de aluminio, a la altura adecuada. Definimos esta altura como "la mejor" que nos permita disponer de presión suficiente para que la instalación sanitaria funcione de acuerdo con nuestras expectativas. Esto incluye la observación de que no haya caudal excesivo en ningún artefacto, como para que, por ejemplo, la pileta de la cocina o el lavatorio del baño rebasen; o para que, en el otro extremo, ningún artefacto deje de ser surtido por la red con el caudal apropiado.
- Construimos la torre y la fijamos a la base de madera, atornillando su base.
- En la parte superior de la torre colocamos una placa donde va a apoyar el tanque. La placa puede ir atornillada o pegada, dependiendo del material que se use. Nosotros usamos una de aluminio, atornillada.



- Finalmente, conectamos el tanque a las tres ramas de la instalación de la casa. Es suficiente que el tanque tenga un único caño de salida en su base, desde donde conectamos toda la instalación con una manguera flexible.



Vista posterior de la maqueta; se observa la red de conexiones y el tanque de reserva en lo alto del pilar de aluminio

- Ahora, ya estamos en condiciones de llenar el tanque.

Dejemos correr el agua... ¡y empapémonos con el gusto de ver que todo está en orden y que la instalación funciona!

El ensayo y el control

Estructura. Al momento de la terminación de la maqueta, el sistema sanitario está en condiciones de ser usado. Es necesario que la estructura se muestre firme, para poder operar sobre las canillas. En este sentido, si los artefactos están bien firmes sobre las paredes, no se presenta ningún problema, ya que la estructura absorbe bien los esfuerzos externos durante la manipulación. El conjunto piso-contrapiso-paredes debe mostrarse estable todo el tiempo y exige una revisión periódica.

Sistema sanitario. Tras el examen de la estructura, corresponde hacer pruebas de estanqueidad de la instalación de agua, desde el tanque hasta las canillas. Para estas pruebas, tenemos que controlar que, con todas canillas cerradas y con la presión estática más alta que podamos conseguir (levantando el tanque), el agua no gotea de ningún elemento o unión.

Estas pruebas pueden hacerse parcialmente durante el armado. Entonces, nos aseguramos de la estanqueidad de cada ramal, independientemente de los demás, y vamos solucionando los problemas eventuales que aparezcan. Ya hemos comentado sobre un modo de hacer estas pruebas -soplando, y usando agua y detergente-.

A continuación, dejamos correr el agua por la pileta de la cocina, la pileta del baño y la bañera. Observamos que en estos artefactos no haya filtraciones. Este estudio también puede hacerse previamente, tapando las salidas de las piletas, colocándoles agua y dejan-

do el agua por un tiempo prolongado.

El sistema de desagüe también tiene que quedar estanco; para controlarlo, observamos que el agua pase por los desagües y llegue al final del recorrido sin que haya filtraciones en el camino.

La superación de dificultades

Las dificultades que pueden encontrarse están asociadas con:

- la construcción de los artefactos sanitarios,
- la adaptación de los elementos disponibles para el trabajo a realizar,
- la aparición de pérdidas de agua,
- la observación de poco caudal,
- el aspecto estético de la maqueta.

La **construcción de los artefactos** según los planos no debería ofrecer dificultad. La dificultad esperable corresponde a la preparación de las piezas que se ensamblan, lo que es un buen ejercicio de actividad manual. Si las piezas se construyen en la escuela, es necesario que cada una se corte cuidadosamente, en una actividad artesanal (la opción que seguimos para nuestro equipo). En otro caso, los cortes pueden encargarse en comercios especializados a los que proveemos los planos. Una advertencia frente a esta posibilidad: los comercios no suelen trabajar piezas pequeñas como las que requiere este proyecto.

Los **elementos** con los que construimos la instalación de agua de la maqueta fueron elegidos de acuerdo con su disponibilidad en los comercios y con sus posibilidades de adaptación mutua. Las mangueras plásticas se adaptan bien a las canillas y a los codos; pero, pueden aparecer algunas dificultades a vencer.

Por ejemplo, el largo de las uniones hechas con las mangueras es determinante para lograr un adecuado aspecto estético y orden en la instalación; tramos de mangueras cortos (2 a 3 cm) dan como resultado uniones tensas que van a desacomodar a las canillas y a los codos de sus posiciones. Algunas mangueras suelen estrangularse con facilidad. El corte de los tramos tiene que ser, entonces, lo más preciso posible; sugerimos aplicar un método de "prueba y error", y elegir las mejores opciones que resulten de él. Una vez armadas las conexiones, éstas deben verse "relajadas".

Las **pérdidas** pueden aparecer en las canillas o en las uniones. Si aparecen en las canillas, una opción es desarmarlas y untarlas levemente con alguna grasa -por ejemplo, grasa siliconada-; en caso extremo, debe reemplazarse la canilla. El diseño de ensamble de las canillas a las piezas de acrílico permite el reemplazo de cualquier canilla sin mayor dificultad. Nótese que el concepto para montar una canilla es el mismo, ya sea que ésta quede fijada sobre una pared (caso de la bañera), o que quede fijada sobre las piletas de la cocina o del baño.

Si las pérdidas se dan en las uniones, éstas pueden deberse a que los extremos de canillas y conectores T no penetran lo suficiente

en las mangueras. Dando mayor profundidad de penetración a la unión, se soluciona el problema, evitando así tener que recurrir a la opción de pegar las uniones con algún pegamento (además, este pegado podría ser definitivo e inhabilitaría el posterior desarmado).

La observación de un **caudal reducido** puede responder a:

- Baja presión de agua: Para incrementar la presión sólo tenemos que elevar un poco más el tanque de reserva.
- Aplastamientos de las mangueras, sobre todo en las curvas: Los estrangulamientos de las mangueras se solucionan, por lo general, cambiando el tramo afectado.
- Presencia de aire en las tuberías. Esto puede suceder tras el primer llenado del tanque. Ante esto, debemos purgar las cañerías, eliminando el aire poco a poco.

Es una situación común que, mientras estamos armando la maqueta, nos preocupemos más por que funcione, que por que salga linda; quizá, la primera versión que funciona no es tan estética como aquella que previusualizamos cuando comenzamos el proyecto. Gran parte de "la culpa" la van a tener las mangueras que elijamos: las tensiones y los largos de las mangueras definen la presentación final. Tratamos de usar mangueras bien flexibles; pero, quizá haga falta, también, acomodarlas un poco, darles el largo correcto y mejorar sus uniones con los demás elementos para lograr el objetivo de que el conjunto termine viéndose mejor.

SUGERENCIA FINAL

"Una persona que nunca cometió errores jamás probó nada nuevo", decía Albert Einstein.

Entonces, de ninguna manera se detenga -ni permita que sus alumnos lo hagan- frente a dificultades o a errores.

- Permítase cometer errores, como en la vida misma.
- Potencie creativamente los errores y aprenda de ellos.
- Resuelva las dificultades con inteligencia, buen ánimo y predisposición.
- Improvise con acierto.
- Pregunte a aquellos que saben más o que demuestren una mayor experiencia.

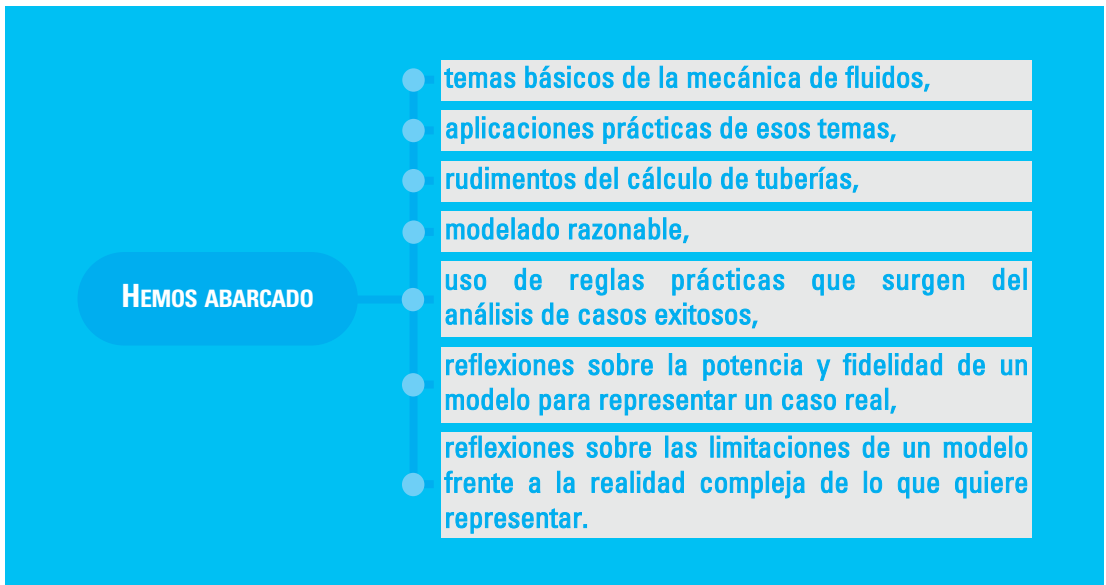
Nuestra tarea, hasta aquí, ha sido llamarle la atención sobre algunas dificultades que pueden aparecer, lo que no quiere decir que necesariamente tendrá que enfrentarse a ellas.

Eso sí -sin ánimo de asustarlo-, la experiencia indica que surgirán otras.

4. EL EQUIPO EN EL AULA

Hemos presentado un proyecto tecnológico factible de llevarse a cabo en el aula-taller, en el marco de un programa de educación tecnológica.

La maqueta desarrollada representa una vivienda con su obra sanitaria. Durante la realización del proyecto hemos convivido con componentes de ciencia, de tecnología y de arte.



En cuanto a sus detalles, en la maqueta se observan:

- una construcción que mantiene una relación de semejanza geométrica con una vivienda real, en la escala 1:10,
- sistemas de provisión y desagote separados, de modo de facilitar el análisis de cada uno, en cuanto a funciones y a características distintivas,
- ambientes destacados de la cocina y el

baño, sedes principales de concurrencia del agua,

- instalaciones desde distintas perspectivas, para diferenciar artefactos sanitarios -desde el interior- de conexiones principales -desde el exterior-,
- sistema de desagüe desde abajo, gracias a la estructura sobreelevada de la maqueta,
- componentes importantes de una instalación real: tamaños relativos de conductos, formas de conexión, disposiciones

relativas de artefactos, entre otros.

Entre las posibilidades didácticas que este recurso presenta, se encuentran:

- posibilidad de hacer experimentos simples de mediciones de caudal y de análisis de flujo,
- observación de los efectos de la pérdida de carga en tuberías,
- variaciones del caudal, regulando la presión del agua si se cambia la altura del tanque de reserva,
- exploración de situaciones críticas de consumo, etc.

Desde el punto de vista del diseño y de la construcción:

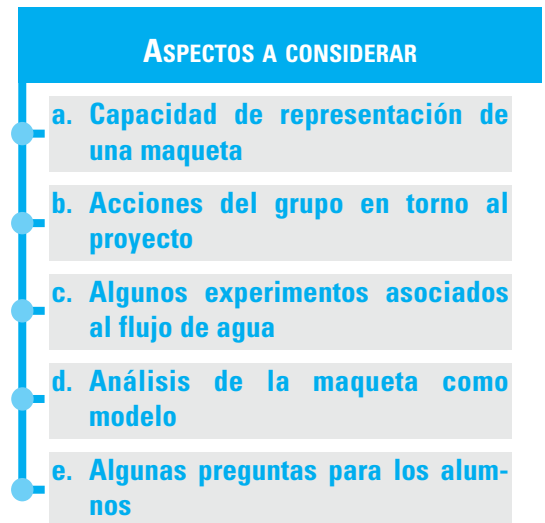
- el concepto de diseño de las partes es simple, lo que permite agilidad constructiva y posibilidad de modificaciones rápidas,
- la preparación de piezas y el armado es factible de realizar en el aula-taller,
- los materiales usados son accesibles y económicos.

En lo que se refiere a los pasos a dar para lograr la maqueta, tenemos que:

- organizarnos en equipo,
- mantener un cronograma de trabajo,
- repartirnos responsabilidades,
- potenciar nuestras habilidades,
- documentar las tareas.

Estrategias docentes frente al proyecto

"No sólo de tecnología vive este proyecto". Es así que creemos conveniente manifestar algunos aspectos que usted puede destacar a los alumnos involucrados en la tarea, ya sea en las instancias previas o durante la ejecución. Estas ideas se refieren a la justificación del proyecto y a lo que éste puede potenciar.



a. Capacidad de representación de una maqueta

La maqueta es un medio visual para transmitir información de una manera fácil y directa. Como tal, contiene ciertas propiedades cualitativas de la comunicación visual⁴⁸:

ESCALA	DIMENSIÓN	MOVIMIENTO
FORMA	CONTENIDO	FUNCIÓN

⁴⁸ Dondis, D. A. (2002) *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual*. Gilli. Barcelona.

Analícemos algunos de estos conceptos:

ESCALA. La escala establece el tamaño relativo y proporciona una clave visual para ubicarnos espacialmente, en contexto con el entorno de lo que está representado. La escala sugiere precisión y es esperable que sea consistente con las mediciones. Vemos que, en planos y mapas, se usa para representar una medición real en forma proporcional. Es usual que la escala se explicita: por ejemplo, $1 \text{ cm} = 100 \text{ km}$ o $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$. En el globo terráqueo quedan representadas distancias enormes con medidas pequeñas y ni qué hablar de una representación gráfica del sistema solar, cuando dibujamos órbitas planetarias de centenas de millones de kilómetros en unos pocos centímetros. La lectura de una escala apropiada requiere nuestra comprensión para visualizar en términos de distancias reales aquellas simuladas en un plano o mapa. Esa lectura contribuye a expresar de modo fidedigno la realidad, representada por una escena bidimensional. En el proceso de mostrar un producto, la escala relaciona el tamaño con el propósito o la función.

DIMENSIÓN. Podemos apreciar las dimensiones del mundo en que vivimos mediante nuestra visión estereoscópica biocular. En ninguna representación bidimensional (fotografía, pintura, dibujo, televisión) existe un volumen real; éste sólo está implícito. Cuando vemos una imagen en dos dimensiones, la ilusión se encarga de transformar la representación bidimensional en una imagen tridimensional. La ilusión se refuerza de muchas maneras; el artificio fundamental para estimular la dimensión es el uso técnico de la perspectiva, que tiene como finalidad

producir sensación de realidad volumétrica.

MOVIMIENTO. El movimiento es, probablemente, uno de los motores visuales más predominantes de la experiencia humana. Si se trata de representar movimiento, una película resolvería la cuestión; sin embargo, si a una maqueta le agregamos movimiento, éste se convierte en un reforzador de la apreciación visual. En nuestro caso, el movimiento está asignado por el agua, y es uno de los temas de estudio desde la perspectiva científica de la mecánica de los fluidos y desde la tecnológica del dominio del flujo por cañerías.

FORMA, CONTENIDO Y FUNCIÓN. La complejidad de la visualización dimensional nos exige -como proyectistas o diseñadores de una obra- una comprensión delicada del conjunto. Para lograr el propósito global de comunicación, podemos elegir, también, cierta disposición de contraste -de color, de forma o de escala- y podemos hacerlo -según nuestro gusto- con reticencia, economía o exageración (evitemos esta última).

Le confesamos que hemos tenido en nuestra retina durante un largo tiempo la imagen de la maqueta que queríamos compartir con usted, hasta que comprendimos qué queríamos mostrarle -buscando, mientras tanto, la mejor forma de hacerlo-.

b. Acciones del grupo en torno al proyecto

Sugerimos que el trabajo empiece con un

relevamiento completo de la información brindada. Esto incluye los pasos de:

- lectura e interpretación de los planos,
- evaluación de la factibilidad de *re-producir* la maqueta en la escuela,
- valoración de tiempos y de recursos humanos,
- consolidación del grupo.

A continuación, se puede proceder con la práctica de previsualizar el producto a obtener. Entonces, pueden aparecer posibilidades de variaciones y mejoras del modelo, lo que lleva a intervenciones activas de los participantes del proyecto. Sugerimos que, ante las opciones de cambios y mejoras, éstas se presenten por escrito. Redactar propuestas requiere un esfuerzo mental mayor que el acto de pensarlas. Muchas veces, la viabilidad de una propuesta se deduce de su versión escrita, cuando se la pone "en limpio". En este sentido, el proyecto puede brindar la excelente oportunidad -que amerita la debida atención- de fomentar la escritura con descripciones creativas, en un ámbito de trabajo también creativo.

Alentamos a los integrantes del proyecto a innovar durante el proceso de la construcción de la maqueta. Hay una gama de posibles acciones:

- Ensayo de nuevos materiales. Los sanitarios pueden hacerse de arcilla o barro, debidamente tratados para impermeabilizarlos. Estamos seguros de que esta opción puede practicarse en regiones donde la elaboración de artesanías con

esos materiales es una actividad corriente, como en el Noroeste argentino.

- Redefinición de espacios y modificación de ambientes. Si cree que no va a sentirse cómodo "viviendo" los meses que dure el proyecto en una maqueta con la distribución de ambientes propuesta, no espere tanto y redefine espacios según "su estilo de vida".
- Reordenamiento de conexiones externas desde el tanque hasta la vivienda, etcétera.

c. Algunos experimentos asociados al flujo de agua

Sugerimos las siguientes maniobras:

- Abrimos el paso de agua fría de la bañera y mantenemos un caudal constante. Luego, abrimos la canilla de agua fría del lavatorio del baño. Observamos el resultado y lo describimos, en términos del tipo de conexión de la línea de agua del baño. Para intensificar el efecto, abrimos también la válvula del inodoro y observamos el resultado final, tanto en la bañera como en el lavatorio.
- Abrimos el paso de agua fría de la bañera y mantenemos de nuevo un caudal constante. Abrimos, a continuación, la canilla de agua fría de la pileta de la cocina. Observamos el resultado y lo describimos en términos del tipo de conexión que vincula al baño y a la cocina en la instalación global.
- Observamos el sistema de desagüe. Para

eso, dejamos correr el agua en baño y cocina, con el máximo caudal posible. Distinguimos entre el flujo de agua por presión (en las ramas de provisión) y por gravedad (en desagües).

- Destacamos todas las analogías evidentes entre el sistema hidráulico de la maqueta y uno eléctrico.
- Observamos el flujo de agua en un artefacto, y reflexionamos si podemos describirlo cualitativamente como laminar o como turbulento.

Sugerimos los siguientes experimentos básicos:

- Medición de caudal en los artefactos sanitarios. Por ejemplo, podemos elegir la bañera -que está al final de la línea del baño-, medir el caudal y compararlo con el caudal en los primeros artefactos. De este modo, pueden apreciarse los efectos de las pérdidas de carga.
- Medición de pérdidas de carga. Con los datos de caudal en la bañera y en el lavatorio, podemos estimar la pérdida de carga en las cañerías que los conectan.

d. Análisis de la maqueta como modelo

Para establecer la cercanía de la maqueta como modelo para representar una casa real, proponemos observar el movimiento del agua, desde el tanque hasta los artefactos y por los desagües.

- En las ramas de provisión de agua existen situaciones en las cuales se observa aire en los conductos. El tamaño de las burbujas puede ser comparable al diámetro de los tubos, y esto se diferencia del caso real de una casa con tuberías de mayor diámetro y burbujas del mismo tamaño. La discrepancia se soluciona sacando el aire de los tubos. Esta operación de purgado es análoga a la que se hace en una casa -por ejemplo, luego de que se corta el suministro de agua y se consume el agua del tanque: al vaciarlo, las cañerías quedan con aire, que el agua tiene que empujar para abrirse camino, con la consiguiente demora para lograr un caudal óptimo-.

- En los desagües, observamos si la influencia de la tensión superficial del agua cuando entra y sale de los caños es importante. En ambos casos, el fenómeno de capilaridad puede estar presente, dadas las reducidas dimensiones de los caños.

e. Algunas preguntas para los alumnos

- ¿A qué llamamos fluido? Nombren fluidos de uso cotidiano y evalúen sus costos relativos.
- ¿Cómo medirían la densidad de un cuerpo sólido? Y, ¿la de un líquido? Y, ¿la de un gas?
- ¿Qué aplicaciones encuentran a una medición de densidad?

- ¿Cómo pueden comparar las viscosidades de dos líquidos distintos?
- ¿En qué casos encuentran que es necesario usar un líquido de alta viscosidad? ¿En qué casos es necesario usar uno de baja viscosidad?
- Cuando calientan aceite en una sartén, ¿cómo pueden inferir si la viscosidad del aceite aumenta o disminuye?
- ¿Qué es el caudal? ¿Cómo lo miden?
- ¿Cómo distinguen un flujo laminar de uno turbulento? Den ejemplos.
- ¿Qué opciones hay para elevar el valor de la presión disponible en una casa? Y, ¿en la maqueta?
- ¿Por qué es importante que los efluentes circulen por los desagües por gravedad?
- ¿En qué lugares de la instalación sanitaria es necesario usar un sifón?
- Tras experimentar con la maqueta que construimos, ¿pueden decir en qué grado la instalación de la maqueta representa adecuadamente la obra sanitaria de una casa? ¿En qué aspectos sí lo hace? ¿En cuáles encuentran mayores discrepancias?

uso de la cocina.

- Estimar el volumen de agua que pierde por día una canilla que gotea.
- Desarrollar opciones para ahorrar agua en nuestras casas.

También, invitamos a nuestros alumnos a:

- Medir de la mejor manera posible el caudal de agua de su casa.
- Estimar el consumo diario de agua de su casa y compararlo con valores recomendables
- Estimar qué fracciones del consumo diario corresponden al uso del baño y al

5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–
Oficina 112
Saavedra 789. C1229ACE.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a evcenet@inet.edu.ar, enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

Desde ya, muchas gracias.



3. Componentes didácticos:

3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro ¹
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario):

.....

.....

.....

.....

.....

¹ Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado ²	Incorporado ³
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

² No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

³ Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.



3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

a. <input type="checkbox"/> Planificación.	b. <input type="checkbox"/> Diseño en dos dimensiones.
c. <input type="checkbox"/> Construcción, armado.	d. <input type="checkbox"/> Ensayo y control.
e. <input type="checkbox"/> Superación de dificultades (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
f. <input type="checkbox"/> Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Sí	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p>a. <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p>b. <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p>c. <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p>d. <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>





4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):

a. Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

b. Es más económico.

c. Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

d. Es más adaptable (a diversos usos).

e. Otra (Por favor, especifique):

.....
.....
.....
.....

f. Descripción del recurso didáctico construido:

.....
.....
.....
.....
.....

g. Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas):

.....
.....
.....
.....
.....

4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable ⁴	Otro ⁵
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

⁴ NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

⁵ Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				





Capacidad para tomar decisiones	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
o. Analizar alternativas en función de un problema.				
p. Seleccionar alternativas en función de las restricciones planteadas en el problema, o en el contexto de enseñanza y de aprendizaje.				
q. Adecuar la propuesta para la solución del problema planteado.				
r. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):



5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (enquadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV ⁶	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

⁶ Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....



7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB ⁷	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

⁷ Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo



8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

a. <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	b. <input type="checkbox"/> directivo
c. <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura:	d. <input type="checkbox"/> lector del material
e. <input type="checkbox"/> otro (especifique):	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Planificación de las experiencias didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Trabajo con resolución de problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the respondent to write their ideas and proposals.

Títulos en preparación de la serie “**Recursos didácticos**”.

- Agenda electrónica para personas con disminución visual
- Arquitectura bioclimática
- Auto solar
- Banco de trabajo
- Generador eólico
- Manipulador neumático
- Máquina de vapor
- Matriceria. Moldes y modelos
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Simuladores interconectables basados en lógica digital
- Sismógrafo
- Sistemas SCADA para el control de procesos industriales
- Tren de aterrizaje