



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN
BASADO EN PLANIFICACIÓN
AUTOMÁTICA PARA INCENTIVAR LA
COMUNICACIÓN DENTRO DE GRUPOS
DE NIÑOS EN UN JUEGO
COLABORATIVO**

CRISTIAN ANDRES SÁEZ NILO

Tesis para optar al grado de
Magister en Ciencias de Ingeniería

Profesor Supervisor:
MIGUEL NUSSBAUM VOEHL

Santiago de Chile, Enero, 2018

© 2018, Cristian Sáez



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN BASADO EN PLANIFICACIÓN AUTOMÁTICA PARA INCENTIVAR LA COMUNICACIÓN DENTRO DE GRUPOS DE NIÑOS EN UN JUEGO COLABORATIVO

CRISTIAN ANDRES SÁEZ NILO

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

MIGUEL NUSSBAUM VOEHL

JORGE ANDRES BAIER ARANDA

PABLO CHIUMINATTO

DIEGO JAVIER CELENTANO

Para completar las exigencias del grado de
Magister en Ciencias de Ingeniería

Santiago de Chile, Enero, 2018

A mis Padres, hermanos y amigos,
que me brindaron su apoyo
incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero usar esta oportunidad para agradecer a la Pontificia Universidad Católica de Chile, por formarme como profesional y darme todo el apoyo necesario para esta investigación. A mi profesor supervisor Miguel Nussbaum por su paciencia y guía durante este Magister que fueron claves para completarlo. Al profesor Jorge Bier y Pablo Chiuminatto por prestarme sus conocimientos y apoyarme durante toda la experiencia. A mis compañeros Matias Rojas, alumno de doctorado, y Orlando Guerrero, alumno de magister, con quienes he trabajado durante todo este periodo y quienes me han prestado su ayuda para la implementación del juego colaborativo usado en esta experimentación. Agradecer al colegio Terra Australis de Pudahuel, Santiago, por su ayuda y comprensión en la experimentación realizada. Agradecer a mi jefe Felipe Ramos, por darme la oportunidad de trabajar con él y asistir a mis constantes reuniones en la universidad. Y un especial agradecimiento a mi familia y amigos por apoyarme incondicionalmente todo este tiempo.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Introducción	3
1.2 Enfoque	6
1.3 Conocimientos previos.....	8
2. DESARROLLO.....	15
2.1 Introducción	15
2.2 Método Propuesto	19
2.3 Sistema de Retroalimentación.....	23
2.4 Diseño Experimental.....	25
2.5 Resultados	28
3. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	33
3.1 Discusión.....	33
3.2 Conclusiones	35
3.3 Limitaciones	37
BIBLIOGRAFIA.....	38
A N E X O S.....	42
Anexo A: Dominio PDDL.....	43

Anexo B: Imagen in-game juego implementado.....	49
Anexo C: Imagen del juego mapa nivel 1	50
Anexo D: Game Design Document juego implementado.....	51
Anexo E: Resumen ejecutivo Experimento 2	61
Anexo F: Carta al director colegio Terra Australis	64
Anexo G: Consetimiento informado experimento 2 (Profesores).....	66
Anexo H: Consetimiento informado experimento 2 (Apoderados)	69
Anexo I: Asentimiento informado experimento 2 (Alumnos)	72
Anexo J: Ejemplo transcripción experimento 2	74
Anexo K: Extracto de los registros de acciones experimento 2.....	87

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1: Experimento 1 método secuencial.....	29
Tabla 2-2: Experimento 1 método de Muise.....	29
Tabla 2-3: Experimento 1 método propuesto.....	30

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1: Diagrama de la solución desarrollada	7
Figura 1-2: Pseudocódigo método de Muise (Muise et al, 2011)	11
Figura 1-3: Grafo plan de orden parcial P	12
Figura 2-1: Representación de planes encontrados en ejecución del sistema.	20
Figura 2-2: Grafo plan de orden parcial $P \langle A, O \rangle$	22
Figura 2-3: Representación set de planes de prueba	26
Figura 2-4: Grafico de experimento 1 método secuencial	30
Figura 2-5: Grafico de experimento 1 método de Muise	31
Figura 2-6: Grafico de experimento 1 método propuesto	31

RESUMEN

En los últimos años, las habilidades del siglo XXI han adquirido relevancia, considerándose la Resolución Colaborativa de Problemas (CPS) como una fundamental, tanto para su enseñanza como para su evaluación. Surge así; la iniciativa de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) de realizar una evaluación a gran escala de CPS en PISA (Programme for International Student Assessment) 2015, la cual ha reafirmado la relevancia de esta habilidad, a través del diseño de un marco teórico y una metodología para medirla.

El objetivo de esta Tesis es desarrollar un sistema de retroalimentación automática que promueva la comunicación entre grupos de niños que están trabajando colaborativamente, basado en Automated Planning. Para esto se propone un método de Partial Order Planning basado en el método de monitoreo de Muise para los tipos de planes utilizados, que tenga un tiempo de ejecución pequeño.

Se realizan pruebas de rendimiento para este método propuesto y de validez para la retroalimentación entregada por el sistema. De la experimentación se pudo apreciar que el método es capaz de entregar un monitoreo válido con un mejor rendimiento que otros métodos de Partial Order Planning. La retroalimentación entregada tuvo resultados bajos con respecto a lo esperado.

Esta tesis tuvo el apoyo del proyecto FONDECYT/CONICYT 1150045

Palabras Claves: Automated Planning, Partial Order Planning, Retroalimentación, Habilidades del siglo XXI, Resolución colaborativa de problemas.

ABSTRACT

In the past few years, 21th century skills have taken importance, making Collaborative Problem Solving (CPS) a key skill for teaching and evaluation. Thus the need for the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) to conduct a large-scale CPS assessment in PISA (Programme for International Student Assessment) 2015 which has reaffirmed the importance of this skill by defining a CPS framework and a measuring methodology.

The objective of this Thesis is to develop an automated feedback system based on Automated Planning that encourage communication in groups of kids that are working collaboratively. For this, we propose a Partial Order Planning method based in Muise's monitoring method for the utilized types of plans, that has a small execution time.

We tested performance of the proposed method and validity of the feedback messages obtained of the system. We conclude from the experimentation that the proposed method is able to calculate a valid monitoring with a better performance than other Partial Order Planning methods. Feedback messages obtained from the system got lower results than expected.

This Thesis received support from Project FONDECYT/CONICYT 1150045

Keywords Automated Planning, Partial Order Planning, Feedback, 21th century skills, Collaborative problem solving.

ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La siguiente Tesis se encuentra dividida en 3 capítulos. Que detallaremos a continuación.

El capítulo introductorio presenta la investigación y define la información necesaria para el desarrollo. Consiste de 3 subcapítulos: introducción, enfoque y conocimientos previos.

En la Introducción se presentan los temas a tratar en la tesis, comenzando con las habilidades del siglo XXI, pasando por la retroalimentación y terminando en Automated Planning. También encontramos la pregunta de investigación y otras preguntas que surgen para el desarrollo de la Tesis.

En el Enfoque se muestra el diseño del sistema de retroalimentación a utilizar, se explican los conceptos básicos del mismo y se presentan algunos problemas presentes en el diseño y la solución tomada.

En los Conocimientos Previos se explican los conceptos de Automated Planning en los cuales se basa esta Tesis, se definen los problemas de planificación y los planes de orden parcial, entre otros. Además, se definen de la literatura, el método secuencial y el método de Muise que se usarán para las experimentaciones. También se da pie a la razón para el desarrollo del método propuesto en esta Tesis.

El capítulo central es de desarrollo y presenta los métodos propuestos en esta investigación y la experimentación realizada. Consiste en 5 subcapítulos: introducción, método propuesto, sistema de retroalimentación, diseño experimental y resultados.

En la Introducción del desarrollo se muestran el problema a resolver y se definen y demuestran los conceptos previos necesarios para comprender el enfoque a proponer.

En el Método Propuesto se explica el método propuesto a utilizar en esta Tesis. Se detalla la aplicación de este método.

En el Sistema de Retroalimentación se explica cómo el sistema desarrollado opera para determinar cuándo entregar los mensajes de retroalimentación, cómo se generan estos y cómo influye el plan de acciones por Automated Planning en el sistema de retroalimentación.

En el Diseño Experimental se definen los experimentos a realizar en esta Tesis. Se definen 2 experimentos con los cuales se medirán los rendimientos y comportamientos de los métodos estudiados y propuestos. Se define además un experimento para medir la efectividad de los mensajes del sistema de retroalimentación frente a alumnos de 6° básico.

En los Resultados se muestran los datos obtenidos de los experimentos definidos en el capítulo anterior. Estos resultados se presentan en el mismo orden en que fueron definidos. Podemos encontrar tablas de datos y gráficos de resultados en esta sección. El último capítulo es de análisis y conclusiones. En éste se analizan los datos de los resultados y se entregan las conclusiones obtenidas en la investigación. Consiste de 3 subcapítulos: discusión, conclusiones y limitaciones.

En la Discusión se analizan los resultados obtenidos de los experimentos y se da luz de lo que significan. Aquí se obtuvieron resultados tales como que el método propuesto tiene un mejor rendimiento que el método de Muise o que los mensajes de retroalimentación entregados causaron menor efecto que el esperado.

En las Conclusiones se presenta nuevamente la pregunta de investigación y se responde a ella a partir de lo encontrado en la tesis. Se agregan conclusiones en base a los análisis y se mencionan los caminos futuros a seguir.

En las Limitaciones se mencionan claramente las limitaciones encontradas para la solución desarrollada, tanto desde el punto de vista técnico como de la complejidad de adaptación del sistema.

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta la investigación y define la información necesaria para su desarrollo.

1.1 Introducción

Las habilidades del siglo XXI son las habilidades y competencias que permiten a los jóvenes beneficiarse de las nuevas formas emergentes de socialización y contribuir activamente al desarrollo tecnológico bajo un sistema basado en el conocimiento (Binkley, Erstad, Herman Raizen, Ripley, Miller-Ricci, & Rumble, 2012; Kim & Shute, 2015). En los últimos años, las reformas educacionales y curriculares se han enfocado en insertar las habilidades del siglo XXI en sus programas educacionales (Griffin, McGaw, & Care, 2012), incluyendo entre éstas al pensamiento crítico, resolución de problemas, autogestión, habilidades de las tecnologías de la información y comunicación y la comunicación y colaboración. (OECD, 2013). Este crecimiento del interés se ve reflejado en las políticas educativas de diversos países, tales como EE.UU., Japón, Singapur, entre otros (Csapó & Funke, 2017; Binkley et al, 2012). Dentro de estas habilidades, la resolución colaborativa de problemas resulta esencial (Chang et al, 2017; von Davier, Hao, Liu & Kyllonen, 2017). En la actualidad, es posible apreciar que los problemas a los que se enfrenta la sociedad son cada vez más complejos, abstractos y requieren de mayor experticia (Care & Griffin, 2014). La especialización por otro lado, lleva a que dicha experticia se encuentre distribuida entre distintas personas, haciendo necesario trabajar en conjunto para lograr una solución (Scoular, Care & Awwal, 2017). Surge así la necesidad de enseñar y evaluar la resolución colaborativa de problemas (Griffin, McGaw, & Care, 2012; OCDE, 2013; Liu, Hao, von Davier & Kyllonen, 2015; Hao, Liu, von Davier & Kyllonen, 2015). Sin embargo, aún resulta un desafío el poder lograrlo, pues en las escuelas sigue primando la enseñanza de contenidos por sobre la enseñanza de habilidades. En los últimos años se han realizado estudios para identificar métodos y

herramientas efectivos para cumplir con esta necesidad (van Laar, van Deursen, van Dijk & de Haan, 2017; Qian & Clark, 2016; Şendağ & Ferhan Odabaş, 2009). De éstos, la retroalimentación se ha identificado como una de ellas (Qian & Clark, 2016; Chen & Law, 2015; Ekecrantz, 2015).

La retroalimentación es una herramienta ampliamente utilizada en la enseñanza tanto de conocimientos como de habilidades (Erhel & Jamet, 2013; Hattie & Timperley, 2007). Esta se define como la información proporcionada por un agente (por ejemplo, un profesor, un par, un libro, etc.) con respecto a aspectos del rendimiento, comprensión o accionar de un individuo (Hattie & Timperley, 2007). Wood, Bruner y Ross (1976), definen el concepto de scaffolding o andamiaje de la retroalimentación para describir las maneras en que un adulto o experto enseña a alguien que es menos competente para resolver un problema o para completar una tarea. Este concepto se manifiesta cuando un tutor toma control de los aspectos de la tarea que están más allá de las capacidades del estudiante, permitiendo así que él o ella logre desarrollarla, lo que no habría sido posible de forma autónoma. En particular Pea (2004) agrega la existencia de componentes que hacen un verdadero andamiaje, como es la adaptación dinámica de la retroalimentación, lo que requiere una evaluación continua del estudiante, y el desvanecimiento de ésta a medida que adquieren destrezas y conocimientos.

Es posible trasladar el concepto de andamiaje a la colaboración. Se pueden distinguir dos aproximaciones: de diseño instruccional y de administración de la colaboración (Nuankhieo, 2010). En la primera, todas las decisiones de la interacción colaborativa están predefinidas (selección, mensajes predefinidos, entre otros). En cambio, la segunda responde a la observación de la interacción y el rendimiento a través del monitoreo y el análisis automático de las acciones que realizan los estudiantes (Zumbach, Reimann & Koch, 2006).

Iniciativas actuales como PISA, ATS21S y ETS (OECD, 2013; Care & Griffin, 2014; Shore, Wolf, O'Reilly & Sabatini, 2017), abordan la colaboración desde una aproximación basada en diseño instruccional, lo que resulta práctico cuando el objetivo de la actividad es evaluar. Pero cuando el objetivo es enseñar y los

mecanismos e interacciones de la actividad son más desafiantes y complejos, se requiere de sistemas que utilicen conceptos más potentes, como por ejemplo la inteligencia artificial, para identificar el momento, el modo y el mensaje adecuado de retroalimentación (Rabbi, Pfammatter, Zhang, Spring & Choudhury, 2015; Gerdes, Heeren, Jeurig & van Binsbergen, 2017).

El objetivo de esta investigación es mostrar cómo se puede desarrollar, para juegos de carácter colaborativo en donde varios agentes interactúan entre ellos para cumplir un objetivo fijo, un sistema de retroalimentación basado en Automated Planning (Ghallab, Nau, Traverso, 2004) que utilice la técnica de monitoreo de planes.

Automated Planning es el proceso de obtener una secuencia de acciones o plan que, al ser ejecutadas en orden, convierte un estado del mundo en otro que cumple con un grupo de condiciones objetivo (Ghallab, Nau, Traverso, 2004). De esta manera el sistema monitorea el plan para revisar que se esté cumpliendo. Cuando se usa Automated Planning para enseñar se necesita guiar a los estudiantes para cumplir los objetivos de la actividad, por lo que no basta con identificar sus errores, sino que se requiere volver a planificar (replanificar) cuando el plan actual ya no es válido e iterar hasta terminar la actividad. Existen varias formas de monitorear (Epstein & Tripodi, 1977; Weld, 1994); cada una tiene características particulares y sirve para diversos escenarios.

En esta Tesis se utilizó un juego colaborativo para 3 jugadores desarrollado para tablets Android como base para desarrollar el sistema de retroalimentación. Este juego se conecta entre sus jugadores utilizando un computador como servidor. Se experimentó con alumnos de 6° básico y 2 versiones del mismo juego: una básica y otra con el sistema de retroalimentación desarrollado incorporado al mismo. Se utiliza un servidor para soportar varias instancias del juego y para generar los planes necesarios a utilizar por el sistema.

Para efectos de esta investigación se busca responder a la pregunta: ¿Es posible construir un sistema de retroalimentación automático basado en Automated Planning que incentive la comunicación dentro de grupos de niños en un juego

colaborativo? Esta pregunta plantea varios problemas: ¿Cómo evitar que los tiempos de respuesta del servidor disminuyan al tener varios grupos y un solo planificador?, ¿Cómo evitar que el tiempo de cálculo de las condiciones necesarias para monitorear sea excesivo?, ¿Cuándo es el momento adecuado para entregar retroalimentación a los sujetos y a quienes?, entre otras.

1.2 Enfoque

En el diagrama de la figura 1-1 se muestra el diseño general del sistema de retroalimentación desarrollado. Podemos definir los siguientes conceptos:

- **Monitor:** Corresponde al cliente de cada grupo que maneja el sistema de retroalimentación. Se encarga de pedir al servidor planes cuando es necesario y revisar la validez del plan en todo momento; también define qué, a quién y cuándo enviar los mensajes de retroalimentación. El monitor está instalado en cada uno de los clientes del grupo, pero sólo uno está activo a la vez; éste puede cambiar durante la ejecución en caso de pérdida de conexión con el servidor.
- **Cliente:** Corresponde a una instancia del juego corriendo en una tablet. Se comunica con los otros clientes del grupo a través del servidor. Los clientes envían constantemente notificaciones de lo que hacen para que todo el grupo conserve el mismo estado.
- **Servidor:** Es el centro de comunicación del sistema. Se encarga de enviar mensajes entre usuarios de un mismo grupo y de distribuir planes desde el planificador a todo grupo que lo necesite.
- **Grupo:** Conjunto de 3 clientes conectados a través del servidor. Los grupos no se comunican entre sí, aún cuando compartan el mismo servidor.
- **Planificador:** Programa externo que calcula los planes necesarios para cada grupo. Se comunica directamente con el servidor respondiendo a pedidos de planificación. Operan en la misma máquina por lo que la transferencia de información es directa. Se basa en un modelo del juego en PDDL (lenguaje

de definición de dominios de planificación) donde se definen los estados posibles y las acciones ejecutables (ver anexo A).

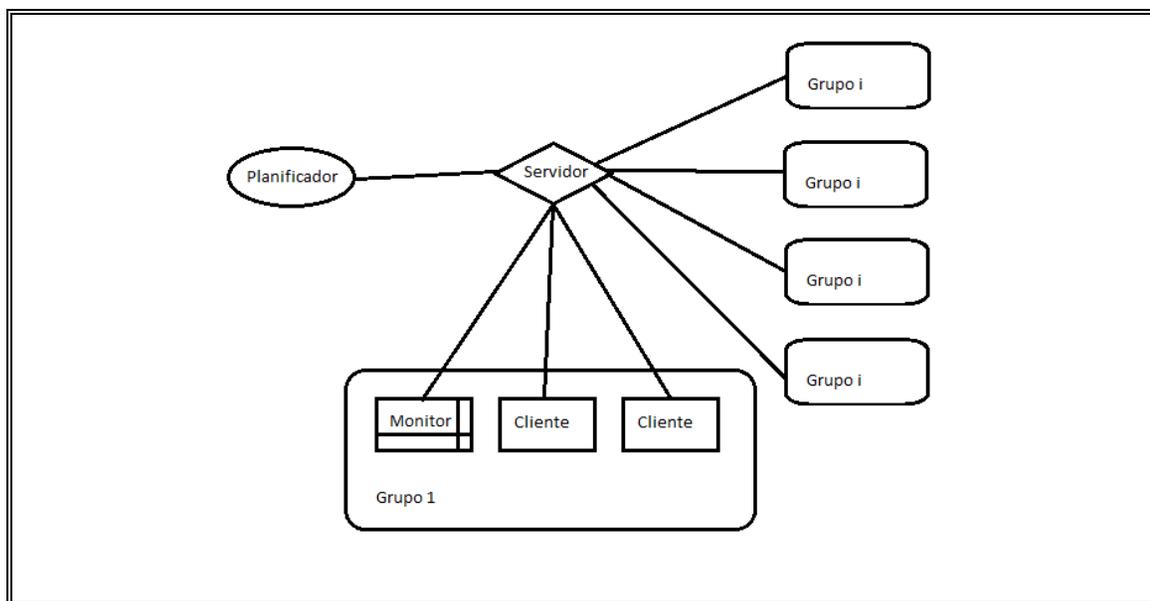


Figura 1-1: Diagrama de la solución desarrollada

Uno de los elementos más importantes a considerar para esta implementación es la velocidad en la que el juego puede operar. Todas las soluciones presentadas fueron revisadas con el objetivo de permitir mantener una experiencia fluida.

A continuación, presentamos las relaciones existentes entre los conceptos anteriores, en términos de comunicación entre ellos y manejo de datos:

- Relación del servidor con el planificador: El servidor envía una petición de cálculo de plan al planificador con la información del estado del grupo que lo necesita. Luego el planificador envía el plan solicitado. Para mejorar el rendimiento, el servidor guarda los planes ya calculados para evitar tener que recalcularlos.
- Relación del cliente con el servidor: El cliente envía al servidor la información de todas las acciones que realiza, el servidor entrega luego esos mensajes a los demás clientes del grupo para mantener los estados iguales.

- Relación del monitor con el servidor:
 - El monitor se encarga de pedirle al servidor un plan que responde a un cierto estado del juego
 - El servidor sólo envía el plan al monitor actual.
 - El monitor calcula cuándo y a quién debe enviar un mensaje de retroalimentación y le traspa esta información al servidor para que le envíe el mensaje a quien corresponda.

En este acercamiento se pueden notar ciertos problemas que están presentes constantemente en el sistema desarrollado. Por ejemplo podemos mencionar la planificación para múltiples grupos desde un único servidor, la posibilidad de pérdida de conexión de un cliente hacia el servidor, entre otros. Se han tomado medidas para intentar resolver estos problemas, de la forma más barata posible, sin cambiar el diseño presentado. Entre estas tenemos un sistema de caché que guarda en el servidor el mensaje que solicita un plan asociado junto con el plan que devuelve el planificador, para que cuando otro grupo pida un plan en base al mismo mensaje, éste no se deba volver a calcular y pueda enviarse directamente y un sistema de reconexión de clientes al servidor que detecta cuando un cliente se desconecta y mueve el control de los objetos (monitor, etc) a otro cliente (de ser necesario) mientras se reconecta el que perdió la conexión.

1.3 Conocimientos previos

Un problema de Automated Planning se define como una tupla $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ donde F es un conjunto finito de hechos, A es un conjunto de acciones, $I \subseteq F$ es el estado inicial y $G \subseteq F$ es el estado objetivo. Un estado completo s es un subconjunto de F . Los hechos contenidos en s son considerados como verdaderos y aquellos no contenidos como falsos. Una acción $a \in A$ está definida por 3 conjuntos: $PRE(a)$, hechos que deben ser verdad para que la acción a sea ejecutable; $ADD(a)$, hechos que la acción a agrega al estado al ejecutarse; y $DEL(a)$, hechos que la acción a elimina del estado al ejecutarse (Kautz, McAllester & Selman, 1996). El estado resultante de la acción a sobre s se define

como $\delta(s, a) = (s \setminus DEL(a)) \cup ADD(a)$. Extendemos la definición de δ para secuencias de acciones de la forma usual.

Una acción a se define como ejecutable en un estado s iff $PRE(a) \subseteq s$ (Muisse et al, 2011). Una secuencia de acciones $[a, \alpha]$ es ejecutable en un estado s iff a es ejecutable en s y α es ejecutable en $\delta(s, a)$. Además, podemos definir que si α es ejecutable en s , α logra G desde s iff $G \subseteq \delta(s, \alpha)$. Un plan secuencial para Π es una secuencia de acciones α tal que α es ejecutable desde I hasta G . Nos referimos como *sufijo* de un plan secuencial $\alpha = [\alpha_1, \dots, \alpha_n]$ al conjunto vacío o a la secuencia $[\alpha_i, \dots, \alpha_n]$ donde $i \geq 1$. Se define el *prefijo* del plan de forma análoga (Muisse et al, 2011).

En los problemas de Automated Planning se pueden definir sistemas que monitorean la ejecución de un plan para cierto estado s . Estos cumplen con el objetivo de asegurar que el plan monitoreado sigue permitiendo alcanzar el estado objetivo desde s (Epstein & Tripodi, 1977). Cuando el plan se considera no válido, el sistema de monitoreo toma medidas tales como reparar el plan o replanificar el mismo para volver a un estado de validez (Fritz & McIlraith, 2007). Se define que un plan secuencial α es válido dado un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ iff el plan es ejecutable desde I ; y G está contenido en el estado resultante $\delta(I, \alpha)$. Extendemos esta definición para decir que el plan secuencial α se mantiene válido con respecto a s iff existe un *sufijo* de α que sea ejecutable en s ; y que logre G (Muisse et al, 2011).

En la literatura se utilizan varios métodos para realizar el proceso de monitoreo (Epstein & Tripodi, 1977; Weld, 1994). Para términos de esta investigación utilizaremos uno de ellos, conocido como método secuencial. Este se basa en la utilización del concepto de *regresión* para permitir estados resultantes de tamaño mínimo. Dado un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ y una conjunción de hechos, ψ , expresada como un conjunto de hechos, se define la *regresión* de una fórmula conjuntiva ψ con respecto a una acción a , denotado como $R[\psi, a]$, como sigue: $R[\psi, a] = (\psi \setminus ADD(a)) \cup PRE(a)$, si $ADD(a) \subseteq \psi$ y $DEL(a) \cap \psi = \emptyset$ (en otro caso $R[\psi, a]$ es indefinido). La regresión iterada sobre una secuencia de acciones α ,

denotada como $R^*[\psi, \alpha]$, es simplemente la aplicación continua del operador de regresión sobre cada acción de la secuencia (asumiendo que ésta está definida para cada paso). Por ejemplo, si $\alpha = a_1, a_2, a_3$ entonces $R^*[\psi, \alpha] = R[R[R[\psi, a_3], a_2], a_1]$ (Fritz & McIlraith, 2007). En base a la noción de regresión, Fritz et al. identificaron una condición que asegura la validez de un plan: dado un plan secuencial $\alpha = a_1, \dots, a_n$, α permanece válido con respecto al estado s , iff s cumple una de las siguientes condiciones: $R[G, a_n], R^*[G, [a_{n-1}, a_n]], \dots, R^*[G, \alpha]$. Si ninguna de estas condiciones se cumple entonces se considera el plan α como no válido y se procede a replanificar.

Existen diversas formas de representar las soluciones de Automated Planning (Weld, 1994); una de ellas es conocida como Partial Order Planning o Planificación de Orden Parcial. Se trata de obtener planes de acciones con restricciones de orden más relajadas que un plan secuencial. Se define con respecto a un cierto problema Π como una tupla $\langle A, O \rangle$ donde A es un conjunto de acciones en el plan y O es un conjunto de relaciones entre las acciones de A , en donde la relación \prec definida por O es una relación de orden parcial de elementos de A ; esta se representa dado $a_1, a_2 \in A, (a_1 \prec a_2) \in O$ (Weld, 1994) y significa que a_1 debe haberse ejecutado antes de ejecutar a_2 . Un ordenamiento total de las acciones de A que respeta O se considera una linealización del plan. Partial Order Planning provee una representación compacta de múltiples (en general combinatoriales) linealizaciones.

La condición de validez anteriormente mencionada no es aplicable de forma directa a los planes de orden parcial, pues no existe una representación secuencial única del plan; sin embargo, es igualmente posible definir una condición de validez basándonos en la ya mencionada para planes secuenciales. Dado un problema de planificación Π y un plan de orden parcial P asociado, se define P como válido con respecto a un estado s iff existe una linealización de P que permanezca válida para s , es decir que sea ejecutable en s y que el estado resultante de algún *sufijo* contenga el objetivo G (Muise et al, 2011).

Dada la gran cantidad de linealizaciones posibles de un plan de orden parcial se vuelve demasiado caro el analizar cada una de ellas, por lo que Muise et al. definieron una forma de construir las condiciones de validez usando las siguientes notaciones: $last(\langle A, O \rangle) \stackrel{\text{def}}{=} \{a \mid a \in A \wedge \nexists (a' \prec a) \in O\}$, las cuales representan el conjunto de acciones del plan para las que no existe ninguna restricción de orden que se origine desde la acción; y $prefix(\langle A, O, a \rangle) \stackrel{\text{def}}{=} \langle A \setminus a, O - \{(a' \prec a) \mid a' \in A\} \rangle$, que representa el plan de orden parcial resultante luego de remover la acción a y todas sus restricciones de orden asociadas. Este se considera indefinido cuando $a \notin last(\langle A, O \rangle)$ (Muise et al, 2011).

Usando la notación anterior, Muise et al (2011), definen un método que a partir de un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ y un plan de orden parcial $\langle A, O \rangle$ permite construir una lista de condición/acción L que representa, para cada condición, la acción a ejecutar según alguna linealización del plan.

Algorithm 1: Condition-Action List Generator	
Input: POP $\langle A, O \rangle$. Planning problem $\Pi = \langle F, O, I, G \rangle$.	
Output: List of (ψ, a) pairs.	
1 $L = []$; // L is the list of (ψ, a) pairs to be returned	
2 $\Gamma = \{(G, \langle A, O \rangle)\}$; // Γ is a set of tuples of the form (ψ, P)	
3 for $i = 1 \dots A $ do	
4 foreach $(\psi, P) \in \Gamma$ do	
5 foreach $a \in last(P)$ do	
6 $L.append(\langle \mathcal{R}[\psi, a], a \rangle)$;	
7 /* Update to γ_{i+1} */	*/
7 $\Gamma = \bigcup_{(\psi, P) \in \Gamma} \{ \langle \mathcal{R}[\psi, a], prefix(P, a) \rangle \mid a \in last(P) \}$;	
8 return L ;	

Figura 1-2: Pseudocódigo método de Muise (Muise et al, 2011)

Este método (ver figura 1-2) usa Γ , un conjunto de tuplas de la forma $\langle s, P \rangle$, donde s representa un estado y P un plan de orden parcial, para iterar. Este se inicializa con el estado objetivo G y el plan $\langle A, O \rangle$. Se itera tantas veces como acciones existan en Π y en cada iteración se recorre el conjunto Γ . Se obtienen las

acciones $last(P)$ y para cada acción a se agrega a la lista L el par $(R[s, a], a)$. Al final de cada iteración sobre la cantidad de acciones se actualiza el valor del conjunto Γ . Este se actualiza a la unión de los conjuntos de tuplas $\langle R[s, a], prefix(P, a) \rangle$ para toda acción $a \in last(P)$ de cada elemento de Γ .

De la ejecución anterior definimos V como el conjunto de las condiciones de validez presentes en L tal que si el estado s contiene alguna de ellas, el plan se considera válido.

A modo de ejemplo aplicaremos el método de Muise al plan de orden parcial $P = \langle \alpha, O \rangle$ para el problema $\Pi = \langle F, \alpha, I, G \rangle$, en donde $\alpha = a_1, a_2, a_3$ y O se representa por el grafo de la figura 1-3, para analizar su complejidad y entender claramente cómo funciona.

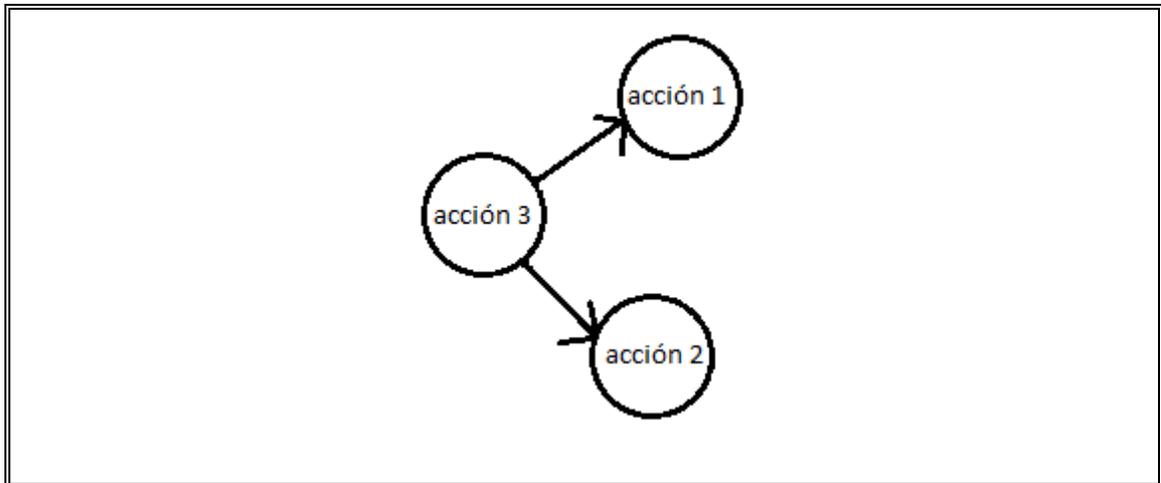


Figura 1-3: Grafo plan de orden parcial P

Primero debemos agregar a la lista Γ el par (G, P) para luego empezar a iterar sobre Γ . Se realizarán 3 iteraciones, dado que $|\alpha| = 3$.

Iteración 1: Se tiene $\Gamma = \{(G, P)\}$ y $L = \{ \}$. Se calcula $last(P)$ para ver las acciones que se pueden ejecutar último en P , revisando el grafo de P (ver figura 1-3) se identifican como aquellas acciones de las que ninguna otra acción depende de ellas, estas corresponden a a_1 y a_2 . Para cada una de ellas se procede a agregar a L

el par $(R(G, a_i), a_i)$. Luego se actualiza Γ con los pares $(R(G, a_i), \text{prefix}(P, a_i))$ para cada acción de $\text{last}(P)$. $\text{prefix}(P, a_i)$ corresponde a generar el plan $P_i' = (\alpha_i', O_i')$ donde $\alpha_i' = \alpha - a_i$ y O_i' se representa por el grafo de P sin la acción a_i . Luego avanzamos a la siguiente iteración.

Iteración 2: Se tiene $\Gamma = \{(R(G, a_1), P_1'), (R(G, a_2), P_2')\}$ y $L = \{(R(G, a_1), a_1), (R(G, a_2), a_2)\}$. Se calcula $\text{last}(P_1') = a_2$ y $\text{last}(P_2') = a_1$. Luego se procede a agregar a L los pares $(R(R(G, a_1), a_2), a_2)$ y $(R(R(G, a_2), a_1), a_1)$. Luego se actualiza Γ con los pares $(R(R(G, a_1), a_2), \text{prefix}(P_1', a_2))$ y $(R(R(G, a_2), a_1), \text{prefix}(P_2', a_1))$. $\text{prefix}(P_1', a_2)$ corresponde a generar el plan $P_1'' = (\alpha_1'', O_1'')$ donde $\alpha_1'' = \alpha_1' - a_2$ y O_1'' se representa por el grafo de P_1' sin la acción a_2 . Generamos $\text{prefix}(P_2', a_1)$ homológamente. Luego avanzamos a la siguiente iteración.

Iteración 3: Se tiene $\Gamma = \{(R(R(G, a_1), a_2), P_1''), (R(R(G, a_2), a_1), P_2'')\}$ y $L = \{(R(G, a_1), a_1), (R(G, a_2), a_2), \{(R(R(G, a_1), a_2), a_2), \{(R(R(G, a_2), a_1), a_1)\}$. Se calcula $\text{last}(P_1'') = a_3$ y $\text{last}(P_2'') = a_3$. Luego se procede a agregar a L los pares $(R(R(R(G, a_1), a_2), a_3), a_3)$ y $(R(R(R(G, a_2), a_1), a_3), a_3)$. Luego se actualiza Γ con los pares $(R(R(R(G, a_1), a_2), a_3), \text{prefix}(P_1'', a_3))$ y $(R(R(R(G, a_2), a_1), a_3), \text{prefix}(P_2'', a_3))$. $\text{prefix}(P_1'', a_3)$ corresponde a generar el plan $P_1''' = (\alpha_1''', O_1''')$ donde $\alpha_1''' = \alpha_1'' - a_3$ y O_1''' se representa por el grafo de P_1'' sin la acción a_3 . Generamos $\text{prefix}(P_2'', a_3)$ homológamente.

Se acabaron las iteraciones, por lo que el método se acaba, pero aún quedan elementos en Γ por revisar, sin embargo, los planes P_1''' y P_2''' no tienen acciones por lo que no queda ninguna acción pendiente y es correcto que el método finalice. De la ejecución anterior podemos darnos cuenta que el peor caso de este método es cuando todas las acciones son independientes, pues para cada paso, la lista de elementos de $\text{last}(P_i)$ solo bajará en 1 elemento por iteración para cada elemento de Γ . Esto implica un tiempo de ejecución exponencial para el peor caso.

Se presentaron problemas de rendimiento al probar este método con el juego. Particularmente el método no fue capaz de completarse en una ejecución normal y el tiempo de cálculo registrado se encontraba fuera de los parámetros que permiten

mantener la fluidez y no entorpecer la experiencia de los jugadores, por lo que el método de Muise no fue aplicable en el juego.

2. DESARROLLO

En este capítulo se presentan los métodos propuestos en esta investigación y la experimentación realizada.

2.1 Introducción

El monitor de cada grupo se encarga de calcular las condiciones de validez para el plan actual y revisarlas en tiempo real. Cuando ninguna condición se cumple decimos que el plan es inválido y se debe replanificar. Cada replanificación implica una llamada al planificador desde el servidor, la cual afecta el rendimiento del juego. Queremos ser capaces de minimizar los tiempos de respuesta entregados para mantener la fluidez en la experiencia.

Se busca un algoritmo que sea capaz de entregarnos la menor cantidad de replanificaciones necesarias en una ejecución normal del juego. Tal como se aprecia en la sección anterior, Partial Order Planning cumple con esta condición. Sin embargo, el método de Muise, usado para calcular las condiciones de validación, toma demasiado tiempo para ejecutarse. Es por esto que desarrollamos un nuevo método que nos permita obtener estas condiciones de forma más rápida. Para esto definimos los siguientes conceptos:

- Dado un plan de orden parcial $P = \langle A, O \rangle$ definimos que una acción a' es *alcanzable* desde una acción a iff $a = a'$ o existe una acción $a'' \in A$ tal que $a \prec a'' \in O$ y a' es alcanzable desde a'' .
- Si $P = \langle A, O \rangle$ es un plan de orden parcial decimos que otro plan $P' = \langle A', O' \rangle$ es una *componente independiente* de P iff:
 - $A' \not\subseteq A$
 - $O' = \{a \prec b \in O \mid a, b \in A'\}$
 - Si $a \in A'$ y b es *alcanzable* desde a en P entonces $b \in A'$
 - Si $a \in A'$ y a es *alcanzable* desde b en P entonces $b \in A'$

- Dado un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ y un plan de orden parcial $P = \langle A, O \rangle$, decimos que $\Pi' = \langle F, A', I', G' \rangle$ es un *sub problema* de Π iff:
 - $G' \subsetneq G$
 - Existe un O' tal que el plan de orden parcial $P' = \langle A', O' \rangle$ es una *componente independiente* de P y ejecutable en Π' .
- Definamos que para Π el conjunto de los *sub problemas* $\Pi_i = \langle F_i, A_i, I_i, G_i \rangle$ se considera completo si $\bigcup G_i = G$ y $\bigcap G_i = \emptyset$.

Con las definiciones anteriores enunciamos el siguiente teorema: Dado el conjunto V que representa las condiciones de validez del problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ con el plan de orden parcial $P = \langle A, O \rangle$ y una serie de conjuntos V_i que representan las condiciones de validez de los *sub problemas* $\Pi_i = \langle F_i, A_i, I_i, G_i \rangle$ con el plan de orden parcial $P_i = \langle A_i, O_i \rangle$ respectivamente, decimos que toda condición de validez $v \in V$ se puede formar a partir de $\bigcup v_i$ iff el conjunto de *sub problemas* es completo.

Demostraremos el teorema anterior por inducción para el número de acciones y caso base $n = 2$. Sea un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ con un plan de orden parcial $P = \langle A, O \rangle$ en donde $|A| = n$, se definen n *sub problemas* de la forma $\Pi_i = \langle F_i, A_i, I_i, G_i \rangle$ y n planes de orden parcial $P_i = \langle A_i, O_i \rangle$, donde $a_i \in A_i$ es único en A_i y no es igual a ninguna otra acción en otro *sub problema*.

Tomemos el caso base de $n = 2$, podemos definir V para Π como el conjunto de todas las condiciones (hechos) que mantienen valido a Π . Por definición:

$$V = \{R(G, \text{sufijo}(P))\} \quad (2.1)$$

$$= \{R(G, \emptyset); R(G, a_1); R(G, a_2); R(R(G, a_1), a_2); R(R(G, a_2), a_1)\} \quad (2.2)$$

Ahora definamos V_1 para Π_1 , según definición:

$$V_1 = \{R(G_1, \text{sufijo}(P_1))\} = \{R(G_1, \emptyset); R(G_1, a_1)\} \quad (2.3)$$

de forma homóloga definimos V_2 . Resolvamos ahora los componentes de V y mostremos que es posible generarlo desde la unión de los componentes de V_1 y V_2 .

$$R(G, \emptyset) = G \quad (2.4)$$

como los sub problemas Π_i son completos para Π :

$$R(G, \emptyset) = G = G_1 \cup G_2 \quad (2.5)$$

sabemos además que:

$$R(G_1, \emptyset) = G_1 \quad (2.6)$$

$$R(G_2, \emptyset) = G_2 \quad (2.7)$$

por lo que:

$$R(G, \emptyset) = G = G_1 \cup G_2 \quad (2.8)$$

$$G_1 \cup G_2 = R(G_1, \emptyset) \cup R(G_2, \emptyset) \mid R(G_1, \emptyset) \in V_1, R(G_2, \emptyset) \in V_2 \quad (2.9)$$

Luego tenemos:

$$R(G, a_1) = (G \setminus ADD(a_1)) \cup PRE(a_1) \quad (2.10)$$

$$= ((G_1 \cup G_2) \setminus ADD(a_1)) \cup PRE(a_1) \quad (2.11)$$

$$= ((G_1 \setminus ADD(a_1)) \cup (G_2 \setminus ADD(a_1))) \cup PRE(a_1) \quad (2.12)$$

Dado que P_2 define un componente independiente de P , sabemos que la acción a_2 no posee una relación de orden con a_1 . Esto nos dice que los elementos agregados por a_1 no se encuentran en G_2 :

$$= ((G_1 \setminus ADD(a_1)) \cup G_2) \cup PRE(a_1) \quad (2.13)$$

$$= G_2 \cup ((G_1 \setminus ADD(a_1)) \cup PRE(a_1)) \quad (2.14)$$

$$R(G, a_1) = R(G_2, \emptyset) \cup R(G_1, a_1) \mid R(G_1, a_1) \in V_1, R(G_2, \emptyset) \in V_2 \quad (2.15)$$

Homólogamente tenemos que

$$R(G, a_2) = R(G_1, \emptyset) \cup R(G_2, a_2) \mid R(G_1, \emptyset) \in V_1, R(G_2, a_2) \in V_2 \quad (2.16)$$

Por último tenemos que:

$$R(R(G, a_1), a_2) = (R(G, a_1) \setminus ADD(a_2)) \cup PRE(a_2) \quad (2.17)$$

De la resolución anterior tenemos

$$= ((G_2 \cup R(G_1, a_1)) \setminus ADD(a_2)) \cup PRE(a_2) \quad (2.18)$$

$$= ((G_2 \setminus ADD(a_2)) \cup (R(G_1, a_1) \setminus ADD(a_2))) \cup PRE(a_2) \quad (2.19)$$

Igual que la vez anterior, dado que son *componentes independientes* no existen relaciones entre los elementos de las acciones, por lo que:

$$= ((G_2 \setminus ADD(a_2)) \cup R(G_1, a_1)) \cup PRE(a_2) \quad (2.20)$$

$$= R(G_1, a_1) \cup ((G_2 \setminus ADD(a_2)) \cup PRE(a_2)) \quad (2.21)$$

$$R(R(G, a_1), a_2) = R(G_1, a_1) \cup R(G_2, a_2) | R(G_1, a_1) \in V_1, R(G_2, a_2) \in V_2 \quad (2.22)$$

Homólogamente

$$R(R(G, a_2), a_1) = R(G_1, a_1) \cup R(G_2, a_2) | R(G_1, a_1) \in V_1, R(G_2, a_2) \in V_2 \quad (2.23)$$

Ahora solo falta probar que esto se cumple para un caso $n + 1$. Según inducción, se asume que el caso n es válido, ahora agregamos una nueva acción a_{n+1} que es ejecutable desde I y no es *alcanzable* por ninguna otra acción, luego agregamos un nuevo hecho s_{n+1} que se cumple por a_{n+1} al objetivo G' para poder definir un nuevo *sub problema* Π_{n+1} y que siga siendo completo el conjunto para el problema $\Pi' = \langle F, A, I, G' \rangle$. Dado que sigue siendo completo el conjunto podemos decir que

$$G'_{n+1} = s_{n+1} \quad (2.24)$$

$$G' = G \cup s_{n+1} = G \cup G'_{n+1} \quad (2.25)$$

Y dado que la nueva acción agregada es independiente de las ya existentes (y sólo ella cumple el nuevo hecho agregado) tenemos que:

$$R(G', a_i) = (G' \setminus ADD(a_i)) \cup PRE(a_i) \quad (2.26)$$

$$= ((G \cup G'_{n+1}) \setminus ADD(a_i)) \cup PRE(a_i) \quad (2.27)$$

$$= ((G \setminus ADD(a_i)) \cup (G'_{n+1} \setminus ADD(a_i))) \cup PRE(a_i) \quad (2.28)$$

$$= G'_{n+1} \cup ((G \setminus ADD(a_i)) \cup PRE(a_i)) \quad (2.29)$$

$$R(G', a_i) = G'_{n+1} \cup R(G, a_i) | \forall i \leq n \quad (2.30)$$

De la misma forma se demuestra que:

$$R(G', a_{n+1}) = G \cup R(G'_{n+1}, a_{n+1}) \quad (2.31)$$

De lo anterior podemos decir que cualquier cadena de regresiones que no haya utilizado la acción a_{n+1} no eliminará s_{n+1} de G' y en caso de existir será reemplazada por su regresión. En base a esto tenemos que:

$$R(R(G', \alpha), a_i) = G'_{n+1} \cup R(R(G, \alpha), a_i) | \forall i \leq n, a_{n+1} \notin \alpha \quad (2.32)$$

$$= R(G'_{n+1}, a_{n+1}) \cup R(R(G, \alpha), a_i) | \forall i \leq n, a_{n+1} \in \alpha \quad (2.33)$$

$$R(R(G', \alpha), a_{n+1}) = R(G'_{n+1}, a_{n+1}) \cup R(G, \alpha) | a_{n+1} \notin \alpha \quad (2.34)$$

Con el teorema anterior probamos que las condiciones de validez de un problema pueden ser calculadas como la unión de las condiciones del conjunto completo de sus *sub problemas*. Cada *sub problema* es igual o menos complejo que el original por lo que el cálculo de sus condiciones como partes es más eficiente. Pero esto sólo es aplicable para casos en donde existan problemas que puedan ser divididos en *sub problemas*. Y aún cuando el problema se pueda dividir, los *sub problemas* resultantes pueden seguir siendo problemas complejos.

2.2 Método Propuesto

Dado lo anterior se desarrolló un método para seccionar problemas complejos en problemas más simples. Para esto definimos $nodeLeft(\langle A, O \rangle)$ como todas las acciones $a \in A$ tal que $|O'| > 1$ para el conjunto $O' \subseteq O$ de todas las relaciones que

cumplen $(a' < a)$; $nodeRight(<A, O>)$ análogamente como todas las acciones $a \in A$ tal que $|O''| > 1$ para el conjunto $O'' \subseteq O$ de todas las relaciones que cumplen $(a < a')$; $cutLeft(<A, O, G, a>)$ como la tupla $\langle A_l, O_l, G_l, A_r, O_r, G_r \rangle$ donde $A_r = \{a_r \mid a_r \in A \wedge a_r \text{ es alcanzable desde } a\}$, $A_l = \{a_l \mid a_l \in A \wedge a_l \neq a \wedge a \text{ es alcanzable desde } a_l\}$, $O_r = O - \{(a' < a_l) \mid a' \in A \wedge a_l \in A_l\} - \{(a_l < a') \mid a' \in A \wedge a_l \in A_l\}$, $O_l = O - \{(a' < a_r) \mid a' \in A \wedge a_r \in A_r\} - \{(a_r < a') \mid a' \in A \wedge a_r \in A_r\}$, $G_r = G$ y $G_l = R(G, A_r)$ y $cutRight(<A, O, G, a>)$ como la tupla $\langle A_l, O_l, G_l, A_r, O_r, G_r \rangle$ donde $A_r = \{a_r \mid a_r \in A \wedge a_r \neq a \wedge a_r \text{ es alcanzable desde } a\}$, $A_l = \{a_l \mid a_l \in A \wedge a \text{ es alcanzable desde } a_l\}$, $O_r = O - \{(a' < a_l) \mid a' \in A \wedge a_l \in A_l\} - \{(a_l < a') \mid a' \in A \wedge a_l \in A_l\}$, $O_l = O - \{(a' < a_r) \mid a' \in A \wedge a_r \in A_r\} - \{(a_r < a') \mid a' \in A \wedge a_r \in A_r\}$, $G_r = G$ y $G_l = R(G, A_r)$, las cuales representan la separación de un plan de orden parcial en 2 planes con nuevos objetivos (dejando la acción a en el plan de la derecha o de la izquierda respectivamente).

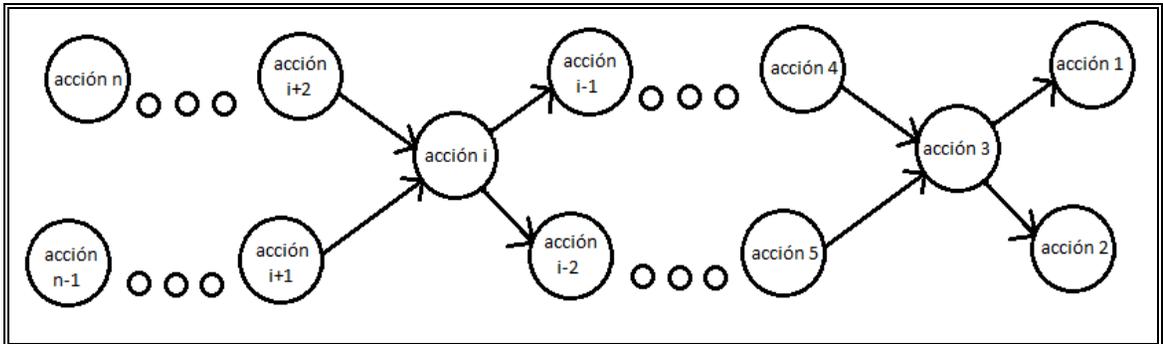


Figura 2-1: Representación de planes encontrados en ejecución del sistema.

Según lo anterior para planes de la forma presentada en la figura 2-1, que representan los planes encontrados en la ejecución del sistema de retroalimentación, se propone el siguiente método: Dado un problema $\Pi = \langle F, A, I, G \rangle$ y un plan de orden parcial $P = \langle A, O \rangle$, el método comienza calculando las acciones de $nodeRight(P)$. De existir alguna se separan los problemas en 2 de acuerdo a la tupla $cutRight(A, O, G, a)$, dejando los problemas $\Pi_l \langle F, A_l, I, G_l \rangle$ y

$\Pi_r \langle F, A_r, I, G_r \rangle$ y los planes de orden parcial $P_l \langle A_l, O_l \rangle$ y $P_r \langle A_r, O_r \rangle$ para cada acción a en $nodeRight(P)$. Se itera sobre los planes generados. Se revisa si el plan P_i es separable en *sub problemas* completos, de ser así se separa el plan en sus *sub problemas* y se ejecuta este mismo método a cada uno de ellos, las condiciones de validez obtenidas se juntan según el teorema anterior. De no ser así se calculan las acciones de $nodeLeft(P_i)$. De no existir ninguna el problema se resuelve con Muise de forma normal y las condiciones de validez se entregan normalmente. De existir alguna acción en $nodeLeft(P_i)$ se empieza a aplicar el método de Muise al problema, pero cuando alguna acción a del conjunto *last* coincida con alguna de las acciones de $nodeLeft(P_i)$ se separarán los problemas en 2 de acuerdo a la tupla $cutLeft(A_i, O_i, G_i, a)$, dejando los problemas $\Pi_l' \langle F, A_l', I, G_l' \rangle$ y $\Pi_r' \langle F, A_r', I, G_r' \rangle$ y los planes de orden parcial $P_l' \langle A_l', O_l' \rangle$ y $P_r' \langle A_r', O_r' \rangle$. Muise se continuará aplicando, pero ahora sobre P_r' . No hay necesidad de recalcular pues ningún valor calculado se ha quitado de la ejecución, solo se debe actualizar la cantidad de iteraciones al nuevo A_r' y recalcular la iteración actual en donde se encontró la coincidencia. Las condiciones de validez obtenidas corresponden a las de Π_r' , luego se debe aplicar este método sobre Π_l' . Las condiciones de validez de cada problema se agregan a un único conjunto de condiciones que representa el conjunto del problema completo.

A modo de ejemplo aplicaremos el método propuesto al plan de orden parcial $P \langle \alpha, O \rangle$ para el problema $\Pi = \langle F, \alpha, I, G \rangle$, en donde $\alpha = a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ son acciones, a_1 es independiente de a_2 y a_4 es independiente de a_5 ; y O se representa por el grafo de la figura 2-2.

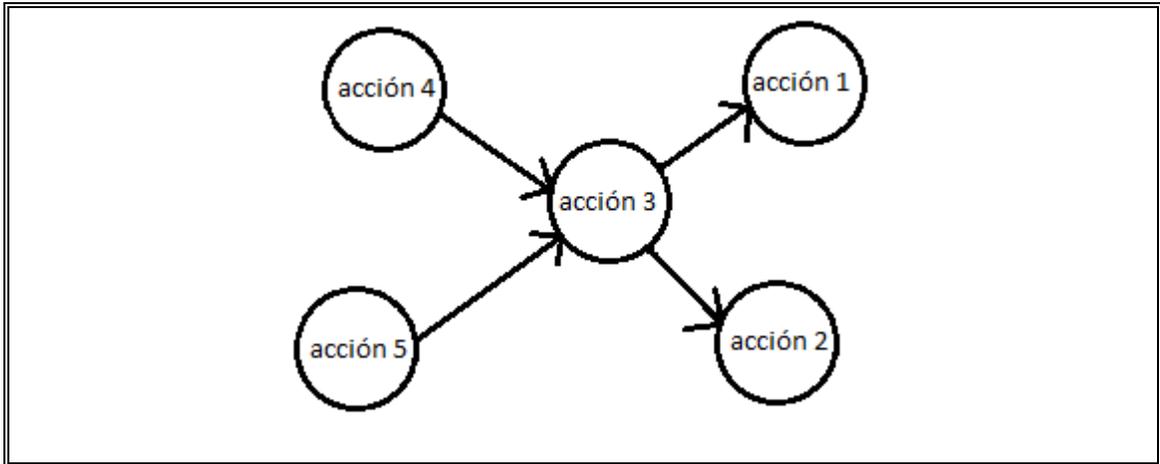


Figura 2-2: Grafo plan de orden parcial $P \langle A, O \rangle$

Primero se calcula $nodeRight(P)$, según el grafo (ver figura 2-2) este corresponde a a_3 . Dado que existe un elemento se calcula la tupla $cutRight(\alpha, O, G, a_3) = \langle \alpha_l, O_l, G_l, \alpha_r, O_r, G_r \rangle$ donde $\alpha_l = a_3, a_4, a_5$ y $\alpha_r = a_1, a_2$; $O_l = \{(a_1 < a_3), (a_2 < a_3)\}$ y $O_r = \{ \}$; y $G_l = R(G, \alpha_r)$ y $G_r = G$. Por simplicidad dejamos G_l sin calcular. Se realizarán 2 iteraciones, dado que se obtuvieron 2 planes de la aplicación de $cutRight$.

Iteración 1: Dado el problema $\Pi_r \langle F, \alpha_r, I, G \rangle$ se revisa si $P_r \langle \alpha_r, O_r \rangle$ es separable en *sub problemas*. Según la definición del problema tenemos que sí son separables y aplicando el teorema del punto anterior podemos construir sus condiciones de validez como $V_r = \{(G_l \cup G_2), (G_l \cup R(G_2, a_2)), (R(G_l, a_1) \cup G_2), (R(G_l, a_1) \cup R(G_2, a_2))\}$.

Iteración 2: Dado el problema $\Pi_l \langle F, \alpha_l, I, G_l \rangle$ se revisa si $P_l \langle \alpha_l, O_l \rangle$ es separable en *sub problemas*. Según la definición del problema tenemos que no son separables. Se calcula entonces $nodeLeft(P_l) = \{a_3\}$. Empezamos a aplicar Muise sobre P_l , pero como $last(P_l) = \{a_3\}$, el cual pertenece a $nodeLeft(P_l)$ se calcula la tupla $cutLeft(\alpha_l, O_l, G_l, a_3) = \langle \alpha_l', O_l', G_l', \alpha_r', O_r', G_r' \rangle$ donde $\alpha_l' = a_4, a_5$ y $\alpha_r' = a_3$; $O_l' = O_r' = \{ \}$; y $G_l' = R(G_l, a_3)$ y $G_r' = G_l$. Aplicamos Muise sobre $P_r' \langle \alpha_r', O_r' \rangle$ tomando en cuenta que G_l corresponde a $R(G, \alpha_r) = R(G_l, a_1) \cup R(G_2, a_2)$. Por lo que $V_r' = \{G_l, R(G_l, a_3)\}$. Tomando $P_l' \langle \alpha_l', O_l' \rangle$ podemos ver que al igual

que en la iteración 1 es separable por lo que homológicamente podemos obtener que $V_l' = \{(G_{l1}' \cup G_{l2}'), (G_{l1}' \cup R(G_{l2}', a_5)), (R(G_{l1}', a_4) \cup G_{l2}'), (R(G_{l1}', a_4) \cup R(G_{l2}', a_5))\}$. Por último tenemos que $V = \{V_l', V_r', V_r\}$.

Es importante destacar que el método propuesto fue pensado únicamente para planes de la forma presentada en la figura 2-1, y no presenta los mismos resultados ni el mismo comportamiento para planes de otras formas.

2.3 Sistema de Retroalimentación

El sistema de retroalimentación que se desarrolla en esta investigación busca ser capaz de entregar una retroalimentación que promueva la comunicación entre los clientes de un mismo grupo y permita que todos los agentes lleguen al final del juego. Para esto la solución se separa en 2 puntos: el entendimiento de lo que deben hacer los agentes y la retroalimentación entregada a los mismos. El primero de estos puntos se representa por la obtención y mantención de un plan de acciones que deben realizar los agentes para completar el juego y se obtiene con los métodos presentados anteriormente. El segundo punto corresponde al momento y el contenido con que la retroalimentación debe ser entregada a los agentes.

Según la literatura, la retroalimentación puede ser entregada y considerada efectiva en diversos momentos durante una actividad colaborativa (Nicol, Thomson & Breslin, 2014; Boud & Molloy, 2013; Freedberg, Glass, Filoteo, Hazeltine & Maddox, 2017); cuando la retroalimentación entrega toda la información o la respuesta a la actividad desarrollada es menos efectiva para enseñar y reforzar habilidades (Wooten & Ulrich, 2017); podemos agregar también que mientras más avanzada se encuentra el progreso de una actividad la cantidad de retroalimentación debe disminuir (Chan, Kaur Sidhu, Narasuman, Lee & Yap, 2016). En base a estos puntos y utilizando el concepto de distancia objetivo, que definimos como la cantidad de acciones que a cada agente le quedan por realizar para cumplir el objetivo, generamos el concepto de progreso como la relación entre el tiempo transcurrido desde el último mensaje de retroalimentación y la distancia objetiva total de los agentes. Este valor, al crecer, indica que los agentes

no se están acercando al objetivo o que se están demorando mucho tiempo en una misma zona, por lo que bajo esta premisa y un valor de tope arbitrario, decidimos entregar retroalimentación cuando el valor de progreso actual supera el tope definido.

El contenido de la retroalimentación corresponde a los mensajes entregados a los agentes. Estos son predefinidos para cada acción y personalizados para cada grupo de parámetros utilizados para ellas. Los mensajes se dividen en 5 niveles de detalle para cada acción, desde un nivel de detalle bajo (“¿Están bien?”) a un nivel de detalle alto (“Agente 3 debe cruzar el puente”), estos se entregan iterativamente cuando es necesario según la definición de progreso anterior, subiendo el nivel de la retroalimentación paulatinamente bajo la misma acción. Si la acción cambia, el nivel de detalle se devuelve al inicial. Las acciones mencionadas anteriormente corresponden a las acciones definidas por el modelo del planificador y utilizadas en los planes.

Para saber que información debe entregar el sistema de retroalimentación en un cierto momento para un cierto plan, se tiene un sistema que revisa en tiempo real las acciones realizadas por los agentes. Cada vez que una acción del plan se realiza, un contador que marca el progreso actual se mueve. Este contador solo puede avanzar, por lo que si los agentes realizan acciones que no los acercan al objetivo, este contador no se mueve. Dado que los planes utilizados son de orden parcial existe más de una linealización para cada uno de ellos, pero para evitar tener que revisar cada linealizaciones, las etapas fueron diseñadas para que cada agente tenga una solución con orden total. Dado esto podemos para el plan de orden parcial actual tener 3 contadores uno para cada cliente y marcar en cada uno cuál es su progreso actual (obviando la validación de cada acción realizada por el monitor). Cuando se debe entregar un mensaje se entrega el mensaje de la acción del plan actual señalada por el contador más alejado del objetivo, está siempre corresponde a la próxima acción que debería ejecutar alguno de los agentes para que se acerquen al objetivo.

Para promover la comunicación entre los agentes, el mensaje siempre se entrega a un agente distinto del que debe realizar la acción en cuestión. Esto se puede saber a partir de los parámetros utilizados por cada acción.

2.4 Diseño Experimental

Los siguientes 3 experimentos se diseñaron con el objetivo de obtener datos relevantes para responder a la pregunta: ¿Es posible construir un sistema de retroalimentación automático basado en Automated Planning que incentive la comunicación dentro de grupos de niños en un juego colaborativo?

Se implementó un juego colaborativo para tablets que opera con 3 jugadores en dispositivos independientes (clientes), conectados a través de un servidor único, ejecutado en un ordenador portátil. En el servidor se utilizó el planificador “FastDownward” para generar planes (Helmert, 2006). El monitor de los clientes cuenta con una lógica para calcular las condiciones de monitoreo de los planes y revisarlas en tiempo real. El cliente cuenta con una etapa de aproximadamente 45 minutos (ver anexo B, anexo C y anexo D).

a) Primer Experimento

Corresponde a una comparación de rendimiento para los métodos de monitoreo estudiados (método secuencial, método de Muise y método propuesto). Se medirán los tiempos (en milisegundos) que toman los métodos de monitoreo en calcular las condiciones de validez a utilizar en el sistema de retroalimentación a partir de un set de planes de orden parcial de la forma descrita en la figura 2-3. El set está compuesto por 19 planes de orden parcial de entre 3 a 21 acciones.

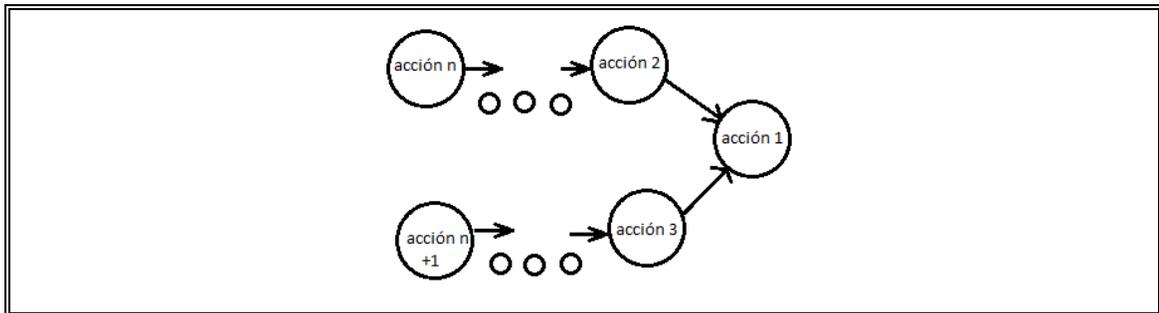


Figura 2-3: Representación set de planes de prueba

Esta prueba se realizó sin ningún agente interactuando con el sistema y con el servidor conectado únicamente a un cliente para evitar que otras acciones como, recepción de mensajes de otros clientes o envío de mensajes de actualización, interfieran con los valores obtenidos.

Se realizó un total de 171 mediciones, estas se dividieron en 9 mediciones para cada método de monitoreo utilizando cada uno de los planes del set de prueba (tablas 2-1, 2-2 y 2-3). Estos valores se promediaron para obtener los tiempos de ejecución representativos de cada método utilizando cada plan. Se grafican los resultados promedios obtenidos por método (ver figuras 2-4, 2-5 y 2-6) para apreciar la evolución del rendimiento con respecto a la cantidad de acciones por plan.

b) Segundo Experimento

Corresponde a un análisis cuantitativo de la efectividad de la retroalimentación, definida como el porcentaje de mensajes entregados en los cuales se pudo comprobar un efecto positivo en la comunicación entre los agentes.

El experimento consiste en una sesión de 30 minutos del juego implementado, el cual jugarán niños de 6° básico en grupos de a 3 elegidos al azar entre alumnos del mismo curso. En el experimento participaron 75 alumnos de 6° básico de un colegio de Pudahuel, Santiago. Se extendió la invitación a todos los 95 alumnos del nivel a participar, pero se requería traer un consentimiento firmado por los apoderados (ver anexo H) y aceptar un consentimiento por parte del alumno antes de realizar el experimento (ver anexo I). 75 alumnos presentaron ambos

consentimientos, por lo que pudieron participar en la experiencia. Solo se invitaron a alumnos de 6° básico pues es una edad formativa importante para la resolución colaborativa de problemas (Allen & Marotz, 2009; Gross, 1987). Los alumnos se dividieron en 25 grupos, de tres alumnos cada uno, de 2 tipos: 10 grupos de control, los que jugaron una versión sin el sistema de retroalimentación; y 15 grupos experimentales, los que jugaron una versión con sistema de retroalimentación implementado.

Para analizar la efectividad de la retroalimentación entregada se usaron transcripciones de las conversaciones entre los integrantes de cada grupo (ver ejemplo en anexo J) en conjunto con los registros de las acciones realizadas durante la ejecución (ver ejemplo en anexo K). Se buscaron trozos de las transcripciones que tengan directa relación con la retroalimentación. A estos los llamaremos *momentos*. Se buscaron *momentos* en los grupos experimentales en donde el sistema de retroalimentación entregaba un mensaje al grupo, estos se analizaron en conjunto con las acciones registradas identificando si el mensaje causó efectos positivos identificables en la comunicación. Definimos un efecto positivo de forma binaria cuando en el análisis de un *momento* se puede detectar comunicación efectiva entre los integrantes del grupo en torno al mensaje, considerando como comunicación efectiva una aceptación del mensaje y una discusión respecto al mismo. Los *momentos* cuando el mensaje es considerado como una instrucción por realizar, es ignorado o es simplemente leído no son considerados como de comunicación efectiva.

En el grupo de control se buscaron las secciones del juego correspondientes con los *momentos* encontrados en el grupo experimental. Estos se compararon con los del grupo experimental en relación a los tiempos que demoran en resolver la situación encontrada en ambos casos. Se obtiene un valor porcentual de la cantidad de *momentos* en donde el grupo de control es más veloz que el experimental.

c) Tercer Experimento

Corresponde a una comparación de la cantidad de replanificaciones realizadas por el juego usando las condiciones de validez de los métodos de monitoreo. Consiste

en aplicar una secuencia de acciones de prueba y revisar en orden para el estado del juego tras realizar cada una de ellas si el plan es válido según el método de monitoreo. Si el estado después de alguna acción no cumple con las condiciones de validez, se actualizan las condiciones según los métodos de monitoreo y se continúa probando hasta terminar con la secuencia. Se contabiliza la cantidad de veces en donde no se cumplió con las condiciones de validez y se considera como la cantidad de replanificaciones del plan sobre el método de monitoreo. Se utilizaron 5 secuencias de acciones obtenidas de los grupos de alumnos del segundo experimento elegidos al azar. Cada secuencia corresponde a las acciones realizadas por el grupo durante el experimento.

Para realizar la comparación se obtiene el porcentaje de acciones en las cuales se realizó replanificación contra el total de acciones de la secuencia analizada, además se obtiene el valor de la distancia promedio de las acciones entre replanificaciones para cada método de monitoreo. Estos valores se entregan promediados para facilitar el análisis.

Dado que no pudimos ejecutar el método de Muise en el sistema, esta prueba se realizó comparando únicamente el método secuencial y el método propuesto.

2.5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la experimentación descrita en la sección anterior:

a) Primer Experimento

Mediciones completas (en milisegundos) para cada experimento:

Tabla 2-1: Experimento 1 método secuencial

Metodo\N° Acciones	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Método Secuencial										
Experimento 1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5024	0,5018	1,0023	1,5008
Experimento 2	0,0000	0,0000	0,5011	0,5011	0,0000	0,0000	0,5011	0,0000	0,5005	0,5011
Experimento 3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0036	0,0000	0,0000	0,5005	0,4985	0,4973
Experimento 4	0,0000	0,5024	0,0000	0,5005	0,4986	0,0000	2,0052	0,5012	0,5005	0,5030
Experimento 5	0,0000	0,5011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5018	1,0016	0,4980	0,4998
Experimento 6	0,0000	0,5005	0,0000	0,5011	0,5017	0,5030	0,0000	0,5011	0,5012	0,5005
Experimento 7	0,0000	0,0000	0,5005	0,0000	0,0000	1,0016	0,4998	0,0000	0,4998	0,5005
Experimento 8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5024	1,0009	1,0016	0,5011
Experimento 9	0,0000	0,0000	0,0000	0,5018	0,5011	0,0000	0,5044	0,0000	0,5011	0,5024
Metodo\N° Acciones	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Método Secuencial										
Experimento 1	1,5022	0,5005	1,5041	1,0029	0,9978	0,5011	0,4998	0,4998	0,5011	
Experimento 2	1,5034	1,0010	0,5012	0,5018	0,5024	0,5005	0,4999	2,0051	0,5011	
Experimento 3	0,0000	0,4979	0,5012	0,5012	1,0029	0,4986	1,0010	0,5011	1,0017	
Experimento 4	0,5005	0,4986	0,5030	0,5024	0,5011	0,5005	1,0004	0,5005	0,5050	
Experimento 5	0,4992	0,5012	0,5018	0,4980	2,0032	1,0048	1,0029	0,5005	1,0042	
Experimento 6	0,5037	1,0042	0,5005	1,5015	0,5005	1,0023	0,4999	1,0004	2,0026	
Experimento 7	1,0004	0,4986	0,4979	0,4985	0,4998	0,5011	0,5024	0,5011	1,0010	
Experimento 8	1,5021	0,5005	0,5018	0,5012	1,0010	0,5004	1,0023	0,5005	1,0022	
Experimento 9	0,5018	0,5024	0,5011	0,4992	0,5005	2,0019	1,5021	1,0010	2,0013	

Tabla 2-2: Experimento 1 método de Muise

Metodo\N° Acciones	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Método Muise										
Experimento 1	6,0072	26,4583	42,9862	28,5487	13,0205	57,5920	34,0554	138,2926	259,1490	249,4419
Experimento 2	6,5090	6,5097	8,0124	30,0475	42,5696	39,5640	34,0560	80,1303	139,7262	251,1603
Experimento 3	5,5086	6,5096	8,0123	10,0156	32,0521	21,0317	54,0879	77,6643	152,2475	335,1998
Experimento 4	6,0091	8,0130	7,5106	9,5139	14,0235	20,5331	34,5552	97,7052	134,7200	250,9082
Experimento 5	6,5109	7,0108	7,5099	30,5494	14,5227	20,0332	57,0928	78,6652	151,2452	300,8181
Experimento 6	5,5048	6,5154	8,5135	9,5145	38,5630	40,5662	36,5598	77,6252	133,2146	372,9698
Experimento 7	5,5086	7,0107	8,5129	9,5145	38,5618	20,0332	55,1164	59,0967	151,2446	252,4666
Experimento 8	6,0085	27,0427	23,0368	10,5180	13,5217	20,0332	98,6626	76,6882	132,2130	314,8434
Experimento 9	6,5134	7,0114	22,0377	28,0443	32,5507	20,5330	53,6591	77,0421	169,7700	260,4457
Metodo\N° Acciones	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Método Muise										
Experimento 1	517,2248	976,2022	2218,0682	4691,7110	8820,4577	16737,7379	34246,8389	64285,1779	131784,615	
Experimento 2	513,3776	1279,5995	2415,5842	3771,5814	9759,2316	18676,6207	34190,1718	64597,2962	129194,592	
Experimento 3	630,6808	943,0819	2532,6480	5069,2858	9118,8194	17581,1799	35841,2742	63898,8567	112238,171	
Experimento 4	484,6012	1327,4902	2373,2687	4516,1118	8307,4161	16733,7474	31973,3849	61231,1297	119603,722	
Experimento 5	766,3813	1277,8235	2310,2283	4825,8364	7855,9127	19328,3132	35505,9355	64093,0855	128186,171	
Experimento 6	519,2517	1354,0330	2654,3481	3833,7579	8075,6776	17307,0723	34500,7316	70519,4418	141038,884	
Experimento 7	515,1416	981,0599	2515,2151	3802,5250	8283,5165	18964,6211	33058,5290	66392,1538	119505,877	
Experimento 8	495,2408	915,6956	2143,8101	4815,4885	8229,2570	16672,5975	34660,4615	66890,0136	127091,026	
Experimento 9	728,4461	1169,8556	2589,0541	3749,3376	9501,6711	17903,8418	35175,2216	62472,6322	131192,528	

Tabla 2-3: Experimento 1 método propuesto

Metodo\N° Acciones	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Método Propuesto										
Experimento 1	3,00420	3,00620	3,00490	4,50640	4,50830	10,01620	4,00780	18,02930	5,50800	4,50700
Experimento 2	3,00550	3,00420	3,50540	3,50610	5,00750	10,51670	3,50600	5,00940	18,02740	4,00590
Experimento 3	2,50380	3,50480	3,50470	4,00520	5,01010	3,50470	4,00520	5,50740	5,50870	4,00590
Experimento 4	9,01530	3,00290	4,04170	9,51510	4,54090	4,50510	4,50510	5,01010	5,50930	4,51020
Experimento 5	9,51570	3,00370	3,00480	4,00520	5,00810	3,50600	4,00720	5,00870	5,50870	4,00330
Experimento 6	3,00360	3,00430	10,52000	4,00780	4,50830	3,00620	3,50210	6,01620	5,00690	4,50700
Experimento 7	9,01660	9,01330	3,00490	4,00020	5,50990	10,51680	11,51840	6,01100	5,34090	5,00750
Experimento 8	3,00490	3,50410	3,50610	3,50660	16,52720	3,50660	4,00590	5,50870	6,00850	4,00720
Experimento 9	3,00490	4,00660	3,86060	9,51580	5,51190	3,50600	4,00650	5,51060	5,50870	5,50740
Metodo\N° Acciones	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Método Propuesto										
Experimento 1	4,50510	11,51970	4,00910	13,02240	4,50830	4,00780	4,00780	4,50700	23,53920	
Experimento 2	21,53530	4,00520	3,50470	4,00780	4,50760	4,50830	4,50760	4,00650	7,01070	
Experimento 3	6,00850	4,00710	4,50700	4,00580	4,00590	4,00580	5,00820	4,00520	7,01070	
Experimento 4	6,00980	3,50480	12,52010	4,51080	12,52140	4,00460	12,01570	4,54290	6,50960	
Experimento 5	7,01140	11,01540	4,50830	4,50570	4,00710	4,00710	4,50760	14,02210	19,03220	
Experimento 6	6,00910	4,00660	6,01110	4,00650	5,00690	13,02180	4,00900	5,00690	6,51090	
Experimento 7	6,00910	4,00720	12,51940	4,00590	5,00940	4,00650	4,50640	13,02120	24,03910	
Experimento 8	9,01400	4,00720	4,50640	4,00650	4,00650	4,00650	5,50920	4,03980	24,04100	
Experimento 9	5,50990	4,00460	4,50830	4,50570	5,00690	12,01890	13,52230	4,00720	7,01330	

Gráficos de los experimentos:

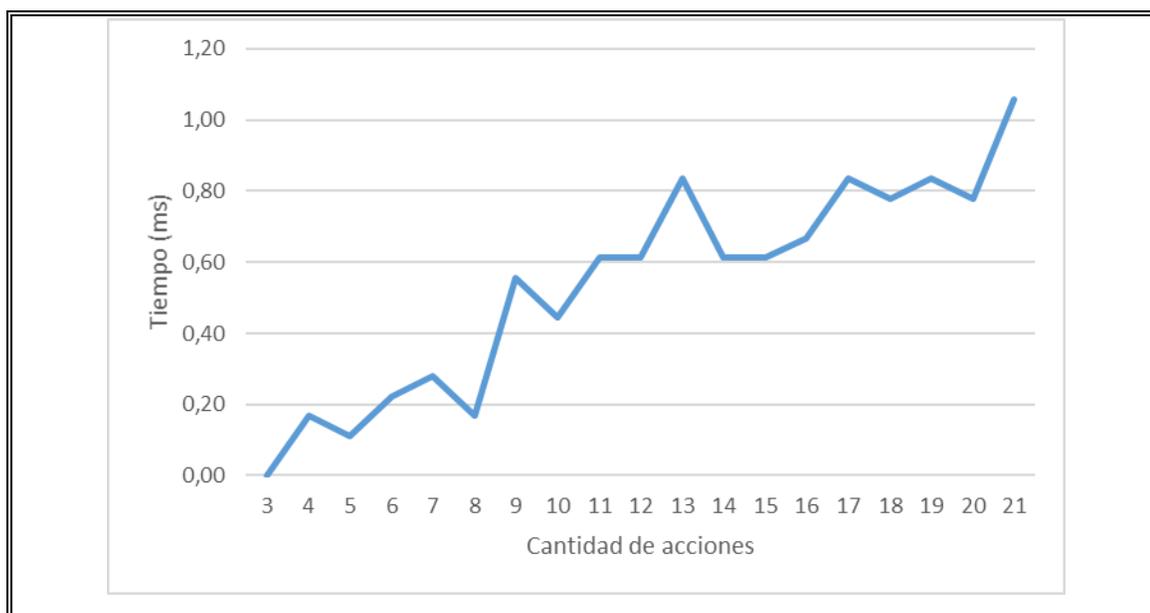


Figura 2-4: Grafico de experimento 1 método secuencial

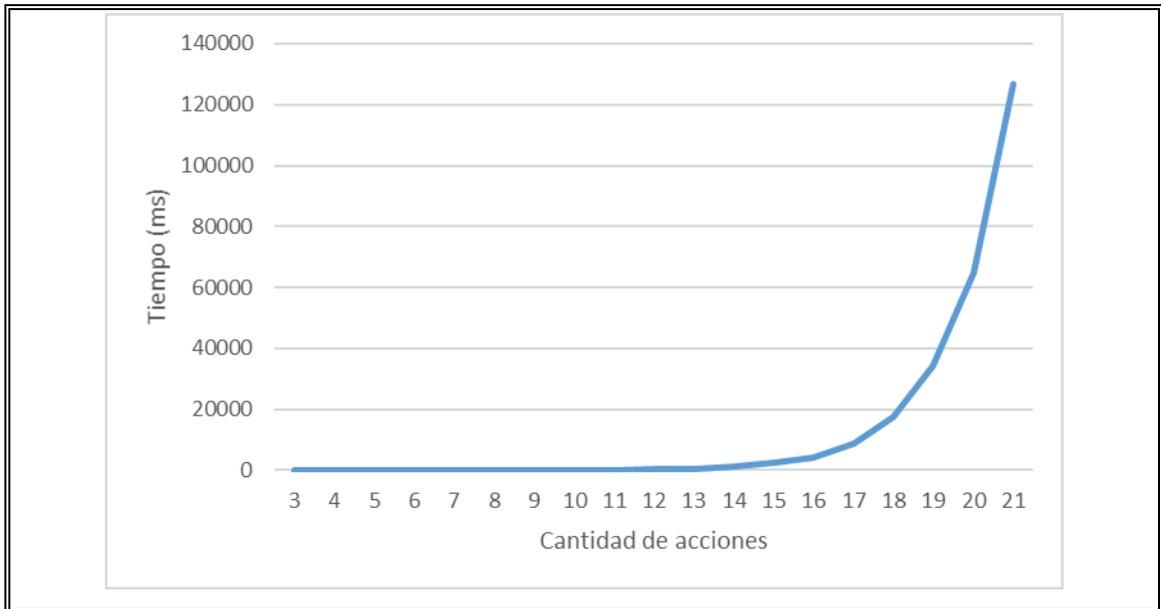


Figura 2-5: Grafico de experimento 1 método de Muise

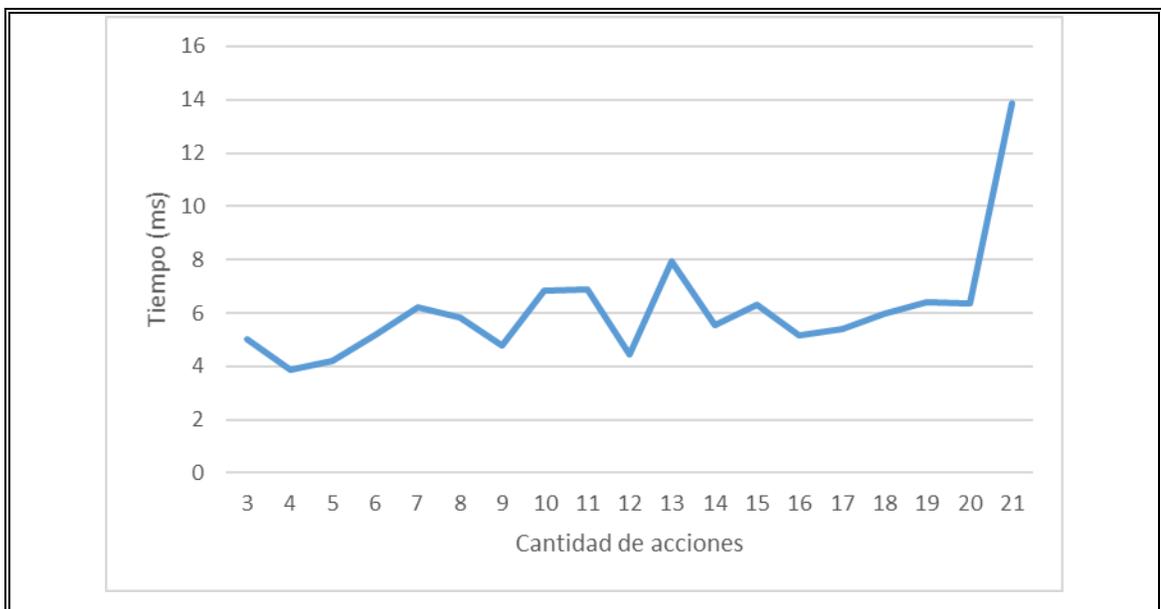


Figura 2-6: Grafico de experimento 1 método propuesto

b) Segundo Experimento

Del análisis pudimos detectar que la cantidad de *momentos* encontrada varía entre 4 a 10 por ejecución, con una media de 5,5 *momentos*. Estos momentos se pudieron identificar en 6 lugares principalmente.

La cantidad de *momentos* positivos identificados en el experimento fue de 26, lo que equivale a un 30% del total identificado (88). Entre los casos analizados, no se logró encontrar ningún grupo cuyo porcentaje de *momentos* positivos superara el 50%.

Además pudimos reconocer 47 *momentos* representativos en el grupo de control, de ellos 21 o el 45% pueden ser considerados más veloces que en el grupo experimental.

c) Tercer Experimento

El plan óptimo para completar la etapa cuenta con 46 acciones. El grupo más avanzado del experimento (en progreso alcanzado) logró cumplir 42 de estas acciones.

Las secuencias de acciones obtenidas desde los grupos varían entre las 50 hasta las 90 acciones.

Para el método secuencial el porcentaje de replanificación promedio fue de 74%, variando los valores desde 58% hasta 89%. La distancia entre las replanificaciones se encontró cada 2,3 acciones en promedio, con una moda de distancia de 1 acción.

Para el método propuesto el porcentaje de replanificación promedio fue de 46%, variando los valores desde 38% hasta 89%. La distancia entre las replanificaciones se encontró cada 3,4 acciones en promedio, con una moda de distancia de 1 acción.

3. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se analizan los datos de los resultados y se entregan las conclusiones obtenidas en la investigación.

3.1 Discusión

Al analizar los resultados de la sección anterior se puede apreciar el rendimiento de los 3 métodos de monitoreo revisados: el método secuencial fue el más rápido, sus tiempos de ejecución (ver tabla 2-1) no superaron los 2,5 milisegundos para ningún experimento. Estos tiempos eran esperados, pues este método se calcula independiente de la forma del grafo del plan presentado (ver figura 2-3) usando sólo una linealización del mismo. El método de Muise demora tiempo exponencial (ver figura 2-5), creciendo para cada acción agregada y demorando para el último plan cerca de 2 minutos por experimento (ver tabla 2-2). Según Muise et al. (2011) el método estudiado presenta este comportamiento para casos donde hay un dominio paralelo (acciones independientes entre ellas), como se da parcialmente en el plan de prueba (ver figura 2-3). Los resultados para el método propuesto (ver tabla 2-3) fueron considerablemente mejores que el método de Muise para el plan con más acciones (21 acciones), pero peor que el método secuencial en todo momento.

En las mediciones del primer experimento se puede apreciar que los valores para cada método y plan se mueven en un rango bastante definido, exceptuando por algunas pruebas que presentan valores que claramente no corresponden al rango, como es el caso del experimento 1 para el plan de 5 acciones usando el método de Muise (ver tabla 2-2). Estos valores son explicables al entender que el tiempo de ejecución no solo depende del experimento sino también de la condición del hardware.

Revisando el tercer experimento junto con lo obtenido del primero podemos ver que el método secuencial tiene cerca de un 75% de acciones que necesitan replanificar su plan actual, pero que se demora un tiempo despreciable en obtener

las condiciones de validez una vez entregado el nuevo plan. En cambio, el método propuesto solo debe replanificar cerca de un 45% de las veces y su tiempo, aunque no es tan bueno como el obtenido para el método secuencial, es capaz de utilizarse de forma imperceptible en una ejecución normal.

Para el juego desarrollado, replanificar implica pedir una ejecución a un planificador externo, el que demora entre 3 a 5 segundos en entregar un nuevo plan. Como el planificador no es modificable este tiempo no es manejable por el desarrollo, ante esto requerimos disminuir la cantidad de replanificaciones solicitadas por el método de monitoreo usado lo más posible. Dado lo anterior el método propuesto representa una forma que cumple con las necesidades planteadas de velocidad de ejecución y de replanificaciones necesarias.

Es importante destacar que los resultados anteriores tienen validez bajo planes de la forma descrita. Esto significa planes que generan caminos independientes entre sus acciones y que cuentan con pocas (en este caso 1) acciones comunes que unen estos caminos, para este juego eso ocurre entre las acciones de los 3 agentes que implican actividades individuales y las acciones comunes que deben realizar los agentes para proseguir en varios puntos del juego.

Con respecto a la retroalimentación entregada, se encontró una cantidad de *momentos* muy por debajo de lo esperado (5,5) y se identificó la mayoría de estos como *momentos* no positivos (70%). Se identificaron 2 tipos de instancias, aquellas cuando al recibir el mensaje lo compartían con el grupo y aquellos que lo ignoraban. Todo mensaje ignorado, se consideró como no positivo y dentro de los que sí fueron compartidos predominaron los mensajes que no fueron comprendidos y que generaban instrucciones más que instancias de comunicación. Comparando contra el grupo de control se encontró que, en general, las situaciones en donde se generan los *momentos* demoraban más tiempo en superarse que el grupo experimental. Esto era esperable pues la guía de la retroalimentación buscaba evitar estas instancias. Es importante destacar que ningún obstáculo revisado fue imposible de superar sin retroalimentación.

3.2 Conclusiones

En esta investigación analizamos la viabilidad de usar sistemas basados en Automated Planning para generar retroalimentación en juegos colaborativos. Como estos juegos funcionan en tiempo real, es necesario que los tiempos de respuesta de los métodos y de las revisiones de validez sean pequeños para que la experiencia de uso no se vea afectada. Como se pudo apreciar, métodos para el monitoreo de planes de orden parcial como Muise (ver figura 2-5), que obtienen todas las linearizaciones y sus posibles condiciones de validez, no cumplen con ser ejecutables en tiempos aptos para el juego.

Nuestro mayor objetivo fue ser capaces de desarrollar una forma de obtener las condiciones de validez necesarias para monitorear los planes de orden parcial generados en tiempos aceptables por el juego. El método propuesto nos permite aprovechar la estructura de los planes para dividirlos en problemas más simples de resolver, lo que nos ayuda a generar mejores tiempos que los obtenidos por Muise y entregar una lista de validaciones que conservan correctitud.

Otro de los objetivos de esta investigación fue entregar una retroalimentación que permita promover la comunicación en juegos de carácter colaborativo. Se apreció, de los resultados del experimento 2, que la retroalimentación entregada permite un desempeño más rápido en la actividad realizada comparando con alumnos sin retroalimentación. Pero que la mayoría de los mensajes no causan efectos positivos en la comunicación entre los jugadores.

Particularmente se puede decir que la forma de entregar la retroalimentación, al igual que los mensajes entregados fueron considerados de forma más instruccional que como instancias para comunicarse entre el grupo. Esto significa que los alumnos al recibir un mensaje de retroalimentación lo compartían con sus compañeros de grupo como una instrucción a seguir para avanzar en el juego, en vez de como una pista de la que debían conversar para resolver el problema, esto fue considerado como un efecto no positivo pues no promueve la comunicación

como forma de buscar soluciones a los problemas, sino que al mensaje de retroalimentación como la solución entregada a los alumnos.

En los resultados del experimento 2 se mencionaron los momentos encontrados durante la ejecución normal del juego. Se identificaron 6 situaciones distintas en donde la retroalimentación se entregaba a los agentes, estos correspondieron a actividades de más complejidad en el juego, donde los alumnos tendían a detener su progreso, esto nos dice que los momentos de entrega de los mensajes era correcto. Aún así, sólo un 30% (24 de 88) de los mensajes fue considerado como un aporte a la comunicación. Juntando esto con las conclusiones anteriores, podemos concluir que el lugar donde se entrega el mensaje no es tan importante como el mensaje utilizado en sí.

Esta clase de desarrollos (generación de retroalimentación en base a Automated Planning) se ha visto en otras áreas de conocimiento, como son las ciencias o la matemática con variados resultados (Fyfe & Rittle-Johnson, 2016); la experimentación realizada nos entrega resultados de que los mensajes si promueven la comunicación entre los agentes, solo que en una baja medida (ver experimento 2). Esto puede mejorarse rediseñando los mensajes entregados para evitar que sean vistos como instrucciones para completar el juego. Esta implementación aplicada de forma correcta, es decir corrigiendo sus mensajes y ajustando sus parámetros, puede usarse para apoyar otras habilidades del siglo XXI como el pensamiento crítico, la autogestión, etc.

El método propuesto tiene grandes aplicaciones como una alternativa de menor costo para problema de orden parcial, particularmente permite resolver problemas multi agente, en donde es normal que las acciones de cada agente sean independientes con las acciones de los otros agentes, de forma más rápida que algoritmos normales de Partial Order Planning.

Como trabajo futuro se debe lograr desarrollar una forma eficiente que pueda separar los objetivos de los planes de forma independiente y reconocer estructuras más complejas de planes. Además, se debe redefinir los mensajes de retroalimentación para evitar que sean tomados como mensajes instruccionales.

3.3 Limitaciones

De la investigación nos pudimos dar cuenta que la solución propuesta cuenta con las siguientes limitaciones.

El método de monitoreo propuesto es aplicable solamente para planes de una forma particular (ver figura 2-1), estos deben permitir generar componentes independientes entre sus acciones, además de poder permitir asignar sus objetivos de forma parcial a estos componentes, en caso contrario el método no garantiza la veracidad de las condiciones de validez entregadas.

El método propuesto no necesita que todas sus acciones sean independientes entre si, es decir soporta acciones comunes, pero las condiciones de validez se complejizan por la cantidad de acciones comunes utilizadas, particularmente las acciones comunes que no interactúan con todos los grupos independientes son las que más complejizan la solución.

El sistema desarrollado está ampliamente conectado al modelo usado por el planificador para generar los planes. Esto implica que cualquier cambio realizado en el modelo debe actualizar la lógica de monitoreo para reflejarlo.

Podemos además mencionar la rigidez de los tiempos de cálculo de cada plan por el planificador. Al ser un planificador externo no podemos alterar su lógica, lo que no nos permite mejorar los tiempos de planificación sin alterar el código del mismo planificador.

BIBLIOGRAFIA

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer Netherlands.

Griffin, P., Care, E., & McGaw, B. (2012). The changing role of education and schools. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 1-15). Springer Netherlands.

OECD (2013) PISA 2015 Draft Collaborative problema solving framework. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>

Csapó, B., & Funke, J. (2017). The Nature of Problem Solving.

Chang, C. J., Chang, M. H., Chiu, B. C., Liu, C. C., Chiang, S. H. F., Wen, C. T., ... & Wu, S. W. (2017). An analysis of student collaborative problem solving activities mediated by collaborative simulations. *Computers & Education, 114*, 222-235.

von Davier, A. A., Hao, J., Liu, L., & Kyllonen, P. (2017). Interdisciplinary research agenda in support of assessment of collaborative problem solving: lessons learned from developing a Collaborative Science Assessment Prototype. *Computers in Human Behavior*.

Kim, Y. J., & Shute, V. J. (2015). The interplay of game elements with psychometric qualities, learning, and enjoyment in game-based assessment. *Computers & Education, 87*, 340-356.

Scoular, C., Care, E., & Awwal, N. (2017). An Approach to Scoring Collaboration in Online Game Environments. *Electronic Journal of e-Learning, 15*(4).

Care, E., & Griffin, P. (2014). An Approach to Assessment of Collaborative Problem Solving. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning, 9*(3).

Hao, J., Liu, L., von Davier, A., & Kyllonen, P. (2015, June). Assessing collaborative problem solving with simulation based tasks. In *Proceedings of the 11th international conference on computer supported collaborative learning* (Vol. 2, pp. 544-547).

Liu, L., Hao, J., Andrews, J. J., Zhu, M., Mislevy, R. J., Kyllonen, P., & Graesser, A. (n.d.). Collaborative Problem Solving: Innovating Standardized Assessment. Retrieved from <https://repository.isls.org/bitstream/1/213/1/118.pdf>

Şendağ, S., & Odabaşı, H. F. (2009). Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. *Computers & Education*, 53(1), 132-141.

van Laar, E., van Deursen, A. J., van Dijk, J. A., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in human behavior*, 72, 577-588.

Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50-58.

Chen, C. H., & Law, V. (2016). Scaffolding individual and collaborative game-based learning in learning performance and intrinsic motivation. *Computers in Human Behavior*, 55, 1201-1212.

Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education*, 67, 156-167.

Ekecrantz, S. FEEDBACK AND STUDENT LEARNING?—A CRITICAL REVIEW OF RESEARCH. *Utbildning Lärande*, 15.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81-112.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.

Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The journal of the learning sciences*, 13(3), 423-451.

Nuankhieo, P. (2010). *A comparative study of the effects of instructional design-based scaffolding and management-based scaffolding on learning in online collaborative groups*. University of Missouri-Columbia.

Zumbach, J., Reimann, P., & Koch, S. C. (2006). Monitoring students' collaboration in computer-mediated collaborative problem-solving: Applied feedback approaches. *Journal of Educational Computing Research*, 35(4), 399-424.

Shore, J. R., Wolf, M. K., O'Reilly, T., & Sabatini, J. P. (2017). MEASURING 21ST-CENTURY READING COMPREHENSION THROUGH SCENARIO-BASED ASSESSMENTS. *English Language Proficiency Assessments for Young Learners*, 234.

- Rabbi, M., Pfammatter, A., Zhang, M., Spring, B., & Choudhury, T. (2015). Automated personalized feedback for physical activity and dietary behavior change with mobile phones: a randomized controlled trial on adults. *JMIR mHealth and uHealth*, 3(2).
- Gerdes, A., Heeren, B., Jeurig, J., & van Binsbergen, L. T. (2017). Ask-Elle: an adaptable programming tutor for Haskell giving automated feedback. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 65-100.
- Ghallab, M., Nau, D., & Traverso, P. (2004). *Automated Planning: theory and practice*. Elsevier.
- Epstein, I., & Tripodi, T. (1977). *Research techniques for program planning, monitoring, and evaluation*. New York: Columbia University Press.
- Weld, D. S. (1994). An introduction to least commitment planning. *AI magazine*, 15(4), 27.
- Kautz, H., McAllester, D., & Selman, B. (1996). Encoding plans in propositional logic. *KR*, 96, 374-384.
- Muise, C., McIlraith, S. A., & Beck, J. C. (2011, July). Monitoring the execution of partial-order plans via regression. In *IJCAI Proceedings-International Joint Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 22, No. 3, p. 1975).
- Fritz, C., & McIlraith, S. A. (2007, September). Monitoring Plan Optimality During Execution. In *ICAPS* (pp. 144-151).
- Nicol, D., Thomson, A., & Breslin, C. (2014). Rethinking feedback practices in higher education: a peer review perspective. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(1), 102-122.
- Boud, D., & Molloy, E. (Eds.). (2013). *Feedback in higher and professional education: understanding it and doing it well*. Routledge.
- Freedberg, M., Glass, B., Filoteo, J. V., Hazeltine, E., & Maddox, W. T. (2017). Comparing the effects of positive and negative feedback in information-integration category learning. *Memory & cognition*, 45(1), 12-25.
- Wooten, J. O., & Ulrich, K. T. (2017). Idea generation and the role of feedback: Evidence from field experiments with innovation tournaments. *Production and Operations Management*, 26(1), 80-99.
- Chan, Y. F., Kaur Sidhu, G., Narasuman, S., Lee, L. F., & Yap, B. W. (2016). The relationship between collaboration in learning, quantity and timing of feedback, and self-

efficacy of students in higher education/Chan Yuen Fook...[et al.]. *Social and Management Research Journal*, 13(1), 60-75.

Helmert, M. (2006). The fast downward planning system. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 26, 191-246.

Fyfe, E. R., & Rittle-Johnson, B. (2016). The benefits of computer-generated feedback for mathematics problem solving. *Journal of experimental child psychology*, 147, 140-151.

Allen, K., & Marotz, L. (2009). *Developmental profiles: Pre-birth through twelve*. Cengage Learning.

Gross Jr, F. L. (1987). *Introducing Erik Erikson: An invitation to his thinking*. University Press of America.

ANEXOS

ANEXO A: DOMINIO PDDL

```

(define (domain collabGame)

  (:requirements :typing)

  (:types player poi obstacle item switch - object
    mage warrior inventor - player
    rollable door jump barrier enemy - obstacle
    gear rune - item
    step lever machine doble triple - switch
  )

  (:predicates (player-at ?p - player ?x - poi)
    (player-distinct ?p ?r - player)
    (enemy-at ?e - enemy ?x - poi)
    (enemy-edge ?e - enemy ?x ?y - poi)
    (item-at ?x - item ?y - poi)
    (switch-at ?x - switch ?y - poi)
    (route-to ?x ?y - poi)
    (route-block ?x ?y - poi ?z - obstacle)
    (luring ?m - mage)
    (blocked ?x - obstacle)
    (open ?x - obstacle)
    (player-inventory ?p - player ?y - item)
    (linked-switch ?x - switch ?y - obstacle)
    (door-rune ?x - door ?y - rune)
    (door-route ?x ?y - poi ?z - door)
    (machine-gear ?x - machine ?y - gear)
    (machine-loaded ?x - machine)
    (switch-on ?s - switch)
    (item-assign ?i - item ?p - player)
    (switch-assign ?s - switch ?p - player)
    (rollable-locked ?r - rollable)
    (rollable-open ?r - rollable)
  )

  (:action move
    :parameters (?p - player ?x ?y - poi)
    :precondition (and (player-at ?p ?x)
      (route-to ?x ?y)
      (not (exists (?z - obstacle)
        (and (route-block ?x ?y ?z)
          (blocked ?z))))))
  )

```

```

:effect (and (not (player-at ?p ?x))
             (player-at ?p ?y)
             (forall (?e - enemy)
                    (when (and (enemy-edge ?e ?x ?y)
                                (luring ?p)
                                (open ?e))
                            (and (blocked ?e)
                                (not (open ?e))
                                (not (luring ?p)))))))
)
(:action move-jump
 :parameters (?p - inventor ?x ?y - poi ?z - jump)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (route-to ?x ?y)
                   (route-block ?x ?y ?z)
                   (blocked ?z))
 :effect (and (not (player-at ?p ?x))
              (player-at ?p ?y))
)
(:action move-through
 :parameters (?p - mage ?x ?y - poi ?z - barrier)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (route-to ?x ?y)
                   (route-block ?x ?y ?z)
                   (blocked ?z))
 :effect (and (not (player-at ?p ?x))
              (player-at ?p ?y))
)
(:action move-distract
 :parameters (?m - mage ?x ?y - poi ?z - enemy)
 :precondition (and (player-at ?m ?x)
                   (enemy-at ?z ?y)
                   (route-to ?x ?y)
                   (route-block ?x ?y ?z)
                   (blocked ?z))
 :effect (and (not (blocked ?z))
              (open ?z)
              (not (player-at ?m ?x))
              (luring ?m)
              (player-at ?m ?y))
)

```

```

(:action lever-on
  :parameters (?p - player ?s - lever ?x - poi)
  :precondition (and (player-at ?p ?x)
                    (switch-at ?s ?x)
                    (switch-assign ?s ?p)
                    (not (switch-on ?s)))
  :effect (and (switch-on ?s)
              (forall (?y - obstacle)
                (when (and (linked-switch ?s ?y)
                          (blocked ?y))
                  (and (not (blocked ?y))
                      (open ?y))))))
)
(:action lever-off
  :parameters (?p - player ?s - lever ?x - poi)
  :precondition (and (player-at ?p ?x)
                    (switch-at ?s ?x)
                    (switch-assign ?s ?p)
                    (switch-on ?s))
  :effect (and (not (switch-on ?s))
              (forall (?y - obstacle)
                (when (and (linked-switch ?s ?y)
                          (open ?y))
                  (and (blocked ?y)
                      (not (open ?y))))))
)
(:action machine-on
  :parameters (?p - player ?s - machine ?x - poi)
  :precondition (and (player-at ?p ?x)
                    (switch-at ?s ?x)
                    (switch-assign ?s ?p)
                    (not (switch-on ?s))
                    (machine-loaded ?s))
  :effect (and (switch-on ?s)
              (forall (?y - rollable)
                (when (and (linked-switch ?s ?y)
                          (rollable-locked ?y))
                  (and (not (rollable-locked ?y))
                      (rollable-open ?y))))))
)
(:action item-pick
  :parameters (?p - player ?i - item ?x - poi)
  :precondition (and (player-at ?p ?x)

```

```

                (item-at ?i ?x))
:effect (and (not (item-at ?i ?x))
             (player-inventory ?p ?i))
)
(:action item-drop
 :parameters (?p - player ?i - item ?x - poi)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (player-inventory ?p ?i))
 :effect (and (not (player-inventory ?p ?i))
              (item-at ?i ?x))
)
(:action rune-use
 :parameters (?p - player ?r - rune ?x - poi ?z - door)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (player-inventory ?p ?r)
                   (item-assign ?r ?p)
                   (blocked ?z)
                   (door-rune ?z ?r))
 :effect (forall (?y - poi)
          (when (and (route-to ?x ?y)
                    (route-block ?x ?y ?z)
                    (door-route ?x ?y ?z))
                (and (not (blocked ?z))
                     (open ?z)
                     (not (player-inventory ?p ?r))))))
)
(:action gear-use
 :parameters (?p - player ?r - gear ?x - poi ?z - machine)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (switch-at ?z ?x)
                   (player-inventory ?p ?r)
                   (item-assign ?r ?p)
                   (not (machine-loaded ?z))
                   (machine-gear ?z ?r))
 :effect (and (not (player-inventory ?p ?r))
              (machine-loaded ?z))
)
(:action step-on
 :parameters (?p - player ?s - step ?x - poi)
 :precondition (and (player-at ?p ?x)
                   (switch-at ?s ?x)
                   (switch-assign ?s ?p)
                   (not (switch-on ?s)))
 :effect (and (switch-on ?s)
              forall (?y - obstacle)

```

```

                (when (and (linked-switch ?s ?y)
                            (blocked ?y)
                            (and (not (blocked ?y))
                                (open ?y))))))
    )
    (:action triple-switch
     :parameters (?p ?r ?s - player ?t - triple ?x - poi)
     :precondition (and (player-at ?p ?x)
                       (player-at ?r ?x)
                       (player-at ?s ?x)
                       (switch-at ?t ?x)
                       (switch-assign ?t ?p)
                       (switch-assign ?t ?r)
                       (switch-assign ?t ?s)
                       (player-distinct ?p ?r)
                       (player-distinct ?r ?s)
                       (player-distinct ?p ?s))
     :effect (forall (?z - obstacle)
              (when (and (linked-switch ?t ?z)
                          (blocked ?z)
                          (and (not (blocked ?z))
                              (open ?z))))))
    )
    (:action doble-switch
     :parameters (?p ?r - player ?t - doble ?x - poi)
     :precondition (and (player-at ?p ?x)
                       (player-at ?r ?x)
                       (switch-at ?t ?x)
                       (switch-assign ?t ?p)
                       (switch-assign ?t ?r)
                       (player-distinct ?p ?r))
     :effect (forall (?z - obstacle)
              (when (and (linked-switch ?t ?z)
                          (blocked ?z)
                          (and (not (blocked ?z))
                              (open ?z))))))
    )
    (:action push-boulder
     :parameters (?p - warrior ?r - rollable ?x ?y - poi)
     :precondition (and (player-at ?p ?x)
                       (route-to ?x ?y)
                       (route-block ?x ?y ?r)
                       (blocked ?r)
                       (rollable-open ?r))
     :effect (and (not (blocked ?r))
    )

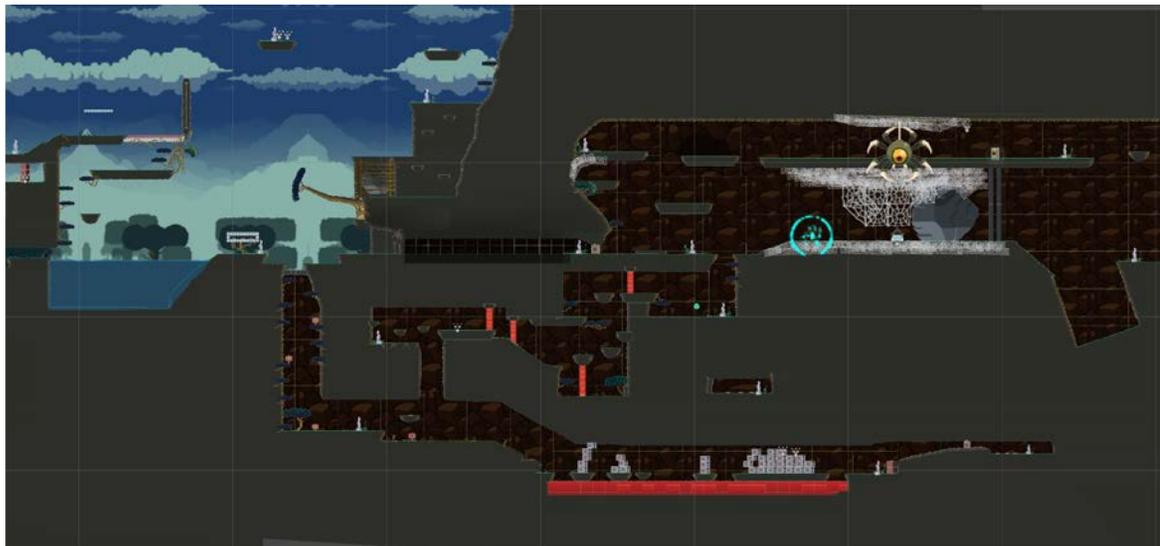
```

```
) (open ?r)  
)
```

ANEXO B: IMAGEN IN-GAME JUEGO IMPLEMENTADO



ANEXO C: IMAGEN DEL JUEGO MAPA NIVEL 1



ANEXO D: GAME DESIGN DOCUMENT JUEGO IMPLEMENTADO

Documento de Diseño de Juego

1. Descripción general del juego:

U-Forest Es un juego colaborativo de plataforma 2D, ambientado en un bosque habitado por una tribu-alienígena. Esta extraña tribu adora una gran roca lumínica que es robada por la tribu que vive en lo profundo de las montañas. Los tres jugadores deberán trabajar juntos para recorrer el bosque en busca de artefactos y el conocimiento necesario para poder encontrarlo.

2. Objetivos del diseño:

- Desarrollar una herramienta que ejercite los distintos niveles y aristas de la habilidad colaborativa para solución de problemas.
- Diseñar una herramienta que cumpla criterios de scaffolding y aumento de dificultad graduada acorde a los niveles de complejidad requeridos por la habilidad a trabajar.
- Diseñar puzzles cuya mecánica principal sea las formas de dinámica colaborativa.
- Desarrollar una narrativa minimalista y multimodal cuyos elementos retóricos potencien las mecánicas y permita trabajar un aspecto actitudinal acerca del trabajo colaborativo.
- Desarrollar un planificador que pueda otorgar feedback enfocado específicamente al desarrollo de la habilidad colaborativa para la solución de problemas.
- Alcanzar un standard de jugabilidad en base a:
 - Usabilidad Óptima de la Interfaz.
 - Narrativa económica y procedural.
 - Sistema de scaffolding: Desarrollo de las habilidades y sus posibles usos para asegurar la evolución del aprendizaje en el juego.
 - Graceful Failure: Desarrollar un ambiente que permita a los jugadores cometer errores para volver a realizar hipótesis en torno a la solución de los problemas.
 - Investigación basada en diseño e iteración.
 - Libertad de explorar distintas posibilidades del story-telling del juego.
- En definitiva, intentar proporcionar un ambiente de juego colaborativo del cual los usuarios quieran formar parte.

3. Jugadores y Mecánicas

El juego está pensado para 3 jugadores. Cada uno tiene un rol específico: Cazador, Mago, Inventor. Cada rol tiene asociado una habilidad especial.

Jugador	Rol	Habilidad	Feedback visual de habilidad	Color
1	Mago	Magia Protectora	Campo lumínico protector	Celeste
2	Guerrero	Fuerza	Aura roja	Rojo
3	Inventor	Cambio de gravedad y doble salto	Aura Amarilla en su cabeza.	Amarillo

3.1 Set de acciones básico:

- Desplazarse
- Saltar
- Atacar (J1 bola energía, J2 golpe, J3 honda).
- Usar habilidad especial
- Enviar mensaje predeterminado
- Usar Chat //Eliminado
- Interactuar con objetos

3.1 Representación Visual de los Jugadores

Jugador 1.

Jugador 2.

Jugador 3.

3.1.1 Acciones a animar

Listado de tablas que se deben animar:

Jugador	J1	J2	J3
Animación			
Idle	x	x	x
Correr	x	x	x
Saltar	x	x	x

Subir y bajar escalera	x	x	x
Atacar	x	x	x
Habilidad especial	x	x	x
Ser heridos/morir	x	x	x
Cargar maná			

3.2 Mecánica principal 1: Habilidades especiales

El uso de las habilidades se encuentra restringido a una barra de 'Maná', la que es compartida por los tres usuarios. El número máximo al que esta barra puede llegar es de 100. Durante el juego puede subir a 120 y a 150. Cada vez que la habilidad se usa, la barra baja 10 puntos, luego 5 puntos cada 2 segundos que se mantenga activada.

Habilidades por jugador:

Sobre J1: Magia

Representación Visual: Círculo celeste alrededor del jugador.

Funciones: Magia cumple 2 funciones en el juego:

1. Genera un escudo protector sobre el jugador. Mientras esté siendo usado los enemigos no afectan a J1. Baja la barra de maná constantemente. Si cualquiera de los otros jugadores se encuentra en un diámetro $\leq X$, dentro del círculo celeste que lo rodea, será cubierto por el campo protector. En este caso el consumo de maná se multiplica por 1,5. Magia protege de eventos de ataque como son enemigos: escorpiones, murciélagos, arañas, etc. Estos simplemente traspasan al jugador. Puede haber una excepción a esto en algún jefe o enemigo específico.
2. Magia también tiene funciones contextuales:
 - a. Hacer inmune a objetos de otros elementos ambientales.
 - b. Funcionalidad de luz (Hace brillar dibujos predeterminados)
 - c. Flechas, llamaradas y objetos hostiles definidos (ver anexo (X)) que atraviesen el campo de magia, tendrán ellos mismos magia.

Lo que activa los switch de tipo mago como si fueran un golpe de él mismo.

Sobre J2: Fuerza

Representación Visual: Una gruesa línea roja que rodea al jugador. Un aura brillante y comprimida.

Fuerza cumple 2 funciones.

1. Su ataque produce más daño a enemigos de todo tipo.
2. Permite interacciones específicas acorde a esta habilidad:
 - a. Desplazar rocas gigantes con golpes. Rocas tienen un collider que indica que han llegado a su destino. (Siempre tienen un destino predefinido).
 - b. Con el ítem Guante Dorado puede golpear las mismas rocas y desplazarlas abruptamente.
 - c. Romper cajas de hierro.

Sobre J3. Inventiva

Representación Visual: Aura gaseosa amarilla alrededor del jugador.

Inventiva cumple 3 funciones:

1. Permite al jugador hacer un triple salto. Tercer salto es un gran impulso horizontal en la dirección que tenga presionado el joystick. Si ninguno es presionado, en la misma dirección del movimiento actual según eje x. Si no hay movimiento en eje X, aparece el sprite, pero no se aplica la fuerza.
2. Disparo doble, una segunda roca (flecha) es arrojada en paralelo a la original. (J3 tendrá switch especiales dobles).
3. Cambio de gravedad en zonas determinadas.

3.3 Mecánica Principal 2: Ataque

Sobre J1. Bola energía.

El jugador 1 arrojará una pequeña bola de energía celeste..
Activa magia en Objetos Determinados (Ver Mecánicas Colaborativas)

Sobre J2. Golpe.

Golpe corto que produce daño al enemigo cercano. Su daño es superior al de los demás jugadores por x.
Puede romper objetos como: Cajas, tablas, vasijas, cajas reforzadas, rocas, paredes, you nameIT.

Sobre J3. Honda/Arco.

Cada golpe produce un daño = 2.
Sirve para activar objetos a distancia.
Sirve para destruir burbujas (Ver mecánicas Colaborativas)

3.4 Mecánica Principal 3: Ítems

Los jugadores tendrán limitados ítems. Estos serán runas o engranajes que permiten activar algunos dispositivos a lo largo del juego.

Existen 15 variedades de runas. 5 por cada color. Cada color correspondiendo a un jugador.

Estas runas funcionarán de modo ostensible. Para activar los dispositivos los jugadores deberán conseguir la runa que se encontrará señala por imitación. Los dispositivos tendrán una runa modelo que deberán conseguir (o ya tienen) los jugadores.

Otro ítem es una cuerda que permite al jugador 3 ayudar a sus compañeros a subir a lugares donde ellos no pueden llegar y tal vez necesitan acceder.

4. Actividades

4.1 Etapa 0

Los jugadores son guiados por un NPC a través de un camino hacia la cima de un gran árbol. Desde ahí los jugadores pueden ver que su aldea se encuentra en problemas y que deben ir en su ayuda. En este camino deben aprender las mecánicas principales y, a través del guión, se les debe señalar la importancia de la dinámica colaborativa.

Las mecánicas de juego a comprender son: desplazamiento, saltar, habilidad especial, ataque, interacción con puzzles ambientales, recoger ítems, usar ítems, seguir camino, comprender la señalética que indica mi camino, comprensión del propio rol.

Al comenzar lo primero que aparece es el NPC.

Guión:

1. 'Bueno... Así termina su entrenamiento. Espero estén listos'
2. '... jaja es una broma. Repasemos lo básico'. //Se activan controles. Aparece una flecha roja apuntando al joystick. //

3. 'Usa el joystick izquierdo para desplazarte de izquierda a derecha'. // Anda, vamos.
 4. 'Para saltar, presiona el botón inferior de tu derecha' //ParticleSystem en Botón
 5. 'Excelente!' Ahora veamos qué tal tus ataques.
 6. 'Para atacar, puedes presionar el botón a la extrema derecha' //ParticleSystem en Botón.
 7. 'Aunque no lo parezcan, las criaturas en el bosque pueden ser muy cariñosas'
 8. 'Puedes, si no quieres atacaras, darles cariño presionando este botón // brillo en el botón.
 9. 'Esta barra indica a cuántos han atacado y a cuántos han amado durante su juego ¡No la olvides!'
 10. 'Hay objetos del bosque que podrás recoger y usar' Revisa aquí los 'items' que has recogido. //ParticleSystem sobre el inventario
 11. 'Si quieres usar un ítem, debes seleccionarlo en tu inventario y presionar el botón superior a tu derecha. //Particle sobre el botón.
 12. Para seleccionar un ítem de tu inventario, solo debes presionarlo y aparecerá como activo en la casilla a tu derecha // ParticleSystem Casilla.
1. //al llegar a zona de chat// 'Acércate a esta fuente si quieres hablar con tus compañeros.
 2. //Al llegar a switch// 'Si tienes problemas para lograr algo, busca los 'Botones' y 'Switch' que puedes activar.
 3. 'Recuerden siempre estar en contacto. Aunque se separen, manténganse en contacto durante el juego'.

4.2 Etapa 1

La estructura del puzzle y las formas de interacción propuestas responden al nivel 1 propuesto como punto de inicio para la solución colaborativa de problemas. Los objetivos de esta etapa son la hilación de tareas individuales que requieren de la formulación de hipótesis acerca del efecto que tienen las acciones de los otros jugadores a través del análisis de información observable acerca de los mismos.

El siguiente es un modelo de la Etapa 1, enfocada en desarrollar esta habilidad.

1	Tareas individuales que requieran de la formulación de hipótesis acerca de los otros jugadores a través del análisis de información observable de los otros participantes , para resolver el problema	Objetivo Individual: Reconocer la influencia de las decisiones de los demás miembros del equipo y utilizar esta información para la resolución de la tarea individual. Objetivo grupal o colaborativo: Resolver un problema simple a partir de tareas individuales con un grado de interdependencia bajo.	Verifican lo que otros conocen del problema Formulan una secuencia de pasos para resolver el problema Toman decisiones en función de las acciones de otro Facilitar los cambios necesarios para optimizar el rendimiento del grupo	- asocia - estima - diferencia - extiende - interpreta - extiende - contrasta - distingue - parafrasea - compara	Dialogan en pos del entendimiento común del problema. Comparten sus habilidades. Realización de acciones en momento adecuado según interdependencia requerida. Responden al feedback del juego.
---	---	---	---	---	--

Para asegurar que cada jugador realiza acciones individuales tenemos una primera sección cuyo objetivo es ayudar a los jugadores a entender el sistema de roles a través de colores. Cada jugador debe seguir un camino del juego para realizar una acción específica que sirve para avanzar en el juego.

Para asegurar que haya una relación de interdependencia que estimule la generación de hipótesis sobre los compañeros, se ha diseñado una sección donde los jugadores deberán realizar una acción simultánea e interdependiente.

La etapa se divide en dos grandes secciones. Una para intentar entrar a la cueva, la segunda para acercarse a una choza en su interior.

Fig. 1 Esquema gral etapa 1.

El nivel comienza con los tres jugadores al extremo izquierdo de la etapa. El NPC les comunica que deben llegar a lo profundo de las montañas, y para lograrlo, deben superar a la araña y entrar por la Ruca en la cueva.

Guión:

1. 'Recuperar la fuente de nuestra aldea no será fácil. Lo primero será adentrarnos en las montañas. Habrán muchos obstáculos y trampas. Pero confío que podrán superarlos juntos'.

Entonces los jugadores avanzan hacia una zona donde pueden recuperar maná y, más allá, un árbol con el primer interruptor sobre una rama. J3 debe usar su salto doble para instanciar la plataforma que permitirá que todos pasen. Este es uno de los primeros pequeños obstáculos con un fin colaborativo. Solo J3 puede avanzar por su cuenta hasta la siguiente sin haber presionado el botón, sin embargo es necesario que este lo active para el paso de sus otros compañeros y para que él mismo pueda salir de la sección que sigue.

Al ascender hay una piscina de lava que no puede ser superada por salto. Al otro lado de la piscina 2 switches de color verde y amarillo se mueven de manera vertical desde un eje. El amarillo tiene un rango de altura mayor que el verde. En esta zona J1 y J3 deben acertar a los dos interruptores para destruir la piscina de lava y poder seguir avanzando en el juego. Al bajar los jugadores encuentran un interruptor triple que los tres jugadores deben presionar. Una vez hecho esto se abren dos caminos. Uno ascendente y otro descendente, el de la derecha es un túnel que llega a una puerta cerrada.

J3 debe tomar el camino ascendente, donde encontrará la pieza de engranaje que usarán más adelante. Hacia abajo deben dirigirse J1 y J2. J1 encontrará al fin de su camino una runa que abrirá la puerta central, J2 un switch que activará un ascensor en el lugar donde se encuentra J1. De este modo J1 subirá de vuelta a la superficie y podrá abrir la puerta desde adentro con su runa. Una vez dentro los tres jugadores, el camino de vuelta se cierra.

Ahora los 3 se encuentran en un nuevo espacio. En este hay plataformas hacia el techo, el camino hacia la derecha llega hasta una roca, y sobre esa roca una gran plataforma con un enemigo colgante.

Solo J3 puede alcanzar las plataformas hacia el camino de arriba gracias a su salto extra. J1, por otro lado, gracias a su habilidad de magia, es el único que puede estar bajo la criatura sin ser golpeado por esta. La criatura baja hacia donde está él pero no lo puede atacar gracias a su habilidad. J2 se debe cubrir dentro del escudo de J1 para alcanzar la gran roca que impide el paso. Con su habilidad activada él puede golpear la roca y empujarla. Sin embargo, el éxito de esta operación se debe a lo que esté realizando J3.

Este debe, en primer lugar, usar el engranaje para quitar unos bloques de acero que no permiten el avance de la roca. Luego de esto, debe aprovechar el paso de sus compañeros por el inferior para robar la runa que les permitirá entrar en la choza final y pasar al siguiente nivel.

J3 puede bajar por la extrema derecha de la plataforma. Por otro lado, una vez caída la roca que obstaculiza el paso inferior J1 y J2 pueden avanzar hasta la choza. J3 debe usar la runa para abrir la puerta hacia el interior y así terminar la etapa.

Tabla: Interruptores Etapa 1

Tipo	Efecto	Individual/Grupal	Sincrónico-Diacrónico
	Apertura Camino	Individual	Asíncrono
	Apertura Camino	Grupal	Semi-Sincrónico
	Apertura Camino Subt	Individual	Asíncrono
	Apertura Camino subt para J1	Individual	Semi-Sincrónico
	Apertura Camino Hacia Engranaje	Individual	Asíncrono
	Desbloquear CaminoRoca	Individual	Asíncrono
Switch Neutrales (x3)	Generar Exp	Grupal	Sincrónico

Items Etapa 1:

Item	Interacción	Se conserva
Runa J1	Abrir puerta	No
Runa J2		
Runa J3		No
Engranaje	Activa plataforma móvil hacia enemigo	No

Acciones clave Etapa 1

J1: Disparar interruptor para roca. Entrar camino subterráneo. Encontrar runa. Usar runa para abrir puerta. Cubrir a J2 mientras empuja roca. Llegar Final

J2: Golpear Interruptor para roca. Bajar camino subterráneo. Activar runa/interruptor. Empujar roca. Llegar al final.

J3: Activar plataforma primer interruptor. Golpear interruptor junto con J1. Tomar camino en alto. Recoger Runa. Activar Plataforma con runa. Conseguir engranaje. Instalar engranaje. conseguir llave sobre enemigo. Llegar al final.

ANEXO E: RESUMEN EJECUTIVO EXPERIMENTO 2

Resumen Ejecutivo

Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica

Matias Rojas

El objetivo general del proyecto es investigar acerca de cómo evaluar y desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente en estudiantes de educación básica de establecimientos chilenos. Para esto, se ha desarrollado un instrumento de evaluación para tablet, que busca medir el nivel que poseen los estudiantes en esa habilidad, y un juego colaborativo que podría desarrollar la resolución colaborativa de problemas.

Los resultados del estudio nos ofrecerán información de cómo insertar las habilidades del siglo XXI a nuestro sistema educacional, pues son consideradas esenciales para desempeñarse en el mundo actual y diversas iniciativas internacionales buscan potenciarlas.

El proyecto cuenta con tres etapas:

Etapas 1: Instrumento para medir Resolución Colaborativa de Problemas

Como se mencionó previamente, se ha elaborado un instrumento de evaluación que busca medir la habilidad de resolver problemas en forma colaborativa. Dicho instrumento requiere ser validado, por tanto, es necesario analizar con respuestas reales de los estudiantes, si estadísticamente responde apropiadamente.

Para lograr esto, se requiere de la aplicación del instrumento a al menos 300 estudiantes de entre 11 y 13 años de edad.

Esta se llevará a cabo en una sola sesión, que contempla la rendición de dos cuestionarios (Uno de personalidad y otro para conocer su dominio de tecnologías y su opinión acerca del trabajo grupal en el colegio). Posteriormente la aplicación de dos formas equivalentes del instrumento para medir la habilidad de resolver problemas colaborativamente (A y B). Se dividirá al curso en dos grupos, uno que comenzará con la forma A y luego la forma B; Mientras el otro comenzará con la forma B y luego la A. Cada forma tomará aproximadamente 30 minutos y se contemplarán aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 90 minutos por sesión.

Previo al inicio de la intervención, se le solicitará al profesor enviar (con autorización del director del establecimiento) la lista del curso y los promedios general y de matemática finales de los estudiantes (año 2016). Finalmente, posterior al desarrollo de las guías y el envío de mensajes, se le podrá pedir información anexa, relacionada al rendimiento del curso en el cual se esté llevando a cabo la intervención.

Etapas 2: Retroalimentación en juegos colaborativos

Como se mencionó previamente se ha diseñado un juego que busca desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente. Dicho juego posee un sistema que ofrece retroalimentación a los estudiantes para que logran sus objetivos. Por tanto, es necesario demostrar que es beneficioso utilizar el sistema de retroalimentación en el juego.

Para lograr esto requerimos de utilizar el juego con al menos 84 estudiantes de entre 11 y 13 años de edad.

La actividad, se llevará a cabo en una sola sesión, que contempla la utilización de una de las dos versiones del juego (con o sin retroalimentación). La actividad tomará aproximadamente 30 minutos y se contemplarán aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 45 minutos por sesión.

Previo al inicio de la intervención, se le solicitará al profesor enviar (previa autorización del director del establecimiento) la lista del curso y los promedios general y de matemática finales de los estudiantes (año 2016). Finalmente, posterior al desarrollo de las guías y el envío de mensajes se le podrá pedir información anexa, relacionada al rendimiento del curso en el cual se esté llevando la intervención.

Etapas 3: Juego para aprender resolución colaborativa de problemas

Como se mencionó previamente se ha elaborado un instrumento de evaluación que busca medir la habilidad de resolver problemas colaborativamente. Además se ha diseñado un juego con un sistema de retroalimentación. Es necesario, analizar si la utilización del juego produce mejoras en los resultados de los estudiantes al ser evaluados con el test.

Para lograr esto requerimos de la aplicación del instrumento antes y después de utilizar el juego con al menos 162 estudiantes de entre 11 y 13 años de edad. Por tanto, su participación será facilitado su clase para la realización de esta actividad.

Esta se llevará a cabo en una sola sesión, que contempla la rendición de dos cuestionarios (Uno de personalidad y otro para conocer su dominio de tecnologías y su opinión acerca del trabajo grupal en el colegio). Posteriormente la aplicación de dos formas equivalentes del instrumento para medir la habilidad de resolver problemas colaborativamente (A y B). Cada forma será realizada en sesiones distintas, una al principio y otra al final del periodo de intervención. tomará aproximadamente 30 minutos y se contemplarán aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 45 minutos por sesión. Luego su curso puede o no ser elegido para participar de una tercera sesión, la cual se ubica entre ambas evaluaciones, y consiste en la

utilización del juego diseñado. Tiene una duración de 45 minutos y se contemplarán aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 60 minutos por sesión.

Previo al inicio de la intervención, se le solicitará al profesor enviar (previa autorización del director del establecimiento) la lista del curso y los promedios general y de matemática finales de los estudiantes (año 2016). Finalmente, posterior al desarrollo de las guías y el envío de mensajes se le podrá pedir información anexa, relacionada al rendimiento del curso en el cual se esté llevando la intervención.

ANEXO F: CARTA AL DIRECTOR COLEGIO TERRA AUSTRALIS



Santiago, XX de XX 2015

Sr(a).
 xx
 Director
 (especificar establecimiento)
Presente

Estimado(a) Sr(a) Director(a):

En calidad de investigador responsable me dirijo a usted para invitar a miembros de su escuela a participar en mi estudio **"Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica"**. Se trata de un proyecto de tesis doctoral de financiamiento propio, con potencial impacto social y económico que se propone generar conocimiento acerca de la habilidad de resolver problemas colaborativamente, la cual es fundamental en el mundo laboral y educativo actual. El objetivo general del proyecto es investigar acerca de cómo evaluar y desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente en estudiantes de educación básica de establecimientos chilenos.

Se acompañan a esta carta el cv resumido del investigador responsable y el resumen ejecutivo del proyecto. En éste se detallan las principales etapas del estudio y el momento en que se propone involucrar a los participantes de su comunidad educativa.

El proyecto considera la participación de los profesores de las asignaturas que por calendario y horario se encontrarán en clases con los cursos quinto y sexto, y los niños/as de quinto y sexto básico.

La participación en el estudio implica apoyar el análisis de validez y confiabilidad del instrumento de medición diseñado en este proyecto, y también si un juego colaborativo, desarrollado para este fin, mejora la habilidad de resolver problemas colaborativamente de los niños después de utilizarlo.

Para garantizar la correcta conducción del proyecto, cumpliendo los requerimientos éticos de la investigación con personas, a todos los actores invitados a participar se les solicitará su consentimiento informado, y asentimiento informado en los casos en que sea pertinente, antes de involucrarlos en el estudio.

Frente a cualquier duda que le suscite la participación en este proyecto, Ud. podrá contactarse conmigo como investigador responsable Matias Ignacio Rojas Miranda, mail: mirojas1@uc.cl, teléfono: 93343218 y/o con el Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl.

Agradezco de antemano la acogida y valioso apoyo que usted pueda brindar a este proyecto.

Saludos cordiales,

Matias Rojas M.
 Investigador Responsable
 Pontificia Universidad Católica de Chile



AUTORIZACIÓN

Yo _____, Director de _____, autorizo y apoyo la participación de este establecimiento en el proyecto MEDICIÓN Y DESARROLLO DE LA HABILIDAD DE RESOLVER PROBLEMAS COLABORATIVAMENTE ENTRE ESTUDIANTES DE ENSEÑANZA BÁSICA, El propósito y naturaleza de la investigación me han sido explicados por investigador responsable, Sr. (a) Matias Ignacio Rojas Miranda.

Para efectos de dar curso a esta autorización, el investigador responsable cuenta con la certificación previa de un Comité Ético Científico que corresponde de acuerdo a la normativa legal vigente.

La investigación constituirá un aporte social y económico que se propone generar conocimiento acerca de la habilidad de resolver problemas colaborativamente, la cual es fundamental en el mundo laboral y educativo actual.

Me han quedado claras las implicancias de la participación de nuestro establecimiento en el proyecto y se me ha informado de la posibilidad de contactar ante cualquier duda al investigador responsable del estudio Matias Ignacio Rojas Miranda, mail: mirojas1@uc.cl, teléfono: 93343218 y/o con el Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl.

Nombre del Director: _____

Firma del Director : _____

Fecha : _____

(Este documento se firma en duplicado, quedando una copia para el Director del Establecimiento y otra copia para el investigador responsable)

ANEXO G: CONSETIMIENTO INFORMADO EXPERIMENTO 2 (PROFESORES)



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PROFESORES

Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica
Matias Rojas

Usted ha sido invitado a participar en el estudio *Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica* a cargo del investigador Matias Rojas, alumno de Doctorado de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El objetivo de esta carta es contribuir a que tome la decisión de participar en la presente investigación de modo informado y formalizar su compromiso a cumplir con los requisitos, plazos e información solicitada.

¿Cuál es el propósito de esta investigación?

El objetivo general del proyecto es investigar acerca de cómo evaluar y desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente en estudiantes de educación básica de establecimientos chilenos. Para esto, se ha desarrollado un instrumento de evaluación para tablet, que pretende medir el nivel de desarrollo que poseen los estudiantes en la habilidad mencionada y asimismo se ha creado un juego colaborativo, que busca mejorar el desarrollo de la capacidad de los alumnos de resolver problemas colaborativamente.

Los resultados del estudio nos ofrecerán información de cómo insertar las habilidades del siglo XXI a nuestro sistema educacional, pues son consideradas esenciales para desempeñarse en el mundo actual y diversas iniciativas internacionales buscan potenciarlas.

Este estudio se realizará si el director del establecimiento y los profesores participantes, en forma independiente, lo autorizan.

¿En qué consiste su participación?

Como se mencionó previamente se ha diseñado un juego que busca desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente. Dicho juego posee un sistema que ofrece retroalimentación a los estudiantes para que logran sus objetivos. Por tanto, es necesario demostrar que es beneficioso utilizar el sistema de retroalimentación en el juego.

Para lograr esto requerimos de utilizar el juego con estudiantes de entre 11 y 13 años de edad. Por tanto, su participación será facilitado su clase para la realización de esta actividad.



La actividad, se llevará a cabo en una sola sesión, que contempla la utilización de una de las dos versiones del juego (con o sin retroalimentación). La actividad tomará aproximadamente 30 minutos y se contemplarán aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 45 minutos por sesión.

Previo al inicio de la intervención, se le solicitará enviar (previa autorización del director del establecimiento) la lista del curso y los promedios general y de matemática finales de los estudiantes (año 2016). Finalmente, posterior al desarrollo de las guías y el envío de mensajes se le podrá pedir información anexa, relacionada al rendimiento del curso en el cual se esté llevando la intervención.

¿Cuánto durará su participación?

Su participación durará 1 sesión de 45 minutos.

¿Qué beneficios puede tener su participación?

La realización de esta actividad, no tendrá ningún beneficio.

¿Qué riesgos corre al participar?

Corre el riesgo de que el tiempo requerido para esta actividad, perjudique el curso natural de su planificación de la asignatura.

¿Qué pasa con la información y datos que usted entregue?

El equipo de investigación se compromete a tener CONFIDENCIALIDAD de sus datos, es decir, sólo serán utilizados para fines de investigación. Los datos serán destruidos una vez que sea publicado el último paper de Matias Rojas, por si algún revisor le solicita algún dato.

¿Es obligación participar? ¿Puede arrepentirse después de participar?

Usted no está obligado a participar. Si decide participar entonces se compromete a desarrollar las actividades hasta el final de la intervención. Si por algún motivo quisiera dejar de participar, se puede retirar.

¿A quién puede contactar para saber más de este estudio o si le surgen dudas?

Si tiene cualquier pregunta acerca de esta investigación, puede contactar a Matias Rojas, alumno de Doctorado. Contacto: mirojas1@uc.cl / +56993343218. Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, también puede contactar al Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl



FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
(PROFESOR)

Yo,, doy mi consentimiento para participar en el estudio que forma parte del proyecto de investigación "Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica", llevada a cabo en la sala de clases por la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Al dar mi consentimiento, reconozco que:

1. Se me ha explicado en qué consiste el proyecto, los procedimientos involucrados, el tiempo que durará la investigación, y toda pregunta sobre el proyecto ha sido respondida a mi entera satisfacción.
2. He leído la Declaración de Información para el Participante y se me ha ofrecido la oportunidad de examinar toda la información sobre mi participación en el proyecto.
3. Entiendo que mi participación es completamente **voluntaria** e independiente de la decisión afirmativa que tuviera la dirección del colegio – no estoy bajo ninguna presión para participar ni entregar mi consentimiento. **Puedo retirarme de ella si lo deseo**, sin que ello afecte mi relación con el investigador(a) y con las autoridades del colegio, ahora o en el futuro.
4. Entiendo que mi participación es estrictamente confidencial y que ninguna información que revele mi identidad será utilizada en modo alguno.
5. Entiendo que mi participación es anónima.
6. Los resultados generales del estudio serán publicados en revistas de carácter científico y también dado a conocer en conferencias científicas. Los datos recogidos no serán incluidos en otros estudios sin mi consentimiento. En caso de retiro voluntario, todos los registros realizados que incluyan mi persona no serán considerados en los resultados sin mi previa autorización.

Si en algún momento tengo alguna pregunta relacionada con la conducción de la investigación, mi participación o mis derechos puedo contactarme directamente con el investigador responsable: Matías Rojas, alumno de Doctorado, quien responderá mis preguntas a través del teléfono +56993343218 o de su correo electrónico mirojas1@uc.cl. Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, también puede contactar al Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl

Firma:

Fecha:.....

Nombre:

(Este documento se firma en duplicado quedando una copia para el participante)

ANEXO H: CONSETIMIENTO INFORMADO EXPERIMENTO 2 (APODERADOS)



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO APODERADOS

Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica
Matias Rojas

Usted ha sido invitado a participar en el estudio *Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica* a cargo del investigador Matias Rojas, alumno de Doctorado de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El objetivo de esta carta es contribuir a que tome la decisión de participar en la presente investigación de modo informado y formalizar su compromiso a cumplir con los requisitos, plazos e información solicitada.

¿Cuál es el propósito de esta investigación?

El objetivo general del proyecto es investigar acerca de cómo evaluar y desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente en estudiantes de educación básica de establecimientos chilenos. Para esto, se ha desarrollado un instrumento de evaluación para tablet, que intentará medir el nivel que poseen los estudiantes en la habilidad, y un juego colaborativo, que podría desarrollar la resolución colaborativa de problemas.

Los resultados del estudio nos ofrecerán información de cómo insertar las habilidades del siglo XXI a nuestro sistema educacional, pues son consideradas esenciales para desempeñarse en el mundo actual y diversas iniciativas internacionales buscan potenciarlas.

¿En qué consiste su participación?

Como se mencionó previamente se ha diseñado un juego que busca desarrollar la habilidad de resolver problemas colaborativamente. Dicho juego posee un sistema que ofrece retroalimentación a los estudiantes para que logran sus objetivos. Por tanto, es necesario demostrar que es beneficioso utilizar el sistema de retroalimentación en el juego.

Para lograr esto requerimos de la utilización del juego con estudiantes de entre 11 y 13 años de edad. Por tanto, solicitamos su autorización para la participación **voluntaria** de su pupilo en esta actividad.

La actividad, se llevará a cabo en una sola sesión, que contempla la utilización de una de las dos versiones del juego (con o sin retroalimentación). La actividad tomará aproximadamente 30 minutos y se contemplarán



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

aproximadamente 15 minutos de holgura por inconvenientes técnicos o de instrucciones, resultando en un total de 45 minutos por sesión.

El juego consiste en resolver pequeños problemas en grupo y no requiere de conocimientos previos, por lo que no es necesario que su pupilo estudie.

¿Cuánto durará su participación?

Su participación durará 1 sesión de 45 minutos.

¿Qué beneficios puede tener su participación?

La realización de esta actividad, no tendrá ningún beneficio.

¿Qué riesgos corre al participar?

Corre el riesgo de que el tiempo requerido para esta actividad, perjudique el curso natural de la planificación de la asignatura en la que se realice.

¿Qué pasa con la información y datos que usted entregue?

El equipo de investigación se compromete a tener CONFIDENCIALIDAD de sus datos, es decir, sólo serán utilizados para fines de investigación. Los datos serán destruidos una vez que sea publicado el último paper de Matias Rojas, por si algún revisor le solicita algún dato.

¿Es obligación participar? ¿Puede arrepentirse después de participar?

Usted no está obligado a participar. Si decide participar entonces se compromete a desarrollar las actividades hasta el final de la intervención. Si por algún motivo quisiera dejar de participar, se puede retirar.

¿A quién puede contactar para saber más de este estudio o si le surgen dudas?

Si tiene cualquier pregunta acerca de esta investigación, puede contactar a Matias Rojas, alumno de Doctorado. Contacto: mirojas1@uc.cl / +56993343218. Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, también puede contactar al Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (APODERADO)

Yo,, doy mi consentimiento para hacer participar mi pupilo.....en el estudio a realizarse en sala de clase que forman parte del proyecto de investigación "Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica ", llevada a cabo por la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Al dar mi consentimiento, yo reconozco que:

1. Se me ha explicado en qué consiste el proyecto, los procedimientos involucrados, el tiempo que durará la investigación, y toda pregunta sobre el proyecto ha sido respondida a mi entera satisfacción.
2. He leído la Declaración de Información para el Participante y se me ha ofrecido la oportunidad de examinar toda la información sobre la participación de mi pupilo en el proyecto.
3. Entiendo que la participación de mi pupilo es completamente voluntaria – no estoy bajo ninguna presión para participar ni entregar mi consentimiento. Puedo retirar a mi pupilo de ella si lo deseo, sin que ello afecte mi relación ni la de mi pupilo con el investigador(a) y con el profesor(a) a cargo del curso, ahora o en el futuro.
4. Entiendo que mi consentimiento **NO OBLIGA** a mi pupilo a participar.
5. Acepto que el equipo de investigación tenga acceso al nombre, apellido y edad de mi pupilo. Además, acepto a que acceda a las calificaciones de mi pupilo.
6. Entiendo que la participación de mi pupilo es estrictamente confidencial y que ninguna información que revele su identidad será utilizada en modo alguno.
7. Entiendo que la participación de mi pupilo es anónima.

Los resultados generales del estudio serán publicados en revistas y dado a conocer en conferencias científicas. Los datos recogidos no serán incluidos en otros estudios sin mi consentimiento. En caso de retiro voluntario de mi pupilo, todos los registros realizados que incluyan su persona no serán considerados en los resultados sin mi previa autorización.

Si en algún momento tengo alguna pregunta relacionada con la conducción de la investigación, mi participación o mis derechos puedo contactarme directamente con el investigador responsable: Matias Rojas, alumno de Doctorado, quien responderá mis preguntas a través del teléfono +56993343218 o de su correo electrónico mirojas1@uc.cl. Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, también puede contactar al Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Presidenta: María Elena Gronemeyer. Contacto: eticadeinvestigacion@uc.cl

Firma:

Fecha:

Nombre:

(Este documento se firma en duplicado quedando una copia para el participante)

ANEXO I: ASENTIMIENTO INFORMADO EXPERIMENTO 2 (ALUMNOS)



FORMULARIO DE ASENTIMIENTO INFORMADO (ALUMNOS)

Yo,, acepto participar en el estudio a realizarse en mi curso, sobre la Medición y desarrollo de la habilidad de resolver problemas colaborativamente entre estudiantes de enseñanza básica, llevada a cabo por la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica:

1. Me han explicado sobre las actividades que realizaremos en el curso, el tiempo que durará el estudio, han respondido a mis dudas.
2. Me han dicho que mi participación es VOLUNTARIA.

Yo acepto:

1. Realizar las actividades en el horario de clases, sabiendo que son de carácter opcional y que no hay respuestas correctas
2. Contestar las encuestas cuando corresponda
3. Que el investigador tenga acceso a mis calificaciones. Entendiendo que se resguardará la confidencialidad de las mismas.

Además, los investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica se han comprometido a **respetar en todo momento mi voluntad de participar en las actividades que nos traigan y de contestar las encuestas**. Por esto, si lo deseo podré retirarme del estudio cuando lo desee indicándole a mi profesor.

Después de leer el texto, por favor marca con "X" tu respuesta.

ACEPTO
PARTICIPAR en el
estudio.

NO ACEPTO
participar
en el estudio

Firma Alumna(o)

Fecha

Este documento se firma en duplicado quedando una copia para el participante

ANEXO J: EJEMPLO TRANSCRIPCIÓN EXPERIMENTO 2

Transcripción Grupo 2 Experiencia 1

0'

V: Hay que agarrar las gemas. Acá hay una. Ah no, no es.

V: Hay que venir pa acá

A: Oye, como lo hacen. Todos tenemos diferentes

R: Vengan pa acá

V: Yo agarro la gema

R: Esa es mia,

V: jaja te lo robé

V: ¿Qué hay que hacer?

A: Hay que disparar

V: ¡No!

V: ¿Es una carrera?

A: No

A: Casi me caigo

R: Yo soy el rojo

V: Me cai fijate

A: cada uno va por su color

V: No mira, ¿qué tengo que hacer?

V: No puedo salir

V: ¡No!

V: Sí, hay que disparar.

(empieza en 1,43 del rojo)

A: Ya po apurate

R: Me dejaron atrás. No puedo salir

V: No puedo salir de acá

R: Y a mi no me deja disparar. O sea...

A: Me quedé atrapado. Deja de ayudarme. Estoy yo ahí abajo

R: Yo no me puedo devolver

A: ¿Que se quedaron atrapado?

V: ¡No, que hago!

A: Voy contigo

R: No me deja pasar

R: ¿Quién es rojo aparte de mí?

1'

V: A mi no me deja salir y me estai quitando vida.

R: Es que me estai quitando vida

V: Que pasa si me muero?

V: ¿A dónde estai tú Kevin?

V: No, si no podí preguntar, teni que escapar por tu propia

A: El botón no me funciona.

V: Yo me quede atrapado

Orlando: pero le dice que tienen que apretar el botón?

A: Sí

Orlando: espérame un segundo

R: Pégale, pégale

R: No, no funciona el botón

Orlando: está bueno, es que a ustedes se le acabó el maná

A: como recupero maná?

V: Teni que agarrar esas cuestiones moradas

R: no alcanzo

2'

Orlando: no, de hecho no. Mmm, acaban de encontrar un error de diseño gigante. ¿Denme un segundo?

R: yo no puedo salir de aquí

V: a mi no me deja salir de acá

R: No porque estai atrapado

V: y que pasa si me muero?

V: me voy a matar

A: cada uno entra por su color, yo iba a entrar con el vicente, pero no me deja. Me devuelve

V: y teni que como pensar

V: Pero es que a mi me dejo atrapado literalmente, no puedo hacer nada

A: Viste, por andar lesiando nos pasó.

V: por no leer las instrucciones

A: mira, me voy a ir con el Vicente. Vuelvo

3'

R: Andate conmigo

A: es depende el color no más

R: y por que no te vai por el tuyo?

V: matense mejor, mántense

A: ¿como me mato?

V: con los pinchos

A: me voy contigo

V: mira tu te podi matar con los pinchos, retrocede. Matense y reaparecen

A: oh verdad me estoy muriendo con esos pinchos

V: el que se muere primero gana.

R: yo voy ganando tengo 24 de vida

R: 20, 20 y tengo la vida roja

R: esta es la mejor solución

A: yo con el Kevin vamos empate

R: yo ya morí. Pero no muere! No muere

4'

V: en serio? Ahora no puedo ir por el?

R: qué hago?

V: No hagan eso, no hagan eso. Si no se mueren. Kevin no te mori haciendo eso

R: ¿Como sabi?

A: Porque el tiene 0

V: y que paso con nosotros?

R: ahí está

V: ahí estoy yo

R: qué hiciste?

A: me encontré la cajita

R: destruyelos todos

A: si cuando puedas

V: mierda

A: no gastemos nada. Así termina su entrenamiento, espero que lo hayan disfrutado

V: eso era el entrenamiento?

R: ah te lo creiste recién comienza

V: intente jugar todas las perlas del bosque, son energía que sirven más adelante

A: para saltar presione el botón derecho. Vayamos leyendo todo

V: entonces no gastemos nada

V: intentemos afinar la punteria

R: ya vamonos nosotros por nuestros caminos, adios

R: pobre Kevin va a tener que saltar todo

6'

R: hostia, que soy fuerte

V: ohh, con la magia

V: no, monstruos, mueren mueren

R: ¡ah! (quejido)

R: me encontré con un monstruo

V: yo igual

A: yo igual

V: con dos de fuego?

R: Si

R: los mataste?

V: con la magia los matai

R: entonces no gastemos nada

V: si necesital recuperar vida o magia estas fuentes son

R: oh yo tengo el 100% de los dos

V: ya reaparecí en otro lugar, los espero?

R: sí

R: yo no puedo pasar

R: no, avanza avanza

V: yo no estoy contigo

R: no pero adelante

V: que raro

7'

V: ya llegaron tus compañeros

A: espera, estoy cargando, esperenme. Ya voy. ¿Donde voy? Diablos ahi voy. Ya estoy con ustedes

V: no te veo

R: oh, me fui al cielo

V: yo igual

V: y ahora qué hacemos?

R: mira mi rosita

V: entra al portal

R: vamonos

(Comienza Etapa 2)

V: felicidades lo has logrado

R: ahí estai kevin, ahi estai vicente, ¡wuju!

V: con magia

R: hostia me salio un murciélago aqui

R: yo me lo salto

V: recuperen energía

R: oohh (cantando)

8'

R: estoy recuperando 99, 100, 98, 99 de vida y 98, 99, 100. ¡Vamos!

R: agua

V: amarillo ven

A: ya, pero no puedo subir

V: vai pa la cuestión esa pal botón?

R: yo soy el más fuerte

A: oye y pa que son los audifonos?

R: que es eso?

V: ya estoy en la plataforma que se mueve

A: donde estai?

V: Yo estoy en la plataforma. Ven emilio para la plataforma

R: el verde va más loco jajaj lesea para todos lados

A: jajaja

V: que?

R: yo a ti te veo como si fueras así piuj piuj

V: donde tengo la magia activada

A: subete emilio jaja

R: me cai

R: ah con magia se rompen las cajas?

9'

R: ah, ah (gritos de rabia)

R: diablos me caigo

V: voy, chao

A: adios
V: oh no!
A: me voy a recuperar por mientras
V: no!
V: que onda?
V: vengan ustedes y lo veran
V: lo vieron?
R: amarillo!
A: esperate, esperate oye no me mueve
V: el amarillo tiene que ir a la cuestión
V: y no hay que tocarte eso? Ah, punteria
A: si
A: oye me quemé
V: quien es el rojo?
R: yo
V: el rojo parece que puede pasar por ahi
R: no, me devuelve. Mira me devuelve
V: dispara kevin
R: ¿mas fuerte?
V: amarillo debe usar su habilidad especial para llegar. Teni que ocupar tu magia para llegar
R: uh, que guay jaja
R: estamos atrasados
V: ¿ya?
A: bien, vamos
R: yo soy warrior
V: yo soy magic
A: hay que pasar por aquí mire
V: estoy en el agua
R: no, retrocede retrocede, aqui hay botones
A: aca estan los botones
V: acá, retrocede tú
R: aca hay mas
V: son como los otros, aca estan los dos
R: que bacan (sonidos de auto)
A: ¡vamos!

11'
R: que lata
V: oh (grito)
R: ahora todos juntos: 1, 2, 3. ¡Salten!
A: ¡salten!
A: Me caí jajaja
V: nos vamos por abajo o por arriba?
V: por abajo, yo estoy abajo ya
A: yo voy por arriba
R: el verde tiene que estar en la plataforma, sube

R: yo ya me caí, ya estoy arriba
 V: aca salen las flechas, el amarillo tiene que ir para arriba y el rojo por el lado
 V: yo tengo que venir pa aca
 A: a ver, como salen las flechitas. Yo tengo que seguir. ¡Si!
 R: uy, lava
 R: ay, me quemé

12'
 V: yo soy planta creo
 R: si, yo soy fuego. Coño
 R: mira, 1, 2, 3. ¡No me salta!
 V: ¡no!
 A: ¡No me salta!
 V: (quejidos) sí, subí.
 R: ¡noooo!
 R: aún no han llegado, está todo bien?
 V: yo ya estoy en mi punto.
 R: Tu te quedai en ese punto, en el botón
 V: yo ya subí
 R: me tengo que devolver en serio? no me jodas tio
 A: ah, la lava.

13'
 V: con la magia puedo atravesar los tubos
 A: sí
 R: yo por ahora no sé
 R: falta el puro verde aquí
 V: si estoy llegando
 A: y yo faltó.
 V: has encontrado un item
 V: encuentre un item
 R: yo no puedo pasar
 R: oh, esperate! (quejidos)
 R: qué tengo que hacer?
 V: vengan rapido! Kevin!
 R: has encontrado un item!
 V: ahora teni que seguir para matar a la araña
 R: ¿y donde estai?
 V: no, sigan, tienen que encontrar un item y seguir. Ahi van a encontrar a la araña

14'
 A: los item son pa eso
 V: pa la araña
 A: si
 V: ay, ahí hay un item para el naranjo, para ti kevin
 A: donde estai tu?

R: que penca tengo que subir caleta
R: yo estoy recuperando
V: no, no, no
V: no, uy, no
A: quien esta en la araña? (hablando a otros grupos)

15'
A: como llegaste a la araña?
R: apurate oh
V: tienen que seguir, sigan por su camino
A: a mi me indica hacia atras
R: teni que colocar el objeto
A: y el item que tome donde esta?
R: el item del amarillo yo se donde esta
V: amarillo!
A: aja?
R: ahí está
A: pero, ¿como llego allá?
R: diablos, no encuentro el item. O sea...

16'
V: a mi me apunta que tengo que ir para allá.
V: emilio anda donde fuiste endenante, a esa parte roja, adonde necesitai el item, ahí estoy yo
V: ah no, anda, yo tengo que colocar el item. Viste?
R: Diablos, en serio? ¡Lo que me demore en devolverme y ahora tengo que hacer esto!
R: eso es lo que odio
V: tú anda con el Emilio
R: esperame, esperame Kevin
V: mira yo te voy a buscar
V: aquí miren, donde esta el arbol caido abajo
R: dónde está el árbol caído?
V: más abajo
R: coño, me caí
R: diablos

17'
A: ¿por qué estai con los audifonos si ni siquiera los ocupo?
V: ven po Kevin, adonde estoy yo
R: ah, me caigo
R: donde tengo que ir ahora Vicente?
V: donde esta el arbol caido
R: abajo?
V: sí!
R: no puedo

V: mira ahí
 A: yo no se como subir allí
 V: ya ven, sigueme
 R: esperame
 A: por donde te fuiste?
 V: por aqui sigueme
 V: sigue pa adentro
 V: puede entrar? Ya ven, por aquí.

18'
 R: ¡No!
 A: por aqui teni que ir tu si es el camino del verde
 V: pero avanza tú
 R: no quiero ser rojo. Odio el rojo
 R: hostia!
 V: tu teni que ir por arriba vei? Mira arriba está tu piedra
 R: odio el monito
 V: no la podi matar con nada, tiene que ir uno arriba
 R: el Kevin es el único que puede
 A: creo que se como llegar. Mira verde aquí hay una cuestion tuya.
 V: Donde?
 A: aqui donde me caí, en la flecha para abajo
 R: por fin sali de esa zona
 V: en que parte?
 A: espera estoy recargando
 V: ah pero ya la agarre esa, si con esa te abri la puerta
 A: oye, donde estan?
 R: yo aún no llego
 V: te voy a buscar?
 R: ya
 V: vamos Kevin a buscarlo
 R: ah ya se donde es

19'
 R: esperame ahi en la puerta, ya?
 R: Tanana (cantando)
 V: ¡ven rápido!
 A: ¡Hola!
 R: Chanana (cantando)
 A: Corre po
 V: Entra
 V: tengo que colocar el este
 R: esperate no te veo
 V: no, no, avanza avanza
 A: estaba recargando

R: hostia
 A: encontré el item pero no funciona
 R: hostia que me matan
 V: tu podi pasar?
 R: oye mira vicente
 V: qué?
 R: donde estai?
 A: oye mi team no sale
 R: aquí, está. Listo ya lo puse
 V: lo pusiste?
 V: aca esta funcionando algo
 R: ¿What?. ¿Qué onda?

20'

V: oh no me cai
 R: bum bum
 V: esperate
 R: ahi volvi, estoy con ustedes
 R: (sonidos de auto)
 R: mira encuentre la araña en la parte de arriba
 V: sigue, sigue, yo la distraigo.
 R: ya estoy
 V: ya pasa pasa pasa, pasa po gil
 R: no puedo
 R: Salta!
 A: salta!
 R: yo estoy fuerte
 A: oye no me deja salir
 V: sale loco pal otro lado, si no podi salir
 R: ponela
 V: no podi pasar
 R: si es que puedo
 V: si ya intenté
 A: la pinche araña no me deja. ¿Lo colocaste?
 R: y ahora, ¿qué hago?
 V: lo colocaste?
 R: si lo coloqué
 V: ¿Habrà que derrotar a la araña después?
 A: el rojo lo coloco?
 R: yo no tengo
 V: matenla matenla
 R: ah na na na (cantando)
 V: no, no se puede
 V: ya vengan, vamos a buscar la gema del rojo
 R: te digo algo chistoso? No puedo pasar.
 V: vamos a buscar la gema del rojo

R: Hola! esperate deja recuperarme
 V: tengo muy poco
 R: estamos igual con el Kevin. Oye tu tambien
 V: ay, estamos cargando rapido
 R: oye tengo un item verde y uno amarillo

22'

A: oye, ¿por que no apoyamos el respaldo? jijji
 R: coge el ítem verde
 V: te sirve para abrir puertas
 R: ¿no lo uso aun cierto?
 V: no, cuando haya una puerta
 R: estoy cargado al 100%
 A: yo igual
 V: vamos por aca por arriba, por acá
 R: por donde?
 V: por ahi donde viniste
 A: esperenme
 V: Rojo por donde estu camino?
 R: por abajo
 R: es por aca abajo del arbol caido?
 V: si
 R: no, no, esta aqui
 V: ¿Por donde es tu camino? ¿Por abajo?
 R: no puedo ir por abajo
 V: ¿no podi pasar?
 R: tengo que irme por abajo parece

23'

A: Ahhh
 R: oh no mira andate por aca
 A: si eso estaba pensando
 R: pa que apreti el botón. Noo, el verde. Dile al Vicente que te siga
 A: ah verdad este, mira ven, mira este botón
 A: oh, carga carga. ¿Lo apreto?
 R: cargó?
 A: sí
 R: ¿y que paso?
 V: ya vamos a ver ahora
 R: lol
 V: ¿que cojones tio?
 A: ¿puedo hablar por el chat?
 A: Hola, mira, de de de de.
 V: yo voy por arriba
 R: podi ir por abajo?
 A: esperate

24' (voy aca)

R: ahi voy
 R: (sonidos de auto)
 R: parezco auto de carrera
 R: por que no puede pasar?
 V: esperame, esperame (sonidos de auto)
 R: (sonidos de auto)
 R: ¿no tendre que poner el item?
 V: ¿dónde?
 R: donde estaba?
 R: ¿lo uso?
 V: colócate ahí, apretalo. No
 V: anda por tu zona
 V: que cada uno vaya por
 A: vaya que?
 V: vaya por su zona, ¿o no?
 V: ¿a ustedes no le aparece un botón en su zona?
 A: si
 V: ya, coloquense en ese botón

25'

R: ah si. ¿En serio me vai a hacer devolverme? Es mi zona de terror. En esa cosa me costó salir y entrar
 R: ah, lo tengo cerrado
 R: yo no puedo ir
 V: no se puede
 A: ¿quién dice?
 R: yo igual digo que no se puede
 V: a ver
 V: es que mira Kevin, arriba del árbol donde hay un árbol hay una cuestión. ¿Esa la podi activar?
 A: yo estoy con la arañita

26'

R: nanana (cantando)
 V: no se pa que sirve mi poder
 R: estoy con la arañita yo
 R: pon el item po
 A: no me deja
 R: a ver, voy a investigar
 A: el kevin es el que puede hacer casi todo
 A: Hola!
 R: ¿esa zona de que es?
 V: ¿qué zona?
 R: oye me tiraste desgraciado, mira ven.

R: usa la cuestión po
 V: me voy a tirar lejos
 R: el poder

27'

A: tienes poder curativo?
 Orlando: como van ustedes?
 R: mal
 V: mal
 R: atrapados
 V: sí
 Orlando: yo se que la pueden superar, tienen que hacerlo.
 R: Hay que matarla?
 Orlando: hay forma
 V: Ven les dije
 A: Ven Kevin, ven a matarla.
 R: Ya, superfuerza yo. Ahh (grito)
 V: ya no puedo pasar
 R: muere
 V: Oh, pasé, pasé

28'

A: tu teni escudo, yo no puedo llegar po
 R: a lo mejor yo puedo pasar pero por arriba
 V: yo no
 A: ahí pasé
 V: esta piedra era la que está bloqueando po
 R: que piedra?
 R: yo tengo el poder de fuerza
 V: sii, en tú
 R: espera, espera, deja cargar
 V: por eso se está moviendo
 R: ya entendí po
 V: ven rápido
 V: no si yo te curo a ti
 A: curai?
 V: sí, creo

29'

A: deja tener al 90% por lo menos
 V: kevin ya encontramos la solución. El emilio tiene que entrar con su cuestion de fuerza para empujar esta roca
 ALGUIEN EXTERNO: yo pase por allí arriba
 V: ya po, ven
 V: te estoy esperando

R: listo
R: chiquillos encontré la forma de pasar, apurense
V: con el escudo
R: por aquí
V: con el escudo, colócate el escudo
R: no tengo escudo, esto es de fuerza no mas

30'
R: grito
R: ¿y por qué no pasamos los dos juntos?
V: que pasa si vai conmigo?
A: ahí, tú vente
R: no, no, no!
V: viste? la estai moviendo
A: a mí no me indica
V: más, más, más
R: Ahh (grito)
R: ¡Bien!
A: yo pase por ahí
V: ya pasaste
R: entonces muestrénme sus pantallas

31'
R: oye a mí no me sale esa piedra
V: ahí voy
A: avancemos, yo debo ir contigo
R: si po porque no pasai con el escudo
V: colocate la cuestión, ahora ven conmigo. Oh, que raro. Mejor me voy a devolver yo
V: y si te vai por tu camino?
R: si podi pasar por tu camino
V: a ver, devuelvete, baja. Para allá.

32'
R: no podi pasar por ahí?
R: que raro
V: no, tampoco bajo la tierra
V: ¿y si nosotros lo tenemos que ayudar?
R: no creo, avancemos entonces pa ver que hay
V: ya
V: asegurate de que...
R: Nooooooooo!
A: parece que tengo, mira mira
A: ¿ven?

ANEXO K: EXTRACTO DE LOS REGISTROS DE ACCIONES
EXPERIMENTO 2

12:08:03 Player 0 is going right from (-20.47,-43.9401)
12:08:04 Player 2 is going right from (-19.736,-43.94174)
12:08:11 Player 0 is going right from (-18.34056,-43.9401)
12:08:12 Player 2 is going right from (-18.36893,-43.94174)
12:08:12 Player 0 is going right from (-16.051,-43.9401)
12:08:13 Player 1 is going right from (-20.13,-43.94174)
12:08:13 Player 1 is going left from (-19.24194,-43.94174)
12:08:14 Player 2 is going right from (-15.09915,-43.94174)
12:08:14 Player 1 jumped from (-20.31115,-43.94174)
12:08:14 Player 1 is going right from (-20.31115,-42.88129)
12:08:15 Player 2 is going right from (-13.36335,-43.94174)
12:08:15 Player 0 is going right from (-16.04792,-43.9401)
12:08:15 Player 0 is going right from (-16.04177,-43.9401)
12:08:15 Player 1 attacked
12:08:15 Player 0 is going right from (-16.03561,-43.9401)
12:08:15 Player 0 is going right from (-16.01631,-43.9401)
12:08:15 Player 0 is going right from (-15.95362,-43.9401)
12:08:16 Player 2 attacked
12:08:16 Player 1 used his power
12:08:16 Player 0 is going right from (-15.03481,-43.9401)
12:08:17 Player 2 is going left from (-10.42481,-43.94174)

12:08:17 Player 2 attacked

12:08:17 Player 1 is going right from (-19.52016,-43.94174)

12:08:18 Player 2 attacked

12:08:18 Player 0 used his power

12:08:18 Player 2 is going right from (-11.63062,-43.94174)

12:08:18 Player 2 attacked

12:08:19 Player 2 attacked

12:08:19 Player 0 is going right from (-7.62048,-43.9401)

12:08:19 Player 0 jumped from (-7.563948,-43.9401)

12:08:19 Player 0 is going right from (-7.521948,-43.64953)

12:08:19 Player 2 attacked

12:08:20 Player 2 attacked

12:08:20 Player 0 jumped from (-5.473409,-43.94174)

12:08:20 Player 0 is going right from (-5.333408,-43.65117)

12:08:20 Player 2 attacked

12:08:20 Player 2 is going left from (-6.033129,-43.94174)

12:08:20 Player 2 attacked

12:08:21 Player 0 jumped from (-3.313319,-43.94174)

12:08:21 Player 0 is going right from (-3.313319,-43.65117)

12:08:21 Player 2 attacked

12:08:21 Player 2 is going right from (-7.641231,-43.94174)

12:08:21 Player 2 jumped from (-7.236178,-43.94174)

12:08:21 Player 2 is going right from (-7.138179,-43.65117)

12:08:22 Player 0 is going right from (-1.772227,-42.99001)

12:08:22 Player 0 stopped using his power

12:08:22 Player 2 jumped from (-4.648123,-43.94174)

12:08:22 Player 2 is going right from (-4.578123,-43.79155)

12:08:23 Player 0 used his power

12:08:24 Player 0 jumped from (-0.9758069,-42.99001)

12:08:24 Player 1 jumped from (-18.42769,-43.94174)

12:08:25 Player 2 jumped from (2.963484,-42.99001)

12:08:25 Player 2 is going right from (3.103483,-42.69944)

12:08:25 Player 1 is going right from (-18.42769,-43.12999)

12:08:25 Player 2 jumped from (5.349709,-42.79501)

12:08:25 Player 0 stopped using his power

12:08:25 Player 2 is going right from (5.489709,-42.50444)

12:08:26 Player 2 is going left from (6.998141,-42.13402)

12:08:26 Player 1 stopped using his power

12:08:26 Player 2 is going right from (6.32847,-42.13401)

12:08:26 Player 0 is going right from (-0.9758069,-42.99001)

12:08:27 Player 2 jumped from (6.603915,-42.13401)

12:08:27 Player 2 is going right from (6.645915,-41.98382)

12:08:27 Player 1 is going right from (-16.79326,-43.94174)

12:08:27 Player 0 attacked

12:08:27 Player 2 is going left from (8.234917,-41.36348)

12:08:28 Player 1 is going right from (-16.27929,-43.94174)

12:08:28 Player 2 is going right from (8.087702,-41.36348)

12:08:28 Player 0 used his power

12:08:29 Player 0 jumped from (4.147079,-42.99)

12:08:29 Player 0 is going right from (4.147079,-42.83981)

12:08:30 Player 0 jumped from (6.08812,-43.94177)

12:08:30 Player 2 is going right from (9.747133,-42.09348)

12:08:30 Player 0 is going right from (6.08812,-42.71897)

12:08:31 Player 2 is going right from (11.15234,-42.79501)

12:08:31 Player 0 jumped from (8.185307,-43.94174)

12:08:31 Player 2 jumped from (11.86539,-42.79501)

12:08:31 Player 2 is going right from (12.00539,-42.50444)

12:08:31 Player 0 is going right from (8.185307,-42.84785)

12:08:32 Player 1 jumped from (-4.454295,-43.94174)

12:08:32 Player 1 is going right from (-4.314294,-43.65117)

12:08:32 Player 2 is going left from (13.82538,-42.83472)

12:08:32 Player 0 is going right from (8.692822,-43.94174)

12:08:32 Player 2 is going right from (13.71455,-42.83472)

12:08:32 Player 0 jumped from (9.066798,-43.94174)

12:08:32 Player 0 is going right from (9.164798,-43.65117)

12:08:33 Player 0 jumped from (11.4389,-43.94174)

12:08:33 Player 0 is going right from (11.5789,-43.65117)

12:08:33 Player 1 jumped from (1.330727,-42.99001)
12:08:34 Player 2 is going right from (15.98289,-42.83472)
12:08:34 Player 1 is going right from (1.330727,-42.99001)
12:08:34 Player 2 is going right from (16.13095,-42.83472)
12:08:34 Player 1 is going left from (3.080727,-42.61736)
12:08:34 Player 0 jumped from (15.30538,-42.83472)
12:08:34 Player 2 is going right from (16.32802,-42.83472)
12:08:34 Player 0 is going right from (15.44538,-42.54416)
12:08:34 Player 1 is going right from (3.027303,-42.99001)
12:08:35 Player 2 jumped from (16.46293,-42.83472)
12:08:35 Player 2 is going right from (16.49793,-42.68454)
12:08:35 Player 1 jumped from (3.243671,-42.99001)
12:08:35 Player 1 is going right from (3.313671,-42.69944)
12:08:35 Player 2 jumped from (19.32985,-43.94174)
12:08:35 Player 1 jumped from (5.541125,-42.79501)
12:08:36 Player 2 is going right from (19.39985,-43.79155)
12:08:36 Player 1 is going right from (5.668152,-42.50444)
12:08:36 Player 0 jumped from (19.83428,-43.94174)
12:08:36 Player 0 is going right from (19.90428,-43.79155)
12:08:36 Player 1 is going left from (6.08812,-41.57221)
12:08:36 Player 1 is going right from (5.909584,-42.13401)
12:08:37 Player 1 jumped from (6.181104,-42.13401)
12:08:37 Player 1 is going right from (6.223104,-41.98382)

12:08:37 Player 0 attacked

12:08:38 Player 0 jumped from (26.18911,-43.94174)

12:08:38 Player 0 is going right from (26.39601,-43.34489)

12:08:38 Player 2 is going left from (25.96076,-43.94174)

12:08:39 Player 1 is going right from (8.370479,-41.36348)

12:08:39 Player 1 jumped from (8.37663,-41.36348)

12:08:39 Player 1 is going right from (8.37663,-41.36348)

12:08:39 Player 0 is going right from (26.58475,-43.30501)

12:08:40 Player 2 is going left from (25.54223,-43.94174)

12:08:40 Player 2 attacked

12:08:40 Player 1 is going right from (12.11561,-42.85387)

12:08:40 Player 0 is going left from (26.58475,-43.30501)

12:08:40 Player 0 is going left from (26.52514,-43.30501)

12:08:40 Player 1 is going left from (12.35502,-43.94174)

12:08:41 Player 2 is going right from (24.24265,-43.94174)

12:08:41 Player 1 is going right from (12.30549,-43.94174)

12:08:41 Player 1 jumped from (12.30857,-43.94174)

12:08:41 Player 0 is going left from (25.35225,-43.94174)

12:08:41 Player 1 is going right from (12.33657,-43.65117)

12:08:41 Player 0 jumped from (25.33603,-43.94174)

12:08:41 Player 2 attacked

12:08:41 Player 0 is going left from (25.32203,-43.79155)

12:08:41 Player 2 attacked

12:08:42 Player 0 is going left from (24.51668,-43.09188)

12:08:42 Player 0 jumped from (24.5136,-43.09188)

12:08:42 Player 0 is going left from (24.5066,-42.94169)

12:08:42 Player 2 attacked

12:08:42 Player 2 is going left from (24.35264,-43.94174)

12:08:42 Player 0 is going right from (24.2266,-41.88939)

12:08:42 Player 2 attacked

12:08:43 Player 1 jumped from (16.67025,-42.83472)

12:08:43 Player 1 is going right from (16.81025,-42.54416)

12:08:43 Player 0 is going right from (24.64208,-42.24188)

12:08:43 Player 0 jumped from (24.70477,-42.24188)

12:08:43 Player 0 is going right from (24.72577,-42.09169)

12:08:43 Player 2 is going right from (24.19758,-43.94174)

12:08:43 Player 2 is going left from (24.30311,-43.94174)

12:08:44 Player 0 is going right from (26.53386,-43.23995)

12:08:44 Player 1 jumped from (21.226,-43.94174)

12:08:44 Player 2 jumped from (23.88767,-43.94174)

12:08:44 Player 1 is going right from (21.436,-43.5206)

12:08:44 Player 2 is going right from (23.88767,-43.79155)

12:08:44 Player 0 is going right from (26.58476,-43.30501)

12:08:44 Player 0 is going right from (26.58476,-43.30501)

12:08:45 Player 2 jumped from (24.97202,-43.09188)

12:08:45 Player 2 is going left from (24.97202,-42.67074)

12:08:45 Player 1 is going left from (23.25599,-43.94174)

12:08:45 Player 2 is going right from (24.67102,-42.24188)