

La Cafein–finita. Gestión de recursos naturales finitos con gamificación

The Caffein–finite. Management of finite natural resources with gamification

Jorge Eduardo Calpa O.¹
Alexander Aragón Ch.²

¹ Grupo de Estudio en Lúdica Aplicada – GELA, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente. Email: jcalpa@uao.edu.co

² Grupo de Estudio en Lúdica Aplicada – GELA, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente. Email: aaragon@uao.edu.co

 OPEN ACCESS



Copyright:

©2024. La revista *Ingenierías USBmed* proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia [creative commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) Atribución no comercial SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Tipo de artículo: Investigación.

Recibido: 19-07-2023.

Revisado: 08-09-2023.

Aprobado: 12-12-2023.

Doi: 10.21500/20275846.6521

Referenciar así:

J. E. Calpa O. y A. Aragón Ch., “La Cafein-finita. Gestión de recursos naturales finitos con gamificación,” *Ingenierías USBMed*, vol. 15, n.º 1, pp. 1–12, 2024.

Disponibilidad de datos:

todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

Conflicto de intereses:

los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

Editor: Andrés Felipe Hernández.
Universidad de San Buenaventura,
Medellín, Colombia.

Resumen. El presente trabajo propone una aplicación en línea para simular un entorno de competencia empresarial con explotación de recursos naturales con diversas variables que puedan ser consideradas en el modelado del comportamiento de sistemas, con el fin de facilitar a los participantes el entendimiento de un sistema como un conjunto de las partes y relaciones que conforman un todo. Como metodología se consideró el concepto de gamificación, por lo que se incorporan elementos propios de dicha estrategia didáctica; posteriormente se desarrolló el recurso digital empleando las herramientas de la plataforma Google Workspace para construir un entorno netamente virtual y, finalmente, se incorporó un instrumento psicológico para recabar información y validar el desempeño del recurso. En la primera implementación se recopilaron datos de un grupo de estudiantes visitantes en la Universidad de Antioquia, a partir de los cuales se revisaron y ajustaron los modelos matemáticos que condicionan el comportamiento del sistema simulado; en la implementación del instrumento psicológico se constató que para la mayoría, la actividad fue efectiva en cuanto al fomento del conocimiento teórico, habilidades tecnológicas, comunicación y trabajo colaborativo, así como en el fomento de las habilidades asociadas a los resultados del estudiante propuestos en la acreditación internacional ABET.

Palabras Clave. Dinámica de sistemas, gamificación, pensamiento sistémico, simulación, tragedia de los comunes, sostenibilidad.

Abstract. This work proposes developing an online application to simulate a company environment having natural-resource exploitation, involving different variables which can be considered for modelling system's behavior, this in order to make easier to participating people the understanding of the system as a whole constituted by a set of parts and relationships. Gaming concept was considered as methodological approach; therefore, elements proper of this didactic strategy are included. This digital resource was developed by using the tools provided by Google Workspace platform in order to build a virtual environment and, finally, a psychological instrument was added in order to collect information and validating the performance of the application. In the first implementation, data was collected from a group of students coming from the University of Antioquia, and based on that, the mathematical models that restrict the simulated system were reviewed and fitted. For implementing the psychological instrument, it was found that, for most of the people, this activity was effective regarding the promotion of theoretical knowledge, technical skills, communication and collaborative work, also for promoting skills related to student's results proposed by ABET.

Keywords. System Dynamics, Gamification, Systemic Thinking, Simulation, Tragedy of the Commons, Sustainability.

Nomenclatura

Los nombres de las variables empleadas en la formulación del caso son:

1. Beta (β)
2. Demanda de Cafeína (D)
3. Eficiencia Afectada (Ea)
4. Eficiencia Final (Ef)
5. Eficiencia Natural (En)
6. Exponente (e)
7. Hectárea (Ha)
8. Recolectores (R)
9. Total Equipos (Te)

I. Introducción

Debido a la necesidad de diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje que faciliten la comprensión de temáticas asociadas al pensamiento sistémico, la dinámica de sistemas y la simulación de procesos (entendidos también como sistemas), además de la incorporación de un nuevo programa en modalidad virtual para Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Occidente, se ha considerado adaptar prácticas de laboratorio que no requieran de presencialidad en espacios físicos —como es el caso de las actividades de asignaturas que exigen una nueva propuesta que pueda ejecutarse en Internet (aunque existen algunas alternativas en línea como Fish Banks)—. Para el Grupo de Estudio en Lúdica Aplicada – GELA, como líder en la línea de investigación en “Actividades de aprendizaje activo con enfoque lúdico” del Grupo de Investigación en Competitividad y Productividad Empresarial – GICPE (Universidad Autónoma de Occidente) es clave el desarrollo de actividades ajustadas a las diferentes necesidades del programa.

En esta oportunidad el nuevo desarrollo emplea recursos técnicos como Google Sites (entorno front-end web), App Script (módulos de programación back-end y front-end) y Google Sheets como bases de datos, considerando el concepto de gamificación, apropiado para esta actividad, por cuanto los retos e incentivos de cara a la gestión para la productividad empresarial pondrán a prueba las consideraciones ambientales y el bien común, lo que ilustrará el nuevo concepto de Industria 5.0 que “ofrece una visión de la industria que va más allá de la eficiencia y la productividad como únicos objetivos, y refuerza el papel y la contribución de la industria a la sociedad” [1]; esta debe respetar los límites planetarios, ser sostenible, por lo que requiere desarrollar procesos circulares que reutilicen y reciclen los recursos naturales, se reduzcan los desechos y el impacto ambiental; dicha sostenibilidad significa reducir el consumo de energía y las emisiones de efecto invernadero para evitar así su agotamiento y degradación, de tal manera que se puedan garantizar las necesidades de las generaciones ac-

tuales sin poner en peligro las necesidades de las generaciones futuras [2].

Cabe resaltar que el desarrollo de esta nueva propuesta no pretende descartar el uso de las ya existentes en los laboratorios de Ingeniería Industrial, sino agregar una nueva actividad al inventario disponible para cursos de pregrado y posgrado; de hecho, se podrá hacer uso de los tableros y fichas de acrílico que se emplean con la actividad de “tala de árboles” para cuando se ejecute de manera presencial.

II. Marco teórico

A. Gamificación

Aunque existen diversas definiciones sobre lo que es y lo que no es la Gamificación, se ha sugerido el de “el uso de los elementos para el diseño de juegos, en un contexto no relacionado a los juegos”; también se ha considerado de una manera más generalizada como “Un conjunto de actividades y procesos para resolver problemas” [3], cayendo en el error de creer que el término gamificación implica el convertir una empresa o sitio web en un juego. De acuerdo con [4], el concepto se acerca más a “la presencia o adición de características similares a las de un juego en cualquier cosa que tradicionalmente no se haya considerado un juego”, implementado por los educadores para ayudar a los estudiantes a aprender más rápido y centrándose mejor en su aprendizaje, en el caso de las empresas para aumentar la productividad y la moral entre los empleados, y en mercadeo y ventas para mejorar la lealtad y compromiso de los clientes.

Para adoptar y adaptar la gamificación en la educación, existen diversos marcos de referencia que sugieren los elementos base necesarios, en la Figura 1 se observa un marco integrador para la gamificación que relaciona los elementos de “historia” que provee el contexto y los objetivos educacionales que se pretenden abordar, divididos en varios aspectos que deben ser divertidos; las “dinámicas” son aquellas actividades que deben motivar y atraer a los participantes en el aprendizaje, derivadas desde la historia; los “mecanismos” son la implementación de las dinámicas a nivel de los datos y algoritmos que otorgan a los participantes de retroalimentación, recompensas, puntos, insignias, etc.; finalmente la “tecnología” hace tangible y visible los mecanismos mediante la interactividad con los participantes, a través del hardware, software, redes y otros objetos [3].

B. Dinámica de sistemas

Es importante reconocer que un sistema no es solo la suma de sus partes o simplemente un conjunto de cosas, es un conjunto de elementos interconectados y coherentemente organizados de manera que logran un propósito [5]; en este contexto, se pretende responder: ¿se pueden identificar sus partes?, ¿esas partes se afectan entre sí? ¿esas partes juntas producen un efecto distinto a lo que hacen individualmente? ¿su efecto o



Figura 1. Marco Integrador para la Gamificación [3]

comportamiento en el tiempo persiste en una variedad de circunstancias?

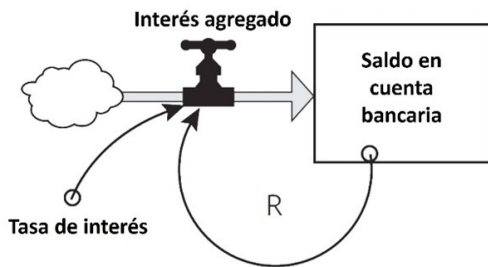


Figura 2. Intereses devengados en una cuenta bancaria [5]

El diagrama de depósito y flujo (*stock and flow*) de la Figura 2, esquematiza el comportamiento de los saldos bancarios que generan un interés, haciendo que la cuenta se incremente [5]; de hecho, en la actividad discutida en el presente artículo se consideran un interés a los saldos en cuenta al finalizar cada período.

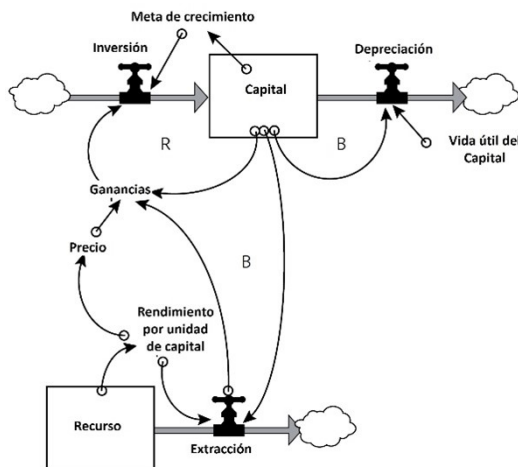


Figura 3. Capital económico, con su círculo de crecimiento reforzador limitado por un recurso no renovable [5]

El estudiante debe estar en capacidad de representar sistemas mediante notaciones gráficas, así como el modelado matemático de las funciones que estos re-

presentan. En la Figura 3 se representa ahora un caso similar al del presente artículo.

Para el comportamiento de las variables mostradas en la Figura 4, se observa como la extracción (A) crea ganancias que permiten el crecimiento del capital (B) mientras agota el recurso no renovable (C). Cuanto mayor es la acumulación de capital, más rápido se agota el recurso [5].

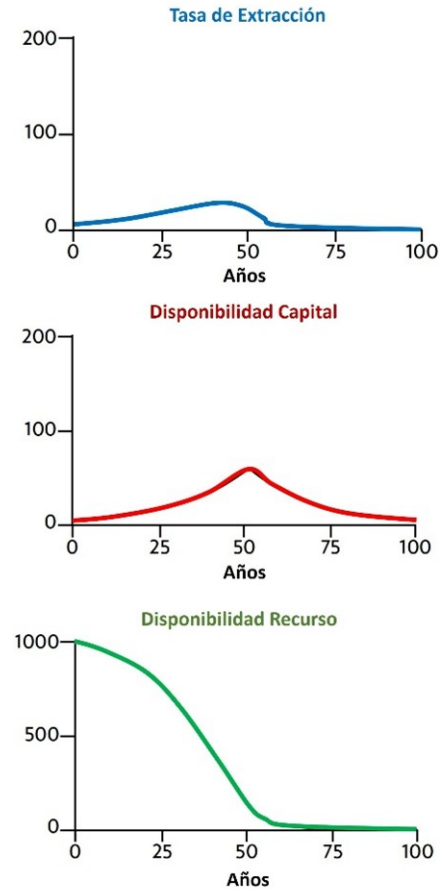


Figura 4. Comportamiento de variables en el tiempo [5]

III. Antecedentes

En el ámbito académico es ampliamente conocida la lúdica Banco de peces (Fish Banks) desarrollada en el MIT Sloan School of Management [6], en la que los estudiantes se enfrentan a situaciones de competencia empresarial como son la generación de empleo, la satisfacción de la demanda, la competencia con otras empresas, así como de otros factores que condicionan el éxito de la operación con restricciones técnicas, humanas y ambientales, exigiendo de esta manera una visión holística del entorno, del sistema. Aunque la actividad original aún se imparte en la institución, con el tiempo se desarrolló una nueva propuesta para estudiantes de primer semestre en el curso de Fundamentos de ingeniería industrial, pero en un nuevo contexto: la tala de

árboles para fabricación de muebles, denominada *Timber Company The Wood*, con el fin de no repetirla con ellos más adelante y desarrollada en un ambiente de intranet, mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel con programación en VBA (*Visual Basic for Applications*) y tecnología para captura de códigos de barras [7].

En el campo de los juegos en la educación se han acuñado ya varios conceptos como gamificación, aprendizaje basado en juegos (ABJ) (*Game Based Learning* – GBL), juegos educativos y juegos serios comparados en [8], cuyos objetivos son el de motivar (gamificación), enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje (GBL) y enseñar temas específicos (juegos educativos). Todos ellos se apoyan en personajes (o avatares). Entre las técnicas empujadas la gamificación se apoya en el uso de niveles, puntajes, monedas virtuales; GBL en motivación, práctica, historia emocional, metas y desafíos; y los juegos educativos en un problema de aprendizaje, adaptación, interacción, disfrute y placer; con respecto a los costos de implementación, la primera ofrece el costo más bajo y mayor facilidad.

Se puede implementar la gamificación en las prácticas educativas para motivar e involucrar a los estudiantes en las actividades de aprendizaje que exigen el trabajo interdisciplinario asociado a temas relacionados con el desarrollo sostenible, más específicamente, con elementos del juego como los sistemas de puntos, los niveles, las tablas de clasificación, los desafíos, la narración, los múltiples caminos y el sentido de progreso, que se pueden aprovechar en las sesiones de enseñanza para elevar el nivel de participación de los estudiantes. Por ejemplo, en el aprendizaje a través de casos se emplean elementos de juego como los desafíos, la narrativa, el juego de roles, la pruebas y error, la retroalimentación y el placer; aquí los casos consisten en una historia que se utiliza como vehículo para el aprendizaje y que permiten a los estudiantes explorar los desafíos desde múltiples perspectivas mediante el juego de roles [9].

Para el diseño de recursos educativos es importante medir no solo el desempeño de los estudiantes, sino también la efectividad de los recursos que se diseñan para ellos, en especial aquellos nuevos recursos para actividades en línea. En este sentido se destaca la medición del aprendizaje percibido por los estudiantes, particularmente cuando hay mediación tecnológica, algunos estudios han mostrado resultados entre lo que perciben los estudiantes tanto en entornos presenciales como virtuales [10].

En el estudio realizado en [10] se construyó una escala para evaluar el aprendizaje adquirido, puntualmente la percepción del nivel de conocimientos y habilidades, divididos en cuatro factores: 1) aprendizaje sobre la materia; 2) desarrollo de habilidades tecnológicas; 3) desarrollo de habilidades de comunicación y trabajo colaborativo; y 4) proceso de aprendizaje. Los

resultados mostraron que los estudiantes en modalidad presencial percibieron un mejor aprendizaje, explicado principalmente por la interacción y presencia, contrario a otros estudios en donde se han reportado mejores resultados en la modalidad en línea.

En el año 1998 la Universidad de Indiana diseñó un instrumento para medir el compromiso estudiantil denominado *National Survey of Student Engagement* (NSSE) con el fin de reunir información sobre la calidad de los estudios [11] y recopilarla en cinco categorías o clases: 1) participación en actividades educativas con propósito; 2) requisitos institucionales y naturaleza desafiante de los cursos; 3) percepciones del entorno universitario; 4) estimaciones de crecimiento educativo y personal; y 5) antecedentes e información demográfica [12]. Aunque las instituciones también pueden agregar módulos temáticos a la encuesta principal en temas como a) asesoramiento académico; b) preparación para la carrera y la fuerza laboral; c) compromiso civil; d) desarrollo de habilidades transferibles; e) experiencias con el aprendizaje en línea; f) experiencias con la escritura; g) experiencias de primer año y transiciones para personas mayores; h) calidad en prácticas de alto impacto; i) inclusión y compromiso con la diversidad cultural; y j) salud mental y bienestar.

IV. Desarrollo de la actividad

Con el propósito de facilitar la comprensión de conceptos asociados al pensamiento sistémico como sistemas, visión holística, variables y su interrelación, el problema de los comunes, entre otros, se ha incorporado un nuevo contexto al inventario de actividades lúdicas del programa de Ingeniería Industrial de la UAO: se ha construido un caso que representa la producción de grano de café para la extracción de cafeína como uno de los ingredientes de la bebida GELA-Cola (Figura 5) en la que a partir de un cultivo de 20 Ha de café (200000 m²) las empresas competidoras deberán colocar sus recursos técnicos y humanos durante la cosecha con el ánimo de satisfacer la demanda.



Figura 5. Producto GELA-Cola, lata de 350 mL [13]

Se ha ideado el producto GELA-Cola con el fin de desarrollar actividades lúdicas en entornos virtuales que permitan abarcar distintas temáticas de Ingeniería Industrial dentro de la cadena de producción de bebi-

das cola, iniciando con la presentada en este artículo para continuar luego con otra similar al Juego de la Cerveza (*The Beer Game*), empleada en aplicaciones como logística y cadenas de suministro.

A. Variables y características del caso

Para comenzar con la definición de los detalles para la producción de café se ha considerado, a partir de valores aproximados de la *Food and Drug Administration* (FDA) [14], que nuestra lata de bebida de 350 mL contiene 34 mg de café y la demanda anual de latas de bebida (D) se aproxima a la ecuación 1 (curva roja en la Figura 6), ecuaciones estimadas a partir de diversas configuraciones de datos para la construcción del caso. En el ejercicio posterior a la actividad, los estudiantes deberán modelar la función en hoja de cálculo a partir de los datos recopilados en ella para conocer su comportamiento en el tiempo, el cual es decreciente debido a los cambios de hábito del consumidor con respecto a las bebidas azucaradas, lo que representa ya una primera restricción. Cabe anotar que el precio de venta de 1 mg de café es de \$0.001.

$$D = 6762.78x^2 - 1026060x + 50020000, \quad (1)$$

donde x es el año respectivo.

El terreno en donde los equipos cosecharán café tiene una extensión de 20 *Ha* (200000 m²), dividido en dos zonas de cultivo separadas por un río. Se ha definido que en la zona baja es posible cosechar unas 1500 plantas de café, mientras que en la zona densa serían 2500 plantas, datos aproximados de la densidad de siembra y productividad de los cafetales [15]. De otro lado, se asume que por cada planta puede obtenerse 0.5 kg de grano de café durante 50 o 60 años [16] y aunque de la especie de café robusta puede llegar a obtenerse entre el 2.0% y el 4.5% de café [17], se asumen por efectos del fertilizante un 5% (50 g café por cada kg de grano).

La actividad se desarrolla (juega) por períodos de un año, y su horizonte temporal está entre el rango de 7 a 15 años, dependiendo del número de equipos y recolectores puestos en producción. Se consideran otros factores influyentes como:

- La cosecha y producción promedio por cada recolector (R) disponible (talento humano) es de 10000000 mg de café con una desviación estándar de 500000 mg si se trabaja en la zona baja, mientras que se duplica a 20000000 mg con desviación estándar de 500000 mg si se trabaja en la zona densa.
- Los equipos pueden contratar o despedir recolectores a un costo de \$150 o \$250 por cada uno de ellos, respectivamente, por concepto de capacitaciones, exámenes de ingreso/retiro, etc.
- Se pagará una nómina de \$2000 anual por recolector, más una compensación de \$1000 por arroba recolectada (12.5 kg) si trabaja en la zona baja o de \$2500 si la

recolecta en la zona densa. Cada empresa decide en donde colocar a sus recolectores en cada período.

- Existe una probabilidad del 5% de que se presenten ausencias o incapacidades para el 10% de la nómina de recolectores disponible.
- Existe una probabilidad del 25% de que se presenten fallos técnicos, lo que se traduce en una recolección del 90%; sin embargo, de pagar un mantenimiento preventivo por valor de \$1.250, la probabilidad de fallo se reduce al 5%.
- El clima puede o no impactar el desempeño de la recolección así:
 - Probabilidad del 10% de días soleados, recolectando solo el 70% del promedio normal.
 - Probabilidad del 50% de días parcialmente nublados, que no afectan la recolección normal.
 - Probabilidad del 15% de días nublados, que no afectan la recolección normal.
 - Probabilidad del 20% de días con lloviznas, recolectando el 90% del promedio normal.
 - Probabilidad del 5% de días con tormentas, recolectando solo el 60% del promedio normal.
- Pueden solicitarse créditos bancarios de hasta \$15000 a 12 meses a una tasa del 25% anual. Los saldos en cuenta de ahorros generan un interés del 5% anual.
- Cada período genera unos costos fijos de \$140000 por concepto de arrendamientos, servicios, seguros, etc.
- Saldos de café en inventario (cosecha superior a la demanda) generan costos de manutención por valor de \$1500 por cada 100000 latas de 350 mL de café; esta perderá sus propiedades por lo que deberá desecharse.
- Oportunidad de acceder al terreno antes que otros recolectores según prontitud en la toma de decisiones.

Hasta aquí se tienen los datos que pueden conocer los equipos participantes para comenzar las rondas de competencia, sin embargo, el aspecto ambiental que impactará el desempeño de los equipos (empresas) se modela mediante los siguientes lineamientos:

A partir de la capacidad natural de los cultivos [16] se considera que el porcentaje de Eficiencia Natural (En) del terreno, sin afectaciones debidas al uso de fertilizantes y pesticidas año a año, se comporta de acuerdo con la ecuación 2 (curva amarilla en la Figura 6):

$$En = 102.19e^{-0.0232169x}, \quad (2)$$

donde x corresponde al año actual.

Es de anotar que si hay uso de fertilizantes y pesticidas, se considera un nuevo porcentaje de eficiencia del terreno año tras año, según la ecuación 3:

$$Ea = 100.45e^{-0.0287759x}, \quad (3)$$

donde x corresponde al año actual.

Otras situaciones impactarán esa eficiencia del terreno, como son la cantidad de empresas participando

(Te), así como el número de recolectores accediendo al terreno con sus equipos (R), lo que define una Eficiencia Final (Ef) de acuerdo con la ecuación 4 (curva verde en la Figura 6):

$$Ef = 1.4(Ea) - \frac{x}{\beta(0.1)} - R + 100, \quad (4)$$

donde $\beta = -21.67(Te) + 221.67$, R : Total Recolectores en terreno, Te : Total Equipos participantes (empresas) y x : Año actual.

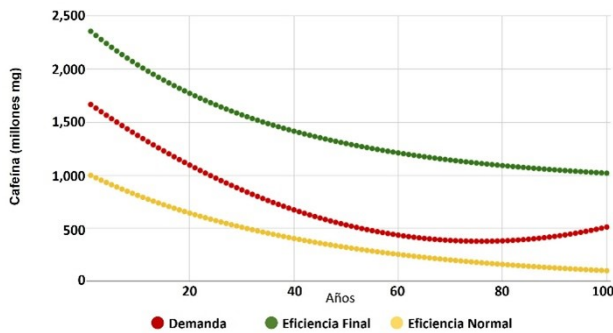


Figura 6. Demanda y eficiencia del terreno en condiciones normales y optimizado [13]

La Figura 6 ilustra un comparativo entre la demanda (D) y las producciones natural y final del terreno, si este es explotado por una sola empresa con un solo recolector. Al modelar la función Ef considerando por ejemplo la presencia de 5 empresas (Te), cada una con 15 recolectores, para un total de 75 recolectores (R) accediendo al terreno, este se verá afectado, como se muestra en la Figura 7 si desde el inicio de la actividad las empresas contratan la cantidad de recolectores indicada.

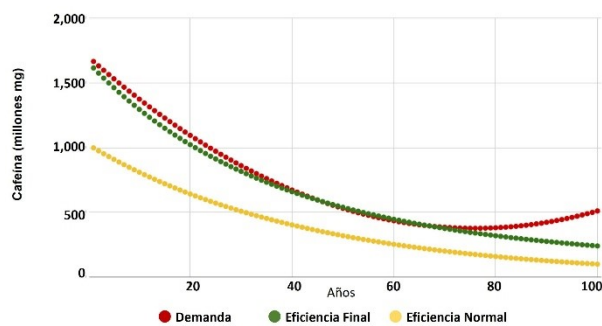


Figura 7. Demanda y eficiencia del terreno en condiciones normales y afectado [13]

B. Los elementos de Gamificación

Para el diseño de la actividad gamificada se empleó una adaptación del modelo Canvas en Educación [18], con los siguientes elementos [19]:

a. La narrativa: explicación del caso desde el punto de vista empresarial.

b. Escenarios: explicación del producto y proceso, zonas de cosecha, etc.

c. Objetivos: gestionar recursos técnicos y humanos sin afectar el entorno, analizando los datos de demanda, número de equipos competidores participando, cantidad de recolección lograda, afectaciones climáticas, técnicas y humanas presentadas.

d. Niveles: los participantes alcanzarán los niveles de conservador (futurista ambientalmente), moderado (arriesgado ambientalmente) y productivo (agresivo ambientalmente).

e. Perfiles participantes: estudiantes y empresarios.

f. Material audiovisual: video tráiler promocional, sonidos de acciones específicas en la actividad.

g. Avatar: seleccionables al inicio (Figura 8), personajes descargados de diversos sitios web y configurados en Mixamo [20].



Figura 8. Ingreso de usuario y selección de avatar [13]

h. Equipo: pueden participar individualmente o en equipos, en donde el rol del líder de equipo se registra y accede al sistema.

i. Misiones y retos: paralelamente las misiones son desde el lado empresarial, satisfacer la demanda y maximizar ganancias, mientras que, de otro lado, explotar moderadamente el recurso natural para garantizar la sostenibilidad.

j. Reglas del juego: algunas listadas en el apartado "variables y características del caso"; otras reglas están relacionadas con los momentos de toma de decisiones y la seriedad que debe asumirse al participar en la actividad.

k. Recompensas: reconocimiento a los equipos con mayores ventas, mejor empleador, mayor saldo en cuenta de cara a la gestión empresarial, pero al final, el reconocimiento será a quien afectó en menor medida el medio ambiente.

l. Evaluaciones: la aplicación proveerá algunas preguntas relacionadas con los resultados de aprendizaje esperados en distintos contextos, empleando para ello un instrumento psicológico denominado "Aprendizaje percibi-

- do a partir de recursos digitales”, adaptado desde [10].
- m.** Herramientas TIC: desarrollo propio en Google Sites, Google Apps Script y tablas en Google Sheets.
- n.** Resultados de aprendizaje: los indicadores de desempeño que para este caso se ajusta a algunos de los resultados del estudiante considerados en la acreditación internacional ABET (listados en la Tabla 1).
- o.** Temáticas del curso: inventarios, demanda, dinámica de sistemas, pensamiento sistémico, liderazgo, trabajo en equipo, competencia, sostenibilidad, gestión de recursos naturales, simulación.
- p.** Material para el estudiante: guía de la actividad, material provisto por el docente respectivo, tráiler en video.

C. Puesta en producción

Durante la actividad realizada en el 10º Encuentro Nacional de la Red Iddeal [21], para los seis equipos participantes se encontró el comportamiento mostrado en la Figura 9, en donde estos llegaron a contratar en promedio 34 recolectores en los años 9 y 10 (205 recolectores en total) impactando en el rendimiento del terreno. Al tener información sobre esto, los equipos comenzaron a reducir su nómina y ubicarlos en la zona densa para mayor producción.

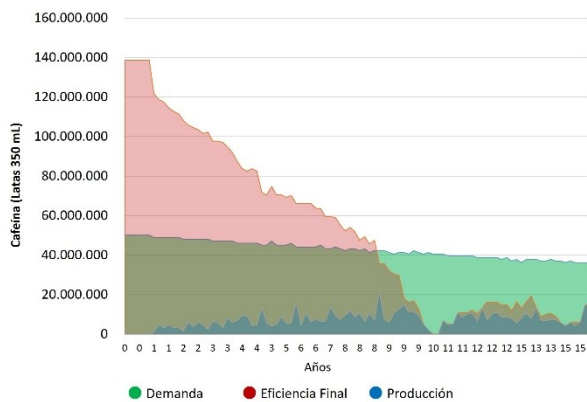


Figura 9. Demanda, eficiencia del terreno afectado y producción cosechada [13]



Figura 10. Resumen resultados de equipo participante [13]

Este comportamiento ilustra el concepto de “la tragedia de los comunes” en donde “los recursos de uso colectivo inevitablemente derivan en una sobreexplotación y, a largo plazo, son destruidos o agotados” [22], sin embargo, al analizar los datos recopilados se procedió a incorporar otras variables (ya listadas en la introducción) que antes no se tenían y hacían que los participantes siempre obtuvieran ganancias y acumularan riqueza como se observa en la Figura 10 (curva saldo en cuenta).

Del lado del administrador o moderador de la actividad, la Figura 11 muestra los resultados obtenidos a 15 períodos de juego. Al analizar los datos se configuró la aplicación para llevar un mejor orden en los momentos de toma de decisiones que cambian de un período a otro para evitar retrasos o adelantos por parte de los participantes.

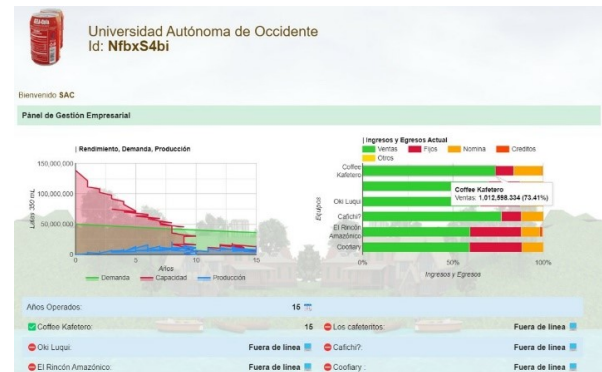


Figura 11. Resumen de los resultados desde el administrador [13]

Entre las características agregadas al sistema, se muestra a los participantes el estado actual del terreno (Figura 12), el ranking de los equipos en cuanto a las ventas acumuladas, saldos actuales en cuenta, generadores de empleo y créditos acumulados (Figura 13) que son presentados como retos a la mejor gestión administrativa y productividad empresarial.



Figura 12. Vista de la degradación del terreno desde el administrador [13]

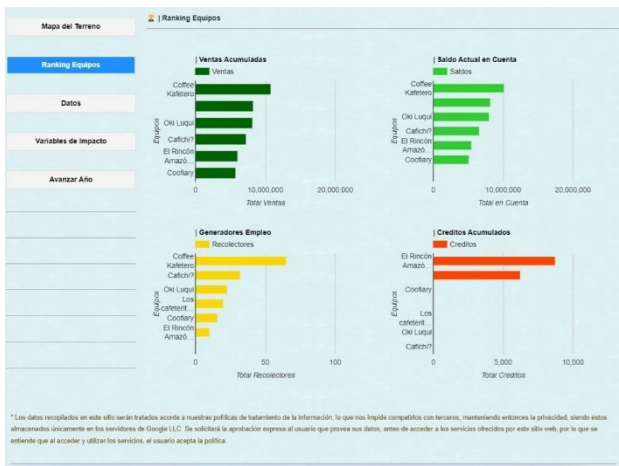


Figura 13. Ranking de equipos desde el administrador [13]

D. Enfoque basado en resultados de los estudiantes

Para el programa de Ingeniería Industrial de la UAO, configurar actividades que permitan medir diversos resultados del estudiante (*student outcomes*), no solo facilita los procesos de evaluación, también lo es dar cumplimiento a requisitos para las acreditaciones nacionales e internacionales (como ABET); para el caso concreto de Café-Finita, es posible considerar los indicadores de desempeño establecidos por el programa [23] listados en la Tabla 1.

Tabla 1. . Indicadores de desempeño medibles en Café-Finita

Ind.	Descripción
1.1.1	Consistencia en el establecimiento de la relación causa-efecto del problema objeto de estudio: ¿Puede el estudiante construir un acertado diagrama causal que relacione los elementos clave del sistema y sus relaciones?
1.1.2	Claridad en la identificación de los factores o variables relevantes en el problema en estudio, los hechos, suposiciones y opiniones: ¿Ha identificado todas las variables y factores que intervienen en el sistema? ¿Puede identificar otras explícitas o implícitas no incluidas en la actividad?
1.2.1	Aplicación de los principios básicos de ingeniería para resolver problemas complejos de ingeniería: ¿Puede modelar en hoja de cálculo u otra aplicación de software las funciones matemáticas que se consideran en el sistema?
1.2.2	Rigurosidad en el uso de los principios de ciencia y matemática para resolver problemas complejos de ingeniería: ¿A partir de los datos recopilados en la actividad puede obtener la función matemática que muestre su comportamiento?

Ind.	Descripción
3.4.1	Dominio de la herramienta y/o técnica de expresión gráfica o virtual: ¿Construye ejemplarmente los diagramas causales y de flujos (<i>Forrester</i>)? ¿Qué hay acerca de la construcción de diagramas de dispersión y de líneas en la hoja de cálculo?
4.1.3	Explicación de las responsabilidades éticas o profesionales en situaciones de ingeniería: ¿Puede responder los siguientes dilemas éticos? <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo favorecer el interés común sobre el interés particular? • ¿Qué criterios de decisión debo tener en cuenta para que no se materialicen los riesgos? • En situaciones de responsabilidad ambiental, ¿Qué posición se debe asumir?
4.2.1	Análisis de las influencias económicas de las soluciones de ingeniería: ¿Identifica como influyen sus decisiones en lo económico local y global? ¿Lo considera en 1.1.2.?
4.2.2	Análisis de las influencias ambientales de las soluciones de ingeniería: ¿Identifica como influyen sus decisiones en lo ambiental local y global? ¿Lo considera en 1.1.2.?
4.2.3	Análisis del impacto social de las soluciones de ingeniería: ¿Identifica como influyen sus decisiones en lo social tanto local como global? ¿Lo considera en 1.1.2.?
5.1.1	Participación activa de los integrantes del equipo de trabajo: ¿Puede constatarse actividad y dinamismo en todos los integrantes del equipo?
6.2.1	Análisis de los datos obtenidos en el experimento: ¿Plantea adecuadamente la revisión y análisis de los datos obtenidos en la actividad?
6.2.2	Construcción de un modelo (lógico, descriptivo o gráfico) a partir de los datos obtenidos en el experimento: ¿Puede construir líneas de tendencia, ecuación, coeficiente de relación? ¿Son correctos los diagramas causales y de flujo construidos?
6.2.3	Argumentación de los resultados obtenidos en el proceso de experimentación: ¿Argumenta los resultados obtenidos en el contexto de la temática tratada y para otros contextos posibles?
6.2.4	Coherencia en las conclusiones según los resultados obtenidos en la experimentación: ¿Demuestra entendimiento sobre las consecuencias de sus decisiones, así como de la necesidad de una visión holística de los sistemas empresariales y su impacto no solo en lo económico, sino también en lo ambiental y social?

E. Evaluación de los resultados

Uno de los elementos de la gamificación se refiere a la evaluación de la actividad, para este caso se ha construido un instrumento psicológico a partir del trabajo de [10]

con algunas adaptaciones y la inclusión de una nueva categoría de preguntas enfocadas a revisar la percepción de los estudiantes en cuanto al aporte que la actividad ha tenido en promover los siete resultados del estudiante (*student outcomes*) que la institución mide en sus programas de ingeniería. La encuesta se estructuró en 5 categorías (conocimiento teórico, habilidades tecnológicas, comunicación y trabajo colaborativo, aprendizaje propio y generalidades resultantes del estudiante) todas medidas en una escala Likert (Figura 14), remitida a los participantes del evento de la red IDDEAL, así como en un piloto posterior realizado con estudiantes y docentes de la UAO; el formulario está disponible en el portal de la web app [13]. Cabe resaltar que la temática tratada en la actividad se enfoca en conceptos de pensamiento sistémico, específicamente en el “problema de los comunes”.

Aprendizaje Percibido a partir de Recursos Digitales

Tus Conocimientos Previos

Califica las siguientes descripciones según tu percepción:

Conocimiento Teórico *

	Definitivamente Sí	En algo ayudó	No vi suficiente aporte	Definitivamente No
Aprendí fácilmente conceptos importantes de la asignatura / tema	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 14. Instrumento psicológico [13]

Para la categoría de Conocimiento teórico (Figura 15), respondieron “Definitivamente Sí” a las preguntas “Aprendí fácilmente conceptos importantes de la asignatura/tema”: 83.3%; “Aumenté mis conocimientos sobre la asignatura/tema”: 100%; “Aprendí a relacionar conocimientos con problemas reales”: 66.7%; “Aprendí lo suficiente de la asignatura/tema”: 83.3%; “Reforcé contenidos de la asignatura/tema recordándolos fácilmente”: 83.3% (el 16.7% no vio suficiente aporte); “Procesé adecuadamente aprendizajes de hechos y conceptos propuestos en esta asignatura/tema”: 66.7% “Obtuve mayor conocimiento para mejorar mi rendimiento académico”: 83.3%; “He puesto (o pondré) en práctica los aprendizajes propuestos en la asignatura/tema”: 100%; “Actividades como ésta podrían superar a las prácticas de laboratorio presenciales”: 50% (16.7% respondió que definitivamente no).

En la categoría de Habilidades Tecnológicas (Figura 16), respondieron “Definitivamente Si” a las preguntas “La actividad me permitió aprender sobre el uso de la tecnología”: 100%; “La actividad me permitió desarrollar mis habilidades tecnológicas”: 83.3%; “La actividad me

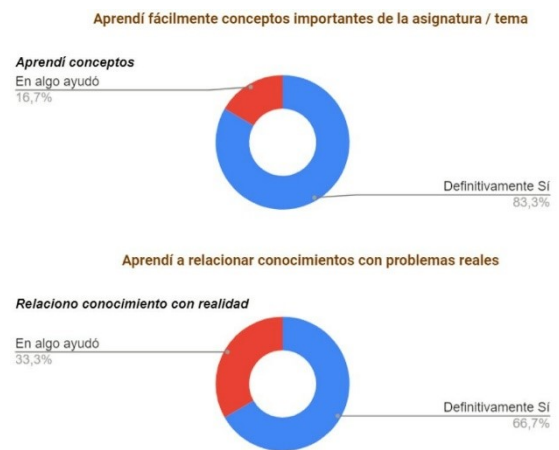


Figura 15. Conocimiento Teórico [13]

brindó un nuevo panorama sobre las aplicaciones de la tecnología”: 100%; “La actividad me brindó más confianza en el uso de la tecnología para el aprendizaje”: 83.3%.

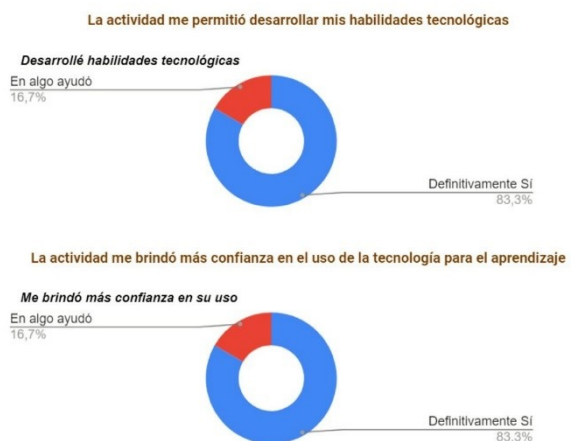


Figura 16. Habilidades Tecnológicas [13]

Para la categoría de Comunicación y Trabajo Colaborativo (Figura 17), los resultados para la respuesta “Definitivamente Sí” fueron: “La actividad me permitió aprender a trabajar de manera colaborativa”: 66.7% (16.7% no vio suficiente aporte); “La actividad me permitió aprender a comunicarme mejor con las demás personas”: 66.7%; “La actividad me permitió aumentar mi participación en el grupo”: 66.7%; “Esta modalidad de actividades me facilitó trabajar en grupo”: 83.3%; “La actividad propició establecer nuevas relaciones”: 83.3%.

En la categoría de Aprendizaje Propio (Figura 18), para la respuesta “Definitivamente Sí”, los encuestados respondieron “La actividad me permitió trabajar a mi ritmo”: 100%; “La actividad me permitió involucrarme activamente en mi propio aprendizaje”: 100%; “La actividad me permitió desenvolverme fácilmente”: 83.3%;

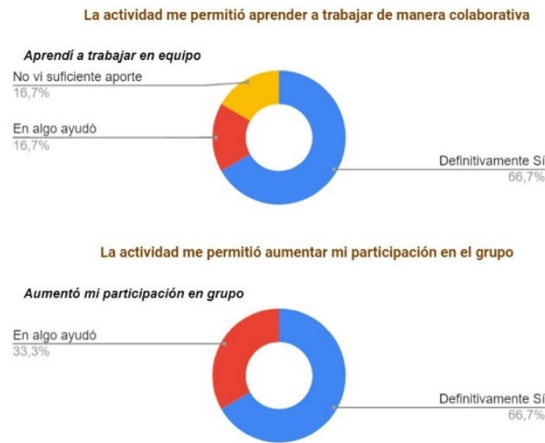


Figura 17. Comunicación y Trabajo Colaborativo [13]

“La actividad me permitió autoevaluar mi propio proceso de aprendizaje”: 100%.



Figura 18. Aprendizaje Propio [13]

Finalmente, para la nueva categoría Generalidades (Figura 19), sobre los resultados del estudiante, las respuestas obtenidas como “Definitivamente sí” representan: “La actividad fomenta mi capacidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería, aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas”: 100%; “La actividad fomenta mi capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas teniendo en cuenta la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos”: 66.7%; “La actividad fomenta mi capacidad de comunicarse de manera efectiva con un rango de audiencias”: 66.7%; “La actividad fomenta mi capacidad para reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, los cuales deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos

globales, económicos, ambientales y sociales”: 83.3%; “La actividad fomenta mi capacidad de funcionar eficazmente en un equipo cuyos miembros en conjunto proporcionan liderazgo, crean un entorno colaborativo e inclusivo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos”: 83.3%; “La actividad fomenta mi capacidad para desarrollar y conducir una experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar su juicio de ingeniería para sacar conclusiones”: 100%; “La actividad fomenta mi capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando las estrategias de aprendizaje apropiadas”: 83.3%.

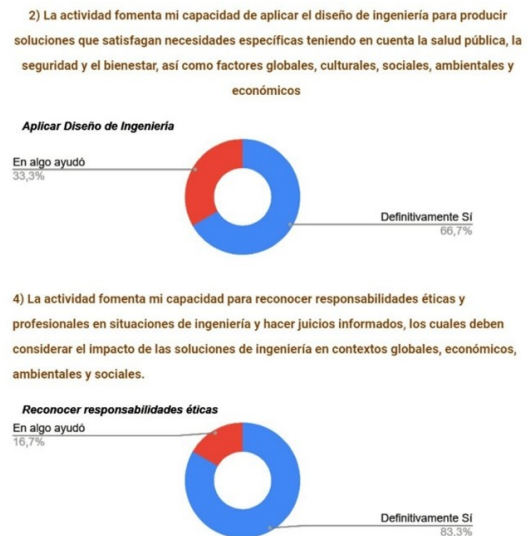


Figura 19. Generalidades [13]

V. Conclusiones

El desarrollo de la actividad Cafein-Finita ha iniciado una nueva etapa de desarrollos del grupo GELA para la oferta de programas académicos virtuales de la UAO, incorporando conceptos y estrategias de gamificación que buscan no solo motivar a los participantes, también promover el aprendizaje de conceptos clave en diversas áreas de Ingeniería Industrial y afines, eliminando también las limitaciones de acceso que tenían las versiones anteriores instaladas en los laboratorios de la institución.

La recopilación de información en las implementaciones beta ejecutadas con estudiantes del Grupo Estudiantil de Ingeniería Industrial de la UAO y con estudiantes durante la demostración en el 10° Encuentro de la Red Nacional IDDEAL, permitió ajustar los modelos matemáticos de demanda, rendimiento y capacidad del terreno entre otras variables, así como la incorporación de controles en los momentos oportunos para la toma de decisiones por parte de los equipos y su registro en las bases de datos en línea. De otra parte, se incorporaron más opciones de avatares y se rediseñó el ambiente de fondo de la aplicación.

Con la incorporación del instrumento psicológico “Aprendizaje percibido a partir de recursos digitales” como uno de los componentes en la gamificación, se pretende recopilar información clave para validar la efectividad del recurso y realizar los ajustes necesarios para su mejoramiento continuo, para ello la actividad se utilizará en adelante en los cursos de pensamiento sistémico del pregrado en Ingeniería Industrial de la UAO. Los resultados actualizados están disponibles en el portal del Grupo GELA, sección Mediciones.

Para el Grupo GELA y el equipo de diseño y desarrollo de la actividad, incursionar en el tema de gamificación, gracias a los cursos que la Vicerrectoría Académica de la UAO oferta a los docentes, abre un amplio abanico de posibilidades que enriquecerán las propuestas de recursos para enseñanza-aprendizaje en la línea de investigación de “Actividades de aprendizaje activo con enfoque lúdico” del grupo GICPE.

VI. Trabajos futuros

Se continuará mejorando la actividad en cuanto a la presentación visual, incorporando nuevos avatares con nuevos movimientos y expresiones según el momento, rediseño de monedas, premios, trofeos y otros elementos de premiación/castigo acordes a la situación vivida; adición de reportes y descarga de datos en archivos planos; se incluirá la opción de registro de moderadores (administrador) y la configuración de opciones de licenciamiento gratuito y premium con prestaciones diferenciadoras. Aunque la actividad se ha pensado como un juego serio, diseñando la interfaz para uso de computadores, se considerará una opción para dispositivos móviles, lo que implica incorporar en el diseño un código responsivo de interfaces.

Explorar las otras propuestas de instrumentos psicológicos como la *National Survey of Student Engagement* para recopilar información clave de los estudiantes que garanticen una mejor calidad en la construcción de recursos digitales para los procesos de enseñanza-aprendizaje.

La siguiente actividad para desarrollar será la cadena de suministro de GELA-Cola, inspirado en el popular Juego de la Cerveza (*The Beer Game*), pero en su lugar se fabricará, distribuirá y consumirá nuestra propia bebida cola, ampliando así el catálogo de actividades que pueden desarrollarse presencial o virtualmente.

Referencias

- [1] J. Kraaijenbrink, “Qué es la Industria 5.0 y cómo cambiará las empresas,” Forbes Empresas, 16 jun. de 2022 [Online]. Available: <https://forbes.es/empresas/167359/que-es-la-industria-5-0-y-como-cambiar-las-empresas/>. [Last access: 07-05-2023].
- [2] M. Breque, L. Nul y A. Petridis, “Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry,” European Commission. Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg, 2021.
- [3] S. Kim, K. Song, B. Lockee y J. Burton, *Gamification in Learning and Education. Enjoy Learning Like Gaming*, Gewerbestrasse: Springer International Publishing AG, 2018.
- [4] S. Harris y K. O’Gorman, *Mastering Gamification: Customer Engagement in 30 days*. Birmingham: Impackt Publishing Ltd, 2014.
- [5] D. H. Meadows, *Thinking in Systems*, D. Wright, ed. London: Earthscan, 2009.
- [6] D. Meadows, J. Sterman y A. King, “Teaching Resources Library. MIT Management Sloan School,” 7 de abril 2020 [Online]. Available: <http://mitsloan.mit.edu/teaching-resources-library/fishbanks-una-simulacion-de-gestion-de-recursos-renovables>. [Last access: 01-03-2023].
- [7] J. A. Mosquera y A. F. Rojas, “Empresa Maderera “The Wood”,” Universidad Autónoma de Occidente, Cali, 2015.
- [8] C. M. Arias Mejía, “De la Gamificación al Aprendizaje Basado en Juegos,” en *Innovación docente e investigación en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. Avanzando en el proceso de enseñanza-aprendizaje*, Madrid: DYKINSON, 2020, págs. 699-706.
- [9] P.-A. Langendahl, M. Cook y C. Mark-Herbert, “Exploring Gamification in Management Education for Sustainable Development,” *Creative Education*, vol. 8, n.º 14, págs. 2243-2257, 2017.
- [10] M. A. Sotelo Castillo, L. F. Barrera Hernández, S. B. Echeverría Castro y D. Y. Ramos Estrada, “Aprendizaje percibido de estudiantes universitarios en cursos en modalidad presencial y mixta: un estudio comparativo,” *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 21, n.º 1, págs. 115-127, 2022.
- [11] G. Zapata, P. Leihy y D. Theurillat, “Compromiso estudiantil en educación superior: Adaptación y validación de un cuestionario de evaluación en universidades chilenas,” *Calidad en la Educación*, n.º 8, págs. 204-250, 2018.
- [12] Indiana University School of Education, “NSSE Survey Instruments,” 13 de dic. de 2019 [Online]. Available: <https://nsse.indiana.edu/nsse/survey-instruments/index.html>. [Last access: 05-06-2023].
- [13] Grupo de Estudio en Lúdica Aplicada – GELA, “Cafeín-Finita,” 13 de dic. de 2019 [Online]. Available: <https://sites.google.com/view/cafein-finita/inicio>. [Last access: 13-06-2023].
- [14] U.S. Food and Drug Administration – FDA, “Al grano: ¿cuánta cafeína es demasiada?,” U.S. Food and Drug Administration – FDA, 12 de dic. de

- 2018 [Online]. Available: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/al-grano-cuanta-cafeina-es-demasiada>. [Last access: 07-05-2023].
- [15] J. Arcila Pulgarín, “Densidad de siembra y productividad de los cafetales,” en *de Sistemas de producción de café en Colombia*, Chinchiná: FNC-Cenicafé, 2007, págs. 131-143.
- [16] Nestlé Bonka, “El árbol del café: 5 secretos que nadie te ha contado,” Nestlé España [Online]. Available: <https://www.bonka.es/amor-por-el-cafe/arbol-cafe-cafeto> [Last access: 7-05-2023].
- [17] E. Figueroa H., F. Pérez S. y L. Godínez M., *La producción y el consumo del café*. España: ECORFAN, 2015.
- [18] Moojoo eLearning and Gamification, “Gamification for Education Canvas,” Moojoo eLearning and Gamification [Online]. Available: <https://www.moojoo.com.au/gamification-in-education-model/>. [Last access: 16-05-2023].
- [19] J. Yepes Martínez, “Canvas para el diseño de cursos gamificados,” 2 de Mayo de 2023 [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1-hM5ebLNjQTrWbNY3upts936meTCR1X2/view?usp=sharing>. [Last access: 16-05-2023].
- [20] Adobe Systems Inc, “Mixamo animate 3D characters,” Adobe Systems Inc, 1 Agosto 2022 [Online]. Available: <https://www.mixamo.com/>. [Last access: 16-05-2023].
- [21] A. Aragón Ch., J. E. Calpa O., “La Cafein-finita. Gestión de recursos naturales finitos,” en *Libro de memorias 10° Encuentro Nacional de la Red IDDEAL*, Y. A. Aguirre A., ed., Medellín, Universidad de Antioquia, 2023, págs. 194-196.
- [22] BBC News Mundo, “Qué es la “tragedia de los comunes” y cuál es su relación con Elinor Ostrom, la única ganadora del Nobel de Economía de la historia,” BBC News Mundo, 27 de Junio de 2019 [Online].
- [23] Universidad Autónoma de Occidente, “Catálogo Resultados del Estudiante,” 17 de Mayo 2023 [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1N9v_f_JDE6-9cJR_K48had9MbI4Rf6nR/view?usp=sharing.