



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación  
de las Ciencias

ISSN:

ISSN: 1697-011X

revista.eureka@uca.es

Universidad de Cádiz

España

## Estrategia CMID adaptada a la virtualidad para estudiar el equilibrio térmico en formación inicial docente

 **Díaz-Delgado, Rolando Adán**

 **Carreño-Matus, María José**

Estrategia CMID adaptada a la virtualidad para estudiar el equilibrio térmico en formación inicial docente

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 3, p. 320101, 2023  
Universidad de Cádiz

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92074779005>

DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i3.3201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3201)

Experiencias, recursos y otros trabajos

## Estrategia CMID adaptada a la virtualidad para estudiar el equilibrio térmico en formación inicial docente

ILD strategy adapted to virtuality to study thermal equilibrium in initial teacher training

Rolando Adán Díaz-Delgado

Departamento de Estudios Pedagógicos, Facultad de  
Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile.  
Santiago, Chile  
rolandodiaz@uchile.cl

 <https://orcid.org/0000-0001-6819-6976>

María José Carreño-Matus

Departamento de Estudios Pedagógicos, Facultad de  
Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile.  
Santiago, Chile  
maria.carreno@uchile.cl

 <https://orcid.org/0000-0001-7789-6077>

DOI: <https://doi.org/10.25267/>

Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i3.3201

Recepción: 05 Octubre 2022

Revisado: 30 Octubre 2022

Aprobación: 02 Abril 2023



Acceso abierto diamante

### Resumen

Se describe la aplicación de la estrategia Clase Magistral Interactiva con Demostración adaptada a la virtualidad para estudiantes de quinto año de pedagogía en Matemáticas y Física. Se analizan los resultados bajo el enfoque orientado al nivel de comprensión del estudiantado del concepto de equilibrio térmico y al ámbito pedagógico. Al inicio un 83% de los estudiantes poseen ideas previas inadecuadas sobre la evolución temporal de la temperatura de dos objetos en contacto térmico, ambos con distinta masa y diferentes temperaturas iniciales. Luego de aplicar la estrategia, se determinó el factor de Hake para conocer la ganancia de aprendizaje que fue de 0,429, lo que se considera una ganancia media. En el formulario ticket de salida se aprecia la alta valoración de la CMID por parte de los profesores en formación para su labor docente, destacándose la importancia del aprendizaje social y el proceso de reconstrucción de conceptos a través de un ejercicio de metacognición.

**Palabras clave:** Clase magistral interactiva con demostración, formación inicial docente, enseñanza y aprendizaje en contexto de virtualidad, equilibrio térmico.

### Abstract

The use of the Interactive Lecture Demonstrations strategy adapted to virtual session to a fifth-year student teachers' class is described. The results are analyzed under the approach oriented to the student teachers' level of understanding of the concept of thermal equilibrium and to their pedagogical knowledge. At the beginning, 83% of the students had inadequate previous ideas about how the temperature of two objects in thermal contact, both with different mass and different initial temperatures, change over time. After applying the strategy, Hake's factor was determined to know the learning gain. Its value was 0,429, which is considered a medium gain. The student teachers' exit ticket showed the high valuation given by them to the ILD strategy. Student teachers highlighted the importance of social learning and the process of their own physics concept reconstruction through a metacognition exercise.

**Keywords:** Interactive Lecture Demonstrations, initial teacher training, teaching and learning in the context of virtuality, thermal equilibrium.

## Introducción

La estrategia Clase Magistral Interactiva con Demostración (CMID) (traducción e interpretación propia de su nombre en inglés: Interactive Lecture Demonstrations, ILD) se formalizó por sus autores en la década de los 90 del siglo pasado, dando lugar a diversas investigaciones en la enseñanza de la física (Thornton y Sokoloff, 1990; Thornton, 1996; Thornton, 1997), y su objetivo es promover la comprensión de los conceptos físicos fundamentales mediante la creación de ambientes de aprendizaje activo (Sokoloff y Thornton, 1997; Laws, Sokoloff y Thornton, 1999; Orozco, 2012; Sánchez, Mora y Velázquez, 2014; Henández, Tecpan y Osorio, 2015; Sokoloff y Thornton, 2017; Mora, Moreira y Meneses-Villagrà, 2021), que son efectivos en ámbitos con un número de estudiantes ya sea grande o pequeño, promoviendo el aumento del interés del estudiantado en la participación y la construcción de su propio aprendizaje.

Dada la efectividad de la estrategia CMID para promover el interés e involucramiento del estudiantado en la construcción de su aprendizaje, avalada por diversos estudios e investigaciones que se citan en el apartado siguiente, se ha incluido esta estrategia en el programa del curso de Didáctica de la Física desde el año 2010 en su forma original, utilizando la demostración experimental con un sistema de medición automática con computador.

Debido a la aparición de la pandemia COVID-19 a partir de marzo de 2020, se tuvo que realizar adaptaciones a la forma de implementación de las clases. En este documento se describe un ejemplo específico de la experiencia de aplicación de una clase usando la estrategia CMID adaptada a la condición de clase virtual. Se realizaron tres adaptaciones. La primera es el uso de la plataforma Zoom y su división en salas pequeñas para la discusión en equipo. La segunda es el uso de un video del experimento demostrativo donde se utiliza un sistema de medición automático en lugar de la presentación de la demostración con mediciones en tiempo real a la audiencia. La tercera se refiere a la recolección de las respuestas del estudiantado a la experiencia y de sus opiniones acerca de la estrategia CMID en dos plataformas, Nearpod y Google Forms, respectivamente.

El objetivo de este artículo es compartir y divulgar los resultados exitosos de la aplicación de la estrategia Clase Magistral Interactiva con Demostración adaptada a la virtualidad en una clase a estudiantes del último año de la carrera de Pedagogía en Matemática y Física y mostrar su efectividad para promover el involucramiento del estudiantado en su proceso de aprendizaje y facilitar la comprensión y evolución conceptual de los mismos.

## Marco Teórico

La estrategia CMID (Sokoloff y Thornton, 2017; Sokoloff y Thornton, 1997) incluye en su desarrollo el empleo del procedimiento Predecir, Observar y Explicar (POE) (Gunstone y White, 1990). La estrategia consiste en el uso de un ciclo de aprendizaje que incluye una predicción individual escrita del posible resultado de un experimento real, discusión en grupos pequeños con sus vecinos más cercanos, elaboración de una predicción grupal consensuada, observación del fenómeno físico mediante una demostración experimental y comparación de las observaciones con las predicciones en grupos pequeños, para promover el aprendizaje social mediante la elaboración de una explicación del fenómeno estudiado (Díaz-Delgado *et al.*, 2020; Díaz-Delgado y Maringer-Duran, 2021).

La realización de este ciclo promueve el vínculo e involucramiento de los y las estudiantes con su proceso de aprendizaje, ya que pone en juego lo que saben o creen que saben del fenómeno para lograr formular una predicción que tenga una determinada fundamentación científica.

El ciclo original de la CMID se desarrolla en 8 pasos (Sokoloff y Thornton, 2017; Sokoloff y Thornton, 1997) que se describen a continuación:

1. Se describe el cómo se va a realizar la demostración del fenómeno y/o se realiza para la clase sin mostrar los resultados.

2. Se pide a los estudiantes que registren sus predicciones individuales en una hoja de predicción.
3. Se solicita a los estudiantes que discutan en pequeños grupos sus predicciones y lleguen a un acuerdo, una predicción por equipo de trabajo.
4. Se comparten las predicciones comunes de los estudiantes con toda la clase.
5. Los estudiantes registran la predicción final en la hoja de predicción (que posteriormente debe ser recogida).
6. Se realiza la demostración del fenómeno y se visualizan los resultados.
7. Se pide a los grupos pequeños de estudiantes que describan, analicen y expliquen los resultados obtenidos en el contexto de la demostración, contrastando la predicción con lo observado. Luego de que los estudiantes completen su hoja de resultados, se socializan y formalizan las explicaciones relevantes con toda la clase.
8. Si es apropiado, se presenta y discute otra situación similar basada en el mismo concepto, pero en un contexto distinto.

La estrategia CMID se creó originalmente para que la demostración consistiera en la realización de un experimento físico dado en tiempo real, con el empleo de un sistema de medición automático llamado Laboratorio Basado en Microcomputador (MBL) (Thornton y Sokoloff, 1990; Thornton, 1996; Thornton, 1997). Ha sido probada con éxito, en su versión con experimentos en tiempo real usando herramientas del tipo MBL, en varias universidades y centros de enseñanza secundaria de los Estados Unidos de América y de Australia (Thornton, 1996; Sokoloff y Thornton, 1997; Laws y Thornton, 1993; Sharma *et al.*, 2010).

Se ha difundido su empleo en muy diversos países con distintas formas de implementación como en Canadá (Milner-Bolotin, Kotlicki y Rieger, 2007), en Israel (Zimrot y Ashkenazi, 2007), en Tailandia (Tanahoung, *et al.*, 2009), en Indonesia (Kurniawan, Suhandi y Hasanah, 2016; Taufiq, Suhandi y Liliawati, 2017) y otros.

Un grupo diverso de investigadores han empleado procedimientos similares a la CMID para provocar el involucramiento de sus estudiantes en las clases, pero privilegiando un enfoque dirigido a promover el aprendizaje activo. Estos investigadores han entendido la CMID como una estrategia que involucra a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que requiere que los estudiantes realicen actividades de aprendizaje significativas y piensen en lo que están haciendo (Prince, 2004).

La efectividad de estos métodos que apuntan a la estimulación de la participación activa de los estudiantes en las clases y que se orientan particularmente a abordar ideas previas inadecuadas de conceptos físicos fundamentales, ha sido demostrada en diversas investigaciones (Hake, 1998; Redish, Saul y Steinberg, 1997; Laws, Sokoloff y Thornton, 1999).

## Metodología

En la clase en donde se implementó la CMID se presentó al estudiantado la esencia de esta estrategia de enseñanza y el conjunto de sus características en su forma tradicional con sus ocho pasos (Sokoloff y Thornton, 1997) y a continuación se discutió en detalle la propuesta de adaptación a la condición de clase virtual presentada por Sokoloff (2021) en su charla plenaria “Adapting Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) for home use” en el XXII Simposio de la Sociedad Chilena de Física del 2020.

La cantidad total de estudiantes del último año de la carrera de Pedagogía en Matemática y Física que participaron en algún momento de esta actividad fueron 35 en total, de los cuales 19 son hombres y 16 son mujeres. La participación del estudiantado fue cambiando en las distintas etapas de la clase y el detalle se incluye en la sección Resultados y Discusión.

En esta actividad se estudió el fenómeno del proceso de equilibrio térmico como resultado de la interacción por contacto de dos cuerpos de sustancias y masas distintas. Se eligió este fenómeno debido a la elevada dificultad de aprendizaje que presenta y a la muy frecuente presencia en el estudiantado de ideas previas inadecuadas al respecto (Carlton, 2000; Tanahoung *et al.*, 2009).

La clase tenía dos objetivos fundamentales para los profesores en formación: a) que experimentaran personalmente la estrategia CMID y b) promover su reflexión pedagógica en relación a la potencialidad educativa de la estrategia estudiada. Adicionalmente, los profesores en formación logran identificar el nivel de comprensión conceptual que tienen con respecto a los conceptos de calor, temperatura y equilibrio térmico estudiados, al mismo tiempo que se facilita la comprensión y evolución conceptual de los mismos con las actividades de la clase.

Para determinar en forma cuantitativa el nivel de aprendizaje logrado en esta clase se utilizó una adaptación a nuestro caso del llamado factor de Hake (1998), que es un indicador estadístico de la ganancia de aprendizaje y se expresa como:

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)}$$

[Ecuación 1. Factor de Hake]

En esta expresión % pretest y % postest indican el porcentaje de las respuestas correctas para la prueba de conocimientos inicial y para la final, respectivamente. Hake (1988) considera los niveles de ganancia distribuidos en 3 categorías: baja, con  $0 \leq g \leq 0.3$ ; media, con  $0.3 < G \leq 0.7$ ; alta, con  $G > 0.7$ . En la adaptación se consideró como prueba inicial la predicción individual de la gráfica de la evolución temporal de la temperatura del metal y del agua para la situación experimental del inicio de la clase y como prueba final se consideró la gráfica de la predicción de la situación diferente, lo que se explica en detalle en la sección de Resultados.

A continuación se describe cada una de las etapas de la estrategia POE (Predecir, Observar y Explicar), definiendo cómo se recopilaban los datos y cuál fue su manera de codificación.

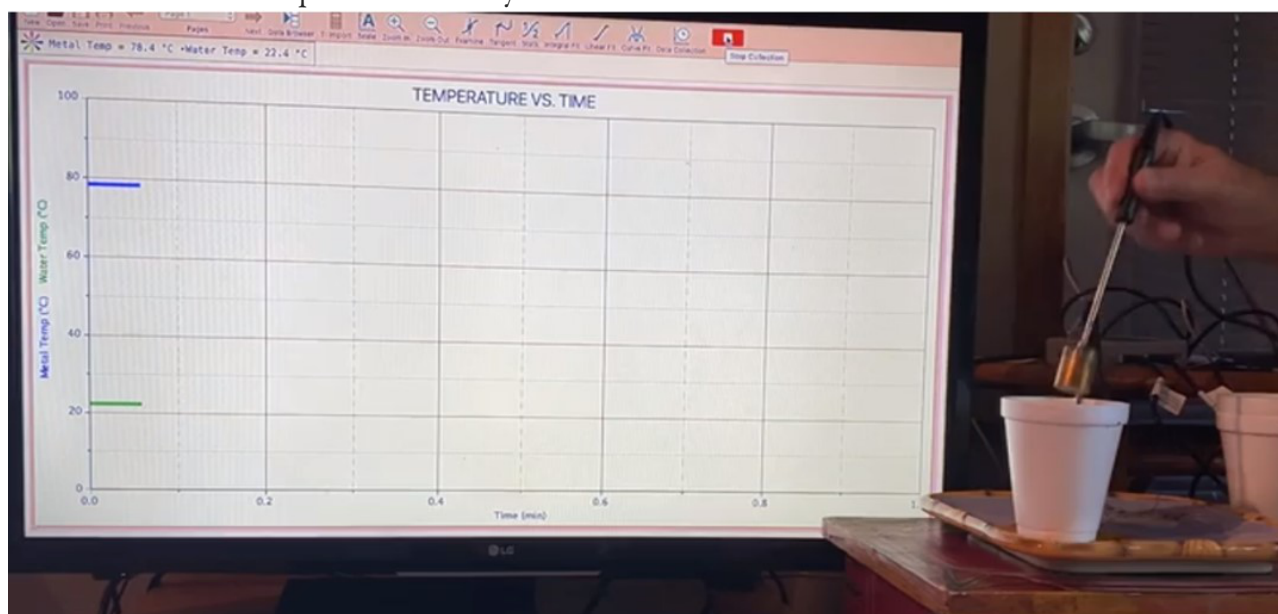


Figura 1

Situación térmica inicial de ambos cuerpos por separado, representada en una gráfica de temperatura versus tiempo.

## Etapas 1: Predicción

### Predicción Individual

La actividad consistió en poner en contacto térmico dos cuerpos distintos. Por un lado, un volumen de unos 200 ml de agua a temperatura ambiente (a 20°C aproximadamente) y un pequeño cilindro de metal a elevada temperatura (a 80°C aproximadamente). Cada uno de ellos se encuentra en contacto a su vez con un sensor de temperatura conectado a un sistema de medición automático en tiempo real. Como se ilustra

en la Figura 1, el agua se encuentra en un vaso de poliestireno expandido (plumavit) con característica de aislante térmico. La imagen muestra el momento justo antes de introducir el cuerpo metálico en el agua.

En la clase virtual se describió la situación especificando las temperaturas iniciales de cada cuerpo y contando que se iba a introducir el cuerpo metálico pequeño a elevada temperatura en el centro del agua a temperatura ambiente contenida en el vaso. Se solicitó a cada estudiante una predicción individual y responder dos preguntas a través de la plataforma Nearpod. Para la predicción se pidió dibujar la gráfica de la evolución temporal de la temperatura de cada uno de los cuerpos involucrados a partir del momento en que entran en contacto térmico.

Luego de recopilar las predicciones a través de la plataforma Nearpod, se realizó una categorización de los gráficos que dibujaron los estudiantes, según las respuestas se definieron diversas categorías, tomando como referencia el gráfico que se obtiene de la experiencia (Figura 2).

Esta primera etapa, también tuvo el planteamiento de dos preguntas, una cerrada y la otra abierta. Las cuales se describen a continuación.

Las preguntas fueron las siguientes:

Pregunta 1 (cerrada): ¿Cuál piensa usted que será la temperatura final del metal?

- $0^{\circ}\text{C}$
- Un valor promedio entre la temperatura inicial del agua y la temperatura inicial del metal
- Más cercana a la temperatura inicial del agua
- Más cercana a la temperatura inicial del metal
- Otra

La pregunta 1 tiene una única respuesta correcta, la letra c), por lo tanto, se clasificaron todas las demás respuestas como incorrectas o inadecuadas.

Pregunta 2 (abierta): ¿Cuál piensa usted que será la temperatura final del agua dentro del vaso?

La pregunta 2 se categorizó según las respuestas que entregaron los estudiantes, a través de una codificación abierta.

Para la entrega de las respuestas (dibujo, pregunta 1 y 2) se les dio un código para entrar a la plataforma Nearpod y se les designó un tiempo adecuado para que cada estudiante construyera su propia respuesta.

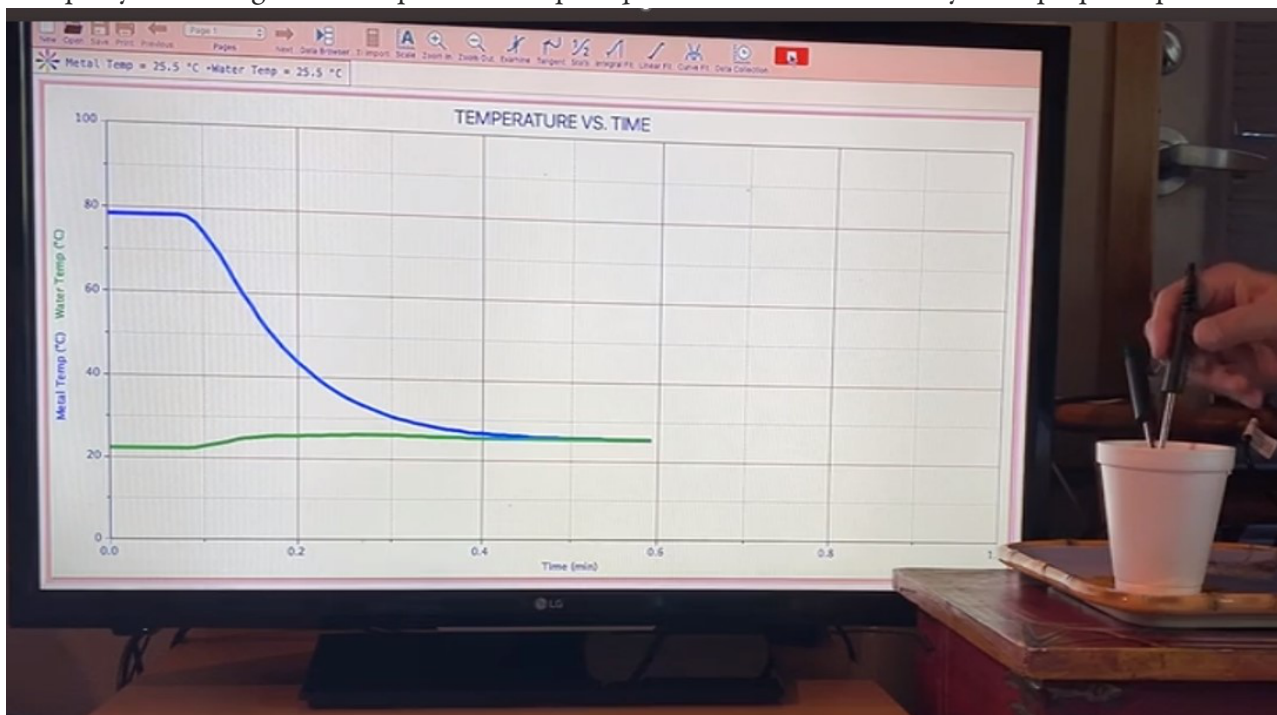


Figura 2

Gráfico de lo que sucede realmente con la evolución temporal de las temperaturas de ambos objetos a partir de su entrada en contacto térmico.

## Predicción en Equipo

A continuación, una vez recibidas las respuestas individuales, se distribuyó al estudiantado en salas pequeñas de Zoom por equipos predeterminados, de 4 o 5 integrantes. Se solicitó a cada integrante que compartieran sus predicciones individuales en el equipo y elaboraran una predicción consensuada por equipo usando otro código diferente de Nearpod para lo cual se asignó un tiempo adecuado. De este modo se registraron tanto las predicciones individuales como las de equipo, para su análisis posterior. Una vez concluida la actividad en equipo, se retornó a la sala principal de Zoom y se solicitó a los voceros de algunos equipos que comunicaran en plenario sus predicciones de equipo.

Con las predicciones en equipo se realizó algo similar a la categorización de las predicciones individuales.

## Etapas 2: Observación

Después de conocer y sociabilizar las predicciones en equipo, se pasó entonces a la realización de la demostración mediante el uso de un video del experimento real tomado de Sokoloff (2021) en donde los y las estudiantes pudieron observar lo que realmente sucedía durante la realización de la experiencia.

Al final del experimento se puede ver la apariencia de la evolución de las temperaturas de cada uno de los cuerpos involucrados, según las gráficas de temperatura mostradas en la Figura 2, donde la curva azul corresponde al cuerpo metálico y la verde al agua.

## Etapas 3: Explicación

Una vez que se mostró el video de la demostración del experimento, se volvió a realizar la distribución por equipos (los mismos) en salas pequeñas de Zoom para la fase de análisis y discusión, en donde deben confrontar la predicción con lo observado en la demostración. Se solicitó, además, la elaboración por equipos de una explicación fundamentada del fenómeno observado, el registro de la explicación en equipo también se hizo a través de la plataforma Nearpod. Las cuales se analizaron en su totalidad, tomando en cuenta la forma en que fueron redactadas, no modificando el lenguaje ni la redacción. Posteriormente se retornó a la sala común y se pidió a los representantes de varios equipos que comunicaran su explicación fundamentada al fenómeno estudiado.

## Situación diferente

Por último, para identificar el nivel del aprendizaje logrado, se presentó una situación similar basada en el mismo fenómeno, pero con un contexto distinto. Se solicitó la predicción individual de cómo sería el gráfico de la evolución temporal de la temperatura en cada cuerpo, si en la nueva situación, el agua dentro del vaso tiene una temperatura muy elevada y el cuerpo metálico tiene una temperatura baja (o ambiente). La respuesta se solicitó con otro código distinto de Nearpod. Los gráficos que se obtuvieron en esta sección fueron categorizados de la misma manera que la predicción individual y en equipo.

Finalmente se promovió una actividad metacognitiva que apuntó a una reflexión sobre el empleo de la estrategia CMID, desde dos dimensiones distintas: con una mirada desde el enfoque de estudiante y la otra, con una mirada desde el enfoque de futuro docente. Se solicitó respuesta a las siguientes preguntas mediante un Google Forms:

1. ¿Cómo fue tu proceso de contrastación entre tu predicción individual inicial y la observación del fenómeno?
2. ¿Cómo fue tu experiencia en el proceso de diálogo para llegar a un acuerdo (predicción en equipo)?
3. ¿Qué aspectos del fenómeno pudiste aprender o recordar?
4. ¿Qué utilidad como docente ve en la CMID en su práctica?

Las respuestas a cada una de las preguntas anteriores, se codificaron de manera abierta, definiendo algunas categorías y mostrando algunas citas textuales de estudiantes que presentaron una respuesta representativa.

## Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de cada una de las etapas de esta estrategia: Predicción, Observación y Explicación.

En la primera etapa, Predicción, se visualiza los gráficos que corresponden a la predicción individual, los cuales se categorizaron en cuatro tipos, luego se identifica cuántos estudiantes respondieron de manera correcta la pregunta cerrada, después se categorizan las respuestas a la pregunta abierta, mostrando las más significativas y representativas, y para finalizar esta primera etapa se categorizan los gráficos de la predicción en equipo, utilizando categorías similares a la de la predicción individual inicial. En la segunda etapa, Observación, no tenemos resultados de los estudiantes debido a que ellos observan lo que sucede en el experimento. En la tercera etapa, Explicación, se muestran cada una de las explicaciones que construyen los ocho equipos participantes, respetando la redacción y forma, luego se categorizan los gráficos de la situación diferente en cuatro categorías, para finalizar con la categorización de las respuestas a las preguntas metacognitivas, mostrando las más representativas.

### Etapas 1: Predicción

#### Predicción Individual

Ingresaron a la plataforma Nearpod 30 estudiantes de un total de 35, solo 22 de ellos esbozaron la gráfica de la temperatura en función del tiempo para ambos cuerpos. Recordar que inicialmente la pieza metálica poseía una temperatura entre los 80 a 90°C, y el agua aproximadamente a 20°C. Al analizar las gráficas que esbozaron los y las estudiantes podemos apreciar 4 grandes categorías que se muestran en la Figura 3. El 34% de los y las estudiantes esbozaron una gráfica como la que se observa en la letra a), en donde la temperatura final de ambos cuerpos es un promedio entre las dos temperaturas iniciales. El 17% de ellos esbozaron una gráfica en donde la temperatura final de ambos cuerpos se encontraba más cercana a la temperatura inicial del agua (letra b). La tercera categoría corresponde a gráficas en donde los y las estudiantes esbozaron que la temperatura final de ambos cuerpos estaría más cercana a la temperatura inicial del metal, como se muestra en la letra c) y que corresponde al 9% de quienes respondieron. Finalmente se presenta un caso en donde ambos cuerpos no consiguen el equilibrio térmico, representado en la letra d) que manifiesta la respuesta de un 3% de los y las estudiantes que respondieron. Además, tenemos a un 37% de los estudiantes que no respondieron a la actividad.

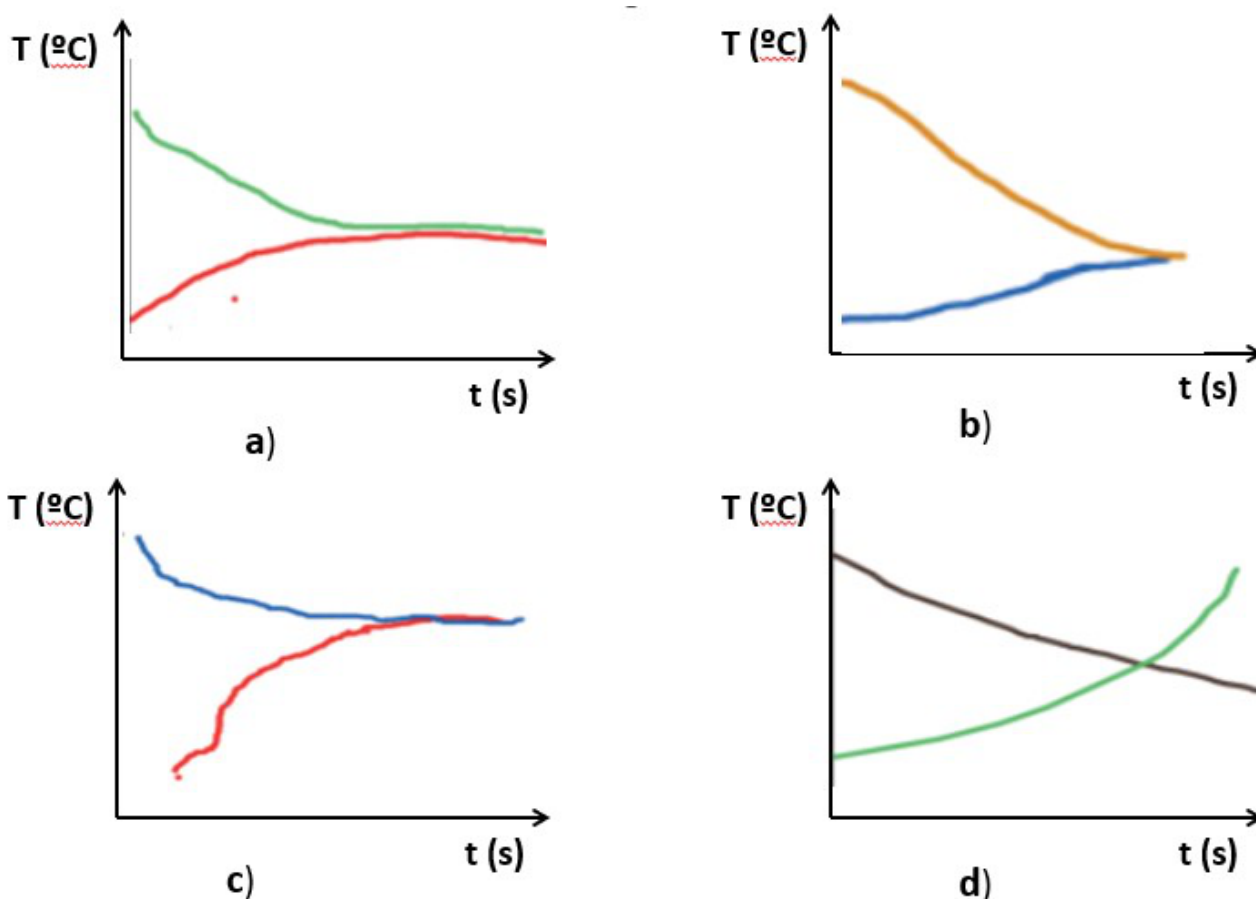


Figura 3

Categorización de las gráficas esbozadas por los y las estudiantes en la predicción individual.

En la tabla 1 se muestra el detalle de la cantidad de estudiantes por cada opción de gráfica.

Tabla 1

Cantidad de estudiantes que respondieron al esbozo de la gráfica según la categorización de la Figura 3.

| Nº y letra de la figura | Descripción                                                                                        | Cantidad de estudiantes |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Figura 3 a)             | La temperatura final de ambos cuerpos es un promedio entre las dos temperaturas iniciales.         | 12                      |
| Figura 3 b)             | La temperatura final de ambos cuerpos se encontraba más cercana a la temperatura inicial del agua. | 6                       |
| Figura 3 c)             | La temperatura final de ambos cuerpos estaría más cercana a la temperatura inicial del metal.      | 3                       |
| Figura 3 d)             | Ambos cuerpos no consiguen el equilibrio térmico.                                                  | 1                       |
| No aplica               | No responden                                                                                       | 13                      |
| Total                   |                                                                                                    | 35                      |

Si se analizan las respuestas en forma de gráficos de los y las estudiantes solo el 17% de ellos construyeron una respuesta acertada (Figura 3b), en donde la temperatura final de ambos cuerpos está más cerca de la temperatura inicial del agua, la temperatura ambiente cercana a los 20°C. De lo anterior se obtiene que el

83% de los y las estudiantes tenían una idea alternativa inadecuada o no tenían respuesta a lo que realmente sucede con la evolución temporal de la temperatura de ambos cuerpos al alcanzar el equilibrio térmico.

Dentro de la construcción de la predicción individual después de esbozar la gráfica, los y las estudiantes deben responder dos preguntas, una cerrada y otra abierta, primero analizaremos los resultados de la pregunta cerrada que consta de responder ¿cuál piensa usted que será la temperatura final del metal?, en la tabla 2 se muestran las 5 alternativas que posee esta pregunta, la cantidad de estudiantes que respondieron y el porcentaje de representación de cada respuesta.

**Tabla 2**  
Porcentaje de participación en la pregunta cerrada sobre la temperatura final del metal.

| Respuesta                                                                                     | Cantidad de estudiantes | Porcentaje |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|
| a) 0°C                                                                                        | 0                       | 0          |
| b) Un valor promedio entre la temperatura inicial del agua y la temperatura inicial del metal | 12                      | 34         |
| c) Más cercana a la temperatura inicial del agua                                              | 12                      | 34         |
| d) Más cercana a la temperatura inicial del metal                                             | 1                       | 3          |
| e) Otra                                                                                       | 1                       | 3          |
| No responden a la pregunta                                                                    | 9                       | 26         |
| Total                                                                                         | 35                      | 100        |

De la Tabla 2 podemos observar que 12 de 35, o sea, el 34% de los estudiantes responden con la opción c) que es la acertada, sin embargo, mirando los resultados del esbozo de la gráfica en la Tabla 1, solo 6 de 35, un 17%, muestran dicha afirmación en su gráfica, por lo que existen 6 estudiantes que demuestran una incoherencia entre lo que dibujan como esbozo de la gráfica y lo que escogen en la pregunta de opción múltiple (pregunta cerrada). La diferencia entre el tipo de pregunta y la dificultad de algunos estudiantes para esbozar el comportamiento de ambos cuerpos de manera gráfica son posibles razones de la diferencia entre las respuestas de una pregunta y la otra.

La segunda pregunta abierta, ¿cuál piensa usted que será la temperatura final del agua dentro del vaso?, fue contestada por 20 estudiantes, por lo que existen 15 estudiantes que no contestaron esta pregunta, y algunas de las respuestas más representativas fueron:

- Entre 30 y 40°C.
- Necesitaría saber la masa de ambos objetos y sus calores específicos para determinar la temperatura final.
- 20°C si es la temperatura ambiente.
- Dependen de la masa del agua, pero sería una temperatura entre la temperatura inicial del metal y del agua.
- $(80^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C}) / 2 = 50^{\circ}\text{C}$ .
- La temperatura que estimo es más cercana a la temperatura inicial del metal.
- La temperatura final será la misma que la pieza de metal, llegando a un equilibrio térmico.
- Mayor a 20°C, pero no mucho mayor, porque el objeto de metal se veía chico.

Esta pregunta se hace con el objetivo de revisar la coherencia entre lo que representaron en la gráfica y lo que respondieron en la pregunta cerrada.

Con lo anterior, se finaliza la etapa de predicción individual. Las posibles causas de que un porcentaje de los y las estudiantes no responden a las preguntas podrían ser: problemas de conectividad, falta de

familiaridad con el manejo de la plataforma Nearpod o inseguridad en el manejo de los conocimientos conceptuales involucrados en la actividad.

### Predicción en Equipo

Luego de la construcción individual de las predicciones se distribuyeron los participantes en 8 equipos de trabajo a través de las salas de Zoom con la finalidad de que compartieran sus predicciones individuales y llegasen a un acuerdo de predicción en equipo. Los equipos están formados por 4 a 5 integrantes. Los resultados de esta instancia fueron que cinco equipos llegaron al acuerdo de que la temperatura final de ambos cuerpos sería el promedio entre las temperaturas iniciales, Figura 4a, esto representa al 63%. Dos equipos esbozaron una gráfica en donde la temperatura final de ambos cuerpos era más cercana a la temperatura inicial del agua, Figura 4b, el 25%, y finalmente un equipo no llegó a consenso esbozando dos posibles gráficas, Figura 4c, lo que representa al 12%.

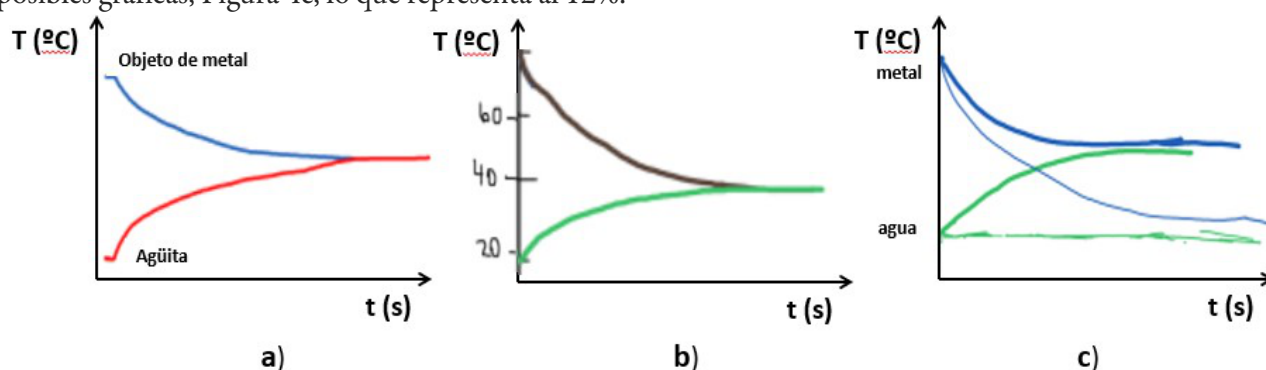


Figura 4

Predicción en equipo del esbozo de la gráfica de la evolución de la temperatura de ambos cuerpos en el tiempo.

Al analizar las gráficas de consenso en equipo podemos observar dos grandes categorías, la mayoría piensa que llegan a un equilibrio térmico que corresponde al promedio de las dos temperaturas iniciales, y una minoría opina que la temperatura final de ambos cuerpos será cercana a la temperatura inicial del agua. Por lo que, como resultado de la interacción social donde las predicciones individuales fueron discutidas en equipo, éstas se reducen de cuatro opciones (Figura 3) a solo dos (Figura 4), ya que la Figura 4c muestra que ambas opciones están dibujadas en la misma gráfica. Nuevamente, podemos observar que una minoría de equipos, 2 de 8 llegan a un acuerdo que se asemeja a lo que realmente sucede con el fenómeno del equilibrio térmico entre los dos cuerpos.

### Etapas 2: Observación

En esta etapa los participantes pudieron observar lo que sucede realmente con la evolución temporal de las temperaturas de ambos cuerpos (ver Figura 2).

### Etapas 3: Explicación

Luego de realizar la observación del fenómeno a través de un vídeo de la situación planteada al inicio y de ver la gráfica que se obtiene con la experiencia, se invitó a los mismos equipos a discutir lo observado. Se propuso que confrontaran sus predicciones, tanto individuales como en equipo, con lo que realmente observaron del fenómeno y que de esa discusión elaboraran una explicación de lo que ocurrió.

Las explicaciones realizadas por cada equipo se presentan en la tabla 3:

**Tabla 3**  
Explicaciones elaboradas en equipo, luego de la observación del fenómeno.

| Nº de equipo | Respuesta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Debido a que el calor específico del cobre es mucho menor al calor específico del agua, el cobre se calienta/enfría más rápido que el agua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2            | Sabemos que se debe conservar la energía por lo que nos confirma que la energía necesaria para que el metal baje su temperatura es menor a la energía necesaria para que el agua suba su temperatura esto se debe a sus calores específicos Nuestra predicción grupal no estaba tan alejada de lo demostrado experimentalmente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3            | Coincidió en parte, aunque habíamos predicho que la temperatura del agua aumentaba en menor cantidad, debido a su propiedad intrínseca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4            | Nosotros sabíamos que se iba a inclinar la curva hacia una de las temperaturas iniciales, pero no sabíamos hacia cual. Sabiendo además que llegaríamos a un equilibrio térmico. Ahora bien la curva se inclino hacia la temperatura del agua dado que su calor específico es muy alto entonces le cuesta aumentar su temperatura.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5            | Debido a que hay un gradiente de temperatura el metal transfiere energía al agua, sin embargo producto que hay una gran diferencia entre los calores específicos de los materiales involucrados ( $c_{\text{metal}} \ll c_{\text{agua}}$ ) el metal tiene facilidad para entregar energía pero esa energía no produce un incremento tan elevado en la temperatura del agua por su alto calor específico, en conclusión la temperatura final es más cercana al agua.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6            | La demostración observada evidenció que nuestra mayor diferencia en la predicción consistió en que pensábamos que habría una temperatura más promedio entre las dos temperaturas iniciales. Se consideran los siguientes puntos para predecir este fenómeno: la ambiente y la conductividad del metal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7            | Como el agua aumenta su temperatura con mayor dificultad (calor específico) y el cobre lo hace con gran facilidad, la temperatura final se acerca más a la temperatura inicial del agua. Por eso los metales son buenos conductores del calor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8            | <p>En principio, en el equipo se tenían 2 apreciaciones distintas con respecto a los posibles resultados del experimento. Se pensaba que la temperatura final de ambos, tanto el objeto de metal como el agua, sería cercana al promedio o que sería más cercano a la temperatura inicial del agua. Sin embargo, en ningún momento pensamos que sería TAN cercana a los 20°C originales del agua.</p> <p>La explicación fundamentada que le damos a este experimento, tiene en consideración las grandes diferencias de volumen entre el agua y el objeto, y sus calores específicos. Los cuales se verificaron y el agua al menos tiene una razón 10:1 en sus calores específicos, lo que explicaría completamente la situación observada.</p> |

Podemos observar que la mayoría de los equipos explican que la gran diferencia entre el calor específico del agua y del metal es la causa de la gráfica observada, mientras que solo un equipo indicó como otra causa más, la gran diferencia de volumen entre el agua y el metal utilizados, sin embargo, ningún equipo mencionó la masa como una variable relevante para la explicación de la gráfica observada. La mayor parte de las respuestas muestran de cierta forma el impacto que tuvo la interacción social en equipos pequeños en la búsqueda de una explicación y en el aprendizaje. En otras palabras, es en esta etapa en donde se puede identificar con qué profundidad entendieron el fenómeno.

## Situación diferente

Con el objetivo de evaluar si se produjo un aprendizaje significativo en los y las estudiantes al final de la clase, se les plantea una situación diferente o un cambio de contexto en donde ellos puedan aplicar todo lo trabajado anteriormente.

La situación diferente que se les plantea a los y las estudiantes es que si ahora se repitiese la experiencia colocando agua recién hervida en el vaso y el trozo de metal estuviese a temperatura ambiente, inmediatamente luego de insertar el trozo de metal en el vaso. ¿Cómo sería la gráfica de la evolución temporal de la temperatura en cada objeto?

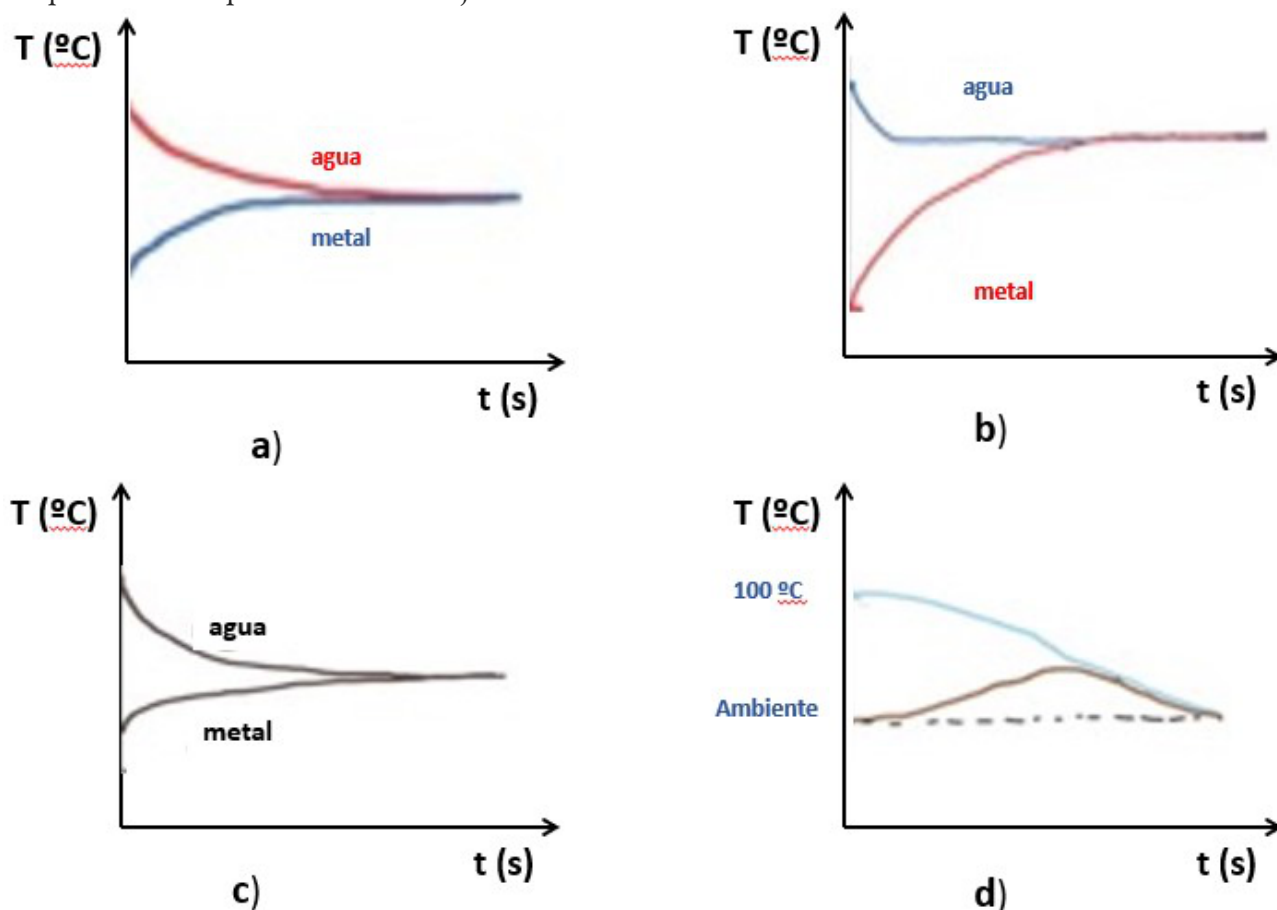


Figura 5

Predicción en equipo del esbozo de la gráfica de la evolución de la temperatura de ambos cuerpos en el tiempo.

De los 35 estudiantes solo participaron 19 en esta etapa, de los cuales el 11% piensa que la temperatura final de ambos cuerpos será el promedio entre las dos temperaturas iniciales (Figura 5a), el 29% esboza que la temperatura final de ambos cuerpos estará más cercana a la temperatura inicial del agua (Figura 5b), un 14% dibuja que la temperatura final de ambos objetos será cercana a la temperatura inicial del metal (Figura 5c), y dentro de ese último porcentaje encontramos a un estudiante que opina que la temperatura final de ambos cuerpos será la temperatura ambiente (Figura 5d), todo lo anterior se puede observar en la Figura 5, en donde se muestran las gráficas más significativas de cada opción. Recordar que existen 16 estudiantes que no responden a esta pregunta.

En resumen, el 29% de los estudiantes que esbozaron la gráfica mostrada en la Figura 5b lo hicieron de manera acertada y esto indica un avance en el aprendizaje, si se compara con la predicción individual inicial en donde solo el 17% de los estudiantes esbozaron la gráfica de manera correcta.

Para aplicar la prueba de Hake, para evaluar el grado de evolución conceptual logrado, en nuestra adaptación se consideró como prueba inicial de conocimiento la predicción individual de la gráfica de la evolución temporal de la temperatura del metal y del agua para la situación experimental presentada en el

inicio de la clase de la cual se hizo la demostración posteriormente, cuya respuesta correcta se aprecia en la Figura 3b, bastante similar a la que muestra el experimento real (Figura 2). Y se tomó como prueba final la situación diferente, explicada anteriormente, cuya respuesta correcta se muestra en la Figura 5b. La decisión de realizar esta adaptación y considerar la aplicación del mismo concepto en una situación diferente a la estudiada como un indicador de aprendizaje, se basa en que «para conseguir que el aprendizaje sea significativo, se deben ofrecer oportunidades a los estudiantes para que apliquen sus nuevos conocimientos a situaciones o contextos distintos» (Sanmartí, 1997, p. 25) y en la fase de aplicación de las propuestas de ciclos de aprendizaje como el de las 5E (Bybee, *et al.*, 2006) y el aprendizaje basado en la indagación (Buchanan, *et al.*, 2016).

En nuestro caso se aplicó el factor de Hake a los y las estudiantes que participaron en todas las etapas de la estrategia, por lo tanto, que respondieron tanto a la prueba inicial (pretest), el esbozo de la gráfica en la predicción individual, como a la prueba final (postest), el esbozo de la gráfica en la situación diferente siendo su número total, 10 estudiantes. De ellos acertaron 3 en el pretest (% pretest = 30) y 6 acertaron en el postest (% postest = 60). Con estos resultados se obtiene un  $g = 0,429$ , que corresponde a la zona de ganancia media y resulta alentador para los autores de este artículo. Todo el análisis anterior de resultados se relaciona con la parte cognitiva de los y las estudiantes (profesores en formación). A continuación, se analizan las respuestas del ticket de salida de la clase.

Al finalizar la clase se aplicó un ticket de salida a los y las estudiantes, el cual contenía 4 preguntas metacognitivas, a las cuales respondieron 29 estudiantes de 35. Aquí se presentan cada una de las preguntas con algunas respuestas más significativas.

La primera pregunta fue ¿Cómo fue tu proceso de contrastación entre tu predicción individual inicial y la observación del fenómeno?, luego de realizar una codificación abierta de las respuestas de los estudiantes, se observó que el proceso de contrastación entre la predicción individual inicial y la observación del fenómeno fue entretenido, interesante, revelador, en otras palabras positivo, a continuación se muestra una cita al respecto:

“Fue un proceso bastante interesante y de recuerdo de conceptos termodinámicos esto por que al comienzo tenía clara la gráfica pero asocié la temperatura de equilibrio al promedio de las temperaturas olvidé el concepto de calor específico y con el pasar de las conversaciones grupales y el plenario todo me hizo sentido y me pude imaginar en mi mente la transferencia de energía entre el metal y el agua y le halle todo el sentido del mundo a que la temperatura final debía estar mas cerca del agua por su elevado calor específico.”

Se observó que en su predicción individual inicial la mayoría de los estudiantes tuvo la idea previa inadecuada de considerar la temperatura con la que se alcanza el equilibrio térmico como el promedio entre las temperaturas iniciales de ambos objetos, no considerando variables como el calor específico y la masa de cada objeto.

Además, se observa una valoración positiva al proceso de sociabilización de las predicciones individuales en equipos pequeños para llegar a un acuerdo grupal, como se aprecia en la siguiente cita:

“Al principio creía que el agua se iba a calentar más fácil que el cobre, pero al conversar con mis pares cambié de opinión. Finalmente, la observación del fenómeno corroboró la predicción que establecimos de manera colectiva.”

En resumen, de las respuestas a la primera pregunta se aprecia que un alto porcentaje de estudiantes tenía ideas previas inadecuadas con respecto a la temperatura final de equilibrio térmico, la mayoría pensó en el promedio entre las temperaturas iniciales de ambos objetos. Y un gran número comenta que la fase de socialización de las predicciones individuales contribuyó a la comprensión de la explicación del fenómeno dando inicio a la evolución conceptual.

La segunda pregunta fue ¿Cómo fue tu experiencia en el proceso de diálogo para llegar a un acuerdo (predicción en equipo)?, luego de realizar una codificación abierta de las respuestas de los estudiantes, más del 90% de ellos evidenció una valoración positiva del proceso y expresó que lograron llegar a un acuerdo grupal fácilmente, considerando las diferentes posturas que fueron compartidas en la discusión, como se ve en la siguiente cita:

“El proceso fue interesante y bastante productivo, en mi grupo habían tres hipótesis distintas muy marcadas respecto de lo que sucedía. Cada uno dio sus argumentos y al final, prevaleció el argumento con más peso científico, por decirlo de un modo, que nos convenció a todos. Lo que al final resultó estar bastante cerca de la explicación que ustedes nos dieron posterior al diálogo.”

En resumen, de las respuestas a la segunda pregunta, se infiere que el proceso de discusión en grupo y la sociabilización de las ideas personales contribuyó a la profundización de los conocimientos, a crear una alerta o identificación de conocimientos débiles y provocar un inicio de evolución conceptual y en particular, para varios equipos, se evidenció en mayor o menor medida la reconstrucción de conocimientos relacionados con el tema estudiado determinado por la interacción social. Una minoría, el 10% de los estudiantes no logró llegar a un acuerdo, debido a que el proceso de diálogo fue complejo.

La tercera pregunta fue ¿Qué aspectos del fenómeno pudiste aprender o recordar?, al igual que en las dos preguntas anteriores, luego de realizar el proceso de codificación abierta en las respuestas, podemos evidenciar que más de la mitad de los estudiantes incluyeron en su respuesta la palabra calor específico, alrededor de un 20% incluyó la palabra masa o volumen de los objetos que están interactuando, algunos incluyeron conceptos como la ley de enfriamiento de Newton, la ley cero de la termodinámica, la ecuación de conservación del calor, equilibrio térmico, transferencia de calor, entre otros, a continuación, se adjuntan dos citas en donde se observaron algunos de los conceptos antes mencionados.

“Recordé la definición matemática de calor, teniendo en cuenta que esta depende del calor específico, de la masa y temperatura de un cuerpo.”

“Lo primero que vino a mi mente fue la ley cero de la termodinámica, luego aparecieron las representaciones gráficas de las funciones y las ecuaciones de conservación del calor. También observe y aprendí sobre el como se desarrolla el proceso de una clase ILD en la posición de estudiante y este proceso lo considero un fenómeno del que aprendí y espero poder implementarlo de buena manera en el futuro.”

En la última cita también se observó que existe una valoración positiva como aprendizaje de la estrategia que los estudiantes estaban vivenciando, y cómo esto lo pueden implementar en sus propias salas de clases.

La pregunta de reflexión metacognitiva tuvo la intención de promover en el estudiantado la identificación consciente de los conocimientos y conceptos que tuvieron que tener en cuenta (recordando, aprendiendo o profundizando en los mismos) para dar respuesta a las preguntas formuladas durante la actividad. Además, facilitó el reconocimiento de la débil comprensión de algunos fenómenos físicos.

La última pregunta fue ¿Qué utilidad como docente ve en la CMID en su práctica?, luego de realizar la codificación abierta de las respuestas de los estudiantes se observó que el total de los estudiantes considera que la CMID es de mucha utilidad para sus futuras clases, debido a que permite que los estudiantes sean los protagonistas de sus propios aprendizajes, colocando en juego sus ideas previas, compartiendo sus ideas con otros, fundamentando y argumentando sus posturas, para luego contrastarlas con lo que se observa en el fenómeno, esto facilita que exista evolución conceptual en distinto nivel en la mayoría de los casos. A continuación se adjunta una cita en donde se evidencia dicha utilidad.

“Lo veo tremendo, sé que está pensado en grupos grandes, pero creo que se puede implementar bien grupos relativamente pequeños. Además, el hecho de que esté segmentado en aproximadamente 8 partes, ayuda tremendamente a que existan distintas oportunidades de aprender, de modificar y de enriquecer el aprendizaje. Ayuda a desarrollar aprendizaje colaborativos y las relaciones personales, por medio de lo que sabe el otro, lo que piensa el otro, el consenso con el otro y tantos detalles que surgen si uno hace un análisis profundo del método. Da la oportunidad de observar una simulación virtual o en físico de fenómenos, que puede beneficiar en el entendimiento de estos. Lo otro útil es que cada etapa del proceso tiene su propia intención, por ejemplo encontré muy interesante eso de que se buscara evidenciar las ideas propias, para después poder discutirlos en un grupo, a diferencia de lo que se puede plantear en muchos trabajos grupales, donde directamente se van a trabajar en grupos y es mas difuso detectar esas ideas e incluso hay ideas que no se comunican, ni concretan porque no están tan claras desde un principio. En conclusión, creo que está muy bien pensado el método, es bastante completo y abarca muchísimas dimensiones que promueven el desarrollo cognitivo, colaborativo, social y metacognitivo.”

Esta pregunta se orienta a promover en el estudiantado una mirada reflexiva con un enfoque de futuro docente con respecto a la estrategia CMID trabajada en la clase que se reporta en este documento. De las respuestas a esta pregunta se evidencia que la totalidad del estudiantado que participó en la actividad considera la CMID como una estrategia de alta utilidad para el logro de aprendizajes significativos, mediante la identificación y reconocimiento individual de las ideas previas presentes y su posterior tratamiento a través de la interacción social en grupos pequeños.

## Conclusiones e implicaciones educativas

La experiencia de clase que se ha descrito tuvo dos objetivos fundamentales. El primer objetivo fue que los y las estudiantes aspirantes a ser profesores experimentaran personalmente la estrategia CMID e identificar el nivel de comprensión conceptual de los participantes con respecto a los conceptos de calor, temperatura y equilibrio térmico, así como facilitar la comprensión y evolución conceptual de los mismos con las actividades de la clase. El segundo objetivo fue promover la reflexión del estudiantado bajo un enfoque pedagógico de la potencialidad educativa de la estrategia estudiada (CMID).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo sobre la aplicación de la estrategia CMID referidos a la comprensión conceptual de los profesores en formación, se aprecia que, en un 83% del estudiantado participante se encontraba presente la concepción inadecuada de la gráfica de la evolución temporal de la temperatura que se produce en la interacción térmica de dos cuerpos por contacto.

El uso de una demostración en vivo de los resultados con un sistema de medición automática puede generar una barrera para desarrollarla en clases donde no se disponga de dichos recursos. Por ello los autores consideran que la adaptación de la CMID que se propone para la clase virtual, utilizando un vídeo o un simulador de experimento en donde se observe la evolución temporal de la temperatura de ambos objetos, además del uso de las plataformas Nearpod y Google Forms (u otras similares) para la recolección de las respuestas del estudiantado, constituye una innovación de resultados exitosos para la enseñanza de la física.

La adaptación a la virtualidad realizada por los autores tiene varias ventajas respecto a la propuesta original. Una de ellas es el uso de un vídeo o de un simulador del experimento en lugar de un sistema de medición automático real cuya existencia en instituciones educativas es poco frecuente. Otra es el uso para la recolección de las respuestas del estudiantado a la experiencia (en la propuesta original esto se hace a través de una hoja de respuestas en papel) y de sus opiniones acerca de la estrategia CMID de dos plataformas digitales, Nearpod y Google Forms, respectivamente. Esto facilita el trabajo del profesorado en el registro y análisis de las evidencias del proceso de aprendizaje. Por último, el empleo de división del grupo de clase en salas pequeñas mediante la plataforma ZOOM facilita la interacción entre pares en grupos pequeños y aislados promoviendo el aprendizaje social y evitando posibles perturbaciones de los otros grupos (esto podría ocurrir en una sala de clases tradicional). Además, que el uso de esta innovación o variantes de la misma, facilita su aplicación en diversos escenarios, tanto virtuales como presenciales o híbridos. Sin embargo, también presenta algunas limitaciones y desventajas como el acceso de los participantes a INTERNET y su costo, la disponibilidad por ellos de equipos de telefonía móvil y ordenadores y las características adecuadas del entorno de los participantes.

De las respuestas a las preguntas del ticket de salida, de carácter metacognitivo, se concluye que las distintas etapas de la CMID promovieron y facilitaron el involucramiento de los participantes en la construcción y la identificación consciente de los conocimientos y conceptos que tuvieron que tener en cuenta (recordando, aprendiendo o profundizando en los mismos) para dar respuesta a las preguntas formuladas durante la actividad, tanto en la componente individual como en la colectiva, de lo que se infiere que el proceso de discusión en equipos de trabajo y la sociabilización de las ideas personales contribuyó a la profundización de los conocimientos y se evidenció, en mayor o menor medida, la reconstrucción de conocimientos, relacionados con el tema estudiado, bajo la influencia de la interacción social.

En cuanto a la valoración de la potencialidad educativa de la CMID adaptada a la virtualidad que se empleó en la actividad descrita, las respuestas evidencian que la totalidad del estudiantado que participó en la actividad considera a la CMID como una estrategia de alta utilidad para el logro de aprendizajes significativos, mediante la identificación y reconocimiento individual de las ideas previas presentes y su posterior tratamiento a través de la interacción social en grupos pequeños.

Finalmente se debe comentar que la aplicación de esta estrategia en la formación de futuros profesores de física tuvo un efecto importante en el aprendizaje del estudiantado participante, muy alentador, ya que se obtuvo una ganancia de aprendizaje según Hake con un valor de  $g = 0,429$ , lo cual se considera de intervalo medio. Esto es un indicador positivo, teniendo en cuenta que se logró en una sola clase (90 minutos), también se debe recordar que este factor fue calculado sobre un número menor al total de estudiantes que participaron de la clase, debido a que se consideró solo a los y las estudiantes que respondieron tanto la predicción individual como la situación diferente y que participaron íntegramente durante todas las etapas de la CMID.

Los autores consideran que informar y compartir la descripción y los resultados de la aplicación de esta estrategia en el aula, puede contribuir a promover una mayor calidad de las clases de física y estimular la creación de un ambiente de aprendizaje activo y participativo en las mismas, en donde los y las estudiantes estén involucrados en la construcción de su aprendizaje.

## Referencias Bibliográficas

- Ashkenazi, G. y Weaver, G. C. (2007). Using lecture demonstrations to promote the refinement of concepts: the case of teaching solvent miscibility. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 186-196.
- Buchanan, S., Harlan, M. A., Bruce, C. S. y Edwards, S. L. (2016). Inquiry based learning models, information literacy, and student engagement: A literature review. *School Libraries Worldwide*, 22(2), 23-39.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. y Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. <http://www.bscs.org/pdf/5EFullReport.pdf>
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2), 101.
- Díaz-Delgado, R. A. y Maringer-Duran, D. A. (2021). La enseñanza del concepto de fuerza: algunas reflexiones. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 8, 12006.
- Díaz-Delgado, R. A., Menéndez-Proupin, E., Carreño, M. J., Díaz, R. y Lizana, K. (2020). Experiencia de clases activas en un curso de introducción a la mecánica en el ámbito universitario [Libro de Actas]. VI Encuentro Nacional de Didáctica de la Física. ISBN 978-956-330-073-4. Chile. [https://www.ucentral.cl/ucentral/site/docs/20210503/20210503172433/libro\\_de\\_actas\\_enfi\\_2020\\_\\_\\_isbn\\_978\\_956\\_330\\_073\\_4.pdf](https://www.ucentral.cl/ucentral/site/docs/20210503/20210503172433/libro_de_actas_enfi_2020___isbn_978_956_330_073_4.pdf)
- Gunstone, R. y White, R. (1990). Understanding of gravity. *Science education*. Vol. 65, N° 3, pp. 291-299.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Hake, R. R. (2007). Six lessons from the physics education reform effort. *Latin american journal of physics education*, 1(1), 24-31.
- Hake, R. (2002). Lessons from the physics education reform effort. *Conservation Ecology*, 5(2).
- Hernández, C., Tecpan, S., y Osorio, A. M. (2015). Aprendizaje activo para futuros docentes de física: Estrategias en un curso de didáctica. In IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 28, 29 y 30 de octubre de 2015 Ensenada, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.
- Kurniawan, Y., Suhandi, A. y Hasanah, L. (2016). *The influence of implementation of interactive lecture demonstrations (ILD) conceptual change oriented toward the decreasing of the quantity students that misconception on the Newton's first law*. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1708, No. 1, p. 070007). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/1.4941180>
- Laws, P. W. y Thornton, R. K. (1993). *FIPSE Interactive Physics Project* (October 1989-August 1993). Final Report. <https://eric.ed.gov/?id=ED461492>.
- Laws, P., Sokoloff, D. y Thornton, R. (1999). Promoting Active Learning Using the Results of Physics Education Research. *UniServe Science News*, Vol. 13. [http://sydney.edu.au/science/uniserve\\_science/newsletter/vol13/sokoloff.html](http://sydney.edu.au/science/uniserve_science/newsletter/vol13/sokoloff.html)
- Mazur, E. (1999). *Peer instruction: A user's manual*. Pearson New International Edition. <https://dokumen.pub/peer-instruction-a-users-manual-1st-ed-pearson-new-international-ed-1292039701-1269374508-9781292039701-9781269374507-9780135654415-0135654416.html>
- Meltzer, D. E. y Manivannan, K. (1996). Promoting interactivity in physics lecture classes. *The physics teacher*, 34(2), 72-76.
- Milner-Bolotin, M., Kotlicki, A. y Rieger, G. (2007). Can students learn from lecture demonstrations. *J Coll Sci Teach*, 36, 45-49.

- Mora, C., Moreira, M. A., y Meneses-Villagrà, J.  . (2021). Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2), 365-378.
- Orozco Martínez, J. (2012). El aprendizaje activo de la Física en los cursos en línea del IPN. *Revista Mexicana de bachillerato a distancia*, 4(7).
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.
- Redish, E. F., Saul, J. M. y Steinberg, R. N. (1997). On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American journal of physics*, 65(1), 45-54.
- Roberts, D. (2019). Higher education lectures: from passive to active learning via imagery. *Active Learning in Higher Education*, 20(1), 63-77.
- Sánchez, R., Mora, C., y Velázquez, L. J. (2014). Aprendizaje activo de la física para estudiantes de ingeniería en la Ciudad de México. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 1, 12021.
- Sanmart , N. (1997). *Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones*. <http://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ense%C3%B1anza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmart%C3%AD.pdf>
- Sharma, M. D., Johnston, I. D., Johnston, H., Varvell, K., Robertson, G., Hopkins, A., Stewart, C., Cooper, I. y Thornton, R. (2010). Use of interactive lecture demonstrations: A ten-year study. *Phys. Rev. S T Phys. Educ. Res.* 6. 020119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020119>
- Sokoloff D.R. y Thornton R.K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment, *The Physics Teacher*, 35, 340- 347.
- Sokoloff, D. R. y Thornton, R. K. (1997). *Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment*. AIP Conf. Proc. 399, 1061–1074.
- Sokoloff, D. y Thornton, R. (2017). *Active Learning with Interactive Lecture Demonstrations*. New Faculty Workshop, American Center for Physics, June 13, 2017. <https://www.aapt.org/Conferences/newfaculty/upload/Thornton-Sokoloff-Interactive-Demos.pdf>
- Sokoloff, D. (2021). *Home Adapted ILDs*. <https://pages.uoregon.edu/sokoloff/IntroHTDemo2.mp4>
- Tanahoung, C., Chitaree, R., Soankwan, C., Sharma, M. D. y Johnston, I. D. (2009). The effect of interactive lecture demonstrations on students' understanding of heat and temperature: a study from Thailand. *Research in Science & Technological Education*, 27(1), 61-74.
- Taufiq, M., Suhandi, A. y Liliawati, W. (2017). *Effect of science magic applied in interactive lecture demonstrations on conceptual understanding*. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1868, No. 1, p. 070007). AIP Publishing LLC.
- Thornton, R.K. y Sokoloff, D.R. (1990). Learning motion concepts using real-time, microcomputer-based laboratory tools. *Am. J. Phys.* 58, 858-867.
- Thornton, R. K. (1996). *Using large-scale classroom research to study student conceptual learning in mechanics and to develop new approaches to learning*. In *Microcomputer–Based Labs: Educational Research and Standards* (pp. 89-114). Springer. Heidelberg.
- Thornton, R. K. (1997). *Learning physics concepts in the introductory course: microcomputer-based labs and interactive lecture demonstrations*. In *Proc Conf on Intro Physics Course* (pp. 69-86).
- Wilson, T. A. (2002, November). *Application of peer-instruction concepts to engineering education*. In 32nd Annual Frontiers in Education (Vol. 1, p. T2A). IEEE.
- Yani, A., Setiawan, A. y Feranie, S. (2017). *Interactive Lecture Demonstrations (ILD) Model to Improve Students Understanding and Attitude towards Physics*. [http://seminar.uny.ac.id/icriems/sites/seminar.uny.ac.id/icriems/files/prosiding2017/PE01\\_akhmad.pdf](http://seminar.uny.ac.id/icriems/sites/seminar.uny.ac.id/icriems/files/prosiding2017/PE01_akhmad.pdf)
- Zimrot, R. y Ashkenazi G. (2007), Interactive lecture demonstrations: a tool for exploring and enhancing conceptual change, *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 197-211.

## Información adicional

*Para citar este artículo:* Díaz-Delgado, R., y Carreño-Matus, M. (2023) Estrategia CMID adaptada a la virtualidad para estudiar el equilibrio térmico en formación inicial docente. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(3), 3201. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2023.v20.i3.3201