



Título: Dos Solitarios  
Autor: Luis Eduardo Jaramillo  
Técnica: Acrílico sobre lienzo  
Año: 2017

## Herramienta metodológica para el aprendizaje de la distribución en planta

*Methodological tool for learning the facility lay-out*

Recibido: 20-09-2016 • Aprobado: 01-05-2017 • Página inicial: 93 - Página final: 109

Fabián Leonardo Ramos Maldonado\*  
Miguel David Rojas López\*\*  
Andrés Esteban Espinosa Osorio\*\*\*

**Resumen:** la distribución en planta implica el ordenamiento de espacios necesarios para el movimiento de material, almacenamiento y líneas de producción, administración y servicios para el personal. Es una actividad de la ingeniería en la que convergen varias disciplinas, una ciencia donde se establecen metodologías y se construye el conocimiento sistemático para optimizar el diseño apropiado en cada situación. El diseño del juego para distribución en planta es una herramienta que complementa el conocimiento, buscando que las personas adquieran las competencias para integrar conceptos de la metodología sistemática de distribución en planta. Los resultados del juego permiten establecer, inicialmente, el aprendizaje de la temática establecida, y a futuro una posibilidad de mejorarla.

**Palabras clave:** distribución de planta, juego de aprendizaje, localización de instalaciones.

**Abstract:** Facility lay-out involves management of spaces for material movement, storage, and production lines, industrial equipment and worker services. Lay-out is an activity of engineering in which some disciplines converge and experience and general knowledge are appreciated. Is a science where methodologies are established, it has recognized a systematic knowledge to find the right design for each situation. Through game as a methodological tool that complements the acquisition of knowledge, people could acquire the skills to integrate the concepts of facility lay-out. The results of the game allow to establish initially the learning of the established theme and a possibility to improve it in a future.

**Keywords:** Facility lay-out, facility planning, learning game.

JEL: B41, L29

\* MSc. en Ingeniería. Docente de la Facultad Nacional de Minas e integrante del Centro de Investigación y Consultoría Organizacional de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín.  
flramosmal@unal.edu.co

Enlace ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3464-4395>

\*\* Ph.D. en Ingeniería, profesor asociado e integrante del Grupo de Investigación CINCO de la Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín.  
mdrojas@unal.edu.co

Enlace ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3531-4910>

\*\*\* Ingeniero de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de Colombia e integrante del Centro de Investigación y Consultoría Organizacional de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín. aeespinosao@unal.edu.co  
Enlace ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3126-6691>

## Outil méthodologique pour la mise en page des plantes d'apprentissage

**Résumé:** la distribution de l'usine implique l'ordonnement de l'espace nécessaire pour le mouvement des matières, le stockage, l'équipement ou de lignes de production, de gestion et de services pour le personnel. Il est considéré comme l'art qui est acquis par l'expérience, mais c'est une science où les méthodes sont établies et la connaissance systématique pour trouver la conception appropriée pour chaque situation. Par le jeu comme un outil méthodologique qui complète l'acquisition des connaissances, il cherche les gens d'acquérir les compétences nécessaires pour intégrer les concepts de la méthodologie systématique de distribution d'usine.

**Mots-clés:** aménagement des installations, la planification des installations, jeu d'apprentissage.

## Uma ferramenta metodológica para a aprendizagem da distribuição na fábrica

**Resumo:** a distribuição no terreno envolve a gestão dos espaços necessários para a circulação dos materiais, armazenamento e linhas de produção, a administração e os serviços de pessoal. É uma atividade que convergem em disciplinas de engenharia, uma ciência que estabelece metodologias e conhecimento sistemático é construída para otimizar o design adequado a cada situação. O design do jogo para distribuição na planta é uma ferramenta que complementa o conhecimento, olhando para as pessoas a adquirir as habilidades necessárias para integrar os conceitos da metodologia sistemática de distribuição na fábrica. Os resultados do jogo permitem estabelecer, inicialmente, a aprendizagem do tema e no futuro uma possibilidade de melhorar.

**Palavras-chave:** distribuição de fábrica, jogo de aprendizagem, localização das instalações.

## Introducción

Distribuir las secciones de una fábrica e instalaciones de producción de manera apropiada es costoso. Si la distribución está mal hecha, la dirección se enfrentará constantemente con ineficiencias o redistribuciones. La primera instalación debe ser adecuada para minimizar los costos de las posteriores modificaciones (Vaughn, 1998). Para realizar una pertinente distribución en planta se consideran los objetivos estratégicos y tácticos en los que se apoyará el diseño, así como los posibles conflictos entre ellos, por ejemplo, la necesidad de espacio / economía en centros comerciales, la accesibilidad / privacidad en áreas de oficina (García, 2012).

El problema de distribución de planta es determinar el arreglo físico más eficiente de un número de instalaciones que interactúan en un sistema de producción con el propósito de encontrar uno o más objetivos (Leyva, Mauricio y Salas, 2013). Se hace necesario tener una buena distribución de las estaciones de trabajo para aumentar la eficiencia global de las operaciones y reducir los gastos operativos hasta el 50% (Leyva, Mauricio y Salas, 2013; Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco y Trevino, 1996). El enfoque de diseñar las plantas cobra cada día más fuerza; por ejemplo, se le atribuye el éxito económico a Japón en comparación con las economías de las naciones industrializadas occidentales, a la preocupación por el racionamiento de los espacios de almacenamiento y de producción, eliminación del desperdicio y fabricar en el momento justo, en el lugar apropiado y en la cantidad necesaria. Con el crecimiento progresivo de las tasas demográficas, un estudio cada vez más minucioso de los diseños de planta resulta imprescindible (García, 2004).

Para algunas de las disciplinas de la ingeniería el diseño de planta es un aprendizaje interesante que reúne a varias de ellas en torno a una problemática común, pero que muchas veces es complejo ya que los factores que determinan el costo final de la distribución de planta son variables y se relacionan de tantas maneras distintas que hacen difícil un análisis sistemático (Vaughn, 1998). Por tal motivo ingenieros, arquitectos y diseñadores consideran la planeación de un diseño de planta como una etapa en la que se cuenta con la rigurosidad técnica, pero también con elementos basados en el sentido común y la lógica, que en muchas ocasiones son difíciles de tener en la cuenta para los profesionales en dichas áreas, de tal manera que exista una integración de los conceptos y se encuentre una solución óptima a la problemática de la distribución en planta.

## Metodología

### Diseño del juego: Display

Para diseñar el juego se usó la metodología propuesta por Gómez (2010), compuesta de diez pasos fundamentales:

*Temática del juego:* se abordará el tema de distribución en planta con el juego Display.

*Propósito del juego:* mediante el juego los participantes aprenderán, de forma educativa, algunas de las consideraciones y/o variables más importantes a tener en cuenta en un diseño y distribución de una planta. El conocimiento será adquirido por la enseñanza. El juego resaltaré la experiencia para organizar las áreas de trabajo de una planta.

*Objetivos instruccionales del juego:* con el desarrollo del juego, los participantes aprenderán sobre la metodología para realizar un diseño de la distribución de planta. En el juego se destaca la importancia de la planeación para encontrar las necesidades generales de cada una de las áreas en relación con las demás; haciendo una distribución general del conjunto, y luego entrando a los detalles. Igualmente, el entendimiento del diseño de planta consta de etapas de ordenamiento; encontrar las necesidades de máquinas y equipos de acuerdo con las necesidades de producción; para luego detallar los equipos en una ubicación espacial, realizando una simulación a partir de las fichas de armado; evidenciando cómo la integración de los conceptos con el sentido común pueden ser una herramienta complementaria para obtener una distribución en planta adecuada.

La idea sobre la que se va a generar reflexión en el juego es que la distribución en planta posee una rigurosidad técnica sobre las que se centran los participantes en las etapas de planeación, pero que al momento de discutir y acordar cómo puede ser mejor dicha distribución, el sentido común y la experticia también puede jugar un papel importante.

*Identificación de los conceptos generales de la temática:* los conceptos generales tratados en el juego son la distribución de planta sobre la que se plantea el juego, teniendo en cuenta las etapas sugeridas por la Universidad de Castilla-La Mancha (2013). Para ello se aplican los conceptos básicos sugeridos por Marín y otros (Marín, Ramos, Montes, Hernández y López, 2011) en la formación de un juego como herramienta metodológica para el aprendizaje; y con ello se busca que el participante adquiera integración del tema hacia un entorno aplicado.

**Selección de técnicas candidatas:** según la metodología de Gómez (2010), y de acuerdo con los conceptos que se desea enseñar en el juego se establece una serie de palabras clave para identificar posibles técnicas, con las cuales la metodología a establecer sea la adecuada para transmitir el conocimiento deseado. En el caso del juego a plantear, las palabras clave son: distribución, ordenamiento, secuencia, representaciones infinitas, optimización, planeación, recursos.

Con las palabras clave anteriormente mencionadas, se plantean preguntas (de carácter afirmativo-negativo) para someter a juicio diversas opciones de técnicas posibles a emplear, y elegir la opción más adecuada para enseñar la temática.

Las técnicas candidatas sometidas a elección son:

- Rompecabezas: es un juego de habilidad que consiste en recomponer una figura combinando, de manera correcta, determinadas piezas, en cada una de las cuales hay una parte de dicha figura (Rompecabezas: Historia y definiciones, 2015).
- Juegos de construcción: conocidos como Lego, consiste en una serie de bloques acanalados con los cuales se construyen estructuras a escala (Colombia Digital, Arma todo o Estralandia, 2013).
- Batalla naval: consiste en adivinar las posiciones en las que un contrincante coloca los barcos u objetos a impactar. Consta de un tablero donde se posicionan elementos que responden a coordenadas en él. Luego contra un adversario, se mencionan posiciones del tablero haciendo alusión a que en dicho punto cae un misil con la intención de hundir el barco (Díaz, 2011).

**Clasificación de las técnicas candidatas y elección:** Gómez (2010) establece un sistema de puntaje para la elección de la técnica apropiada, en el cual existen preguntas estándar que son comunes para varias técnicas de juego, por lo que no son determinantes para la elección de un juego en particular, y otras preguntas diferenciadoras que corresponden a características enfocadas en aplicar la temática particular. En la Tabla 1 se ilustran las preguntas realizadas para clasificar las técnicas.

De acuerdo con las preguntas planteadas, el juego de construcción se adaptó en un 83% a la temática planteada, mientras que la batalla naval obtuvo un porcentaje del 61%, y el rompecabezas un 50%. Por lo tanto, la técnica escogida es el juego de construcción.

***Incorporación del conocimiento específico en el juego:*** con la técnica seleccionada el siguiente paso consiste en adaptar las reglas particulares del juego a las reglas de la técnica. Igualmente, se hace un recuento de materiales, se revisan las reglas de juego, y se establece número de participantes.

La idea sobre la que se centra el juego parte de la adaptación de los pasos establecidos por la Universidad de Castilla-La Mancha (2013) en la que primero hay una etapa de planeación, desde lo general hacia lo particular.

Tabla 1  
*Preguntas de caracterización de las técnicas a analizar*

Clasificación	Pregunta
Estándar	¿Los participantes deben adquirir materias primas o recursos para obtener la mayor cantidad de puntos?
Específica	¿Gana el jugador que alcance el mayor número de puntos, gracias a la ordenación de los recursos obtenidos?
Estándar	¿Los jugadores deben decidir estratégicamente los movimientos a seguir para maximizar sus beneficios?
Estándar	¿El jugador debe definir una estrategia a seguir al comenzar el juego?
Específica	¿El espacio para la distribución en planta es fijo?
Estándar	¿Inicialmente todos los participantes del juego reciben la misma descripción del juego?
Específica	¿Los participantes, según su sentido común y pensamientos personales, pueden modificar el ordenamiento de las áreas?
Estándar	¿Debe existir un moderador del juego encargado de describir la situación inicial y dirigir el desarrollo del juego?
Estándar	¿El jugador puede modificar los espacios y las áreas en etapas de planeación?
Específica	¿Al jugador le pueden faltar o sobrar piezas en el momento de realizar la distribución?

Elaboración propia, (2015) adaptada de Gómez (2010).

Se hace una etapa de planeación que proporciona al participante del juego la opción de encontrar las condiciones óptimas de área disponible para la construcción, determinando las necesidades generales.

Posteriormente, el participante establece una distribución teórica de las áreas, y dimensiona los equipos principales que determinan el tamaño de la producción. Al obtener la cantidad de productos fabricados, las demás áreas y secciones se relacionan matemáticamente por cálculos directos en los que se determinan dimensionamientos, número de empleados, áreas de zonas de almacenamiento, áreas de zonas administrativas, y laboratorios.

Cuando se obtienen los cálculos necesarios se permite pasar al participante a la etapa de ejecución. En esta etapa, el participante recibe las fichas o bloques de Lego. Mediante las fichas construye la base que representa el terreno, y construye cajas que representan los volúmenes principales y de mayor ocupación en la planta, en especial, edificios y equipos. Con la construcción, utilizando los bloques se permite visualizar fácilmente si el participante entendió el concepto, si cumple con las condiciones planteadas en los objetivos instruccionales, y se plasma la percepción personal de cómo debería ser la planta. Mediante los cálculos realizados, se permite establecer un valor numérico con el que se obtiene si la distribución ejecutada por el participante genera un beneficio económico.

## Resultados

### *Elementos conceptuales*

**Distribución de planta:** es una actividad de la ingeniería en la que cuentan la experiencia y una amplia base de conocimientos generales. Vaughn (1998) menciona que es, probablemente, más un arte que una ciencia, aunque los conocimientos científicos y un enfoque sistemático juegan un papel importante para poder conseguir la mejor aproximación a una óptima distribución en planta. La misión del diseñador de una planta es encontrar la mejor organización de las áreas de trabajo y del equipo, con el objetivo de conseguir la máxima economía en el trabajo, al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores (Vergel, 2009; Universidad de Castilla-La Mancha, 2013).

Los objetivos de la distribución en planta son (Universidad de Castilla-La Mancha, 2013):

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Movimiento de material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización “efectiva” de todo el espacio.

- Mínimo esfuerzo y mayor seguridad en los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

Los principales factores que afectan una distribución en planta son (Universidad de Castilla-La Mancha, 2013):

- Materiales (materias primas, productos en curso, productos terminados); incluyendo variedad, cantidad, operaciones necesarias, secuencias, entre otros.
- Maquinaria.
- Trabajadores.
- Movimientos (de personas y de materiales).
- Espera (almacenes temporales, permanentes, salas de espera).
- Servicios (mantenimiento, inspección, control, programación, entre otros).
- Edificio (elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, instalaciones existentes).
- Versatilidad, flexibilidad, expansión.

Los intentos por establecer una metodología que permitiera afrontar el problema de distribución de planta de manera ordenada comienzan en la década de 1950; sin embargo, es Muther (Leyva, Mauricio y Salas, 2013; Muther, 1961) el primer desarrollador del planteamiento sistemático de la distribución, una metodología aplicable a la resolución del problema, independiente de su naturaleza. Recientemente, diversos autores como Vaughn (1998), Douglas (1988), Perry (1988), Collazos (2013), entre otros, han establecido procedimientos para el diseño de la distribución planta. Aunque existen diferencias en las terminologías y en algunos conceptos, los procedimientos siguen un lineamiento como se menciona a continuación (Universidad de Castilla-La Mancha, 2013):

1. Planear el todo y después los detalles. Se comienza determinando las necesidades generales de cada una de las áreas en relación con las demás y se hace una distribución general de conjunto. Una vez aprobada esta distribución general se procederá al ordenamiento detallado de cada área.
2. Plantear, primero, la disposición lineal y luego la disposición práctica. En primer lugar, se realiza una distribución teórica ideal sin tener en cuenta ningún condicionante. Después, se realizan ajustes de adaptación a las limitaciones que se presenten: espacios, costes, construcciones existentes.
3. Planear el proceso y la maquinaria a partir de las necesidades de la producción. El diseño del producto y las especificaciones de fabricación determinan el tipo de proceso a emplear. Determinar las cantidades o ritmo de producción de los diversos productos antes de calcular qué procesos se requieren. Después de dimensionar estos procesos se elige la maquinaria adecuada.

4. Planear la distribución basándose en el proceso y la maquinaria. Antes de comenzar con la distribución, se deben conocer, con detalle, el proceso y la maquinaria a emplear, así como los condicionantes.
5. Proyectar el edificio a partir de la distribución. La distribución se realiza sin tener en cuenta el factor edificio. Una vez conseguida una distribución óptima se adapta el edificio necesario. No deben hacerse más concesiones al factor edificio que las estrictamente necesarias. Pero se debe tener en cuenta que el edificio sea flexible y pueda albergar distintas distribuciones de maquinaria.
6. Planear, con la ayuda de una clara visualización. Los planos, gráficos, esquemas, son fundamentales para poder realizar una buena distribución.
7. Planear con la ayuda de otros. La distribución es un trabajo de cooperación, entre los miembros del equipo, y también con los interesados. Es más sencillo conseguir la aceptación de un diseño cuando se cuenta con todos los interesados en la generación del mismo.
8. Comprobación de la distribución. Todos los implicados deben revisar la distribución y aceptarla. Después pueden definirse otros detalles.
9. Vender la distribución o validación del plan, donde se debe conseguir que los demás acepten la idea.

***El juego como una herramienta de aprendizaje:*** actualmente, el aprender y enseñar hacen parte de los elementos esenciales que van más allá de una función desarrollada para transmitir y reproducir lo ya construido por los seres humanos. Enseñar es conducir al alumno a formarse, a través de nuevas elaboraciones que fomenten su capacidad crítica de la realidad, y contribuir a su auto-aprendizaje (Marín, Ramos, Montes, Hernández y López, 2011; Gómez, 2010).

El juego es considerado una de las herramientas más efectivas para promover el aprendizaje y transferir el conocimiento por su capacidad de simular la realidad, al ofrecer un escenario para cometer errores y aprender de ellos en la práctica. La educación lúdica no es ajena al ser humano, dado que esta relación permite, en cierta medida, el desarrollo permanente del pensamiento individual en continuo intercambio con el pensamiento colectivo. Por lo anterior, experiencias significativas de aprendizaje para los estudiantes de ingeniería deben caracterizarse por incluir la integración de diversos conocimientos, su aplicación y el uso de las habilidades para problemas del mundo real (Marín, Ramos, Montes, Hernández y López, 2011).

***Integración del conocimiento de ingeniería por medio de juegos:*** De acuerdo con investigaciones hechas por diversos autores, entre ellos, (Marín, Ramos, Montes, Hernández y López, 2011), el juego didáctico aplica como

una herramienta metodológica que complementaría el proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes de ingeniería. En el campo de la ingeniería se presentan muchos conceptos, que a nivel técnico son complejos por su especificidad o por la cantidad de factores que se manejan, y que no son comprendidos en su aplicación lógica en el mundo real.

Como lo menciona Vaughn (1998), la temática de distribución de planta dentro de los parámetros de la ingeniería es considerada más un arte que una ciencia, y esto es debido a la complejidad de la técnica científica y a la cantidad de variables a considerar para la aplicación real; de tal forma se considera que solo a partir de la experiencia de la persona que diseñe una planta es posible atacar un problema de dicha naturaleza. En este punto, la importancia del juego para enfrentar la complejidad de distribuir una planta toma relevancia, debido a que por medio de la herramienta lúdica se puede adquirir experiencia.

### *Aplicaciones metodológicas*

**Desarrollo de sesiones piloto:** al contar con los materiales, las reglas de juego planteadas, y un número estimado de participantes, Gómez (2010) sugiere realizar una o varias sesiones piloto, en las que se aplica el juego a un grupo de personas que no corresponden al público objetivo, que permite probar la mecánica del juego y realizar los ajustes necesarios, antes de obtener una versión consolidada.

En el desarrollo de las sesiones piloto realizadas se encontraron valores y cálculos mal planteados pero que fueron de fácil corrección. Adicionalmente, debido a la cantidad considerable de variables a contemplar en la distribución de planta se percibió que los jugadores se sentían abrumados con las condiciones y reglas de juego, por lo que se buscó disminuir las variables consideradas para el juego, y dejar sólo algunas condiciones básicas pero importantes. Al mismo tiempo, al considerar un juego con demasiadas condiciones y reglas provocó que el tiempo de juego se extendiera y terminara por aburrir al participante. De tal manera que con la reducción de condiciones el juego, en una segunda prueba, tomó menor tiempo en la ejecución. En la segunda prueba piloto los participantes sugirieron que el trabajo se realizara en equipos, debido a que “no todas las personas tienen las mismas habilidades manuales para usar las fichas o hacer los cálculos”, expresaron.

**Consolidación y desarrollo del juego:** a partir de las mejoras que se proponen en las sesiones piloto se elaboró la plantilla técnica del juego en donde se mencionan las principales características, incluyendo las reglas de juego generales y el

criterio de selección del ganador. En la Tabla 2 se ilustra la plantilla técnica del juego Display, siguiendo la metodología sugerida por Gómez (2010).

El juego se aplicó a un grupo de 16 estudiantes del curso de Juegos Gerenciales que se ofrece para diferentes programas de posgrado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; los participantes fueron divididos en cuatro grupos de trabajo; el tiempo de duración del juego, desde la etapa de explicación del juego por parte del diseñador, la etapa de planeación, de ejecución mediante la construcción de la figura con las fichas del Armatodo, y resultados tomaron 45 minutos, cercanos a los tiempos ajustados en las sesiones piloto.

En el desarrollo del juego se presentaron dudas respecto de las reglas; sin embargo, todos los grupos participantes pasaron de la etapa de planeación a la etapa de ejecución sin mayor problema, de acuerdo con los planeamientos realizados; después de 45 minutos, los cuatro grupos de participantes obtuvieron el resultado esperado de acuerdo con la técnica empleada: la construcción de la planta con las fichas del Armatodo. De acuerdo con los datos consignados en las hojas suministradas a los participantes con los cálculos hechos en la etapa de planeación se determinó la distribución de planta más rentable.

Tabla 2  
*Plantilla técnica establecida para el juego Display*

Plantilla Técnica	
I. Generalidades	
Nombre	Display
Objetivo del juego	Los participantes aprenderán, de forma educativa, algunas de las consideraciones y/o variables más importantes a tener en la cuenta en un diseño y distribución de una planta.
Número de jugadores	Hasta 24 participantes en grupos de cuatro personas.
II. Componente educativo	
Nombre de la temática	Distribución de planta
Propósito	Ver numeral 3.2
Objetivos instruccionales	Ver numeral 3.3

Plantilla Técnica	
Conceptos básicos de la temática	Ver numeral 3.4

III. Materiales		
Nombre	Cantidad	Descripción
Fichas de <i>Legó</i>	1.200	Las fichas permiten la etapa de ejecución y visualización de la distribución.  Necesarios para la etapa de planeación.
Papel	8	
Lápiz	4	
Borrador	4	
Tajalápiz	4	
Marcador	1	

IV. Reglas del juego	
No.	Descripción
1	Etapas del juego: planeación, construcción, resultados.
2	Distribución de cuatro áreas: producción, almacenamiento, laboratorios, área administrativa.
3	Dimensiones de las áreas versus costo del terreno.
4	Relación entre volúmenes de producción y cantidad de unidades producidas.
5	Volúmenes de los equipos disponibles (Se presentan restricciones de tamaños y espaciamentos entre las áreas y los equipos).
6	El área de almacenamiento está en función de los volúmenes de producción para 2 meses.
7	Los laboratorios están en función del volumen de producción y de la cantidad de equipos que coloque el participante.
8	El área administrativa está en función de los volúmenes de producción, haciendo una relación de dicho volumen con el número de empleados y el área que cada uno ocupará.

V. Criterio de selección del ganador
El grupo que más rentabilidad obtenga al simular los costos de construcción de las instalaciones versus las ganancias obtenidas por la producción en el primer año de funcionamiento de la planta gana el juego.

Adaptado de Gómez (2010).

Como se observa en la Tabla 3, el grupo 1 obtuvo una mayor rentabilidad frente a los demás equipos, pero al revisar la construcción realizada por los jugadores incumplía con una de las reglas del juego (regla 5 de la plantilla técnica) donde se limitaban los espacios disponibles entre los equipos y las edificaciones argumentando motivos de seguridad y desplazamientos entre las áreas de trabajo. Por este motivo, el grupo realizó una distribución inadecuada de la planta y no cumplió con los criterios básicos de construcción establecidos en el juego. El grupo 3 obtuvo el siguiente valor de rentabilidad, adicionalmente, cumplió con todas las reglas de juego establecidas y encontraron la combinación óptima según los parámetros del juego, no solo acudiendo a la rigurosidad de los cálculos sino también organizando, de acuerdo con su percepción, la mejor distribución donde todos los elementos se ajustaron al área disponible, por lo que dicho grupo fue el ganador del juego. En los casos de los grupos 2 y 4 sobredimensionaron los tamaños de la planta. En el primer caso, el diseño contempló un área y equipos de producción pequeños, por lo que la producción de piezas no era la suficiente para compensar la inversión del área y las edificaciones de la planta. En el caso del grupo 4 el área escogida para realizar la distribución de planta era amplia, lo que resultó en un desaprovechamiento de los espacios y los recursos.

Tabla 3

*Resultados finales obtenidos en el desarrollo del juego*

Grupo	Valor	Cumplió reglas de juego
1	\$6.879.485.714	No
2	\$180.160.000	Si
3	\$3.563.120.000	Si
4	\$543.840.000	Si

Elaboración propia, 2015.

**Encuesta de evaluación:** al finalizar la aplicación del juego con el público objetivo, se realizó una encuesta para verificar el logro de los objetivos del juego, evaluando su simplicidad, el grado de realismo, el nivel de diversión, y las estrategias seguidas por los participantes para encontrar mejoras futuras.

## Conclusiones

El desarrollo del juego, como herramienta metodológica para el aprendizaje de la temática compleja como distribución en planta, permite al participante

apropiarse del conocimiento mediante la simulación del problema cercano, reflejando una situación real.

Aunque el juego planteado presentó complejidad, que no permitió a los jugadores obtener el aprendizaje esperado sobre la temática, se evidenció que la herramienta es útil para apropiarse de conceptos básicos fundamentados en ingeniería, reflejándose en los cálculos planteados y el entendimiento de las instrucciones.

La técnica seleccionada permite que la etapa de ejecución del juego tenga múltiples combinaciones para encontrar una solución al problema, y aunque los valores numéricos de los participantes sean similares, la etapa de construcción depende de la habilidad y del sentido común para ubicar espacialmente los componentes de la planta como base, equipos y edificaciones; permitiendo analizar, a nivel de cálculos matemáticos que expresan la parte técnica de la temática, y calificar el criterio de cumplimiento de reglas del juego, que delimitan el sentido común para evidenciar en la construcción hecha con las fichas del Armatodo. De este modo, se evidencia que, aunque la temática implica una serie de conocimientos técnicos y metodologías sistemáticas provenientes de la ingeniería, también existe un componente basado en el sentido común de los participantes.

Con el presente juego es evidente que la metodología es aplicable a juegos que buscan otras técnicas. En este caso, las técnicas no eran las mismas que establecía la investigadora, sin embargo, se realizaron adaptaciones que permitieron evaluar otro tipo de técnicas al contexto de diseño de juegos. La metodología para el diseño de juegos planteada es flexible para introducir nuevas técnicas.

En el juego se reflejó que la mayoría de los participantes estaban de acuerdo en que se acercaba a la realidad, con lo cual el objetivo de simular un problema real se cumplió; sin embargo, fue percibido como complicado; de tal manera, el planteamiento actual del juego no se constituye como una herramienta simple para acercar los conceptos de la temática a los participantes.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, es posible mejorar el juego disminuyendo la complejidad para comprenderlo, y permitir que el conocimiento de la temática sea adaptable a la técnica empleada, y la mejor forma de combinar el conocimiento de la técnica con la percepción artística es un juego que permita soluciones infinitas, pero numéricamente evaluables.

Al consultar sobre el grado de aprendizaje de los participantes de la temática, la mayoría de los jugadores consideran que aprendieron sobre lo tratado, pero también manifestaron que la técnica elegida no es muy apropiada para la enseñanza, ya que los participantes sintieron que fue tedioso, faltó una explicación detallada de las instrucciones, y el tiempo de ejecución del juego fue corto. Todos estos factores indican que la técnica elegida de armar fichas y representar la idea planteada no fue fácil para los jugadores. En este aspecto, el diseño del juego se enfrenta a que los participantes entiendan las reglas de juego; también, el resultado dependerá de la destreza del participante con la técnica empleada.

Por último, la mayoría de los participantes reconoció la estrategia para ganar el juego, que consistía en maximizar las ganancias como resultado de producir mayores volúmenes, sin que los costos de instalaciones y edificaciones fueran altos. La mayoría de los participantes percibieron que en los cálculos del juego había puntos óptimos en donde se obtenían mejores valores de precio respecto de la variable estudiada como, por ejemplo, la relación del número de piezas a producir respecto del volumen del equipo o costo del terreno, respecto del área del mismo.

La técnica elegida provocó que, aunque se tuvieran los cálculos de diseño, se podían realizar las distribuciones de infinitas formas, siempre y cuando se cumpliera con las restricciones y reglas de juego establecidas. En este sentido, al momento de enfrentarse a una situación real de un proyecto de distribución de planta se manifiesta la importancia de realizar una planeación previa en donde se desarrollen los cálculos técnicos correctos (conocidos en el argot de los diseñadores como etapas de pre-factibilidad técnica y económica), y luego se acuda a la elaboración de modelos a escala, en donde se observen las ubicaciones y dimensiones, para que al momento de la construcción no se caiga en un problema de sobredimensionamiento.

## Referencias

Collazos, C. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12157/1/8912504.2013.pdf>

Colombia Digital, Armatodo o Estralandia: ¿Los recuerda? Recuperado de <http://www.colombiadigital.net/opinion/blogs/blog-colombia-digital/item/5588-armatodo-o-estrandia-los-recuerda.html>

- Díaz, L. (2011). *Colección de juegos infantiles: Batalla Naval*. Museo del Juego. Recuperado de [http://museodeljuego.org/wp-content/uploads/contenidos\\_0000001274\\_docu1.pdf](http://museodeljuego.org/wp-content/uploads/contenidos_0000001274_docu1.pdf)
- Diccionario en Línea ABC. *Rompecabezas: Historia y definiciones*. Recuperado de <http://www.definicionabc.com/general/rompecabezas.php>
- Douglas, J. (1988). *Conceptual Design of Chemical Processes*, Singapore: McGraw-Hill.
- Fumero, Y., Moreno, M., Corsano, G. y Montagna J. (2015). *A multiproduct batch plant design model incorporating production planning and scheduling decisions under a multiperiod scenario*. Applied Mathematical Modelling.
- García, F. (2004). *Distribución de planta*. Recuperado de <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/ProduccionI/DISTRIBUCIONde-PLANT1.pdf>
- García, J. (2012). *Diseño de sistemas productivos y logísticos*. Distribución en planta. Recuperado de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>
- Godoy, E., Benz, S. & Scenna. (2015). N. An optimization model for evaluating the economic impact of availability and maintenance during the synthesis and design of a power plant. *Computers and Chemical Engineering*, 75, pp. 135-154.
- Gómez, M. (2010). *Definición de un método para el diseño de juegos orientados al desarrollo de habilidades gerenciales como estrategia de entrenamiento empresarial* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Leyva, M., Mauricio, D. y Salas, J. (2013). *Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución*. Recuperado de 1810-9963. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/816/81632390015.pdf>
- Marín, Y., Ramos, A., Montes, J., Hernández, H., López, J. (2011). Juego didáctico, una herramienta educativa para el autoaprendizaje en la ingeniería industrial. *Revista Educación en Ingeniería*, 6(12), 61-68.
- Muther, R. (1961). *Systematic Lay-out Planning*. Industrial Education Institute, Boston, United States.
- Perry, R. (1988). *Manual del ingeniero químico*. Ciudad de México, McGraw-Hill.

- Steimel, J. & Engell, S. (2015). Conceptual design and optimization of chemical processes under uncertainty by two-stage programming. *Computers and Chemical Engineering*, 81, 200-217.
- Seifert, T., Sievers, S., Bramsiepe, C. & Schembecker, G. (2012). *Small scale, modular and continuous: A new approach in plant design*. *Chemical Engineering and Processing*, 52, 140-150.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., Frazelle E., Tanchoco, J. & Trevino, J. (1996). *Facilities planning*. Nueva York, United States: John Wiley.
- Universidad de Castilla La Mancha. *Distribución en planta* Recuperado de [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf)
- Vaughn, R. (1988). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona, España: Reverté.
- Vergel, J. (2009). Propuesta y análisis del diseño y distribución de planta de Alfering Limitada Sede II. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40374606/DISTRIPLANTA-FINAL-ALFERING.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1506100060&Signature=v9136yQ%2BjBaO0oIIm6OKbdWN-Gxc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D-DISTRIPLANTA\\_FINAL\\_ALFERING.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40374606/DISTRIPLANTA-FINAL-ALFERING.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1506100060&Signature=v9136yQ%2BjBaO0oIIm6OKbdWN-Gxc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D-DISTRIPLANTA_FINAL_ALFERING.pdf)
- Wang, X., Li, D., O'Brien, C. & Li, Y. (2010). A production planning model to reduce risk and improve operations management. *Int. J. Production Economics*, 124, 463-474.

### Para citar este artículo:

Ramos, F., Rojas, M. y Epinosa, A. (2017). Herramienta metodológica para el aprendizaje de la distribución en planta. *En-Contexto*, 5(7), 93-109.

