



LA RESOLUCIÓN COLABORATIVA DE PROBLEMAS COMO ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DE LA MATEMÁTICA EN INGENIERÍA.

Patricio Felmer, Universidad de Chile, pfelmer@dim.uchile.cl
Juan Pablo Sepúlveda, Universidad de Chile, eljpss@gmail.com

RESUMEN

En este artículo se presenta una experiencia innovadora en la enseñanza de la matemática en el curso de Introducción al Cálculo de ingeniería de primer año. Esta innovación basada en la Resolución Colaborativa de Problemas (RCP), que llamamos modalidad RCP, consiste en clases de cátedra asincrónicas, mediante videos, una clase auxiliar de una hora semanal y 2 a 3 horas de trabajo en RCP. Si bien, esta modalidad ha sido utilizada anteriormente en forma presencial, la experiencia que aquí se reporta es virtual a través de la plataforma Zoom. El interés de la modalidad RCP se encuentra en la oportunidad que ofrece a los estudiantes para desarrollar habilidades interpersonales, mientras aprenden los fundamentos del cálculo, respondiendo a los desafíos que los cambios tecnológicos están imponiendo en todos los ámbitos de la educación y, en particular, en la formación de ingenieros. En este estudio se busca responder a tres interrogantes sobre la modalidad RCP: ¿Cuáles son los efectos de RCP en los resultados académicos de los estudiantes? ¿Cuáles son efectos de RCP en el desarrollo de habilidades interpersonales? ¿Qué opinan los estudiantes de la propuesta RCP? Como resultado se puede decir que los estudiantes con la modalidad RCP no presentan diferencias en las evaluaciones frente a estudiantes con una modalidad tradicional, pero desarrollan más relaciones sociales y académicas entre ellos, en comparación con las que desarrollan los segundos. Además, desarrollan más grupos de estudio y de mayor tamaño. Por último, si bien la modalidad RCP genera resistencias en algunos estudiantes, es mayor el número de estudiantes que la aprecian como una modalidad satisfactoria.

PALABRAS CLAVES: Resolución de Problemas, Aprendizaje de la Matemática, Habilidades para el Siglo XXI.

INTRODUCCIÓN

Los enormes cambios que los avances de la ciencia y la tecnología están produciendo en todas las esferas de la vida humana, a los que se suman los efectos que estos están imprimiendo en el planeta, ha llevado a la necesidad de replantear la educación en todos los niveles. Numerosos estudios han ido delineando las *Habilidades para el Siglo XXI*, que resumen un conjunto de habilidades necesarias para la participación en el mercado laboral y en la sociedad democrática. Un importante avance en esta línea es el reporte del National Research Council (Pellegrino & Hilton, 2013) donde se categorizan tres ámbitos de competencias del conocimiento humano: cognitivo, interpersonal e intrapersonal. Otras propuestas en esta dirección incluyen a Trilling & Fadel (2009), Binkley (2012) y Partnership for 21st Century Learning (2021) con sus famosas Cuatro C: Pensamiento Crítico (Critical Thinking), Creatividad, Colaboración y Comunicación.

Naturalmente estas tendencias educativas informan a la formación de ingenieros/as. En un intento por distinguir las habilidades genéricas mencionadas antes, de las propias de la profesión ingenieril, Abdulwahed et al. (2013) realizan una revisión de la literatura hasta esa fecha y logra definir un conjunto de 24 habilidades comunes que ingenieros e ingenieras deberían tener para enfrentar el mundo laboral actual y el que viene. En un estudio más reciente Qadir et al. (2020) aborda el tema desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica. El autor argumenta que si bien ciertos conceptos básicos de la ingeniería no cambiarán, habrá una mayor necesidad de



habilidades como aprendizaje continuo, meta-aprendizaje, colaboración, pensamiento crítico, creatividad, habilidades de comunicación y alfabetización cultural/global.

Por otra parte, existen numerosas investigaciones orientadas a la introducción de habilidades en la formación de ingenieros e ingenieras. Por ejemplo, Mourtos (2015) considera las habilidades de resolución de problemas, comunicación, pensamiento crítico, colaboración, autoevaluación, aprendizaje continuo y gestión del cambio, y el desafío que significa para los educadores lo difícil que resulta definir las, evaluarlas y de enseñarlas. Entre estas, las habilidades de comunicación son consideradas por Riemer (2007) como un componente esencial en la formación y hace notar que estas habilidades no pueden estar empaquetadas en cursos, sino integradas al plan de estudios. En otro trabajo, Ralston (2017) aborda la colaboración y el apoyo que requieren los formadores para implementar estrategias de colaboración, cambiando sus paradigmas de enseñanza. En el ámbito de la resolución de problemas, que cruza todo el ámbito formativo y laboral, un estudio aborda el aprendizaje colaborativo basado en problemas en cursos masivos de cálculo de primer año (Sze Thou Ting et al., 2019), donde se muestran positivos logros en la comprensión de los principios del cálculo. Albay (2019, 2020) considera un enfoque de resolución de problemas apoyado en estrategias colaborativas en un curso de Álgebra de primer año e investiga sus efectos positivos en el desempeño y actitud hacia el Álgebra de los estudiantes.

En el caso de Chile, no conocemos experiencias sistemáticas de transformación de la enseñanza de la matemática para ingeniería, que aborden experiencias activas de los estudiantes y que tengan consecuencias en el desarrollo de habilidades, excepto por el caso de la Universidad Católica de Temuco, donde se ha estado realizando un extenso trabajo de implementación de diversas metodologías de aprendizaje activo (González et al. 2021). Por otro lado, tampoco conocemos estudios que permitan conocer y comprender mediante evidencias las prácticas docentes, las estrategias de aprendizaje y los esquemas de evaluación imperante en los cursos de matemática de nuestras escuelas de ingeniería.

En el ámbito de la Escuela de Ingeniería y Ciencias (EIC) de la Universidad de Chile, la enseñanza de las matemáticas básicas presenta variados desafíos, los que se pueden comprender en tres dimensiones: estrategias de enseñanza, esquemas de evaluación y estrategias de aprendizaje. Las estrategias de enseñanza de la matemática se caracterizan por clases expositivas de 90 minutos (semanalmente dos de cátedra y una auxiliar), provisión de apuntes y guías de ejercicios. Un estudio de Celis & Orellana (2019), evalúa la asistencia a clases de los estudiantes de los cursos de licenciatura en el semestre primavera 2018, encontrando que esta alcanza al 62% en la tercera semana de clases y baja a un 29% en la penúltima semana. La estrategia de evaluación consiste en tres controles al semestre y un examen final, los que son comunes para todas las secciones de un curso. Esta estrategia ha mostrado un creciente grado de estandarización y ha sido puesta a prueba durante la pandemia. Finalmente, las estrategias de aprendizaje son más difíciles de pesquisar, pero se observa que los estudiantes tienen una tendencia a estudiar ejercicios y controles resueltos, y clases auxiliares en versión escrita. Estudios de Celis & Aguirre (2016) y Celis et al. (2019) analizan la interacción de los estudiantes con la plataforma de cursos (U-Cursos). En otro interesante trabajo, se muestra algunas formas que tienen los estudiantes para enfrentar su aprendizaje poniendo en evidencia que el voto estudiantil para un paro tiene un fuerte componente académico (Ross & Celis, 2020). Parece ser que los cambios hacia la incorporación de habilidades en la formación de ingenieros e ingenieras no solo son un imperativo del mercado laboral, sino además una necesidad para tomar en cuenta los cambios culturales que están viviendo los jóvenes estudiantes que entran a nuestras escuelas ingeniería.



RCP PARA EL APRENDIZAJE DE LA MATEMÁTICA EN INGENIERÍA: UNA EXPERIENCIA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

En el semestre primavera 2016, se implementó una primera versión de los cursos Introducción al Cálculo e Introducción al Álgebra con la modalidad RCP en la EIC, para estudiantes repitentes, en los que se reemplazaron las clases de cátedra y auxiliares, por tres sesiones de RCP.

Una sesión de RCP se organiza con tres monitores (el profesor y dos ayudantes), quienes estimulan el trabajo colaborativo y apoyan a los estudiantes en la resolución de problemas. Los estudiantes son dispuestos en grupos de tres o cuatro, elegidos al azar en cada sesión. Para cada sesión (90 minutos) se preparan tres problemas, los que se entregan a medida que los estudiantes los van resolviendo. En promedio, los estudiantes alcanzan a resolver dos problemas, con variaciones entre grupos. Al inicio del semestre, los monitores estimulan el trabajo colaborativo, es decir que los estudiantes discutan el problema desde al inicio, que planeen estrategias, que trabajen en ellas y compartan sus avances hasta resolverlo. El estímulo para el trabajo colaborativo es muy necesario al iniciar el semestre, pues los estudiantes no tienen experiencias de colaboración. Más adelante, la colaboración resulta natural.

La principal labor de los monitores es apoyar a los estudiantes en la resolución de problemas que se entregan de a uno a medida que los grupos los resuelven, respetando el ritmo de los grupos. Cada monitor se encarga de entre 6 y 8 grupos, que se asignan al inicio de la sesión. El monitor accede al llamado de los grupos, al llegar escucha y analiza el desarrollo escrito, para luego intervenir con una pregunta orientadora, que devuelve la responsabilidad, dejando al grupo para que continúe de manera autónoma. Cuando el grupo ha resuelto el problema, el monitor pide una explicación, asegurándose que todos los estudiantes del grupo han comprendido, solo entonces el grupo recibe el siguiente problema. Las intervenciones de los monitores son de preferencia con preguntas orientadoras, con el propósito de estimular a los estudiantes a encontrar la solución de manera autónoma y colaborativa. No existe una instancia escrita, grupal o de curso completo donde se den las soluciones a los problemas de las sesiones de RCP.

Esta metodología de trabajo tiene como propósito que los estudiantes desarrollen las habilidades de resolución de problemas, colaboración, comunicación, perseverancia y autonomía. Este esquema provoca resistencias en algunos estudiantes, especialmente porque están acostumbrados a tener ejemplos resueltos, a que se les indique si la solución encontrada es correcta y si no pueden resolver, a tener la solución del profesor. La RCP se inició con cursos de repitentes en 2016, y desde entonces se ha estado ofreciendo, con algunas variaciones, en otros cursos no repitentes, llegándose a tener hasta 5 secciones con RCP en un semestre.

Después de un período de adaptación durante el año 2020, el primer semestre de 2021 se logró un modelo de RCP on-line para el curso Introducción al Cálculo, que mantiene los principios básicos de colaboración y autonomía en el trabajo de los estudiantes, con grupos al azar y el modelo de acompañamiento de monitores en las sesiones de RCP. Con un alto grado de flexibilidad, debido a la docencia on-line, el modelo consiste en una cátedra asincrónica de 90 minutos semanales, grabada en videos cortos, una clase auxiliar sincrónica, donde el profesor resuelve ejercicios y responde dudas y dos sesiones de RCP de 60 minutos. El trabajo de RCP sincrónico se realiza con Zoom, adaptando lo que se hacía presencialmente y donde la principal diferencia es que los monitores no ven a todos los grupos. Para mejorar la experiencia de trabajo colaborativo y la interacción del grupo se pide a los estudiantes que usen Jamboard compartido.



La evaluación de los resultados de estas metodologías activas en la formación de ingenieros es un tema de gran importancia si se quiere transitar hacia un modelo que fomente el desarrollo de habilidades en el contexto de la formación disciplinaria y técnica. Desde que se viene implementando la metodología RCP en la EIC se han realizado dos instancias de investigación, sobre resultados académicos de los estudiantes, cambios en su autopercepción y su predisposición hacia la resolución de problemas, ver Quiroga (2017) y Marchant (2021). En el presente estudio consideramos la evaluación de RCP en el curso Introducción al Cálculo durante el semestre otoño 2021. En este curso, se inscribieron cerca de 900 estudiantes *mechones*, distribuidos en 9 secciones paralelas, de las cuales dos tuvieron la metodología de RCP. Nos interesa responder las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los efectos de RCP en los resultados académicos de los estudiantes? ¿Cuáles son efectos de RCP en el desarrollo de habilidades interpersonales? ¿Qué opinan los estudiantes de la propuesta RCP?

RESULTADOS

El estudio considera una muestra de estudiantes de Introducción al Cálculo, 202 estudiantes de dos secciones con metodología RCP y de 380 estudiantes de cuatro secciones con metodología tradicional, la que se basa en dos clases de cátedra y una clase auxiliar, las tres sincrónicas. Las secciones con metodología RCP las denominamos RP1 y RP2, y las otras cuatro secciones las llamamos NRP1, NRP2, NRP3 y NRP4. El resumen de la muestra se presenta la siguiente tabla.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Estudiantes Inscritos	102	100	103	100	75	102

Tabla 1. Estudiantes participantes del estudio.

Los datos para el estudio provienen de tres fuentes: i) Las notas de los estudiantes corresponde a tres controles y un examen (común a todos los estudiantes), según información oficial del Departamento de Ingeniería Matemática; ii) La información sobre el desarrollo de habilidades interpersonales se obtuvo mediante un Cuestionario de Relaciones Sociales y Académicas (CRSA) que se aplicó en dos oportunidades, durante la 3^a y la 13^a semana; iii) La opinión de los estudiantes de las secciones RP1 y RP2, se obtuvo de la Encuesta Docente de Mitad de Semestre (EDMS), que respondieron voluntariamente los estudiantes entre el 6 y 20 de mayo.

Resultados académicos de los estudiantes. Para responder a la primera pregunta consideramos las notas de los tres controles y del examen realizados durante el semestre. Los controles y el examen de Introducción al Cálculo son comunes para las nueve secciones, por lo que los resultados que se presentan a continuación son comparables.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Control 1	4,8	5,4	5,0	4,8	4,9	4,8
Control 2	5,3	5,6	5,7	5,5	5,3	5,2
Control 3	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5	4,7
Promedio Controles	4,9	5,2	5,1	4,9	4,9	4,9
Examen ¹	4,4	4,5	4,1	4,0	4,3	4,5
Nota Final²	4,7	4,9	4,7	4,5	4,7	4,7

Tabla 2. Notas de controles y examen por sección.

¹ El examen lo rinden los estudiantes que tienen promedio de controles menor que 5,0.

² La nota final se calcula con un 60% del promedio de controles y 40% del examen.



La observación de la tabla lleva rápidamente a concluir que no hay diferencia en las notas obtenidas por los estudiantes en las secciones con RCP y las secciones tradicionales.

Resultados de relaciones sociales y académicas. En el CRSA se presenta a los estudiantes la lista del curso y frente al nombre de cada estudiante se ofrecen tres alternativas. En el caso de relaciones sociales: [No lo/la conozco], [Somos conocidxs] y [Somos amigxs]. En el caso de relaciones académicas: [Nunca he estudiado con el/ella], [He estudiado con el/ella alguna vez] y [Suelo estudiar con el/ella normalmente]. Como se mencionó, este cuestionario se aplicó en dos oportunidades y el número de respuestas que se obtuvo se muestra en la tabla siguiente.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Respuestas al CRSA 3ª semana	97	91	95	82	64	92
Respuestas al CRSA 13ª semana	56	57	57	34	31	64

Tabla 3. Estudiantes que contestaron el CRSA

Relaciones sociales. En primer lugar, consideramos el número promedio de conocidos y de amigos que tiene un estudiante de cada sección, en las dos instancias de aplicación del CRSA.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Conocidos/pre	8,2	8,5	4,6	8,2	4,5	5,4
Conocidos/post	16,0	15,0	11,0	14,5	7,7	12,0
Amigos/pre	1,9	0,9	0,6	2,8	0,4	0,7
Amigos/post	6,4	4,7	3,7	5,4	4,4	2,6

Tabla 4. Promedio de conocidos y de amigos de un estudiante de cada sección.

Se observa que al inicio (3ª semana) en las secciones RCP los estudiantes tienen más conocidos y más amigos que en las otras secciones. Por otro lado, en estas secciones el número de conocidos y amigos también es mayor al final (13ª semana), así como las tasas de aumento. La información que entrega el CRSA se refiere a los conocidos y amigos que cada estudiante identifica. Cuando esta identificación es recíproca, se tiene una relación mas fuerte y en lo que sigue consideramos esta nueva relación para el análisis.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Promedio conocidos recíprocos	7,2	7,7	5,5	4,2	3,2	6
Promedio amigos recíprocos	2,9	2,3	1,8	1,5	1,8	1,4

Tabla 5. Promedio de conocidos y amigos recíprocos por sección al final del semestre.

La Tabla 5 considera las relaciones recíprocas al final del semestre y se puede observar claramente que hay más relaciones de conocidos y amigos en las secciones RPC.

Relaciones académicas. Las relaciones recíprocas de estudio que se generan en cada sección se presentan en la Tabla 7, donde se puede apreciar el número promedio de compañeros de estudio. Se puede ver una diferencia muy clara entre las secciones RCP y las tradicionales, en cuanto a que las primeras generan más relaciones académicas entre los estudiantes al final del semestre.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Estudio alguna vez con ... pre	5,6	6,0	2,3	3,2	1,8	1,4
Estudio alguna vez con ... post	14,4	11,0	7,9	7,8	5,7	5,6



Estudio normalmente con ... pre	1,4	0,8	0,2	1,0	0,2	0,2
Estudio normalmente con ... post	4,6	3,1	2,1	2,7	2,0	1,5

Tabla 7. Promedios de estudiantes con los que estudia alguna vez o normalmente en cada sección.

La Tabla 7 está construida con los datos originales entregados por los cuestionarios, donde cada estudiante identifica a los compañeros que estudian alguna vez o estudian normalmente en este, en una relación que no es necesariamente recíproca. Una forma de relación más fuerte es aquella que es reportada en forma recíproca y es la que consideramos en los próximos resultados. En la Tabla 8 se muestra el número promedio de relaciones de estudio recíprocas en cada sección.

	RP1	RP2	NRP1	NRP2	NRP3	NRP4
Promedio compañeros estudia alguna vez	7,6	6,8	4,6	2,3	2,2	3,3
Promedio compañeros estudia normalmente	2,1	1,5	1,1	0,7	1,2	0,9

Tabla 8. Número de estudiantes que estudian alguna vez o normalmente por sección.

Se puede observar muy claramente que en las secciones RCP se producen más relaciones de colaboración en el estudio que en las secciones tradicionales. En el grafo de relaciones académicas recíprocas de estudiantes que estudian normalmente se pueden considerar los grafos completos maximales (GCM). Estos GCM podrían interpretarse como grupos de estudio, por esa razón en la Tabla 9 reportamos el número de GCM sección con tres o más nodos y además la distribución de GCM según su tamaño.

	Grupos de estudio	Número de integrantes					
		tres	cuatro	cinco	seis	siete	ocho
RP1	21	7	4	6	4	0	0
RP2	11	5	1	1	1	2	1
NRP1	10	2	8	0	0	0	0
NRP2	4	1	3	0	0	0	0
NRP3	7	3	3	0	1	0	0
NRP4	11	9	1	1	0	0	0

Tabla 9. Número de GCM o grupos de estudio por sección

Se puede observar en la Tabla 9 que las secciones RCP generan en promedio más grupos de estudio y estos grupos son de mayor tamaño.

Opinión de los estudiantes sobre la metodología RCP. La EDMS fue respondida por 154 estudiantes, entre los 202 inscritos en las dos secciones RCP. En esta encuesta, los estudiantes evalúan diversos aspectos del curso y tienen la posibilidad de hacer comentarios positivos y negativos. Utilizaremos estos comentarios para conocer la opinión de los estudiantes sobre la metodología de RCP. Una descripción muy general de las respuestas se presenta en la Tabla 10.

	Comentarios	RCP	Videos	Otros
Positivas	53	22	-	31
Negativas	42	19	24	7
Total	95	41	24	38

Tabla 10. Comentarios de estudiantes de las secciones RP1 y RP2 en la EDMS.

Para analizar con mayor detalle las opiniones, se procedió a desagregar los comentarios en frases temáticas, las que luego se clasificaron de acuerdo a categorías emergentes. En total se obtuvo 139 frases, las que se clasificaron en 14 categorías de la siguiente manera:



Frases positivas. Se logró identificar 84 frases positivas que dan cuenta de distintos aspectos del curso. Los estudiantes se sienten satisfechos con el curso en general (7 frases) manifestando “*Me gusta cálculo:*”, “*Todo excelente :)*” o “*El curso es entretenido*” y también valoran al equipo docente (35 frases), lo que se manifiesta de la siguiente manera “*el profesor de cátedra explica muy bien, siempre tiene una muy buena disposición para enseñar*”, “*Los auxiliares siempre están dispuestos a ayudarnos y aclararnos dudas*”, “*El profesor tiene muy buena disposición a repetir lo que dijo, además de que explica muy bien*” o “*Excelente profesor de Cátedra y excelentes profesores auxiliares. Con buena disposición y preocupación en nuestro aprendizaje*”.

Los estudiantes expresan su aprobación a las sesiones de RCP en variadas formas (26 frases). Algunos con mucho entusiasmo como “*los RP funcionan muy bien*” y “*Los RP, han sido una maravilla, ayudándome a resolver todo tipo de problemas*” y otros más discretos como “*Las clases de RP no me disgustan porque entiendes los ejercicios con tus mismos compañeros*”. Es interesante observar que, en frases más complejas, es posible identificar algunas razones (9 sub-frases) que los estudiantes esgrimen para justificar su apreciación como “*...a realizarlos por nosotros mismos y ver qué haríamos si un problema así saliera en un control...*”, “*...ya que se fomenta la participación y conversación entre compañerxs*”, “*Promueve la independencia en la resolución de problemas*” o “*...RP me han ayudado mucho a sentirme más seguro de lo que hago, y es muy agradable que enseñen a hacer el problema en vez de hacerlos ellos y luego explicar que hicieron*” o “*...y tienen cierto desafío..:*”

Una apreciación más general sobre la “clase” o el “curso” hacen algunos estudiantes (11 frases), como muestran los siguientes ejemplos “*Me gusta la metodología de las clases*”, “*Muy buenas clases y aprendo mucho*”, “*Buena clase en general, pero hay cosas que mejorar*” y “*Me gusta mucho la dinámica del curso*”. Finalmente, estudiantes hicieron referencia a flexibilidad mostrada por el docente (3 frases) en cuanto a las reglas del curso y también se mostraron de acuerdo con la dificultad del primer control (2 frases).

Frases negativas. Se identifican 55 frases negativa. Los estudiantes muestran en general (3 frases) su insatisfacción con el curso y con el equipo docente (5 frases) como en las que siguen “*Siento que estudio y aprendo más por mi cuenta que en las clases*” y “*No he notado mucho la presencia de los auxiliares, no digo que esto sea especialmente negativo solamente que no tienen mucha intervención*”.

Las sesiones de RCP suscitan la opinión negativa de los estudiantes (14 frases) como “*No es efectivo para mi el método rp*”, “*para las personas tímidas, RP es un tema*”, “*No me gusta el método que tiene el profesor con respecto a los rp, pienso que si los resolviéramos en clases todos juntos sería mucho más rápido y...*” y “*A veces cuando tenemos trabajo en grupo y entran a mi grupo a ayudarnos siento que nos pierden más*”. Asociado a esta categoría, los estudiantes se quejan de la ausencia de pautas³ de los problemas y clases auxiliares (5 frases) como “*En auxiliar no hay pauta...*” o “*Pofis suban las pautas de los ejercicios :c*”.

Las sesiones de RCP se hacen posible porque se reemplazan cátedras sincrónicas por videos y se generan opiniones negativas. Los estudiantes encuentran que los videos son muy largos⁴ (9 frases) como en los siguientes ejemplos “*Los videos a modo de clase igual complican estar al*

³ En la jerga de la EIC “pauta” es la solución escrita de un problema.

⁴ Los videos con materia del curso, semanalmente suman una hora y 30 minutos.



día, y que es difícil encontrar el tiempo para verlos. Por si solos no son mucho, pero considerando otras clases, actividades, notas y demás, es complicado encontrar el tiempo para verlo” y “no me gusta mucho el sistema de enviar videos de cátedra, arruina mi fin de semana por estar al día en su materia”. Por otra parte, el hecho que los videos reemplacen una clase sincrónica genera descontento (15 frases) como por ejemplo “pero las clases de cátedra, para mí, serian mucho mas cómodas si fueran para pasar materia, así podríamos despejarnos de dudas al instante y no tendríamos que ocupar tanto tiempo fuera de clases para revisar la materia y entenderla...” y “Me gustaría que el profesor no mandara tantos videos para la clase si no que el también se diera el tiempo de explicar la materia”. Finalmente, algunos estudiantes se mostraron en desacuerdo con la dificultad del primer control (2 frases) y con la docencia on-line (2 frases).

CONCLUSIONES

El proceso de incorporación de habilidades en la formación de los ingenieros e ingenieras está en marcha y parece no tener vuelta a atrás. Para enfrentar los problemas siempre nuevos y cada vez mas complejos ya no basta con un bagaje de conocimientos fundamentales y una especialización técnica para incorporarse al mundo profesional, ahora es necesario poseer también una variedad de habilidades. Este artículo presenta una experiencia de incorporación de actividades de RCP en un curso de Introducción al Cálculo para Ingeniería, ofrecido en forma virtual, mediante el uso de Zoom. El estudio explora los resultados académicos de los estudiantes, al desarrollo de sus habilidades interpersonales y sus opiniones respecto de la modalidad RCP.

En cuanto a resultados académicos, se observó que los estudiantes con modalidad RCP tienen los mismos resultados que los estudiantes con modalidad tradicional, de acuerdo a evaluaciones comunes realizadas en el semestre. Notamos, eso sí, que el esquema de evaluación utilizado, por construcción se adapta a la modalidad tradicional. Sería interesante indagar, cuál sería el resultado de estos estudiantes frente a problemas distintos del tipo establecido en la práctica evaluativa ¿cuál será la reacción de cada sección? ¿cómo abordarán los problemas?

La modalidad RCP se muestra mas propicia para el desarrollo de habilidades interpersonales según muestra el análisis de los datos obtenidos en el CRSA sobre las relaciones sociales y académicas que se establecen durante el semestre. Se encuentra que los estudiantes con modalidad RCP muestran un marcado número mayor de relaciones sociales y académicas que sus pares con modalidad tradicional. Este es un resultado de mucha importancia no solo en cuanto a la creación de lazos sociales y afectivos, sino también en la capacidad de colaboración que muestran las relaciones académicas creadas. Un resultado adicional, que refuerza el anterior, es la conformación de grupos de estudio, que ocurre en mayor número y con mayor número de integrantes en las secciones con modalidad RCP, que en las secciones de modalidad tradicional.

Finalmente, el análisis de los comentarios de los estudiantes de la modalidad RCP en la EDMS muestra que el número de opiniones positivas supera en un 20% a las opiniones negativas, dando cuenta de una clara aceptación de la modalidad, la que muy posiblemente esta correlacionada con los otros elementos que conforman la opinión de los estudiantes. En cuanto a las sesiones de RCP los estudiantes muestran más opiniones positivas (26) que negativas (14). Esta buena opinión de RCP contrasta con el número de opiniones negativas sobre la entrega asincrónica de la cátedra mediante videos (24) que no se compensa con las opiniones positivas sobre las clases (11). Aquí hay un amplio espacio para mejorar tanto la calidad de los videos como su duración.



Como comentario final, podemos decir que los resultados muestran que la modalidad RCP no genera desventajas frente a la modalidad tradicional con evaluaciones tradicionales y que potencialmente podría generar ventajas en evaluaciones no tradicionales. Esta modalidad ofrece mayores oportunidades de desarrollar relaciones sociales y de colaboración académicas, valiosas en general y con mayor razón en la modalidad on-line impuesta por la pandemia. Además, esta modalidad RCP genera una amplia mayoría de opiniones positivas en los estudiantes, y mostrando claros espacios para mejorar. Los positivos resultados mostrados en favor de la modalidad RCP ciertamente son parciales, pero deben instar a perseverar en este tipo de innovaciones en la forma de enseñar y a profundizar la investigación sobre sus consecuencias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido de A²IC de la EIC para la realización de este estudio. El primer autor agradece a Cristián Reyes con quien ha co-creado la modalidad RCP.

REFERENCIAS

Abdulwahed, M. et al. (2013) Skills of Engineers in Knowledge Based Economies: A Comprehensive Literature Review, and Model Development, IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)

Albay, E. (2020) Towards a 21st Century Mathematics Classroom: Investigating the Effects of the Problem-Solving Approach Among Tertiary Education Students. *Asia-Pacific Social Science Review* 20(2) pp. 69–86

Albay, E. (2019) Analyzing the effects of the problem-solving approach to the performance and attitude of first year university students. *Social Sciences & Humanities Open*, Volume 1, Issue 1.

Binkley, M.T. *Defining Twenty-First Century Skills*. Springer, 2012.

Celis, S. & Orellana, A. (2019) De más a Menos: Decaimiento de la Asistencia Durante el Semestre en Licenciaturas de Ingeniería y Ciencias. XXXII Congreso Chileno de Educación en Ingeniería. Talca.

Celis, S. et al. (2019) Analyzing the influence of online behaviors and learning approaches on academic performance in first year engineering. II Conferencia Latinoamericana de Analíticas de Aprendizaje – LALA 2019.

Celis, S., & Aguirre, C. (2016), Students Against the Odds: First-year Engineering Students' Strategies for Improving Academic Achievement. Paper presented at 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana. 10.18260/p.25936

Celis, S., & Hilliger, I. (2016), Redesigning Engineering Education in Chile: How Selective Institutions Respond to an Ambitious National Reform. Paper presented at 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana. 10.18260/p.26066

González, C. et al. (2021) Relación entre la Comprensión Lectora y la Resolución de Problemas en Matemática en Estudiantes de Primer Año de Ingeniería en la UC Temuco. En “Compendio de



artículos de investigación presentados en la XXXII Jornada de Matemática de la Zona Sur 2019” 185-190. Editorial de la Universidad de Magallanes.

Marchant, D. (2021) Explorando el impacto de la metodología de resolución de problemas en la Escuela de Ingeniería y Ciencias. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Matemáticas Aplicadas, Universidad de Chile.

Mourtos, N. (2015) Preparing Engineers for the 21st Century: How to Teach Engineering Students Process Skills. *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education*, 4(4), 1-26.

Partnership for 21st Century Skills. *P21's framework for 21st century learning*. <https://www.battelleforkids.org/networks/p2>, accesado en 19 de julio de 2021.

Pellegrino, J. & Hilton, M. (Editors) *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Research Council. National Academies Press, 2013.

Qadir, J. et al. (2020) Engineering Education, Moving into 2020s: Essential Competencies for Effective 21st Century. *Electrical & Computer Engineers, IEEE Frontiers in Education Conference*.

Quiroga, T. (2017) Efectos de la Metodología RP en los cursos de Introducción al Álgebra y Cálculo del Semestre Primavera 2016. *Práctica Prof. Ing. Matemática, U. de Chile* (no publicada).

Ralston, P. et al. (2017) Implementing Collaborative Learning across the Engineering Curriculum. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, Vol. 17, No. 3, pp.89-108

Riemer, M. (2007) Communication Skills for the 21st Century Engineer. *Global J. of Engng. Educ.*, Vol.11, No.1.

Rodríguez, R. (2017) Repensando la enseñanza de las matemáticas para futuros ingenieros: actualidades y desafíos. Año 8 Número 15.

Ross, J. & Celis, S. (2020) ¿Descanso para hoy o estrés para mañana?: Beneficios y costos de los paros estudiantiles en ingeniería y ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación en Ingeniería (RIEI)* (2020). Vol. 2, 4 URL https://www.scipedia.com/public/Ross_Celis_2019a

Sze Thou Ting, F. et al. (2019) Active Learning via Problem-Based Collaborative Games in a Large Mathematics University Course in Hong Kong. *Educ. Sci.*, 9, 172.

Trilling, B. & Fadel, C. *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. John Wiley & Sons, 2009.