



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Vargas, Edgar Mauricio; Rodríguez, Carlos Francisco  
CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS DE APOYO DOCENTE PARA INGENIERÍA QUÍMICA: UNA  
ALTERNATIVA DE APRENDIZAJE INTEGRAL  
Revista de Ingeniería, núm. 20, noviembre, 2004, pp. 80-83  
Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014220011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS DE APOYO DOCENTE PARA INGENIERÍA QUÍMICA: UNA ALTERNATIVA DE APRENDIZAJE INTEGRAL

**RESUMEN:** Los ingenieros químicos analizan simultáneamente los fenómenos de transporte de materia, calor y movimiento. En el aprendizaje de estos fenómenos, es importante conocer y manejar los modelos matemáticos para aplicarlos al diseño de equipos basados en estas operaciones unitarias. La verificación experimental de estos modelos refuerza notablemente su comprensión. Existe en el mercado una oferta de equipos a escala de laboratorio o planta piloto para ilustrar diversas operaciones unitarias. Estos equipos, de costo relativamente elevado, suelen ser poco versátiles, en el sentido de que el usuario solo puede realizar un conjunto limitado de experimentos con cada equipo. Surge entonces la oportunidad de enfrentar el desarrollo de este tipo de sistemas en un ambiente académico, en un equipo liderado por un profesor y apoyado por estudiantes de último semestre de la carrera, utilizando el espacio de su proyecto de grado. De esta forma, se pueden obtener equipos altamente versátiles, interconectables entre sí, con calidad comercial y a menor costo. Para los estudiantes involucrados en el desarrollo, el beneficio es evidente pues logran llevar a la práctica ejercicios de diseño, construcción y puesta a punto de equipos típicos de la Ingeniería Química. Además, el conocimiento y la tecnología se apropian localmente, facilitando su adaptación a las necesidades del entorno y disminuyendo la dependencia tecnológica.

### 1. INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales las unidades básicas son las operaciones unitarias y los procesos con reacción química. El fundamento teórico de estas operaciones se basa en los fenómenos de transporte, la termodinámica química y la cinética de las reacciones químicas involucradas. El aprendizaje de estos fundamentos se logra mediante el desarrollo de modelos matemáticos y su verificación experimental se hace en prototipos a escala. Por esto la disponibilidad de laboratorios para la realización de prácticas y proyectos es fundamental para lograr una enseñanza de calidad.

La oferta comercial de equipos educativos ha venido aumentando paulatinamente. Los equipos que se encuentran en el mercado son de escala de laboratorio o de planta piloto y suelen permitir la demostración de un conjunto muy limitado de experimentos en cada equipo: poca variabilidad de reactivos, limitación en condiciones, etc.

Para sus nuevas dotaciones de laboratorio, el departamento de Ingeniería Química ha optado por la opción de realizar el diseño, montaje y puesta en marcha de algunos equipos de laboratorio. El desarrollo se hace en grupos liderados por un profesor de planta, acompañado por un número de estudiantes que realizan esta actividad como su proyecto de grado. De esta forma el grupo de desarrollo se familiariza con un conjunto de actividades propias del quehacer profesional de la Ingeniería Química.

Edgar Mauricio Vargas, Carlos Francisco  
Rodríguez  
crodrigu@uniandes.edu.co  
Departamento de Ingeniería Química,  
Universidad de los Andes

## 2. EQUIPOS DESARROLLADOS

A continuación se describen algunos equipos que se han desarrollado.

### 2.1 Torre de pared húmeda [1] (Fig. 1)

La torre de pared húmeda permite a los estudiantes encontrar los coeficientes de transferencia de masa y calor a diferentes condiciones (flujo en paralelo, contracorriente, diferentes temperatura y flujos).

El equipo cuenta con un sistema de control de supervisión que permite almacenar datos en tiempo real a través de una interfase de computador.

### 2.2. Equipo de medición de pérdidas y simulación de bombeo [2] (Fig. 2)

Con este equipo se pueden medir diferentes tipos de pérdidas debido a accesorios de tuberías y válvulas, demostración del fenómeno de cavitación de las bombas, determinación de la cabeza de succión, evaluación de la curva de la bomba, medición de caudales por medio de venturi y platinas de orificio y demostración del experimento de Reynolds.

El sistema cuenta con un simulador que permite evaluar el sistema escogido con un modelo matemático.

### 2.3 Intercambiador de calor de coraza y tubos [3]. (Fig. 3)

Equipo fundamental del área de transferencia de calor que permite evaluar las diferencias de los coeficientes de transferencia de calor realizando cambios en las configuraciones de haces de tubos, número de pasos, turbulencia y caídas de presión.

El sistema de control permite almacenar datos en tiempo real a través de una interfase de computador y cuenta con un simulador que permite comparar los resultados experimentales con los de diversos modelos matemáticos.

### 2.4. Separador Ciclónico [4] (Fig. 4)

El separador ciclónico es un equipo demostrativo de separación de sólidos. Se utiliza para estudiar y evaluar la separación de material particulado utilizando la fuerza centrífuga, los movimientos de materiales sólidos en tolvas y el transporte neumático. El sistema fue construido completamente en acrílico para poder visualizar fácilmente los fenómenos involucrados. El equipo se complementa con un programa de simulación.

### 2.5 Sistema de Control de Procesos: [5] (Fig. 5)

Con este sistema se tendrá un proceso, en el que se encontrarán algunas de las variables a controlar más importantes en un proceso industrial: temperatura, presión, flujo, nivel y pH. El objetivo es que se puedan implantar lazos de control para diferentes estrategias (cascada, rango dividido, relación, on-off, P, PI, PID, etc.). El sistema contará con tarjetas de adquisición de datos en tiempo real y un sistema de control altamente flexible. Este equipo está actualmente en construcción y entrará en funcionamiento próximamente.

### 2.6 Impactador de Cascada: [6] (Fig. 6)

Este equipo permite al estudiante hacer muestreos y análisis de material particulado de dimensión menor

a 10 micras (PM 10) que puede llegar a ser perjudicial para la salud humana. Los muestreos se pueden hacer en el aire ambiente y en atmósferas interiores. El sistema opera bajo los principios de impactación inercial y filtración.

#### 2.7 Muestreador de Material Particulado Total: {7} (Fig. 7)

Este impactador permite hacer muestreos y análisis de material particulado suspendido total en emisiones de bajo caudal (vehículos automotores, hornos pequeños, calderines, etc.) a temperatura controlada, evitando la condensación de agua.

### 3. RECURSOS ASOCIADOS

En la tabla 1 se muestra la comparación de precios entre los equipos comerciales de características similares y los equipos que se están desarrollando con el método expuesto. Aunque la tabla no contempla costos asociados con la ingeniería, comercialización, costos de oportunidad y otros, sí se observa un buen margen que podría considerarse ahorro en inversión.

En este tipo de desarrollo han participado un gran número de profesores y estudiantes como se puede observar en el conjunto de proyectos de grado mencionados como referencia. Sin duda, la satisfacción de los diversos grupos que han enfrentado estos desarrollos es uno de los mejores resultados de la experiencia.

El plan original contempla que para el 2007 el departamento de Ingeniería Química tendrá una buena infraestructura en equipos para apoyar todo su proceso de enseñanza en Ingeniería.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha presentado una experiencia de desarrollo de equipos docentes por parte de equipos de trabajo conformados por profesores y estudiantes del departamento de Ingeniería Química.

La experiencia ha resultado exitosa desde el punto de vista de la dotación de equipos que se ha venido logrando y del beneficio académico hacia los profesores y estudiantes involucrados.

Los equipos construidos han logrado satisfacer inicialmente los requerimientos específicos del complemento práctico que demanda la formación de los ingenieros químicos.

En el futuro se deberá realizar una evaluación del funcionamiento de los equipos para valorar mejor sus cualidades frente a la oferta comercial.

### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### {1} ORTEGÓN Miguel

*"Diseño, construcción, montaje y puesta en marcha de una torre de pared húmeda"*

Tesis de Grado, Bogotá -Uniandes 2003. Asesor: Miguel W. Quintero, Edgar Vargas.



Figura 1. Torre de pared húmeda



Figura 7. Muestreador de material particulado



Figura 2. Equipo de simulación de pérdidas y simulación de bombeo.

## [2] SEGURA John

*“Diseño, construcción y puesta en marcha de un sistema de bombeo para la medición de pérdidas de presión en tuberías debido a válvulas, accesorios y medición del NSPH<sub>D</sub> en la bomba”*

Tesis de Grado, Bogotá-Uniandes 2004. Asesor: Edgar Vargas, Felipe Muñoz.

## [3] RAMÍREZ Mauricio

*“Simulación, montaje y puesta en marcha de un intercambiador de calor tipo coraza y tubos de cabezales flotantes con configuración de haces de tubos variable para fines educativos”*

Tesis de Grado, Bogotá-Uniandes 2004. Asesor: Edgar Vargas.

## [4] MOJICA Catalina

*“Diseño, montaje y puesta en marcha de un separador ciclónico”*

Tesis de Grado, Bogotá- Uniandes 2004. Asesor: Astrid Altamar, Edgar Vargas.

## [5] ARDILA Oscar

*“Diseño, contrucción y puesta en marcha de un sistema de control multiproceso”*

Tesis de Grado, Bogotá- Uniandes 2004. Asesor: Edgar Vargas.

## [6] BELTRAN Daniel

*“Diseño y construcción de un equipo para la determinación de la distribución de tamaño de material particulado en el aire por el método de impactación”*

Tesis de Grado- Uniandes 2004. Asesor: Néstor Rojas.



Figura 6. Impactador de cascada



Figura 3: Equipo de intercambiador



Figura 5 Equipo de control de procesos.



Figura 4. Separador ciclónico.

Año de ejecución	Equipos asociados	Costo Uniandes	Costo comercial
2003	Torre de Pared Húmeda, Intercambiador, Sistema de Pérdidas de Presión y Sistema de Bombeo.	\$ 48.921.397	\$ 219.000.000
2004	Ciclón, Equipo de Control de Proc, Sistema de Equilibrio Líquido-Vapor, Reactores Batch, Celda de Arnold.	\$ 119.834.895	\$ 493.000.000
2005	Extracción Líquido-Líquido, Secador de Bandejas, Sistema de Reacción en Continuo (PFD), Sistema de mezclado (L-L, L-s, L-G).	\$ 143.136.576	\$395.000.000
2006	Equipo de Sedimentación, Circuito de Molienda, Intercambiador de Placas	\$ 59.012.448	\$ 165.000.000
2007	Sistema de Reacción y Separación Acoplada, Fermentador Microbiológico o Escalable.	\$142.822.860	\$ 399.000.000
	<b>Total</b>	<b>\$ 513.727.996</b>	<b>\$ 1.671.000.000</b>