



baliabideak
material de aprendizaje



Proyectos en Experimentación en Ingeniería Química I

María Pilar González Marcos

Cuaderno del estudiante

IKD baliabideak 1 (2011)

GUÍA DEL ESTUDIANTE

**PROYECTOS.
EXPERIMENTACIÓN EN
INGENIERÍA QUÍMICA I**

¿Cómo funcionan las cosas en el interior de una Planta Química y cómo puede un operario controlar que se producen los procesos del modo deseado?

ÍNDICE

	Pág.
1. Justificación y Objetivos de los Proyectos	4
2. Constitución de los Grupos.....	5
3. Planificación del Proyecto	6
4. Criterios de Calidad y de Evaluación	8
4.1. Informe de Planificación	8
4.2. Informe Final del Proyecto.....	8
4.3. Resto de la Evaluación.....	9
5. Referencias.....	10
 ANEXOS.	
Anexo I. Rúbricas utilizadas en la Evaluación.....	11
Anexo II. Guía del Estudiante. Proyecto: Bombas Centrífugas.....	14
Anexo III. Guía del Estudiante. Proyecto: Turbinas Pelton	23
Anexo IV. Guía del Estudiante. Proyecto: Cambiadores de Calor.....	33

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DE LOS PROYECTOS

Durante vuestra vida profesional podéis trabajar en una amplia variedad de actividades, dado el carácter interdisciplinar de la Ingeniería Química, normalmente relacionadas con la Industria Química: Investigación y Proyectos, Desarrollo, Diseño e Ingeniería de Procesos, Cálculo y Programación, Experimentos en Planta Piloto, Selección y Diseño de Equipos, Control de Procesos, Operación en Planta, Servicio Técnico y Comercial, Dirección y Administración, Asesoría Científica, etc., y muchas veces con personal trabajando a vuestro cargo.

En cualquiera de ellas, tendréis que dar cuenta de vuestras actividades por escrito, incluyendo una planificación previa, la ejecución propiamente dicha de la actividad, y finalmente una discusión de resultados y obtención de conclusiones, incluyendo la bibliografía empleada. Y el trabajo realizado se hará, necesariamente, en equipo, en el que no se podrá elegir al resto de los miembros. Éstos son algunos de los aspectos que vamos a aprender a desarrollar en esta asignatura. Podéis ver algún ejemplo en la página Web de la asignatura.

2. CONSTITUCIÓN DE LOS GRUPOS

Los grupos estarán constituidos por tres integrantes, siempre que sea posible, para distribuir adecuadamente las tareas. Las tareas están pensadas para que todos los constituyentes del grupo deban trabajar en todos los proyectos.

Para determinar la composición de los grupos, se pasará un breve cuestionario el primer día de clase. Se trata de garantizar que todos los componentes del grupo van a tener horarios compatibles, para que puedan trabajar en común también fuera de las horas de clase.

3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Cada proyecto se va a realizar durante un período que se extiende unas 5 - 6 semanas durante el primer cuatrimestre. Hay actividades de carácter presencial, en clase o en la nave, y otras de carácter no presencial, que tendréis que realizar vosotros. Se han incluido tras cada sesión, en rojo, las actividades a entregar. Están planificadas de la siguiente forma:

Primera semana:

1. Recepción y lectura de la documentación asociada al proyecto, y reflexión sobre lo que sabéis y lo que necesitaríais saber (1 h, presencial)
2. Familiarizarse con el manejo del equipo experimental, describir brevemente en qué consistiría un experimento y hacer un diagrama de flujo simplificado del equipo (1 h, presencial)
Entregables: Breve descripción de en qué consiste un experimento y Diagrama de flujo simplificado
3. Decidir qué necesitarían buscar en bibliografía, y distribuirlo entre los miembros del grupo (1 h, presencial)
Entregables: Relación de miembros del grupo y qué aspecto bibliográfico le corresponde a cada uno; Puntos fuertes y áreas de mejora de la descripción del experimento y del diagrama de flujo realizado por otro grupo
4. Buscar en la bibliografía individualmente cada miembro del grupo el aspecto particular que os haya correspondido y analizarlo (~6 h, no presencial)

Segunda semana:

5. Reunirse con otros miembros de la clase que hayan consultado el mismo aspecto bibliográfico, para discutir, mejorar y orientar hacia las posibilidades del equipo experimental (1 h, presencial)
Entregables: Consenso sobre la nomenclatura a emplear y las ecuaciones más importantes a usar
6. Reunirse con los miembros del grupo, que han analizado distintos aspectos de la bibliografía, para organizar la información y orientarla a lo que vais a desarrollar específicamente en el proyecto (1 h, presencial)
7. Terminar de organizar la información en grupo y darle coherencia, preparando un breve fundamento teórico, y preparar una breve presentación (5 min) para explicarla al resto de la clase (6 h, no presencial)
8. Se hace la presentación al conjunto de la clase para intentar mejorar el fundamento teórico entre todos (1 h, presencial)
9. Se elabora el informe de planificación del proyecto (6 h, no presencial)
Entregables: Primera versión del informe de planificación

Tercera y cuarta semanas:

10. Cada grupo evaluará el informe entregado por otro de los grupos, indicando tres puntos fuertes y tres áreas de mejora (1 h, presencial)
Entregables: Puntos fuertes y áreas de mejora del informe de planificación realizado por otro grupo
11. Con la evaluación del otro grupo, se mejorará el informe de planificación, que será el que evalúe el profesor (1,5 h, no presencial)
Entregables: Versión definitiva del informe de planificación
12. Realización de los experimentos planificados, en la nave, analizando resultados y replanteando objetivos, si es necesario (3 h, presencial)
Entregables: Relación de experimentos realizados, justificación de cambios con respecto a la planificación
13. Realizar el tratamiento de datos, las figuras y las tablas, y extraer resultados y conclusiones, relacionándolos con la bibliografía consultada, preparar una presentación breve (5 min) para explicárselos al resto de la clase, y aplicar los resultados para resolver vuestro problema particular (12 h, no presencial)

Quinta semana:

14. Presentación de los resultados al resto de la clase, para mejorar entre todos la discusión de resultados y las conclusiones (1 h, presencial)
15. Elaborar el informe final del proyecto, que será el que evalúe el profesor (9 h, no presencial)
Entregables: Informe final del proyecto

Sexta semana:

16. Se hará un pequeño cuestionario sobre el proyecto (1 h, presencial)
Entregables: Test de evaluación; Cuestionario de percepción

4. CRITERIOS DE CALIDAD Y DE EVALUACIÓN

4.1. Informe de Planificación

Al Informe de Planificación se le asignará un 40 % de la nota del proyecto. Se va a realizar la evaluación atendiendo a los siguientes criterios de calidad:

1. Está adecuadamente identificado: se indica en la portada qué grupo lo ha realizado, el nombre de sus miembros, la fecha de realización y el título del proyecto al que corresponde.
2. Está adecuadamente estructurado, incluyendo, en este orden: índice, objetivos, fundamento teórico, materiales y métodos, plan de trabajo, y bibliografía consultada.
3. Los objetivos que plantea son suficientes, originales y realistas, considerando los medios disponibles (equipo y tiempo).
4. Se define de forma clara y coherente lo que es un experimento, se identifican las variables dependientes e independientes, las unidades e intervalos de medida de las variables, y el tiempo aproximado que puede requerir cada experimento.
5. Se aporta un diagrama de flujo claro y coherente, indicando corrientes, equipos, válvulas, depósitos, etc.
6. El fundamento teórico es breve y conciso, relacionando los objetivos planteados con la experimentación prevista.
7. Se establece un plan de trabajo adecuado: los experimentos planificados son coherentes con los objetivos y con el tiempo disponible, y se indica brevemente cómo se relaciona cada grupo de experimentos con cada objetivo.

4.2. Informe Final del Proyecto

Al Informe Final del Proyecto se le asignará también un 40 % de la nota del proyecto. Se va a realizar la evaluación atendiendo a los siguientes criterios de calidad:

1. Está adecuadamente identificado: se indica en la portada qué grupo lo ha realizado, el nombre de sus miembros, la fecha de realización de la experimentación, la fecha de realización del informe y el título del proyecto al que corresponde.
2. Está adecuadamente estructurado, incluyendo, en este orden: índice, resumen, objetivos, fundamento teórico, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, nomenclatura, y bibliografía consultada.
3. Se emplea un lenguaje científico, correcto y bien puntuado, y se presta atención a la presentación del documento (homogeneidad, tamaño de letra, márgenes, etc.).
4. La comunicación del mensaje es eficaz, y se apoya adecuadamente en las referencias bibliográficas consultadas (incluidas páginas), justificando su empleo.
5. Los datos experimentales de partida se registran ordenadamente y de forma clara, indicando unidades de medida y, si es necesario, márgenes de incertidumbre. Son coherentes con lo planificado previamente.

6. Los datos se procesan de forma correcta, y se presentan de forma que se facilita su interpretación.
7. Los resultados obtenidos se discuten y explican de forma adecuada, señalando la dependencia entre las diferentes variables, identificando posibles problemas de operación y proponiendo mejoras realistas, y se comparan con resultados bibliográficos si los hay.
8. Dentro del apartado de resultados, se presenta una solución realista al problema de planta planteado para cada grupo, coherente con los resultados obtenidos en la experimentación.
9. Se extraen conclusiones adecuadas.

4.3. Resto de la Evaluación

El 20 % restante de la calificación queda reservado al *test*, los cuestionarios, la presentación oral, la utilidad de las evaluaciones a otros grupos y la participación activa en todas las etapas. La calificación del *test* se realiza atendiendo al número de respuestas correctas.

4.4. Calificación

Ya que el objetivo de estos proyectos es que vayáis adquiriendo una serie de hábitos y de competencias, que debieran verse reflejados en el progreso desde el primero al último, la calificación global del conjunto de los tres proyectos se realizará al final del cuatrimestre, una vez finalizados todos ellos, para evaluar el avance conseguido. Entre medias, se realizará una evaluación cualitativa, indicando puntos fuertes y áreas de mejora, para facilitar el aprendizaje.

5. REFERENCIAS

A continuación se señalan algunas referencias bibliográficas que pueden ser útiles en la elaboración de informes o búsqueda de datos bibliográficos. Adicionalmente, podéis encontrar información útil en los libros recomendados en las asignaturas de: "Mecánica de Fluidos y Transmisión de Calor" de 2º curso y "Máquinas de Fluidos" de 3º curso, y en las páginas web recomendadas en Moodle en esas mismas asignaturas. Cualquier otra referencia es válida, siempre que venga de una fuente de confianza.

1. Kirkup, L.; "Experimental Methods: An Introduction to the Analysis and Presentation of Data", Wiley, Melbourne, 1994.
2. Perry, R. H. y Green, W.; "Perry's Chemical Engineers Handbook", 7ª edición, McGraw-Hill, New York, 1997.
3. Guiteras, J., Rubio, R. y Fonrodona, G.; "Curso Experimental en Química Analítica", Ed. Síntesis, Madrid, 2003.
4. Harris, C. H.; "Análisis Químico Cuantitativo", 3ª edición, Ed. Reverté, Barcelona, 2007.
5. Libro web de Química del NIST (National Institute of Standards and Technology): <http://webbook.nist.gov/chemistry/>

ANEXO I. RÚBRICAS UTILIZADAS EN LA EVALUACIÓN
Tabla AN.1. Rúbrica sobre el Informe de Planificación

Aspecto a evaluar	Excelente	Satisfactorio	Mejorable	Deficiente
Identificación (aparece en la portada: número de grupo, nombre de miembros, fecha de realización, título del proyecto)	La portada incluye todos los aspectos señalados	La portada incluye la mayoría de los aspectos señalados	Faltan muchos de los aspectos señalados en la portada	No se identifica el informe en absoluto
Estructura (incluye, en este orden: índice, objetivos, fundamento teórico, materiales y métodos, plan de trabajo, nomenclatura, bibliografía consultada)	El informe incluye todos los apartados señalados, en orden	El informe incluye sólo la mayoría de los apartados, o no están en orden	Faltan apartados y no se encuentran ordenados	No está distribuido en apartados, o incluye sólo algún apartado
Objetivos (suficientes, originales, realistas, considerando medios disponibles (componentes, equipo experimental y tiempo))	Incluye los objetivos básicos, y propone alguno novedoso	Incluye los objetivos básicos, pero no propone ninguno novedoso	Faltan objetivos básicos por incluir	No proponen objetivos en absoluto o no se entienden
Fundamento teórico (breve, claro, conciso, relaciona objetivos planteados con la experimentación propuesta en el plan de trabajo, hace referencia a la bibliografía incluyendo páginas, incluye principales ecuaciones, manteniendo el nombre de las variables durante el desarrollo)	Incluye todos los aspectos indicados, con referencias bibliográficas, ecuaciones principales, y manteniendo el nombre de las variables	Incluye la mayoría de los aspectos indicados, pero faltan referencias, o ecuaciones básicas, o las variables cambian de nombre, o es excesivo	Faltan muchos de los aspectos indicados, incluidas referencias, ecuaciones, y coherencia en el nombre de las variables	No existe fundamento teórico, o no se relaciona en absoluto con el plan de trabajo
Diagrama de flujo (claro, coherente, indicando corrientes, equipos, válvulas, depósitos, etc.)	El diagrama de flujo es claro e incluye todos los elementos importantes	El diagrama de flujo no es claro, o falta algún elemento importante	El diagrama de flujo no es claro, y falta algún elemento importante	No aparece un diagrama de flujo del proceso
Definición de experimento (clara, concisa, coherente); Identificación de variables (dependientes e independientes, unidades e intervalos de medida)	Aparece claramente definido, y se identifican las variables, sus unidades e intervalos de medida	No aparece claramente definido, o no se identifican todas las variables, o sus unidades o sus intervalos	No aparece claramente definido, y no se identifican todas las variables, sus unidades e intervalos	No se define un experimento, ni se identifican variables
Plan de trabajo (coherente con los objetivos y con el tiempo disponible, relaciona brevemente cada grupo de experimentos propuestos con cada objetivo); Estimación de tiempo requerido (para cada experimento y en conjunto); Distribución de tareas entre los componentes del grupo	El plan de trabajo es coherente y relaciona experimentos y objetivos, la estimación de tiempos y distribución de tareas es razonable	El plan de trabajo no es coherente, o no relaciona experimentos y objetivos, o no se estiman tiempos y se distribuyen tareas	El plan de trabajo no es coherente, o no relaciona experimentos y objetivos, y no se estiman tiempos y se distribuyen tareas	No se establece un plan de trabajo, ni se estima el tiempo requerido, ni se distribuyen tareas

Tabla AN.2. Rúbrica sobre el Informe Final del Proyecto

Aspecto a evaluar	Excelente	Satisfactorio	Mejorable	Deficiente
Identificación (aparece en la portada: número de grupo, nombre de miembros, fecha de realización de la experimentación, fecha de realización del informe, título del proyecto)	La portada incluye todos los aspectos señalados	La portada incluye la mayoría de los aspectos señalados	Faltan muchos de los aspectos señalados en la portada	No se identifica el informe en absoluto
Estructura (incluye, en este orden: índice, resumen, objetivos, fundamento teórico, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, nomenclatura, bibliografía consultada)	El informe incluye todos los apartados señalados, en orden	El informe incluye sólo la mayoría de los apartados, o no están en orden	Faltan apartados y no se encuentran ordenados	No está distribuido en apartados, o incluye sólo algún apartado
Lenguaje (científico, correcto, bien puntuado); Presentación (homogeneidad, tamaño de letra, márgenes, claridad)	Se emplea un lenguaje correcto, científico y bien puntuado, y la presentación es homogénea y clara	Hay algún error en el lenguaje, en la puntuación, o es poco científico, o la presentación es poco homogénea o clara	Hay muchos errores de puntuación, el lenguaje es poco científico y la presentación no es homogénea ni clara	No se ha cuidado el lenguaje ni la presentación en absoluto
Comunicación del mensaje (eficaz, apoyada en referencias bibliográficas consultadas, incluidas páginas, y justifica su empleo)	El mensaje se comunica de forma eficaz, apoyándose en las referencias y justificando su empleo	El mensaje se comunica de forma poco eficaz, o no se apoya en referencias bibliográficas	El mensaje se comunica de forma poco eficaz, y no se apoya en referencias bibliográficas	No se entiende lo que se presenta, las frases no son coherentes y no hay relación entre ellas
Datos experimentales (se presentan de forma clara y ordenada, en tablas, se indican unidades de medida y, si es necesario, márgenes de incertidumbre, son coherentes con lo planificado, o están justificadas las diferencias)	Los datos experimentales están claros y ordenados, con unidades de medida, etc., y son coherentes con lo planificado o se justifican las diferencias	Están poco claros, o algo desordenados, o no incluyen unidades de medida, o no se justifican las diferencias con lo planificado	No están claros ni ordenados, o no incluyen unidades de medida, y no se justifican las diferencias con lo planificado	No se entienden los datos que se han tomado, o no aparecen, ni se pueden relacionar con la planificación realizada
Procesado de datos (correcto, adecuado a lo presentado en el fundamento teórico); Presentación de datos (se usan las tablas y figuras adecuadas para facilitar su interpretación)	Los datos se han procesado de forma correcta, y se presentan en figuras o tablas que facilitan su interpretación	Los datos se han procesado de forma sólo parcialmente correcta, o las figuras o tablas usadas no son las más adecuadas	Los datos se han procesado de forma sólo parcialmente correcta y las figuras o tablas usadas no son las más adecuadas	Los datos se han procesado de forma incorrecta y no se usan figuras o tablas, o éstas son claramente inadecuadas
Resultados y discusión (se explican los resultados obtenidos, señalando la interdependencia entre variables, si ha habido problemas de operación, se identifican y se proponen mejoras realistas; los resultados se comparan con la bibliografía, siempre que sea posible); Problema de aplicación en planta (se presenta una solución realista, coherente con los resultados obtenidos en la experimentación)	Los resultados se explican, apoyándose en las tablas y figuras usadas, y se comparan con la bibliografía, y se presenta una solución realista al problema planteado	Los resultados se explican sólo parcialmente, o no se apoyan en las figuras y tablas presentadas, pero la solución al problema planteado es coherente con los resultados obtenidos en la experimentación	Los resultados se explican sólo parcialmente, no se apoyan en las figuras y tablas presentadas, y la solución al problema planteado no es coherente o realista	Los resultados presentados no se explican en absoluto, y la solución al problema planteado no es coherente ni realista
Conclusiones (se extraen las conclusiones más importantes relacionadas con los resultados obtenidos)	Se extraen las conclusiones más importantes en relación con los resultados obtenidos y la discusión previa	Se extraen casi todas las conclusiones más importantes en relación con los resultados obtenidos y la discusión previa	Se omiten la mayoría de las conclusiones, o no tienen relación con el trabajo realizado	No se extrae ninguna conclusión derivada del trabajo realizado

Tabla AIV.3. Rubrica sobre el resto de actividades

Aspecto a evaluar	Excelente	Satisfactorio	Mejorable	Deficiente
Test de evaluación (porcentaje de aciertos, evaluación individual)	Responde correctamente a más del 90 % de las preguntas formuladas	Responde correctamente entre el 70 y el 90 % de las preguntas formuladas	Responde correctamente entre el 50 y el 70 % de las preguntas formuladas	Responde correctamente a menos del 50 % de las preguntas formuladas
Cuestionario de percepción (funcionamiento del grupo, contribución al trabajo del grupo, evaluación individual)	El grupo trabaja bien y el trabajo individual se realiza a tiempo y con calidad	El grupo trabaja bien, pero el trabajo individual no siempre se realiza a tiempo o con calidad	El trabajo del grupo es sólo regular, y el trabajo individual no se realiza a tiempo o con calidad	No hay realmente trabajo en grupo
Contraste entre grupos (utilidad de los contrastes realizados a otros grupos, evaluación del grupo)	Los aspectos de mejora sugeridos y los puntos fuertes están bien pensados	La mayoría de los aspectos de mejora sugeridos o los puntos fuertes están bien pensados	Los aspectos de mejora sugeridos o los puntos fuertes no están realmente pensados	Se han rellenado los aspectos de mejora y los puntos fuertes sin pensar
Participación (contribución activa y de calidad a cada una de las etapas, aporte de ideas interesantes al grupo o a la clase, evaluación individual)	Aporta ideas interesantes y participa activamente en todas las etapas	Participa activamente en todas las etapas	No participa activamente en la mayoría de las etapas	No participa activamente en absoluto, intenta eludir el trabajo
Presentación oral (clara, concisa, estructurada, reflejo del trabajo realizado por el grupo, evaluación del grupo)	La presentación es clara, estructurada, concisa y refleja claramente el trabajo realizado por el grupo, y quien la presenta es capaz de defender todos los aspectos del trabajo	La presentación es poco clara, o demasiado larga, o no refleja el trabajo realizado por el grupo, o quien la presenta no es capaz de defender todos los aspectos del trabajo	La presentación es poco clara, o demasiado larga, o no refleja el trabajo realizado por el grupo, y quien la presenta no es capaz de defender todos los aspectos del trabajo	No se ha preparado una presentación, o quien debe presentarla no está o no es capaz de defenderla
Experimentación (manejo de equipo de laboratorio, actitud en el laboratorio)	El equipo de laboratorio se ha manejado de forma correcta y la actitud en el laboratorio ha sido correcta	El equipo de laboratorio no siempre se ha manejado de forma correcta, o la actitud en el laboratorio es mejorable	El equipo de laboratorio no siempre se ha manejado de forma correcta y la actitud en el laboratorio es mejorable	El equipo de laboratorio se ha manejado de forma incorrecta, y la actitud en el laboratorio es inadecuada
Mejora en el cuatrimestre (se aprecia mejora en cada uno de los aspectos a medida que avanza el cuatrimestre, independientemente del punto de partida)	Se aprecia una clara mejora de todos los aspectos a lo largo del cuatrimestre	Se aprecia mejora en la mayoría de los aspectos a lo largo del cuatrimestre	Se aprecia mejora en alguno de los aspectos a lo largo del cuatrimestre	No se observa mejora en absoluto a lo largo del cuatrimestre

ANEXO II. GUÍA DEL ESTUDIANTE. PROYECTO: BOMBAS CENTRÍFUGAS

GUÍA DEL ESTUDIANTE

PROYECTO:

BOMBAS CENTRÍFUGAS

¿Cómo funcionan las bombas para que en una Planta Química los productos circulen por las tuberías como se desea?

ÍNDICE

	Pág.
1. Justificación y Objetivos del Proyecto	16
2. Enunciado del Proyecto.....	17
<i>2.1. Enunciado del Proyecto</i>	<i>17</i>
<i>2.2. Problema Asociado</i>	<i>17</i>
3. Manual Simplificado de Funcionamiento del Equipo de la Nave.....	18
<i>3.1. Descripción del Equipo.....</i>	<i>18</i>
<i>3.2. Normas de Seguridad.....</i>	<i>19</i>
<i>3.3. Puesta en Marcha de la Unidad FM21</i>	<i>19</i>
<i>3.4. Modos de Operación.....</i>	<i>19</i>
<i>3.4.1. Funcionamiento con una sola Bomba.....</i>	<i>19</i>
<i>3.4.2. Funcionamiento con dos Bombas en Serie</i>	<i>20</i>
<i>3.4.3. Funcionamiento con dos Bombas en Paralelo</i>	<i>21</i>
<i>3.5. Apagado de la Unidad FM21</i>	<i>21</i>
4. Referencias.....	22

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Desde el punto de vista más específico de este proyecto, las bombas son uno de los equipos más comunes en cualquier instalación, incluida una Planta Química, para mover fluidos entre los diferentes equipos. Es importante saber cómo funcionan, para poder decidir cómo y dónde colocarlas, y las características que deberían tener para una aplicación concreta. Queremos deducirlo a partir de un equipo modelo disponible en la nave y con el que vamos a poder trabajar y extrapolar resultados al prototipo de la planta.

2. ENUNCIADO DEL PROYECTO

Se ha estructurado en un enunciado propiamente dicho, y un problema asociado a una situación real, que deberéis resolver a la luz de los resultados obtenidos en el proyecto.

2.1. *Enunciado del Proyecto*

Se quieren establecer las condiciones de operación óptimas de un grupo de bombeo, considerando que está constituido por una sola bomba, o por dos bombas iguales, para lo que se dispone de un modelo de instalación de bombeo, a escala de planta piloto, en la Nave. Las instrucciones básicas de manejo del equipo se adjuntan para su consulta en el apartado 3.

2.2. *Problema Asociado*

Si en "*una planta química*" se necesita instalar un grupo de bombeo semejante al estudiado en la Nave para bombear un caudal "*Q*" de "*Fluido*" a una temperatura "*T*" hasta un depósito situado "*H*" metros por encima y con una sobrepresión de " Δp " bares, por un tubo de longitud "*L*" y diámetro "*D*", ¿en qué condiciones operaría de forma óptima? ¿Cuáles deberían ser sus características? (En este enunciado, las cursivas indican distintas variables para cada grupo).

Para disponer de un repuesto más barato, se plantea emplear dos bombas iguales. ¿Convendría ponerlas en serie o en paralelo?

3. MANUAL SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE LA NAVE

3.1. Descripción del Equipo

La unidad FM21 de Armfield (Figura All-1) consta de un depósito de agua, dos bombas centrífugas, las válvulas necesarias para impulsar el fluido con una sola bomba o con las dos (en serie o en paralelo), una válvula de regulación y los instrumentos de control y medida necesarios (presión diferencial, temperatura, potenciómetro y velocímetro óptico).

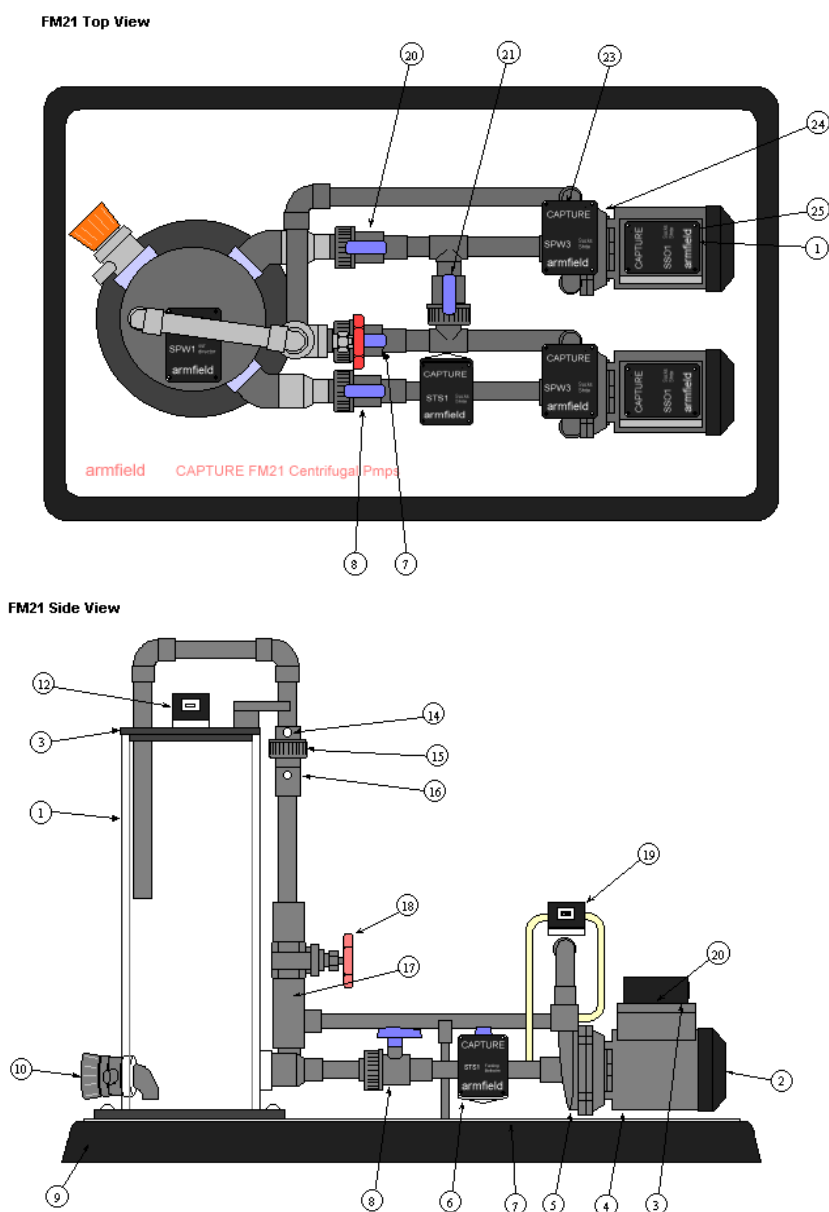


Figura All-1. Diagrama esquemático de la unidad FM21; vistas superior y frontal.

3.2. Normas de Seguridad

La unidad FM21 es una instalación compleja que, como tal, requiere de una manipulación experta para evitar dañar los distintos elementos. Por esta razón, se deben seguir estrictamente las instrucciones de puesta en marcha y modo de operación descritas en este documento. Por la misma razón, no se podrá realizar ningún experimento que no haya sido previamente aprobado por el profesor.

Los componentes eléctricos (motores, interfase, PC) están conectados a AC 220 V y, aunque todos están convenientemente protegidos y cumplen con la normativa en vigor, deben respetarse las normas habituales de manipulación de equipos eléctricos para evitar daños personales.

3.3. Puesta en Marcha de la Unidad FM21

Antes de poner en marcha la unidad FM21, se deben verificar los siguientes puntos.

1. El depósito tiene suficiente agua (ver marca de nivel).
2. Todas las válvulas (tanto las de corte (7, 8, 20 y 21) como la de regulación (18), ver Figura AII-1) están abiertas.
3. Los potenciómetros de los motores 1 y 2 están al 0 % (la rueda de los potenciómetros debe girarse con mucha suavidad, sin forzar, ya que se pasa de rosca).

A continuación, se debe proceder como se indica.

4. Encender el ordenador y esperar hasta que Windows se inicie.
5. Abrir el *software* de adquisición de datos (*FM21 Series and Parallel Pumps*).

3.4. Modos de Operación

La unidad FM21 puede operar con una sola bomba o con las dos, de manera que éstas trabajen en serie o en paralelo. Para cada uno de los modos de operación, hay que seguir las instrucciones correspondientes.

En caso de que se necesiten modificar las conexiones de los sensores de presión diferencial SPW3 19 ó 22 en algún momento, se debe contactar con el profesor.

3.4.1. Funcionamiento con una Sola Bomba

Continuando desde el punto 5 del apartado 3.3.

6. Comprobar que el interruptor rojo está apagado y que no hay presión en la línea.
7. Seleccionar el modo de operación "Single" en la pantalla del diagrama del *software* de adquisición de datos, en el ordenador.
8. El sensor de presión diferencial SPW3 19 debe estar conectado entre la entrada y la salida de la bomba M1. Comprobar, y verificar que la posición de la válvula de tres vías conectada en la toma de baja presión es correcta.

9. Abrir completamente las válvulas 7, 8 y 18 (deberían estarlo), y cerrar las válvulas 20 y 21.
10. Encender el interruptor general de la interfase de transferencia de datos IFD6 (interruptor rojo, que conecta el suministro eléctrico al equipo).
11. Encender los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas (de hecho, sólo es necesario encender el de la bomba M1).
12. Poner a funcionar la bomba M1 hasta que se expulsen todas las burbujas de aire, girando el potenciómetro del motor 1.
13. Una vez expulsadas, ya se pueden realizar los experimentos previstos con una bomba.

Al finalizar, se debe proceder de la siguiente forma:

14. Girar el potenciómetro del motor 1 hasta el 0 % (sin forzar).
15. Apagar los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas.
16. Apagar el interruptor rojo de la interfase IFD6.
17. Abrir todas las válvulas (7, 8, 18, 20 y 21).

3.4.2. *Funcionamiento con dos Bombas en Serie*

Continuando desde el punto 5 del apartado 3.3, o desde el 17 del apartado 3.4.1.

6. Comprobar que el interruptor rojo está apagado y que no hay presión en la línea.
7. Seleccionar el modo de operación "Series" en la pantalla del *software*.
8. El sensor de presión diferencial SPW3 19 debe estar conectado entre la entrada y la salida de la bomba M1. Comprobar, y verificar que la posición de la válvula de tres vías conectada en la toma de baja presión es correcta.
9. El sensor SPW3 22 debe estar conectado entre la salida de la bomba M1 y la salida de la bomba M2.
10. Abrir completamente las válvulas 8, 18 y 21 (deberían estarlo), y cerrar las válvulas 7 y 20.
11. Encender el interruptor general de la interfase de transferencia de datos IFD6 (interruptor rojo, que conecta el suministro eléctrico al equipo).
12. Encender los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas.
13. Poner a funcionar las bombas M1 y M2 (girando los potenciómetros de los motores 1 y 2) hasta que se expulsen todas las burbujas de aire.
14. Una vez expulsadas, ya se pueden realizar los experimentos previstos con dos bombas en serie.

Al finalizar, se debe proceder de la siguiente forma:

15. Girar los potenciómetros de los motores 1 y 2 hasta el 0 % (sin forzar).
16. Apagar los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas.
17. Apagar el interruptor rojo de la interfase IFD6.
18. Abrir todas las válvulas (7, 8, 18, 20 y 21).

3.4.3. *Funcionamiento con dos Bombas en Paralelo*

Continuando desde el punto 5 del apartado 3.3, o desde el 17 del apartado 3.4.1, o desde el 18 del apartado 3.4.2. En cualquier caso, se debe consultar con el profesor antes de trabajar con las dos bombas en paralelo.

6. Comprobar que el interruptor rojo está apagado y que no hay presión en la línea.
7. Seleccionar el modo de operación "Parallel" en la pantalla del *software*.
8. El sensor de presión diferencial SPW3 19 debe estar conectado entre la entrada de la bomba M1 y el punto de unión de los tubos de descarga (antes de la válvula 18).
9. El sensor de presión diferencial SPW3 22 debe estar conectado entre la entrada de la bomba M2 y el punto de unión de los tubos de descarga (antes de la válvula 18).
10. Abrir completamente las válvulas 7, 8, 18 y 20 (deberían estarlo) y cerrar la válvula 21.
11. Encender el interruptor general de la interfase de transferencia de datos IFD6 (interruptor rojo, que conecta el suministro eléctrico al equipo).
12. Encender los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas.
13. Poner a funcionar las bombas M1 y M2 (girando los potenciómetros de los motores 1 y 2) hasta que se expulsen todas las burbujas de aire.
14. Una vez expulsadas, ya se pueden realizar los experimentos previstos con dos bombas en paralelo.

Al finalizar, se debe proceder de la siguiente forma:

15. Girar los potenciómetros de los motores 1 y 2 hasta el 0 % (sin forzar).
16. Apagar los interruptores verdes, que alimentan los motores de las bombas.
17. Apagar el interruptor rojo de la interfase IFD6.
18. Abrir todas las válvulas (7, 8, 18, 20 y 21).

3.5. *Apagado de la Unidad FM21*

Continuando con el punto 17 del apartado 3.4.1, o el punto 18 de los apartados 3.4.2 y 3.4.3, donde ya quedarían los potenciómetros de los motores 1 y 2 al 0 % (sin forzar), los interruptores verdes (bombas) apagados, el interruptor rojo (IFD6) apagado, sólo quedaría cerrar el *software* de adquisición de datos y apagar el ordenador.

4. REFERENCIAS

Los libros recomendados en las asignaturas de: "Mecánica de Fluidos y Transmisión de Calor" de 2º curso y "Máquinas de Fluidos" de 3º curso, y en las páginas web recomendadas en Moodle en esas mismas asignaturas. Es adecuada cualquier otra fuente bibliográfica contrastada.

ANEXO III. GUÍA DEL ESTUDIANTE. PROYECTO: TURBINA PELTON

GUÍA DEL ESTUDIANTE

PROYECTO:

TURBINA PELTON

¿Cómo se puede aprovechar la energía hidráulica de una corriente de proceso?

ÍNDICE

	Pág.
1. Justificación y Objetivos del Proyecto	25
2. Enunciado del Proyecto.....	26
2.1. <i>Enunciado del Proyecto</i>	<i>26</i>
2.2. <i>Problema Asociado</i>	<i>26</i>
3. Manual Simplificado de Funcionamiento del Equipo de la Nave.....	27
3.1. <i>Descripción del Equipo.....</i>	<i>27</i>
3.2. <i>Normas de Seguridad.....</i>	<i>30</i>
3.3. <i>Puesta en Marcha de la Unidad FM3SU</i>	<i>30</i>
3.4. <i>Modo de Operación.....</i>	<i>31</i>
3.5. <i>Apagado de la Unidad FM3SU</i>	<i>31</i>
4. Referencias.....	32

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Desde el punto de vista más específico de este proyecto, las turbinas se emplean para recuperar la energía que tiene un fluido y poderla aprovechar en otro punto, o bien producir con ella energía eléctrica. Es importante saber cómo funcionan, para poder decidir qué tipo de turbina debería colocarse para una aplicación concreta. Queremos deducirlo a partir de un equipo modelo disponible en la nave y con el que vamos a poder trabajar y extrapolar resultados al prototipo.

2. ENUNCIADO DEL PROYECTO

Se ha estructurado en un enunciado propiamente dicho, y un problema asociado a una situación real, que deberéis resolver a la luz de los resultados obtenidos en el proyecto.

2.1. Enunciado del Proyecto

Se quieren establecer las condiciones de operación óptimas para una turbina Pelton, para lo que se dispone de un modelo de instalación, a escala de planta piloto, en la Nave. Las instrucciones básicas de manejo del equipo se adjuntan para su consulta en el apartado 3.

2.2. Problema Asociado

Si se necesita instalar una turbina hidráulica para obtener energía eléctrica, que se quiere conectar a la red, a partir de un salto de agua en el que se puede disponer de un caudal de agua " Q ", y una diferencia de alturas " H ", con una turbina semejante a la disponible en la Nave, ¿cuáles deberían ser sus características? (En este enunciado, las cursivas corresponden a parámetros variables para cada grupo).

3. MANUAL SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE LA NAVE

3.1. Descripción del Equipo

Para esta práctica se empleará la unidad FM3SU de Armfield (Figura AIII-1), que lleva acoplada la unidad FM32, correspondiente a una turbina de impulso tipo Pelton (Figura 2). La unidad FM3SU consta de un depósito de agua (3), y una bomba centrífuga (8) que toma agua del depósito a través del tubo (5) y lo lleva a la turbina (unidad FM32) a través del tubo (6). Un sensor de presión diferencial (9) permite medir la diferencia de presión a través de un diafragma situado en (5).

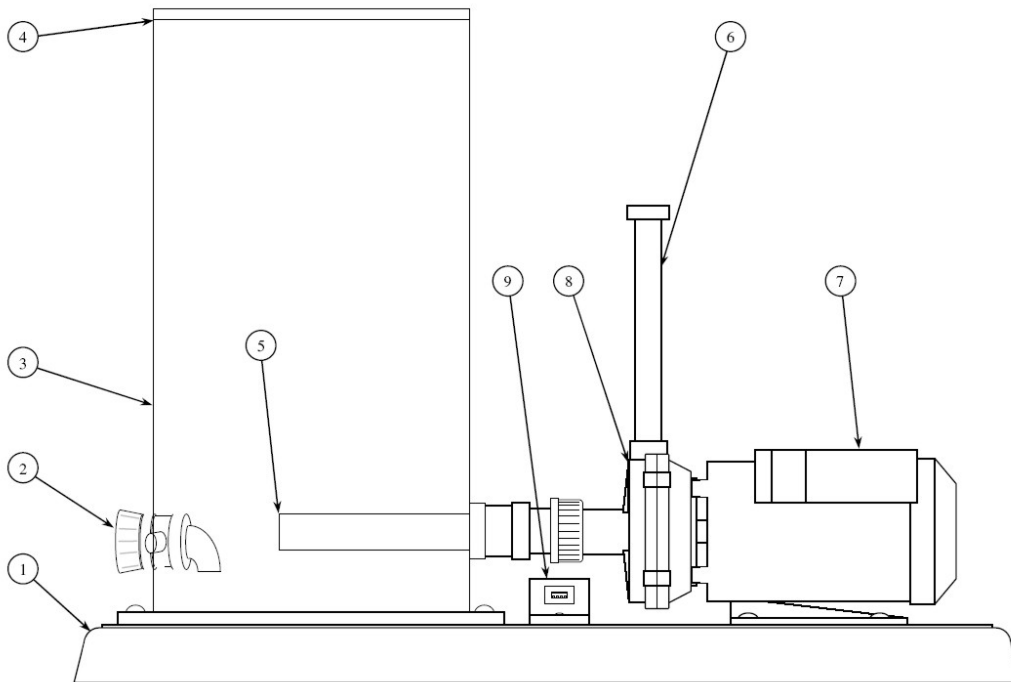


Figura AIII-1. Vista lateral de la unidad FM3SU: (1) soporte de la unidad, (2) válvula de drenaje, (3) depósito de metacrilato, (4) borde superior del depósito, (5) diafragma (tubo de entrada a la bomba), (6) tubo de descarga de la bomba, (7) motor eléctrico, (8) bomba centrífuga de un efecto, (9) sensor de presión diferencial SPW1.

El tubo de salida de la bomba centrífuga (Figura AIII-1, (6)) se conecta con el tubo de entrada de fluido de la unidad FM32 (Figura AIII-2, (1)), donde hay una válvula de regulación gruesa de caudal. De ahí continúa hacia la válvula del inyector (Figura AIII-2, (3)) y choca contra las cucharas de la turbina Pelton, regresando al depósito (Figura AIII-1, (3)). Varios sensores permiten medir la presión de entrada del fluido (Figura AIII-2, (2) y (5)), la velocidad de giro del rodete (Figura AIII-2, (6) y (10)), y la fuerza ejercida sobre el freno (Figura AIII-2, (7) y (8)). La Figura AIII-3 muestra el sistema tal como se encuentra montado para las prácticas, y la Figura AIII-4 un detalle de la válvula del inyector y del rodete de la turbina. La Figura AIII-5 muestra un esquema del montaje del freno.

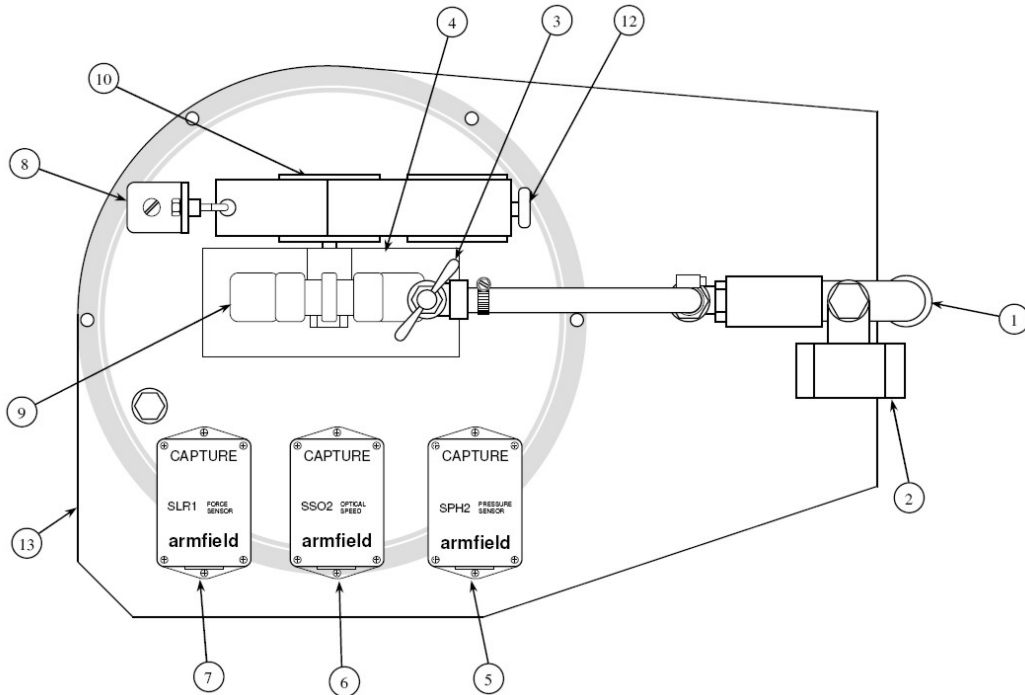


Figura AIII-2. Vista superior de la unidad FM32 (turbina Pelton): (1) tubería de entrada (válvula de regulación gruesa), (2) sensor de presión piezoeléctrico SPH2, (3) inyector (válvula), (4) bloque de metacrilato, (5) sensor de medida de fuerza del freno, (6) tacómetro (medida de velocidad de giro), (7) sensor de medida de presión, (8) barra de carga, (9) rodete Pelton, (10) sensor de infrarrojo, (12) tornillo de fuerza, (13) placa soporte.



Figura AIII-3. Unidad FM3SU y unidad FM32 (turbina Pelton) tal como se encuentran montadas en la nave.

Figura AIII-4.

Detalle del inyector y del rodete de la turbina Pelton (unidad FM32), tal como se encuentra montada en la nave.

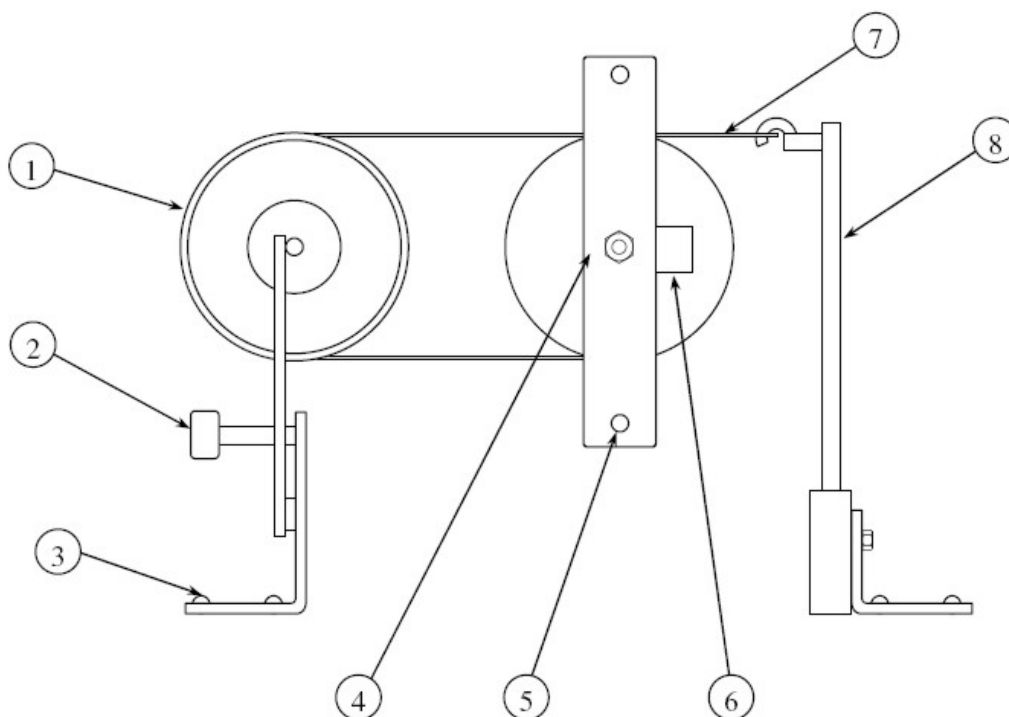
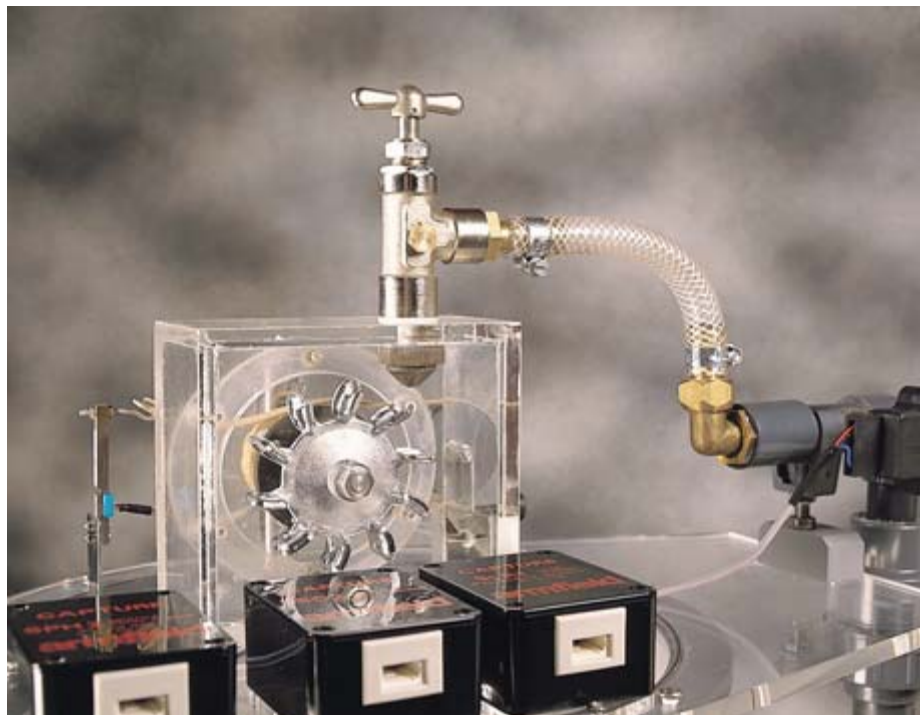


Figura AIII-5. Esquema del freno, visto desde detrás: (1) polea libre, (2) tornillo de fuerza, (3) sujeción a la base, (4) polea de la turbina, (5) sujeción de la correa del freno, (6) tacómetro (comparar con Figura 2), (7) correa del freno, (8) sensor de fuerza.

3.2. Normas de Seguridad

La unidad FM3SU es una instalación compleja que, como tal, requiere de una manipulación experta para evitar dañar los distintos elementos. Por esta razón, se deben seguir estrictamente las instrucciones de puesta en marcha y modo de operación descritas en este documento. Por la misma razón, no se podrá realizar ningún experimento que no haya sido previamente aprobado por el profesor.

En particular, se requiere especial cuidado en el manejo del tornillo de fuerza (Figura AIII-2, (12); Figura AIII-5, (2)), puesto que es un elemento muy sensible, y todos aquellos elementos asociados con el freno.


Los componentes eléctricos (motores, interfase, PC) están conectados a AC 220 V y, aunque todos están convenientemente protegidos y cumplen con la normativa en vigor, deben respetarse las normas habituales de manipulación de equipos eléctricos para evitar daños personales.

3.3. Puesta en Marcha de la Unidad FM3SU


Antes de poner en marcha la unidad FM3SU1, se deben verificar los siguientes puntos.

1. El depósito tiene suficiente agua (hasta unos 15 cm del borde superior) y la válvula de drenaje está cerrada.
2. Los tubos flexibles del medidor de presión diferencial SPW1 (Figura AIII-1, (9)) están conectados en sus correspondientes puntos de la parte inferior del depósito: el de baja (P1 LOW) al del diafragma, y el de alta (HIGH P2) al de la pared del depósito.
3. Los tubos flexibles del medidor de presión diferencial SPW1 (Figura AIII-1, (9)) se encuentran llenos de líquido, sin burbujas de aire. En caso de haber burbujas, la lectura del medidor de presión diferencial puede no ser correcta, y se debería consultar con el profesor para eliminar las burbujas.
4. El ordenador se encuentra conectado a la corriente.
5. La interfase IFD6 se encuentra enchufada a la corriente y conectada al ordenador (USB).
6. El cable de alimentación de la bomba se encuentra enchufado en el enchufe 2 de la interfase IFD6 (Socket 2).
7. Los cables de los cuatro sensores del equipo se encuentran conectados a los cuatro canales correspondientes de la interfase IFD6, de la siguiente forma: sensor SPW1 (presión diferencial) al canal 1, sensor SPH2 (presión) al canal 2, sensor SSO2 (tacómetro) al canal 3, y sensor SLR1 (fuerza) al canal 4.
8. El freno se encuentra montado tal como se muestra en el esquema de la Figura AIII-5, y la correa (7) no está rota.
9. El tornillo de regulación de fuerza se encuentra flojo (Figura AIII-5, (2)), y permite girar libremente a la polea.
10. La válvula de regulación gruesa V1 (Figura AIII-2, (1)) se encuentra cerrada, antes de arrancar la bomba, y la válvula del inyector (Figura AIII-2, (3)) se encuentra semicerrada, en una posición intermedia.

A continuación, se debe proceder como se indica.

11. Encender el ordenador y esperar hasta que Windows se inicie.
12. Abrir el software de adquisición de datos (Armfield Capture Software, y dentro de él: FM3SU Turbine Demonstration Unit; elegir la opción FM32 Pelton Turbine, y a continuación presionar sobre el botón Load); y hay que procurar familiarizarse con él, siguiendo las instrucciones de las pantallas, o pinchando en el menú superior el botón , que lleva al menú de presentación. El programa está en inglés, por lo que si se tiene alguna duda conviene consultar con el profesor.
13. Encender el interruptor general (interruptor rojo) de la interfase de transferencia de datos IFD6.
14. Encender, en la interfase IFD6, el interruptor verde del enchufe 2 (Socket 2). Esto pondrá en marcha la bomba centrífuga, y el agua podrá comenzar a circular por el sistema. Abrir un poco y muy suavemente la válvula V1 (Figura AIII-2, (1)), y abrir la válvula del inyector (Figura AIII-2, (3)).

3.4. Modo de Operación

Una vez conectado el sistema, hay que pinchar el botón  del menú del programa de adquisición de datos, que lleva a la zona de toma de datos, con un esquema similar al de la Figura AIII-2. Conviene advertir que los sensores SLR1 y SPH2 en la pantalla están intercambiados con relación a la práctica y al esquema de la Figura AIII-2.

Al lado de cada sensor, la pantalla del programa recoge su valor en tiempo real, en las unidades que indica. A partir de los cuatro valores de los sensores, el programa calcula automáticamente los datos que se muestran en la columna de la izquierda, también en sus unidades correspondientes. Para ello, utiliza los valores de constantes que se encuentran en el menú Φ_2 del *software*.

El procedimiento básico de toma de datos es el siguiente.

15. Se fija una posición de apertura de la válvula V1 (Figura AIII-2, (1)).
16. Se fija una apertura de la válvula del inyector (Figura AIII-2, (3)).
17. Sin modificar estas posiciones de las válvulas, se debe apretar muy suavemente y levemente el tornillo de fuerza (ver Figura AIII-2, (12) y Figura AIII-5, (2)), y se espera a que se estabilicen los valores medidos por los sensores.
18. Una vez estabilizados los valores, se anotan en la hoja de cálculo del programa. Para ello, se aprieta el botón *GO* del menú superior de la pantalla. Cada vez que se aprieta, se incrementa el número de muestra en una unidad.
19. Se repiten los puntos 17 y 18 las veces que se considere necesario.

3.5. Apagado de la Unidad FM3SU

Una vez finalizada la toma de datos, se debe cerrar la válvula de regulación gruesa (V1) y dejar la del inyector en una posición intermedia. A continuación, se apaga del interruptor verde del enchufe 2, el interruptor general de IFD6 (interruptor rojo), se cierra el *software* de adquisición de datos y se apaga el ordenador.

4. REFERENCIAS

Los libros recomendados en las asignaturas de: "Mecánica de Fluidos y Transmisión de Calor" de 2º curso y "Máquinas de Fluidos" de 3º curso, y en las páginas web recomendadas en Moodle en esas mismas asignaturas. Es adecuada cualquier otra fuente bibliográfica contrastada.

ANEXO IV. GUÍA DEL ESTUDIANTE. PROYECTO: CAMBIADORES DE CALOR

GUÍA DEL ESTUDIANTE

PROYECTO:

CAMBIADORES DE CALOR

¿Cómo se puede aprovechar el calor de las corrientes de proceso en una Planta Química?

ÍNDICE

	Pág.
1. Justificación y Objetivos del Proyecto	35
2. Enunciado del Proyecto.....	36
2.1. <i>Enunciado del Proyecto</i>	<i>36</i>
2.2. <i>Problema Asociado</i>	<i>36</i>
3. Manual Simplificado de Funcionamiento del Equipo de la Nave.....	37
3.1. <i>Descripción del Equipo.....</i>	<i>37</i>
3.2. <i>Normas de Seguridad.....</i>	<i>37</i>
3.3. <i>Puesta en Marcha y Modo de Operación.....</i>	<i>37</i>
3.4. <i>Apagado del Sistema y Cambio de Cambiador</i>	<i>38</i>
4. Referencias.....	39

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Desde el punto de vista más específico de este proyecto, los cambiadores de calor se emplean para calentar o enfriar corrientes de proceso mediante otras corrientes, de forma que entren en los equipos a la temperatura adecuada. Es importante saber cómo funcionan, para poder decidir qué tipo de cambiador debería colocarse para una aplicación concreta, o si una determinada corriente de proceso puede servir para enfriar o calentar otra. Queremos deducirlo a partir de un equipo modelo disponible en la nave y con el que vamos a poder trabajar y extrapolar resultados al prototipo.

2. ENUNCIADO DEL PROYECTO

Se ha estructurado en un enunciado propiamente dicho, y un problema asociado a una situación real, que deberéis resolver a la luz de los resultados obtenidos en el proyecto.

2.1. Enunciado del Proyecto

Se quieren establecer las condiciones de operación de cambiadores de calor de distintas características (doble tubo y carcasa-tubos), para lo que se dispone de un modelo de instalación, a escala de planta piloto, en la Nave. Las instrucciones básicas de manejo del equipo se adjuntan para su consulta en el apartado 3.

2.2. Problema Asociado

Si en "una planta química" se necesita "calentar" un caudal " Q " de una "Sustancia" desde una temperatura " T_E " hasta una temperatura " T_S " para introducirla en un reactor con una sobrepresión de " Δp " bares, y se dispone para ello de agua a " T_A ", ¿qué tipo de cambiador de calor utilizarías? ¿En qué condiciones? (En este enunciado, las cursivas corresponden a variables que cambian para cada grupo).

3. MANUAL SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE LA NAVE

3.1. Descripción del Equipo

Se dispone de dos unidades de intercambio de calor entre fluidos (una de doble tubo y otra de carcasa-tubos, con 7 tubos). Una configuración de válvulas permite que las corrientes circulen en paralelo o en contracorriente. La corriente fría es agua de la red, cuya presión permite su circulación por el sistema, mientras que la corriente caliente es agua caliente que circula en circuito cerrado, calentada mediante un calentador eléctrico e impulsada por una bomba. La temperatura del agua caliente se puede controlar fijando la temperatura del calentador (no conviene superar los 50°C, y hay que cerciorarse de que circula agua a través del calentador; en caso contrario se sobrecalentará y no se podrá continuar con las medidas hasta que se enfríe de nuevo).

3.2. Normas de Seguridad

No se consideran riesgos potenciales graves que puedan afectar a la salud.

Se ha de prevenir cualquier tipo de salpicadura del líquido (agua) a las unidades electrónicas, especialmente en la zona de calefacción.

Para prevenir accidentes (aumentos repentinos de presión, sobrecalentamiento, etc.) es importante entender la función de cada uno de los accesorios del equipo, especialmente el manejo de las válvulas, la circulación de los fluidos caliente y frío, así como el procedimiento de cambio de intercambiadores (se ha de parar completamente la circulación de los fluidos). En el laboratorio se dispone de un esquema que permite entender la circulación de los fluidos.

3.3. Puesta en Marcha y Modo de Operación

Antes de poner en marcha el sistema, se deben verificar los siguientes puntos.

1. Se encuentra colocado un cambiador en el sistema, y conectados todos los tubos.
2. Se encuentran conectados todos los termopares del cambiador.
3. La válvula del agua de red se encuentra abierta según instrucciones (en la nave).
4. Se ha rellenado el circuito cerrado de agua.

A continuación, se debe proceder como se indica.

5. Encender el sistema y chequear que el calentador tiene el set-point de temperatura en cero.
6. Verificar la circulación de fluidos, el control de caudales, y asegurarse de que se entiende el funcionamiento de todas las válvulas.
7. Colocar el set-point de temperatura del cambiador en el valor deseado (no superior a 50°C).
8. Prever un tiempo de estabilización para las temperaturas.

El cambiador de calor de doble tubo tiene las siguientes características: diámetro interior del tubo interno (acero), 8,3 mm; diámetro exterior del tubo interno, 9,5 mm; diámetro interior del tubo externo (vidrio), 12 mm. El cambiador de calor de carcasa-tubos tiene las siguientes características: diámetro interior de los tubos internos (acero), 5,15 mm; diámetro exterior de los tubos internos, 6,35 mm; número de tubos, 7; diámetro interior de la carcasa, 39,3 mm.

3.4. Apagado del Sistema y Cambio de Cambiador

Una vez finalizada la toma de datos, se debe situar el *set-point* del calentador en cero, para evitar que continúe calentando. A continuación, puede apagarse el sistema y cerrarse las válvulas.

Para sustituir el cambiador, hay que asegurarse de que no hay presión en la línea, desenchufar los termopares y desconectar las conexiones rápidas de los tubos. A continuación, se debe desenroscar los tornillos de sujeción, sacarlo de su posición con cuidado y colocarlo donde se encuentra el otro.

Para colocar el nuevo cambiador, se debe situar en la posición de la base y enroscar los tornillos de sujeción (a mano, sin forzar). Después, hay que conectar las conexiones rápidas de los tubos y, a continuación, las conexiones de los termopares (preferiblemente en orden). A partir de aquí, se debe proceder como para la puesta en marcha en el apartado 3.3.

4. REFERENCIAS

Los libros recomendados en las asignaturas de: "Mecánica de Fluidos y Transmisión de Calor" de 2º curso y "Máquinas de Fluidos" de 3º curso, y en las páginas web recomendadas en Moodle en esas mismas asignaturas. Es adecuada cualquier otra fuente bibliográfica contrastada.



GonzalezMarcos, M.P. (2011). Proyectos en Experimentación en Ingeniería Química I. <http://www.ikd-baliabideak/ik/GonzalezMarcos-04-2011-ik.pdf>



Reconocimiento - NoComercial - CompartirIgual (by-nc-sa): No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.