

Aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas empleando el juego de estrategia Batalla Naval

Yenny Marcela Orozco-Ocampo & César Augusto Álvarez-Vargas

Grupo de Investigación en Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial, Departamento de Mecánica y Producción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. yorozco@autonoma.edu.co, dekinov@autonoma.edu.co

Resumen— Con el propósito de facilitar el aprendizaje con respecto a los conceptos y manejo de coordenadas absolutas y relativas (incrementales), tema necesario para la programación de rutas de corte en máquinas de control numérico computarizado (CNC), se optó por el desarrollo de una estrategia que permitiera presentar al estudiante de manera simple las definiciones asociadas y emplearlas a través de una adaptación del juego de mesa conocido como Batalla Naval. Esta estrategia puede ser implementada de manera individual o grupal, permitiendo el manejo de habilidades asociadas al trabajo en equipo, la planeación y el seguimiento de normas y ética de juego. La aplicación de dicha estrategia en el curso de CAD/CAM (Diseño Asistido por Computador/Manufactura Asistida por Computador) impartido en la Universidad Autónoma de Manizales, ha evidenciado una fácil comprensión de la temática y una mejor disposición por parte de los estudiantes con respecto al uso de dichos sistemas de referencia.

Palabras Clave— coordenadas absolutas; coordenadas relativas; programación CNC; aprendizaje basado en juegos; aprendizaje en profundidad.

Recibido: 12 de abril de 2019. Revisado: 11 de junio de 2019. Aceptado: 19 de junio de 2019.

Learning absolute and relative coordinates using Battle Ship strategy game

Abstract— With the purpose to facilitate the learning regarding the concept and management of absolute and relative coordinates (also named as incremental coordinates), a needed concept for the process of programming cutting paths on computerized numerical control machines (CNC); a strategy based on the Battleship game was performed showing the main definitions in an easy way. This strategy can be developed by individual or groups work, allowing in turn the management of skills associated to the team game, the planning and the follow-up of rules and game ethics. The implementation of this strategy in the course of CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), taught at Universidad Autónoma de Manizales, has shown a better understanding of the subject and a good disposition to the use of such reference systems by the students.

Keywords— absolute coordinates; relative coordinates; CNC programming; game-based learning; in-depth learning.

1. Sistemas coordenados usados para programación de máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC)

Uno de los conceptos más importantes para iniciar el aprendizaje de lenguajes de programación de rutas de

mecanizado, es la identificación y uso adecuado de los tipos de posicionamiento que pueden darse a la herramienta en su trayectoria, ya sea durante el corte o en desplazamiento en vacío; para lo cual se establecen dos tipos de referenciación espacial ampliamente utilizadas en la generación de códigos para la fabricación con máquinas de control numérico computarizado (CNC). En el primer tipo se encuentran las coordenadas absolutas, en las que se tiene un punto de origen único, y como segundo tipo las coordenadas relativas también denominadas incrementales en las que se presentan múltiples puntos de referencia u orígenes.

1.2. Coordenadas absolutas

Este tipo de coordenadas permite definir los movimientos de la herramienta desde un único punto de referencia llamado origen, habitualmente designado como O, cuyos valores de coordenadas se establecen a partir de la posición física de la herramienta con respecto a la pieza, ya sea en X, Z si se trata de un proceso de corte en dos ejes (torneado) o en X, Y, Z en una operación de corte en tres ejes (fresado); o en más coordenadas para sistemas con ejes adicionales. Los valores asociados a cada eje coordinado, considerados normalmente como positivos, están determinados por: la geometría de la pieza a mecanizar, el punto establecido como parámetro de referencia físico en la máquina y el proceso de corte empleado. En la Fig. 1 se presenta un esquema simplificado del uso de las coordenadas absolutas en las que las trayectorias para cada punto parten desde O y por lo tanto deben ser medidas desde esta única referencia.

Dentro de los beneficios que presenta el uso de este tipo de coordenadas se encuentra la facilidad en la ubicación espacial con respecto a la geometría de la pieza puesto que no se requieren cálculos adicionales a las cotas presentadas en los planos de fabricación, lo cual implica un sencillo manejo del plano por parte del programador y evita la acumulación del error, puesto que todos los movimientos se referencian con respecto al mismo punto. Cabe resaltar que este sistema también puede emplearse para presentar las dimensiones de una pieza requerida, denominándose como plano con *acotado absoluto*.

Como citar este artículo: Orozco-Ocampo, Y.M. and Álvarez-Vargas, C.A., Aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas empleando el juego de estrategia batalla naval. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 72-77, Marzo - Julio de 2019.

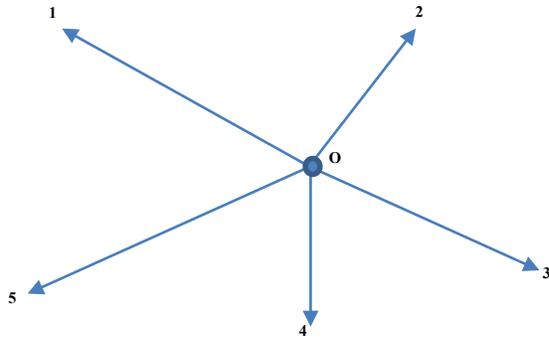


Figura 1. Representación de coordenadas absolutas.
Fuente: Los autores

1.3. Coordenadas relativas o incrementales

El uso de este tipo de coordenadas implica que para el posicionamiento de la herramienta se emplean múltiples puntos de referencia, es decir que el punto inmediatamente anterior, se convierte en el origen para el siguiente movimiento; esto representa gran facilidad para el programador en el cálculo y ejecución de trayectorias cortas, involucrando el manejo de coordenadas tanto positivas como negativas. En la Fig. 2 se presentan las trayectorias entre O y 5, en las que el cálculo de la posición de cada punto se realiza con respecto al punto anterior, es decir para llegar del punto 3 al punto 4, las coordenadas de movimiento se darán con respecto a 3 (convirtiéndose en origen), por lo que dicho punto se convertirá en una referencia provisional para el desplazamiento.

Las bondades de este tipo de coordenadas radican en la rapidez en el cálculo de cada una de las posiciones, sin embargo, se presentan dificultades para la identificación de errores en el posicionamiento lo que permite la adición de los mismos durante el proceso de maquinado. También se encuentran planos cuyas cotas se presentan de forma secuencial, es decir que tienen un *acotado incremental* y su particularidad radica en que donde termina una cota, inicia la siguiente.

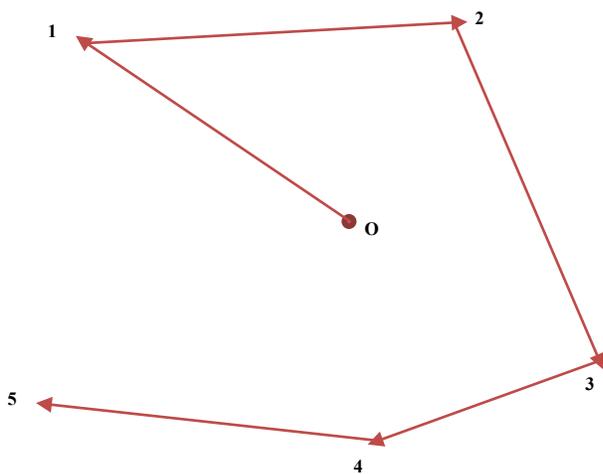


Figura 2. Representación de coordenadas relativas.
Fuente: Los autores

2. Batalla naval

Batalla Naval (Battleship de Hasbro©) es un juego que básicamente usa sistemas de coordenadas para ubicar posiciones de naves en un tablero 2D, y es por esto que en este artículo se presenta como estrategia de enseñanza y aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas para el mecanizado CNC. La versión moderna de los módulos de juego se presenta en las Fig. 3(a) y 3(b). Durante el juego, cada jugador o equipo de jugadores tiene como propósito hundir las flotas o naves del contrincante realizando en cada ronda “disparos” posicionados. Las coordenadas de los disparos se expresan mediante una combinación de letras (filas) y números (columnas) dando como resultado un punto de “impacto” en el espacio de juego en el que cada jugador ha ubicado navíos de diferentes tamaños, como se observa en la Fig. 4(a) y 4(b). Los oponentes desconocen la ubicación de las naves contrarias, lo que convierte inicialmente a Batalla Naval en un juego de adivinación y posteriormente en un juego de estrategia.

Al momento de impactar, el jugador debe informar a su oponente diciendo en voz alta “¡Impacto!, ¡Averiado!, ¡Toque!, entre otros; y en el momento en que una embarcación ha sido impactada en el total de las casillas que la componen se establece que dicha embarcación ha sido hundida. Finalmente, se declara como ganador el individuo o grupo que hunda primero todas las embarcaciones de su oponente.

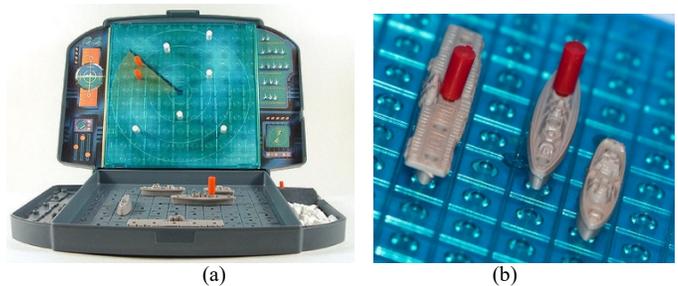


Figura 3. Batalla Naval, juego actual. (a) Módulos de juego (b) Ubicación de embarcaciones.

Fuente: (a) Tomada de [1] flickr Joe King, 11 septiembre de 2007 y (b) Tomada de [4] Tomada de flickr Anthony, 26 noviembre de 2017

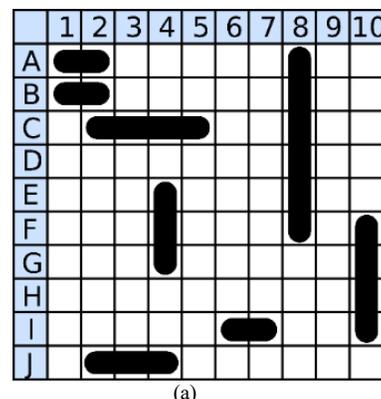


Figura 4a. Batalla Naval, Diseños de plantillas. (a) Plantilla sencilla
Fuente: (a) adaptada de [2]

Batalla Naval!

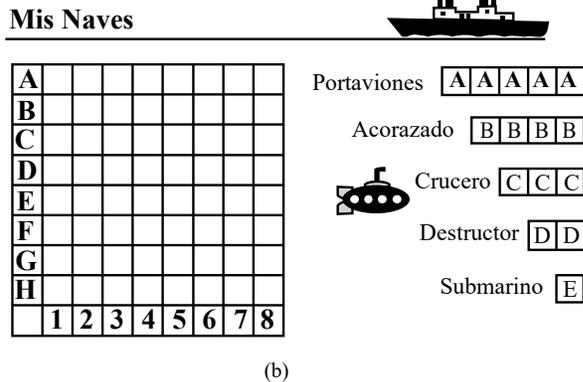


Figura 4b. Batalla Naval, Diseños de plantillas. (b) Plantilla detallada. Fuente: (b) adaptada de [3]

3. Uso del juego batalla naval como estrategia de aprendizaje en profundidad

El aprendizaje basado en juegos, es una de las estrategias que más atrae el interés y la atención del estudiante, siendo así una herramienta para alcanzar un aprendizaje en profundidad, al lograr de manera integral la comprensión de los conceptos teóricos y permitiendo utilizarlos en una actividad real que adicionalmente les presenta un propósito, esto es, permite presentar y reforzar conceptos que durante el juego el estudiante debe utilizar para finalmente lograr ubicarse como ganador; adicionalmente se fomentan competencias adicionales como trabajo en equipo, razonamiento cuantitativo, lógica y fomenta la sana competencia bajo reglas éticas y morales previamente establecidas para el desarrollo de la actividad [4,5].

Es indispensable que previo al uso de los juegos como estrategia de enseñanza para aprendizaje en profundidad, y como en este caso de la Batalla Naval, se siga la ruta propuesta en la Fig. 5 con el propósito de realizar una correcta planeación.

La fase de planeación de los momentos de la actividad requiere gran atención del instructor, para determinar con precisión y claridad cada una de las tareas que deben desarrollar los jugadores con el fin de completar con éxito la estrategia sin perder el interés y compromiso de los estudiantes. Entre los momentos que se proponen para utilizar el juego de Batalla Naval en el aprendizaje profundo de coordenadas absolutas y relativas para el mecanizado, se tienen:

- a. **Presentación de los conceptos:** fundamentación teórica de los conceptos que se desean trabajar en la actividad y que serán objeto del aprendizaje en profundidad.
- b. **Explicación del juego, dinámica y normas:** presentar cuál es el propósito del juego, cómo se desempeñará cada participante, cómo se establecen los turnos, qué está permitido y qué no lo está, finalmente se presenta el estímulo para los ganadores.
- c. **Alistamiento de plantillas de juego:** para la estrategia presentada, se dibujan en el tablero las cuadrículas para cada equipo y se crea el listado de secuencia de las coordenadas a utilizar. Cada grupo dibujará su plantilla y ubicará las naves.

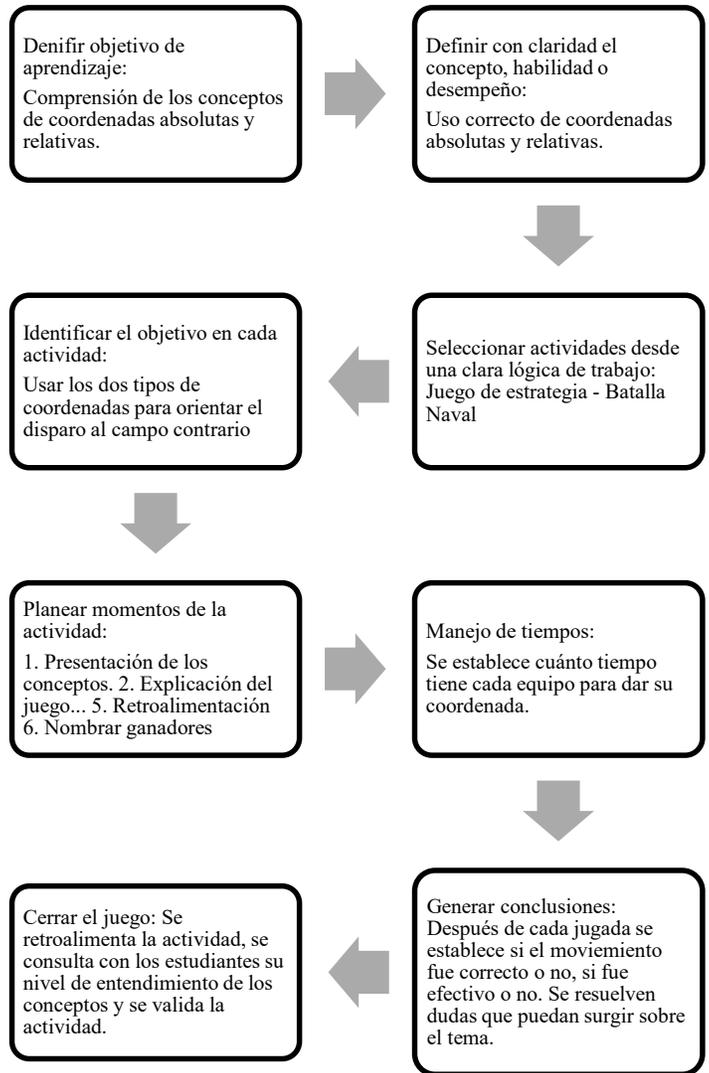


Figura 5. Modelo de actividad adaptado. Fuente: Adaptado de [6]

- d. **Retroalimentación:** puede realizarse después de cada jugada en la que se observen dificultades para posicionar el disparo o al final del juego mediante preguntas para verificar la comprensión total de los conceptos.
- e. **Nombrar ganadores:** la motivación principal del estudiante en el aprendizaje basado en juegos es ganar y obtener un premio, es importante que al final de la actividad se anuncien en voz alta los ganadores y las recompensas respectivas.

Los anteriores momentos deben ilustrar la clara intencionalidad del instructor de incorporar dinámicas del juego en los espacios y momentos de aprendizaje, de tal manera que se transforme el ambiente y permita desarrollar habilidades individuales y grupales, brindando beneficios para el profesor y los estudiantes de educación superior durante la clase [7,8].

3.1. Adaptación del juego para la temática y su aplicación en clase

En sus orígenes (ca. 1931) la Batalla Naval se jugaba con lápiz y papel, y es esta misma metodología la implementada en el desarrollo de la estrategia de enseñanza y aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. No obstante, es posible emplear herramientas modernas (v. g. tabletas, iPad, etc.) para el desarrollo del juego, favoreciendo su aplicación en cualquier espacio de trabajo disponible. A continuación, se presentan las adaptaciones realizadas al juego:

- El juego se desarrolla con la participación de dos equipos o dos jugadores, como mínimo.
- De acuerdo al tamaño de los equipos el campo de juego puede ampliarse a partir de una rejilla de 5 casillas x 5 casillas (aproximadamente 16 jugadas por equipo).
- Cada equipo tendrá la oportunidad de posicionar en su campo como mínimo tres naves de diferentes tamaños (por ejemplo, para una rejilla de 5 casillas x 5 casillas se tendrán un barco de dos casillas, uno de tres casillas y otro de cuatro casillas), y podrán ubicarlos de forma vertical u horizontal pero no están permitidas las ubicaciones en diagonal.
- Tanto las filas como las columnas tendrán una identificación numérica, similar a un plano cartesiano XY.
- Para cada disparo se definirá el tipo de coordenada a utilizar, por ejemplo, para el primer disparo la coordenada deberá expresarse de forma absoluta y para el segundo disparo, expresarán la coordenada de forma relativa y así sucesivamente, no es necesario hacerlo intercalado, se aconseja asignar un orden aleatorio, puede ser a criterio del moderador del juego; sin embargo, se recomienda establecer la secuencia de tipo de coordenadas a utilizar, previo al inicio de la actividad, el esquema se presenta en la Fig. 6.
- Las rejillas de control y la secuencia de las jugadas deben ser visibles para todos los equipos.

Equipo 1						Equipo 2					
5						5					
4						4					
3						3					
2						2					
1						1					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
AP1	()			AP1	()		
AP2	()			AP2	()		
RP3	()			RP3	()		
RP4	()			RP4	()		
RP5	()			RP5	()		
AP6	()			AP6	()		
AP7	()			AP7	()		
RP8	()			RP8	()		
.
.
.	()			.	()		

Figura 6. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas.

Fuente: Los autores

Las coordenadas de cada disparo deben ser registradas por escrito y debe identificarse con una simbología y colores previamente definidos en la rejilla, por ejemplo: A para coordenadas absolutas, R para coordenadas relativas, P1 para el primer disparo, P2 para el segundo disparo; el tipo de coordenadas se establece de manera aleatoria y los disparos se ordenan de manera ascendente con respecto al disparo anterior. El registro de la secuencia AP1(5,1) se interpreta de la siguiente manera: coordenadas absolutas para el disparo número 1, quedará ubicado en la casilla 5 horizontal, 1 vertical. Con respecto a los colores, se pueden definir por ejemplo verde para los disparos no efectivos y rojo para los efectivos, esto visualmente ayuda al posicionamiento en el espacio de juego. Adicionalmente, estos registros favorecen las revisiones de jugadas previas con los estudiantes y facilita la evaluación del proceso al finalizar el juego.

g. En cada una de las casillas en las que se haya realizado un disparo, debe registrarse la nomenclatura de este, así los estudiantes podrán ubicarse fácilmente al momento de hacer su jugada en términos de coordenadas relativas o incrementales. En la Fig. 7 se presenta uno de los tableros de juego donde se relaciona el nombre del equipo, las cuadrículas escritas con verde corresponden a los disparos no efectivos y las escritas con rojo a los disparos que acertaron en el barco del equipo rival; en la parte inferior se registra cada una de las jugadas realizadas por los equipos y el correspondiente sistema de referencia empleado.

Para una mejor comprensión de la dinámica del juego se presenta un ejemplo con tres jugadas, en una planilla de 5 x 5 casillas; para las que previamente se ha aleatorizado el orden de los sistemas a emplear, como se muestra:

Jugada 1

AP1(1,3): usando sistema de referencia absoluto se dispara al punto X=1, Y=3. En la Fig. 8 se puede observar el movimiento.

Los GALVÁNICOS

5	P ₁			P ₂	P ₃
4	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
3			P ₉	P ₁₀	P ₁₁
2	P ₁₂	P ₁₃		P ₁₄	P ₁₅
1	P ₁₆	P ₁₇		P ₁₈	P ₁₉
	1	2	3	4	5

AP₁ (2,2) RP₂₄ (-3,-3)
 AP₂ (4,5) RP₁₂ (3,1)
 RP₃ (1,-3) RP₁₃ (-1,-1)
 RP₄ (0,1) AP₁₄ (1,5)
 RP₅ (0,1) RP₁₅ (0,-3)
 AP₆ (5,5) RP₁₆ (2,1)
 AP₇ (2,4) AP₁₇ (5,0)
 RP₈ (1,0) AP₁₈
 AP₉ (1,4) AP₁₉
 RP₁₀ (4,4) RP₂₀

Figura 7. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. Un tablero de juego.

Fuente: Los autores

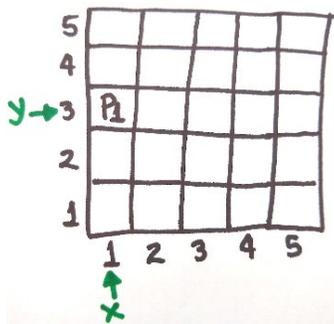


Figura 8. Plantilla de Batalla Naval para primera jugada (P1) en coordenadas absolutas, disparo al punto (1,3) en verde se muestran los ejes.
Fuente: Los autores

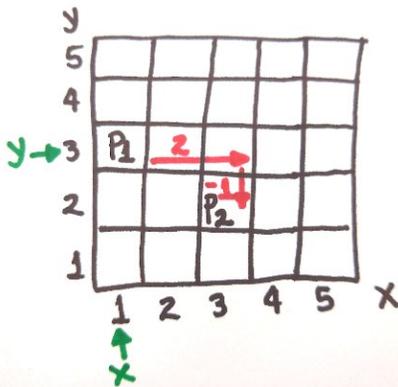


Figura 9. Plantilla de Batalla Naval para segunda jugada (P2) en coordenadas relativas, disparo al punto (2,-1) se muestra en rojo y con origen en P1.
Fuente: Los autores

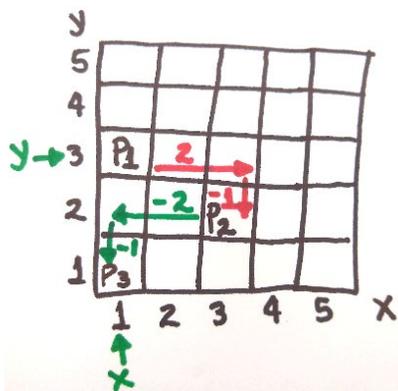


Figura 10. Plantilla de Batalla Naval para tercera jugada (P3) en coordenadas relativas, disparo al punto (-2,-1) se muestra en verde y con origen en P2.
Fuente: Los autores

Jugada 2

RP2(2,-1): usando sistema de referencia relativo o incremental se dispara a la coordenada X=2, Y=-1, medidos en este caso a partir de la posición del punto 1 (P1), los movimientos realizados se indican en la Fig. 9.

Jugada 3

RP3(-2,-1): usando sistema de referencia relativo o incremental se dispara a la coordenada X=-2, Y=-1, medidos en este caso a partir de la posición del punto 1 (P2) como la Fig. 10 indica.

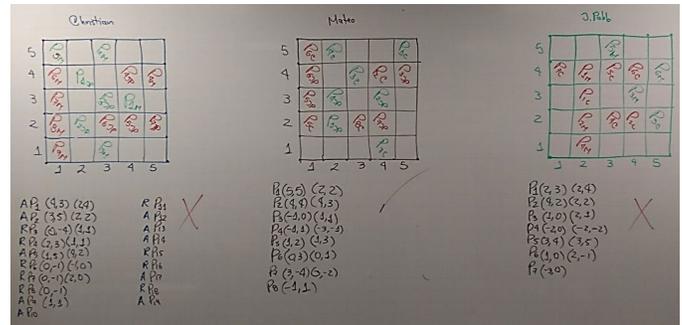


Figura 11. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. Tres tableros en simultáneo.
Fuente: Los autores

En algunas ocasiones se ha implementado una modificación adicional a esta propuesta de juego, con el propósito de adaptar la actividad a diferentes números de jugadores y equipos. Por ejemplo, trabajar con tres (3) tableros en simultáneo de tal manera que cada jugador o equipo de jugadores recibe dos disparos en cada jugada y a su vez, debe realizar dos movimientos en dos tableros diferentes, lo que requiere de mayor concentración y eficiente uso de los sistemas de referencia absoluto y relativo. En la Fig. 11 se presenta una visualización de esta modalidad del juego, en la imagen también se observa la secuencia a seguir, el registro de las coordenadas indicadas por los jugadores, los disparos acertados (mostrados con color rojo) y los disparos errados (indicados con color verde), de igual forma se indica sobre los tableros, el ganador de la sesión.

4. Resultados observados

En años anteriores, se trabajaron los conceptos asociados a las coordenadas absolutas y relativas de la forma tradicional, es decir, la docente presentaba la temática con algunos ejemplos y posteriormente el estudiante los aplicaba en ejercicios o labores asignadas. Después de algunos cursos en los que se evidenció cierta confusión en la comprensión de dichos temas e incluso cierta resistencia al uso del sistema coordenado relativo específicamente y por consiguiente una mayor dificultad en la creación de códigos que involucraban el uso indistinto de ambos sistemas de referencia, se optó por desarrollar una estrategia diferente para la enseñanza de estos tópicos que, aunque sucintos, son de gran importancia para la formación básica en la programación CNC.

La estrategia requería ser llamativa para el estudiante e involucrar una fácil comprensión e implementación en clase, aprovechando materiales básicos en el aula como lo son tablero, marcadores o tiza. Aunque esta estrategia se puede adaptar a otros juegos como ajedrez [9] o damas chinas, la Batalla Naval ofrece las ventajas de realizar la actividad de aprendizaje en la modalidad de equipos, lo cual favorece la competencia, aunque es un juego de predicción en las jugadas iniciales, debe emplearse la lógica y la estrategia para los posteriores movimientos.

La plantilla de juego se puede adaptar fácilmente a las necesidades y tamaños de los equipos, anexando casillas para

nuevos barcos y aleatorizando la forma de designar las coordenadas. El espíritu competitivo es notorio puesto que cada equipo desea obtener la recompensa y busca acertar en cada jugada; también el trabajo en equipo y la responsabilidad conjunta de acertar al objetivo y ser los ganadores, esto se evidencia durante el juego en los momentos en los que el vocero del equipo opta por una jugada que podría ser equivocada y esto genera que entre los jugadores del mismo equipo se corrijan y sugieran coordenadas e incluso explican entre ellos las razones por las que no debería realizarse dicho movimiento.

En las actividades de evaluación posterior a la actividad, se evidenció una mejor comprensión y manejo de la temática por parte de los estudiantes lo que se evidencia en mejores calificaciones y disminución de fallas en las pruebas escritas; adicionalmente, mostraron una mejor disposición al uso de ambos sistemas de coordenadas en los procesos de programación de rutas de mecanizado CNC. Lo anterior demuestra que se ha superado el bloqueo académico de la aparente dificultad en el proceso de aprendizaje.

En algunos periodos académicos se ha solicitado a los estudiantes de la asignatura CAD/CAM expresar por escrito su percepción sobre la metodología propuesta, algunos de los comentarios recopilados se transcriben de forma textual a continuación: “Es una manera sencilla de comprender el uso de los tipos de referencias”, “Buena forma de aprender el uso de los sistemas de referencia, además la presión del juego ayuda a aprenderlo más fácil”, “Buen método de enseñanza ya que nos familiariza con la forma de aplicar cada sistema de referencia”, “La utilización del juego explica de buena manera y resulta más rápido de entender los conceptos que solamente leyéndolos”.

Finalmente, es importante resaltar que esta estrategia, puede convertirse en un juego basado en tecnología, de tal manera que pueda ser jugado en línea, empleando dispositivos móviles e incluso incorporando diferentes equipos y jugadores a la partida de manera simultánea y remota como lo ofrecen algunas páginas web [5,8]; con esta variación se involucraría en la actividad el manejo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), respondiendo a la progresiva multiculturalidad que se evidencia actualmente y permitiendo la innovación metodológica que favorecen una educación más eficaz e inclusiva [10].

Referencias

- [1] King, J., Battleship game. [Online]. [Accessed: 26-Mar-2019]. Available at: <https://www.flickr.com/photos/jking89/1363983490>.
- [2] Wikipedia, Esquema batalla naval. [Online]. [Accessed: 24-Jul-2018]. Available at: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Battleship_game.svg/2000px-Battleship_game.svg.png.
- [3] Plantilla Batalla Naval. [Online]. [Accessed: 24-Jul-2018]. Available at: <https://foreignpolicymag.files.wordpress.com/2012/10/battleships8.jpg?w=625&h=403&crop=0,0,20,0>.
- [4] Wu, W.H., Bin-Chiou, W., Kao, H.Y., Alex-Hu, C.H. and Huang, S.H., Re-exploring game-assisted learning research: the perspective of learning theoretical bases, *Comput. Educ.*, 59(4), pp. 1153-1161, 2012. ISSN: 0360-1315.
- [5] Mendoza-Barros, P. y Galvis-Panqueva, A., Juegos multiplayer: juegos colaborativos para la educación, *Informática Educ.* 11(2), pp. 223-239, 1998, ISSN 1667-8338.
- [6] Velasco-E., L.Á. y Giraldo-O., A.M., Aprendizaje basado en juegos. Manizales, Colombia, 2018, 57 P.
- [7] Cepeda-Ramírez, M.R., El juego como estrategia lúdica de aprendizaje,

- Rev. Int. Magisterio, [en línea]. 76, 2017. Disponible en: <https://www.magisterio.com.co/articulo/el-juego-como-estrategia-ludica-de-aprendizaje>. ISBN: 16921053.
- [8] Begoña-Gros, I.N. y Noguera-Fructuoso, I., Mirando el futuro: evolución de las tendencias tecnopedagógicas en Educación Superior, *Rev. Cient. Tecnol. Educ.*, 2(2), pp. 130-140, 2013. ISSN: 1900-6586.
 - [9] Tenaris University, Introducción al control numérico por computadora. Módulo 003. EdX, 2016.
 - [10] Escalona-Ríos, L., Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación bibliotecológica y la documentación en Iberoamérica. Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, UNAM, Mexico, 203. DOI: 10.22201/iibi.9786070243769e.2013.

Y.M. Orozco-Ocampo, es Ing. Mecánico y de Manufactura en 2006 de la Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia; Msc. en Ingeniería Mecánica en 2012 de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. De 2006 a 2009 trabajó para compañía consultora en máquinas y herramientas para el sector metalmeccánico y como docente catedrática en la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. Del 2010 al 2012 trabajó como asistente de investigación en proyecto Colciencias-Uninorte y como docente catedrática en la Universidad del Norte, Colombia. En el año 2014 se desempeñó como docente en el Politécnico de la Costa Atlántica, Colombia. Se vinculó al Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales desde el año 2015. Sus intereses investigativos incluyen: materiales y diseño, procesos de fabricación, manufactura avanzada y CAD/CAM, enseñanza y aprendizaje en ingeniería. ORCID: 0000-0003-1907-6518.

C.A. Álvarez-Vargas, es Ing. Mecánico en 1999 de la Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia; de MSc. en Sistemas Automáticos de Producción en 2008 de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Candidato a doctor en Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Se ha desempeñado como docente en el Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales. Sus intereses investigativos incluyen: comportamiento de materiales, geometría y deformación, mecánica experimental y mecánica de polímeros compuestos. ORCID: 0000-0002-4417-3865.