



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**RELACIÓN ENTRE LA PARTICIPACIÓN EN UN PROGRAMA VIRTUAL
DE ENSEÑANZA STEM Y EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO
CRÍTICO EN ESTUDIANTES DE ENSEÑANZA BÁSICA EN CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AGUSTÍN ENRIQUE VILLARROEL ZAVALA

PROFESOR GUÍA:
SERGIO CELIS GUZMÁN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MAURICIO FARÍAS ARENAS
ZUNILDA VERGARA MONSALVE

SANTIAGO DE CHILE
2021

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: AGUSTÍN ENRIQUE VILLARROEL ZAVALA
FECHA: ABRIL 2021
PROFESOR GUÍA: SERGIO CELIS GUZMÁN

RELACIÓN ENTRE LA PARTICIPACIÓN EN UN PROGRAMA VIRTUAL DE ENSEÑANZA STEM Y EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO EN ESTUDIANTES DE ENSEÑANZA BÁSICA EN CHILE

El presente trabajo de memoria tiene por objetivo estudiar la relación de un programa virtual de enseñanza STEM en el desarrollo del pensamiento crítico. En primer lugar, se destaca que el pensamiento crítico es una de las habilidades con mayor presencia dentro del marco curricular escolar chileno, presente en un 43 % de los cursos. Sin embargo, no existe un elemento para medir esta habilidad, donde las pruebas estandarizadas en Chile no lo incorporan. A esto se suma que la literatura distingue a la metodología STEM como una de las principales estrategias en el fomento del desarrollo del pensamiento crítico.

Para desarrollar la investigación se diseña y crea una experiencia educativa virtual STEM con el apoyo de la empresa *Engineering for Kids*, donde el aspecto virtual es establecido a propósito de la contingencia sanitaria mundial por el COVID-19. Se crean cinco distintos talleres, cada uno con un enfoque distinto a la habilidad de programación, compuestos por 5 clases de 60 minutos cada una, los cuales se realizaron entre junio y octubre de 2020. La experiencia cuenta con 97 alumnos participantes, donde durante todo el proceso se recogen datos en cuatro distintas etapas con instrumentos de medición, donde uno de ellos es una evaluación de desarrollo del pensamiento crítico. Esta evaluación mide las 6 habilidades principales asociadas al pensamiento crítico (Interpretación, Análisis, Evaluación, Inferencia, Explicación y Autorregulación), las cuales se encuentran distribuidas en 4 ejes principales: Inferencia, Comparación, Mecanismos y Razonamiento lógico. Como parte del estudio se identifica un grupo control (alumnos evaluados antes de la experiencia) y un grupo experimental (evaluados posterior a la experiencia), con el objetivo de describir el desarrollo e impacto del programa.

Dentro de los resultados se identifica una diferencia de rendimiento entre los grupos control y experimental, con rendimientos de 67 % y 70 % respectivamente. Además, se realizan matrices de correlación para comprender cómo se comportan las variables capturadas (antecedentes sociodemográficos, experiencias previas, entre otras) en relación al rendimiento de la evaluación. En estos análisis se encuentran efectos estadísticamente significativos, como el positivo efecto de asistir a un taller de mayor dificultad, aumentando un 13 % el rendimiento en preguntas del eje Comparación y el efecto de ser mujer que aumenta en un 48 % y 26 % el rendimiento en los ejes Mecanismos y Razonamiento lógico, respectivamente.

Se concluye que la experiencia educativa no cuenta con significancia estadística respecto al rendimiento en la evaluación global, pero sí lo presenta una mayor dificultad en el taller y la variable relacionada a género con algunos ejes de preguntas de la evaluación. La experiencia educativa se cataloga como exitosa y se declara con potencial de mejora y expansión.

*Así nos despedimos,
los Tatas Carlos y Lucho,
de estos nietos queridos,
del Agustín, muy amigos.*

CV y LZ

Agradecimientos

Me gustaría poder agradecer a todos quienes fueron parte de esta larga aventura, tengo recuerdos desde el primer día de universidad que me han formado de alguna u otra forma para llegar a este punto.

A mi familia por el apoyo incondicional y la confianza entregada en mí durante estos años. Tuve altos y bajos, habiendo pasado por un sinnúmero de situaciones donde nunca disminuyó su confianza.

Tami, tu motivación y apoyo es algo que no tengo palabras para agradecer. Siempre estuve ahí en todo momento y fuiste parte importante de casi toda mi etapa universitaria. Te amo infinito.

A las personas que pude conocer durante estos años, menciones especiales para la Javi, Mario, Gio, Montse y Andy quienes vieron en mí una persona de confianza y a quienes agradezco todos los momentos que nos tocó vivir y afrontar juntos.

Al profesor Sergio Celis que confió en mí y me apoyó en la idea de esta tesis. Sin duda todo el aprendizaje de este proceso no hubiese sido posible sin su guía.

A Dafna y Mónica por entregarme todas las facilidades para sacar adelante la idea de este trabajo. Sentí su confianza permanente en los buenos resultados que podría lograr y espero haberlos cumplido.

A todos los niños y niñas que formaron parte de los talleres y a sus padres y madres por la confianza entregada al aceptar ser parte del estudio. Su participación fue clave en este trabajo y la disposición a aportar era una motivación para seguir desarrollando ideas como esta.

Por último agradecer a mi abuelo Lucho, el primer profesor que conocí en mi vida y quien ha sido una gran inspiración para entrar al mundo de la educación. Tengo la convicción que este trabajo hubiese sido materia de largas conversaciones juntos.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
2. Habilidades del Siglo XXI y las disciplinas STEM	4
3. Marco conceptual	7
4. Metodología	10
4.1. Concepción y diseño de la experiencia	10
4.1.1. Programación en <i>Scratch</i> (<i>Junior</i> e <i>Intermedio</i>)	12
4.1.2. Robótica virtual <i>CoderZ</i> (<i>Intermedio</i> y <i>Master</i>)	12
4.1.3. Diseño 3D <i>Tinkercad</i> (<i>Intermedio</i> y <i>Master</i>)	13
4.1.4. Crea tu propia página web (<i>Master</i>)	14
4.1.5. Programación con <i>Python</i> (<i>Master</i>)	14
4.2. Descripción de la muestra	16
4.3. Recolección de datos	17
4.3.1. Ingreso	18
4.3.2. Experiencia educativa	18
4.3.3. Evaluación del pensamiento crítico	19
4.3.4. Salida	24
4.4. Análisis	24
4.5. Limitaciones	25
5. Resultados	27
5.1. Desarrollo del pensamiento crítico	27
5.2. Experiencia virtual STEM	32
6. Discusión	34
7. Conclusión	36
Bibliografía	38
Anexo A. Rendimiento de Chile en la evaluación PISA 2018	42
Anexo B. Crecimiento del lenguaje <i>Scratch</i> desde 2007 a 2020	43
Anexo C. Formulario de inscripción a los talleres virtuales	44
C.1. Consentimiento de participación en el estudio	44
C.2. Información personal requerida por <i>EFK</i>	45

C.3. Preguntas participantes del estudio	46
Anexo D. Formulario de satisfacción de los talleres virtuales	48
Anexo E. Resultados por pregunta del test de medición de pensamiento crítico	49
Anexo F. Cálculo de matrices de correlación	50
F.1. Comandos utilizados en programa estadístico R	50
F.2. Matriz de correlación completa respecto a preguntas del test	51
F.3. Matriz de correlación completa respecto a ejes del test	52
Anexo G. Cálculo de modelos de regresión lineal en R	53
G.1. Comandos utilizados para modelos de regresión en base a preguntas de la evaluación	53
G.2. Comandos utilizados para modelos de regresión en base a ejes de preguntas .	54
Anexo H. Resultados de los modelos de regresión en base a ejes de preguntas	55
H.1. Variables incorporadas en los modelos de regresión	55
H.2. Resultados modelo en base a eje Inferencia	57
H.3. Resultados modelo en base a eje Comparación	58
H.4. Resultados modelo en base a eje Mecanismos	59
H.5. Resultados modelo en base a eje Razonamiento lógico	60
H.6. Resultados modelo en base a preguntas en total	61

Índice de Tablas

4.1.	Distribución de tiempos clases talleres virtuales <i>EFK</i> 2020	11
4.2.	Costos de inscripción de talleres educacionales virtuales STEM entre junio y octubre de 2020	25
5.1.	Resultados por eje del test de medición de pensamiento crítico	28
5.2.	Principales resultados de regresiones lineales en base a preguntas de la evaluación	31
5.3.	Principales resultados de regresiones lineales en base a ejes de preguntas	32
E.1.	Rendimiento por pregunta del test de medición de pensamiento crítico en orden descendente	49
H.1.	Resultados obtenidos en el modelo de regresión linear en base a eje Inferencia .	57
H.2.	Resultados obtenidos en el modelo de regresión linear en base a eje Comparación	58
H.3.	Resultados obtenidos en el modelo de regresión linear en base a eje Mecanismos	59
H.4.	Resultados obtenidos en el modelo de regresión linear en base a eje Razonamiento lógico	60
H.5.	Resultados obtenidos en el modelo de regresión linear en base al total de preguntas del test	61

Índice de Ilustraciones

2.1.	Marco para el aprendizaje del siglo XXI por la P21.	5
3.1.	Cono de la experiencia de Dale.	8
4.1.	Ejemplos del taller “Programación en <i>Scratch</i> ”	12
4.2.	Ejemplos del taller “Robótica virtual <i>CoderZ</i> ”	13
4.3.	Ejemplos del taller “Diseño 3D <i>Tinkercad</i> ”	14
4.4.	Ejemplos del taller “Crea tu propia página web”	14
4.5.	Ejemplos del taller “Programación con <i>Python</i> ”	15
4.6.	Distribución de participantes por edad y agrupados por género.	16
4.7.	Distribución de participantes por edad y agrupados por género.	17
4.8.	BPMN del programa virtual de enseñanza STEM.	17
4.9.	Ejemplo de pregunta relacionado al eje Inferencia	20
4.10.	Ejemplo de pregunta relacionado al eje Comparación	21
4.11.	Ejemplo de pregunta relacionada al eje Mecanismos	22
4.12.	Ejemplo de pregunta relacionada al eje Razonamiento lógico	23
5.1.	Distribución del rendimiento de los grupos control y experimental	29
5.2.	Extracto de matriz de correlación respecto a preguntas del test	30
5.3.	Extracto de matriz de correlación respecto a ejes del test	31
5.4.	Distribución según nivel de satisfacción de los 6 talleres impartidos en el estudio.	33
A.1.	Resultados por asignatura de Chile y el promedio OCDE en la prueba PISA 2018	42
A.2.	Resultados de Chile en evaluaciones PISA desde 2006 a 2018	42
B.1.	Nuevos proyectos, usuarios y comentarios en <i>Scratch</i> desde 2007 a 2020	43
C.1.	Declaración de autorización para participar del estudio de investigación	44
C.2.	Preguntas de inscripción en el taller	45
C.3.	Preguntas del contexto hogar	46
C.4.	Preguntas del contexto alumno y experiencias previas	47
D.1.	Cuestionario de satisfacción de los talleres virtuales de <i>EFK</i>	48
F.1.	Matriz de correlación completa respecto a preguntas del test	51
F.2.	Matriz de correlación completa respecto a ejes del test	52

Capítulo 1

Introducción

Los cambios sociales, tecnológicos y económicos del mundo actual han transformado y generado nuevas demandas a los sistemas educativos de todas las naciones. La irrupción de la tecnología ha obligado a estar en constante observación de lo que ocurre en el entorno, y los sistemas educacionales no son los únicos que han debido adaptarse. Esta es una de las principales razones que motivó la creación de la Sociedad para el Aprendizaje del Siglo XXI (abreviado P21 por sus siglas en inglés) el año 2002, que en sus inicios la componían importantes empresarios, directores educativos y entidades gubernamentales de Estados Unidos. Su objetivo fue reconocer, diseñar y promover el aprendizaje de distintas habilidades necesarias en la formación de los niños para afrontar las futuras situaciones de la vida y trabajo que les depara el siglo XXI. Dentro de su trabajo, reconocen que ciertas habilidades son críticas para desenvolverse en el cambiante mundo actual e incierto futuro que los estudiantes de hoy deberán enfrentar. En este contexto, se definen cuatro pilares principales sobre los que deberá basarse la educación del siglo XXI, donde cada pilar se asocia a una habilidad, las cuales son popularmente conocidas como las “4 C”: Comunicación, Colaboración, Creatividad y Pensamiento Crítico (por *Critical Thinking* en inglés) (Batelle for Kids, 2019). Hoy en día la asociación funciona bajo el alero de Batelle for Kids, donde se ha globalizado con importantes miembros de diversos rubros, junto con prestigiosas instituciones de educación de todo el mundo¹.

Según el consenso de los expertos, el pensamiento crítico es una de las habilidades claves de la educación del siglo XXI. Así, la medición de esta habilidad es un aspecto igual de importante, entendida como una herramienta de mejora. No obstante, Patricio Meller en su libro “Claves para la educación del futuro: creatividad y pensamiento crítico” menciona que en Chile existen materias pendientes relacionadas a las evaluaciones de habilidades, con una desconexión entre currículum, metodología y evaluación (Meller, 2018). En el texto, se apunta directamente a las herramientas de evaluación estándares en Chile, como lo son el SIMCE y la Prueba de Selección Universitaria (PSU), donde se sugiere una reformulación de éstas para acercarlas a la estructura de la prueba PISA donde sí existen elementos de medición de habilidades como la creatividad y el pensamiento crítico². El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos, más conocido como PISA por sus siglas en

¹ Se destacan instituciones como Disney, Qatar Foundation International y AmplifiedIT, entre otras.

² A la fecha del presente trabajo la Prueba de Selección Universitaria (PSU) ha sido reformulada dando paso a la Prueba de Transición Universitaria (PTU), rendida por primera vez en el proceso de admisión 2021, donde se incorporan aspectos de la prueba PISA.

inglés, es un estudio realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) desde el año 2000 y que busca evaluar los sistemas educativos de cada país participante. El objetivo de esta evaluación es identificar la existencia de ciertas capacidades, habilidades y aptitudes, sin enfocarse en la verificación de contenidos, ya que para responderla no se requiere conocer datos o información previamente memorizada (OCDE, 2019). Según la última evaluación PISA realizada el año 2018, sólo el 3% de los alumnos que rindieron la prueba en Chile se encuentran en los niveles más altos de logro (niveles 5 y 6)³, donde se reconoce que el alumno puede “construir explicaciones basadas en la evidencia y argumentos basados en su análisis crítico” (OCDE, 2019).

Actualmente el pensamiento crítico se encuentra declarado dentro del currículum nacional de enseñanza en el 43% de los cursos del marco curricular, siendo una de las habilidades del siglo XXI con mayor presencia (Bellei & Morawietz, 2016). El problema surge de que a pesar de ser algo declarado en el currículum, no se mide el desarrollo de esta habilidad en ninguna de las pruebas estandarizadas a nivel país, por lo que no se tiene certeza si los alumnos están adquiriendo esta habilidad satisfactoriamente. La prueba SIMCE tiene un claro desequilibrio privilegiando las destrezas que permiten un manejo más mecánico de los contenidos: el 50% de las preguntas de la prueba forman parte del eje temático “Contenidos”, un 35% son del eje “Aplicación” y sólo un 15% de las preguntas son del eje temático “Razonamiento”, donde sólo en la prueba de Historia, Geografía y Ciencias Sociales sale explícitamente el concepto de pensamiento crítico (según lo expuesto en el Informe Técnico SIMCE 2015).

Es por todo lo anteriormente expuesto que este estudio pretende medir el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación básica en Chile, donde una de las variables a considerar es la participación en un programa de enseñanza virtual de disciplinas STEM (por sus siglas en inglés: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Existen estudios que muestran a la educación STEM como uno de los modelos educativos que mayor enfoque le da al desarrollo del pensamiento crítico (Waddel, 2019), por lo que realizar una experiencia bajo este enfoque contribuye significativamente al propósito del estudio.

En diciembre de 2019 se inició un proceso de revisión de la literatura para conocer análisis de experiencias educativas STEM. Después de tres meses de revisión se diseñó una metodología y una experiencia cuasi experimental, optando por medir el impacto de la participación en una experiencia STEM en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, el cual es un objetivo de la educación STEM e indicada como una de las habilidades cruciales del siglo XXI. Además, se contaba con el apoyo de *Engineering for Kids* (proveedora de los programas educativos STEM) y un principio de acuerdo con un colegio de la Región Metropolitana para llevar a cabo la experiencia en sus dependencias. Este proyecto fue descartado ante la contingencia sanitaria mundial, principalmente debido a las normativas de distanciamiento social y el cierre de colegios y centros educativos.

Dadas las nuevas condiciones enfrentadas, el proyecto fue reformulado a medir la relación de los programas educativos STEM en modalidad virtual con el desarrollo del pensamiento crítico. Este nuevo enfoque permite explorar el área de la educación remota o virtual, una forma de enseñanza escasamente investigada, relativamente a la presencial, y que ha

³ En el Anexo A se pueden encontrar los resultados del rendimiento de Chile en la evaluación PISA 2018.

tomado fuerza en el contexto de la crisis sanitaria del COVID-19. Con esto se intercambia la posibilidad de contar con una experiencia que incluía un diseño metodológico definido en un ambiente controlado, por la oportunidad de desarrollar una experiencia educativa innovadora cuyos resultados sean significativos tanto en aspectos de investigación como al rubro educacional en general.

Finalmente es importante considerar que la experiencia se realizó en un ambiente educativo virtual, donde el taller STEM se ejecutó de forma completamente remota. Esto presentó un desafío de ideación e implementación, por lo que parte importante del trabajo realizado comprende un proceso de innovación enfocado en la adaptación de actividades STEM desde el formato presencial al remoto.

Capítulo 2

Habilidades del Siglo XXI y las disciplinas STEM

Existe un ejercicio muy simple para ilustrar la importancia que se le debe dar a la educación con miras al futuro. El “Ejercicio de las Cuatro Preguntas” es planteado por Trilling y Fadel¹ en su libro “21st Century Skills: Learning for life in our times” (2009), donde invita al lector a imaginarse que acaba de tener un bebé y debe plantearse las siguientes preguntas:

- ¿Cómo será el mundo en 20 años más cuando ese bebé salga del colegio y esté libre por su cuenta?
- ¿Qué habilidades necesitará para ser exitoso(a) en ese mundo que imaginaste 20 años en el futuro?
- Pensando en tu propia experiencia, ¿Cuáles fueron las condiciones que permitieron que tuvieras altos niveles de aprendizaje?
- ¿Cómo sería el aprendizaje si estuviese diseñado a partir de las respuestas de las tres preguntas anteriores?

Basta solo pensar cómo era el mundo hace 20 años para darse cuenta que todo cambia muy rápido. Lo complejo radica en que la formación de los adultos del mañana está ocurriendo hoy, sin saber como será ese mundo al que se verán enfrentados. Ahí es donde entra la Sociedad para el Aprendizaje del Siglo XXI y todos los investigadores y académicos que han discutido y analizado cómo debe ser la educación hoy pensando en ese futuro, junto con las habilidades y herramientas indispensables que deben ser parte de este proceso.

Las “4 C” han sido objeto de estudio desde diversos puntos de vista, y existen investigadores que han dedicado parte importante de su bibliografía a estudiar y perfeccionar técnicas de enseñanza que promuevan estas habilidades. En su mayoría, validan y coinciden en la necesidad de incluirlas en el desarrollo de los alumnos de hoy (Ananiadou & Claro, 2009; Barry, 2012; Keane, Keane & Bliedlau, 2016). La comunicación, colaboración, creatividad y el pensamiento crítico son las habilidades que la P21 menciona como necesarias en el área de Aprendizaje e Innovación (ver Figura 2.1). Sin ir más lejos, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) fomenta la adaptación de los

¹ Bernie Trilling y Charles Fadel son miembros del Comité de Estándares, Evaluaciones y Desarrollo Profesional en la Sociedad para el Aprendizaje del Siglo XXI

planes de estudio para incorporar estas habilidades, especialmente en las primeras etapas de la enseñanza (Scott, 2015).



Figura 2.1: Marco para el aprendizaje del siglo XXI por la P21

Patricio Meller en su libro “Una introducción a las habilidades del siglo 21”, menciona la importancia de adaptar los programas educativos para enseñar las habilidades necesarias en el futuro: pensamiento crítico, creatividad, curiosidad, trabajo en equipo, comunicación y aprender a aprender. Sin embargo, más allá de sólo trabajar en esta adaptación, se debe velar por crear programas para apoyar a los profesores en la implementación pedagógica, junto con diseñar metodologías específicas de evaluación del resultado de adquisición de las habilidades del siglo XXI (Meller, 2016).

La educación STEM es un modelo educativo que se basa en el desarrollo de las habilidades del siglo XXI, siendo comúnmente mencionadas de forma conjunta en la literatura (Khalil & Osman, 2017; Widya & Rahmi, 2019). Entendida como la enseñanza de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática, busca aumentar la comprensión de cómo funcionan las cosas, a través del cuestionamiento constante y de la experiencia (Bybee, 2010). Existen estudios que destacan el positivo desarrollo de habilidades relacionadas a la resolución de problemas, innovación, independencia y la conexión de lo aprendido con aspectos de la vida real en estudiantes de modelos STEM (Pimthong & Williams, 2018; Wan Husin et al., 2016), por lo que se trata de una forma de enseñanza reconocida y validada en el ámbito educacional.

Existen varias iniciativas y organizaciones que promueven la educación de disciplinas STEM, dentro de las cuales se destaca la empresa *Engineering for Kids* (comúnmente abreviada *EFK*), institución reconocida mundialmente por su labor en la educación STEM y la promoción de las habilidades del siglo XXI, con presencia en 37 países y más de un millón de niños y niñas participantes de sus clases y talleres. El presente estudio cuenta con el apoyo de esta institución de carácter internacional, fundada en Estados Unidos el año 2009 y con siete años presentes en Chile a través de una sus franquicias. La empresa plantea dentro de su misión que su principal objetivo es “expandir las habilidades sociales, la confianza, el conocimiento académico y las habilidades de resolución de problemas de las próximas

generaciones, experimentando de primera mano unidades STEM” (Engineering for Kids, s.f.). El grupo objetivo de participantes son niños y niñas entre 4 y 12 años, los cuales se dividen en *junior* (4 a 7 años) y *master* (8 a 12 años). La empresa basa su trabajo en 12 distintos talleres, los cuales se componen de entre 5 a 7 clases cada uno, donde cada taller trabaja un área de la ingeniería en particular. Destacan los talleres de Ingeniería Química, Aeroespacial, Civil, Robótica, Eléctrica y Forense, donde cada clase tiene como objetivo aprender conceptos a través de una actividad que los propios alumnos deben realizar. Todos los talleres son creados por la propia empresa (con versiones *junior* y *master*), donde cada profesor cuenta con un detallado manual que indica aspectos tales como: programación sugerida de clases, materiales a utilizar, conceptos a trabajar y descripción paso a paso de las actividades.

Hasta el año 2019 la sede en Chile de *EFK* se desempeñaba en tres distintos formatos para realizar sus talleres. En primer lugar, se concretaban alianzas con colegios, principalmente particulares pagados ubicados en la zona oriente de la ciudad de Santiago, para realizar sus talleres como actividades extraprogramáticas voluntarias posteriores al horario regular de clases². Como segundo formato la empresa realiza sus talleres para eventos de empresas y cumpleaños, donde en general se seleccionan clases individuales para poder realizar sus actividades. Destacan en este formato también alianzas con municipalidades para la realización de programas de vacaciones de verano e invierno. Por último, se realizan los talleres en las dependencias del centro educacional de *EFK* ubicado en la comuna de Las Condes, el cual se encuentra especialmente diseñado y cuenta con todos los implementos necesarios para la realización de los talleres, tales como computadores, contenedores para experimentos con agua y una bodega equipada con los materiales para realizar los 12 distintos talleres en sus versiones *junior* y *master*.

El presente trabajo de investigación nace desde la motivación del alumno, quien al ser parte desde el año 2018 de la empresa *Engineering for Kids* ha desempeñado la labor de profesor titular de sus múltiples talleres y eventos.

² Destaca la participación recurrente de los colegios Padre Hurtado y Juanita de los Andes (Las Condes), Saint George’s College (Vitacura) y The Southern Cross School (Las Condes).

Capítulo 3

Marco conceptual

El concepto de pensamiento crítico tiene muchas definiciones que representan los distintos enfoques de los autores al abordar el proceso y las implicancias de esta habilidad. Sin embargo, existen elementos comunes tales como el involucramiento de reflexión, razonamiento lógico y cuestionamientos, habiendo un consenso general al referirse a esta habilidad como un proceso metacognitivo (Ku & Ho, 2010). Una definición que involucra estos elementos es la entregada por Dwyer, Hogan, y Stewart (2014), que define al pensamiento crítico como “un proceso metacognitivo que, a través de un juicio deliberado y reflexivo, aumenta las posibilidades de producir una conclusión lógica para un argumento o solución a un problema” (p. 43). Al entender el pensamiento crítico como un proceso, la *American Philosophical Association* (comúnmente abreviada APA) definió en 1990 las 6 habilidades principales involucradas en el pensamiento crítico (APA, 1990):

- Interpretación: capacidad de comprender el significado e importancia de datos, afirmaciones y juicios de valor.
- Análisis: involucra la identificación de relaciones en argumentos, donde junto con determinar el tipo de argumento se busca el propósito de la información recibida.
- Evaluación: se estudian argumentos y afirmaciones para medir o valorar su credibilidad e identificar su objetividad.
- Inferencia: proceso que se compone de indagar evidencia, definir alternativas y elaborar conclusiones o hipótesis.
- Explicación: manifestación de los resultados del razonamiento, donde a su vez se justifican procesos y se presentan argumentos.
- Autorregulación: es la capacidad de reconsiderar los procesos mentales propios, pudiendo examinar y corregir elementos del proceso.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el pensamiento crítico es uno de los ejes centrales de las disciplinas STEAM (Waddel, 2019), especialmente si se trata de la metodología “aprender haciendo”. Esta metodología consiste en la adquisición de habilidades o conocimiento derivada de acciones participativas, más allá de sólo leer u observar algo. El “aprender haciendo” se basa en el Cono de la experiencia de Dale (ver Figura 3.1), donde las actividades más pasivas para el alumno se encuentran en la parte superior y las más participativas en la base de la pirámide (Dale, 1946). Se puede apreciar fácilmente que las actividades que

involucran una mayor participación del alumno son las que dan soporte a esta pirámide, son las que sustentan la estructura del aprendizaje y que deben tener una consideración distinta como todos los niveles de la figura. Es importante notar que Dale es enfático en mencionar que los niveles de la pirámide no son rígidos ni pretenden representar una jerarquización, sino que siempre se debe considerar una combinación de todos los niveles para una experiencia completa de aprendizaje (Molenda, 2003).

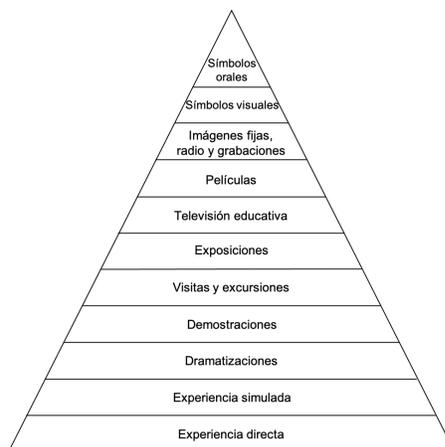


Figura 3.1: Cono de la experiencia de Dale^a.

^a Elaboración propia en base a lo expuesto por Dale (1946).

Existe evidencia que actividades enfocadas en el “aprender haciendo” en STEM producen mayores ganancias en el aprendizaje adquirido por los estudiantes (Knezek et al., 2013; Ruddick, 2012), especialmente si se refiere a aprendizajes específicos de alguna de las disciplinas STEM (Zeluff, 2011). A su vez, los programas STEM muestran evidencia de positivas disposiciones a futuras carreras de ingeniería y ciencias (Christensen et al., 2015; Kitchen et al., 2018).

La educación virtual o a distancia ha sido un concepto muy presente desde el año 2020, principalmente debido a las medidas sanitarias de distanciamiento social y el cierre de los establecimientos educacionales por la pandemia mundial del COVID-19. En la literatura se refiere a esta forma de enseñanza como “E-Learning” (por *Electronic Learning*), la cual se define como “el uso de medios electrónicos, junto tecnologías de información y comunicación en un proceso educativo” (Udaya & Vamsi, 2014). El “E-Learning” es comúnmente asociado a la educación a distancia o de forma flexible, aunque también puede ser combinado con el ámbito presencial (también conocido como *Blended Learning* o “B-Learning”). Estudios han mostrado numerosos beneficios de estas formas de enseñanza, tales como la facilitación de información a quienes no pueden acceder a ella por limitaciones físicas de distancia y/o tiempo, junto con un incremento en la autonomía y responsabilidad del estudiante en su propio proceso de aprendizaje (Área & Adell, 2009). Se destacan estudios internacionales que muestran positivos impactos en los estudiantes participantes en experiencias virtuales de enseñanza, especialmente relacionados a un significativo desarrollo de la autoeficacia computacional (Chou & Liu, 2005; Piccoli et al., 2001).

Por último, dentro de la literatura se identifica un importante tema de estudio, el cual se enfoca en el ámbito de los videojuegos relacionado al desarrollo de habilidades.

Se ha encontrado que los videojuegos, específicamente aquellos referidos a simulaciones interactivas, presentan positivos resultados al beneficiar el aprendizaje cognitivo (Vogel et al., 2006), como también notorios beneficios relacionados con habilidades de comunicación, resolución matemática y de interacción social (Griffiths, 2002). A su vez, existen estudios con sugerencias para hacer aún más notorios estos beneficios, basados en el comportamiento de los personajes que fomenten una discusión crítica de las situaciones (Frasca, 2001). En el presente estudio se consideran los resultados expuestos para incorporar a los videojuegos, como herramienta en el desarrollo de habilidades, como un posible tema a discutir a partir de los resultados obtenidos.

El objetivo del presente trabajo de memoria es evaluar la experiencia educativa virtual de metodología STEM como método de promoción de la enseñanza y desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación básica, como también poder entender que otros factores sociodemográficos y de aprendizajes previos pueden influir en este proceso, utilizando un instrumento de medición especialmente adaptado a las condiciones y características de los alumnos. En relación a este objetivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre la participación en un programa virtual de enseñanza STEM y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de enseñanza básica en Chile?

Capítulo 4

Metodología

4.1. Concepción y diseño de la experiencia

Uno de los desafíos del año 2020 fue la adaptación del rubro educacional al ámbito virtual. El impedimento de continuar con el tradicional método presencial obligó tanto a instituciones, como también a los docentes, a reinventarse para continuar educando. A solicitud del alumno, y con miras al presente trabajo de investigación, la empresa *Engineering for Kids* comenzó esta adaptación a principios del mes de mayo del 2020. En conjunto con las directoras de la institución, se planteó la dificultad de trasladar a un entorno virtual la principal atracción de los talleres: las actividades interactivas basadas en metodología “aprender haciendo”. Ante la imposibilidad de realizar las actividades en formato virtual, muchas de las cuales involucraban materiales especiales poco comunes de encontrar en cualquier hogar tales como robots educativos *Legó* o instrumentos de medición para la realización de experimentos, se decidió centrar la atención en un tipo de Ingeniería que se incluía implícita en la virtualidad: la Ingeniería Robótica y en Computación.

En orden al nuevo enfoque de los talleres, sumada a la incierta respuesta que tendría la metodología en formato virtual, se decidió modificar la segmentación por edad que tenía *EFK*. Se determinó que los alumnos de 6 y 7 años corresponderían al grupo *junior*, entre 8 y 9 años al grupo *intermedio*, para dejar finalmente en el grupo *master* a los alumnos y alumnas entre 10 y 14 años. Estos grupos fueron confeccionados en base a la extensa experiencia de la empresa, tomando en especial consideración cómo se desenvuelven niños y niñas de estas edades con la tecnología, aspecto sumamente importante en el nuevo formato. En esta nueva segmentación es importante notar que se dejaron fuera las edades de 4 y 5 años, principalmente por la poca certeza de un buen seguimiento y entendimiento de las actividades en alumnos de estas edades. Niños y niñas en estas edades en su mayoría no entran aún a la educación básica, donde también, en su mayoría, se encuentran recién desarrollando sus habilidades de lectura.

La plataforma seleccionada para realizar los talleres es el programa *Zoom*, el cual es utilizado como el canal de comunicación entre los alumnos y los docentes durante las clases. Le elección de este programa se explica principalmente por:

- Es un programa de fácil acceso (no es necesario realizar ninguna descarga).
- El masivo uso que ha tenido durante el año 2020 permite que los alumnos ya estén

familiarizados con su uso.¹

- Contiene herramientas útiles para el desarrollo de las clases tales como las funciones de compartir pantalla y realizar anotaciones.

Para poder asegurar un correcto uso del programa *Zoom*, y en pos de una mejor experiencia educativa, todos los inscritos a talleres del grupo *junior* (6 y 7 años) deben tener a un adulto responsable que los pueda asistir durante las clases del taller. El objetivo de esta medida es disminuir al máximo las posibles dificultades que puedan tener los alumnos relacionadas al uso de la tecnología, más que de los conceptos y actividades realizadas durante las clases.

Los talleres, en general, están ideados para un grupo etario (existen talleres con versiones para más de un grupo), los cuales consisten en 5 clases de 60 minutos cada una. Todas las clases, independiente de la temática y del grupo, siguen la estructura disponible en la Tabla 4.1. En la introducción el docente sitúa a los alumnos en el contexto de la temática del taller, principalmente recordando los conceptos de la clase anterior. En la etapa de conceptos se les enseñan a los alumnos los aspectos que se utilizarán durante la clase dando ejemplos aplicados a casos de la vida real para un primer acercamiento. La actividad es el centro de la clase, donde los alumnos deben seguir las instrucciones de los docentes para poder llevar a cabo la actividad planificada. Finalmente, la clase finaliza con un cierre, donde se recuerda lo aprendido y deja espacio a resolver posibles consultas².

Tabla 4.1: Distribución de tiempos clases talleres virtuales *EFK* 2020

Etapa	Tiempo dedicado
Introducción	5 minutos
Conceptos	15 minutos
Actividad	35 minutos
Cierre	5 minutos

Se diseñaron y crearon un total de cinco talleres distintos, los cuales fueron impartidos desde el mes de junio hasta el mes de octubre del año 2020. Cada uno de los talleres presenta un enfoque distinto a la habilidad de programación, viendo distintos lenguajes de programación según el grupo etario de los participantes y el programa a utilizar, además de ir incorporando conceptos de otras áreas de la ingeniería en el proceso (existen elementos de matemática, figuras geométricas, robótica y ciencias de la computación que serán detallados en cada taller más adelante). Como regla general todos los talleres cuentan con un programa asignado para realizar las actividades, el cual es accesible mediante un sitio web y no requiere instalaciones ni cuenta con mayores requisitos técnicos. A continuación, se detallan los cinco talleres que forman la experiencia:

¹ *Zoom* fue una de las aplicaciones con más descargas durante el año 2020 a nivel mundial, donde la empresa ha incrementado en más de 4 veces sus ingresos en comparación al año anterior. Fuente: <https://es.statista.com/grafico/21912/los-ingresos-de-zoom-se-disparan-con-el-coronavirus/>

² Como cabe de esperar la primera clase presenta una organización con una ligera modificación a la expuesta, dando mayor tiempo para la introducción (15 minutos en total) y acortando el tiempo dedicado a la actividad (20 minutos en total).

4.1.1. Programación en *Scratch* (*Junior e Intermedio*)

El taller “Programación en Scratch” tiene como objetivo introducir los primeros conceptos de programación, utilizando el lenguaje de programación visual *Scratch* para realizar actividades interactivas con bloques de programación. Este lenguaje, que cuenta con su propia interfaz en su sitio web <https://scratch.mit.edu>, fue creado por el MIT Media Lab y la compañía Playful Invention Company en el año 2003. Actualmente es uno de los lenguajes más utilizados para la enseñanza de la programación con más de 64 millones de usuarios registrados en su sitio web³.

Las dos versiones del taller se centran en que los alumnos puedan realizar un proyecto por clase, el cual es realizado sincrónicamente con el docente. El grupo *junior* realiza proyectos cuya finalidad es que sean interactivos, donde cada alumno y alumna pueda interactuar con su creación en conjunto con quien le acompañe. Por el lado del grupo *intermedio*, cada proyecto es una adaptación de un juego popularmente conocido⁴.

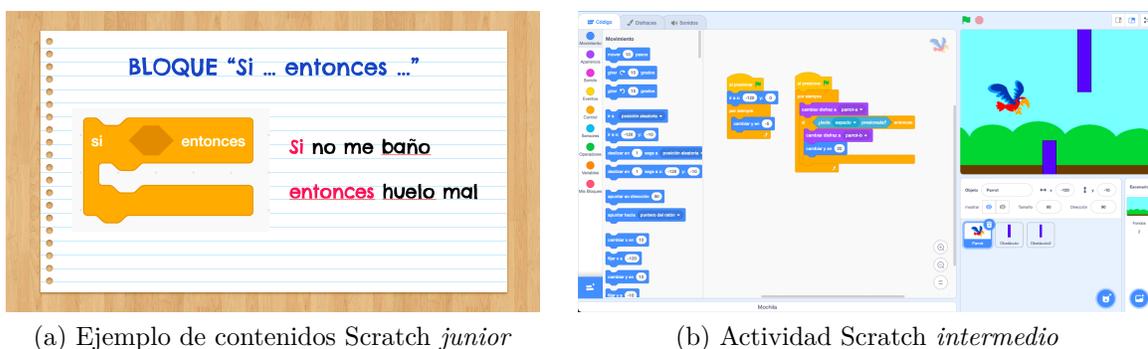


Figura 4.1: Ejemplos del taller “Programación en *Scratch*”

4.1.2. Robótica virtual *CoderZ* (*Intermedio y Master*)

CoderZ es una plataforma web de educación STEM, basada en la enseñanza de la programación y la robótica. Esta plataforma, accesible a través de su sitio web <https://gocoderz.com/>, es completamente virtual, donde los alumnos pueden interactuar con robots y programarlos en un desarrollado simulador que acompaña a los bloques de código. *CoderZ* cuenta con una alianza con la empresa *Legó*, por lo que en sus programas se pueden ver robots *Legó Mindstorms EV3*, los mismos que utiliza *EFK* en sus actividades presenciales (Ver Figura 4.2 (b)).

Los talleres de robótica virtual son guiados por la misma plataforma *CoderZ*, la cual incluye diversos cursos según edad y objetivos, donde los alumnos deben ir sorteando misiones con los nuevos conceptos que van aprendiendo. En este taller el docente actúa como un soporte en el aprendizaje, dando una guía de aspectos a considerar para que luego cada alumno y alumna realice las misiones de forma individual. En los conceptos entregados de

³ El año 2020 ha marcado tendencia en las estadísticas de *Scratch*, donde se han duplicado la cantidad de nuevos proyectos que se crean al mes en comparación al año 2019, debido principalmente a la pandemia mundial del COVID-19. En el Anexo B se muestra el crecimiento de la plataforma desde el año 2007.

⁴ Destacan las adaptaciones de *Flappy Bird* y *Whac-A-Mole*.

forma previa a las actividades se da énfasis al razonamiento lógico del funcionamiento de un robot, con el objetivo que los alumnos se familiaricen con su mecanismo y puedan entregar soluciones óptimas a las misiones. El docente actuará acorde a las necesidades que tengan los alumnos, resolviendo dudas o ayudando en caso de ser necesario. La única diferencia entre los grupos *intermedio* y *master* son las misiones que son habilitadas en las clases del taller.

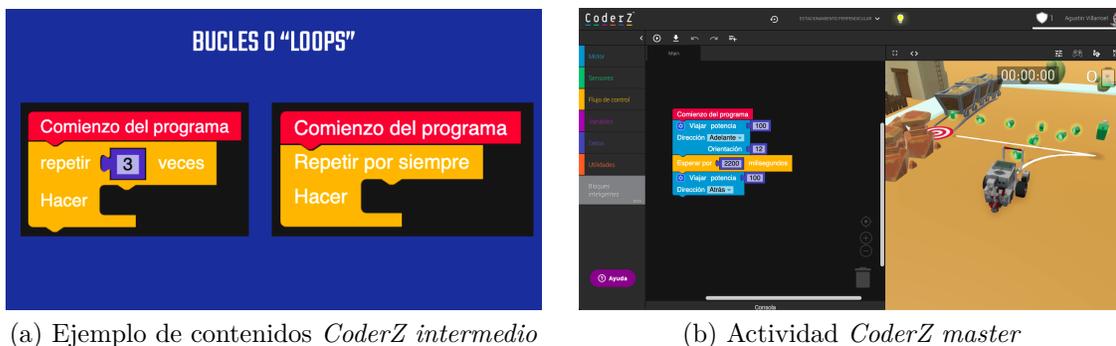


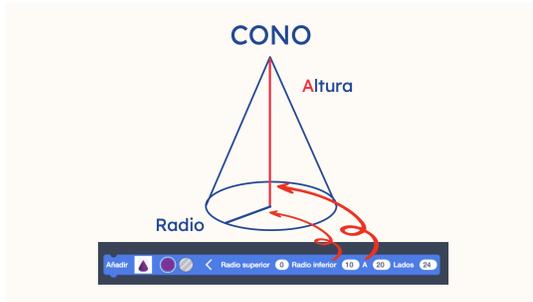
Figura 4.2: Ejemplos del taller “Robótica virtual *CoderZ*”

4.1.3. Diseño 3D *Tinkercad* (*Intermedio* y *Master*)

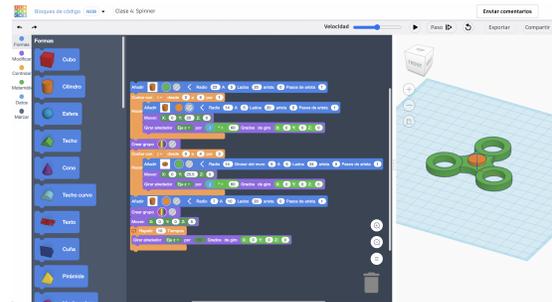
La impresión en 3D ha sido un avance significativo de la tecnología, donde se ha podido apreciar de forma notoria su exponencial masificación desde inicios del año 2000⁵. La plataforma *Tinkercad* permite crear diseños en tres dimensiones mediante simples bloques de código, como también de forma manual, pudiendo incluso ser traspasados a una impresora 3D.

Las clases del taller se enfocan en que se desarrolle un diseño en cada sesión, el cual se realiza de forma sincrónica en base a las instrucciones proporcionadas por el docente. Además de incluir conceptos de programación en bloque, el curso “Diseño 3D *Tinkercad*” tiene un fuerte componente de la asignatura de matemáticas con las formas y figuras geométricas utilizadas en los diseños. La diferencia principal entre los grupos *intermedio* y *master* son los diseños a realizar centrado en su complejidad.

⁵ Según un estudio realizado a finales del año 2018 hubo un aumento del 700% en la inscripción de patentes relacionadas a impresión 3D entre los años 2013 y 2018 (Wang et al., 2018).



(a) Ejemplo de contenidos *Tinkercad* intermedio



(b) Actividad *Tinkercad* master

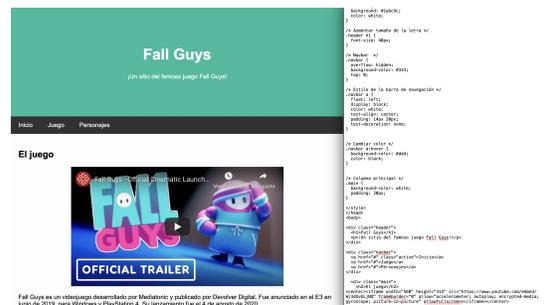
Figura 4.3: Ejemplos del taller “Diseño 3D *Tinkercad*”

4.1.4. Crea tu propia página web (*Master*)

El taller “Crea tu propia página web” es el primero que desmarca de la clásica programación en bloque y se adentra en los principios de la programación en código. Durante las clases los alumnos desarrollan un proyecto individual, el cual consiste en crear un sitio en lenguaje HTML con una temática libre. Las clases se distribuyen en enseñar conceptos y nuevos códigos para armar un sitio en HTML, donde se ven aspectos de estructura, estilos, hipervínculos e inserción de contenido audiovisual. Este taller es el único que no cuenta con una plataforma donde se desarrollan las actividades, ya que los archivos HTML son creados directamente en el computador de los alumnos utilizando los programas de edición de texto por defecto incorporados: “Bloc de notas” en computadores Windows y “TextEdit” en Mac.



(a) Ejemplo de contenidos “Crea tu propia página web”



(b) Proyecto ejemplo de página web

Figura 4.4: Ejemplos del taller “Crea tu propia página web”

4.1.5. Programación con *Python* (*Master*)

Un estudio publicado a finales del año 2020 establece a *Python* como el lenguaje de programación más popular del 2020, llegando a establecerse como uno de los lenguajes de mayor uso en los últimos años (Cass, 2020). El taller “Programación con *Python*” tiene como objetivo dar un primer acercamiento al lenguaje, utilizando la librería *Turtle* como un medio para enseñar comandos y notación usual en *Python*. Para poder compilar los programas se utiliza la plataforma *Repl* (<https://repl.it/>), la cual no cuenta con requisi-

tos de instalación y permite la posibilidad de ir guardando en línea el trabajo de cada alumno.

Las clases del taller están orientadas a realizar desafíos, donde la primera parte de la clase se enseñan nuevos conceptos con los comandos asociados, para luego el docente plantear desafíos que los alumnos deben resolver de forma individual. Se enfatiza el hecho de cómo abordar problemas de programación, planteando tareas a realizar con la librería *Turtle*.

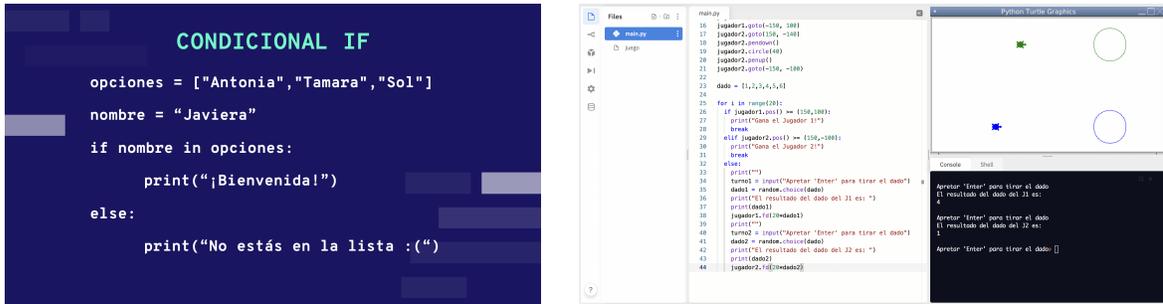


Figura 4.5: Ejemplos del taller “Programación con Python”

Los cinco talleres anteriormente expuestos se enfocan en la metodología “aprender haciendo”, ya que la participación y la interacción en las actividades es el principal método de aprendizaje que ofrece la experiencia. En esta misma línea es que cada taller presenta distintas oportunidades de aprendizaje, donde cada uno cuenta con una o más habilidades relacionadas al pensamiento crítico que se destacan por sobre el resto de acuerdo a la naturaleza de las actividades⁶:

- **Programación en Scratch:** Se promueve fuertemente la habilidad de análisis asociada a lógica de programación para el correcto funcionamiento de los programas y la habilidad de autorregulación en la revisión y optimización de códigos.
- **Robótica virtual CoderZ:** En este taller se destaca la habilidad de inferencia, ya que los desafíos planteados en las clases buscan que el alumno analice y plantee soluciones.
- **Diseño 3D Tinkercad:** Las actividades en 3D permiten a los alumnos desarrollar su habilidad de análisis, ya que la comprensión de las figuras geométricas debe traducirse en el correcto uso que se les da para lograr un objetivo.
- **Crea tu propia página web:** El diseño de páginas web contempla el desarrollo de la evaluación y autorregulación, principalmente por tratarse de un lenguaje de programación en código donde se debe especificar claramente lo desarrollado incorporando comentarios y la constante revisión y optimización de lo programado llevado al sitio web.
- **Programación con Python:** El lenguaje de programación Python, y principalmente la librería Turtle, fomenta la habilidad de evaluación por la visualización que tienen

⁶ En el Capítulo 3 se presentan las 6 habilidades definidas por la APA como principales en el pensamiento crítico entendido como proceso: Interpretación, Análisis, Evaluación, Inferencia, Explicación y Autoregulación (APA, 1990).

los alumnos de su trabajo (al ser compilados en *Repl*) y la habilidad de inferencia por tratarse de un taller basado en la resolución de desafíos.

4.2. Descripción de la muestra

La experiencia contó con un total de 97 participantes, de los cuales 67 son hombres (69%) y 30 son mujeres (31%) (el proceso de reclutamiento se describe más adelante en el Capítulo 4.3.1 ya que forma parte del proceso de recolección de datos). En la Figura 4.3 se puede apreciar la edad en donde se concentran los participantes de la muestra, destacando los 8 años (grupo *intermedio*) y 10 años (grupo *master*) los con mayor presencia.

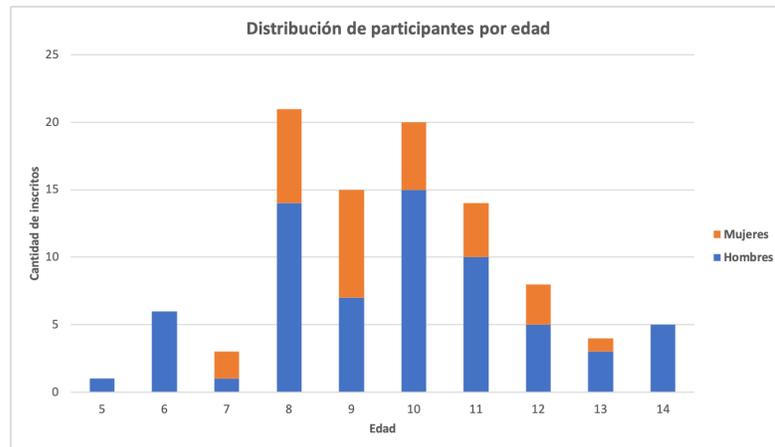


Figura 4.6: Distribución de participantes por edad y agrupados por género.

El 91% de los participantes corresponden a la Región Metropolitana, de los cuales el 70% reside en comunas del sector nororiente de Santiago. En relación a participaciones previas en talleres similares, se puede ver en la Figura 4.4 que el 62% de los participantes declara nunca haber participado, mientras que el 23% ha participado una vez y el restante 15% más de una vez.

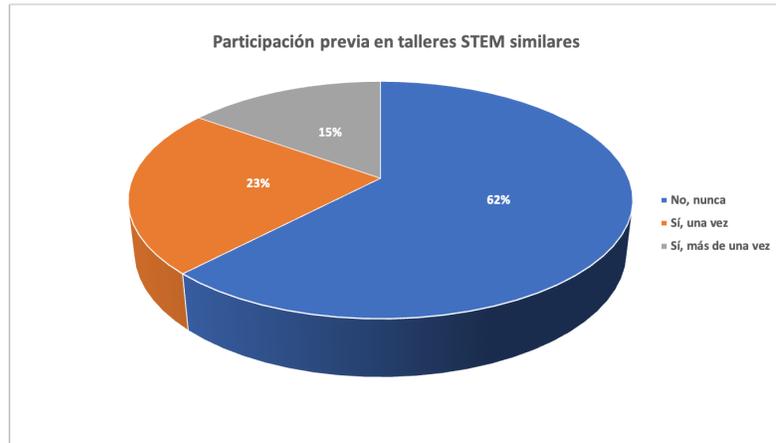


Figura 4.7: Distribución de participantes por edad y agrupados por género.

4.3. Recolección de datos

Se procederá a dividir el proceso de recolección de datos en cuatro etapas para una mejor comprensión y explicación de cada una de ellas, según se indica en el diagrama BPMN (por sus siglas en inglés: *Business Process Model and Notation*) de la Figura 4.5: Ingreso (color azul), Experiencia educativa (color amarillo), Evaluación del pensamiento crítico (color morado) y Salida (color verde).

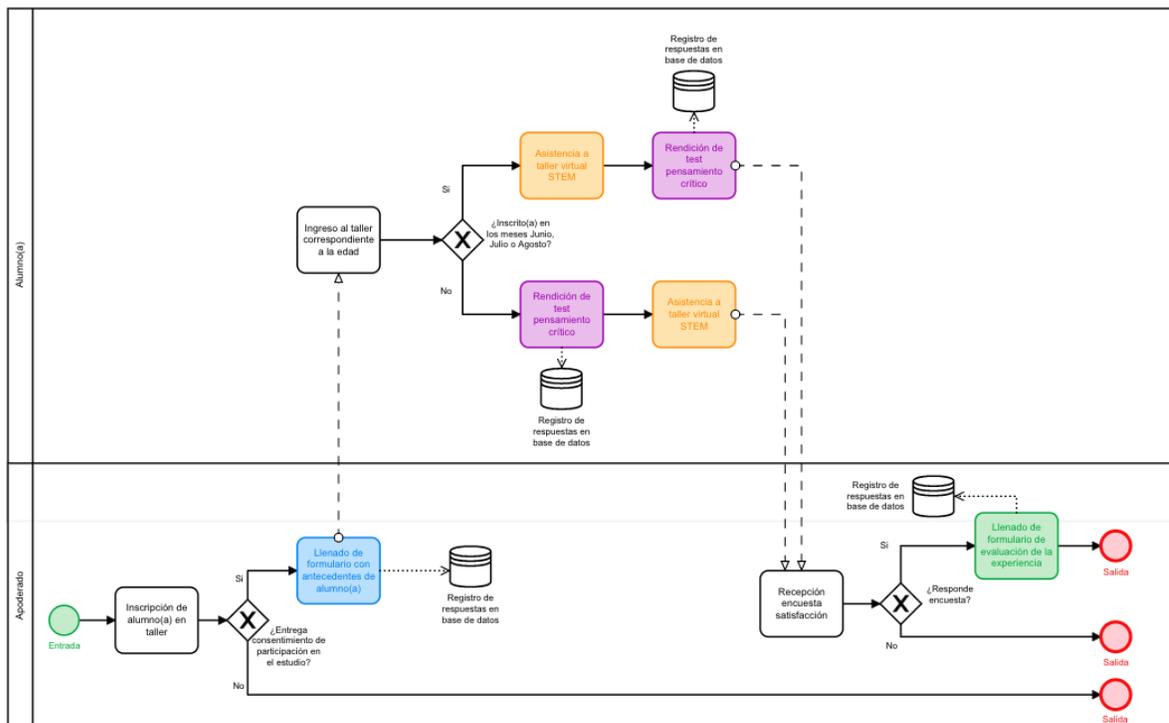


Figura 4.8: BPMN del programa virtual de enseñanza STEM.

4.3.1. Ingreso

La primera etapa se concentra en el ingreso de los alumnos en el estudio. El reclutamiento de los y las participantes se realiza como parte de la difusión de los talleres virtuales a realizar por *EFK*, donde la empresa promociona sus talleres en su base de datos de correos de padres y en sus redes sociales (Instagram y Facebook).

La experiencia inicia con la inscripción de los estudiantes en los talleres virtuales, la cual es formalizada por el registro de él o la participante en un formulario diseñado especialmente para la instancia (ver Anexo C). Esta inscripción es de exclusiva responsabilidad del adulto responsable del alumno, donde el formulario corresponde al primer instrumento de recolección de datos del estudio.

El formulario, creado en *Google Forms*, corresponde al primer instrumento de recolección de información, el cual tiene dos fines específicos. El primero es tener un registro de consentimiento de los padres autorizando a sus hijos(as) a ser parte del estudio, situación relevante al estar involucrando a menores de edad y donde la participación en el estudio es totalmente voluntaria. En este consentimiento se detallan los objetivos de la investigación junto con toda interacción en que se enmarcarán las acciones de los menores, como también el uso que se le dará a la información proporcionada (ver Anexo C.1). El segundo objetivo del formulario es obtener los antecedentes sociodemográficos, rango de rendimiento escolar y experiencias previas de los estudiantes participantes. Estas preguntas se realizan sólo en el caso que se haya entregado el consentimiento de participación en el estudio, donde en caso contrario sólo se pide contestar la información mínima necesaria por *EFK* para participar de sus talleres⁷. Se destacan preguntas sobre comuna de residencia, nivel educacional más alto alcanzado por cada uno de los padres, rango de rendimiento escolar en el año 2019 en las asignaturas de Matemática y Lenguaje y Comunicación, participación previa en cursos de robótica y/o programación junto con frecuencia y preferencia en sesiones de videojuegos. Estas preguntas tienen como objetivo retratar el contexto dentro del que se desenvuelven los participantes, donde algunos aspectos pudieran influir en los resultados de desarrollo de pensamiento crítico evaluado en la experiencia (como los mencionados en el Capítulo 3). El formulario se encuentra disponible en el Anexo C.

Es importante notar en este punto que los talleres virtuales de *Engineering for Kids* presentan un costo asociado de participación, siendo un aspecto relevante a considerar que se discutirá posteriormente.

4.3.2. Experiencia educativa

Posterior al ingreso se pasa a la segunda etapa del proceso, la cual consiste en la experiencia educativa virtual de metodología STEM. Sin embargo, antes de entrar a la siguiente etapa los alumnos se dividen en dos grupos:

- Grupo experimental: Los alumnos forman parte y asisten a las clases de los talleres vir-

⁷ La información requerida por *EFK* comprende nombre del alumno, edad, colegio al que asiste junto con información de contacto del adulto responsable.

tuales impartidos por *Engineering for Kids* y posteriormente rinden un test de medición de pensamiento crítico. Forman parte de este grupo los alumnos inscritos en los talleres impartidos los meses de junio, julio y agosto.

- Grupo control: Los alumnos rinden el test de medición de pensamiento crítico previo a la participación en las clases de los talleres virtuales impartidos por *Engineering for Kids*. En este caso se invierte el orden de las etapas dos y tres. Forman parte de este grupo los alumnos inscritos en los talleres impartidos los meses de septiembre y octubre.

La división de los alumnos en dos grupos responde al objetivo principal del estudio, donde se busca evaluar el posible impacto que tendría en el desarrollo del pensamiento crítico la variable de haber participado o no en los talleres virtuales. En esta misma línea se descartó utilizar una metodología relacionada a dos mediciones de pensamiento crítico al inicio y al final de cada taller, ya que la sola aplicación de una instancia de medición corresponde a un proceso complejo debido al poco control que presenta la instancia remota, siendo aún más complejo asegurar igualdad de condiciones en dos instancias de medición. Sumado a esto también se toma en consideración la posible sobrecarga que tendría en los estudiantes y sus padres tener dos instancias de medición en un periodo acotado de tiempo, por lo que se decide contar con una instancia de medición considerando un grupo control y uno experimental.

Durante la etapa dos se captura información del proceso educativo a través de una bitácora de proceso, la cual corresponde al segundo instrumento de recolección de información del estudio. Esta bitácora se compone por un archivo en *Microsoft Excel* que es completada clase a clase por el docente, donde se encuentra la lista de participantes de cada taller y se lleva el registro de la asistencia y la cantidad de interacciones por clase. La interacción es medida como la cantidad de veces que un alumno utiliza la función “Compartir pantalla” en la plataforma *Zoom*, principalmente como una forma para que el docente pueda ayudar en dificultades que pudiera presentar algún alumno durante la clase. Una vez finalizado cada taller esta información se recopila en la base de datos principal de la investigación, donde se agrega información complementaria: cantidad de participaciones previas, mes de inscripción y si pertenece a grupo control o experimental.

4.3.3. Evaluación del pensamiento crítico

La etapa tres consiste en la medición del desarrollo del pensamiento crítico. Existen variados test para medir el pensamiento crítico, pero muy pocos los que han sido adaptados al español y enfocados en niños de educación básica (Ossa et al., 2016). Dentro de los más conocidos se encuentra el *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT; Ennis & Millman, 1985) y el *Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations* (HCTAES; Halpern, 1998), ambos con buenos indicadores de validez y confiabilidad, pero cuyas traducciones al español son enfocadas en adultos.

En la presente investigación la medición del desarrollo del pensamiento crítico se realiza utilizando un instrumento diseñado en Chile especialmente para alumnos de educación básica, el cual comprende el tercer instrumento de recolección de datos del presente estudio. El instrumento de medición fue creado y testeado por Felipe López Rojas, académico e investigador del Departamento de Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad

Católica de Chile, de quien se obtuvo la autorización para la aplicación del instrumento en el presente estudio. Se realizó un proceso de validación del instrumento que arrojó altos niveles de confiabilidad, donde fue implementado un análisis estadístico en tres colegios con distinto nivel socioeconómico y con un total de 179 estudiantes (López, 2017). En el test se presenta una historia de tres niños que viajan al espacio, donde se ven enfrentados a una situación que deben resolver contestando un total de 17 preguntas⁸ que miden el desarrollo del pensamiento crítico a través de las 6 habilidades principales en su proceso (Interpretación, Análisis, Evaluación, Inferencia, Explicación y Autoregulación), las cuales se encuentran distribuidas en 4 ejes principales de preguntas:

- **Inferencia:** Referido a las preguntas que requieren elaborar conclusiones que no se encuentran explicitadas dentro de la información proporcionada. Se asocia a la habilidad de inferencia presente en el proceso de pensamiento crítico. Este eje cuenta con 7 preguntas, las cuales presentan tres alternativas posibles de respuesta cada una.

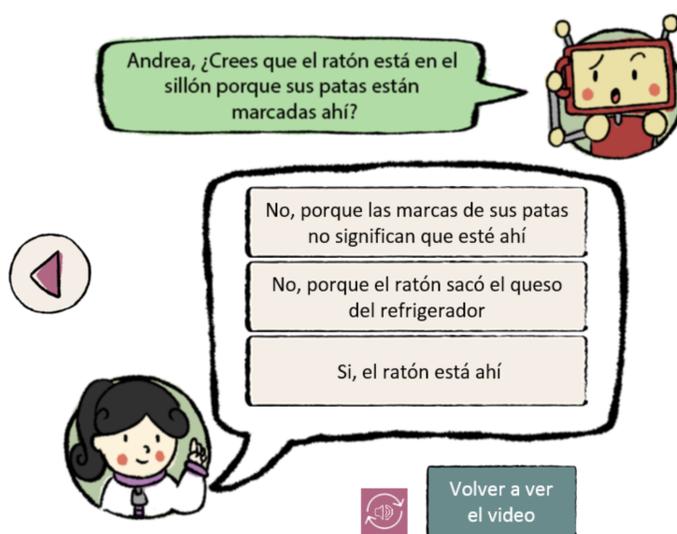


Figura 4.9: Ejemplo de pregunta relacionada al eje Inferencia

- **Comparación:** Eje relacionado al análisis y discernimiento entre las alternativas disponibles para lograr un objetivo. El apartado de comparación busca identificar las habilidades de evaluación e interpretación que componen el proceso de pensamiento crítico. El test contempla 3 preguntas en este eje, donde se espera que el alumno seleccione un instrumento de comparación acorde a la problemática e interactúe para responder a la pregunta planteada.

⁸ El test originalmente cuenta con 5 preguntas adicionales que no fueron incluidas, ya que se encontraban diseñadas para ser contestadas presencialmente. Las 5 preguntas eran de respuesta abierta y buscaban que los estudiantes explicaran su proceso lógico que realizaban al responder las preguntas de alternativas.

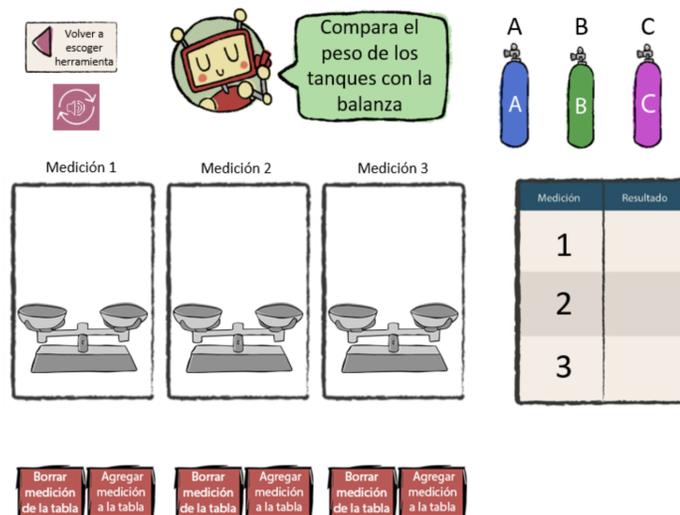
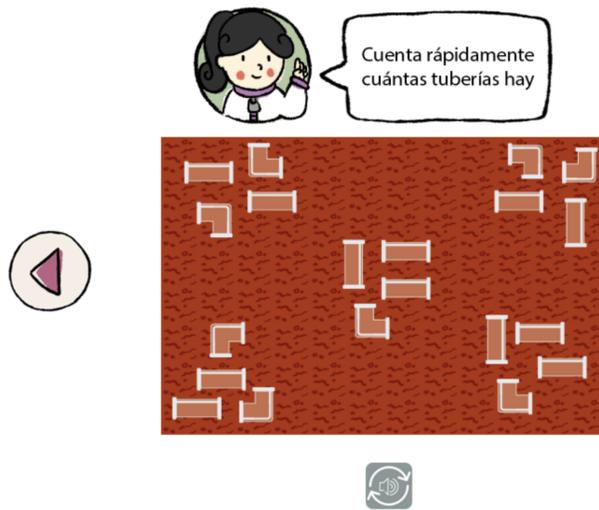
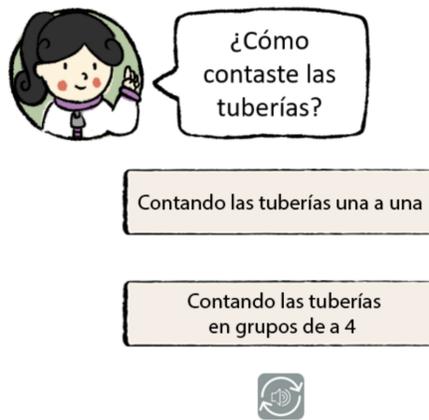


Figura 4.10: Ejemplo de pregunta relacionada al eje Comparación

- Mecanismos:** Las preguntas relacionadas a este eje buscan conocer el proceso de pensamiento lógico de los alumnos en determinadas situaciones. Este eje busca evaluar la habilidad de autorregulación, principalmente enfocada en el auto análisis de los procesos mentales. Las 2 preguntas que componen el eje Mecanismos van más allá de conocer la respuesta a lo planteado, ya que indagan en cómo el alumno llegó a dicha respuesta.



(a) Ejemplo de situación planteada en el eje Mecanismos



(b) Ejemplo de pregunta en relación a una situación planteada del eje Mecanismos

Figura 4.11: Ejemplo de pregunta relacionada al eje Mecanismos

- Razonamiento lógico:** Centrado en exponer al alumno a situaciones de discernimiento donde se pone la atención en la justificación de sus respuestas. Las habilidades de análisis y de explicación son las involucradas en este apartado. Este eje se compone de 3 preguntas, las cuales se basan en una pregunta tipo “¿Por qué?” con tres alternativas posibles de respuesta.



(a) Ejemplo de situación planteada en el eje Razonamiento lógico



(b) Ejemplo de pregunta en relación a una situación planteada del eje Razonamiento lógico

Figura 4.12: Ejemplo de pregunta relacionada al eje Razonamiento lógico

Para realizar esta medición los alumnos rinden el test de forma sincrónica en la primera o última clase del taller, dependiendo si se encuentran en el grupo control o experimental. Los alumnos cuentan con un máximo de 25 minutos para responder la evaluación, pudiendo finalizar antes con previa autorización del docente una vez verificada la correcta recepción de sus respuestas. El test se encuentra en un servidor web accesible a través del sitio www.testpensamientoc.cl, donde los resultados son almacenados en una base de datos del mismo servidor.

Es relevante considerar que los participantes pueden inscribirse a más de un curso y rendir la evaluación más de una vez, lo cual sucede sólo en el caso del grupo experimental para asegurar que el grupo control sea exclusivamente de alumnos sin experiencia previa en

los talleres dictados. Este fenómeno está registrado dentro de la variable “Número de veces participante”, donde se indica la participación global entre todos los talleres.

4.3.4. Salida

La última etapa tiene como objetivo poder capturar la percepción final y global de la experiencia. Para esto se envía un correo electrónico (al día siguiente de haber finalizada la última clase del taller) a los adultos responsables de cada alumno, quienes realizaron la inscripción en la primera etapa. Este correo contiene el cuarto instrumento de recolección de datos, el cual es un formulario creado en *Google Forms* que contiene cinco breves preguntas: una de identificación al taller asistido, dos de alternativas relacionadas al nivel de satisfacción y dos preguntas de respuesta abierta (el formulario se encuentra disponible en el Anexo D). Es importante mencionar que responder el formulario es completamente voluntario, el cual a su vez es totalmente anónimo.

4.4. Análisis

Como se puede apreciar en lo expuesto anteriormente el diseño del proceso completo de la presente investigación tiene variados puntos de recolección de información. Esto presenta un importante desafío a la hora de estudiar y entender lo capturado, ya que existen múltiples tipos de análisis posibles.

El objetivo del presente estudio es buscar establecer algún tipo de relación entre el puntaje del test con algunas de las variables capturadas en el proceso, desde la participación misma en la experiencia STEM como también en la información de antecedentes de la etapa uno. Este trabajo cuenta con variados estudios posibles por realizar, dentro de los que se destaca un análisis psicométrico de los puntajes obtenidos por los alumnos, un análisis de variables correlacionadas para obtener una comprensión más clara de los principales elementos que influyen en los resultados y finalmente comparaciones de medias entre los grupos control y experimental, utilizando regresiones multivariadas para cuantificar los resultados y buscar base estadística de relevancia de resultados encontrados.

Respecto al análisis psicométrico, se destaca el coeficiente Alfa de Cronbach, indicador ampliamente utilizado para determinar confiabilidad de escalas psicométricas en estudios similares (Cortina, 1993; Sijtsma, 2009), calculado como sigue:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right) \quad (4.1)$$

Por la naturaleza del presente estudio se propone realizar el análisis de los resultados en dos formatos: a nivel de preguntas individuales y a nivel de ejes de preguntas. Estas dos versiones permitirán entender los datos recopilados a nivel de las habilidades presentes en el proceso de pensamiento crítico, las cuales se incorporan en los ejes de preguntas y que pueden no ser correctamente consideradas si se estudian las preguntas por separado e individualizadas (por ejemplo algunas de las preguntas del eje de Razonamiento lógico están

ligadas al preguntar por justificaciones de respuestas previas). Por otro lado, realizar el análisis a nivel de preguntas individuales puede permitir visualizar resultados en preguntas específicas que no necesariamente corresponden a lo obtenido como conjunto, lo cual es preponderante cuando se trata de ejes con pocas preguntas.

En relación a la experiencia educativa misma, las respuestas de la última etapa del proceso de recolección de datos (formulario de satisfacción de la experiencia) pueden ser de gran utilidad para determinar aspectos positivos del diseño de la experiencia educativa como también posibles mejoras para futuras instancias.

4.5. Limitaciones

Dentro de las limitaciones identificadas destaca el costo de participación asociado, el cual corresponde a 12 mil pesos. La sola existencia de un costo puede significar la presencia de un sesgo de autoselección, ya que la participación en el estudio implica incurrir en un gasto monetario. Este importante punto fue considerado a la hora de diseñar la experiencia, optando por fijar un costo bajo de participación para reducir el impacto de este posible sesgo. En la Tabla 4.2 se puede apreciar el costo de participación en programas educativos similares realizados dentro del mismo periodo de tiempo por otras instituciones⁹.

Tabla 4.2: Costos de inscripción de talleres educacionales virtuales STEM entre junio y octubre de 2020

Institución	Modalidad	Costo de inscripción
<i>Engineering for Kids</i>	5 clases de 60 minutos c/u	\$12.000
Institución 1	6 clases de 120 minutos c/u	\$50.000
Institución 2	8 clases de 60 minutos c/u	\$85.000
Institución 3	8 clases de 90 minutos c/u	\$110.200

Una segunda limitación a destacar es la referida a la capacidad máxima disponible para abarcar participantes. A pesar de que por la modalidad virtual la única limitante técnica para sumar más alumnos a los talleres era la plataforma *Zoom* (300 participantes máximo por reunión en un plan de pago), se debe velar por un correcto desarrollo de las clases que un número elevado de alumnos no permitiría. Es por esto que los talleres cuentan con un cupo máximo de 15 alumnos, los cuales son guiados por un único docente en cada clase. En este contexto la única posibilidad de abarcar más participantes recae en contar con más versiones de cada taller (ampliando el horario o disminuyendo los días entre clases de cada taller) o en su defecto contar con más docentes. En orden de conservar la homogeneidad entre grupos y talleres, todas las actividades impartidas en los meses de junio, julio y agosto (grupo experimental) son realizadas por un único docente, quien a su vez es el alumno autor del presente trabajo de memoria.

Por último, se encuentra la limitación referida al control sobre la instancia de evaluación del pensamiento crítico. Como se expuso en apartados anteriores este proceso se realiza de forma

⁹ Elaboración propia a partir de un estudio de mercado de talleres virtuales de educación STEM

sincrónica pero completamente remota, donde las condiciones de cada alumno dependen íntegramente de su entorno hogar y donde es muy complejo asegurar igualdad de condiciones entre los participantes. La ausencia de un ambiente controlado para esta instancia es algo declarado al principio del presente estudio, por lo que la experiencia se diseñó entendiendo dicha situación y es la principal razón de por qué se realiza de forma sincrónica, intentando minimizar dificultades y distracciones que puedan tener los alumnos al realizar la evaluación dentro del tiempo establecido de la clase correspondiente.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Desarrollo del pensamiento crítico

Se realiza un primer acercamiento en relación al test de pensamiento crítico, ya que es importante entender la composición de sus resultados antes de evaluar aspectos que pudiesen influir en él.

La base de datos presenta un total de 112 respuestas al test de medición de pensamiento crítico¹, con las cuales se realizó un análisis estadístico para comprender la composición de las respuestas y su respectiva confiabilidad. Utilizando el software estadístico *R*, y la librería *psych*, se procedió a calcular el coeficiente Alfa de Cronbach, donde la implementación del test arroja un Alfa de Cronbach de 0,61, con un intervalo de [0,51;0,71] al 95 % de confianza. Este valor se encuentra levemente bajo a la convención de confiabilidad fijada en alfa igual o mayor a 0,7, pero sobrepasa el nivel de pobre confiabilidad de alfa igual o menor a 0,5 (Adadan & Savasci, 2012). Respecto a los ejes de preguntas, se presentan valores Alfa de Cronbach de 0,40, 0,46 , 0,37 y 0,32 para los ejes de Inferencia, Comparación, Mecanismos y Razonamiento lógico, respectivamente. Es relevante considerar, a partir de los resultados expuestos anteriormente, que estudios han demostrado la poca fiabilidad de este indicador con 4 o menos preguntas, donde sólo el eje Inferencia supera este número (Eisinga et al., 2013; Vaske, 2017). Además, debe notar que existen variados estudios que demuestran que no es suficiente basarse en el coeficiente Alfa de Cronbach como único indicador de confiabilidad (Cortina, 1993; Taber, 2017), situación que se aborda en el presente estudio con otros análisis complementarios y que se discute en el Capítulo 6.

En la Tabla 5.1 se aprecia el porcentaje de rendimiento de los 4 ejes de preguntas presentes en la evaluación. Se entiende el porcentaje de rendimiento como la suma de respuestas correctas de todas las preguntas asociadas a ese eje sobre el total de preguntas del mismo eje, donde destaca Razonamiento lógico con el mejor rendimiento con un 81 % de respuestas correctas y el eje de Mecanismos con 59 % como el de menor rendimiento. Es relevante mencionar que el eje de Inferencia es el con segundo mejor rendimiento (70 %), el cual presenta el mayor número de preguntas de los 4 ejes.

¹ Existen más respuestas que participantes únicos (97) por la posibilidad que un participante se inscriba a más de un taller, fenómeno expuesto en el capítulo 4.3.3.

Tabla 5.1: Resultados por eje del test de medición de pensamiento crítico

Eje	Cant. de preguntas	Porcentaje de rendimiento
Inferencia	7	70 %
Comparación	5	63 %
Mecanismos	2	59 %
Razonamiento lógico	3	81 %

Al hacer un estudio de rendimiento similar, pero a nivel de preguntas individuales, se tiene que el promedio de respuesta correcta a una pregunta del test es de un 69 %, donde destacan las preguntas 1 y 3 del eje Razonamiento lógico junto con la pregunta 6 de Inferencia como las únicas con igual o sobre un 90 % de respuestas correctas (91 %, 92 % y 90 % respectivamente). En el otro extremo destaca la última pregunta del eje Inferencia con un 12 % de aprobación, siendo por una importante diferencia la con peor rendimiento (la segunda peor cuenta con un 42 % de rendimiento). De lo anterior se puede desprender que no existe ninguna pregunta que tenga la totalidad de respuestas correctas o incorrectas, habiendo sólo una con, de momento, un mayor nivel de dificultad, lo cual da sustento respecto a la complejidad del instrumento de evaluación mismo y de su confiabilidad. En el Anexo E se incorpora la Tabla E.1 con el detalle del rendimiento de las 17 preguntas del instrumento de medición.

Respecto al rendimiento de los alumnos se tiene que el promedio de rendimiento global es del 69 %, con un máximo de 94 % (16 de 17 respuestas correctas) y un mínimo de 29 % de rendimiento (5 de 17 respuestas correctas). Al separar los grupos control y experimental, se aprecian diferencias en los puntajes promedios obtenidos por los grupos. El grupo control presenta un promedio de 67 % de rendimiento, mientras que el grupo experimental (medición posterior a la experiencia virtual STEM) cuenta con un promedio de 70 % de rendimiento. La distribución de puntajes de ambos grupos se presenta en la Figura 5.1, donde dado que ambos grupos presentan distinta cantidad de datos (48 para el grupo control y 64 para el grupo experimental), se normaliza al porcentaje de presencia de cada grupo en la distribución de rendimiento: el 21 % de los integrantes del grupo control obtuvo un rendimiento del 71 %, mientras que el 22 % de los participantes del grupo experimental obtuvo un 82 % de rendimiento.

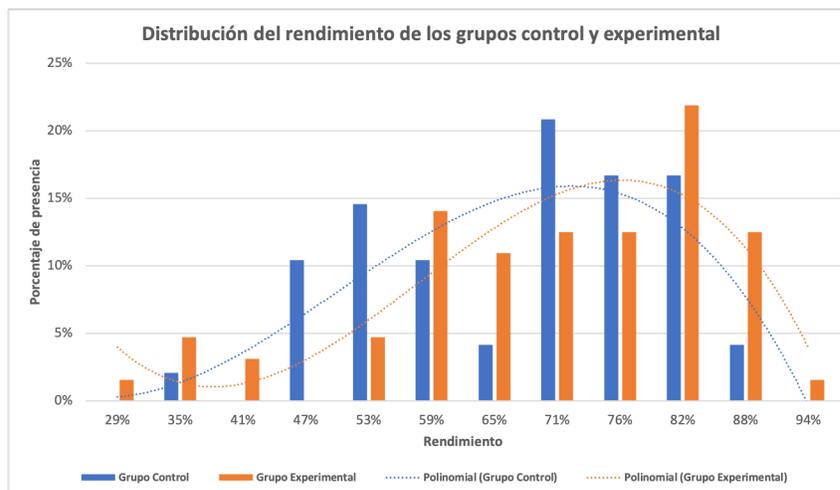


Figura 5.1: Distribución del rendimiento de los grupos control y experimental

En la Figura 5.1 se incorpora una línea de tendencia polinomial de tercer grado para cada grupo, donde se puede visualizar que el grupo control presenta un leve desplazamiento hacia la izquierda con respecto al grupo experimental, lo cual da a entender que el grupo experimental concentra sus datos en niveles de rendimiento superiores a los del grupo control. Este análisis se realiza con el objetivo de poder tener un primer acercamiento visual de la composición de los resultados obtenidos en el test, donde posteriormente se buscará darle relevancia estadística a ser partícipe de un grupo u otro.

A continuación, se procede a incorporar las restantes 30 variables que contiene la base de datos, correspondientes a datos recopilados en las etapas 1 y 2 del proceso de recolección de datos expuestos en el Capítulo 4. De estas variables, 19 corresponden a datos entregados en la inscripción de los alumnos que contemplan información del contexto hogar y experiencias previas, y donde las restantes 11 son recopiladas de la experiencia STEM virtual a partir de lo registrado en las bitácoras de proceso². Como primer acercamiento se procede a realizar una matriz de correlación con 21 de las 30 variables recién expuestas, excluyendo las referidas a asistencia y participación (ya que sólo el grupo experimental las presenta) junto con las 17 variables que corresponden a las preguntas del test. Este proceso se realiza en el software estadístico *R*, y dada la magnitud de la matriz resultante, se expone en la Figura 5.2 un extracto de la matriz referente a la correlación de las preguntas del test respecto a las 21 preguntas de antecedentes de los participantes³. Para poder tener un acercamiento visual de los resultados se procedió a categorizar las correlaciones obtenidas por colores, donde los menores valores corresponden al color rojo y a medida que van aumentando cambian de color progresivamente a verde.

² Ver Capítulo 4.3.2 para mayor detalle del proceso de recolección de información contenido en las bitácoras de proceso.

³ En el Anexo F.2 se expone el procedimiento de cálculo junto con la matriz resultante en su totalidad.

Pregunta	Género	Edad	Colegio	Curso	Educación madre	Educación padre	Conexión a internet	Rendimiento Lenguaje	Rendimiento Matemática	Participación en robótica	Cantidad de libros	Tiene celular y/o computador	Horas semanales de videojuegos	Tipos de videojuegos	Juega acompañado online	Juega acompañado offline	Juega solo offline	Participación previa en EFK	Mes de participación	Cantidad de veces participadas	Pertenece a grupo control
Inferencia 1	0,05	0,12	0,11	0,15	0,1	-0,11	-0,04	-0,14	-0,21	0,04	-0,03	0,01	0,14	-0,17	0,26	-0,06	-0,09	-0,02	0,16	-0,15	-0,04
Inferencia 2	-0,02	0,11	0,02	0,11	-0,07	-0,03	-0,03	-0,06	0,07	0,05	0,04	0,04	-0,03	-0,08	-0,04	0,12	0,09	0,11	-0,05	0,11	0,05
Inferencia 3	0,03	0,1	0,03	0,15	-0,08	-0,03	0,09	-0,08	-0,06	0	0,25	0,02	-0,07	-0,03	0,07	-0,07	-0,03	0,17	-0,07	0,04	0,06
Inferencia 4	0,04	0,11	-0,08	0,13	0,09	-0,07	0,02	-0,13	-0,11	0,05	0,12	0,04	-0,19	0,02	-0,11	-0,15	-0,01	0,12	-0,07	0,12	0,08
Inferencia 5	0,04	0,01	-0,16	0,03	-0,19	-0,18	0,11	-0,05	-0,02	-0,09	-0,06	0,02	-0,08	-0,11	0	-0,01	0,15	0	-0,13	0,16	0,08
Inferencia 6	0,13	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,2	0,07	-0,04	-0,02	-0,08	-0,34	0,09	-0,05	0,09	-0,01	-0,34	-0,02	-0,21	-0,02	0,07	0
Inferencia 7	-0,15	0,05	0,03	0,03	0,07	0,09	-0,08	-0,14	-0,07	0	0,01	-0,13	-0,11	-0,03	-0,09	0	-0,12	-0,04	-0,03	-0,11	-0,05
Comparación 1	-0,11	-0,17	0,07	-0,2	0,08	0,23	0,03	-0,15	-0,21	-0,1	-0,02	-0,02	0,09	0,07	-0,08	0,17	0,08	-0,2	-0,01	0,03	0,03
Comparación 2	0,02	0,14	-0,07	0,17	0,02	-0,02	0,03	-0,15	-0,13	0,09	0,13	0,19	-0,17	0,07	-0,04	0,06	0,08	0,13	-0,13	0,17	0,09
Comparación 3	0,09	0,03	-0,11	0,04	-0,13	-0,17	-0,11	0,06	0,12	0,08	0,05	0,13	-0,02	-0,05	-0,17	0,05	0,2	0,2	-0,05	0,15	0,02
Comparación 4	-0,04	-0,06	-0,03	-0,07	0,06	0,07	-0,15	0	-0,02	-0,21	0,04	0,05	0	-0,19	-0,06	0,19	0,16	0,11	0,05	0,09	0,08
Comparación 5	-0,05	-0,26	0,09	-0,19	0,22	0,11	0,03	-0,03	-0,01	0,01	-0,03	-0,13	-0,07	0,18	-0,14	0	-0,11	-0,2	0,04	0,01	0,06
Mecanismos 1	0,35	0,2	-0,06	0,12	0,06	-0,03	-0,24	0,05	0,11	0,12	-0,07	0,09	-0,03	-0,22	-0,08	0,05	0,23	0,09	-0,01	-0,09	-0,09
Mecanismos 2	0,13	0,05	-0,08	0,05	-0,01	-0,27	-0,09	0,13	-0,01	-0,01	-0,06	0,03	0,03	0,01	-0,11	0,06	-0,05	-0,09	0,11	0,1	0,1
Razonamiento lógico 1	0,15	0,03	-0,07	0,03	-0,14	-0,09	0,08	-0,06	-0,04	0,05	-0,04	0,07	-0,01	-0,01	-0,11	-0,06	0,06	-0,01	0,03	0,06	-0,03
Razonamiento lógico 2	0,11	0,07	-0,04	0,06	0,19	-0,05	-0,09	-0,17	-0,13	-0,02	0,08	0,1	-0,1	0,11	-0,05	-0,08	-0,06	0,02	-0,09	0,11	0,17
Razonamiento lógico 3	0,18	0,04	-0,09	0,01	0,05	0	0,06	0	0,01	-0,1	-0,04	-0,05	-0,07	0,07	-0,14	-0,16	-0,13	-0,07	-0,05	0,11	0,07
Suma	1,03	0,47	-0,55	0,52	0,43	-0,75	-0,31	-0,06	-0,73	-0,3	0,03	0,65	-0,8	-0,08	-0,9	-0,33	0,26	0,29	-0,42	1,06	0,68

Figura 5.2: Extracto de matriz de correlación respecto a preguntas del test

Una primera inspección permite apreciar que las variables referidas a género y cantidad de veces que se ha participado en los talleres de *EFK* son las con mayor factor de correlación positiva en relación a las preguntas del test, lo cual se explica al tener el mayor valor absoluto de los factores con signo positivo (visiblemente las de color verde más intenso). En específico, y considerando la estructura de las variables (0 si es hombre y 1 si es mujer), ser mujer está positivamente correlacionado a tener un mejor puntaje en las preguntas del test (en 13 de 17 preguntas), donde destaca la primera pregunta del eje de Mecanismos con un factor de 0,35 (factor con mayor valor absoluto de toda la matriz). Con respecto a la variable de participación, un mayor número de participaciones en talleres virtuales está correlacionado positivamente en tener un mejor un puntaje en las preguntas (14 de 17 preguntas), donde la segunda pregunta con mayor valor absoluto es la segunda pregunta del eje Comparación. Otras variables que destacan en su suma ponderada son las relacionadas al formato de videojuegos, donde en la suma ponderada de correlaciones con las preguntas se aprecia un aumento desde jugar acompañado con conexión a internet (-0,9), acompañado sin conexión a internet (-0,33) hasta solo sin conexión a internet (0,26).

Por el lado de las correlaciones negativas, se destacan las variables relacionadas al rendimiento académico en la asignatura de lenguaje junto con el nivel de videojuego acompañado con conexión a internet como las dos con mayor repercusión. Sorprende que el factor de correlación negativo con mayor valor absoluto se encuentre en la variable relacionada a la cantidad de libros leídos por un alumno en relación a la sexta pregunta del eje Inferencia, con un factor de -0,34, pudiendo interpretarse que a mayor cantidad de libros leídos por el alumno menor puntaje obtendría en esa pregunta. Variables interesantes para futuras discusiones son las referidas a nivel educacional del padre y horas semanales dedicadas a videojuegos, ambas con sumas ponderadas de sus factores con signo negativo (-0,75 y -0,8, respectivamente). Esto se puede traducir que a mayor nivel educacional del padre, los alumnos en promedio obtendrían menores puntajes en la evaluación, efecto similar que produciría una mayor cantidad de horas semanales dedicadas a videojuegos.

A continuación, se vuelve a realizar otra matriz de correlación con las mismas 21 variables de antecedentes de los participantes, sólo que esta vez se incorporan 5 variables calculadas a partir de lo disponible en la base de datos: 4 variables con el porcentaje de rendimiento de cada uno de los 4 ejes de preguntas y 1 variable que representa el porcentaje de rendimiento total del test. En la Figura 5.3 se presentan las correlaciones obtenidas bajo el mismo procedimiento de la matriz anteriormente expuesta⁴.

⁴ En el Anexo F.3 se expone el procedimiento de cálculo junto con la matriz resultante en su totalidad.

Eje	Género	Edad	Colegio	Curso	Educación madre	Educación padre	Conexión a Internet	Rendimiento Lenguaje	Rendimiento Matemática	Participación en robótica	Cantidad de libros	Tiene celular y/o computador	Horas semanales de videojuegos	Tipos de videojuegos	Juega acompañado online	Juega acompañado offline	Juega solo offline	Participación previa en EFK	Mes de participación	Cantidad de veces participadas	Pertenece a grupo control
Inferencia	0,05	0,14	-0,04	0,18	0,01	-0,17	-0,04	-0,32	-0,36	0,02	0,01	0,03	-0,11	-0,33	0,06	-0,11	-0,04	0,05	-0,04	0,05	0,05
Comparación	0	-0,12	-0,02	-0,09	0,08	0,07	-0,07	-0,08	-0,07	-0,05	0,06	0,08	-0,06	0,02	-0,18	0,17	0,14	0,02	-0,03	0,16	0,1
Mecanismos	0,31	0,16	-0,09	0,11	0,03	-0,19	-0,21	0,11	0,07	-0,08	-0,08	0,34	-0,04	-0,02	-0,12	-0,12	0,07	0,11	0	0,06	0,01
Razonamiento lógico	0,2	0,07	-0,09	0,06	0,09	-0,07	-0,01	-0,13	-0,09	-0,03	0,02	0,07	-0,11	0,09	-0,13	-0,06	-0,02	-0,06	0,13	0,12	0,13
Total test	0,18	0,09	-0,08	0,08	0,08	-0,12	-0,09	-0,14	-0,11	-0,05	0,02	0,12	-0,12	-0,02	-0,14	-0,04	0,06	0,06	-0,05	0,16	0,13
Suma	0,74	0,33	-0,32	0,34	0,29	-0,48	-0,34	-0,44	-0,36	-0,19	0,03	0,44	-0,42	-0,05	-0,51	-0,23	0,17	0,22	-0,18	0,56	0,39

Figura 5.3: Extracto de matriz de correlación respecto a ejes del test

De forma similar a lo realizado con la matriz anterior, se aprecia que nuevamente destacan las correlaciones positivas que tienen las variables género y cantidad de participaciones en talleres virtuales, destacando notoriamente la variable género con el eje Mecanismos con un factor de 0,31, pudiendo decir que las mujeres presentan una correlación mayor con mejores puntajes en el eje Mecanismos que los hombres. Observando las correlaciones de la variable referida al porcentaje de rendimiento global del test, existen 10 de las 21 variables presentes que cuentan con valores positivos de correlación. Es preponderante mencionar en este punto que las matrices de correlación permiten tener un primer acercamiento a cómo las variables se relacionan con los resultados del test, como por ejemplo los análisis de signos realizados para entender la orientación de la correlación, pero de ninguna forma pretenden aseverar la relevancia de una variable sobre las respuestas del instrumento de medición.

Cómo último análisis se procede a realizar un modelo de regresión lineal para intentar explicar las variables que influyen en los resultados obtenidos de la evaluación como también poder estimar la significancia de cada una sobre la variable dependiente. Como primer acercamiento se incorporan todas las variables obtenidas en las fases 1 y 2 como variables independientes y se realizan 5 modelos con preguntas distintas como variables dependientes. Los resultados entregados por el software *R* se detallan en la Tabla 5.2 en relación al coeficiente R^2 ⁵.

Tabla 5.2: Principales resultados de regresiones lineales en base a preguntas de la evaluación

Variable dependiente	R^2
Inferencia 1	0,69
Inferencia 6	0,52
Comparación 1	0,48
Mecanismos 1	0,65
Razonamiento lógico 2	0,48

A pesar de contar con valores de R^2 aceptables, no es menos importante considerar que la significancia de las variables incorporadas en los modelos no es del todo relevante. Sólo en el modelo asociado a la primera pregunta del eje Mecanismos se puede establecer un grado de efecto significativo sobre el resultado de la pregunta, relacionado a la variable de participación en la clase número 4 del taller. Esta información no presenta mayor relevancia si se entiende por si sola, por lo que hace falta mayor análisis para poder concluir algo al respecto.

⁵ En el Anexo G.1 se explicitan las instrucciones realizadas en el programa *R* para el cálculo de los modelos de regresión.

Luego se realiza el mismo procedimiento, pero a nivel de ejes de preguntas, reemplazando las 6 variables de preguntas utilizadas en los modelos anteriores por 4 relacionadas una a cada eje y una quinta asociada al rendimiento total del test⁶. Se presentan los coeficientes R^2 de estos 5 modelos en la Tabla 5.3⁷.

Tabla 5.3: Principales resultados de regresiones lineales en base a ejes de preguntas

Variable dependiente	R^2
Inferencia	0,39
Comparación	0,62
Mecanismos	0,63
Razonamiento lógico	0,58
Resultado total	0,55

En esta oportunidad los modelos arrojan significancias relevantes a mencionar. En el caso del eje de Comparación, destaca la significancia de la variable asociada al programa participado en la experiencia, la cual presenta un efecto positivo de coeficiente 0,13⁸. Esto se puede interpretar como sigue: un aumento en el nivel de complejidad del taller asistido aumenta el rendimiento en el eje Comparación de la evaluación de pensamiento crítico en un 13 %. Esto ocurre de forma similar con los ejes Mecanismos y Razonamiento lógico asociados a la variable género con un coeficiente de 0,48 y 0,26, respectivamente. Lo anterior se puede interpretar en que los puntajes obtenidos por mujeres son un 48 % mejores en las preguntas del eje de Mecanismos y un 26 % superiores en las preguntas del eje de Razonamiento lógico, ambos en comparación a los puntajes obtenidos por hombres. Posibles implicancias de estos resultados serán discutidas en el Capítulo 6.

5.2. Experiencia virtual STEM

Los resultados asociados a la experiencia educativa toman especial relevancia en el presente estudio, principalmente debido a que uno de los desafíos y objetivos planteados fuera el diseño e implementación de la instancia educativa. Al no haber experiencia previa en esta materia de parte de la empresa es necesario poder evaluar y medir la satisfacción de los participantes.

El cuarto instrumento de recolección de datos permite tener una noción clara y medible de la experiencia de los alumnos, entregada por los adultos responsables de cada uno y donde se contabilizan 62 respuestas. Respecto a la pregunta “¿Volvería a asistir a uno de nuestros talleres?”, el 97 % de las respuestas indican la alternativa “Sí” (60 de 62 respuestas), con el restante de respuestas indicando la alternativa “Tal vez” (la alternativa “No” no presenta

⁶ La justificación de dicho procedimiento se encuentra detallada en el Capítulo 4.4.

⁷ En el Anexo G.2 se explicitan las instrucciones realizadas en el programa R para el cálculo de los modelos de regresión.

⁸ Se incorpora en el Anexo H.3 una tabla con los valores arrojados por el modelo del eje de Comparación

respuestas).

Junto con las positivas respuestas referidas a una nueva participación en talleres virtuales STEM, se tiene que el máximo nivel de satisfacción (en una escala Likert de 5 niveles con 1 asociado a “Muy insatisfecho(a)” y 5 a “Muy satisfecho(a)”) en 5 de los 6 talleres alcanza como mínimo un 75 % de las preferencias por los encuestados⁹, según se detalla en la Figura 5.4.

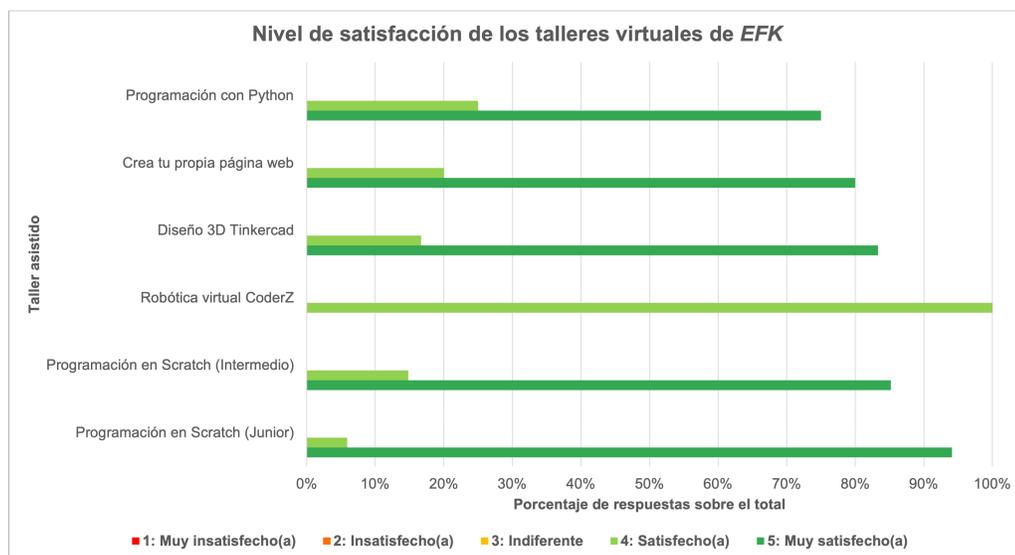


Figura 5.4: Distribución según nivel de satisfacción de los 6 talleres impartidos en el estudio.

Por último, del total de personas que respondieron la pregunta “¿Que es lo que más destaca del taller?”, el 65 % resaltó la labor del docente, un 29 % la metodología de las clases, un 19 % lo entretenido que fueron las clases y un 13 % los contenidos enseñados¹⁰.

⁹ Robótica virtual *CoderZ* es el único taller que no alcanza el nivel indicado ya que cuenta con una sola respuesta.

¹⁰ Una respuesta puede destacar más de un elemento presentado, por lo que los porcentajes en esta oportunidad se calculan en base a las respuestas totales obtenidas y no representan a la totalidad como conjunto.

Capítulo 6

Discusión

Como se ha mencionado a lo largo del presente estudio, la oportunidad de innovación, junto con abordar una problemática latente en el ámbito de educación en Chile, ha permitido guiar la investigación a aspectos poco explorados a la fecha. Recordando la pregunta de investigación inicialmente planteada: ¿Cuál es la relación entre la participación en un programa virtual de enseñanza STEM y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de enseñanza básica en Chile?, se puede decir que sí existe una correlación positiva asociada a participar del programa con el resultado de la evaluación del pensamiento crítico, sin embargo esta carece de evidencia estadística para ser catalogada como relevante referida al resultado global de la evaluación.

Un aspecto clave de la experiencia educativa realizada fue la adaptación y ejecución de todas las acciones a distancia, siendo un elemento preponderante a la hora de poder evaluar la experiencia de forma global. Las clases y actividades fueron creadas sin un respaldo académico y sin validación previa de ningún tipo, naciendo de la creatividad del alumno y la aprobación en base a la experiencia de las directoras de la sede en Chile de *Engineering for Kids*.

En relación a lo obtenido del desarrollo de pensamiento crítico en los alumnos participantes del estudio, se sacan importantes aspectos en limpio, pero como se mencionó anteriormente, queda pendiente una mayor consistencia de validación estadística de estos. Los valores alcanzados por el Alfa de Cronbach se acercan al nivel aceptable de confiabilidad, pero los posteriores análisis estadísticos relacionados a significancia de los aspectos estudiados mantienen el nivel de aceptación estadística del estudio más que elevarlo. Se destaca que no existieran preguntas ni alumnos que alcanzaran el puntaje máximo o mínimo, lo cual destaca el correcto nivel de dificultad del instrumento de medición.

Respecto al rendimiento de los grupos control y experimental, destaca a la vista la diferencia en el rendimiento total de la evaluación, donde en la Figura 5.1 se aprecia claramente una leve diferencia en sus resultados. Esto no es suficiente para aseverar que el factor de participación en los talleres virtuales STEM es lo que genere esa diferencia de rendimiento (sin ir más lejos en posteriores regresiones la variable de grupo no fue significativa en ningún caso), pero se puede establecer que a en los talleres de una dificultad superior, mayores fueron los rendimientos en la evaluación e incluso con significancia estadística para el eje Comparación. Este punto se vuelve aún más relevante al considerar que la variable edad

no fue significativa bajo las mismas circunstancias, dado que a los talleres más complejos asisten alumnos de mayor edad.

Sin duda destaca el efecto de la variable género en el rendimiento de la evaluación: los puntajes obtenidos por mujeres son mejores en las preguntas del eje de Mecanismos y de Razonamiento lógico, ambos en comparación a los puntajes obtenidos por hombres, lo cual se puede presumir que es independiente a los talleres virtuales STEM (más aún considerando que representan a casi un tercio de los participantes del presente estudio) pero que su resultado sin duda motiva a comentar. El año 2015 se realizó en Chile el Estudio de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS; Mullis et al., 2016), evaluando el desempeño de alumnos de cuarto y octavo básico en matemáticas y ciencias. Los resultados muestran que existe un nivel similar entre hombres y mujeres en el nivel cuarto básico (edad similar al presente estudio), pero que esto se dispara en octavo existiendo un notorio mayor rendimiento en hombres que en mujeres, siendo Chile el segundo país con mayor brecha de género del estudio. Los resultados presentados en el Capítulo 5 dan para considerar si acerca esta similitud de resultados sigue siendo así en los estudiantes de educación básica en Chile. Se debe entender que los y las participantes del estudio componen un segmento del total de estudiantes en Chile (especialmente considerando que el 91 % es de la Región Metropolitana, entre otras cosas), pero da pie para un mayor análisis y futuros estudios centrados en este punto.

En relación a la experiencia virtual STEM, los resultados solo muestran aspectos positivos respecto a su realización. La recepción de estos superó las expectativas en los primeros meses de realización (la demanda superó a la oferta de cupos disponibles para inscribirse) y los resultados de la encuesta de satisfacción demuestran la buena acogida de parte de alumnos y apoderados. En un año 2020 donde la educación se volcó a la virtualidad, los espacios STEM enfocados en el “aprender haciendo” se vieron obligados a reinventar su metodología y lo realizado en conjunto con *Engineering for Kids* sin duda es un aporte y marca un precedente para futuros desarrollos en la materia. Este tipo de talleres le ha permitido a la empresa abrir su horizonte de público objetivo, saliendo de alumnos pertenecientes al sector nororiente de Santiago (casi la totalidad de alumnos participantes hasta el año 2019) y habiendo llegado con esta instancia a alumnos conectados desde Viña del Mar a Puerto Montt, con un potencial de expansión muy grande aún. En esta instancia la tecnología ha disponibilizado y eliminado las barreras físicas para que alumnos todo Chile puedan participar de experiencias similares, donde la experiencia del presente estudio coincide con estudios mencionados en capítulos anteriores sobre los beneficios en la facilitación de información a quienes no pueden acceder a ella por limitaciones físicas de distancia y/o tiempo en formatos similares (Área & Adell, 2009).

Capítulo 7

Conclusión

El presente estudio de investigación permite destacar cuatro aspectos importantes a concluir sobre diferentes perspectivas.

En primer lugar, se puede determinar que en el estudio realizado no existe evidencia estadística para declarar que la participación en programas virtuales de enseñanza STEM fomenta de forma global el desarrollo del pensamiento crítico. Sin embargo, existen elementos relevantes a considerar tomando en cuenta que los grupos de estudio sí presentan diferencias en el rendimiento de la evaluación realizada, quedando a disposición de futuros estudios poder esclarecer posibles explicaciones a este fenómeno. Bajo este mismo punto, se destaca la correlación positiva que presenta la participación en el grupo experimental y la cantidad participaciones en la experiencia en general con el rendimiento individual en 13 de las 17 preguntas evaluadas.

Respecto al desarrollo del pensamiento crítico separado por los 4 ejes evaluados (Inferencia, Comparación, Mecanismos y Razonamiento lógico), se presenta significancia estadística para afirmar que la variable de género, asociada a ser mujer, influye positivamente en un mayor rendimiento en preguntas de los ejes de Mecanismos y Razonamiento lógico en un 48 % y 26 %, respectivamente. Esto también ocurre con la variable referida al taller asistido, asociado a una mayor dificultad en contenidos, que cuenta con significancia estadística de explicación de preguntas del eje Comparación con un impacto estimado en la variable rendimiento de 13 %.

La experiencia es catalogada como exitosa en términos de ideación e implementación, siendo continuamente solicitada por alumnos y apoderados durante todo el transcurso del año 2020. Los resultados de satisfacción de la experiencia avalan continuar expandiendo y perfeccionando la metodología de los talleres en su estructura, como también las clases que los componen, teniendo un potencial importante en términos educativos de alcance y referidos a la operación de la empresa misma.

Finalmente se reitera la oportunidad que entrega la presente investigación para futuros estudios en la materia. La posibilidad de análisis y de puntos a considerar en experiencias de esta índole es significativa, considerando aún más los posibles desarrollos tecnológicos venideros debido a la masificación de las herramientas de educación a distancia. El presente estudio deja de manifiesto variada evidencia de los beneficios de la educación STEM y

su relevancia para el futuro, pero que deben ser incorporados y fomentados en el sistema educacional chileno. La experiencia realizada demuestra un real interés, tanto en alumnos como en apoderados, aún en tiempos de adversidad, por lo que se invita a tomar esta investigación como un punto de partida en lo que se refiere a la educación STEM tanto presencial como remota.

Bibliografía

1. Adadan, E. & Savasci, F. (2012) An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument, *International Journal of Science Education*, 34(4):513-544. doi: [10.1080/09500693.2011.636](https://doi.org/10.1080/09500693.2011.636)
2. Agencia de Calidad de la Educación. (2018). Informe Técnico SIMCE 2015. URL <https://www.agenciaeducacion.cl/evaluaciones/que-es-el-simce/>
3. American Philosophical Association. (1990). Critical thinking: a statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. ERIC document ED 315-423.
4. Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. Documentos temáticos sobre educación de la OCDE, No. 41. OCDE.
5. Área, M. & Adell, J. (2009). E-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales. En J. de Pablos (Coord.), *La tecnología educativa en el siglo XXI*. Editorial Aljibe, Málaga.
6. Barry, M. (2012). What skills will you need to succeed in the future? Phoenix Forward. Universidad de Phoenix, Tempe, Arizona.
7. Batelle for Kids. (2019). Framework for 21st century learning. URL http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
8. Bellei, C. & Morawietz, L. (2016). Strong Content, Weak Tools. Twenty-First-Century Competencies in the Chilean Educational Reform. En: F. Reimers & C. Chung, ed., *Teaching and Learning for the Twenty-First Century*. *Harvard Education Press*.
9. Bybee, R. (2010). What Is STEM Education?. *Science*, 329 (5995), 996. doi: [10.1126/science.1194998](https://doi.org/10.1126/science.1194998)
10. Chou, S. W., & Liu, C. H. (2005). Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: A learner control perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21:65–76.
11. Christensen, R., Knezek, G., & Tyler-Wood, T. (2015). Alignment of hands-on STEM engagement activities with positive STEM dispositions in secondary school students. *Journal of Science Education and Technology*, 24:898–909.
12. Cortina, J. M. (1993). What Is Coefficient Alpha? An Examination of Theory and Applications. *Journal of Applied Psychology*, 78(1):98-104.

13. Dale, E. (1946). Audio-visual methods in teaching. The Dryden Press. Nueva York.
14. Dwyer, C., Hogan, M., & Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity*, 12, 43-52.
15. Eisinga, R., Grotenhuis, M., & Pelzer, P. (2013). The reliability of a two-item scale: Pearson, Cronbach or Spearman-Brown? *International Journal of Public Health*, 58(4):1-6.
16. Engineering for Kids (s.f.). Our Mission. URL <https://bit.ly/3mYf9So>
17. Ennis, R. H., & Millman, J. (1985). *Cornell critical thinking test, level X*. Midwest Publications, Pacific Grove, CA.
18. Griffiths, M. (2002). The educational benefits of videogaming. *Education and Health*, 20(3):47-51.
19. Halpern, D. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53(4):449 –455.
20. Keane, T., Keane, W., & Blieblau, A. (2016). Beyond traditional literacy: Learning and transformative practices using ICT. *Education and Information Technologies*, 21(4):769–781. doi: [10.1007/s10639-014-9353-5](https://doi.org/10.1007/s10639-014-9353-5)
21. Khalil, N. & Osman, K. (2017). STEM-21CS Module: Fostering 21st Century Skills through Integrated STEM. *K-12 STEM Education*, 3(3):225-233.
22. Kitchen, J. A., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2018). The impact of college-and university-run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3): 529–547.
23. Knezek G., Christensen R., Tyler-Wood T. & Periathiruvadi S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Sci Educ Int*. 24(1):98–123.
24. Ku, K. Y. L., & Ho, I. T. (2010). Metacognitive strategies that enhance critical thinking. *Metacognition and Learning*, 5, 251–267.
25. López F. (2017). Diseño de un test interactivo para medir el nivel de pensamiento crítico en el área del razonamiento lógico-matemático para niños de 9 a 12 años. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
26. Meller, P. (2016). *Una introducción a las habilidades escolares del siglo 21*. Cieplan, Santiago de Chile.
27. Meller, P. (2018). *Claves para la educación del futuro: Creatividad y pensamiento crítico*. Catalonia, Santiago de Chile.
28. Molenda, M. (2003). Cone of Experience. En: Kovalchick, A. *Education and technology*, A-I: 161-165.

29. Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). TIMSS 2015 International Results in Mathematics. URL <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
30. OCDE. (2019). Chile – Country Note – PISA 2018 Results.
31. OCDE. (2019). PISA 2018: Insights and interpretations. URL <https://www.oecd.org/pisa/PISA%202018%20Insights%20and%20Interpretations%20FINAL%20PDF.pdf>
32. Ossa, C., Palma, M., Lagos, N., Quintana, I. & Díaz, C. (2016). Análisis de instrumentos de medición del pensamiento crítico. *Ciencias Psicológicas*, 11(1):19-28.
33. Piccoli, G., Ahmad, R., & Ives, B. (2001). Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training. *MIS Quarterly*, 25:401-426.
34. Pimthong, P. & Williams, J. (2018). Preservice teachers' understanding of STEM education. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 1-7.
35. Ruddick, K. W. (2012). Improving Chemical Education from High School, College Using a More Hands-on Approach. University of Memphis. UMI ProQuest LLC.
36. Scott, L. (2015). El futuro del aprendizaje 2: ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI?. Investigación y prospectiva en educación: Documentos de trabajo. UNESCO.
37. Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's Alpha. *Psychometrika*, 74(1): 107-120. doi: [10.1007/S11336-008-9101-0](https://doi.org/10.1007/S11336-008-9101-0)
38. Taber, L. (2017). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Res Sci Educ*, 48:1273–1296. doi: [10.1007/s11165-016-9602-2](https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2)
39. Trilling, B. & Fadel, B. (2009). *21st Century Skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass, San Francisco, CA.
40. Udaya, S. K. & Vamsi, K. T. V. (2014), E-Learning : Technological Development in Teaching for school kids. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6124–6126.
41. Vaske, J., Beaman, J. & Sponarski, C. (2017), Rethinking Internal Consistency in Cronbach's Alpha. *Leisure Sciences*, 32(2):163-173. doi: [10.1080/01490400.2015.1127189](https://doi.org/10.1080/01490400.2015.1127189)
42. Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34:229–243.
43. Waddell, B. (2019). Influence of STEM Lessons on Critical Thinking. Tesis de Magíster en Artes Educativas. Universidad de Nebraska, Lincoln.
44. Wan Husin, W., Mohamad Arsad, N., Othman, O., Halim, L., Rasul, M., Osman, K. & Iksan, Z. (2016). Fostering students' 21st century skills through Project Oriented Problem Based Learning (POPBL) in integrated STEM education program. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 17(1), 3.

45. Wang, Z., Porter, A.L., Wang, X., & Carley, S. (2018). An Approach to Identify Emergent Topics of Technological Convergence: A case study for 3D printing. *Technological Forecasting and Social Change*, 146:723-732. doi: [10.1016/j.techfore.2018.12.015](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.015)
46. Widya, R. & Rahmi, Y. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: a literature review. *Journal of Physics: Conf. Series* 1317. doi: [10.1088/1742-6596/1317/1/012208](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208)
47. Zeluff, J. (2011). Hands-on Learning and Problem Based Learning are Critical Methods in Aiding Student Understanding of Alternative Energy Concepts. Tesis de Magíster en Ciencias. Michigan State University, Michigan. UMI ProQuest LLC

Anexo A

Rendimiento de Chile en la evaluación PISA 2018

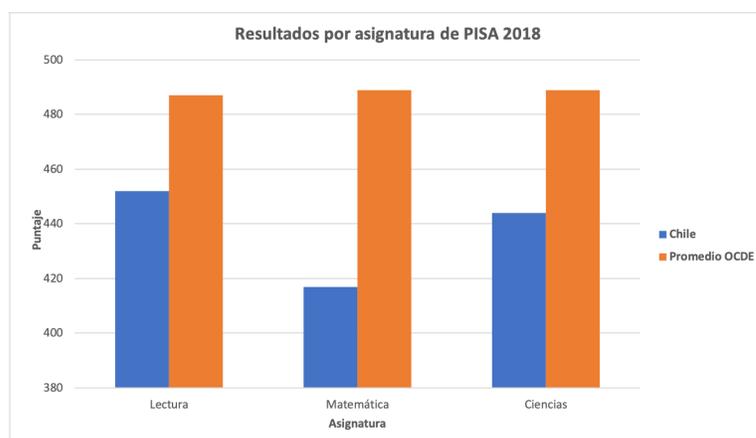


Figura A.1: Resultados por asignatura de Chile y el promedio OCDE en la prueba PISA 2018

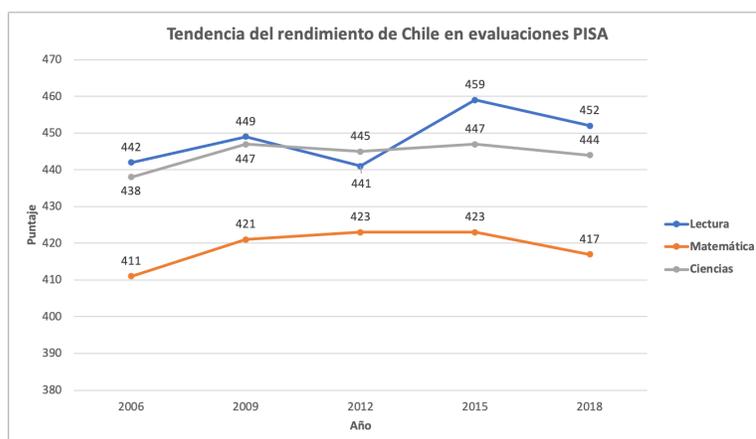


Figura A.2: Resultados de Chile en evaluaciones PISA desde 2006 a 2018

Fuente: Base de Datos Resultados PISA 2018, OCDE.

Anexo B

Crecimiento del lenguaje *Scratch* desde 2007 a 2020

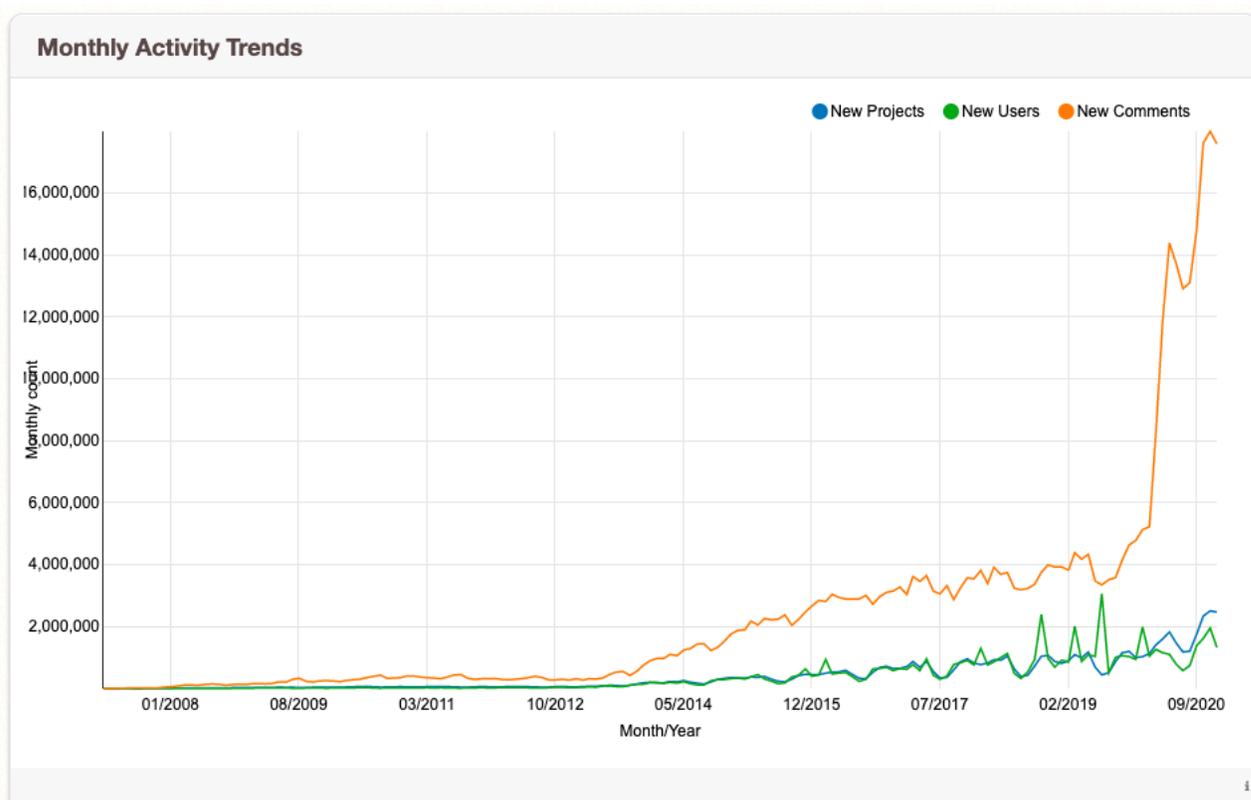


Figura B.1: Nuevos proyectos, usuarios y comentarios en *Scratch* desde 2007 a 2020

Fuente: Estadísticas entregadas por Scratch. <https://scratch.mit.edu/statistics/>

Anexo C

Formulario de inscripción a los talleres virtuales

C.1. Consentimiento de participación en el estudio



Clases Remotas Oct 2020 EFK

Los programas virtuales de EFK serán parte de un proyecto de tesis realizado por Agustín Villarroel, uno de nuestros profesores de EFK quien cursa el último año de Ingeniería Civil en la Universidad de Chile. Esta tesis busca medir el impacto de los cursos realizados por EFK en el desarrollo del pensamiento crítico de los alumnos y alumnas. El proyecto usará la información recolectada a través del

- 1) Cuestionario de inscripción a las actividades, llenado por los padres
- 2) Los resultados de un breve test que se realizará en la primera clase de la unidad a cada alumno y alumna. Este test está diseñado especialmente para medir el pensamiento crítico en niños, y ha sido probado y utilizado en estudios similares en Chile.

Toda la información utilizada en el proyecto de tesis es de carácter confidencial y será utilizada sólo para fines académicos. No se divulgará ningún tipo de información respecto a los participantes de manera particular, ni datos que permitan inferir la identidad de sus hijos e hijas. La participación es completamente voluntaria, y pueden solicitar retirarse del estudio en cualquier momento. Si tiene consultas o inquietudes sobre este proyecto, puede escribirle directamente a Agustín al agustin.villarroel@ing.uchile.cl, teléfono +569 9280 1016 o a su profesor guía Dr. Sergio Celis, Profesor Asistente, Escuela de Ingeniería y Ciencias, FCFM, de la Universidad de Chile, a scelis@uchile.cl

***Obligatorio**

¿Autoriza usted a que su hijo(a) participe del estudio antes descrito? *

Sí, acepto participar del estudio

No, prefiero no participar

Siguiente

Figura C.1: Declaración de autorización para participar del estudio de investigación

C.2. Información personal requerida por *EFK*



Clases Remotas Oct 2020 EFK
*Obligatorio

Datos Personales

Nombre alumno(a) *
Tu respuesta _____

Género
Elige _____

Edad *
Tu respuesta _____

Colegio
Tu respuesta _____

Curso *
Elige _____

Programa en el que participará:
 Crea tu página web (10 años y más)
 Programación con Python (10 años y más)

Comuna de residencia *
Tu respuesta _____

Nombre de la persona a cargo del niño *
Tu respuesta _____

Teléfono de contacto *
Tu respuesta _____

Correo electrónico de contacto *
Tu respuesta _____

En caso de problemas serios de disciplina, EFK se reserva el derecho de suspender inmediatamente a un niño/a a través de una notificación por correo electrónico. *
 Acepto

Todos los formularios requeridos se completarán y presentarán antes del inicio de la sesión. *
 Acepto

[Atrás](#) [Siguinte](#)

Figura C.2: Preguntas de inscripción en el taller

C.3. Preguntas participantes del estudio



Clases Remotas Oct 2020 EFK

Contexto hogar

Indique el nivel educacional más alto alcanzado por la madre

- Enseñanza básica
- Enseñanza media
- Educación superior
- Postgrado

Indique el nivel educacional más alto alcanzado por el padre

- Enseñanza básica
- Enseñanza media
- Educación superior
- Postgrado

¿Cuál es el tipo de conexión a internet del hogar?

- Banda ancha fija [ADSL / cable modem / fibra óptica]
- Banda ancha móvil [BAM]
- Internet móvil con plan o bolsa de gigas/megas de un teléfono móvil [Smartphone]
- Conexión satelital
- No sabe el tipo de conexión

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

Figura C.3: Preguntas del contexto hogar



Clases Remotas Oct 2020 EFK

Contexto del alumno

Indique el rango donde se encuentra el rendimiento del alumno en las siguientes asignaturas (correspondiente al año 2019)

	Menor a 4.0	Entre 4.1 y 5.0	Entre 5.1 y 6.0	Entre 6.1 y 7.0
Lenguaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Matemática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿El alumno ha participado alguna vez en cursos de robótica o programación?

Sí, una vez
 Sí, más de una vez
 No, nunca

¿Cuál es la principal razón o motivación para participar de este curso de Engineering for Kids?

Tu respuesta _____

¿Cuántos libros (sin considerar los asignados por el colegio) leyó el alumno el año pasado?

Entre 1 y 3
 Entre 4 y 6
 Entre 7 y 9
 10 o más
 Ninguno

¿El alumno cuenta con celular y/o computador propio?

Sí, con ambos
 Sí, sólo con celular
 Sí, sólo con computador
 No cuenta con ninguno propio

Aproximadamente, ¿Cuántas horas dedicó el alumno a sesiones de videojuego la semana pasada?

Entre 0 y 3
 Entre 4 y 6
 Entre 7 y 9
 Entre 10 y 12
 12 o más

¿A cuál tipo de videojuego el alumno le dedicó más tiempo el último mes?

Plataformas (ej. Mario Bros, Crash Bandicoot, Donkey Kong)
 Simulación (ej. Minecraft, Roblox, Los Sims)
 Aventura (ej. Fortnite, Grand Theft Auto, The Legend of Zelda)
 Deportes y carreras (ej. FIFA, Mario Kart, NBA)
 Juegos casuales (ej. Angry Birds, Clash of Clans, Candy Crush)
 Otro: _____

Indique qué tan frecuentes fueron las siguientes situaciones relacionadas a los videojuegos el año pasado

	Nunca	Casi nunca	En ocasiones	Con frecuencia	Casi siempre	Siempre
El alumno juega con otras personas conectado a internet	<input type="radio"/>					
El alumno juega acompañado sin conexión a internet	<input type="radio"/>					
El alumno juega solo sin conexión a internet	<input type="radio"/>					

Comentarios

Tu respuesta _____

Figura C.4: Preguntas del contexto alumno y experiencias previas

Anexo D

Formulario de satisfacción de los talleres virtuales



Experiencia clases remotas EFK

*Obligatorio

Taller asistido por su hijo(a) *

Elige

Indique el nivel de satisfacción con el taller en general

1 2 3 4 5

Muy insatisfecho(a) Muy satisfecho(a)

¿Qué es lo que más destaca del taller?

Tu respuesta

¿Volvería a asistir a uno de nuestros talleres?

Sí

No

Tal vez

Comentarios

Tu respuesta

Enviar

Figura D.1: Cuestionario de satisfacción de los talleres virtuales de *EFK*

Anexo E

Resultados por pregunta del test de medición de pensamiento crítico

Tabla E.1: Rendimiento por pregunta del test de medición de pensamiento crítico en orden descendente

Pregunta	Porcentaje de rendimiento
Razonamiento lógico 3	92 %
Razonamiento lógico 1	91 %
Inferencia 6	90 %
Inferencia 2	88 %
Inferencia 5	84 %
Inferencia 3	83 %
Inferencia 4	81 %
Comparación 2	81 %
Comparación 1	79 %
Mecanismos 2	64 %
Razonamiento lógico 2	61 %
Comparación 4	60 %
Inferencia 1	54 %
Mecanismos 1	54 %
Comparación 3	53 %
Comparación 5	42 %
Inferencia 7	12 %

Anexo F

Cálculo de matrices de correlación

F.1. Comandos utilizados en programa estadístico *R*

Código F.1: Cálculo de matrices de correlación en programa estadístico *R*

```
1  #Regresión x pregunta
2  library(readxl)
3  library(xlsx)
4  bd = read_excel("Desktop/FINAL BD.xlsx")
5
6  # Con preguntas
7  bd2 <- bd[-c(6:7,25:31,49:53)]
8  ConPreguntas <- na.omit(bd2)
9  matriz <- round(cor(ConPreguntas),2)
10
11 write.csv(matriz, "test.csv")
12 det(matriz)
13
14 # Con ejes
15 bd3 <- bd[-c(6:7,25:48)]
16 ConEjes <- na.omit(bd3)
17 matriz2 <- round(cor(ConEjes),2)
18
19 write.csv(matriz2, "test.csv")
20 det(matriz)
21
```


F.3. Matriz de correlación completa respecto a ejes del test

genero	edad	collegio	curso	educacion_f	educacion_f_internet	rend_lang	rend_mat	part_robotic	libros	celular_com	hora_video	tipo_video	acomp_onlin	acomp_solo	offlin	part_eff	mes	veces_part	grupo_contr	questions	weight	mechanism	fin_the_ode	total_test	
0.02	0.02	0.02	-0.04	0.08	-0.13	-0.24	0.13	0.07	0.11	-0.22	0.1	-0.1	0.04	-0.14	-0.02	0.07	0	-0.04	0.1	0.01	0.05	0	0.31	0.2	0.18
-0.04	0.87	-0.12	-0.07	-0.06	-0.05	-0.09	0.15	0	0.46	0.13	-0.22	0.35	0	0.88	0.63	0.08	0.88	-0.19	-0.22	0.14	0.04	-0.12	0.16	0.07	0.08
-0.04	-0.25	1	-0.06	0.25	-0.12	-0.08	-0.07	0.03	0.17	-0.2	-0.03	0.07	-0.24	0.23	0.09	-0.13	-0.04	0.05	0.07	-0.04	-0.04	-0.02	-0.09	-0.09	-0.08
0.08	0.08	-0.06	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
-0.13	-0.12	0.25	-0.12	-0.12	0.39	-0.25	-0.08	-0.02	0.11	0.09	-0.29	0.36	-0.29	-0.06	-0.09	-0.05	0.04	-0.02	0.06	0.01	0.08	0.03	0.09	0.08	0.08
-0.24	-0.07	0.28	-0.17	0.39	1	-0.09	-0.02	-0.08	0.04	0.18	-0.12	0.12	0.14	0.15	0.02	0.04	0.32	-0.19	-0.22	-0.06	-0.17	0.07	-0.19	-0.07	-0.12
0.13	-0.06	-0.12	-0.06	-0.25	-0.09	1	0.11	0	0.14	-0.07	-0.05	0	0.13	0.05	0.13	-0.08	-0.14	0.04	-0.11	-0.09	0.04	-0.07	-0.21	-0.01	-0.09
0.11	-0.05	-0.08	-0.1	-0.08	-0.02	0.11	1	0.66	0.21	-0.02	-0.24	0.06	-0.07	0.1	0.2	0.06	0.06	0.11	0	-0.11	-0.2	-0.08	0.11	-0.13	-0.14
0.07	-0.09	-0.07	-0.1	-0.02	-0.08	0	0.66	1	0.09	-0.01	-0.22	0.12	-0.12	-0.06	0.16	0.13	0.04	-0.01	0.06	0	-0.16	-0.07	0.07	-0.09	-0.11
-0.1	0.15	0.03	0.16	0.11	0.04	0.14	0.21	0.09	1	0.04	0.08	-0.1	0.18	0.07	-0.13	-0.05	0.15	0.07	-0.05	-0.12	0.02	-0.05	-0.08	-0.03	-0.05
-0.22	0	0.17	0.1	0.09	0.18	-0.07	-0.02	-0.01	0.04	1	-0.21	-0.12	0.03	-0.11	0.05	0	0.1	-0.19	0.19	0.01	0.06	-0.08	0.02	0.02	0.02
0.1	0.46	-0.2	0.43	-0.29	-0.08	-0.05	-0.24	-0.22	0.08	-0.21	1	0.26	-0.38	0.17	-0.04	0.14	0.32	0.1	-0.07	-0.1	0.03	0.08	0.14	0.07	0.12
-0.1	0.13	-0.03	0.17	-0.13	-0.12	0	0.06	0.12	0.1	-0.12	0.26	1	-0.44	0.37	0.17	0.13	0.12	0.09	-0.11	-0.09	-0.11	-0.06	-0.04	-0.1	-0.12
0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
-0.14	0.35	-0.24	0.36	-0.29	-0.14	0.05	-0.1	-0.02	0.07	-0.31	0.4	-0.4	-0.51	-0.15	-0.15	-0.15	0.15	-0.08	-0.1	-0.06	-0.1	-0.12	-0.13	-0.14	
-0.02	0	0.25	0.04	-0.06	0.15	0.13	0.2	0.16	-0.13	0.05	-0.04	0.17	-0.15	-0.16	1	0.42	0.02	0.02	-0.08	-0.11	0.17	-0.12	-0.13	-0.04	
0.07	0.08	0.09	0.02	-0.08	0.06	0.13	0.05	0	0.14	0.13	-0.1	-0.2	0.42	1	0.14	0.21	-0.14	-0.28	-0.04	0.14	0.07	-0.06	0.06	0.06	
-0.04	0.63	-0.13	0.57	-0.05	0.04	-0.14	0.06	0.13	0.15	0.1	0.32	0.12	-0.18	0.17	0.02	0.14	1	0.33	-0.22	-0.4	0.05	0.02	0.11	-0.02	0.06
0.1	-0.19	0.05	-0.05	-0.02	-0.19	-0.11	0	0.06	-0.05	-0.19	0.1	0.09	0.1	0.03	0.01	0.21	0.33	1	-0.78	-0.84	-0.04	-0.03	0	-0.06	-0.05
0.01	-0.22	0.07	-0.09	0.06	-0.22	-0.09	-0.11	0	-0.12	0.19	-0.1	-0.09	-0.1	-0.1	-0.08	-0.28	-0.4	-0.84	1	0.8	0.05	0.16	0.06	0.13	0.16
0.05	0.14	-0.04	0.18	0.01	-0.17	0.04	-0.2	-0.16	0.02	0.01	0.03	-0.1	-0.12	0.06	-0.11	-0.04	0.05	0.05	1	0.05	0.1	0.01	0.02	0.12	0.11
0	-0.12	-0.02	-0.09	0.08	0.07	-0.07	-0.07	-0.05	0.08	-0.06	0.08	-0.06	0.02	-0.18	0.17	0.14	0.02	-0.03	1	0.19	1	0.08	0.18	0.68	0.68
0.31	0.16	0.09	0.1	0.03	0.19	-0.11	0.11	0.07	-0.08	0.14	-0.04	-0.02	0.12	0.12	0.02	0.11	0.11	0.05	0.01	0.2	0.08	0.31	0.39	0.55	
0.12	0.07	-0.05	-0.05	0.14	-0.08	-0.14	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
0.18	0.08	-0.08	0.08	0.08	-0.12	-0.09	-0.14	-0.11	-0.05	0.02	0.12	-0.12	-0.14	-0.04	0.06	0.06	-0.05	-0.05	0.16	0.11	0.68	0.55	0.6	0.6	

Figura F.2: Matriz de correlación completa respecto a ejes del test

Anexo G

Cálculo de modelos de regresión lineal en *R*

G.1. Comandos utilizados para modelos de regresión en base a preguntas de la evaluación

Código G.1: Modelos de regresión en base a preguntas

```
1 #Regresión x pregunta
2 library(readxl)
3 bd = read_excel("Desktop/FINAL BD.xlsx")
4
5 bdreg_quest1 = bd[-c(32:35,37:53)]
6 reg_quest1 = lm(Questions_1 ~ ., data = bdreg_quest1)
7 summary(reg_quest1)
8
9 bdreg_quest6 = bd[-c(32:41,43:53)]
10 reg_quest6 = lm(Questions_6 ~ ., data = bdreg_quest6)
11 summary(reg_quest6)
12
13 bdreg_weight1 = bd[-c(32:39,41:53)]
14 reg_weight1 = lm(DWeight_1 ~ ., data = bdreg_weight1)
15 summary(reg_weight1)
16
17 bdreg_mec1 = bd[-c(32:34,36:53)]
18 reg_mec1 = lm(Mechanism_1 ~ ., data = bdreg_mec1)
19 summary(reg_mec1)
20
21 bdreg_odd2 = bd[-c(32,34:53)]
22 reg_odd2 = lm(FindTheOdd_2 ~ ., data = bdreg_odd2)
23 summary(reg_odd2)
```

G.2. Comandos utilizados para modelos de regresión en base a ejes de preguntas

Código G.2: Modelos de regresión en base a preguntas

```
1 #Regresión x eje
2 library(readxl)
3 bd = read_excel("Desktop/FINAL BD.xlsx")
4
5 bdreg_total = bd[-c(32:52)]
6 regresion_tot = lm(total_test ~ . , data = bdreg_total)
7 summary(regresion_tot)
8
9 bdreg_inferencia = bd[-c(32:48,50:53)]
10 regresion_inf = lm(questions ~ . , data = bdreg_inferencia)
11 summary(regresion_inf)
12
13 bdreg_comp = bd[-c(32:49,51:53)]
14 regresion_comp = lm(weight ~ . , data = bdreg_comp)
15 summary(regresion_comp)
16
17 bdreg_meca = bd[-c(32:50,52:53)]
18 regresion_meca = lm(mechanism ~ . , data = bdreg_meca)
19 summary(regresion_meca)
20
21 bdreg_razo = bd[-c(32:51,53)]
22 regresion_razo = lm(fin_the_odd ~ . , data = bdreg_razo)
23 summary(regresion_razo)
24
```

Anexo H

Resultados de los modelos de regresión en base a ejes de preguntas

H.1. Variables incorporadas en los modelos de regresión

1. **ID:** Identificador del alumno.
2. **Género:** Edad del alumno al momento de la inscripción.
3. **Colegio:** Tipo de colegio al que asiste.
4. **Curso:** Curso al que asiste el alumno al momento de la inscripción.
5. **Sector de la RM:** Sector de la RM donde reside (en caso de tener residencia dentro de la RM).
6. **Educación de la madre:** Nivel educacional más alto alcanzado por la madre.
7. **Educación del padre:** Nivel educacional más alto alcanzado por el padre.
8. **Conexión a internet:** Tipo de conexión a internet del hogar.
9. **Rend. en Lenguaje:** Rango dentro del cual se encuentra el rendimiento en la asignatura de Lenguaje durante el 2019.
10. **Rend. en Matemática:** Rango dentro del cual se encuentra el rendimiento en la asignatura de Matemática durante el 2019.
11. **Part. previa en Robótica:** Indicador de participaciones en previas en cursos de Robótica.
12. **Cant. libros al mes:** Cantidad de libros leídos durante el 2019.
13. **Uso de tecnología:** Indicador si el alumno cuenta con celular y/o computador propio.
14. **Horas de videojuegos:** Cantidad de horas dedicadas a sesiones de videojuegos la semana anterior.

15. **Tipos de videojuegos:** Tipo de videojuego más frecuentado por el alumno durante el último mes.
16. **Acompañado online:** Frecuencia de videojuegos acompañado online durante el año 2019.
17. **Acompañado offline:** Frecuencia de videojuegos acompañado offline durante el año 2019.
18. **Solo offline:** Frecuencia de videojuegos solo offline durante el año 2019.
19. **Taller asistido:** Taller al que asiste el alumno.
20. **Mes inscrito:** Mes en el que es inscrito el alumno.
21. **Part. previas:** Cantidad de talleres asistidos a la fecha de inscripción
22. **Asistencia total:** Porcentaje de asistencia a las clases del taller.

H.2. Resultados modelo en base a eje Inferencia

Tabla H.1: Resultados obtenidos en el modelo de regresión lineal en base a eje Inferencia

Variable	Coficiente	Error es- tándar	Estadístico t	Pr(> t)
Intercepto	0,73	1,68	0,43	0,67
ID	-0,01	0,01	-1,44	0,17
Género	0,08	0,11	0,76	0,46
Edad	0,05	0,12	0,39	0,70
Colegio	0,04	0,13	0,31	0,78
Curso	-0,06	0,12	-0,50	0,63
Sector de la RM	0,04	0,11	0,36	0,72
Educación de la madre	0,06	0,15	0,43	0,67
Educación del padre	-0,13	0,09	-1,34	0,20
Conexión a internet	0,01	0,16	0,05	0,96
Rend. en Lenguaje	-0,13	0,18	-0,72	0,48
Rend. en Matemática	0,05	0,18	0,26	0,80
Part. previa Robótica	-0,01	0,08	-0,18	0,86
Cant. de libros al mes	0,02	0,05	0,40	0,70
Uso de tecnología	0,01	0,07	0,22	0,83
Horas de videojuegos	-0,07	0,04	-1,60	0,13
Tipos de videojuegos	-0,02	0,04	-0,52	0,61
Acompañado online	0,01	0,04	0,37	0,71
Acompañado offline	0,01	0,03	0,15	0,88
Solo offline	0,12	0,05	0,25	0,81
Taller asistido	0,01	0,05	0,01	0,99
Mes inscrito	0,26	0,18	1,44	0,17
Part. previas	0,19	0,13	1,46	0,16
Asistencia total	-0,27	0,41	-0,66	0,52

H.3. Resultados modelo en base a eje Comparación

Tabla H.2: Resultados obtenidos en el modelo de regresión lineal en base a eje Comparación

Variable	Coficiente	Error es- tándar	Estadístico t	Pr(> t)
Intercepto	2,00	1,92	1,05	0,31
ID	0,01	0,01	0,39	0,70
Género	0,09	0,12	0,69	0,50
Edad	-0,14	0,14	-1,02	0,32
Colegio	-0,08	0,15	-0,52	0,61
Curso	0,03	0,13	0,26	0,80
Sector de la RM	-0,04	0,12	-0,30	0,77
Educación de la madre	-0,02	0,17	-0,13	0,90
Educación del padre	-0,03	0,11	-0,24	0,81
Conexión a internet	0,16	0,19	0,88	0,39
Rend. en Lenguaje	-0,01	0,21	-0,01	1,00
Rend. en Matemática	-0,09	0,21	-0,42	0,68
Part. previa Robótica	0,04	0,09	0,45	0,66
Cant. de libros al mes	-0,02	0,06	-0,26	0,80
Uso de tecnología	0,06	0,07	0,87	0,40
Horas de videojuegos	-0,02	0,05	-0,37	0,72
Tipos de videojuegos	0,05	0,04	1,27	0,22
Acompañado online	0,01	0,04	0,23	0,82
Acompañado offline	0,06	0,04	1,50	0,15
Solo offline	0,01	0,06	0,16	0,88
Taller asistido	0,13	0,06	2,18	0,04 *
Mes inscrito	-0,10	0,21	-0,46	0,65
Part. previas	-0,16	0,15	-1,03	0,31
Asistencia total	0,02	0,46	0,05	0,96

H.4. Resultados modelo en base a eje Mecanismos

Tabla H.3: Resultados obtenidos en el modelo de regresión lineal en base a eje Mecanismos

Variable	Coficiente	Error es- tándar	Estadístico t	Pr(> t)
Intercepto	3,28	2,82	1,17	0,26
ID	-0,02	0,01	-1,59	0,13
Género	0,48	0,18	2,64	0,02 *
Edad	0,09	0,20	0,43	0,67
Colegio	-0,33	0,22	-1,51	0,15
Curso	-0,14	0,19	-0,74	0,47
Sector de la RM	-0,14	0,18	-0,77	0,45
Educación de la madre	-0,15	0,25	-0,61	0,55
Educación del padre	-0,11	0,17	-0,65	0,53
Conexión a internet	-0,12	0,28	-0,45	0,66
Rend. en Lenguaje	0,57	0,31	1,83	0,09
Rend. en Matemática	-0,51	0,31	-1,66	0,11
Part. previa Robótica	-0,02	0,13	-0,14	0,89
Cant. de libros al mes	-0,02	0,09	-0,17	0,87
Uso de tecnología	-0,05	0,11	-0,49	0,63
Horas de videojuegos	0,09	0,07	1,29	0,46
Tipos de videojuegos	-0,01	0,06	-0,16	0,87
Acompañado online	-0,07	0,06	-1,05	0,31
Acompañado offline	-0,08	0,06	-1,48	0,16
Solo offline	-0,02	0,08	-0,26	0,79
Taller asistido	-0,05	0,09	-0,61	0,55
Mes inscrito	0,37	0,30	1,21	0,24
Part. previas	0,38	0,22	1,70	0,10
Asistencia total	-0,76	0,68	-1,12	0,28

H.5. Resultados modelo en base a eje Razonamiento lógico

Tabla H.4: Resultados obtenidos en el modelo de regresión lineal en base a eje Razonamiento lógico

Variable	Coeficiente	Error estándar	Estadístico t	Pr(> t)
Intercepto	3,21	1,92	1,67	0,11
ID	-0,01	0,01	-0,77	0,45
Género	0,26	0,12	2,11	0,04 *
Edad	-0,02	0,14	-0,15	0,88
Colegio	-0,11	0,15	-0,71	0,49
Curso	-0,03	0,13	-0,21	0,84
Sector de la RM	-0,09	0,12	-0,71	0,48
Educación de la madre	-0,02	0,17	-0,14	0,89
Educación del padre	-0,18	0,11	-1,58	0,13
Conexión a internet	0,06	0,19	0,30	0,77
Rend. en Lenguaje	0,07	0,21	0,35	0,73
Rend. en Matemática	-0,32	0,21	-1,51	0,15
Part. previa Robótica	0,03	0,09	0,35	0,72
Cant. de libros al mes	0,03	0,06	0,46	0,65
Uso de tecnología	-0,01	0,08	-0,01	0,99
Horas de videojuegos	-0,01	0,05	-0,13	0,90
Tipos de videojuegos	-0,03	0,04	-0,79	0,44
Acompañado online	-0,06	0,04	-1,31	0,20
Acompañado offline	-0,01	0,38	-0,05	0,96
Solo offline	-0,11	0,06	-2,01	0,06
Taller asistido	0,03	0,06	0,45	0,66
Mes inscrito	0,14	0,21	0,68	0,51
Part. previas	0,12	0,15	0,80	0,43
Asistencia total	0,13	0,47	0,29	0,78

H.6. Resultados modelo en base a preguntas en total

Tabla H.5: Resultados obtenidos en el modelo de regresión lineal en base al total de preguntas del test

Variable	Coficiente	Error es- tándar	Estadístico t	Pr(> t)
Intercepto	1,84	1,29	1,43	0,17
ID	-0,01	0,01	-1,21	0,24
Género	0,16	0,08	1,94	0,07
Edad	-0,02	0,09	-0,17	0,87
Colegio	-0,06	0,10	-0,63	0,54
Curso	-0,04	0,09	-0,40	0,70
Sector de la RM	-0,03	0,08	-0,32	0,75
Educación de la madre	-0,01	0,11	-0,02	0,98
Educación del padre	-0,11	0,08	-1,40	0,18
Conexión a internet	0,05	0,13	0,37	0,71
Rend. en Lenguaje	0,02	0,14	0,17	0,86
Rend. en Matemática	-0,12	0,14	-0,87	0,40
Part. previa Robótica	0,01	0,06	0,16	0,88
Cant. de libros al mes	0,01	0,04	0,18	0,86
Uso de tecnología	0,02	0,05	0,37	0,71
Horas de videojuegos	-0,02	0,03	-0,72	0,48
Tipos de videojuegos	0,01	0,03	0,03	0,98
Acompañado online	-0,01	0,03	-0,31	0,78
Acompañado offline	0,01	0,03	0,34	0,74
Solo offline	-0,01	0,04	-0,39	0,70
Taller asistido	0,04	0,04	0,91	0,37
Mes inscrito	0,15	0,14	1,06	0,30
Part. previas	0,10	0,10	0,98	0,34
Asistencia total	-0,17	0,31	-0,54	0,59