

## **Resultados Etapa Preselección IMMC - Chile 2020**

El proceso para seleccionar los equipos que representarán a Chile en la Competencia Internacional de Modelamiento Matemático IMMC 2020 despertó gran interés a nivel nacional. Un total de 100 equipos de 13 regiones del país se inscribieron para participar, lo que corresponde al doble de número de inscritos en la edición anterior.

De los equipos inscritos, se recibieron un total de 83 informes para el problema “El cobro de agua” de la etapa de Preselección. El gran aumento de informes, junto con el estallido social que vive el país desde hace casi un mes, generó retrasos en la revisión y evaluación de estos. De esta forma, la organización ha decidido modificar el periodo de trabajo de la segunda etapa de Selección, de tal forma que los equipos que hayan pasado a esta instancia puedan elegir su periodo de trabajo de 5 días entre el martes 19 de noviembre y el lunes 16 de diciembre del 2019.

La evaluación de los informes consideró por sobre todo la calidad matemática de los modelos y soluciones planteadas, y en menor medida la presentación general del informe. La mayoría de los equipos formularon modelos adecuados para el cobro de tarifa del agua, aunque con diferencias en el grado de generalidad y forma de expresar el mismo. Debido a esto, la evaluación consideró fuertemente la solución de la segunda parte del problema, donde se solicitaba analizar la existencia del llamado “incentivo perverso” y de posibles modelos alternativos en caso de que este se presentara.

Como resultado de la evaluación, se consideró que 17 equipos mostraron méritos suficientes para pasar a la siguiente etapa. El listado de estos equipos se encuentra en la siguiente página. Además, y de forma de apoyar la reflexión respecto al trabajo realizado, este documento incluye una descripción general de algunas de las razones que se esgrimieron para privilegiar las soluciones de unos equipos por sobre otros. Por último, vale la pena recalcar que en las próximas semanas cada equipo recibirá una retroalimentación específica de su informe.

Como organización estamos muy agradecidos del interés, trabajo y dedicación de todos los equipos que participaron en esta etapa. Dentro de los próximos días los equipos seleccionados recibirán instrucciones de cómo participar en la siguiente etapa.

Atentamente,  
Flavio Guiñez  
Director IMMC - Chile

**Listado de equipos que pasan a la etapa de Selección**

<b>Nº</b>	<b>Colegio</b>	<b>Comuna</b>	<b>Tutor/a</b>	<b>Integrantes</b>
1	Colegio América	Vilcún	Marcela Fernández	Rocío Inostroza, Javiera Torres, Diego Montecinos, Antonia Cuevas
2	Colegio San Francisco Javier de Huechuraba	Huechuraba	Rodrigo Roman	Daniela Charme, Ramon Mazuela, Martín Munilla, Trinidad Pinto
3	Colegio San Francisco Javier de Huechuraba	Huechuraba	Rodrigo Román	Catalina Cárcamo, Catalina Jacob, Martín Latorre, Paula Ochoa
4	Colegio Pedro de Valdivia	Peñalolén	Evelin Vergara	Alejandro Narbona, Vicente Gajardo, Cristóbal Riquelme, Benjamín Brito
5	Colegio San Ignacio Alonso de Ovalle	Santiago	Lisette González	Fabián Arancibia, Sebastián Vilches, Gastón Santibañez, Rui Wang
6	Dunalastair Valle Norte	Colina	Alvaro Muñoz	Franco Harding, Jorge Apud, María Esperanza Rodríguez, Santiago Criscione
7	Colegio Pedro de Valdivia	Providencia	Ximena Pérez De Arce	Daniel Lamich, Matías Lay, Daniel Urbina, Tomás González
8	Colegio Liahona Gran Avenida	El Bosque	Marcela Gálvez	Alondra Cabello, Esteban Contreras, Xaviera Zuloaga, María Salas
9	Colegio Aleman St. Thomas Morus	Providencia	César Fernandez	Agustín Carvajal, Catalina Alegría, Cristián Díaz, Bruno Schilling
10	Redland School	Las Condes	Ruth Guzmán	Antonio Rodríguez, Nicolás Etchegaray, Joaquín Manzanares, Alberto Maturana
11	Instituto Tecnológico y Comercial (INTECO)	Recoleta	Nicolas Urrutia	Bastian Vilches, Abigail Huaman, Alonso Cortés, Matías Osorio
12	Nuestra Señora del Camino	La Reina	Fabian Zamorano	Marco Mendoza, Tomás Alvarez, Sebastián Vargas
13	Liceo Bicentenario Provincial Santa Teresa de Los Andes	Colina	M <sup>a</sup> Angélica Fuentes	Daniel Covarrubias, Diana Medina, Tomás Encina, Claudia Escobar
14	Liceo Experimental Manuel de Salas	Ñuñoa	Luis Vidal	Dante Curkovic, Claudio López, Alejandro Muñoz, Vicente Picero
15	Colegio San Mateo	Osorno	César Millapan	Sofía Rojas, Benjamín Sotomayor, Catalina Ruhe, Jorge Petit
16	Instituto Alonso De Ercilla	Santiago	Patricio Santibañez	Sofía Rivera, Francisco Cornejo, Ignacio Ríos, Ian Armstrong
17	Colegio Josefino Santísima Trinidad	Providencia	Mónica Carvacho	Bruno Varela, Rocco Leviante, Bruno Parra, Lorenzo González

## Justificación de los equipos seleccionados

El problema “El cobro del agua” tenía dos partes:

1. Formular un modelo general para el cálculo de la tarifa del agua residencial en el país, considerando los distintos cobros que se realizan, el sobreconsumo y que hay distintos parámetros dependiendo de la zona geográfica. Además, se debía incluir los parámetros que corresponden al lugar donde se ubica el establecimiento educacional del equipo.
2. Analizar la existencia de un supuesto “incentivo perverso”, que ocurriría en el caso de que fuese conveniente aumentar el consumo de agua en meses no punta de tal forma de aumentar el límite de sobreconsumo y así bajar el precio a pagar en meses punta. En caso de que ocurra este incentivo, proponer cómo mejorar el modelo para evitarlo.

Respecto a la primera parte, la mayoría de los equipos plantearon modelos correctos para el cálculo de la tarifa mensual del agua, aunque con ciertas diferencias respecto a la forma de expresar el cobro y el nivel de generalidad del modelo. Para el modelamiento se consideraron los siguientes cobros: el costo fijo, que no depende del consumo de agua; el consumo de metros cúbicos de agua; el costo de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, que es proporcional a los  $m^3$  de agua consumidos; y un cobro por sobreconsumo en los meses punta, el cual existe si se supera el máximo entre el valor definido por el decreto tarifario y el promedio de agua consumido en el periodo no punta previo a la lectura. Considerando las variaciones de los precios entre las distintas zonas del país, se esperaba que se usaran parámetros que permitieran expresar el modelo de forma general. Si bien hubo varios equipos que se acercaron a formular una única expresión algebraica para la tarifa, se observó una tendencia a expresar el cobro por separado para los distintos casos que se podían dar: tarifa en mes no punta, tarifa en mes punta sin sobreconsumo y tarifa en mes punta con sobreconsumo. El nivel de generalidad logrado en el modelo fue considerado solo como un criterio secundario durante la evaluación. Cabe hacer notar que unos pocos equipos notaron que existen regiones del país donde no existe cobro por sobreconsumo y que varios entregaron los valores de los parámetros (costo fijo, valor del metro cúbico, límite del decreto tarifario, etc) de varias zonas del país. Por último, algunos equipos usaron gráficos para representar el cobro y entregaron ejemplos de cómo funcionaba el modelo para distintos casos.

Debido a que la mayoría de los equipos entregó una solución razonable a la primera parte, el foco de la evaluación estuvo en cómo abordaron la interrogante respecto al “incentivo perverso”. La situación planteaba analizar la existencia o no de este incentivo, esto es, ver si la estrategia de aumentar el límite de sobreconsumo en el periodo no punta podría significar o no un ahorro de dinero en el periodo punta posterior. Varios de los equipos se dieron cuenta de que para analizar esto había que observar un periodo de un año: desde el inicio del periodo no punta hasta el fin del periodo punta. De esta forma, podían comparar el ahorro total logrado en los meses punta con el costo adicional que les significaba aumentar su consumo promedio durante los meses punta. Una alternativa para hacer este análisis es

fijar el consumo de los meses punta y ver qué ocurre al aumentar el consumo promedio en los meses no punta. Dos tipos de estrategias fueron usadas para hacer esta comparación:

- Expresar algebraicamente el ahorro y el costo adicional, luego establecer una desigualdad y discutir si esta se podía o no cumplir. Si bien varios equipos plantearon una desigualdad, solo unos pocos equipos se dieron cuenta de que al reemplazar los datos de esta desigualdad con los valores de los parámetros de cobro, esta desigualdad no se podía satisfacer, concluyendo que la estrategia asociada al incentivo perverso no era conveniente.
- Calcular el cobro anual para distintos casos de consumos de agua en meses punta, variando el consumo en meses no punta. Para esta forma de abordarlo, era importante ponerse en los casos que resultaban interesantes. Varios equipos observaron que la situación extrema se daba cuando el consumo promedio en periodo no punta era igual al valor del decreto tarifario ( $40 \text{ m}^3$  en el ejemplo), ya que así el aumento de este promedio se traduciría en una mayor diferencia entre el ahorro y el costo adicional que implicaba aumentar el consumo promedio en meses no punta. Finalmente, era necesario observar que esta diferencia nunca era positiva.

Por otro lado, hubo un par de equipos que plantearon que, si bien el ahorro nunca era mayor que costo adicional al considerar el periodo de un año, habían casos en que realizar la estrategia de “incentivo perverso” sí podía significar un costo menor del promedio de los metros cúbicos de agua consumidos.

Los equipos que formularon de forma correcta el modelo para el cobro del agua y además abordaron la existencia del “incentivo perverso” usando alguna de las estrategias antes descritas, inclusive si presentaban errores menores, fueron seleccionados.

Ahora bien, gran parte de los equipos asumieron la existencia del “incentivo perverso” sin cuestionarse si era o no conveniente. Esto podría basarse en la suposición de que era algo que las personas podían realizar sin reflexionar en el costo adicional que les podía implicar el aumento innecesario de agua en periodo no punta. Así, plantearon modelos para evitar que esto ocurriese e incentivar el consumo responsable de agua. Las estrategias seguidas fueron varias, por ejemplo, eliminar por completo el sobreconsumo o hacer que la fijación del límite de sobreconsumo dependiera del consumo de toda la localidad. Aunque muchas de estas propuestas efectivamente resolvían el problema del sobreconsumo, varias quedaron en el nivel descriptivo, sin expresar matemáticamente lo que se buscaba hacer ni discutir sobre la factibilidad de que se pudieran implementar en la práctica.

Entre los equipos que asumieron la existencia del “incentivo perverso”, pero que habían formulado de forma correcta el modelo para el cobro del agua, se privilegiaron aquellos informes en que la propuesta estaba expresada en términos matemáticos, se discutía por qué esa manera de cobrar el agua evitaba el incentivo y además parecía razonable de implementar en la práctica.