

EL DISEÑO INSTRUCCIONAL COMO BASE PARA LOGRAR UN MEJOR DESEMPEÑO DE LOS ESTUDIANTES EN UN CURSO DE INGENIERÍA

JOSÉ HERNÁN CABRERA WINKELRIED
JOSÉ MARÍA ESPINOZA B.

Pontificia Universidad Católica del Perú
jcabrera@pucp.pe

jmespinozab@pucp.edu.pe

Fecha de aceptación: 20-11-2022

RESUMEN

La presente experiencia docente permite reconocer la importancia del uso del diseño instruccional para lograr experiencias de aprendizaje que aseguren un mejor logro de las competencias esperadas en un curso de ingeniería a través de un trabajo planificado en el uso eficiente del tiempo y el espacio (síncrono y asíncrono), así como del acompañamiento a los grupos de estudiantes que facilite la resolución de los problemas complejos.

.....

Palabras claves: 4C/ID, competencia, diseño instruccional, ingeniería, resolución de problema

ABSTRACT

This teaching experience allows us to recognize the importance of using instructional design to achieve learning experiences that ensure a better achievement of the skills expected in an engineering course through planned work in the efficient use of time and space (synchronous and asynchronous), and the accompaniment of student groups that facilitates the resolution of complex problems.

Key words: 4C/ID, engineering, instructional design, problem solving, skill



INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los casos, la manera tradicional en la que se dicta la teoría de los cursos de la Facultad de Ingeniería consiste en que los docentes apliquen el método expositivo. Esto implica que se hagan las demostraciones y el desarrollo típico de los ejercicios en el aula por cada tema expuesto, y el cierre de clases con consultas, preguntas y respuestas. Un caso similar se observa en el curso de Mecánica de Fluidos, que se dicta en una universidad privada de Lima dentro de la carrera de Ingeniería Civil, el cual se desarrolla en paralelo con otro curso obligatorio denominado Laboratorio de Mecánica de Fluidos. En las sesiones prácticas de este, los estudiantes realizan ensayos en el laboratorio que afianzan y complementan la teoría del curso de Mecánica de Fluidos. El último curso mencionado pertenece al sexto ciclo de la carrera; las edades de los estudiantes oscilan entre los dieciocho y veintidós años, y es obligatorio para ellos el haber aprobado los cursos de Física y cinco materias en Matemáticas para la obtención de competencias previas que permitan una base conceptual y práctica para el óptimo desenvolvimiento en el curso.

El curso tiene dos secciones delimitadas, de las cuales la primera es la teoría que se brinda de forma presencial o virtual en grupos de cincuenta estudiantes por cada horario de este, que se

dicta con una secuencia de tres horas semanales, a lo largo de dieciséis semanas, con lo que se completan cuarenta y ocho horas teóricas. La parte práctica es desarrollada en ocho horas a lo largo del semestre. El curso se evalúa a través de dos exámenes de tres horas cada uno: un examen parcial a mitad del semestre y un examen final al culminarlo. La parte práctica se evalúa por medio de cuatro sesiones quincenales de dos horas cada una: dos de ellas se dan antes del examen de medio semestre y las otras dos antes del examen de fin de ciclo. La calificación final en el curso se obtiene promediando las notas de los exámenes con las prácticas. El apoyo para el desarrollo de la parte práctica del curso es proporcionado por los jefes de práctica, quienes son asistentes contratados para cubrir las cuatro sesiones que se programan a lo largo del semestre (denominadas “prácticas quincenales”). Sus funciones son las de apoyo personalizado (asesoría y guía) a los estudiantes durante la resolución de los ejercicios.

El dictado del curso, en los últimos años, se ha venido modificando con aplicaciones de innovaciones contemporáneas en el proceso de enseñanza-aprendizaje con la finalidad de ir adaptándose al aprendizaje por competencias. Por ejemplo, se desarrollaron presentaciones en video para tratar el tema de hidrocinemática aplicando el enfoque de “aula invertida”. Los videos mencionados se denominan “Clasificación del flujo” y “Teorías de Euler y Lagrange”. La estrategia para el desarrollo de la clase consistió en que los estudiantes debían revisar los videos antes de la sesión presencial para poder discutir los contenidos y complementar la teoría en aula. Los primeros semestres en que se aplicó esta propuesta, cuando los profesores que dictaban el curso habían sido los autores de los videos, ello funcionó de acuerdo con lo programado. Estas innovaciones aplicadas al curso y actividades de laboratorio en los últimos años, en todos los grupos de clase antes de la pandemia y durante la misma, han ido introduciendo a los profesores en la dinámica de revisar permanentemente la actividad docente y las aplicaciones de las innovaciones.

Al revisar la literatura académica existente,

se puede observar que las tendencias o innovaciones en la docencia, en los últimos años, no solo se centran en la introducción de metodologías innovadoras y buenas prácticas docentes, sino también en "... la necesidad de extender su impacto sobre el aprendizaje de los estudiantes" (Carrasco y De Corral, 2018, p.159). Las características de estas innovaciones son las de haber pasado de una enseñanza centrada en el docente a una enseñanza centrada en el aprendizaje de los estudiantes; es decir, se trata de poner el énfasis en la persona que aprende. Es esa última innovación continuada descrita sobre la cual se ha visto por conveniente incorporar el diseño instruccional como base de la presente experiencia docente que permita el diseño de procesos de aprendizajes centrados en el logro de las competencias que propone el curso de Mecánica de Fluidos. Ello se hizo con miras a impactar de forma beneficiosa sobre el objetivo del diseño instruccional que es hacer que el aprendizaje sea más eficiente, más efectivo y menos difícil (Morrison, 2010). A menudo, una instrucción bien diseñada ahorra tiempo y esfuerzo (Mayer, 1999). Ello se logra, aseguran Dicky Carey (2005), siempre y cuando el proceso de enseñanza-aprendizaje tenga un propósito como un sistema en el que cada componente es crucial para un aprendizaje exitoso. El instructor, los estudiantes, los materiales, las actividades de instrucción y los entornos de aprendizaje trabajan entre sí para lograr los resultados de aprendizaje deseados por los estudiantes.

Un experto en la materia o instructor a menudo aborda el diseño de un curso desde la perspectiva del contenido, es decir, qué temas cubrir. Por el contrario, un diseñador instruccional aborda la tarea definiendo, primero, el problema, y, luego, determinando qué conocimientos y habilidades se necesitan para resolver el problema instruccional (Dicky Carey, 2005). Por lo tanto, el objetivo del diseñador instruccional es diseñar y desarrollar instrucción que mejore el desempeño de la manera más eficaz y eficiente.

Según Morrison (2010), los beneficios de utilizar un enfoque de diseño instruccional para desarrollar una estrategia de formación son los siguientes:

- Permitir lograr el objetivo en un menor tiempo.
- Constituye un proceso para resolver deficiencias de habilidades y conocimientos.
- Aplicado de modo efectivo, brinda como resultado el mejor logro de los aprendizajes esperados.

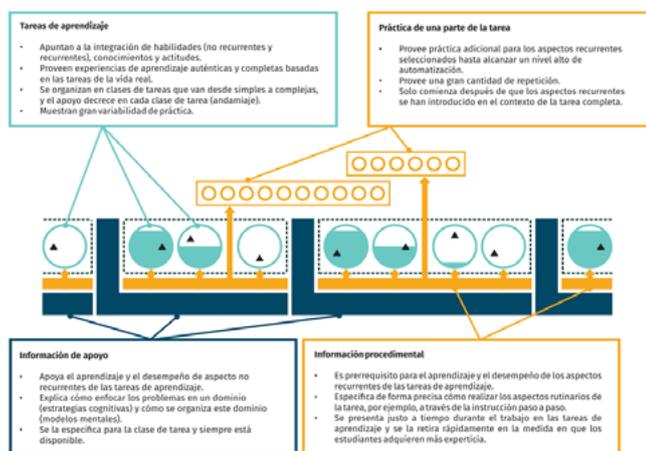
Dick y Carey (2005) mencionan que el diseño instruccional está definido por dos modelos pedagógicos: el modelo cognitivista, influido por el trabajo de Robert Gagné, y el modelo constructivista. Desde el punto de vista cognitivo, mencionan los autores, la instrucción se considera como un proceso que organiza y proporciona conjuntos de información, ejemplos, experiencias y actividades que guían, apoyan y aumentan los procesos mentales internos de los estudiantes. En cambio, sobre el pensamiento constructivista, mencionan la visión del aprendizaje como un producto único, construido por cada estudiante de forma individual, que combina información y experiencias nuevas con el conocimiento existente. En ese sentido, los individuos aprenden mediante la construcción de nuevas representaciones mentales de los entornos sociales, culturales, físicos e intelectuales en los que viven. Ello se debe a que el aprendizaje, en la visión constructivista, está muy entrelazado con las experiencias personales y es el papel principal del docente crear entornos de aprendizaje apropiados, es decir, contextos sociales o tecnológicos en los que la construcción del conocimiento de los estudiantes se da a través de interacciones con representaciones auténticas de prácticas reales (Mayer, 1999).

La literatura académica y científica sobre los modelos o enfoques de diseño instruccional es variada. Sobre ello, presentaremos, en la figura 1, el modelo de los cuatro componentes de diseño instruccional (4C/ID), desarrollado por Van Merriënboer (2019), que se ajusta a las tendencias actuales de la educación debido a lo siguiente:

- a) Se enfoca en el desarrollo de habilidades complejas (competencias).
- b) Propone el diseño y creación de escenarios y situaciones de aprendizajes auténticos (real).
- c) Desarrolla habilidades para el siglo XXI (aprendizaje para toda la vida).

Figura 1

Cuatro componentes



Nota. Tomado de El modelo instruccional de los cuatro componentes 4C/ID (Van Merriënboer, 2019).

El modelo instruccional de los cuatro componentes 4C/ID (abreviado, modelo 4C/ID) tiene como objetivo ayudar a los diseñadores de la instrucción con el desarrollo de programas educativos para enseñar habilidades complejas o competencias profesionales. Este modelo describe a los programas educativos como construcciones a partir de cuatro componentes: (Componente 1) tareas de aprendizaje, (Componente 2) información de apoyo, (Componente 3) información procedimental y (Componente 4) práctica de partes de la tarea.

Este modelo proporciona un enfoque para lograr un aprendizaje complejo basado en investigaciones psicológicas y educativas sólidas (Frerejean et al, 2016). El modelo 4C/ID se caracteriza por, en primer lugar, definir qué habilidades son necesarias y cuáles constituyen los aprendizajes que debe alcanzar el estudiante para diseñar tareas de aprendizaje o escenarios (problemas

complejos) donde se logren los aprendizajes esperados. En segundo lugar, busca analizar la naturaleza de estas habilidades por lograr y definir los conocimientos necesarios. En tercer lugar, se encarga de seleccionar recursos o diseñar materiales específicos de aprendizaje que el estudiante pueda requerir justo a tiempo (*just-in-time*) para resolver las tareas de aprendizaje propuestas. Finalmente, en cuarto lugar, proporciona ejercicios para la parte práctica de las tareas de aprendizaje e identifica el momento necesario en el cual se debe automatizar la realización de una rutina de ejercicios, cálculos y/o situaciones con estas tareas de aprendizaje (Van Merriënboer & Kirshner, 2018).

El modelo 4C/ID se puede plantear para un curso íntegro o para un paquete de cursos de un determinado plan de estudios. Sin embargo, se puede adaptar para una aplicación parcial de un curso, como es el caso de Mecánica de Fluidos, curso en donde la aplicación se haría parcialmente a la segunda mitad del mismo y en la parte práctica del curso.

El proceso seguido para la adaptación del modelo 4C/ID al propósito de la experiencia sería el siguiente:

Tabla 1

10 pasos para diseñar un aprendizaje complejo bajo el modelo 4C/ID

<p>1. Tareas de aprendizaje: facilitadoras del proceso básico del aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son tareas y problemas complejos basados en un contexto de la vida real. • Apelan de forma integral a conocimientos, habilidades, actitudes y toma de decisiones. • Son tareas variables, de complejidad menor a mayor, con apoyo y guía variables.
<p>2. Información de apoyo: facilitadoras de la elaboración</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministra "teoría". • Suministra organización de esquemas y estrategias cognitivas. • Sirve de puente entre lo que ya saben y lo que necesitan saber. • Proporciona retroalimentación cognitiva e información adicional.
<p>3. Información procedimental: facilitadoras de la formación de reglas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ayuda a ejecutar aspectos rutinarios, a proceder paso a paso, y es brindada en el momento oportuno (<i>just-in-time</i>). • Debe ir de más a menos, conforme el estudiante aprende.
<p>4. Práctica de una parte de la tarea: facilitadoras del fortalecimiento de las reglas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe darse sobre aspectos rutinarios y no rutinarios de una tarea compleja. • Combina bien con las tareas de aprendizaje, la cual es más efectiva cuanto mayor es la integración del grupo. • Apuntan al fortalecimiento de las reglas cognitivas.

Nota. Tomado de Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design (Van Merriënboer & Kirshner, 2018).

En síntesis, el modelo 4C/ID asegura y facilita la coherencia entre los resultados de aprendizaje, las estrategias y acciones aplicadas, así como del sistema de evaluación para que los estudiantes alcancen las competencias necesarias en el proceso de resolver las tareas de aprendizaje o problemas complejos planteados.

Objetivo de aprendizaje involucrado en la actividad

La experiencia de aprendizaje tuvo como objetivo mejorar el desempeño de los estudiantes a través del uso del diseño instruccional en un curso de ingeniería. En ese sentido, el curso de Mecánica de Fluidos ha definido la siguiente competencia por desarrollar en los estudiantes: “Diseña y gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad” (PUCP, 2016).

Para facilitar la comprensión y definición específica de la competencia en mención, se ha procedido a dividirla en dos desempeños o resultados de aprendizaje esperados.

- Resultado de aprendizaje 1: Diseña proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.
- Resultado de aprendizaje 2: Gestiona proyectos de infraestructura tomando en cuenta la normativa vigente, las condiciones del entorno y el impacto ambiental, con criterios de seguridad, economía, utilidad y funcionalidad.

Tratando de mostrar un alineamiento entre los resultados de aprendizaje por evaluar y las estrategias utilizadas, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 2

Alineamiento entre resultados y estrategias del curso

Resuelve proyectos de infraestructura tomando en cuentas las normativas vigentes, las condiciones del entorno, utilidad y funcionalidad.		
Resultados de aprendizaje	Estrategias y acciones para alcanzar los Resultados de aprendizaje	Sistema de evaluación
<p>Presentar la solución de un problema complejo en el curso de Mecánica de fluidos, lo que implica lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aplicar la ecuación de la energía para situaciones del problema • calcular pérdidas de carga para esas situaciones • dimensionar analíticamente las conducciones y reservorios • mostrar y organizar resultados 	<p>Para cubrir parcialmente la competencia de fin de carrera, se han previsto las siguientes actividades de enseñanza-aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • exposición por parte del docente del problema a resolver, formación de grupos y asignación de jefes de práctica • reparto del trabajo a desarrollar en grupo, en sesiones asincrónicas con el jefe de prácticas • presentación de avances en reuniones síncronas semanales ante el docente • búsqueda y consulta de bibliográfica, preparación de esquemas y propuestas para la solución • retroalimentación semanal, en base a las presentaciones y las consideraciones adoptadas en la solución • reuniones para integrar resultados y evaluar la participación de los estudiantes 	<p>10% - presentaciones semanales del trabajo</p> <p>40% - problema desarrollado en grupo (primera parte: contextualización)</p> <p>10% - actividades realizadas en sesiones tutorizadas</p> <p>40% - presentación y sustentación del trabajo final en sesión síncrona</p> <p>Criterios de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • criterios adoptados para la contextualización • integración de las fuentes consultadas • aplicación de los conocimientos esenciales • interacción y trabajo colaborativo (completar tareas, colaborar, negociar) • presentación y sustentación de trabajos

Para la evaluación de los aprendizajes, se elaboraron dos rúbricas (ver Anexo - Rúbrica de la etapa 1 y 2) que permitieron acompañar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y otorgar la oportuna retroalimentación en cada etapa del proceso. La retroalimentación resultó importante desde la definición de la “evaluación formativa” aplicada en la experiencia.

Desarrollo de la actividad

Las indagaciones previas realizadas a docentes y jefes de práctica, a través de entrevistas y encuestas, concuerdan en que se requiere dar un rol más autónomo a los estudiantes, que se incentiven los trabajos grupales, y que se diseñen problemas complejos y no muy contextualizados para ser resueltos por los estudiantes. Por otro lado, las competencias exigidas en el sílabo del curso y en el perfil del egresado, y, en los

últimos tiempos, por las acreditadoras de carreras universitarias, hacen necesario tener un proceso de mejora continua para asegurar la calidad educativa en todo momento y espacio. En esta experiencia, se propone el uso del modelo 4C/ID para que el proceso de desarrollar las competencias esperadas en los estudiantes sea cada vez más eficiente.

A continuación, se presenta el desarrollo de la experiencia de aprendizaje propuesta. Las etapas desarrolladas en esta propuesta fueron dos (ver Anexo - Programación de las actividades de aprendizaje). En la primera etapa de implementación, se debe destacar como un momento importante el de la formación de los grupos de trabajo que, además de su relación con el primer resultado de aprendizaje, es muy importante porque permite que los estudiantes tengan un primer acercamiento con sus compañeros de trabajo y sienta las bases para el comienzo del trabajo colaborativo. Otros momentos importantes en esta primera etapa se refieren a la orientación hacia el acceso a las lecturas técnicas y reglamentos e información en general, necesarios para el manejo adecuado de la resolución del problema, así como al planteamiento de las hipótesis de solución a través de una lluvia de ideas y su desenvolvimiento en soluciones viables (ver Anexo - Caso 1 y 2). Es importante resaltar que, en esta etapa de implementación, se trata de enfatizar el trabajo colaborativo y esto se explica por la inexperiencia casi total de los estudiantes de este nivel a la luz de los cursos llevados por ellos previamente. En su totalidad, estos cursos han enfatizado el trabajo individual, mientras que los logros esperados en esta etapa de implementación son los que se centran en el desarrollo del trabajo colaborativo. Asimismo, es muy importante el rol del jefe de práctica para el acompañamiento y seguimiento a los grupos de estudiantes para lo que hace uso de una ficha de registro de ocurrencias (ver Anexo) que se tiene por cada grupo. Esta sirve para poder prever ciertas dificultades de los grupos, o identificar posibles deserciones o abandono de los integrantes.

La segunda etapa se concentra en la

confirmación de la competencia esperada, lo que se evidencia con la presentación de cálculos y resultados, de los ajustes convenidos en las reuniones de coordinación y de los avances obtenidos en la solución del problema. En esta etapa, se destaca la motivación de los grupos para la búsqueda individual de información. Esta, al ser intercambiada y socializada con sus compañeros, conducirá a desarrollar el pensamiento crítico que los guíe a asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje y presentar la solución del problema. Dicha etapa suele terminar con la presentación de planos, memorias y datos para la solución del problema planteado, los que incluyen los ajustes convenidos entre el grupo y el docente. Los logros alcanzados en esta segunda etapa estarán vinculados al aprendizaje observado entre el planteamiento inicial y la solución final con los ajustes convenidos en las últimas semanas. Finalmente, se destacan momentos importantes como el efecto de la reflexión docente sobre las propias prácticas de enseñanza. La reflexión se ha configurado en dos momentos: el primero, al final de la tercera semana, donde se puede compulsar el efecto de las actividades colaborativas desde el punto de vista de su funcionamiento como estrategia, y, el segundo momento, luego de la retroalimentación a la primera etapa, hacia la sexta semana, en donde la reflexión se debe centrar en la solución del problema complejo, y su relación con las habilidades desarrolladas y logros obtenidos.

Comentarios sobre la experiencia/evaluación de la experiencia

Es importante hacer un análisis que tenga en cuenta los cuatro componentes planteados bajo el modelo 4C/ID de Van Merriënboer y Kirschner (2018). En ese sentido, se presenta lo siguiente:

Componente 1: tareas de aprendizaje (problemas complejos)

Es el primer componente del diseño instruccional, y se refiere a todas las tareas complejas por diseñar para lograr los resultados de aprendizaje esperados. De

acuerdo con el componente 1, aplicado a la presente experiencia, se plantearon dos tareas principales de aprendizaje: una referida a una conducción por una derivación con ramificaciones y otra referida a un sistema de bombeo. En este punto, se evidenció una deficiencia en el diseño instruccional al no haber preparado previamente información de soporte (componente 2) y/o algunas tareas rutinarias de procedimiento (componente 3), por ejemplo, ejercicios relativos a las dotaciones y distribución de caudales. Al concluir la segunda etapa de la experiencia y aplicar la rúbrica de evaluación, se obtuvo un menor puntaje, en ambos grupos de trabajo. Ello alude a una falta de contenido de refuerzo (componente 2) y la creación de un mayor número de tareas rutinarias (componente 4) en lo que respecta a la presentación de los trabajos.

Por último, no se contó con pruebas de autoevaluación o coevaluación entre pares en paralelo para poder discriminar el trabajo individual dentro del grupo. Otra deficiencia relacionada con las evaluaciones se refiere a los saberes previos, ya que, al haberse considerado las tareas de aprendizaje a ser evaluadas cada tres semanas, no se contó con una evaluación de diagnóstico inicial para cada tarea de aprendizaje, por lo cual los jefes de práctica realizaron un esfuerzo adicional para fortalecer a los grupos de estudiantes en saberes previos con la finalidad de cubrir esta deficiencia.

Componente 2: información de soporte

Esta información, que es la segunda del diseño instruccional, funciona en paralelo con las tareas de aprendizaje, ya que repercuten en las estrategias cognitivas y de los modelos mentales que se deben suministrar a los estudiantes, los cuales funcionan como un puente entre lo que saben y lo que necesitan saber. La información de soporte diseñada alcanzó para la solución de las dos tareas de aprendizaje, pero se tuvo que crear material de información de soporte para las sesiones de refuerzo que fueron realizadas por los jefes

de aprendizaje.

Componente 3: información procedimental

Constituye el tercer componente del diseño instruccional, que no fue proporcionado a los estudiantes en forma de programa o guía (recomendable), sino que se fue desarrollando con los estudiantes conforme se iban resolviendo las tareas de aprendizaje proporcionadas en la información de soporte. El no haber diseñado la información procedimental por escrito no permitió analizar el conocimiento que se tenía previsto como prerrequisito ni las reglas cognitivas asociadas a ellos.

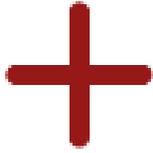
Componente 4: práctica de partes de las tareas

Es el cuarto componente del diseño instruccional, el cual fue aplicado conforme se fueron resolviendo las tareas de aprendizaje. Para cubrir dicho componente, se prepararon materiales para los estudiantes tales como modelos de memorias descriptivas y ejemplos de planos de perfiles longitudinales, los que se explicaron en las reuniones con los jefes de práctica, con los que la mayoría de los estudiantes pudieron completar la solución, la que fue reflejada a través de mejores presentaciones.

A modo de lecciones aprendidas y recomendaciones sobre el uso del diseño instruccional como parte del diseño de un curso de ingeniería, en el caso del curso de Mecánica de Fluidos, se puede resumir que, bajo el modelo 4C/ID, faltó diseñar tareas de aprendizaje previas a modo de ejemplo (componente 1) referidas a las dotaciones de agua y distribución de caudales que puedan ser revisadas y analizadas por los estudiantes antes de iniciar con la resolución de los problemas complejos. Sin embargo, ello se pudo cubrir con los ajustes efectuados.

En cuanto a las evaluaciones del desempeño, faltaron autoevaluaciones y/o coevaluaciones que permitieran a los estudiantes juzgar sus

logros respecto de la tarea encomendada, y conocer cómo mejorar su aprendizaje y ser consciente de ello. La falta de profundización en los respectivos componentes del modelo 4C/ID ocasionó que el docente y jefes de prácticas dedicaran más tiempo y esfuerzo en encaminar a los grupos para resolver la tarea de aprendizaje planteada, lo cual no fue muy eficiente (en tiempo y costo) sobre el planteamiento de la experiencia de aprendizaje y desde el punto de vista del diseño instruccional aplicado. No obstante lo explicado anteriormente, el desarrollo de la competencia esperada a través del diseño instruccional ha llevado a los estudiantes a cubrir los resultados de aprendizaje esperados. Sin embargo, con una mayor profundización en el modelo 4C/ID, se puede llegar a mejores niveles de desempeño de los estudiantes en siguientes versiones del curso.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrasco, S., y De Corral, I. (coord.) (2018). *Docencia universitaria e innovación: Evolución y retos a través de los CIDUI*. Ediciones Octaedro, S.L., Secretaría Técnica CIDUI - Associació Catalana d'Universitats Públiques.
- Dick, W., y Carey, L. (2005). *The Systematic Design of Instruction* (6.ª ed.). Allyn & Bacon.
- Frerejean, J., Van Strien, J. L., Kirschner, P. A., y Brand-Gruwel, S. (2016). Completion strategy or emphasis manipulation? Task support for teaching information problem solving. *Computers in Human Behavior*, 62, 90-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.048>
- Mayer, R. E. (1999). Designing instruction for constructivist learning. En *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 141-159). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Morrison, G. R. (2010). *Designing Effective Instruction* (6.ª ed.). John Wiley & Sons.
- PUCP (2016) *Ingeniería Civil: Competencias del egresado*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería Civil. <https://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/carreras/ingenieria-civil/perfil-de-egreso/>
- Van Merriënboer, J. J. G. (2019). *El modelo de los cuatro componentes de diseño instruccional*. Universidad de Maastricht.
- Van Merriënboer, J. J. G., y Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design* (3.ª ed.). Routledge.

ANEXOS

Programación de las actividades de aprendizaje

Primera parte: Planteamiento de la hipótesis de solución (contextualización del problema)					
SEMANA	ACTIVIDAD PROGRAMADA	TIEMPO	ACT. DOCENTES	ACT. ALUMNOS	HERRAMIENTAS
1 Reunión síncrona Sábado 23 de octubre (6 a 8 p. m.)	Presentación de la propuesta: El docente presenta y muestra características del trabajo colaborativo y de la resolución de problemas.	20 min.	El docente presenta.	Participa.	PPT
	Formación de grupos de trabajo: Coordina en aula; trata de que sean heterogéneos.	30 min.	El docente presenta.	Participa.	
	Organización del trabajo grupal: Presenta a los jefes de práctica; alude a la autonomía de cada grupo.	10 min.	El docente presenta.	Participa.	
	Presentación del problema: Hace alusión a los problemas 1 y 2, en Paideia. Muestra y hace preguntas.	10 min.	El docente presenta.	Participa.	Impreso (Paideia)
	Hipótesis/información: Cada jefe de práctica revisa los datos y responde preguntas. El salón se divide en dos aulas: jp1 y jp2.	20 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Hace preguntas.	Impreso (Paideia)
	Tarea asíncrona: Los jp explican la tarea para la sesión 2. Coordinan fecha asíncrona. Coordinan la presentación para la segunda sesión.	10 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Hace preguntas.	
	Llenado de ficha ref. (jp): Los JP llenan las fichas de observación.	20 min.	Los jp1 y jp2 actúan.		Ficha
2	Presentación de la hipótesis: Se trabaja en dos aulas: jp1 y jp2. Cada grupo presenta la hipótesis desarrollada. Puede ser un ppt u otra presentación. 15 minutos para cada grupo. Los jp toman notas para su ficha.	60 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Presenta.	PPT/otro

Reunión síncrona	Retroalimentación/acciones convenidas: Cada <u>jp</u> recopila las observaciones y propone los ajustes.	30 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> guían y facilitan.	Participa.	
	Tarea asíncrona: Los <u>jp</u> explican la tarea para la sesión 3. Coordinan fecha asíncrona. Coordinan presentación para tercera sesión.	10 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> guían y facilitan.	Hace preguntas.	Los <u>jp</u> recomiendan.
	Llenado de ficha de observación (jp): Los <u>jp</u> llenan las fichas de observación.	20 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> participan.		Ficha
Miércoles 27 de octubre (6 a 8 p. m.)					
3 Reunión síncrona	Presentación de segunda hipótesis: Se trabaja en dos aulas. Cada grupo presenta la hipótesis corregida. Puede ser <u>ppt</u> u otra presentación. 7.5 minutos para cada grupo. Los <u>jp</u> toman notas para su ficha.	30 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> guían y facilitan.	Presenta.	PPT/otro
	Retroalimentación: Los <u>jp</u> aprueban la hipótesis; pueden hacer algún ajuste. Usan la rúbrica como <u>check list</u> de las tareas acumuladas.	30 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> guían y facilitan.	Participa.	
	Tarea asíncrona: Los <u>jp</u> explican la tarea para la sesión 4. Coordinan fecha asíncrona. Coordinan presentación para cuarta sesión.	20 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> guían y facilitan.	Hace preguntas.	Los <u>jp</u> recomiendan.
	Calificación de rúbrica 1: Los <u>jp</u> califican.	20 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> califican.		Rúbrica
	Llenado de ficha ref. (jp): Los <u>jp</u> llenan las fichas de observación.	20 min.	Los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> actúan.		Ficha
miércoles 3 de noviembre (6 a 8 p. m.)					
3 Reunión asíncrona (Docente y los <u>jp</u>) fecha a coordinar	Reflexión docente: Se hace revisión de fichas.	30 min.	El docente, y los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> participan.		Reunión Zoom
	Se hace revisión de diario docente.	20 min.	El docente, y los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> participan.		
	Se realiza análisis crítico, reflexión docente.	20 min.	El docente, y los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> participan.		
	Se realiza digitación de acta.	20 min.	El docente, y los <u>jp1</u> y <u>jp2</u> participan.		

Segunda parte: Resolución de la hipótesis planteada					
SEMANA	ACTIVIDAD PROGRAMADA	TIEMPO	AC. DOCENTES	AC. ALUMNOS	HERRAMIENTAS
4 Miércoles 10 de noviembre (6 a 8 p. m.)	Presentación y socialización de hipótesis: Los alumnos tienen 15 minutos para exponer su hipótesis de solución ante sus compañeros. Se trabaja en dos aulas.	60 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Presenta.	PPT/otro
	Retroalimentación: Los jp aprueban los últimos ajustes y direccionan información bibliográfica. Retroalimentan, también, sobre trabajo colaborativo.	30 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Participa.	
	Tarea asíncrona: Los jp explican la tarea para la sesión 5. Coordinan fecha asíncrona. Coordinan la presentación para la quinta sesión.	10 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Hace preguntas.	
	Llenado de ficha ref. (jp): Los jp llenan la ficha de observación.	20 min.	Los jp1 y jp2 actúan.		Ficha
5 miércoles 17 de noviembre (6 a 8 p. m.)	Presentación de planos/memorias/anexos: Los estudiantes tienen 15 minutos para exponer su trabajo: planos, memorias, anexos. Se trabaja en dos aulas.	60 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Presenta.	PPT/otro
	Retroalimentación/acciones convenidas: Los jp tienen 7.5 minutos por grupo para aprobar lo actuado y sugerir algún ajuste. Se adiciona referencias bibliográficas de ser necesario.	30 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Participa	
	Tarea asíncrona: Los jp convienen con los grupos que lo necesiten una reunión asíncrona; coordinan fecha. Programan ajustes finales para presentación en la sesión de la semana 6.	10 min.	Los jp1 y jp2 guían y facilitan.	Hace preguntas.	Los jp recomiendan.
	Llenado de ficha ref. (JPs): Los jp llenan la ficha de observación.	20 min.	Los jp1 y jp2 actúan.		Ficha

6 Reunión sincrona miércoles 24 de noviembre (6 a 8 p. m.)	Presentación final: Cada grupo, a través de un representante, presenta su trabajo final; puede hacerlo por medio de PPT u otro. Tiene 15 minutos para la presentación. Se presenta en dos aulas.	60 min.	El docente, y los jp1 y jp2 participan.	Presenta.	PPT/otro
	Observaciones finales de retroalimentación: Los docentes pueden hacer una retroalimentación, para el aprendizaje, ya que no genera correcciones; son observaciones generales.	20 min.	El docente, y los jp1 y jp2 presentan.	Hace preguntas.	Los <u>jps</u> recomiendan.
	Calificación de rúbrica 2: Cada <u>jp</u> a sus grupos.	20 min.	Los jp1 y jp2 califican.		Rúbrica
	Llenado de ficha ref. (los <u>jp</u>): Los <u>Los jp</u> llenan la ficha de observación.	20 min.	Los jp1 y jp2 actúan.		Ficha
6 Reunión asincrona (Docente y los <u>jp</u>) fecha a coordinar	Reflexión docente: Se hace revisión de fichas.	30 min.	El docente, y los jp1 y jp2 participan.		Reunión Zoom
	Se hace revisión de diario docente.	25 min.	El docente, y los jp1 y jp2 participan.		
	Se realiza análisis crítico, reflexión docente.	20 min.	El docente, y los jp1 y jp2 participan.		
	Se realiza digitación de acta.	20 min.	El docente, y los jp1 y jp2 participan.		

CASO 1

Sistema de abastecimiento de agua para un campamento minero

Se requiere dimensionar hidráulicamente un sistema de abastecimiento de agua para un campamento minero que se ubicará en un paraje de las estribaciones de los Andes, en la vertiente del Pacífico a una altitud de 800 msnm. El campamento está dimensionado para alojar a 720 trabajadores, en tres niveles como se muestra en el corte AA. Cuenta con 15 bloques de viviendas de dos plantas, con capacidad para alojar a 48 trabajadores en un área de 9 x 18 m. Los 15 bloques se distribuyen en tres niveles, separados por 5 m. de altura. La planta topográfica para la determinación de los detalles se adjunta en el plano correspondiente. En esta, se destaca el curso del río, la ubicación de la plataforma donde se construirán los alojamientos de los trabajadores, así como la trocha de acceso al campamento desde la carretera a la mina. La plataforma donde se construirán los alojamientos.

Considerar que el río en estiaje acarrea un caudal de 2 m³/s y que la calidad del agua no requiere tratamiento para uso ordinario en el campamento (aseo, servicios, lavandería) y debe hervirse para consumo humano. No se cocinan alimentos en estos alojamientos. La mina tiene sus propios comedores donde los trabajadores tendrán desayuno, almuerzo y cena.

Las dotaciones de agua para cada bloque, así como la presión de servicio se establecerán de acuerdo con el RNC y todo el sistema debe configurarse teniendo en cuenta este reglamento. Las fórmulas y tablas empleadas para calcular las pérdidas, los diámetros, las presiones relevantes en el diseño se pueden tomar de las separatas consideradas en la innovación o de alguna otra referencia bibliográfica, de preferencia de los textos de la bibliografía del sílabo del curso.

El sistema debe considerar lo siguiente:

1. ubicación, dimensionamiento y equipamiento de la captación de agua del río
2. ruta, materiales y trazo de la tubería de alimentación hasta los bloques de alojamiento
3. ubicación y dimensiones de reservorios, si fuesen necesarios
4. dimensionamiento de las tuberías, accesorios y equipos, en caso de requerirse, adjuntando las características técnicas
5. presentación de un plano, al final del trabajo, con la distribución en planta tomando en cuenta el perfil longitudinal de una línea, de la captación a la entrega en el bloque de vivienda (el trabajo no considera la distribución interna), una memoria descriptiva (no más de dos páginas) y los anexos necesarios para las calidades de los insumos (tuberías, equipos, accesorios)

La duración del desarrollo de este trabajo es de seis semanas, con sesiones los miércoles de 6 a 8 p. m., según cronograma que se detalla en su momento (entre la semana 9 y 15 del semestre), con asistencia obligatoria.

Las calificaciones a la semana 12 y 15 semana reemplazarán a las notas de la tercera y cuarta práctica. Las rúbricas para estas evaluaciones se entregarán oportunamente. Las calificaciones considerarán, en una primera etapa, el desempeño de los estudiantes en el trabajo colaborativo conducente a una hipótesis de solución del problema de abastecimiento, basado en los elementos de contextualización que haya configurado el grupo de trabajo, así como a la estructuración de dicha hipótesis. Los alcances que se evaluarán en esta primera etapa consideran decisiones de ubicación y sistema de captación; dotaciones de agua adecuadas al uso según reglamentos; ruta de conducción, materiales y accesorios para

utilizar; verificación de los parámetros de abastecimiento como presiones, reservorios, tiempos y características de sistemas de bombeo, de ser necesarios. Los desempeños derivados de esta evaluación se muestran en la primera rúbrica diseñada para ese fin, que será aplicada en la tercera semana de la innovación.

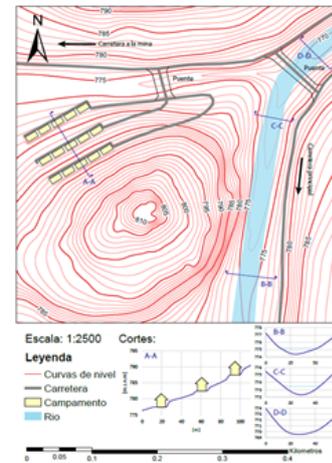
En una segunda etapa, el desempeño que se evaluará se situará en el trabajo colaborativo asociado a la presentación de la solución definida para el problema complejo. Es decir, una vez aprobada la hipótesis de solución del abastecimiento planteado por el grupo, se procederá a su desarrollo técnico, dentro del cual los alcances esperados son la ejecución de planos, memoria descriptiva y de cálculo de las partes importantes como diseño de la captación, caudales considerados de la línea de conducción con sus detalles de cobertura, de protección, sujeción y ruta. También, se evaluarán las decisiones del abastecimiento, almacenamiento, tiempos de cobertura y, por último, la presentación general de planos con detalles de planta, perfiles longitudinales de flujo, detalles de captaciones, cisternas, instalación de bombas, casetas, etc. Todo ello se tendrá en cuenta en la segunda rúbrica, que será evaluada en la sexta semana de la innovación.

Los grupos que resolverán el presente problema lo harán colaborativamente por lo que se recomienda llegar a la primera sesión de la práctica habiendo leído los alcances de dicha modalidad de trabajo universitario.

Link 1- <https://www.youtube.com/watch?v=BoGalVm15DQ>

Lima, setiembre de 2021

Caso 1 - Plano del problema



CASO 2

Abastecimiento de agua potable a dos edificios de departamentos de vivienda económica

En una zona del sur de la costa de Lima, se han edificado dos bloques de viviendas y deben abastecerse de una línea de conducción que pasa por su cercanía. El ducto de abastecimiento es de acero comercial; tiene un diámetro de 10 pulgadas y conduce 100 l/s en el tramo de captación. La cota del eje de la tubería de abastecimiento y las presiones del flujo se muestran en el plano que se adjunta.

La ubicación de los edificios y las cotas del nivel del primer piso se indican en el plano. Para trazar la línea de captación y los diámetros de diseño, se indican las pistas existentes. El diseño debe considerar la conducción de las tuberías, las presiones de servicio, los equipos y accesorios necesarios. Las especificaciones de las tuberías que se usarán, así como de los equipos a emplear deben acompañar a la memoria descriptiva a presentar junto con los planos y memoria de cálculo.

El edificio A consta de una planta con 4 departamentos por piso en un área de 560 m². Esta se repetirá en los cuatro pisos del edificio. El edificio B tendrá seis departamentos por piso en una planta de 840 m² que se repetirán en seis pisos. Las dotaciones de agua para cada bloque, así como la presión de servicio, se establecerán de acuerdo con el RNC y todo el sistema debe configurarse teniendo en cuenta este reglamento.

El sistema debe considerar lo siguiente:

1. ubicación, dimensionamiento y equipamiento de la captación de la línea existente
2. ubicación y dimensiones de reservorios, si fuesen necesarios
3. trazo y dimensionamiento del sistema de distribución a las edificaciones
4. dimensionamiento de las tuberías y los equipos, en caso de requerirlos, con las características técnicas

5. presentación, al final del trabajo, de un plano con la distribución en planta tomando en cuenta; el perfil longitudinal de una línea, de la captación a la entrega en el bloque de vivienda (tener en cuenta que el trabajo no considera la distribución interna), una memoria descriptiva (no más de tres páginas) y los anexos necesarios para las calidades de los insumos (tuberías, equipos, accesorios)

La duración del desarrollo de este trabajo es de seis semanas, con sesiones los miércoles de 6 a 8 p. m., según cronograma que se detalla en su momento (entre la semana 9 y 15 del semestre), con asistencia obligatoria.

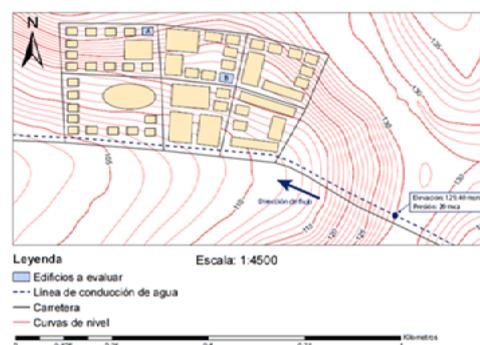
Las calificaciones a la semana 12 y 15 semana reemplazarán a las notas de la tercera y cuarta práctica. Las rúbricas para estas evaluaciones se entregarán oportunamente.

Las calificaciones considerarán al trabajo colaborativo como a la solución del problema como dos efectos complementarios. La asistencia de los alumnos al dictado de su curso sigue siendo obligatoria.

Los temas desarrollados en clases por los profesores, que son evaluados en la tercera y cuarta práctica, pueden ser tratados en el examen final.

Lima, setiembre de 2021

Caso 2 - Plano del problema



FICHAS DE REGISTRO DE OCURRENCIAS

FECHA:	
GRUPOS:	
DIMENSIÓN: Investigación cualitativa - observación	
FASE: 1 Contextualización del problema	
JEFE DE PRÁCTICA:	
DOCUMENTOS: separatas, RNC, otros.	
DESARROLLO (OCURRENCIAS)	PERCEPCIONES (ACTITUDES/OPINIONES)
<ul style="list-style-type: none">• Saberes previos • Contenidos conceptuales • Contenidos procedimentales	1-
COMPROMISOS	
1-	

RÚBRICAS PARA PRIMERA ETAPA (CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA)

Rúbrica GRUPO 1, 2, 3, 4, A, B, C, D, E			
Producto 1: Contextualización del problema			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Dotación de agua	<ul style="list-style-type: none"> ● Define el volumen de agua necesario teniendo en cuenta la reglamentación correspondiente. ● Aplica correcciones teniendo en cuenta el tiempo de conducción y adoptando reducciones o sobredimensionamiento. ● Define los caudales de captación y derivación teniendo en cuenta la estimación para el caso. 	La consideración de los volúmenes requeridos es muy por encima de lo razonable; si bien hay cierto sustento del por qué se toma más de lo requerido, a esto hay que agregar la falta de criterio en los tiempos de llenado, tiempos de almacenamiento y volumen individual de cada reservorio.	2
Captación	<ul style="list-style-type: none"> ● Justifica la ubicación de la captación. ● Dimensiona la captación de acuerdo con las consideraciones del caso y al tiempo. ● Determina posibles inconvenientes que puedan presentarse en la captación y plantea soluciones a las mismas. 	El diseño elegido es relativamente complicado, pero el sustento del mismo es adecuado. Se realizó un <u>predimensionamiento</u> que es bastante razonable para la etapa en que se encuentra el proyecto.	4
Transporte o distribución	<ul style="list-style-type: none"> ● Define el trazo de la conducción de acuerdo con el contexto y propone soluciones a problemas de seguridad de la misma. ● Justifica el material de las tuberías de acuerdo con el contexto (idóneo al ambiente). ● Verifica que el material y los accesorios existan en el mercado (indica donde obtenerlo, sea nacional o internacional para lo cual se sustenta mostrando el link). ● Define y dimensiona almacenamientos de ser necesarios. 	Si bien el trazo es adecuado, no hay mayor sustento numérico que avale lo mostrado en la presentación y no hay mayor verificación del mismo.	2.5

Sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> ● Justifica su necesidad de acuerdo con el contexto (almacenamiento y presión de servicio). 	Las consideraciones para el bombeo a este punto del trabajo son muy básicas; se realizó cierta investigación, pero no hay	2
	<ul style="list-style-type: none"> ● Define sus características principales: carga dinámica, caudal, tiempo de bombeo, número de bombas, diámetros de tuberías, etc. ● Elaborar un croquis del sistema en base a lo dimensionado. 	mayor profundidad en el tema.	
Verificación del abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> ● Verifica los tiempos de conducción, almacenamiento, bombes vs los caudales. ● Verifica si las presiones de entrega cumplen con los reglamentos. 	No hay mayor verificación en el sistema, pero al menos el sustento legal es suficiente para aceptar parte del diseño.	2

RÚBRICAS PARA SEGUNDA ETAPA

Rúbrica GRUPO 1, 2, 3, 4, A, B, C, D, E			
Producto 2: Resolución de problemas complejos			
Criterio	Descripción del nivel de logro	Comentario	Puntaje
Croquis a escala de captación y diseño de bifurcaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiona en plano A4 adicional al entregado. Incluir las líneas de bombeo, de ser el caso, mostrando en planta todo el desarrollo. • Muestra detalles de la captación en planta y perfil. Acotar los valores significativos. 	La presentación y formato son impecables; la escala es adecuada y el esquema planteado es fácil de entender.	4
Perfil de líneas de transporte con detalles de cobertura/ sujeción	<ul style="list-style-type: none"> • Traza el perfil longitudinal de todo el desarrollo de la línea de abastecimiento; muestra los detalles de cobertura y sujeción. • Indica la línea de energía. • Indica los diámetros por tramos. • Especifica los materiales en los planos. 	Todos los elementos están debidamente acotados, pero omite pérdidas por algunos accesorios y olvida la existencia de válvulas de control importantes.	3
Dimensionamiento de almacenamiento / reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Ubica en el plano en planta, en la línea de transporte los reservorios. • Hace croquis para cada almacenamiento (o plano adicional) con dimensiones en hoja aparte A4. • Indica los niveles mínimo y máximo de funcionamiento. 	Tanto el reservorio como la captación son adecuados. Los niveles y volúmenes son coherentes.	4
Verificación de abastecimiento: volúmenes y presiones	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica que el dimensionamiento final resuelve el problema complejo. • Justifica los parámetros adoptados. • Registra en las memorias de cálculo los parámetros finales. 	Arrastra algunos errores relativos a la presión en el sistema.	3
Presentación general /plano a escala/ memorias/anexos	<ul style="list-style-type: none"> • plano en planta • perfil longitudinal • plano de detalles • memorias/anexos 	Si bien los planos y perfiles son adecuados, la memoria descriptiva es un tanto caótica y muestra errores de cálculo mencionados anteriormente.	3