

# INICIATIVA ARPA EN LA ARMADA: EL DESAFÍO PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO MATEMÁTICO EN LA ESCUELA DE GRUMETES

## ♦ RESUMEN ♦

Se describe el proceso seguido para incorporar una nueva metodología en la enseñanza de los ramos de matemática en la Escuela de Grumetes, fruto de la colaboración entre la Universidad de Chile y la Dirección de Educación de la Armada.



### JAIME RODRIGO RAMÍREZ

Magíster en Ciencias Navales y Marítimas mención Estrategia, Academia de Guerra Naval, Magíster en Gestión de Organizaciones Universidad Adolfo Ibáñez y Academia de Guerra Naval. (jaimerix@hotmail.com)



### PATRICIO FELMER AICHELE

Ingeniero Matemático de la Universidad de Chile y Doctor en Matemática de la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos. Investigador del Centro de Investigación Avanzada en Educación (CIAE) y el Centro de Modelamiento Matemático (CMM), Universidad de Chile, Director iniciativa ARPA.



### CRISTIÁN FRÍAS DINAMARCA

Doctor en Educación, Asesor Pedagógico, Dirección de Educación de la Armada de Chile.



### LISBETH CONCHA GFELL

Magíster en Ciencias de la Educación, Asesora Pedagógica, Dirección de Educación de la Armada de Chile.

Matemática, Escuela de Grumetes, Iniciativa ARPA, educación naval



La Armada de Chile recientemente celebró 200 años de existencia. En este tiempo, han sido incontables los hitos que han marcado su derrotero, y en todos ellos, la flota ocupa un lugar primordial en la ejecución de las diversas tareas que materializan las áreas de misión immanentes de la marina.

La Escuadra Nacional, la fuerza operativa por excelencia y pilar fundamental del poder naval, está dotada de buques con tripulaciones de gente de mar formadas en la Escuela de Grumetes, constituyendo ese personal el potencial humano que contribuye al accionar y a la proyección de la Armada en el escenario internacional actual hoy y en el futuro (Revista Vigía, 2018).

Educacionalmente, en el contexto del nuevo milenio, la institución a través de sus escuelas matrices y academias, tiene el desafío de desarrollar y alcanzar las capacidades profesionales en su personal que les permita desarrollar su misión primigenia; esto es, ganar la guerra en el mar (Rodrigo, 2018).

Es así como la Escuela de Grumetes es consciente de los retos que hoy significa educar en la sociedad del conocimiento y la globalización (Drucker, 2003). En efecto, experiencias recientes de integración internacional de la Armada

de Chile (Revista Vigía, 2018 y 2019), han significado no solo participar y liderar ejercicios navales de primer orden, sino también oportunidades de capacitación y entrenamiento que redundan en enfatizar la exigencia que implica operar en plataformas con tecnología de vanguardia. Lo cual requiere no solo de una mística marinera, sino también del manejo de conocimientos específicos y el empleo de competencias que contribuyan a solucionar las incertidumbres generadas en un ambiente de constante cambio, y tomar decisiones adecuadas en cada uno de los multinescenarios en que se deba actuar.

Esta exigente realidad plantea a la Escuela de Grumetes un desafío formativo mayor: aproximarse a una formación en consonancia con los desafíos del siglo XXI que responda a los requerimientos tecnológicos y desarrolle en sus egresados capacidades cognitivas, propias de procesos mentales superiores, que les permitan resolver con éxito situaciones problemáticas inherentes a la operación de plataformas avanzadas.

Lo anterior, implica inevitablemente para la escuela matriz pensar en la matemática y en el lenguaje como herramientas para la vida más que las asignaturas dotadas solo de contenidos a aprender; ambas disciplinas, a través de su desarrollo en

Iniciativa ARPA en la Armada: El desafío...

J. Rodrigo - P. Felner - C. Frias - L. Concha

las diferentes etapas formativas, contribuyen a la construcción de una autonomía intelectual necesaria para afrontar y resolver los problemas que plantea la sociedad posindustrial o del conocimiento y del riesgo (Korstanje, 2010).

De esta manera, si el desarrollo de la matemática en la Escuela de Grumetes resulta determinante para la formación del marino, entonces es de suma importancia instalar innovaciones en la forma en que académicamente se enseña la disciplina, posibilitando con ello el tránsito de las creencias pedagógicas de los docentes desde una concepción tradicional de la enseñanza hacia una enfocada en las necesidades de aprendizajes de los futuros grumetes (Frias, Concha y Rodrigo, 2018).

## El diagnóstico inicial de la matemática en la Escuela de Grumetes

Los postulantes a la Escuela de Grumetes en el proceso de admisión rinden pruebas de conocimientos, siendo una de ellas, la prueba de matemática, con la cual se busca determinar el nivel de conocimientos en el área.

Esta prueba consta de ítemes de selección múltiple, midiendo conocimientos de aritmética, álgebra y geometría, y habilidades de comprensión, análisis y aplicación. Se establece un mínimo de 60% exigencia en el logro de estas dimensiones. A modo referencial, los resultados de la aplicación de esta prueba para la promoción de postulantes 2019 arrojó los datos contenidos en la tabla 1.

Se aprecia en los resultados que la totalidad de los contenidos se encuentran bajo el parámetro mínimo, destacando solo los contenidos de aritmética que están muy cerca del porcentaje mínimo, teniendo en cuenta que se

Contenidos	% de logro
Aritmética	58%
Álgebra (Conceptos básicos)	37%
Álgebra (Ecuaciones y sistemas de ecuaciones)	35%
Geometría	36%
<b>Habilidades</b>	
Comprensión	52%
Análisis	40%
Aplicación	41%

Tabla 1: Resultados de la prueba de matemática 2019

trata de temáticas correspondientes a operatoria elemental y que pertenecen curricularmente a la educación básica. En cuanto a las habilidades, comprensión aparece con mayor logro, pero inferior al mínimo. No obstante que, desde el punto de vista taxonómico, es la habilidad de menor complejidad, las correspondientes a análisis y aplicación no sobrepasan el 40% de dominio.

Tal panorama ha sido una constante durante los últimos cinco años sin que se observe una variación significativa. Esta situación se encuentra en plena consonancia con el nivel que alcanza el país en relación al desarrollo de habilidades y dominio de contenidos matemáticos y es plenamente concordante con los resultados de otras mediciones nacionales e internacionales (Agencia de Calidad de la Educación, 2018; OECD, 2017; UNESCO, 2015; SIMCE 2018, PISA 2013 y TIMSS, 2004).

## El aprendizaje de la matemática desde la resolución de problemas

Fomentar el pensamiento matemático implica instalar una innovación a nivel de la docencia, que lleva a superar la perspectiva de los contenidos en la enseñanza de la asignatura para focalizarse en lograr el

desarrollo de las habilidades matemáticas, como son representación, resolución de problemas, modelación, razonamiento matemático y comunicación y las actitudes asociadas, como lo establece el currículo escolar chileno. Para ello, la Dirección de Educación de la Armada estableció en 2016 un convenio con la Universidad de Chile a través de la iniciativa ARPA del Centro de Investigación Avanzada en Educación (CIAE) y el Centro de Modelamiento Matemático (CMM), iniciando así un proceso gradual de transformación de la formación matemática en la Escuela de Grumetes.

La iniciativa ARPA es un programa de investigación y desarrollo que tiene como propósito fomentar el aprendizaje activo de la matemática en el país (Felmer, Perdomo-Díaz y Reyes, 2019). Con una propuesta basada en la resolución de problemas, la iniciativa ARPA implementa estrategias de desarrollo profesional docente para profesores que enseñan matemática en todos los niveles escolares, con el objetivo central de mejorar los aprendizajes matemáticos de los estudiantes, integrando contenidos, habilidades y actitudes.

La estrategia central de ARPA es el taller RPAula, diseñado para un grupo de docentes, de hasta veinte, que se reúne mensualmente con un monitor, quien lidera las actividades. El taller se inicia con dos sesiones de resolución de problemas, donde los profesores toman la posición del resolutor de problemas, las cuatro sesiones siguientes se dedican a conocer y ejecutar las distintas partes de una actividad de resolución en el aula con los estudiantes. Se trabaja en la planificación de la actividad, luego se ejecuta con los alumnos y en la sesión siguiente se reflexiona sobre la actividad, para iniciar nuevamente el ciclo planificando la siguiente actividad, en un ciclo que termina en la octava sesión, al final del año (Koellner *et al.*, 2007). Las últimas dos sesiones se dedican a la creación de problemas y la evaluación del trabajo del año.

El taller se basa en el hacer y reflexionar y en la colaboración entre los docentes. La actividad de resolución de problemas en el aula que implementan los profesores

con sus estudiantes privilegia el trabajo en grupos elegidos al azar, el trabajo autónomo, la colaboración, el razonamiento matemático y la comunicación. Para resolver un problema los jóvenes deben comprenderlo en forma autónoma y definir en conjunto estrategias para resolverlo. En este proceso se cometerán errores, se seleccionarán estrategias que no resulten, con un grado de ansiedad, pero también se encontrarán nuevas ideas de la colaboración y se logrará avanzar para, finalmente, resolver el problema y la satisfacción y alegría que ello trae.

Mientras los estudiantes resuelven problemas, ellos comprenden, analizan y aplican. En este proceso se enfrentan a situaciones nuevas que abordan en equipo. Los alumnos ponen en juego sus conocimientos, desarrollan la autonomía y la perseverancia, se comunican entre ellos y el docente, y dan paso a emociones que fortalecen el aprendizaje. Mientras resuelven problemas, los estudiantes critican y crean, colaboran y desarrollan su autoestima.

## Implementación de la resolución de problemas en la Escuela de Grumetes

En agosto de 2017 se dio inicio al taller RPAula para las docentes de la Escuela de Grumetes. Durante un año se reunieron mensualmente con una monitora de ARPA e iniciaron un proceso de aprendizaje colaborativo, tendiente a la realización de actividades de resolución de problemas con sus estudiantes.

Esta primera fase implicó un proceso lleno de desafíos, pues lleva consigo una concepción distinta de la forma de organizar una clase, en la cual los alumnos adquieren un rol activo y donde el docente pasa a segundo plano. Lo cual es solo una apariencia, pues el docente está en todo momento monitoreando el proceso de resolución de problemas, haciendo

Iniciativa ARPA en la Armada: El desafío...

J. Rodrigo - P. Felmer - C. Frias - L. Concha

preguntas para guiar, estimular y dirigir todo lo que ocurre en el aula. Todo ello luego de una cuidadosa planificación de la actividad, en la que se ha resuelto el problema y se han anticipado posibles dificultades y preguntas para los estudiantes. Durante un año, en un proceso cíclico, los docentes fueron incorporando la resolución de problemas a su práctica pedagógica, con las nuevas formas de trabajo de los estudiantes.

En agosto de 2018 se realizó la segunda fase del proyecto con la integración curricular de la resolución de problemas. Iniciándose con el estudio del currículo, planes y programas de los dos cursos de matemática de la Escuela de Grumetes. Ello cual da lugar a una propuesta de actividades de resolución de problemas contextualizada al programa del curso, con una planificación sistemática a lo largo del año. Desde agosto de 2018 a julio de 2019 se ha implementado esta propuesta, en forma piloto, para iniciar en agosto de 2019 la etapa de consolidación del proceso de integración curricular, instalando la propuesta de problemas y actividades en el programa y materiales de apoyo a los cursos. Restará para el año 2020 el trabajo de supervisión de aula, acompañamiento de los docentes y evaluación para una mejora continua.

## Comentarios finales

El proceso de instalación de la resolución de problemas en la Escuela de Grumetes, como respuesta a las necesidades del mundo moderno, ha sido un camino lleno de desafíos para los distintos estamentos en la Armada, responsables de la formación

de los grumetes y del equipo de la iniciativa ARPA que ha tenido a cargo la formación de los docentes.

Durante la realización de este proyecto, se ha ido levantando información cualitativa y cuantitativa que posibilite su análisis posterior y comparabilidad con otros contextos e instancias en que esta iniciativa se ha instalado y complemente el conocimiento obtenido de esta innovación pedagógica. Se espera obtener evidencias significativas que permitan dar cuenta de la robustez del proyecto para la formación y desarrollo de habilidades y la creación de actitudes positivas de los alumnos de la Escuela de Grumetes en relación con la asignatura de matemática, determinando con ello su impacto.

El foco y esfuerzo de la iniciativa ARPA no se concentra directamente en la mejora inmediata de las notas, sino más bien en el cambio de disposición con que los alumnos enfrentan la asignaturas (actitudes) y junto con ello, de parte de los docentes, la forma de abordar los contenidos a través de la resolución de problemas conducente al desarrollo de habilidades, lo que finalmente se constituye en un incremento en la motivación de los alumnos, que indirectamente se debiera reflejar en un aumento en el logro de los aprendizajes de las asignaturas innovadas.

En una primera instancia y tomando los resultados 2016 - 2018 de las dos asignaturas de matemática dictadas en la Escuela de Grumetes, se puede apreciar una mejora en el promedio obtenido en el último año, considerando que ese año se inicia la implementación piloto de la propuesta, lo cual podría constituir un

	Examen Admisión	Nota Prueba N° 1	Nota Final Matemática I	Nota Final Matemática II	Cantidad de Alumnos
<b>2016</b>	2,40	5,41	5,74	5,66	519
<b>2017</b>	2,37	5,04	5,52	5,69	573
<b>2018</b>	3,22	5,90	5,93	6,01	708

Tabla 2: Resultados académicos de los estudiantes en los últimos 3 años, expresados en una escala de 1 a 7.

inicio de la orientación del impacto de esta iniciativa, así pareciera indicarlo el medio punto porcentual de incremento mostrado por el año 2019 respecto al anterior, tal como lo refleja la tabla 2.

El año 2019 será el primero en que durante todo el año se realizan las actividades sistemáticas de resolución de problemas, siguiendo las propuestas de problemas contextualizados al programa de los cursos. Se espera, entonces, que los resultados de 2019 sean ya más concluyentes y confirmen o modifiquen lo expresado en la tabla anterior, lo que junto a los hallazgos que darán a conocer las investigaciones que actualmente se ejecutan, permitan tener una visión más completa de la realidad de los cambios esperados, permitiendo a los grumetes conectar con éxito la continuidad de estudios de especialidad en las instancias de la Academia Politécnica Naval.

Sin duda, los cambios en los procesos educativos, la implementación de nuevas prácticas pedagógicas y los logros académicos de los estudiantes toman tiempo si han de ser sustentables. Pero mucho más allá de los resultados inmediatos, la realización de este proyecto ha iniciado un proceso de colaboración que, desde la instalación del trabajo colaborativo entre docentes de una misma disciplina, ha generado un trabajo inédito en el área de la formación académica entre la Armada y la Universidad de Chile, acercando a dos instituciones señeras de la nación. Esta labor mutua nutre las instituciones, augura la colaboración para profundizar lo que se ha iniciado, fortaleciendo la formación del personal de la Armada de Chile, de cara a los desafíos que impone el siglo XXI.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Calidad de la Educación, (2018). SIMCE. Disponible en: <https://www.agenciaeducacion.cl/evaluaciones/que-es-el-simce>.
2. Agencia de Calidad de la Educación, (2017). Informe Nacional TIMSS 2015. Disponible en: [http://archivos.agenciaeducacion.cl/informe\\_nacional\\_de\\_resultados\\_TIMSS\\_2015.pdf](http://archivos.agenciaeducacion.cl/informe_nacional_de_resultados_TIMSS_2015.pdf).
3. Drucker, P. (2003). *Una sociedad de Funcionamiento*. Nueva Brunswick, Nueva Jersey y Londres: Transaction Publishers.
4. Felmer, P., Perdomo-Díaz, J., Reyes, C. (2019). *The ARPA Experience in Chile: Problem Solving for Teachers' Professional Development*. In: Liljedahl P., Santos-Trigo M. (eds) *Mathematical Problem Solving*. ICME-13 Monographs. Springer, Cham.
5. Frías, C., Concha, L. y Rodrigo, J. (2018). Creencias pedagógicas y su impacto en el desarrollo de aprendizajes profundos. *Revista de Marina* N° 962, 54-58.
6. Koellner, K., Jacobs, J., Borko, H., Schneider, C., Pittman, M.E., Eiteljorg, E., Bunning, K., & Frykholm, J. (2007). *The Problem-Solving Cycle: A Model to Support the Development of Teachers' Professional Knowledge*. *Mathematical Thinking and Learning*, 9(3), 273-303.
7. Korstanje, M. (2010). Reseña de "La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad" de Beck, Ulrich. *Economía, Sociedad y Territorio*, X (32), 275-281.
8. Ministerio de Educación de Chile. *Bases Curriculares 7° básico a 2° medio Matemáticas*. Santiago de Chile. Decretos Supremos de Educación n° 614/2013 y n° 369/2015, 94-96.
9. OECD. (2017). *PISA 2015 Results (Volume VI): Collaborative Problem Solving*. PISA, OECD Publishing, Paris.
10. Rodrigo, J. (2018). *La apuesta educacional de la Armada para el nuevo milenio*. *Revista de Marina* N° 963, 08-10.
11. UNESCO. (2015). *Informe de resultados TERCE. Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo*. MIDE UC, OREALC/UNESCO Santiago de Chile.
12. *Revista Vigía*, N° 399, (2018). Armada de Chile.
13. *Revista Vigía*, N° 409, (2019). Armada de Chile.

Agradecimientos especiales:

Mg. Cigney Sepúlveda Salinas, Asesor pedagógico, Dirección de Educación Armada de Chile.

Mg. Gloria Cornejo Corrotea, Asesora pedagógica, Dirección de Educación Armada de Chile.

Dr. Natalia Ruiz Garrido, Monitorea e Investigadora, Iniciativa ARPA, Universidad de Chile.