

USO DEL SOFTWARE DGPAD EN EL DISEÑO DE ACTIVIDADES DE  
MATEMÁTICA RECREATIVA: ADAPTACIÓN DE UNA INGENIERÍA  
DIDÁCTICA

PRESENTADO POR:

SERGIO DAVID RODRÍGUEZ SARMIENTO

DIRIGIDO POR:

DR. MARTÍN EDUARDO ACOSTA GEMPELER

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN

PROYECTO CURRICULAR: LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON  
ÉNFASIS EN MATEMÁTICAS

BOGOTÁ D.C.

## **Introducción**

El uso de las herramientas informáticas para la enseñanza de las matemáticas representa un gran potencial didáctico, sin embargo, es fundamental tener conocimiento de los alcances y las modificaciones pertinentes que deben hacerse al recurso tecnológico para que sea un medio que contribuya a la construcción de conocimiento. Este trabajo nace de una exploración del software DGPad, realizada en el semillero de investigación Edutecma. Uno de los proyectos fue la adaptación de una ingeniería didáctica creada en CarMetal por Puentes (2015), para automatizar actos de devolución que permitieran generar un aprendizaje por adaptación. Este proyecto busca estudiar el concepto de automatización de actos de devolución y sus implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje mediados por la tecnología informática y verificar si las herramientas disponibles en el software DGPad-Colombia son eficientes para programar las retroacciones que automaticen los actos de devolución para aprender a resolver un Ken-Ken.

La metodología de trabajo está basada en la ingeniería didáctica de Artigue (1994). Realizamos el análisis a priori, una anticipación de las acciones del estudiante, las retroacciones del software y los actos de devolución automatizados. Adicionalmente, se hace un pilotaje con estudiantes de grado tercero para controlar el diseño y el análisis a priori.

## **Planteamiento del problema:**

La tecnología informática ha penetrado en todos los campos del quehacer humano y la enseñanza de las matemáticas no puede sustraerse a esta realidad. Actualmente, la gran mayoría de colegios oficiales en Colombia cuenta con aulas de informática, tabletas y/o computadores portátiles, para propiciar que los profesores aprovechen el potencial de las tecnologías informáticas para promover el aprendizaje de sus estudiantes.

Sin embargo, la incorporación de las tecnologías informáticas en el proceso de enseñanza de las matemáticas es un problema complejo. La sola presencia de las tecnologías en el aula transforma las relaciones entre los estudiantes, el profesor y el saber. La práctica de las matemáticas y la práctica de enseñanza se transforman al introducir las tecnologías informáticas como herramientas de trabajo. Por eso no es sorprendente que la mayoría de profesores de matemáticas sean reacios a utilizar las tecnologías informáticas en sus clases.

Por otra parte, las tecnologías informáticas impactan el aprendizaje de los estudiantes también al exterior de las instituciones de enseñanza. En efecto, los estudiantes tienen acceso a multitud de recursos electrónicos, en línea y fuera de línea, que pretenden generar nuevos aprendizajes y reforzar habilidades matemáticas.

Se necesitan investigaciones que brinden información sobre el potencial de las tecnologías informáticas para promover el aprendizaje matemático de los estudiantes, y sobre propuestas concretas de uso de esas tecnologías en las que se aproveche dicho potencial.

El grupo Edumat viene trabajando en ese sentido desde hace más de 10 años, y ha desarrollado conceptos teóricos y propuestas de uso de la tecnología para la enseñanza. Como miembro del semillero de investigación del grupo EDUMAT, he podido

familiarizarme con algunas de esas propuestas, y mi aporte al semillero ha sido la adaptación de la propuesta de matemática recreativa (KEN-KEN) utilizando el software libre DGPad-Colombia. En efecto, DGPad-Colombia, al ser una aplicación web, facilita la difusión y utilización de las actividades a través de internet.

**Pregunta de investigación:** ¿Cómo aprovechar el potencial del software DGPad-Colombia para programar retroacciones didácticas y automatizar actos de devolución, en el diseño de actividades de matemática recreativa (KEN-KEN), para que los estudiantes se apropien las reglas del juego y desarrollen habilidades de control de sus errores?

### **Objetivo General**

Adaptar la ingeniería (AUTOMATIZACIÓN DE ACTOS DE DEVOLUCIÓN EN CARMETAL), diseñada en el software CaRMetal, a las características del software DGPad-Colombia.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las herramientas y funciones de DGPad-Colombia que permiten la programación de retroacciones didácticas.
- Adaptar las retroacciones didácticas del trabajo AUTOMATIZACIÓN DE ACTOS DE DEVOLUCIÓN EN CARMETAL al contexto del software DGPad-Colombia.
- Adaptar los actos de devolución automatizados en el trabajo AUTOMATIZACIÓN DE ACTOS DE DEVOLUCIÓN EN CARMETAL al contexto del software DGPad-Colombia.
- Controlar el diseño adaptado por medio de un pilotaje con estudiantes de tercer grado.

## MARCO TEÓRICO

El marco teórico que presentamos a continuación es tomado de la tesis de maestría realizada por Puentes (2017), llamada: AUTOMATIZACIÓN DE ACTOS DE DEVOLUCIÓN EN CARMETAL. A continuación, enunciamos los conceptos relevantes para este proyecto: Aprendizaje por adaptación, situación didáctica y situación a-didáctica, proceso de validación, proceso de devolución y aprendizaje autónomo. También se realiza un aporte sobre DGPad como medio en el marco de la Teoría de las Situaciones Didácticas.

### **Aprendizaje por adaptación.**

De acuerdo a lo planteado por Acosta (2010), el concepto a partir del que se construye la **Teoría de Situaciones Didácticas** es el de *aprendizaje por adaptación*, heredado de la teoría piagetiana del aprendizaje. Éste tipo de aprendizaje “es aquel aprendizaje producto de la interacción del sujeto con un medio sin la mediación de un profesor” (p. 65)

Brousseau (1986), citado por Margolinas (2009), identifica su concepción de aprendizaje con la de aprendizaje por adaptación, y lo describe como aquel en el que “el alumno aprende adaptándose a un medio que es factor de contradicciones, de dificultades, de desequilibrios, un poco como lo hace la sociedad humana. Ese saber, fruto de la adaptación del alumno, se manifiesta por las respuestas nuevas que son la prueba del aprendizaje.” (p. 135).

El proceso de interacción del sujeto con el medio que conduce al aprendizaje por adaptación se ilustra en la siguiente figura, tomada de Acosta (2010):

## Aprendizaje por adaptación

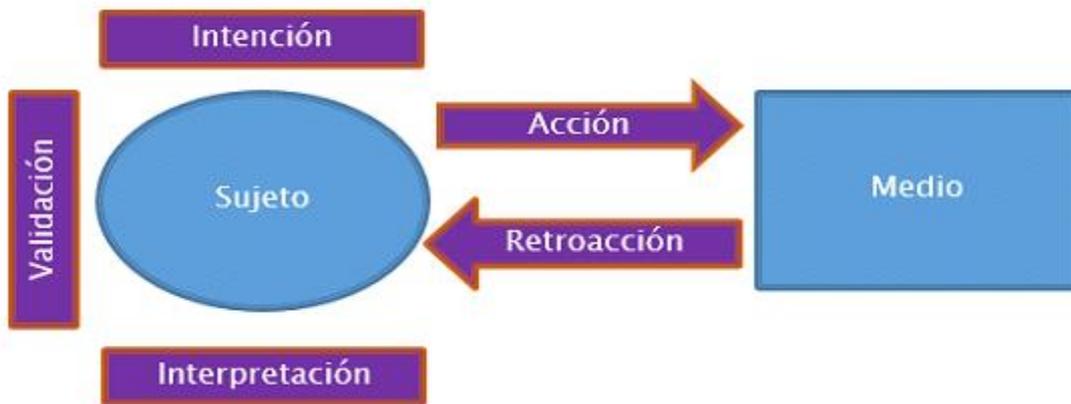


Figura. Aprendizaje por adaptación.

En el proceso de interacción del sujeto con el medio la teoría identifica cinco elementos: el primero de ellos es la **intención**, que corresponde a un propósito, objetivo o necesidad del sujeto, dando lugar a toda la interacción. El segundo elemento es la **acción**: para alcanzar su objetivo, el sujeto actúa sobre el medio. El medio reacciona a la acción del sujeto y a esto se le denomina **retroacción** (tercer elemento). El cuarto elemento es la **interpretación**: el sujeto interpreta la retroacción que le provee el medio dotándola de sentido respecto a la intención propuesta. El último elemento es la **validación**: el sujeto juzga sus acciones; es decir, decide si la acción que realizó le sirvió para alcanzar lo que se proponía. Si la validación es negativa, es decir, si el sujeto decide que su acción no le sirvió para alcanzar su intención, se producirá un cambio de acción. Si la validación es positiva, es decir, si el sujeto decide que la acción le sirvió para alcanzar su intención, se producirá un refuerzo de la acción. El cambio de acción y el refuerzo de la acción son dos signos observables del aprendizaje por adaptación.

En este ciclo los únicos elementos de interacción observables son las acciones y las retroacciones. Los demás son hipotéticos y pueden deducirse a partir de los elementos observables y de los efectos de la validación.

## Situación didáctica y situación a-didáctica

La Teoría de Situaciones Didácticas define las situaciones didácticas como aquellas en las que intervienen tres elementos: un saber, un profesor y un alumno. Las relaciones entre estos tres elementos se representan habitualmente en lo que en T.S.D. se llama triángulo didáctico, como se muestra en la siguiente figura tomada de Brousseau (2007):

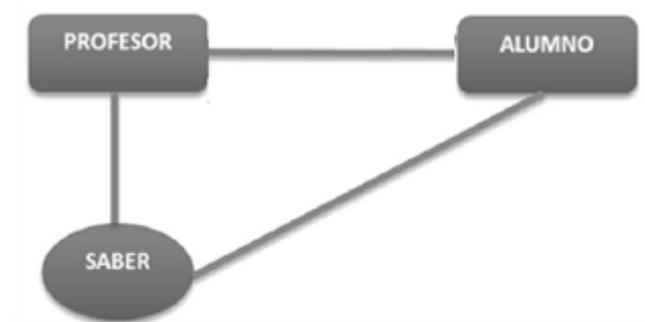


Figura. Triángulo didáctico

En una situación didáctica, el profesor tiene la intención de transmitir un saber al estudiante (intención didáctica). El postulado fundamental de la T. S. D. afirma que no es posible transmitir el saber de manera directa al estudiante; es decir, no es posible reducir el proceso de enseñanza a un proceso de transmisión de información.

Como no es posible transmitir el saber de manera directa al estudiante, es necesario hacerlo de manera indirecta. La manera indirecta propuesta por la T.S.D. consiste en crear las condiciones para que se produzca un aprendizaje por adaptación: el profesor prepara un problema y un medio que permitan el ciclo de interacción del aprendizaje por adaptación. A este tipo de situaciones en las que se privilegia la interacción del sujeto con el medio (fuente de desequilibrios) y que son productoras de aprendizaje por adaptación,

se les llama en T. S. D. situaciones a-didácticas, debido a que la relación sujeto-medio no está mediada por una intención de enseñanza.

El producto de una situación a-didáctica es un conocimiento: una estrategia que resuelve el problema propuesto gracias a unas acciones ejecutadas en el medio propuesto. Para la Teoría de las Situaciones Didácticas, conocimiento y saber son conceptos diferentes. El conocimiento es producto de una experiencia y por lo tanto es personal y contextualizado. El saber es producto de un acuerdo social; es impersonal y descontextualizado.

Después de poner en funcionamiento la situación a-didáctica que supuestamente ha producido un conocimiento, el profesor institucionaliza; es decir, explicita las relaciones entre el saber oficial y los conocimientos personales construidos por los estudiantes durante la situación a-didáctica.

La teoría estudia, entre otros, dos procesos asociados con la situación a-didáctica: el proceso de validación y el proceso de devolución, que se exponen a continuación.

### **Proceso de validación.**

De acuerdo con lo planteado por Margolinas (2009), el proceso de validación se refiere al ciclo de interacción que conduce a la validación; es decir, la decisión del sujeto sobre la pertinencia de sus acciones.

Rueda y Niño (2013) proponen los siguientes elementos como aspectos propios del proceso de resolución de problemas:

- **Aceptar el problema.** El estudiante acepta la responsabilidad asignada por el profesor de resolver el problema.
- **Comprender el problema.** El estudiante lee, analiza, e interpreta los requerimientos del problema.

- **Emplear una estrategia de solución.** Después de aceptar y comprender el problema, el estudiante pone en marcha una estrategia que lo ayude a llegar a la solución del problema propuesto.
- **Controlar los procesos intermedios.** Se refiere al control de los procedimientos lógico-matemáticos que debe realizar el estudiante como parte de la estrategia que decidió emplear.
- **Validar la solución del problema.** El estudiante decide si la estrategia que llevó a cabo para solucionar el problema fue acertada o no, y así mismo la solución del problema. (p. 65)

### **Proceso de devolución.**

El proceso de devolución se refiere a todo aquello que el profesor hace para acompañar y reforzar el proceso de validación. En efecto, el profesor no está ausente durante la interacción sujeto-medio; está presente y atento a intervenir cuando lo considera necesario. Sin embargo, sus intervenciones podrían interrumpir el proceso de validación del estudiante, impidiendo el funcionamiento de la situación a-didáctica. Las intervenciones del profesor que buscan reforzar la interacción sujeto-medio hacen parte del proceso de devolución y reciben el nombre de actos de devolución Rueda y Niño (2013).

Rueda y Niño (2013), muestran una tipificación de algunos actos de devolución, tres de los cuales serán tenidos en cuenta para este trabajo:

- **“Hacer comprender el problema:** El profesor brinda los medios por los cuales el estudiante podrá comprender el problema. [...]

- **Solicitar una estrategia de solución:** El profesor observa el comportamiento matemático del estudiante y si considera que se limita a dar respuestas al azar le solicita justificar de manera razonada sus acciones.
- **Hacer controlar los procesos intermedios:** El profesor le pide al estudiante que controle los pasos que debe seguir para llegar a la solución del problema según la estrategia que haya decidido llevar a cabo” (p. 31)

Es importante resaltar que los actos de devolución corresponden a acciones del profesor como hablar con el estudiante o plantearle preguntas, pero también a la abstención de acciones como emitir juicios sobre las producciones o acciones de los estudiantes.

### **DGPad como medio**

Desde el punto de vista de la T.S.D., el software puede considerarse como un medio material con el cual los estudiantes interactúan. Es importante considerar entonces las acciones que pueden realizar los estudiantes y las retroacciones que ofrece el software. El software DGPad, por ser un software de geometría dinámica, incorpora como parte de su programación un conjunto de acciones y retroacciones que responden al saber geométrico; por ejemplo, si se construye una recta perpendicular a un segmento al mover el segmento la recta se moverá para conservar la perpendicularidad.

Consideramos que las retroacciones del software son de dos tipos: retroacciones matemáticas cuando están determinadas por la teoría matemática, como en el ejemplo anterior y retroacciones didácticas, cuando corresponden a intenciones didácticas, como por ejemplo, el hacer que un objeto cambie de color en determinada posición para llamar la atención del estudiante o el mostrar información que el estudiante pueda utilizar para la resolución del problema.

Esta tipificación de retroacciones del medio y su inclusión en el diagrama de aprendizaje por adaptación se muestran en la siguiente figura:

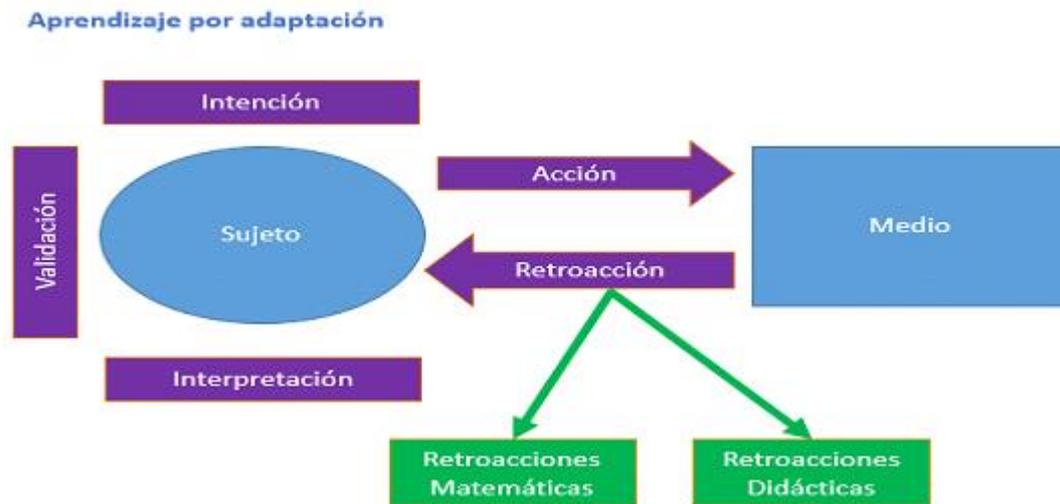


Figura. Tomado de Acosta (2010) Aprendizaje por adaptación / Tipos de retroacciones en DGPad.

En este trabajo se estudian principalmente las retroacciones didácticas programadas en el software DGPad, para que funcione como medio a-didáctico para actividades de aritmética.

### **Aprendizaje autónomo.**

Habitualmente se relaciona el aprendizaje autónomo con la educación virtual. Sierra, J. (2005) señala que se puede entender el aprendizaje autónomo como “la facultad de dirigir el propio proceso para entender y comprender la realidad” (p.3), es decir el aprendizaje donde la persona que aprende tiene autonomía con respecto a un profesor o a una institución. Siguiendo esta línea, nos referimos en este trabajo a aprendizaje autónomo como todo aquel en el que el sujeto aprende sin la intervención directa del profesor y en especial al aprendizaje que se produce por medio de la interacción con un medio digital.

Hacemos la hipótesis de que la automatización de actos de devolución, es decir la automatización de las acciones propias del profesor que buscan garantizar que se produzca una validación que lleve al abandono o al refuerzo de acciones, hace del software un medio propicio para el aprendizaje por adaptación sin la intervención directa de un profesor. Por lo tanto, el software tiene un gran potencial para proponer actividades de aprendizaje autónomo en las que pueda garantizarse un aprendizaje matemático.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

La metodología empleada en este proyecto se enmarca en la *ingeniería didáctica* propuesta por Artigue (1995, pág. 34), pues incluye un diseño y un análisis a priori, así como un pilotaje para controlarlos.

### **Análisis a-priori**

El siguiente apartado tiene como objetivo anticipar los comportamientos de los estudiantes al momento de desarrollar las actividades programadas en el medio. Así como “prever cuándo las retroacciones del medio permitirán no intervenir para señalar errores, pues los estudiantes podrán tomar conciencia por sí mismos” (Acosta y Fiallo 2017. Pág. 39)

En este trabajo proponemos la automatización de actos de devolución para que sean realizados por el software, sin intervención personal del profesor. De esta manera, las actividades pueden desarrollarse de manera autónoma. Esta automatización implica una evaluación automática del trabajo del estudiante, con el fin de emitir retroacciones didácticas que lo lleven a asumir el control de su actividad de resolución de problemas. El análisis a priori no está enfocado entonces en la construcción de conocimientos o estrategias matemáticas para la resolución del problema, sino en la evaluación automática del trabajo del estudiante, y los efectos esperados de las retroacciones didácticas. Específicamente, los actos de devolución automatizados en este trabajo se proponen lograr que el estudiante asimile las reglas del Ken-Ken y controle el cumplimiento de dichas reglas al intentar solucionarlo.

## Descripción del medio Ken-Ken

La actividad de matemática recreativa que utilizamos para la ingeniería es el juego japonés Ken-Ken, que consiste en un tablero cuadrado de  $n$  casillas dispuestas como se muestra en la Figura 1. En este caso particular utilizamos un tablero de 16 casillas:

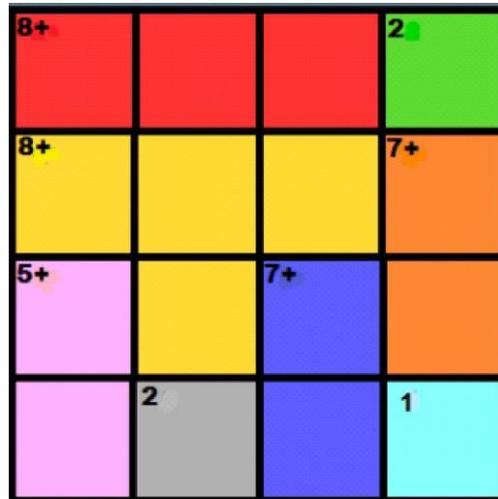


Figura 1- Ken-Ken tablero 4x4

Para el desarrollo del juego es preciso colocar de manera ordenada 16 fichas que contienen los dígitos del 1 al 4 (cuatro fichas por dígito) teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- No se puede repetir ningún dígito en ninguna fila
- No se puede repetir ningún dígito en ninguna columna
- Se deben rellenar las secciones de colores de tal manera que al realizar la operación indicada (suma, resta multiplicación o división) con los dígitos de las casillas, se obtenga el resultado indicado.

La construcción de la actividad Ken Ken supone una programación específica en el software que permita incrustar el tablero de 16 casillas, además de los dígitos con los cuales se rellena. La interacción del estudiante con el software consiste en resolver la

actividad, colocando los dígitos en las casillas correspondientes teniendo en cuenta las reglas.

### **Adaptación del medio geométrico al medio aritmético**

El software DGPad-Colombia es un software de geometría dinámica, lo cual implica que los objetos que se crean y se manipulan en la pantalla son objetos geométricos (puntos, rectas, círculos, etc.) que se comportan de acuerdo con la teoría de la geometría. Empero, con el uso de algunas herramientas disponibles en el software es posible transformar este medio geométrico en un medio adaptado al juego del Ken-Ken.

Para que el estudiante pueda jugar al Ken-Ken, es necesario que tenga la representación del tablero y de las fichas con las que lo llenará, y que pueda arrastrar las fichas para llenar las casillas del tablero, evitando que dos fichas estén en la misma casilla.

El tablero del Ken-Ken se añade como una imagen asociada a un punto fijo de la pantalla, y cada casilla tiene un punto central asociado. Las fichas con los dígitos son dibujos de la tortuga asociados a puntos que pueden desplazarse por la pantalla. Esos puntos de las fichas están imantados a los puntos de las casillas, de manera que cuando el usuario arrastra una ficha y la suelta en el interior de una casilla, el punto de la ficha viene a pegarse al punto de la casilla. Además, se programó una función de rechazo de manera que, si el usuario suelta la ficha dentro de una casilla ya llena, esa ficha se devuelve a la posición inicial.

### **Programación de los actos de devolución:**

- **Hacer comprender el problema:**

El primer acto de devolución automatizado corresponde a la intervención del profesor para hacer comprender el problema. En este caso, consiste en hacer comprender las reglas del juego y su utilización. Este acto de devolución se desencadena cuando el usuario

oprime el botón ‘Aprender’, que está presente en todo momento en la pantalla. Consiste en presentar al usuario una descripción de cada regla, seguida de ejercicios donde deben aplicar dicha regla. Las retroacciones didácticas programadas posibilitan al usuario tomar conciencia de la regla y tenerla en cuenta tanto para identificar y corregir errores, como para decidir qué fichas colocar en las diferentes casillas.

- **Hacer controlar los errores:**

El segundo acto de devolución automatizado corresponde a la intervención del profesor para hacer caer en cuenta al estudiante de los errores que comete. En el juego Ken-Ken se han programado una serie de retroacciones llamadas “advertencias” que le permiten verificar si las acciones que realiza son correctas o no. Cuando ha cometido dos errores aparece la primera advertencia, que consiste en mostrar al estudiante una información, por ejemplo: “Revisa los errores”, que ayude e incite a modificar las acciones y corregir los errores, cuando ha cometido tres errores aparece la segunda advertencia que consiste en mostrar al estudiante las reglas puntuales del juego que está infringiendo.

- **Solicitud de una estrategia:**

El tercer acto de devolución automatizado corresponde a la intervención del profesor para solicitar que las acciones del estudiante respondan a una intención clara. En el caso del juego del Ken-Ken, interpretamos el hecho de cometer más de cuatro errores al llenar el tablero como una ausencia de estrategia por parte del estudiante. La retroacción consiste en mostrar una advertencia solicitando al estudiante corregir sus errores; si el estudiante comete un error más, la actividad se reinicia: es decir, se vacía el tablero y las fichas vuelven a la posición inicial.

- **Abstención**

Una forma de devolución del profesor consiste en abstenerse de juzgar directamente el trabajo del alumno, o de transmitirle información sobre lo que está bien o mal en la solución del problema. En el caso del juego del Ken-Ken, si el estudiante recibiera una retroacción por cada error cometido, podría desarrollar una estrategia de solución en la que no controla por sí mismo los errores, sino que se limita a colocar un dígito al azar en una casilla; si el software le señala un error, cambia de posición el dígito. Para evitar el refuerzo de este tipo de estrategia evitamos señalar cada error cometido. Solo se presenta una retroacción cuando haya dos o más errores.

## Descripción de las retroacciones programadas

La ingeniería Ken-Ken consta de dos etapas, la primera se enfoca en la comprensión e interiorización de las reglas y la segunda es el desarrollo del juego. Cuando el estudiante abre la ventana del juego tiene a su disposición dos botones “Jugar” y “Aprender”, una casilla con las fichas y el tablero de juego original (como se muestra en la figura 2).

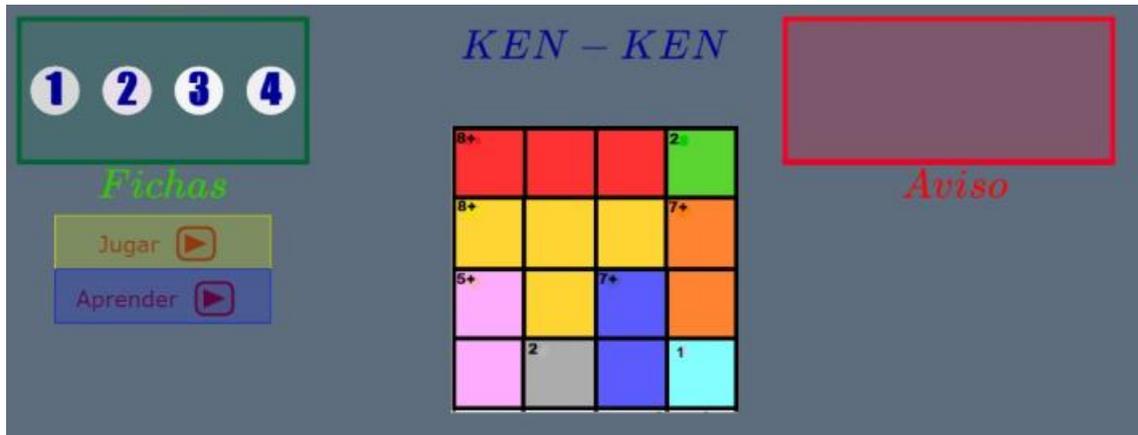


Figura 2: Aspecto del Ken-Ken

El estudiante tiene la posibilidad de presionar cualquiera de los botones e ir a una de las dos etapas. A continuación, presentamos cada una de las retroacciones programadas relacionadas con las etapas que puede realizar el estudiante.

### **Etapa de Aprendizaje.**

**Durante la etapa de aprendizaje se implementa el acto de devolución “hacer comprender el problema”**

Si el estudiante decide presionar el botón “Aprender”, aparecen dos botones: “Qué es el Ken-Ken” y “Regla 1”. Al presionar “Qué es el Ken-Ken” aparece un texto con información sobre el Ken Ken y sus reglas de juego. Al presionar “Regla 1” aparece un ejercicio para aplicar la regla 1: se muestra un nuevo tablero completamente lleno con dígitos y el enunciado del ejercicio “Regla 1: No pueden repetirse fichas en las filas, toca las casillas donde se encuentra un error de repetición en filas”:



Figura 3: Aspecto de la Regla 1

Cuando el estudiante cierra la casilla de texto, comienza el desarrollo del ejercicio.

Si el estudiante selecciona la casilla que tiene el dígito que presenta repetición en filas, la casilla se ilumina y aparece un letrero “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma fila”:

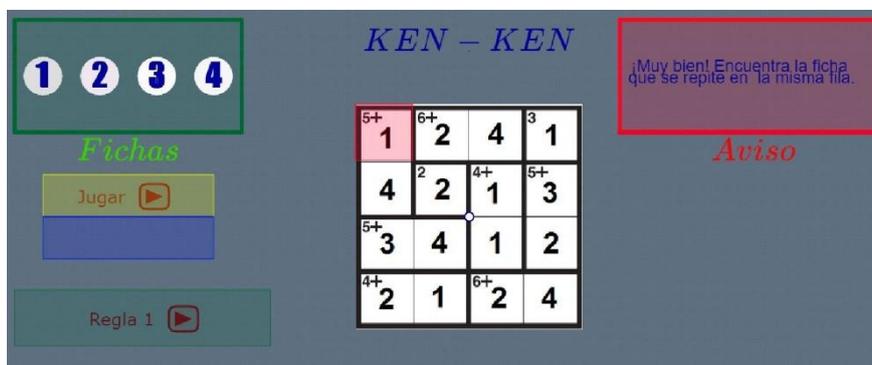


Figura 4: Regla 1 – letrero 1

Estas retroacciones le hacen saber al estudiante que la acción que realiza va de acuerdo a la estructura de la regla, la casilla que ha seleccionado es correcta y ahora deberá encontrar

en la misma fila el dígito que se repite. Cabe resaltar que durante el ejercicio, si el estudiante no selecciona las casillas que muestran repetición, el software no genera respuesta alguna.

Cuando el estudiante ha seleccionado alguna casilla que muestra repetición en filas, puede ocurrir que seleccione otra casilla que muestre repetición en una fila diferente; si esto ocurre, se ilumina la casilla seleccionada, aparece un letrero diferente "La ficha que seleccionaste NO se repite en la misma fila ¡Vuelve a intentarlo!" y adicionalmente aparece un nuevo botón "volver a intentar".

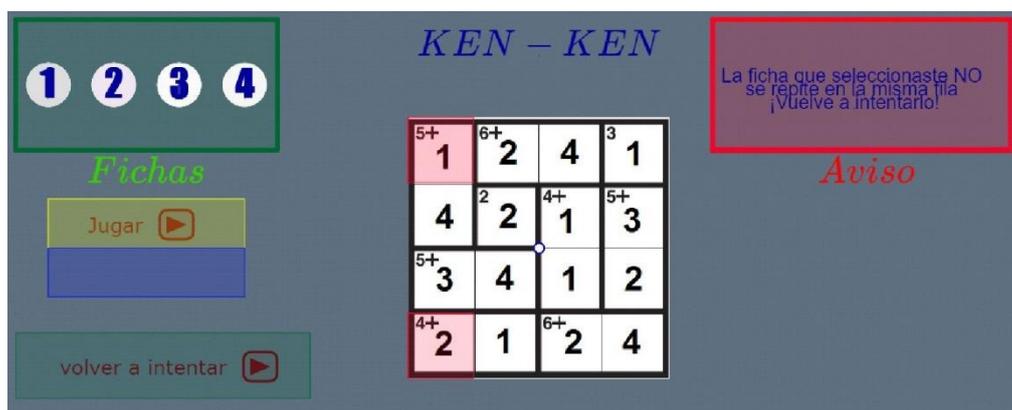


Figura 5: Regla 1 – letrero: volver a intentar

Estas retroacciones le permite saber al estudiante que sus acciones no funcionan de acuerdo a la estructura del ejercicio y le da la oportunidad de hacer otro intento teniendo en cuenta la regla 1.. Si el estudiante presiona el botón "volver a intentar" se reinicia el ejercicio y aparece un nuevo letrero "Toca la casilla donde se encuentra un error de repetición en filas". Si realizan otras acciones antes de presionar el botón el software no le da respuesta alguna.

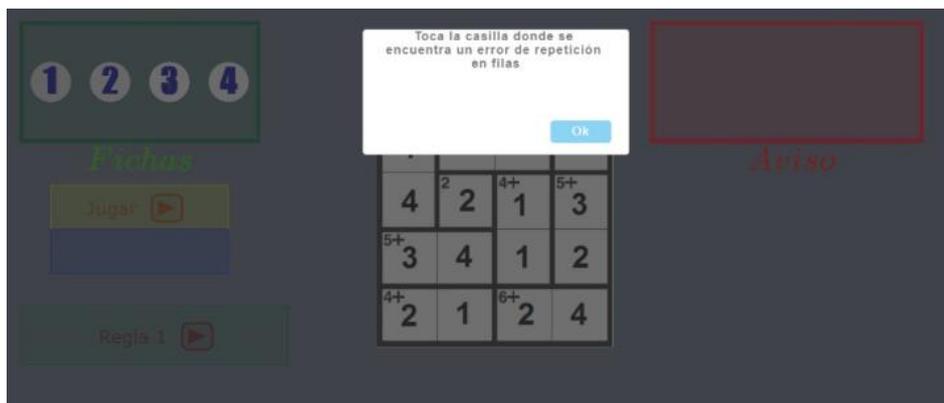


Figura 6: Regla 1 – indicaciones del ejercicio

Esto le da una nueva oportunidad de realizar el ejercicio correctamente, teniendo en cuenta las indicaciones que le da el software .

Despues de haber seleccionado alguna casilla que muestra repetición en filas, si el estudiante selecciona otra casilla en la misma fila y con el mismo dígito que la primera, se ilumina la casilla y aparece un nuevo letrero “¡Muy bien! Ahora encuentra otra ficha que se repita en otra fila”:

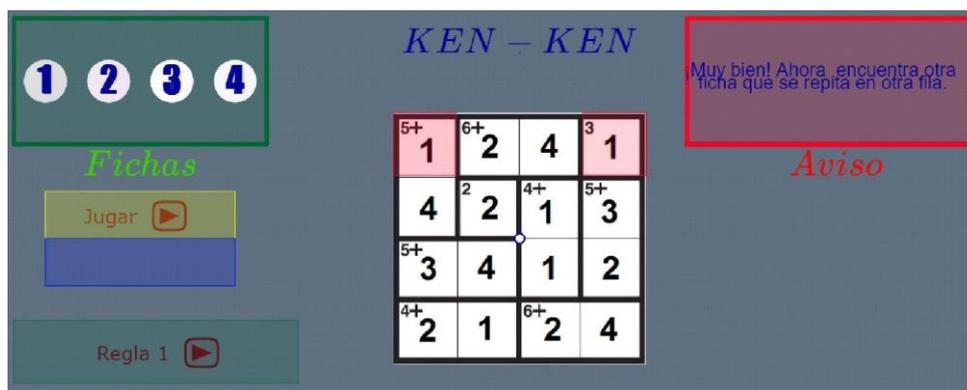


Figura 7: Regla 1 – letrero 2, fila 1 completa

Esto le permite saber al estudiante que las casillas que ha seleccionado efectivamente muestra repetición en una misma fila, una tras la otra, le permite saber que el procedimiento que realiza es correcto en el ejercicio.

Después de haber seleccionado correctamente las dos primeras casillas que presentan repetición en filas, el estudiante debe seleccionar en otra fila la casilla que presenta repetición. Si el estudiante selecciona la casilla que presenta repetición esta se ilumina y aparece el letrero: “¡Muy bien! Ahora Encuentra la ficha que se repite en la misma fila”

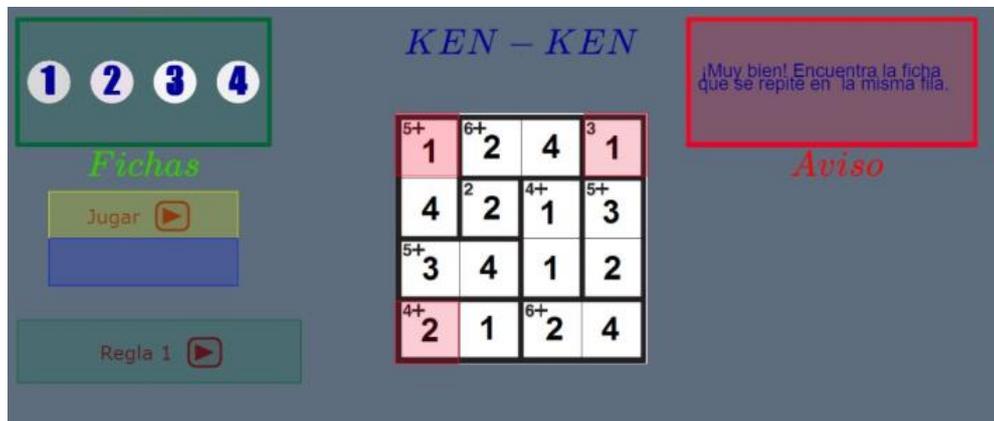


Figura 8: Regla 1 – letrero 1, fila 1 completa

Estas retroacciones le informan al estudiante que la estrategia que utiliza le funciona en el ejercicio. Si el estudiante selecciona otras casillas el software no le genera ninguna respuesta hasta seleccionar la casilla que muestra repetición en la misma fila.

Cuando el estudiante selecciona la casilla que se repite en la misma fila termina el ejercicio, aparece el letrero “¡Muy bien, pasemos a la siguiente regla!” y un nuevo botón “Regla 2”:

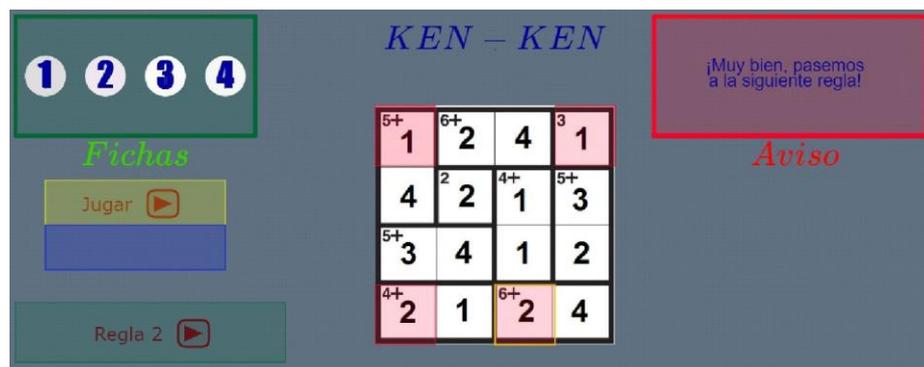


Figura 9: Regla 1 – letrero 2, fila 2 completa

De acuerdo con este análisis, el conjunto de retroacciones del medio posibilita que el estudiante tome conciencia de la regla 1 y de los errores correspondientes a esta, de manera que podrá aplicarla en la etapa de juego.

Al presionar “Regla 2” aparece un ejercicio para aplicar la regla 2: se muestra un nuevo tablero completamente lleno con dígitos y el enunciado del ejercicio “Regla 2: Los números no pueden repetirse en las columnas. Encuentra en el tablero los números que se repiten en columnas”:



Figura 10: Aspecto regla 2 – letrero con indicaciones

Cuando el estudiante cierra la casilla de texto, comienza el desarrollo del ejercicio. Si el estudiante selecciona la casilla que tiene el dígito que presenta repetición en filas, la casilla se ilumina y aparece un letrero “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”.

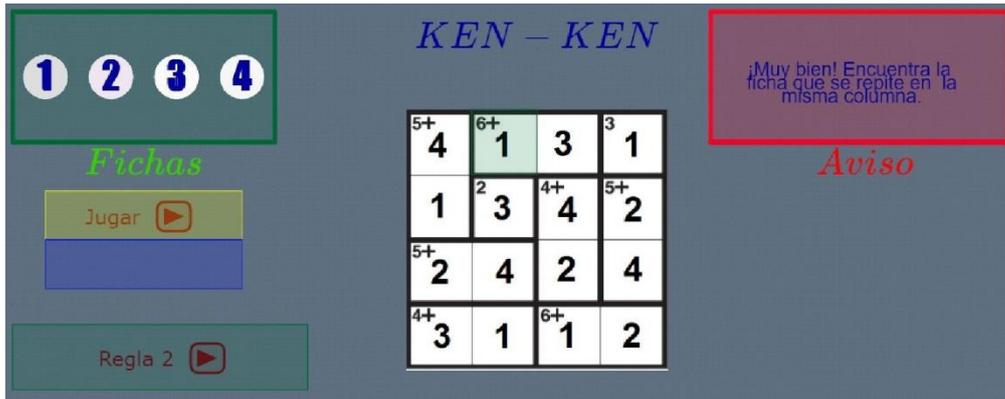


Figura 11: Regla 2 – letrero 1

Estas retroacciones permiten que el estudiante sepa que la acción que realiza es válida en el ejercicio, la casilla que ha seleccionado es correcta y ahora deberá encontrar en la misma columna el dígito que se repite. Cabe resaltar que durante el ejercicio, si el estudiante no selecciona las casillas que muestran repetición, el software no genera respuesta alguna, como en el ejercicio anterior (relacionado con la regla 1).

Cuando el estudiante ha seleccionado alguna casilla que muestra repetición en columnas, puede ocurrir que seleccione otra casilla que muestre repetición en una columna diferente; si esto ocurre, se ilumina la casilla seleccionada, aparece un letrero diferente “La ficha que seleccionaste NO se repite en la misma columna ¡Vuelve a intentarlo!” y adicionalmente aparece un nuevo botón “volver a intentar 1”

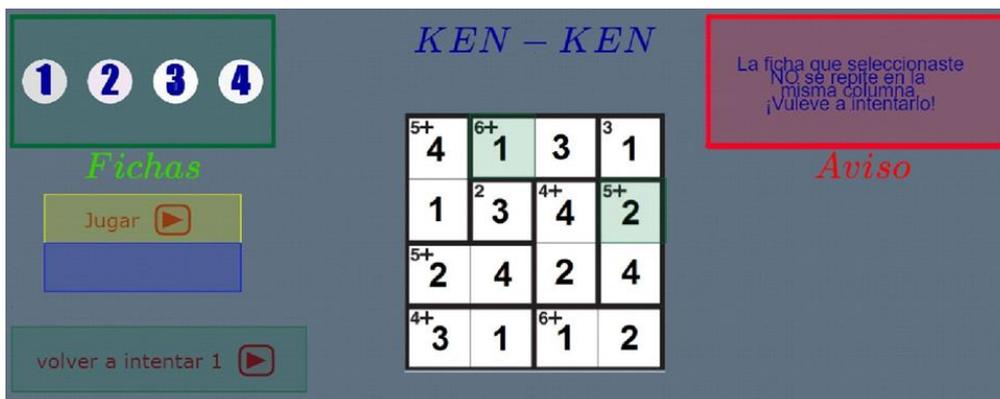


Figura 12: Regla 2 – letrero 2, volver a intentar

Estas retroacciones permiten que el estudiante haga una interpretación sobre el procedimiento que utilizó y lo cambie puesto que no funciona para resolver el ejercicio y también le permite hacer un nuevo intento de resolución. Si el estudiante presiona el botón “volver a intentar” se reinicia el ejercicio y aparece de nuevo el letrero “Regla 2: Los números no pueden repetirse en las columnas. Encuentra en el tablero los números que se repiten en columnas”. Si realiza otras acciones antes de presionar el botón el software no le da respuesta alguna.



Figura 13: Aspecto regla 2, volver a intentar1

Esto le da una nueva oportunidad de realizar el ejercicio correctamente, teniendo en cuenta las indicaciones que le da el software respecto a la regla 2.

Después de haber seleccionado alguna casilla que muestra repetición en columnas, si el estudiante selecciona otra casilla en la misma columna y con el mismo dígito que la primera, se ilumina la casilla y aparece un nuevo letrero “¡Muy bien! Ahora encuentra otra ficha que se repita en otra columna”:

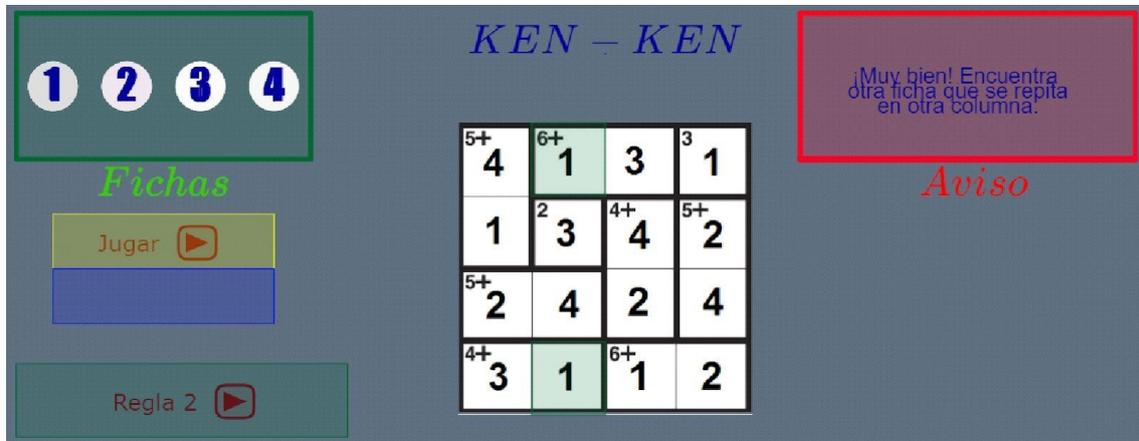
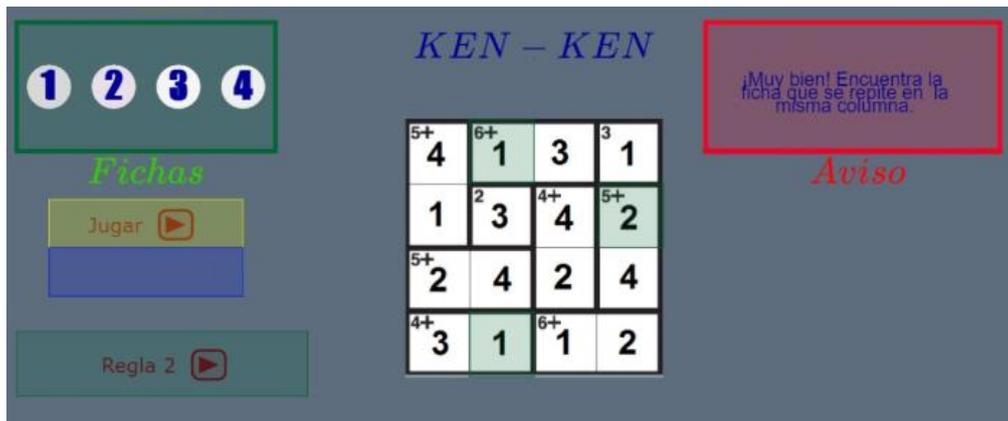


Figura 14: Regla 2, letrero 1

Esto permite que el estudiante sepa que el procedimiento que realiza al seleccionar las casillas que muestran la repetición en una misma columna, una tras la otra, es correcto en el ejercicio.

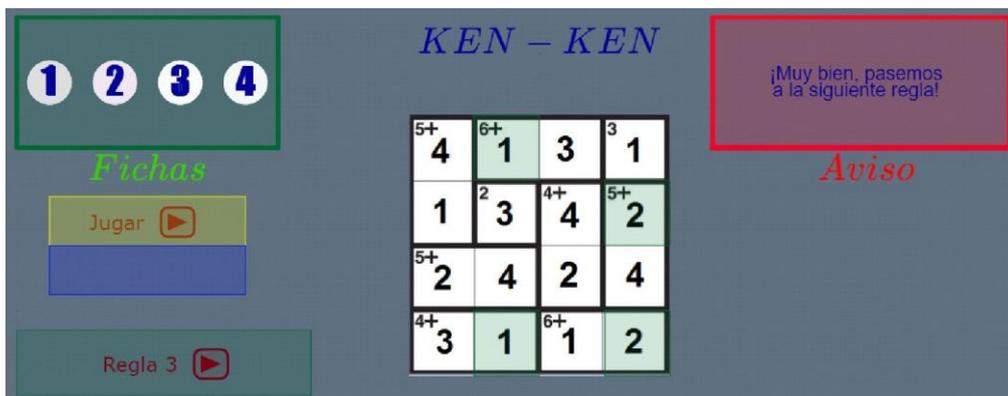
Después de haber seleccionado correctamente las dos primeras casillas que presentan repetición en columnas, el estudiante debe seleccionar en otra columna la casilla que presenta repetición. Si el estudiante selecciona la casilla que presenta repetición esta se ilumina y aparece el letrero: “¡Muy bien! Ahora Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”



*Figura 15: Regla 2, letrero 2*

Estas retroacciones le permitensaber que la estrategia que utiliza le funciona en el ejercicio. Si el estudiante selecciona otras casillas el software no le genera ninga respuesta hasta seleccionar la casilla que muestra repetición en la misma columna.

Cuando el estudiante selecciona la casilla que se repite en la misma columna termina el ejercicio, aparece el letrero”¡Muy bien, pasemos a la siguiente regla!” y un nuevo botón “Regla 3”:



*Figura 16: Regla 2 finalizada, botón regla 3*

De acuerdo con este análisis, el conjunto de retroacciones del medio posibilita que el estudiante tome consciencia de la regla 2 y de los errores correspondientes a esta, para que aplique estos conocimiento en la etapa de juego..

Al presionar “Regla 3” aparece un ejercicio para aplicar la regla 3: se muestra un nuevo tablero con una sola sección de color rojo vacía, una operación específica en la parte superior de la sección que dice “+11” y el enunciado del ejercicio “Regla 3: coloca las fichas en la sección señalada, de manera que la suma sea la indicada”:

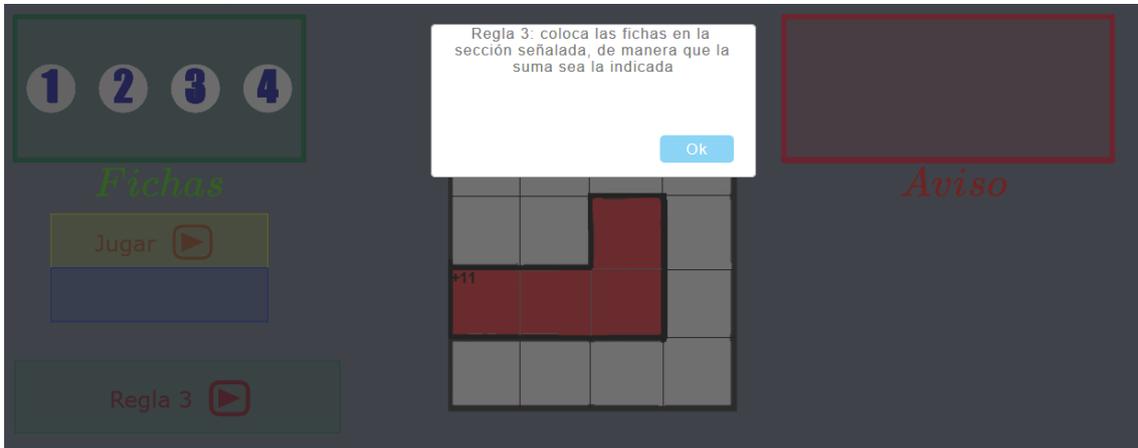


Figura 17 : Aspecto regla 3 – instrucciones

De acuerdo con estas retroacciones se espera que el estudiante tome las fichas y rellene la sección de color. Si el estudiante no introduce fichas en la sección roja el software no dará respuesta alguna a la acción que realiza el estudiante.

Cuando el estudiante rellena la sección de color puede ocurrir que coloque dos dígitos iguales en la misma fila (infringiendo la regla 1), si esto ocurre, aparece un letrero: “Recuerda la regla 1”

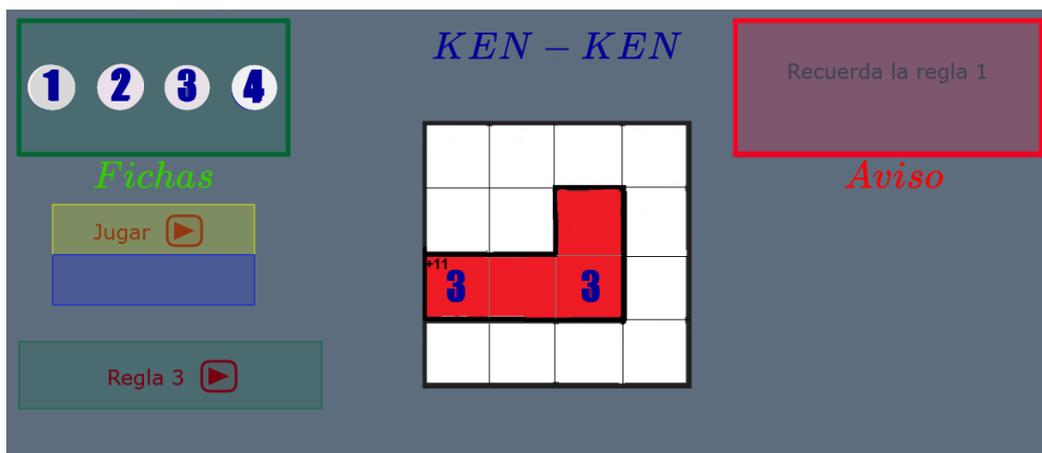


Figura 18: Regla 3, “Recuerda la regla 1”

Esto le permite saber al estudiante que debe tener en cuenta la regla 1 para poder continuar con el ejercicio y que debe corregir el error de repetición en filas, es pertinente mencionar que el letrero no se ocultará hasta que el estudiante cambie la posición de los dígitos. De igual manera, si al rellenar la sección el estudiante coloca dos dígitos iguales en la misma columna, aparece un nuevo letrero: “Recuerda la regla 2”

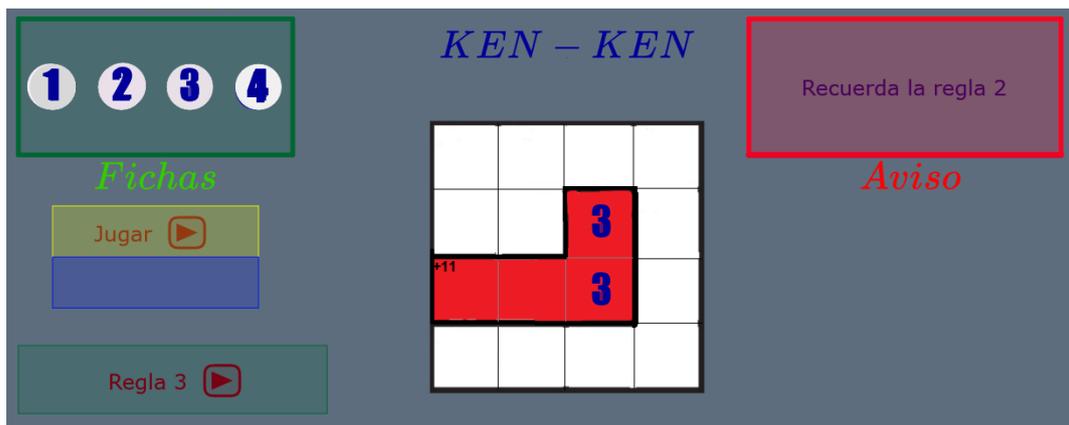


Figura 19: Regla 3, “Recuerda la regla 2”

Esta retroacción le permite saber al estudiante que está omitiendo la regla 2 y se espera que corrija los errores que está cometiendo. Al igual que la retroacción anterior (“Recuerda la regla 1”) el letrero permanece en la casilla de aviso hasta que el estudiante no modifique la posición de las fichas que ha colocado.

Las retroacciones que se han mostrado hasta el momento permiten que el estudiante tome conciencia que debe tener en cuenta las reglas 1 y 2 simultáneamente en el desarrollo del ejercicio de la regla 3.

Cuando el estudiante completa la sección roja sin cometer ningún error respecto a las dos reglas anteriores, aparece una pregunta en la casilla de aviso y aparecen dos botones “Si” y “No”.

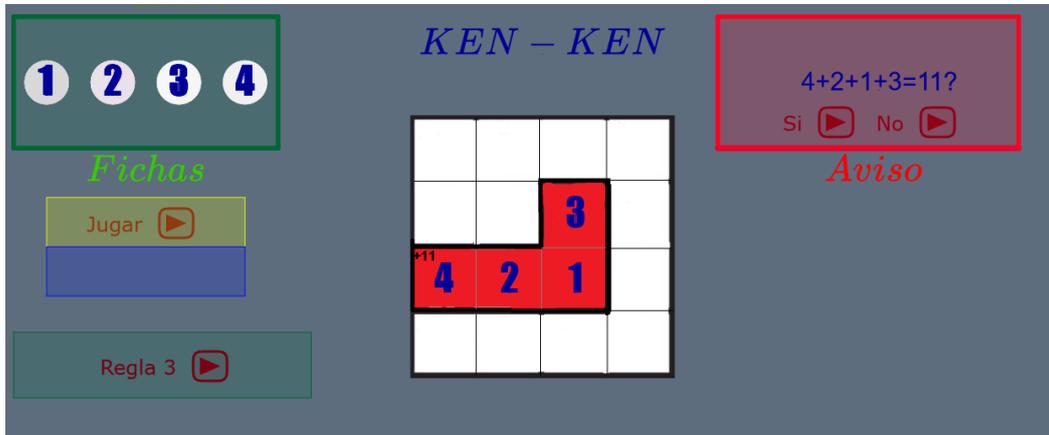


Figura 20: Regla 3, Pregunta suma de dígitos colocados en la sección(equivocado)

Con estas retroacciones se espera que el estudiante revise si la suma de los números que puso en la sección corresponde al resultado solicitado. Si el estudiante ha colocado los dígitos en la sección, la suma no es la indicada y presiona el botón “Si” aparece el letrero “No, revisa la operación”:

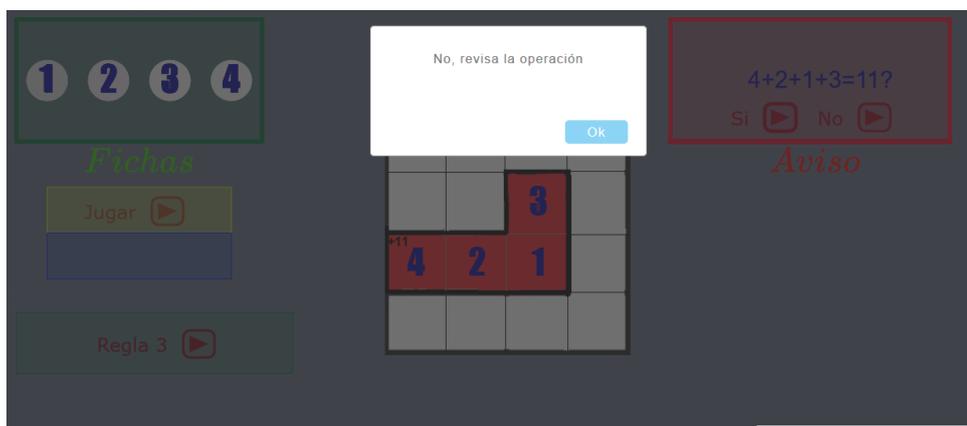


Figura 21: Regla 3, Letrero respuesta equivocada, suma equivocada

Esta retroacción invita al estudiante revisar nuevamente la suma y responder correctamente. Cuando el estudiante revisa la suma incorrecta y presiona el botón “No”

aparece un nuevo letrero: “¡Muy bien! La suma no es correcta reacomoda las fichas para que cumplan con la operación”

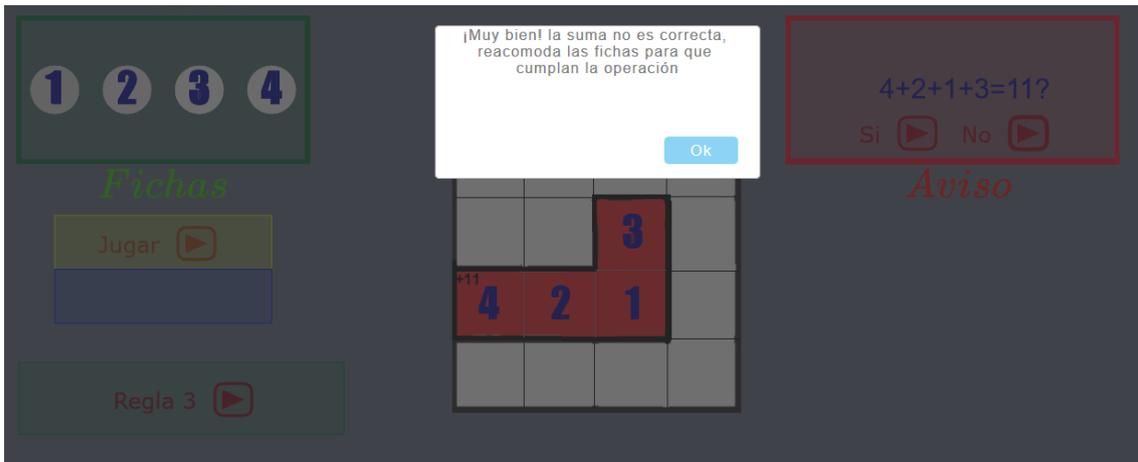


Figura 22: Regla 3, Letrero respuesta correcta, suma equivocada

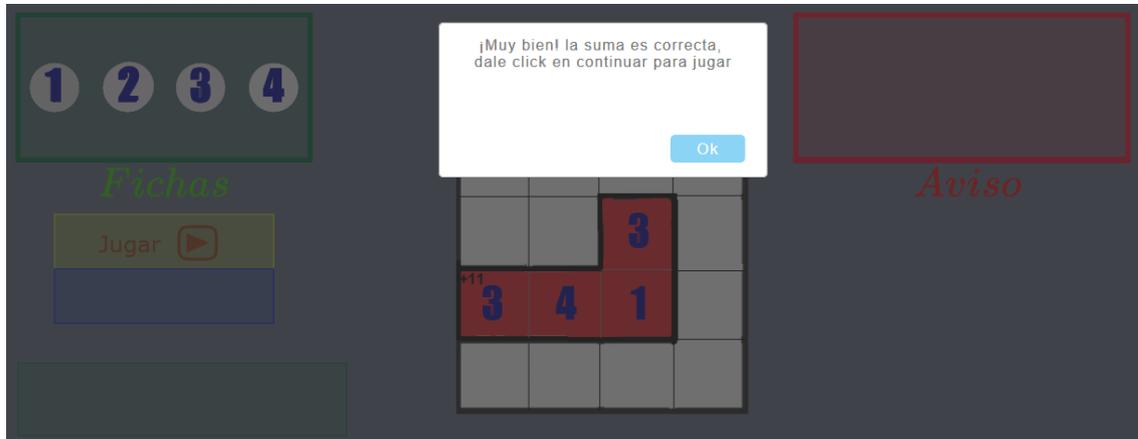
Esta retroacción permite que el estudiante sepa que la respuesta es correcta y se espera que corrija los errores que está cometiendo. Se espera que el estudiante realice los cambios necesarios para cumplir con lo que le ha solicitado la regla.

Cuando el estudiante ha colocado todas las fichas en la sección roja y además cumple con la suma indicada aparece nuevamente el letrero con la pregunta y los dos botones “Si” y “No”. Si el estudiante presiona el botón “No” aparece el letrero: “No, revisa la operación”



Figura 23: Regla 3, Letrero respuesta incorrecta, suma correcta

Esto le permite saber al estudiante que la respuesta que ha dado no es correcta de acuerdo a lo que realizó en la sección. Se espera que revise nuevamente la pregunta y conteste correctamente. Si el estudiante presiona el botón “Si” aparece el letrero: “¡Muy bien! La suma es correcta, dale clic en jugar para continuar”



*Figura 24: Regla 3, Letrero respuesta correcta, suma correcta*

En este momento el estudiante valida positivamente las acciones realizadas para completar el ejercicio. Se espera que tome consciencia de la regla 3 y de la necesidad de tener en cuenta las dos primeras reglas cuando se desarrolla esta última.

Cuando el estudiante termina la regla queda habilitado un único botón en la pantalla: “Jugar” se espera que el estudiante lo presione y pase a la segunda etapa. Si el estudiante realiza otras acciones, el software no dará ninguna respuesta.

Es necesario aclarar que el botón “Jugar” está presente durante todas las etapas de juego para que el estudiante tenga la posibilidad de oprimirlo. Si el estudiante presiona el botón “Jugar” sin haber terminado los ejercicios de aprendizaje, aparece un nuevo letrero: “No has terminado los ejercicios de aprendizaje de reglas ¿Deseas continuar?” y adicionalmente dos botones “sí y “no”

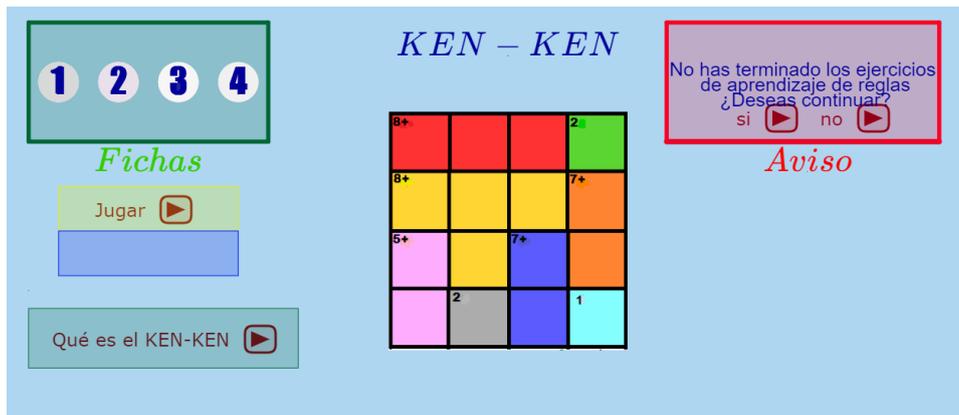


Figura 23: Aviso intermedio para ir a la etapa de juego sin terminar los ejercicios de las reglas

De acuerdo con las retroacciones se espera que el estudiante tome conciencia de que no puede pasar a la etapa de juego sin haber desarrollado la totalidad de los ejercicios de aprendizaje, sin embargo, le da la posibilidad para que, si lo decide el estudiante, avance inmediatamente a la etapa de juego. Si el estudiante presiona “no” puede continuar en el desarrollo de los ejercicios. Si el estudiante presiona “si” aparece el letrero: “Ya puedes oprimir el botón de jugar para jugar”



Figura 25: Letrero de confirmación y avanzar a la etapa de juego

Esta retroacción le permite saber al estudiante que ya fue habilitado el botón “Jugar” para avanzar a la etapa de juego. En este momento culmina la etapa de aprendizaje.

Las retroacciones programadas en el diseño de cada uno de los ejercicios de aprendizaje permiten que el estudiante se apropie de las reglas, puesto que además de enunciarlas en cada actividad, el estudiante realiza ejercicios donde las pone en práctica, le da la posibilidad de tomar conciencia de cada una de ellas, **hace que comprenda las reglas**, el acto de devolución que se quiere automatizar.

### Etapa de juego:

**En la etapa de juego se ponen en juego tres actos de devolución: “hacer corregir los errores, solicitar una estrategia y no transmitir de manera directa la solución”.**

Cuando el estudiante presiona el botón “Jugar” aparece el letrero: “Empecemos a jugar, coloca las fichas de los dígitos en las casillas y completa el tablero”



Figura 26: Letrero inicial – etapa de juego

Esta retroacción le permite saber al estudiante cual es el tipo de interacción que se espera para poder completar el juego.

Cuando el estudiante coloca las fichas en el tablero y comete un error, el software no genera ninguna retroacción. Esto obedece al acto de devolución de **abstención**, limita las retroacciones para que las acciones del estudiante no se construyan a partir de un proceso repetitivo que por ensayo y error logre solucionar el tablero. Sin embargo, si el estudiante

omite esta acción, continúa colocando dígitos y comete otro error, aparece el botón “advertencia”:

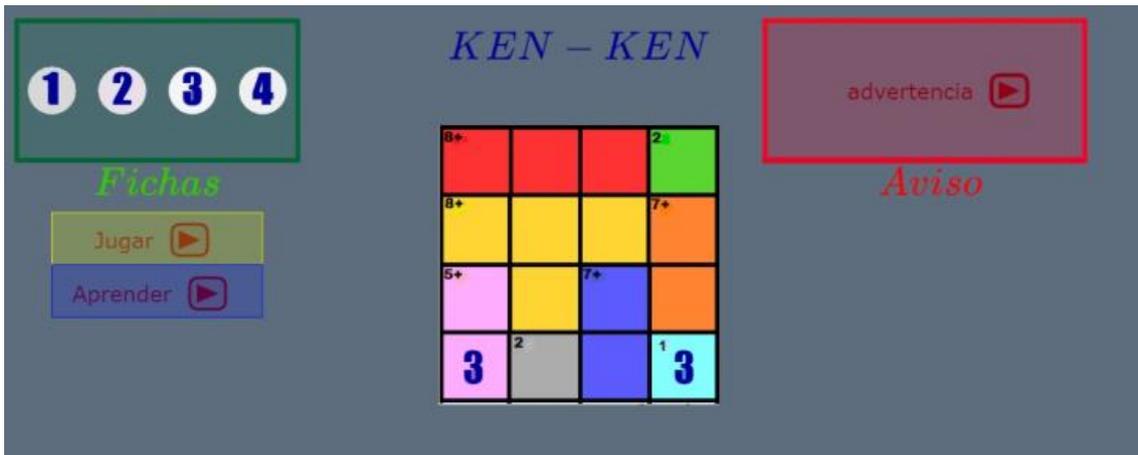


Figura 27: “advertencia”

El aspecto del botón cambia de tamaño intermitentemente para llamar más la atención del estudiante. Si el estudiante oprime el botón aparece un nuevo letrero: “Revisa los errores”



Figura 28: letrero correspondiente a “advertencia”

De acuerdo con esta retroacción se espera que el estudiante revise los movimientos que hizo y cambie la posición de los dígitos en el tablero teniendo en cuenta las reglas aprendidas. En este momento se muestra el acto devolución de **hacer controlar los errores**, puesto que hay una solicitud tacita para que el estudiante recuerde las reglas y corrija los errores que comete. El botón no se ocultará hasta que el estudiante no corrija

los errores. Si el estudiante no oprime el botón “advertencia” u omite la retroacción al oprimirlo, continúa colocando dígitos en el tablero y comete un error más (tres errores en total), aparece un nuevo botón “advertencia 2”

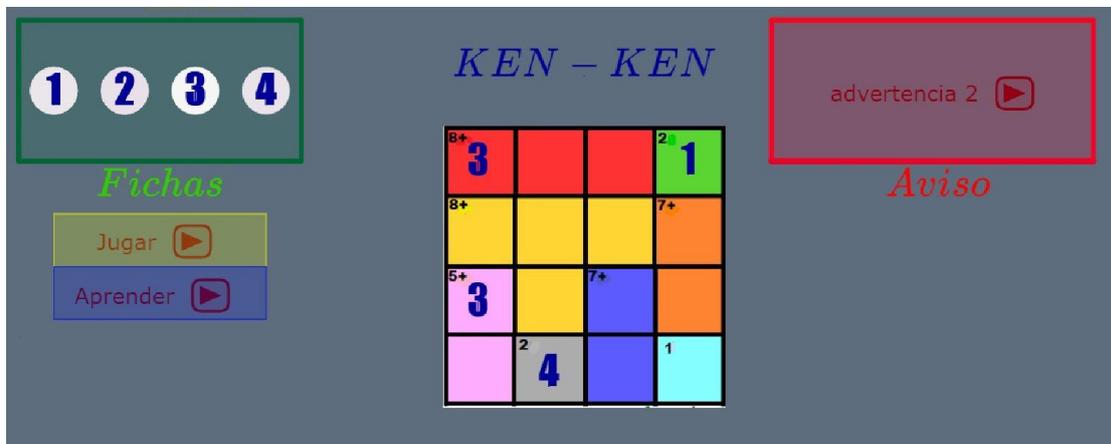


Figura 29: “advertencia 2”

El botón presenta un aspecto similar al anterior (“advertencia”) cambia de tamaño intermitentemente con el fin de llamar de nuevo la atención del estudiante. Si el estudiante oprime el botón aparece un letrero según el tipo que regla que está infringiendo, por ejemplo, en la imagen anterior está cometiendo errores con relación a la regla 2 y la regla 3, de modo que el letrero dice: “Infringiendo Regla 3 Regla 2”:



Figura 30: letrero correspondiente a “advertencia 2”

Se muestra una retroacción más clara respecto al tipo de errores que está cometiendo y se espera un cambio de acción contundente para corregir los errores puntuales. Esta retroacción también le recuerda al estudiante que debe tener en cuenta reglas para poder completar el tablero de juego. Nuevamente se muestra el acto devolución de **hacer controlar los errores**, puesto que hay una solicitud explícita para que el estudiante recuerde las reglas y corrija los errores que comete. El botón “advertencia 2” permanecerá visible en la casilla de aviso mientras el estudiante no corrija los errores. Si el estudiante no oprime el botón “advertencia 2” u omite la retroacción al oprimirlo, continúa colocando dígitos en el tablero y comete un error más (cuatro errores) aparece un nuevo botón: “advertencia 3”. Como los botones anteriores también cambia de tamaño intermitentemente. Si el estudiante presiona el botón aparece un letrero: “Corrige los errores, si no lo haces, se reiniciará el juego”



*Figura 31: letrero correspondiente a “advertencia 3”*

El mensaje es claro, si el estudiante no corrige los errores se reiniciará el juego, todos los dígitos volverán a su posición en la casilla de fichas. El letrero permanece visible mientras el estudiante no corrija los errores. Si el estudiante realiza otro movimiento y comete un error más, automáticamente se reinicia el juego. Esto le da una nueva retroacción que

hace referencia al acto de devolución **solicitar una estrategia** puesto que las acciones que realiza no obedecen a un fin claro, se espera que cambie la estrategia que utilizó para resolver el juego.

Las retroacciones programadas para la etapa de juego permiten hacer validación sobre las acciones, cuando el estudiante tiene control sobre los errores y los corrige hace que las advertencias desaparezcan, esta retroacción le permite validar positivamente su estrategia y reforzarla. De lo contrario se programan nuevas retroacciones que le permiten hacer otro tipo de validación y por lo tanto un cambio de acción en interacción con el juego.

Cuando el estudiante completa el tablero sin cometer ningún error no se muestra ninguna advertencia. Esta retroacción le indica al estudiante que ha completado satisfactoriamente todo el juego y que ha terminado:

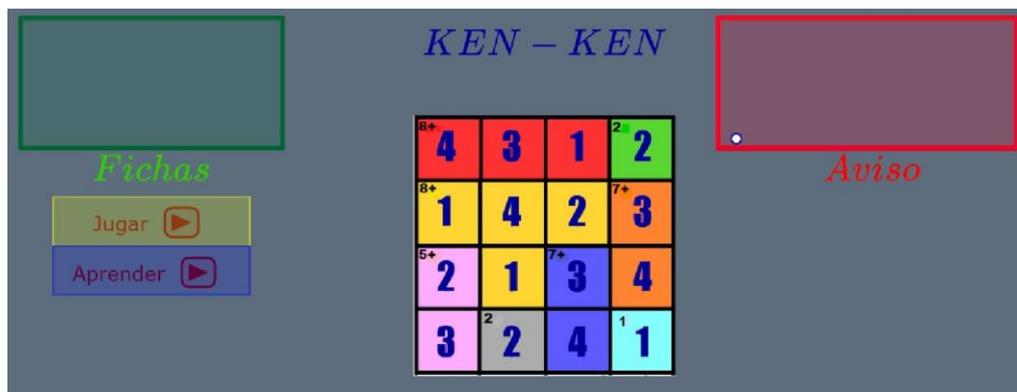


Figura 32: Culminación del juego

En este momento el estudiante puede validar que el conjunto de estrategias que utilizó para resolver el juego Ken-Ken fueron correctas y que hubo comprensión sobre las reglas.

## **PILOTAJE**

En este apartado se describe la experiencia en el pilotaje y se presentan las evidencias de los efectos de la automatización de actos de devolución y las retroacciones didácticas que fueron posibles gracias a la programación y adaptación de DGPad.

El pilotaje se llevó a cabo en el colegio privado San Pablo ubicado en el barrio Tres Esquinas de la localidad de Ciudad Bolívar, con la participación de dos estudiantes de grado tercero (un niño y una niña). La actividad se desarrolló al interior del colegio y fue posible que cada estudiante tuviese un computador y un espacio para desarrollar la actividad de manera individual. Se registró en video el desarrollo de las actividades de cada estudiante. Para hacer la descripción de las diferentes acciones que realiza cada uno llamaremos estudiante 1(niña), estudiante 2(niño).

A continuación, se describe la evidencia de las *retroacciones didácticas* y *la automatización de actos* de devolución, así como sus efectos en el comportamiento de los estudiantes.

### **Acto de devolución: Hacer comprender las reglas**

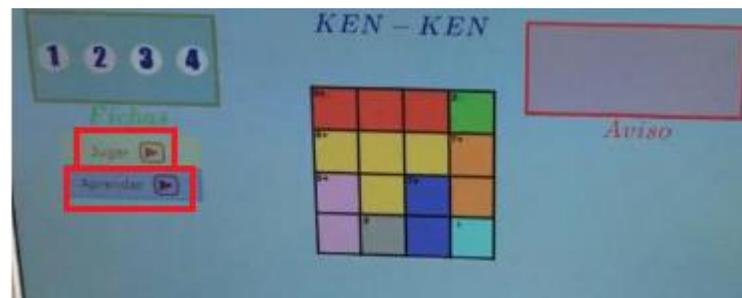
Identificamos dos momentos cruciales que permitieron visualizar los efectos de este acto de devolución. En primer lugar, los estudiantes comienzan a jugar sin conocer las reglas de juego, y cuando aparecen las primeras retroacciones didácticas señalando el incumplimiento de las reglas, deciden ejecutar la etapa de aprendizaje. En segundo lugar, durante la etapa de aprendizaje, las retroacciones didácticas permitieron a los estudiantes resolver las tareas de aprendizaje, y dicho aprendizaje pudo observarse posteriormente durante la etapa de juego cuando los estudiantes corrigieron correctamente sus errores.

### Descripción de la interacción:

A continuación, se presentan detalladamente cada una de las etapas desarrolladas por los estudiantes en la ingeniería KEN-KEN, comparando las acciones de los dos estudiantes.

#### Tomar la decisión de aprender las reglas.

Al abrir la figura del KEN – KEN en DGpad tiene el siguiente aspecto



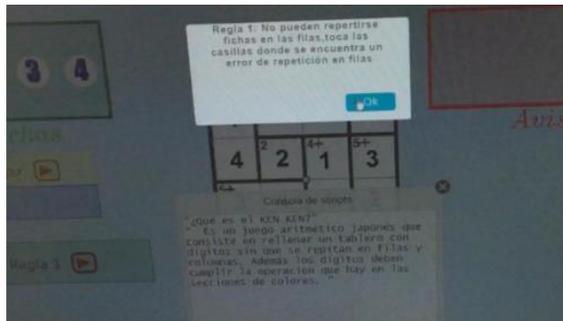
*Figura 1- Aspecto inicial de la figura*

Tanto estudiante 1 como estudiante 2 deciden comenzar a jugar inmediatamente y, transcurridos algunos minutos, después de haber hecho una serie de movimientos, aparecen las primeras advertencias sobre errores que están cometiendo, entonces ambos estudiantes hacen un par de movimientos más y llevan el cursor al botón de “Aprender” para desarrollar por primera vez la etapa de aprendizaje

## Etapa de aprendizaje

### Estudiante 1

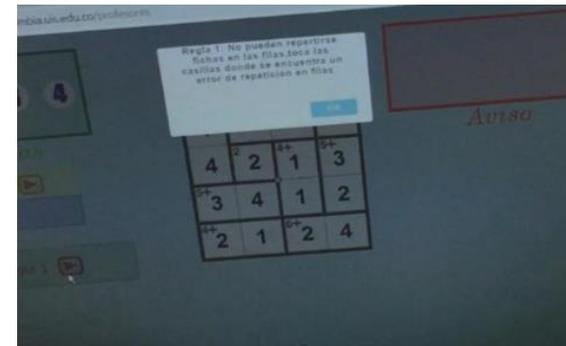
Cuando el estudiante presiona el botón “Regla 1” aparece el letrero correspondiente a la regla y transcurren nueve segundos antes de que se realice otra acción.



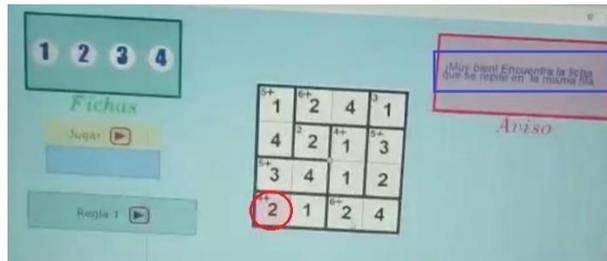
Oprime “OK” y lleva el cursor hacia a la casilla F4C1, hace clic e inmediatamente se ilumina la casilla y aparece en el recuadro del aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma fila”.

### Estudiante 2

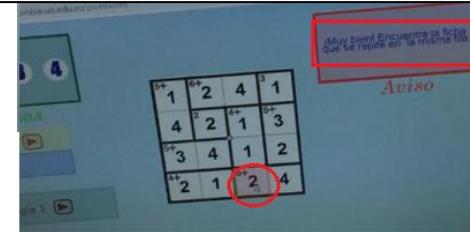
Cuando el estudiante presiona el botón “Regla 1” aparece el letrero correspondiente a la regla y transcurren siete segundos antes de que realice otra acción



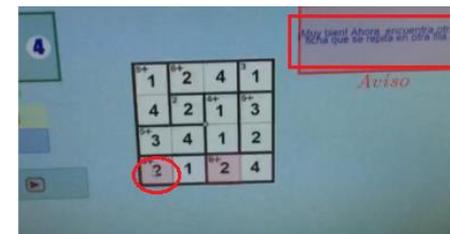
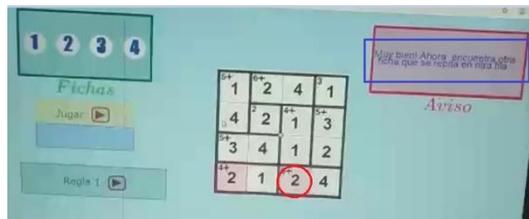
Oprime “OK” y lleva el cursor hacia a la casilla F4C3, hace clic e inmediatamente se ilumina la casilla y aparece en el recuadro el aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma fila.”



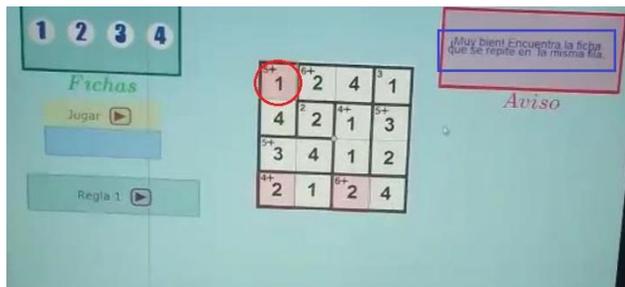
Enseguida lee el letrero que sale en la casilla de aviso y lleva el cursor a la casilla F4C3 donde se repite el dígito en la misma fila. También, aparece en el recuadro de aviso: “! Muy bien ¡Ahora encuentra el dígito que se repite en otra fila!”



Enseguida lee el letrero que sale en la casilla de aviso y lleva el cursor a la casilla F4C1 donde se repite el dígito en la misma fila. También, aparece en el recuadro de aviso: “! Muy bien ¡Ahora encuentra el dígito que se repite en otra fila!”

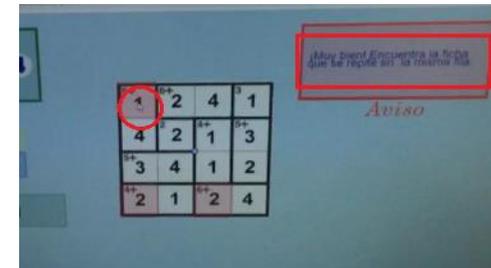


Lee el letrero y luego lleva el cursor hacia a la casilla F1C1, hace clic e inmediatamente se ilumina la casilla y aparece en el recuadro el aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma fila”.

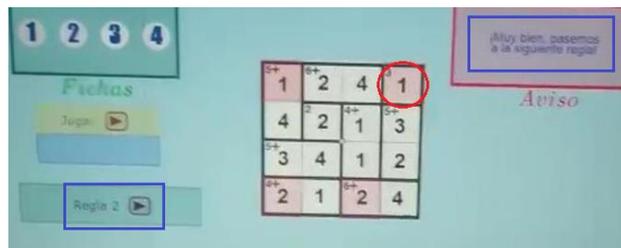


Lee el letrero y enseguida lleva el cursor a la casilla F1C4 que se repite en la misma fila. Aparece un nuevo letrero: “¡Muy bien! Ahora pasemos a la siguiente regla”. También aparece un nuevo botón con regla 2

Lee el letrero y lleva el cursor hacia a la casilla F1C1, hace clic e inmediatamente se ilumina la casilla y aparece en el recuadro del aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma fila”.



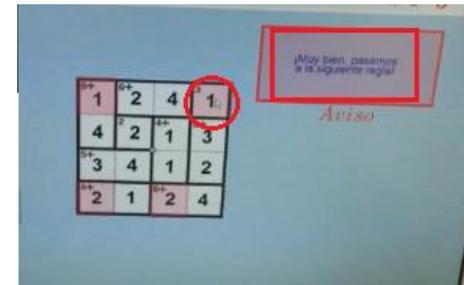
Lee el letrero y enseguida lleva el cursor a la casilla que se repite en la misma fila F1C4. A continuación, aparece un nuevo letrero: “¡Muy bien! Ahora pasemos a la siguiente regla”. También aparece un nuevo botón con regla 2



Con este último movimiento, el estudiante 1 termina satisfactoriamente el ejercicio de la regla 1.

### **Interpretación:**

Aparentemente el estudiante lee las instrucciones iniciales y conforme selecciona las casillas que presentan repetición en el tablero, lee los letreros emergentes en la casilla de aviso. Esto le permitió desarrollar satisfactoriamente el ejercicio e inferimos que tomó conciencia de la regla.



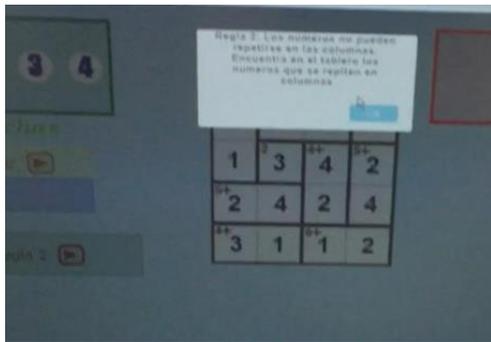
Con este último movimiento, el estudiante 2 termina satisfactoriamente el ejercicio de la regla 1.

### **Interpretación:**

Aparentemente el estudiante lee las instrucciones iniciales y conforme selecciona las casillas que presentan repetición en el tablero, lee los letreros emergentes en la casilla de aviso. Esto le permitió desarrollar satisfactoriamente el ejercicio e inferimos que tomó conciencia de regla.

## Desarrollo de la regla 2

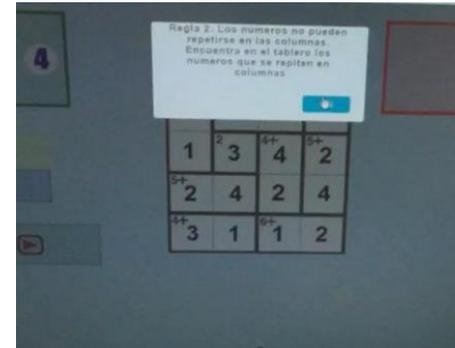
Después de presionar el botón de regla 2 aparece el letrero correspondiente a la regla y pasan cinco segundos antes de realizar otras acción.



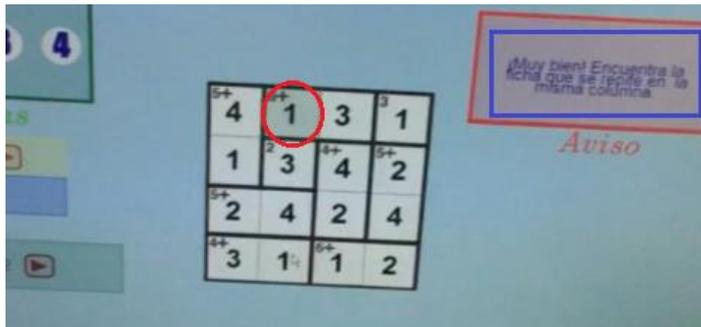
Dirige el cursor a la casilla F1C2 y le da clic, allí selecciona la casilla que tiene un dígito repetido en la misma columna.

Enseguida, se activa el letrero en el recuadro del aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”.

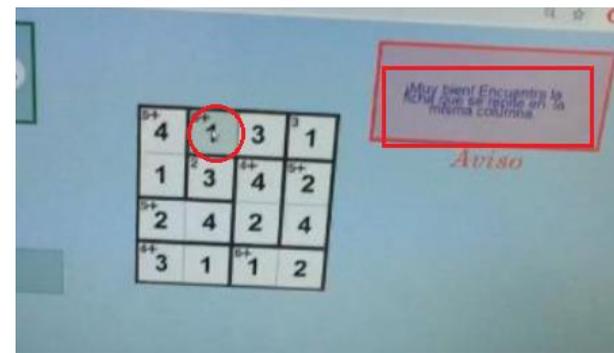
Al presionar el botón de regla 2 aparece el letrero correspondiente a la regla y pasan seis segundos antes de realizar otra acción.



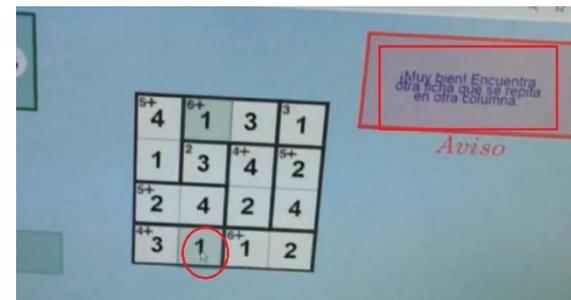
Dirige el cursor a la casilla F1C2 y le da clic, allí selecciona la casilla que tiene un dígito repetido en la misma columna. Enseguida, se activa el letrero en el recuadro del aviso: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”.



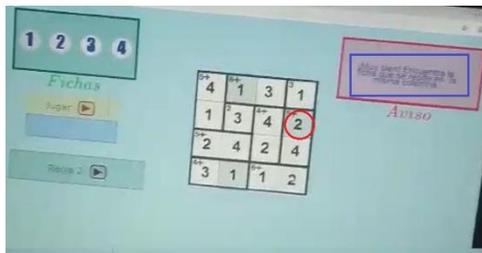
Luego lee el letrero y mueve el cursor y le hace clic en la casilla F4C2 donde se encuentra el dígito que se repite con respecto al que ya ha seleccionado. A continuación, se activa un letrero nuevo en el recuadro de aviso: “¡ Muy bien; Ahora encuentra el dígito que se repite en otra columna”.



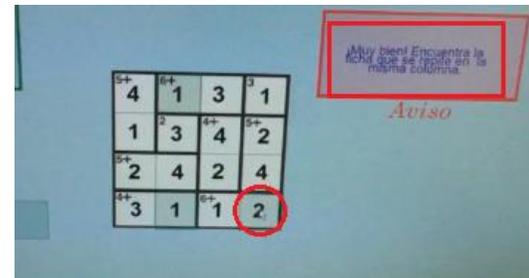
Luego lee el letrero y mueve el cursor y le hace clic en la casilla F4C2 donde se encuentra el dígito que se repite con respecto al que ya ha seleccionado. A continuación, se activa un letrero nuevo en el recuadro de aviso: “¡ Muy bien; Ahora encuentra el dígito que se repite en otra columna”!



Enseguida lee el letrero y lleva el cursor a la casilla F2C4 donde se encuentra el dígito repetido en la otra columna. A continuación, se activa el letrero: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”.

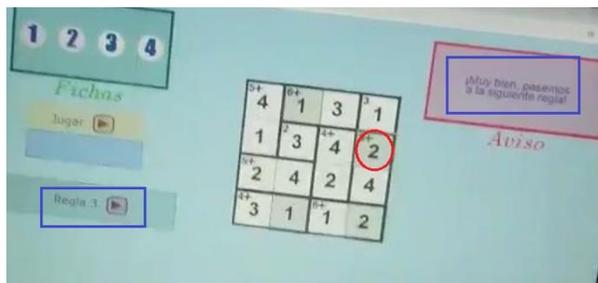


Enseguida lee el letrero y lleva el cursor a la casilla F4C4 donde se encuentra el dígito repetido en la otra columna. A continuación, se activa el letrero: “¡Muy bien! Encuentra la ficha que se repite en la misma columna”.



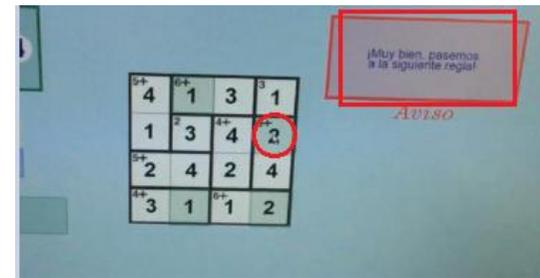
Luego lee el letrero y lleva el cursor a la casilla que se repite en la misma fila F4C4. A continuación, aparece un nuevo letrero: “¡Muy bien! Ahora pasemos a la siguiente regla”. También aparece un nuevo botón regla 3

Luego lee el letrero y lleva el cursor a la casilla que se repite en la misma fila F2C4. A continuación, aparece un nuevo letrero: “¡Muy bien! Ahora pasemos a la siguiente regla”. También aparece un nuevo botón con regla 3



### Interpretación:

Aparentemente, el estudiante lee las instrucciones de la regla, sin embargo toma menos tiempo que en la regla anterior. De manera análoga desarrollo rápidamente el ejercicio y consigue terminarlo satisfactoriamente. Creemos que por la estructura similar al ejercicio anterior fue más sencillo para el estudiante desarrollarlo. Además, inferimos que ha tomado conciencia de la regla 2.

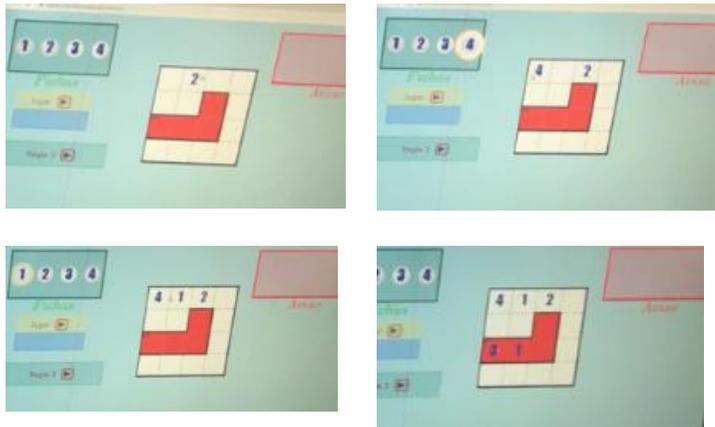


### Interpretación:

Aparentemente, el estudiante lee las instrucciones de la regla, sin embargo toma menos tiempo que en la regla anterior. De manera análoga desarrolló rápidamente el ejercicio y consigue terminarlo satisfactoriamente. Creemos que por la estructura similar al ejercicio anterior fue más sencillo para el estudiante desarrollarlo. Además, inferimos que ha tomado conciencia de la regla 2.

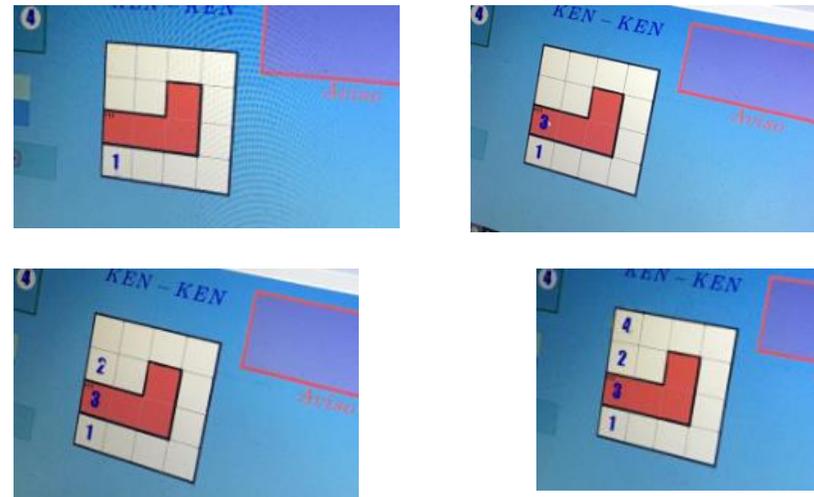
### Desarrollo de la regla 3

Cuando presiona el botón de regla 3, aparece el cuadro de texto respectivo que le informa la dinámica del ejercicio: “Regla 3: coloca las fichas en la sección señalada de manera que la suma sea la indicada” e inmediatamente cierra la ventana y empieza el ejercicio. Como podemos observar en la imagen, comienza a rellenar las filas 1 y 3 teniendo en cuenta las reglas uno y dos.

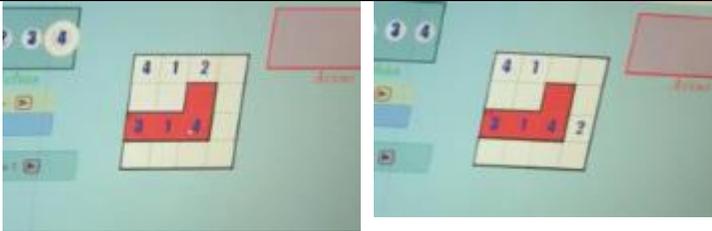


Cuando el estudiante presiona el botón de regla 3, aparece el cuadro de texto respectivo que le informa la dinámica del ejercicio : “Regla 3: coloca las fichas en la sección señalada de manera que la suma sea la indicada” e inmediatamente cierra la ventana y empieza el ejercicio.

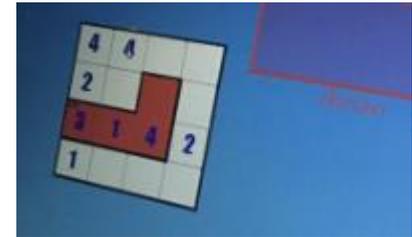
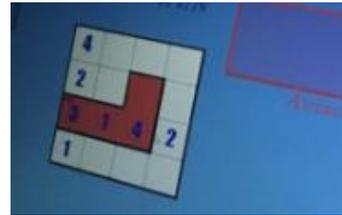
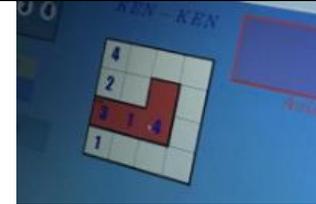
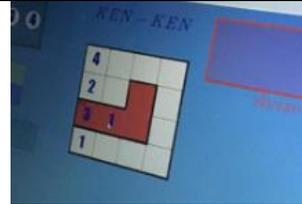
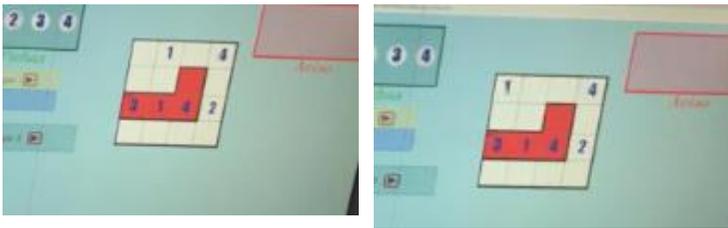
El estudiante procede a completar la columna 1



Luego completa la fila 3

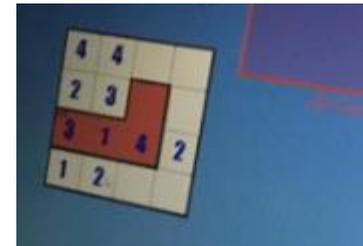
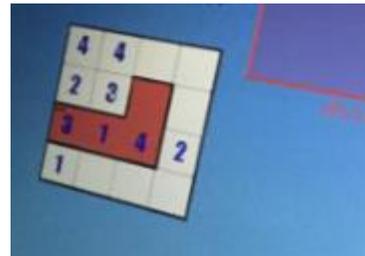


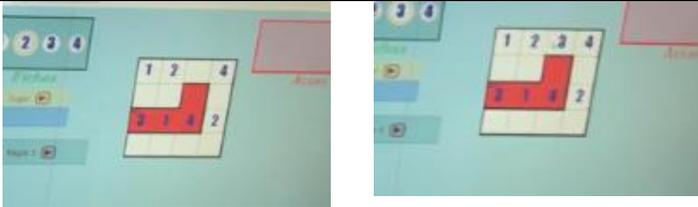
Vemos en la imagen que el estudiante completa la fila 3 sin repetir ningún dígito y enseguida realiza otros movimientos:



Terminada la fila 3 y la columna 1, llena la columna 2, sin respetar la regla

1



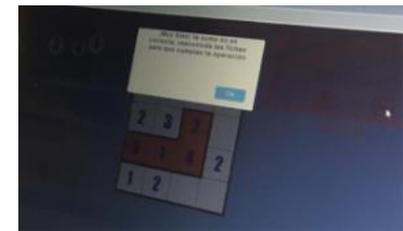


Mueve algunas fichas en la fila 1 y termina por completar dicha fila, además de la fila 3. Luego mueve el dígito 3 de la casilla F1C3 a c F2C3 para completar la sección. Aparece el letrero “ $3+1+4+3 = 11?$ ” presiona el boton “si” y pasa a la etapa siguiente.

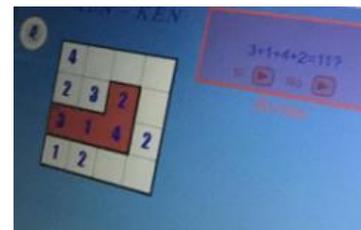
**Interpretación:**

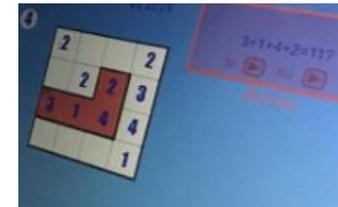
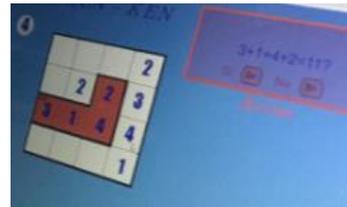
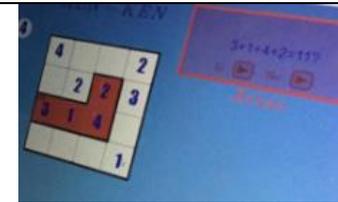
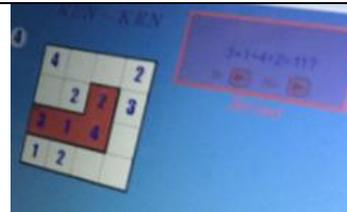
Aparentemente, el estudiante no leyó el enunciado de la tarea y comenzó a llenar las filas como en los ejercicios anteriores. Casualmente llenó correctamente la sección roja, pero no sabemos si tomó consciencia de la necesidad de completar la operación indicada con los dígitos de la sección.

Luego coloca el dígito 2 y así completa la sección roja , infringiendo la regla 1 nuevamente. Aparece el letrero “ $3+1+4+2=11?$ ” que le pregunta si la suma es correcta. El estudiante presiona “no” como lo podemos observar en la imagen y aparece el letrero que le dice que es correcta su respuesta y que debe reacomodar las fichas para que se cumpla la suma correctamente.

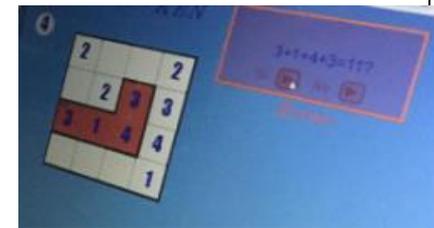


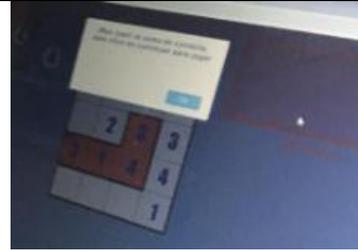
El estudiante reacomoda los dígitos para completar la columna 4, pero deja sin modificar la seccion roja.





Luego retira de la sección el dígito 2 de la casilla F2C3 y coloca el dígito número 3 para así completar de nuevo la sección de forma correcta.





El estudiante presiona el botón “si”y consigue avanzar a la etapa de juego.

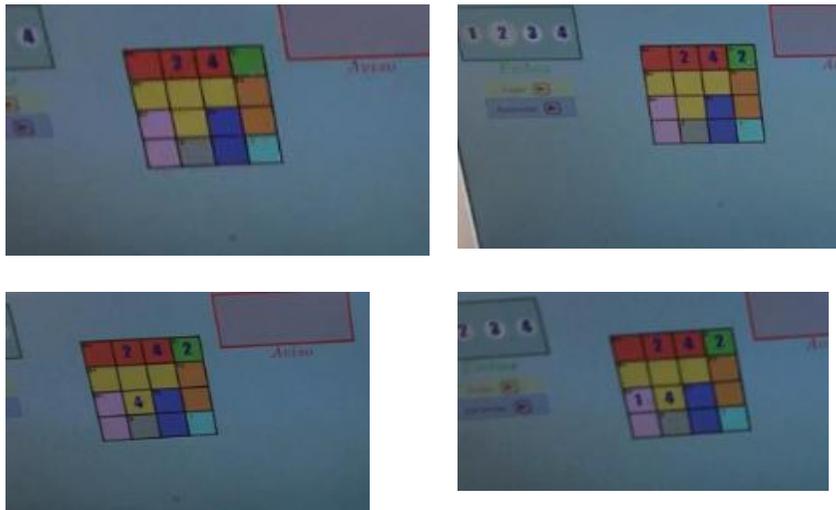
**Interpretación:**

Aparentemente, el estudiante no lee el enunciado de la tarea y procede a completar las columnas 1 y 2 y la fila 3. Al completar la sección, la suma es incorrecta y recibe la retroacción correspondiente. Sin embargo, no modifica inmediatamente los dígitos de la sección, lo que podría indicar que no ha tomado consciencia de la regla 3. Aunque finalmente completa correctamente la sección, no podemos afirmar que haya tomado consciencia de la regla.

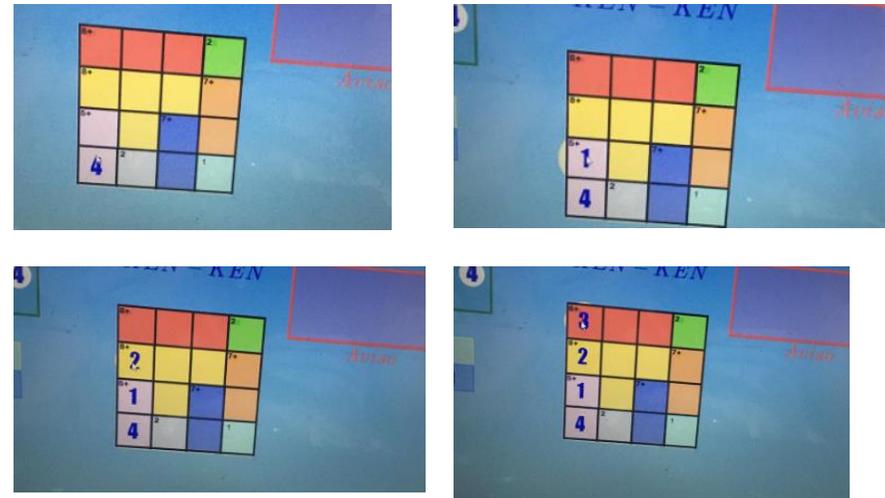
Presentamos ahora la etapa de juego para confirmar si los estudiantes controlan las reglas después de haber hecho los ejercicios para aprenderlas.

### Etapa de juego

El estudiante 1 llena algunas casillas aparentemente sin ningun orden, infringiendo la regla 1 (nótese en especial la posición correcta del 2 en la casilla F1C4)

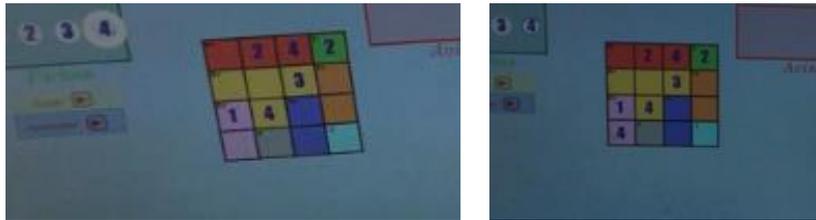


El estudiante 2 comienza llenando la columna 1 sin cometer errores (nótese en especial la sección violeta correcta)



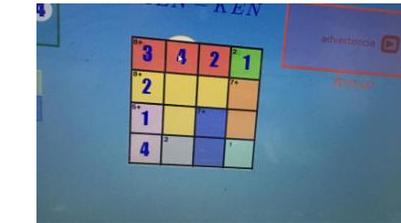
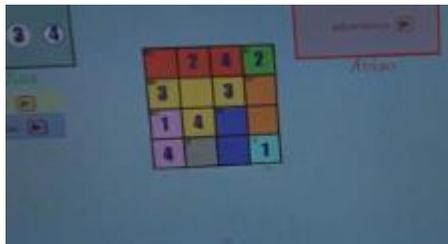
Luego completa la fila 1 infringiendo la regla 3 dos veces (sección verde y sección roja). Aparece “advertencia” pero el estudiante no presiona el botón.

Luego mueve el dígito 3 a la casilla F2C3 y el dígito 4 a la casilla F4C1 complementando correctamente la sección violeta que tiene como suma (+5).

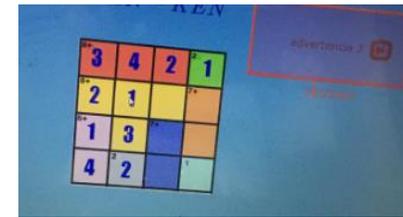
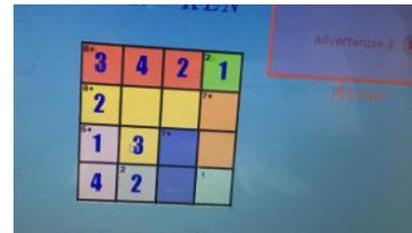


Coloca el dígito 1 en la sección azul claro; sin embargo, coloca el dígito 3 en la casilla F2C1 infringiendo la regla 1 (dos errores).

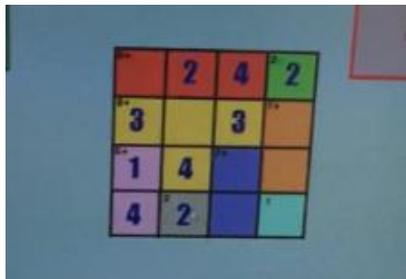
Aparece la advertencia, pero el estudiante no oprime el botón.



El estudiante completa la columna 2 sin cometer más errores, y oprime el botón de advertencia.



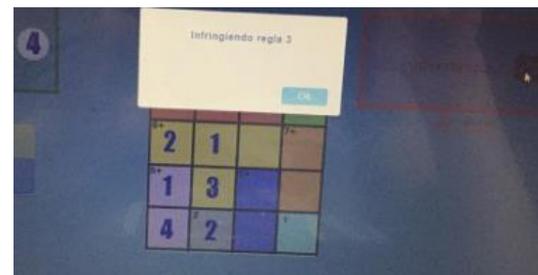
Enseguida retira el dígito uno de la casilla F4C4 y coloca el dígito 2 en la casilla F4C2, cumpliendo la regla 3 de esa casilla. Sin embargo, está repitiendo el 2 en esa columna (3 errores). Aparece “advertencia 2” pero el estudiante no oprime el botón.



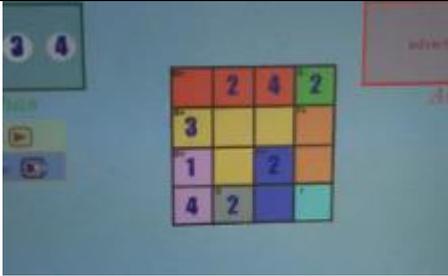
Retira el dígito 3 de F2C3 corrigiendo uno de los errores. Luego presiona el botón “Aprender”. Se vacía el tablero.



Aparece el letrero “infringiendo regla 3”. El estudiante oprime “OK”



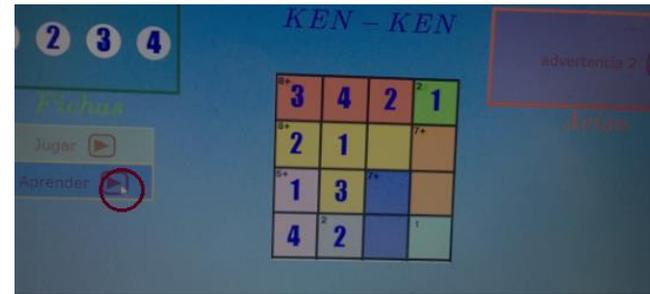
Cuando desaparece el letrero el estudiante presiona el botón “Aprender”.



**Interpretación:**

Aparentemente, el estudiante comienza a rellenar casillas de manera aleatoria, aunque llama la atención que llena correctamente 3 secciones. Luego comete errores de repetición en filas y columnas.

Aparentemente, el estudiante no sabe que puede oprimir el botón advertencia para recibir mas información. Sin embargo, parece haber tomado consciencia de que algo no está bien, pues decide regresar a la etpa de aprendizaje.



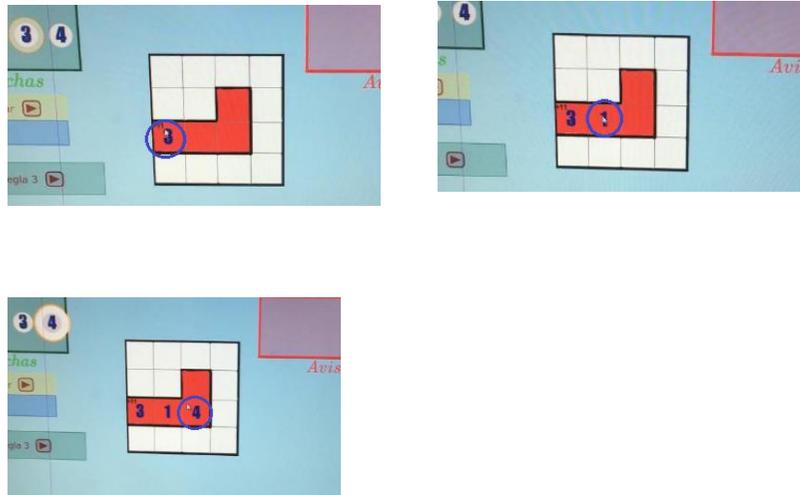
Interpretación: El estudiante despliega una estrategia clara de llenar filas y columnas, y no comete errores de repetición.

A diferencia del estudiante 1, oprime el botón “advertencia 2”, y en reacción a la retroacción decide volver a la etapa de aprendizaje.

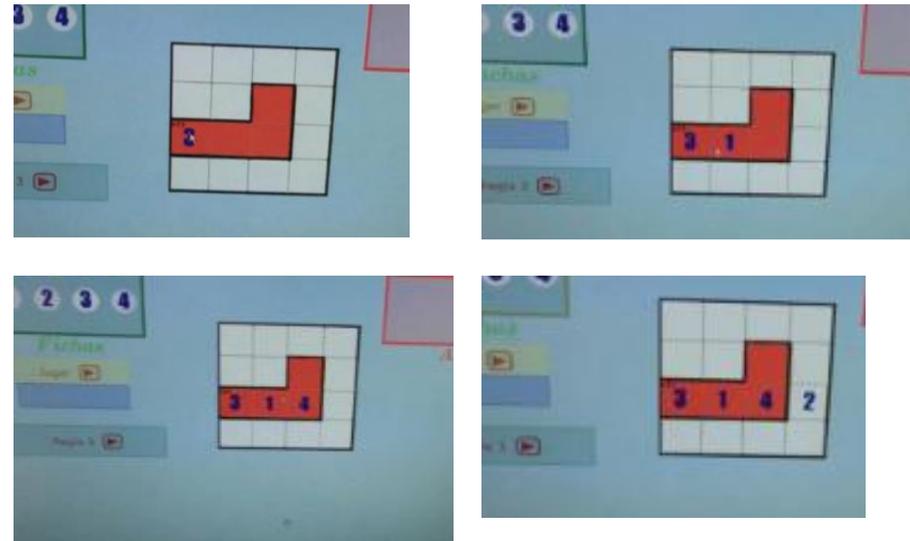
En el segundo intento de aprendizaje ambos estudiantes realizan los ejercicios correspondientes a las reglas 1 y 2 con facilidad. Presentamos las acciones referentes a la tercera regla ya que los estudiantes tuvieron cambios relevantes en el desarrollo de esta regla.

### Etapa de aprendizaje 2(desarrollo regla 3)

Al oprimir el botón “regla 3”. Aparece la descripción de la regla e inmediatamente oprime en “OK” toma tres dígitos y los lleva a la zona de color:

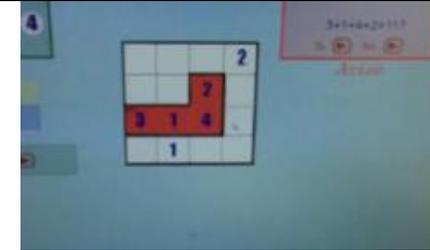
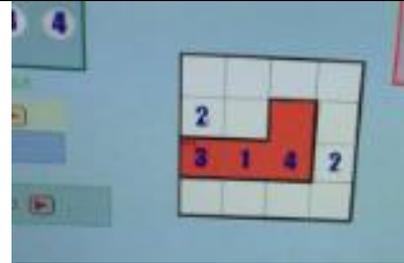
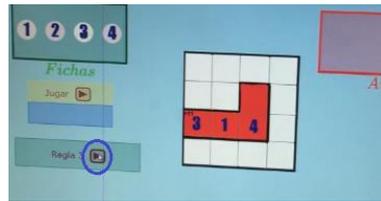
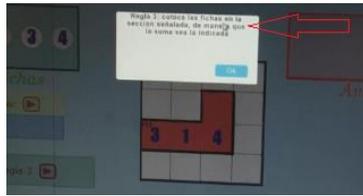


Al oprimir el botón “regla 3”. Aparece la descripción de la regla pasan 2 segundos y comienza a desarrollar el ejercicio.

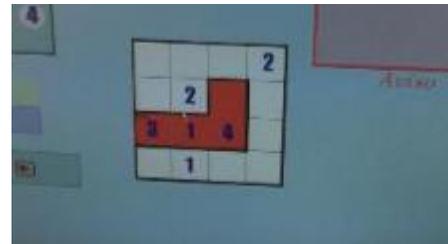


Luego oprime el botón “regla 3”. Aparece la descripción de la regla. Luego de unos segundos el estudiante oprime “OK” y desaparece el letrero.

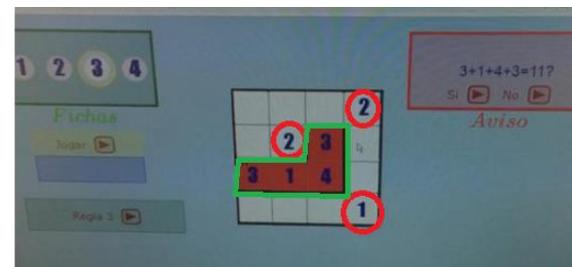
Luego coloca un 2 en F2C1, mueve el 2 de F3C4 a F1C4 y coloca un 1 en F4C2



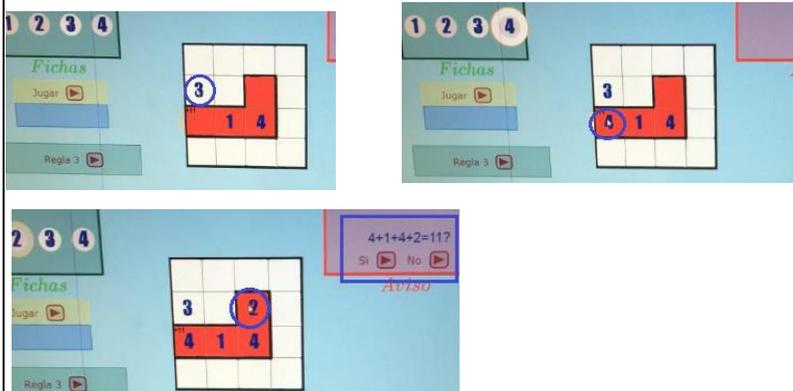
Mueve el 2 de F2C1 a F2C2 y mueve el 1 de F4C2 a F4C4



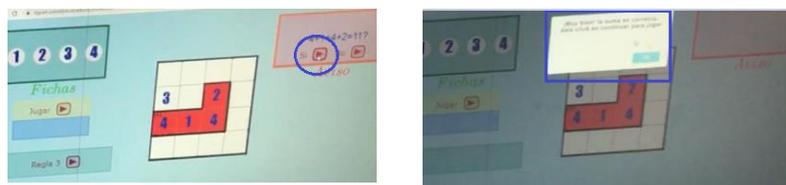
Finalmente coloca un 3 en F2C3 y aparece el letrero “3+1+4+3=11?”



Luego retira el dígito 3 de F3C1 y lo reemplaza por el 4 y coloca el dígito 2 en F2C3. Aparecen superpuestas la advertencia 1 y la pregunta “ $4+1+4+2=11?$ ”.



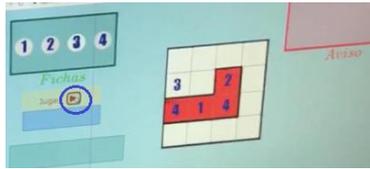
El estudiante oprime “si” y aparece el letrero “ $4+1+4+2=11?$ ”



Finalmente presiona el botón “Si” y pasa a la etapa de juego.

### Interpretación:

A diferencia del estudiante 1, insiste en rellenar la fila 3 y coloca dígitos en otras casillas fuera de la sección roja. Aunque completa correctamente la sección, no podemos afirmar que haya tomado consciencia de la regla.



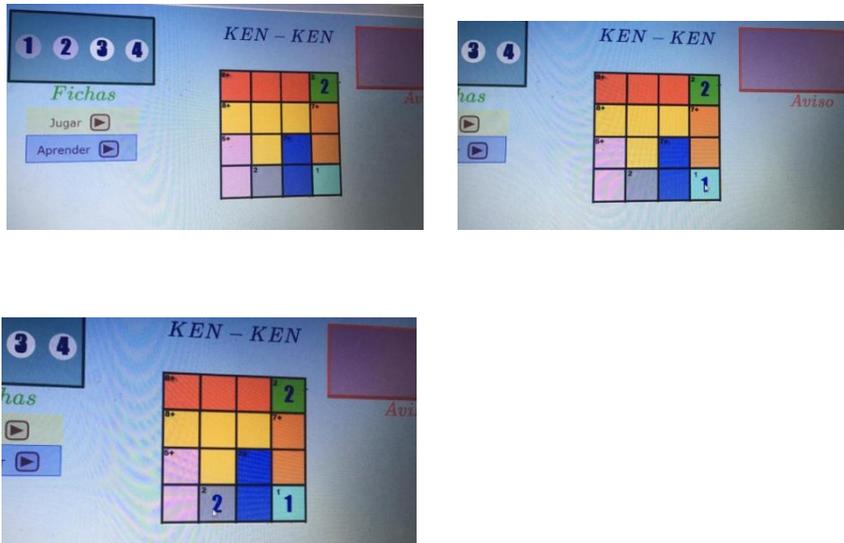
### **Interpretación:**

A diferencia del primer desarrollo del ejercicio, el estudiante no intenta llenar filas y columnas del tablero sino que rellena la sección de color. Así mismo, la segunda vez que oprime “regla 3” se toma un tiempo para leer la descripción de la regla e inmediatamente completa la sección de manera correcta. Esto nos permite suponer que tomó consciencia de la regla. Sin embargo, cometió un error de repetición y no tomó consciencia de la advertencia que apareció detrás de la pregunta “ $4+1+4+2=11$ ?”

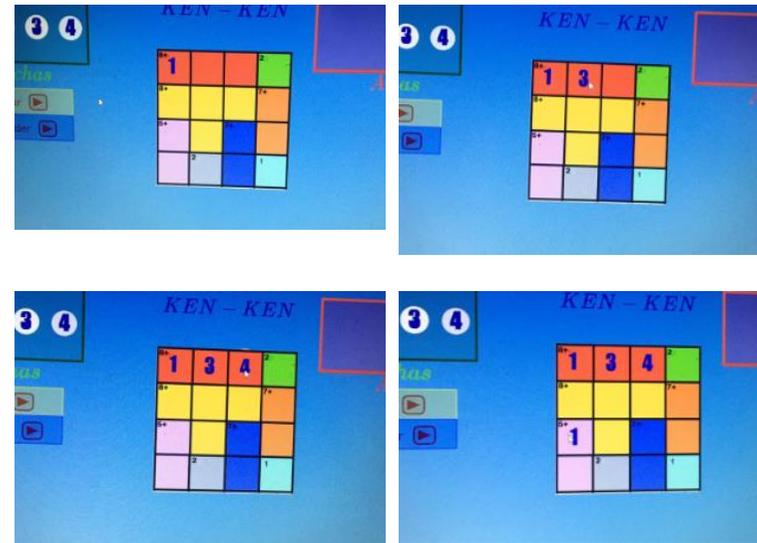
**Presentamos una segunda etapa de juego para verificar el efecto de los actos de devolución**

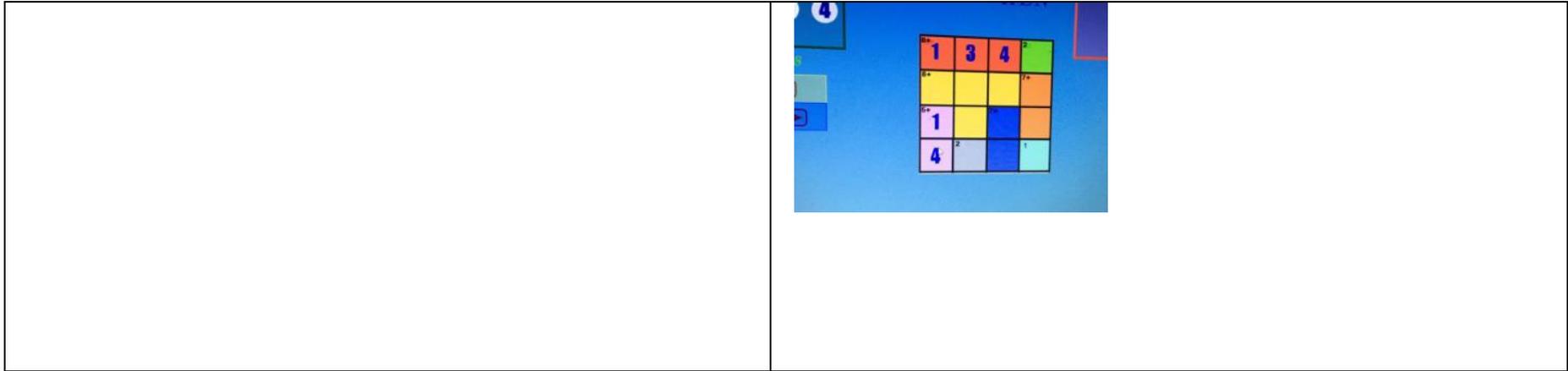
**Etapa de juego: segundo intento**

El estudiante comienza llenando las casillas F1C4, F4C4, y F4C2 correctamente (las secciones de una sola casilla)



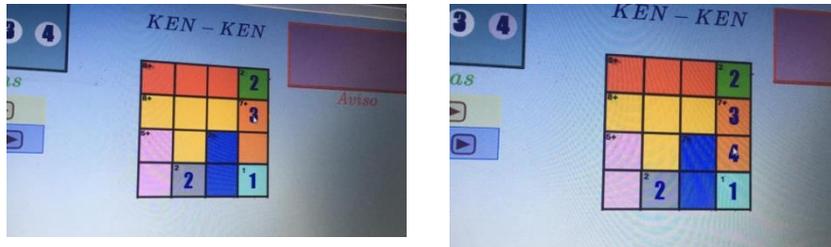
El estudiante 2 comienza llenando las secciones roja y violeta correctamente. Comete un error de repetición en la columna 1





Luego, coloca 4 y 3 en las casillas F3C4 y F2C4 respectivamente.

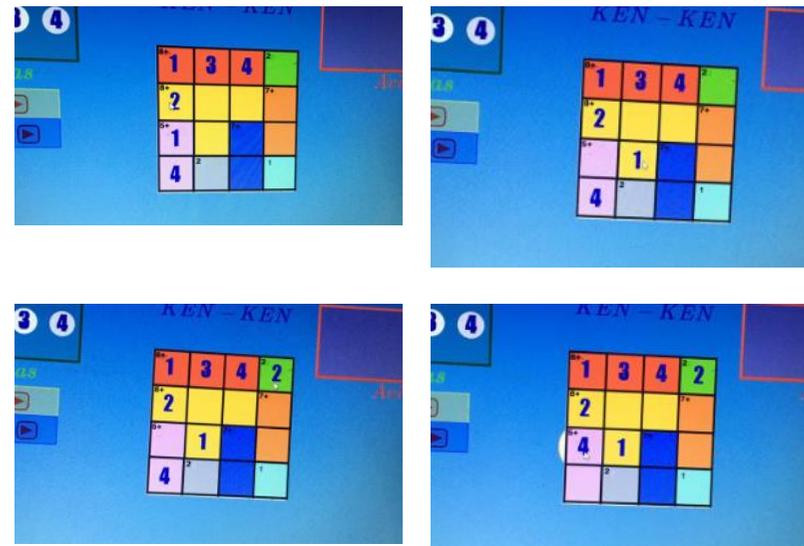
Completa la sección naranja y la columna 4 sin errores.



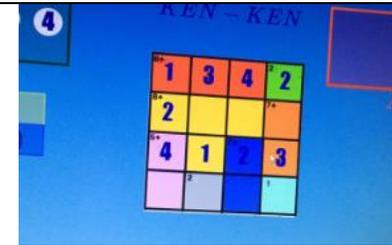
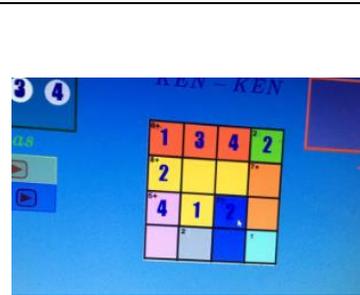
Coloca 4, 2 y 1 en la fila 2 y la completa como se muestra a continuación, respetando la regla 1.



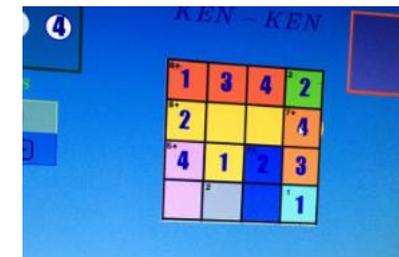
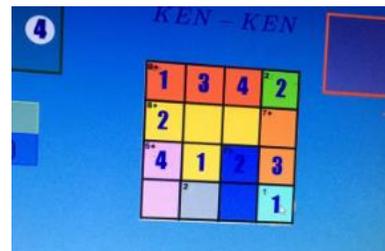
Coloca el 2 en F2C1, mueve el 1 de F3C1 a F3C2 (corrigiendo el error de repetición de la columna 1) y coloca 2 en F1C4 (completando correctamente la fila 1 y la sección verde).



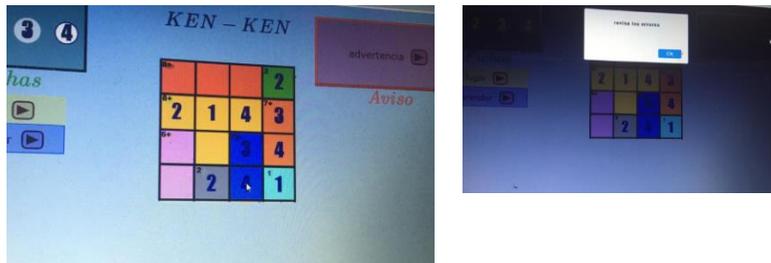
Enseguida, rellena la fila 3 correctamente con 4,2 y 3 en F3C1, F3C2 y F3C4 respectivamente



Luego coloca el 1 en F4C4 y el 4 a F2C4, con estos movimientos se completa la columna 4 y la sección naranja correctamente



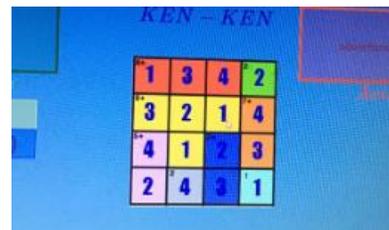
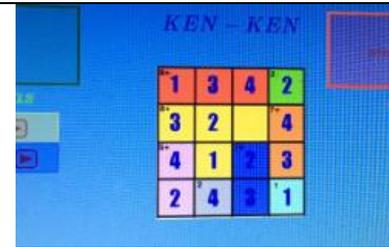
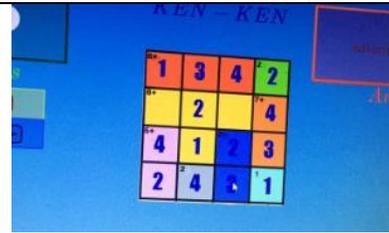
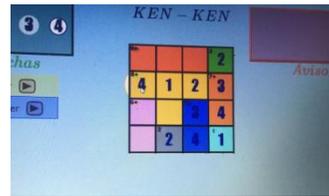
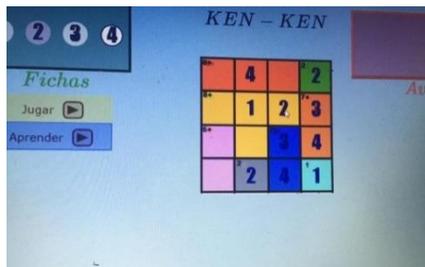
Luego coloca el número 4 y el numero 3 en la zona azul, y comete un error de repetición en la columna 3. Aparece el aviso “advertencia”. presiona el botón y aparece el letrero “revisa los errores”. Cambia el 4 de la casilla F2C3 a F2C1, y el 2 de la casilla F2C1 a F2C3 (corrigiendo el error de repetición en la columna 3).



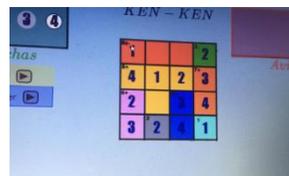
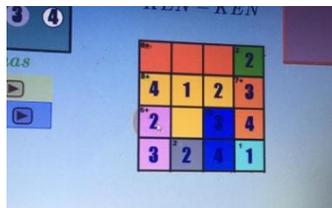
Cambia el 4 de la casilla F2C3 a F2C1, y el 2 de la casilla F2C1 a F2C3 (corrigiendo el error de repetición en la columna 3).

Coloca 4 en F4C2 (única posición posible respetando las reglas 1 y 2- sin embargo, infringe la regla 3). Luego completa la fila 4 con los dígitos 3 y 2 en las casillas F4C3 y F4C1 respectivamente. Por último, coloca 3 en F2C1 y 1 en F2C3 y completa el tablero Ken Ken cumpliendo las reglas 1 y 2 pero no la 3. Aparece la advertencia, pero el estudiante no reacciona.

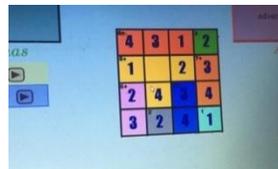
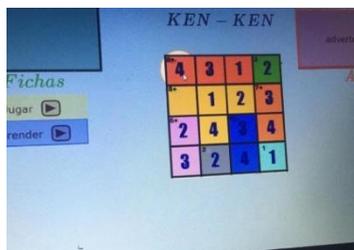
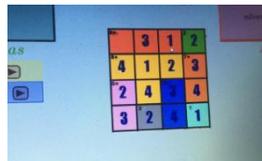
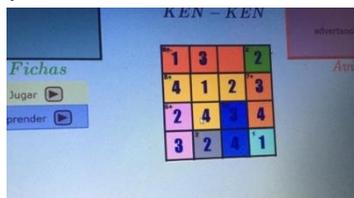




Luego rellena correctamente la sección violeta (y la fila 4) con los dígitos 3 en F4C1 y 4 en F2C1. Enseguida coloca el 1 en la casilla F1C1 y completa la columna 1.



coloca el dígito 3 en la casilla F1C2 y el dígito 4 en la casilla F3C1 con estos movimientos se completa la columna 2. Vemos que se repite en la fila 3 el número 4. Enseguida el estudiante mueve el dígito 1 de la casilla F1C1 a F1C3 y el dígito 4 de la casilla F2C1 a F1C1 completa la fila 1 en diferente orden. Después, mueve el dígito 1 de F2C2 a F2C1.



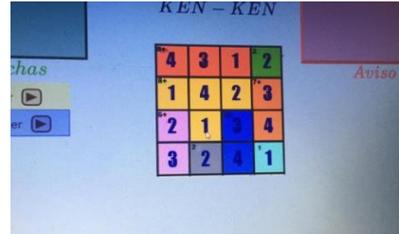
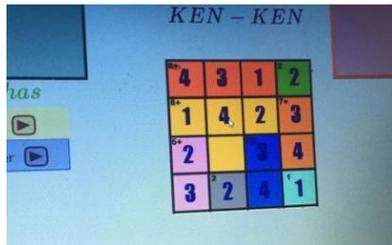
## Interpretación

Aparentemente el estudiante comienza rellenando las secciones de colores rojo y violeta como estrategia, sin embargo, retoma los movimientos en torno a las dos primeras reglas, que indican no repetición en filas ni en columnas. Consigue llenar el tablero sin afectar las dos primeras reglas sin embargo infringe la regla 3.

Concluimos que el estudiante no ha tomado consciencia de la regla 3, ya que no controla los errores correspondientes a esa regla.

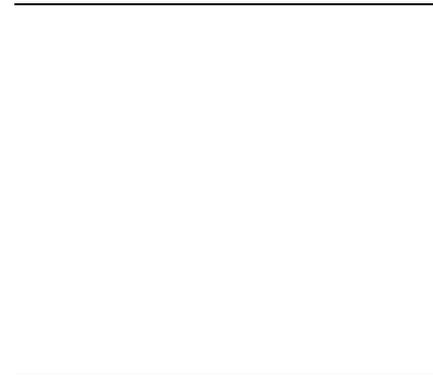
Hacemos la hipótesis de que la segunda fase de aprendizaje realizada por el estudiante sí lo llevó a tomar consciencia de la regla 3. Sin embargo, en el momento de juego, predomina la consciencia de las reglas 1 y 2, impidiendo el control de la regla 3.

Luego mueve el dígito 4 de F2C3 a F2C2, con este movimiento se completa la fila 2 y por último coloca el dígito 1 en la casilla F3C2 para completar el tablero Ken Ken cumpliendo todas las reglas.



### Interpretación:

Como puede observarse , el estudiante utiliza como estrategia rellenar primero las secciones de colores. Esta estrategia es evidencia de que el estudiante ha tomado consciencia de la regla 3 y la aplica correctamente. Podemos concluir que la segunda fase de aprendizaje realizada por el estudiante produjo esta toma de consciencia.



## **Interpretación de los actos de devolución automatizados**

### **- Hacer comprender el problema:**

Durante la etapa de aprendizaje los estudiantes aparentemente comprenden los ejercicios de la regla 1 y 2. Podemos corroborar este hecho en la etapa de juego, puesto que los movimientos que realizan en el primer momento se centran en completar las filas y las columnas sin repetir dígitos. Los ejercicios para que los estudiantes aprendieran las reglas 1 y 2 tuvieron un efecto positivo en el momento de aplicación. Podemos afirmar que fueron efectivos para que el estudiante tomara conciencia estas reglas. Sin embargo, el ejercicio de la regla 3 no fue tan efectivo como se esperaba para que el estudiante controlara los errores respecto a la regla en la etapa de juego.

### **- Tener control sobre los errores**

En las dos descripciones de la etapa de juego también pueden verse efectos diferenciados del acto de devolución de hacer corregir los errores: El estudiante 1 en un primer momento oprime los botones de advertencia y los letreros que aparecen le permiten tomar conciencia de que no conoce la regla 3, y decide volver a la etapa de aprendizaje. En el segundo momento, las advertencias le permiten revisar su trabajo y corregir sus errores, por lo que termina correctamente el juego.

En cambio, el estudiante 2, aunque también decide volver a la etapa de aprendizaje para revisar las reglas, en la segunda etapa de juego no corrige los errores que está cometiendo. Aunque el estudiante termina de llenar el tablero, no lo hace correctamente, y el software no le ofrece ninguna retroacción que le permita tomar conciencia de que aún hay errores en la pantalla.

- **Solicitar una estrategia:**

En la descripción de la etapa de juego podemos observar que, aunque los estudiantes cometían infracciones, no cometieron más de tres errores y por lo tanto no fue necesaria una retroacción que solicitara acciones que respondieran a una estrategia clara. Podemos afirmar que los estudiantes estaban aplicando una estrategia y no simplemente llenando casillas al azar.

- **Abstención**

El juego se ha programado para que no se generen retroacciones en caso de haber cometido un error, esto con el fin de que el estudiante no cree una estrategia basándose en retroacciones repetitivas por cada error cometido y así completar el tablero. Durante la descripción del pilotaje podemos observar que ambos estudiantes utilizan las reglas como estrategias para poder completar el juego.

## CONCLUSIONES

Este trabajo mostró que las herramientas que ofrece el software DGPad- Colombia son eficientes para programar las retroacciones didácticas necesarias para construir la ingeniería Ken-Ken. Por ejemplo, *la imantación* en relación con el control de los movimientos de los dígitos en el tablero, *la tortuga* que permitió el control del aspecto físico de algunas retroacciones como el cambio de color y los letreros informativos, *los Scripts* encapsulados en las expresiones permitieron controlar algunas acciones particulares como el rechazo de las fichas cuando la casilla se encuentra ocupada. Con la herramienta DGScript fue posible crear botones que realizan las transiciones entre actividades y mostrar letreros informativos.

Los actos de devolución que se automatizaron fueron efectivos para que el estudiante de manera autónoma tomara consciencia de las reglas involucradas en el juego. Particularmente podemos afirmar que las actividades relacionadas con las primeras dos reglas (no repetición en filas y no repetición en columnas) produjeron una toma de consciencia indiscutible puesto que los dos estudiantes comprendieron inmediatamente la lógica establecida para cada regla y fueron capaces de tenerlas en cuenta durante la etapa de juego. Sin embargo, la devolución de la regla 3 no tuvo el mismo efecto que las dos primeras reglas, ya que los estudiantes tuvieron dificultades para entenderla y ponerla en práctica durante la etapa de juego.

Otro acto de devolución que resultó efectivo fue la acción de hacer comprender las reglas, puesto que ambos estudiantes una vez se hallaron en la etapa de juego y se dieron cuenta que los errores que cometían no les permitían terminarlo satisfactoriamente, tomaron la decisión de volver a la etapa de aprendizaje para comprender satisfactoriamente la regla tres y utilizarla en el juego. Durante el pilotaje los estudiantes adquirieron control sobre

sus errores, siendo capaces de identificarlos y corregirlos (salvo los referentes a la regla tres para el estudiante 2).

De acuerdo con los hallazgos expuestos durante el pilotaje encontramos efectos importantes en torno a la automatización de actos de devolución y las retroacciones, que se pueden adaptar a otros escenarios de aprendizaje. Es posible construir actividades autónomas teniendo en cuenta las retroacciones que resultaron efectivas en los ejercicios de aprendizaje, con el fin de que el estudiante tome decisiones, defina estrategias y tome consciencia de las acciones que realiza en determinado campo del conocimiento matemático. Se abren oportunidades de creación de actividades autónomas haciendo uso de DGPad-Colombia, ya que sus herramientas permiten controlar retroacciones que llevan al estudiante a utilizar sus conocimientos previos para crear nuevo conocimiento. Por otro lado, la posibilidad de automatizar actos de devolución es un avance contundente en la enseñanza de las matemáticas, ofrece un aprendizaje particularizado motivado y creado bajo las decisiones propias del estudiante.

## **REFLEXIONES**

El proyecto muestra la posibilidad de perfeccionar la ingeniería teniendo en cuenta el funcionamiento que tuvo en la experiencia con los estudiantes. Haciendo las modificaciones pertinentes se pueden perfeccionar las actividades de aprendizaje y tener otros resultados. En particular, es interesante constatar la diferencia de efecto del acto de devolución de hacer comprender las reglas, entre las reglas 1 y 2 (asimiladas rápidamente y utilizadas en la etapa de juego) y la regla 3. Es posible que la forma de devolución de esta regla (llenar la sección, en lugar de corregir un error) sea responsable de esta

diferencia. Sería interesante modificar esa devolución y comparar los efectos en los estudiantes.

Este trabajo presenta la posibilidad de incursionar en otras fases de la ingeniería didáctica como la experimentación y el análisis a posteriori. Con las modificaciones pertinentes se podría aplicar la ingeniería a un grupo real de estudiantes en un aula y verificar los efectos que tiene, obtener resultados significativos y realizar el análisis correspondiente para perfeccionamiento de la propuesta.

Este proyecto presenta resultados importantes para la investigación en educación matemática y en particular la que estudia el uso del software para mediar el aprendizaje. Permite examinar el momento tácito de construcción de conocimiento utilizando conocimientos previos, particulariza el proceso de aprendizaje basado en las necesidades propias de cada estudiante. Los procesos de anticipación de las acciones que realiza el docente en el análisis a priori permiten hacer un reconocimiento más amplio de la diversidad de posibilidades de interacción en la experimentación y obtener así mejores resultados.

Uno de los beneficios del trabajo con las herramientas disponibles en DGPad-Colombia es la posibilidad de difusión del proyecto. La figura aplicada en el pilotaje y la presentación en módulo Opale ya se encuentran disponibles en el siguiente link: <https://ingenieriakenenedutecma.000webhostapp.com/> para los profesores e investigadores interesados en continuar con el trabajo y conocer más acerca de los proyectos trabajados en el semillero de investigación Edutecma.

Con los resultados presentados en el trabajo es posible hacer hipótesis sobre el uso de la tecnología para la educación matemática partiendo de que los estudiantes aprenden más

y mejor con la intervención de un medio tecnológico estructurado y programado con intensiones claras y fundamentos teóricos y didácticos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Rueda, M. Niño, A. (2013).** Automatización de actos de devolución en software Cabri LM. Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Matemática. Universidad Industrial de Santander: Bucaramanga.

**Puentes, J. (2013).** Automatización en los actos de devolución en CarMetal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.

**González, M. (2005).** Réplica a la ponencia: El sistema tutorial AgentGeom y su contribución a la mejora de las competencias de los alumnos en la resolución de problemas de matemáticas.

**Maita, M. (2005).** El aprendizaje de Funciones Reales con el uso de un Software Educativo: una experiencia didáctica con estudiantes de Educación de la ULA-Táchira.

**Artigue, M. (1995).** Ingeniería didáctica en educación matemática. Grupo editorial Iberoamérica. Bogotá D.C.

**Brousseau, G. (1986).** Fundamentos y Métodos de la didáctica de la matemática. Facultad de Matemática. Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba.