PROTOTIPO DE VIDEOJUEGO SERIO BASADO EN MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE IMPACTEN EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

BRAYAN MAURICIO DÍAZ BERMÚDEZ

ANDRÉS EDUARDO CASADIEGOS GÓMEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2020.

PROTOTIPO DE VIDEOJUEGO SERIO BASADO EN MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE IMPACTEN EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

BRAYAN MAURICIO DÍAZ BERMÚDEZ

ANDRÉS EDUARDO CASADIEGOS GÓMEZ

Trabajo de grado para optar el título de: Ingeniero de Sistemas.

Director

PhD. JORGE ANDRICK PARRA VALENCIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2020

Contenido

Capítulo 1 1
Introducción e información general 1
1.1 Introducción 1
1.2 Planteamiento del problema 2
1.3 Justificación 6
1.4 Objetivos 7
1.4.1 Objetivo general 7
1.4.2 Objetivos específicos 7
1.5 Antecedentes 8
1.5.1 El videojuego como herramienta versátil 8
1.5.2 El videojuego como herramienta educativa 9
1.5.3 Videojuegos y modelos dinámico-sistémicos sobre el cambio climático. 9
1.6 Estado del arte 11
Capítulo 2 14
Marco teórico 14
2.1 Marco teórico 14
2.1.1 Dinámica de sistemas 14
2.1.2 Diagramas de Forrester 15
2.1.3 Modelo matemático 16
2.1.4 Bucle de realimentación negativa 16
2.1.5 Bucle de realimentación positiva 17
2.1.6 Políticas 18
2.1.7 Vensim 18
2.1.8 Juegos 18
2.1.9 Videojuegos 19
2.1.10 Videojuego serio 19

2.1.11 Desarrollo de videojuegos 19
2.1.12 Documento de diseño de juego (GDD) 20
2.1.13 Ciclo de vida para el desarrollo de videojuegos (GDLC) 20
2.1.14 Unity 22
2.1.15 Contaminación ambiental 22
2.1.16 Calentamiento global 23
2.1.17 Efecto Invernadero 23
2.1.18 Gases de efecto Invernadero 24
Capítulo 3 25
Diseño del videojuego serio 25
3.1 Elaboración del diseño del modelo dinámico sistémico. 25
3.1.1 Delimitación del modelo 25
3.1.2 Hipótesis dinámica 26
Se planteó la siguiente hipótesis dinámica para el modelo en que se basó la versión beta del videojuego serio. 26
3.1.3 Selección de variables 27
3.1.4 Elaboración en Vensim del diseño del modelo 34
3.1.5 Simulación 42
3.2 Elaboración del GDD (Game Design Document) 44
3.2.1 Narrativa e información general 44
3.2.2 Nombre 44
3.2.3 Logo 44
3.2.4 Público Objetivo 45
3.2.5 Interfaces y elementos 45
Capítulo 4 51
Desarrollo del prototipo del videojuego serio 51
4.1 Programación del videjuego 51
4.2 Diagrama de clases 53
4.3 Mecánicas 53
4.3.1 Mecánicas de la pestaña “Mapa” 54
4.3.2 Mecánicas de la pestaña “Estadísticas” 57

4.3.2 Mecánicas de la pestaña “Tienda” 58
Capítulo 5 61
Pruebas de funcionalidad 61
5.1 Pruebas de la versión Alfa 61
5.2 Pruebas de la versión Beta 62
Capítulo 6 74
Conclusiones y trabajos futuros 74
6.1 Conclusiones 74
6.2 Trabajos futuros 75
Bibliografía 76
Anexos 80

Lista de tablas

Tabla 1. Estado del Arte 13
Tabla 2. Variables del modelo. 33
Tabla 3. Público objetivo. 45
Tabla 4. Scripts (clases) del videojuego serio. 53
Tabla 5. Bugs de la versión Alfa 61
Tabla 6. Bugs de la versión Beta 62
Tabla 7. Encuesta antes de jugar CC Experience 67
Tabla 8. Encuesta después de jugar CC Experience. 72

Lista de figuras

Figura 1. Árbol del problema....2
Figura 2. Representación del esquema de un diagrama de Forrester. 15
Figura 3. Diagrama de un bucle de retroalimentación negativa. 17
Figura 4. Diagrama de un bucle de retroalimentación positiva. 17
Figura 5. GDLC con 6 fases de desarrollo. 22
Figura 5. Sistema poblacional realizado en Vensim para el país chino. 34
Figura 6. Ciclos de realimentación del subsistema poblacional. 35
Figura 7. Sistema de emisiones de CO2 realizado en Vensim para el país chino 36
Figura 8. Ciclos de realimentación del subsistema de emisiones de CO2. 37
Figura 9. Sistema de árboles realizado en Vensim. 38
Figura 10. Ciclos de realimentación del subsistema de árboles. 39
Figura 11. Sistema del ciclo del carbono realizado en Vensim. 40
Figura 12. Ciclos de realimentación del subsistema del ciclo del carbono. 41
Figura 13. Gráfica de emisión de CO2 antropogénico. 42
Figura 14. Gráfica de CO2 en la atmosfera. 43
Figura 15. Gráfica de árboles. 43
Figura 16. Logo del juego. 45
Figura 17. Diseño de la escena del menú. 46
Figura 18. Diseño de la escena de información de CC Experience. 47
Figura 19. Diseño de la escena de nombre de usuario. 48
Figura 20. Diseño de la escena de juego. 49
Figura 21. Panel de misiones. 54
Figura 22. Panel de información de la misión. 55
Figura 23. Panel de resultado de misión. 56
Figura 24. Mapamundi con las marcas de los 5 países del videojuego. 57
Figura 25. Panel de información relevante sobre un país. 57
Figura 26. Elementos de la pestaña estadísticas. 58
Figura 27. Objetos de la pestaña tienda. 59
Figura 28. Cuadro del objeto activo esperando a ser utilizado. 59

Lista de anexos

Anexo 1 80
Anexo 2 82
Anexo 3 83
Anexo 4 85
Anexo 5 85

Resumen

El aumento de la temperatura del planeta a causa del cambio climático es un tema complejo que requiere del estudio de múltiples factores para poder comprenderlo a un nivel global y generalizado. Los videojuegos serios son una excelente opción cuando se quiere dar una combinación de enfoque entre la didáctica y el entretenimiento, ya que el jugador se ve inmerso en la problemática simulada mediante el entorno virtual, y deberá obtener cierta cantidad de conocimiento sobre el tema para así ser capaz de aplicar una o varias soluciones.

El presente trabajo tiene como finalidad la enseñanza de cómo las políticas llevadas a cabo por entidades gubernamentales y ciudadanos pueden afectar de manera positiva o negativa el cambio climático y la amortiguación del incremento de las emisiones de CO2, a través de un videojuego serio en el que se simula una serie de países sujetos a las variables del cambio climático donde la toma de decisiones realizadas por el jugador desemboca en consecuencias que se ven reflejadas en la dinámica del sistema.

Se hace uso del modelado con dinámica de sistemas para el análisis y simulación de los elementos dependientes e independientes de la actividad humana, que están involucrados de forma significativa en la aparición y evolución del cambio climático. El modelo obtenido se usa como base para la elaboración lógica del videojuego, y sus resultados se ven reflejados en la aplicación de las políticas que el jugador decide implementar en el entorno virtual.

PALABRAS CLAVES: Simulación, dinámica de sistemas, modelo, videojuego serio, calentamiento global, política.

Capítulo 1

Introducción e información general

1.1 Introducción

El cambio climático es un tema sumamente importante y sobre el cual prácticamente todo el mundo está prestando atención en estos momentos. Esta atención por parte de ciertas instituciones y partidos políticos hacia el cambio climático tuvo origen en los años 50 y ha ido en aumento hasta el día de hoy, tanto así que la ONU organiza anualmente cumbres climáticas en donde jefes de estado y gobierno tratan de generar acuerdos globales con el fin de disminuir sus emisiones.

En este documento se presenta el proceso de desarrollo de un videojuego serio, basado en modelos dinámico-sistémicos, que tiene como fin dar una experiencia de simulación, tanto a estudiantes de universidades y colegios como a todo el que esté interesado, sobre el cambio climático y como este se puede ver afectado por las políticas, orientadas a la disminución del dióxido de carbono almacenado en la atmosfera, que se implementen en algunos países.

Este videojuego serio le permite al jugador ser quien decide las políticas sobre el cambio climático que se toman en 5 de los países más contaminantes del mundo y, por medio de gráficos y datos presentados en pantalla, ver como estas afectan a cada país y al mundo. También da la opción de simular lo que sucedería con las diferentes variables relacionadas con el cambio climático, en un año especifico, de no tomarse medidas en los países contaminantes.

1.2 Planteamiento del problema

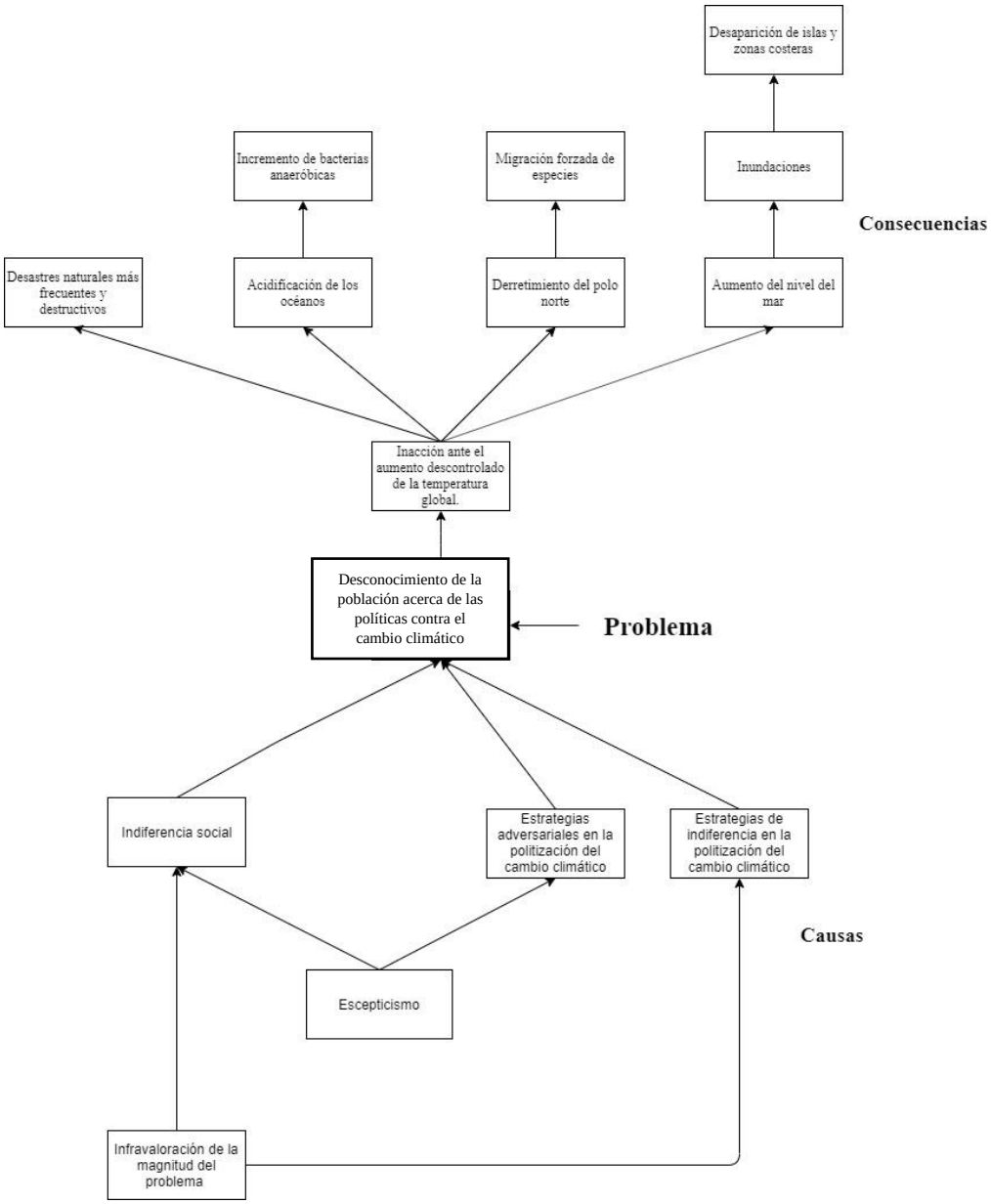


Figura 1. Árbol del problema

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define al cambio climático (CC de ahora en adelante) como una variación en la temperatura

global del planeta, ya sea a causa de motivos naturales o de actividades ejecutadas por los seres humanos (IPCC, 2018). Es un hecho que el planeta está presentando un cambio climático que ha incrementado a una tasa a la que nunca lo había hecho en los años anteriores a la intervención humana. Uno de los datos que más evidencian lo anteriormente mencionado, es el aumento de la temperatura global. La temperatura de la superficie del planeta ha presentado un comportamiento anómalo desde la década de 1990, habiendo aumentado 1 grado Celsius respecto al comienzo del siglo XX, y del cual se estima que seguirá incrementando hasta 1.5 grados durante el transcurso del siglo XXI (Mann & Bradley, 1999).

El calentamiento global ocasionado por el aumento descontrolado de dióxido de carbono (CO2) en la atmosfera de la Tierra (Keeling, Adams, Ekdahl, & Guenther, 1976), coincide con el incremento de la temperatura justo en el momento en el que el ser humano entra en la era de industrialización a finales del siglo XVIII, donde comienza la quema de combustibles fósiles y una mayor explotación de recursos naturales. Dado que casualidad no implica causalidad, no se puede afirmar que dicha similitud en ambas variables (Aumento de CO2 y actividad humana) sea evidencia de una relación causal entre ellas. No obstante, ya se han realizado múltiples estudios financiados y avalados por el IPCC, donde se demuestra que el abrupto CC de las últimas décadas es una realidad innegable, y nosotros lo estamos causando.

Desde que los seres humanos se enteraron de este peligro inminente, algunos de ellos han empezado a plantear estrategias a nivel individual y colectivo para contrarrestarlo. Algunas de estas estrategias se llevan a cabo mediante la politización del CC, la cual se define como la forma en la que los principales partidos y coaliciones políticas en diferentes regiones tienden a abordar la problemática climática (Ryan, 2017). Esta politización no es necesariamente favorable ante la solución del problema, y Neil Carter, en su artículo de “Party Politics”, la divide en tres tipos de estrategias: estrategia adversarial, estrategia de indiferencia y

estrategia integración (Carter, 2006). Resumidamente, la estrategia adversarial se niega a aceptar la existencia del problema. La estrategia de indiferencia reconoce la existencia del CC pero recurre a la inacción política. Por último, la estrategia de integración reconoce el problema y lo incluye en su agenda política. Son las dos primeras, las que aportan a la rama problemática del CC que se va a tratar en este proyecto.

Debido a que no todos los sectores poblacionales a nivel mundial están involucrados de la misma forma ante la problemática, y abarcarlos todos desde un mismo enfoque podría resultar ambiguo, en el presente proyecto nos enfocaremos en un solo sector poblacional: los jóvenes. No todos los jóvenes conocen acerca del impacto que ocasionará las políticas planteadas respecto al CC, y el papel fundamental que juegan ellos para el planteamiento de futuras soluciones o la elección de mandatarios que tengan el problema como prioridad en su agenda política (Corner, y otros, 2015).

> El factor social es un elemento primordial en el desarrollo de las estrategias anteriormente mencionadas, donde se ve involucrado de manera representativa el entusiasmo humano. Infortunadamente, dicho entusiasmo no suele prolongarse durante mucho tiempo cuando se trata de un partido político que incluye el CC como prioridad en su agenda política (Giddens, 2010), lo que lleva a que las estrategias de adversidad y de indiferencia tomen más fuerza, opacando las soluciones que se están implementando para tratar la problemática. Lo anterior, genera un desconocimiento a base de desinformación o inacción en el sector poblacional en el que se están llevando a cabo las políticas, contribuyendo a la no mitigación del CC a nivel global. En el peor de los casos, existe un grupo considerable de personas que le dan un enfoque escéptico y conspiranoico al tema a causa de la desinformación, llegando a afirmar que el CC es inexistente. En cuanto a las personas que sí están realizando un seguimiento prioritario a la problemática,

> les es difícil conocer con certeza el impacto que tienen las políticas en los resultados experimentales, debido a que el CC es un proceso que tarda muchos años en enseñar cambios significativos (Douglas & Sutton, 2015).

El desconocimiento de la población acerca de las políticas contra el CC aportará a la inacción de la población a nivel mundial ante el problema, impidiendo de esta forma evitar sus ya previstas consecuencias. El acelerado CC pondrá en peligro el orden social a nivel global, ya que ocasionará desordenes en la economía, la salud y en el ecosistema del planeta, tales como la escasez en la producción de alimentos, desaparición de islas a causa del aumento del nivel del mar, extinción de especies animales, aparición de nuevas enfermedades a causa de bacterias y la contaminación del agua, entre otras (Gonzalez, y otros, 2003).

1.3 Justificación

La necesidad de concientizar a las personas acerca de políticas que logren disminuir el impacto del cambio climático en el medio ambiente, y que los resultados de tales decisiones se vean reflejados de manera pronta para analizar y comprobar su efectividad, requiere de la utilización de una herramienta cuantitativa que sea capaz de explicar los procesos que llevan al calentamiento global de nuestro planeta. La dinámica de sistemas es la herramienta optima a la hora de evaluar y simular escenarios contraintuitivos, sistemas complejos con demasiados ciclos de retroalimentación, donde sus cambios solo son visibles si se estudian en un lapso lo suficientemente amplio. No obstante, el cambio climático es un sistema tan amplio que obliga a dividirlo en subsistemas más pequeños (pero que siguen siendo complejos) para poder ser estudiado en su totalidad.

Lo anteriormente mencionado, hace que, además de la dinámica de sistemas, sea pertinente implementar una segunda herramienta que logre juntar algunos de los modelos relacionados con el estudio y simulación del cambio climático, para luego otorgar una solución al desconocimiento de la población respecto al tema. Los videojuegos han demostrado ser un entorno orientado al aprendizaje combinado con el entretenimiento que es parte de su esencia, entrando así en la clasificación de lo que se denomina como “juegos serios”.

Hacer uso de la dinámica de sistemas para la creación de un videojuego que busque dar solución a una de las problemáticas involucradas en el aumento de la contaminación ambiental, no solo convierte al videojuego en un juego serio, sino que este pasa a ser un entorno de simulación virtual donde el usuario puede interactuar con el problema, tomar decisiones que alteren los resultados del modelo y que además puedan ser vistos en tiempo real, de forma didáctica y entretenida.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de videojuego serio basado en un modelo en dinámica de sistemas que mejore la comprensión de los efectos de las políticas orientadas a mitigar el cambio climático.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar el prototipo de videojuego serio teniendo en cuenta el análisis de herramientas, metodologías y estrategias empleadas en los videojuegos serios para llamar la atención del jugador.
- Desarrollar una versión de prueba del prototipo de videojuego serio con las mecánicas de juego más importantes implementadas.
- Evaluar la funcionalidad de la versión de prueba del prototipo de videojuego serio.

1.5 Antecedentes

A continuación, se muestran los antecedentes que se tendrán en cuenta para el propósito de este proyecto y su posterior elaboración. En este apartado consideraremos los artículos, proyectos e investigaciones que hagan referencia a los temas de videojuegos, clasificación de algunos videojuegos, videojuegos educativos (o serios, en otras definiciones), modelos de dinámica de sistemas y videojuegos que abordan la temática del CC.

1.5.1 El videojuego como herramienta versátil

Los videojuegos son un medio de entretenimiento que tuvo su origen en la década de los 70's, y su popularidad está tomando cada vez más fuerza en el actual. En un videojuego, el consumidor se ve involucrado dentro de una historia o una serie de mecánicas que deberá utilizar para conseguir uno o varios objetivos. Al ser un medio tan versátil, el videojuego ha sido clasificado en una gran variedad de géneros, en los cuales, a pesar de mantener el entretenimiento como objetivo principal, puede derivar en muchos otros. Algunos de estos géneros son: Lucha, Beat them up, acción en primera persona, acción en tercera persona, infiltración, plataformas, arcade y educación (Belli & López, 2008). Es este último género el que tendrémos en cuenta para la elaboración de este proyecto, tomando así la popularidad generada por los videojuegos para atraer a un público joven y adaptar la jugabilidad a un contexto educativo que aborde el tema del CC.

1.5.2 El videojuego como herramienta educativa

Son muchos los videojuegos y los proyectos respecto a ellos que se han elaborado con un fin educativo además del entretenimiento. Tal es el caso de Age of Empires, un videojuego de estrategia que ha demostrado funcionar como soporte para talleres de enseñanza sobre la historia de diferentes civilizaciones (Mugueta, Manzano, Alonso, & Labiano, 2015). Como evidencia de que los videojuegos pueden y han funcionado como herramienta para la educación, la mayoria de investigaciones realizadas sobre el tema indican que muchos videojuegos favorecen el desarrollo de determinadas habilidades de atención, concentración, espacial, resolución de problemas, creatividad, etc. por lo que se concluye que en su conjunto, desde el punto de vista cognitivo, los videojuegos suponen algún tipo de ayuda en el desarrollo intelectual (…) (Etxeberria, 1998).

1.5.3 Videojuegos y modelos dinámico-sistémicos sobre el cambio climático.

Dentro del género de los videojuegos educativos, se han elaborado múltiples trabajos orientados a la enseñanza y la solución interactiva de problemas que abarquen la temática del cambio climático. El punto clave radica en que algunos videojuegos que abordan el CC solo toman como base la información obtenida por los medios o el conocimiento coloquial, mientras que los que están respaldados por estudios e investigaciones científicas toman solamente la teoría como base o un modelo matemático simple y demasiado simplificado, tal es el caso de *ARMA 3,* un juego de simulación militar de Bohemia Interactive. A través de la colocación prominente de representaciones visuales de la generación de energía renovable, el juego ofrece una visión convincente del futuro en el que se ha superado la resistencia actual a las economías bajas en carbono y renovables (Abraham, 2018).

En este proyecto tomaremos como base la dinámica elaborada por otros videojuegos sobre el CC, pero extenderemos dicha dinámica en un sistema más complejo que se elaborará en base a modelos dinámico-sistémicos existentes, creando un entorno aproximado de simulación del CC en las mecánicas del videojuego a elaborar. Como ejemplo de modelo de dinámica de sistemas orientado al CC, tenemos el caso de C-ROADS, el cual es un software de simulación que ayuda a las personas a comprender los impactos climáticos a largo plazo de las políticas diseñadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los líderes mundiales están utilizando el modelo en las negociaciones climáticas mundiales. C-ROADS tiene un complejo modelo dinámico sistémico detrás, que permite el correcto funcionamiento de la dinámica de las variables dentro del software (Sterman, y otros, 2012).

1.6 Estado del arte

Título	Autor/es	Tema	Referencia
Videojuegos para aprender Historia: una experiencia con Age of Empires	Mugueta, Í., Manzano, A., Alonso, P., & Labiano, L.	Trabajo en donde se mostraban los resultados obtenidos luego de llevar a cabo seis talleres de enseñanza sobre la historia de las civilizaciones mediante el uso de un videojuego, basado en el manejo de recursos y la estrategia, llamado Age Of Empires.	(Mugueta, Manzano, Alonso, & Labiano, 2015)
La transmisión de valores y responsabilidad social a partir de los videojuegos	Pérez, J. F. H., & Gómez, Á. P. C.	Investigación en la que buscaban exponer las ventajas que tiene el uso de videojuegos para la educación medio ambiental.	(Gómez & Pérez, 2016)

El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil	Sampedro Requena, B. E., Muñoz González, J. M., & Vega Gea, E.	Investigación en donde se recolectó la opinión de todos los alumnos de un curso en la etapa de educación infantil de seis colegios diferentes acerca de un videojuego basado en el medio ambiente y con el fin de educar en temas como reciclaje, el cuidado del agua y la electricidad.	(Requena, González, & Gea, 2017)
Serious Games Environmental Management	Madani, K., Pierce, T. W., & Mirchi, A.	Paper que muestra el estado del aprendizaje basado en juegos y los juegos serios basados en la gestión ambiental analizando 25 juegos serios basados en la gestión ambiental y diseñados para ser usados en educación superior.	(Madani, Pierce, & Mirchi, 2017)

Los videojuegos en la implementación de políticas de mitigación del cambio climático.	Rojo, T., & Dudu, S.	Investigación donde enseñan el impacto de los videojuegos serios sobre la actitud que se tiene en España hacía el medio ambiente, así como también dan algunas opciones para mejorar los videojuegos serios medioambientales en España.	(Rojo & Dudu, 2017)

Tabla 1. Estado del Arte

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Marco teórico

El marco teórico de este trabajo de grado orientará al lector en cuanto a la terminología y herramientas que se utilizaron para la realización de la investigación y el proyecto. Los siguientes términos se encuentran divididos por tres secciones. La primera abarca términos relacionados con la dinámica de sistemas y sus elementos, la segunda se relaciona con términos que abordan la temática de desarrollo de videojuegos y para finalizar, conceptos sobre el cambio climático.

2.1.1 Dinámica de sistemas

Podemos definir el término dinámica como un adjetivo para aquellas cosas que están en constante cambio, a su vez, podemos decir que el término sistema, básicamente, se refiere a un conjunto de elementos que están relacionados entre sí. Es entonces, la dinámica de sistemas, una metodología útil para estudiar el comportamiento de sistemas complejos y en constante cambio. Esto se logra llevando los modelos mentales de un sistema a modelos dinámicos sistémicos que contengan el lenguaje formal del sistema. Una de las características de esta metodología es el uso de software, que permite hacer simulaciones y entender cómo interactúan cada uno de los elementos que componen un sistema haciendo más sencilla la generación de políticas que permitan mejorar el sistema (Forrester, Industrial Dynamics-After the First Decade, 1968)

2.1.2 Diagramas de Forrester

Los diagramas de Forrester son la representación gráfica, con el uso de iconos gráficos, de las relaciones que existen entre las variables de un sistema a lo largo del tiempo. El ingeniero informático y padre de la dinámica de sistemas Jay Forrester clasificó estas variables en tres tipos diferentes:

- Variables de estado: Son variables que acumulan valores y permiten establecer el estado del sistema.
- Variables de flujo: Determinan el cambio de las variables de estado en el tiempo.
- Variables auxiliares: Dan información del comportamiento de los flujos y ayudan a una mejor comprensión del diagrama (Forrester, Some basic concepts in system dynamics, 2009)

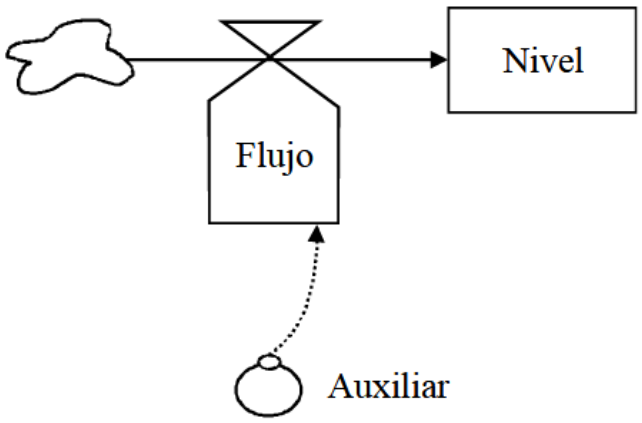


Figura 2. Representación del esquema de un diagrama de Forrester.

(Forrester, Some basic concepts in system dynamics, 2009)

2.1.3 Modelo matemático

Luego del diagrama de Forrester hay que establecer el modelo matemático que define el comportamiento del sistema. Este modelo matemático usa datos cuantitativos que pueden ser recogidos de especialistas o también, con el uso distintas técnicas que permiten ajustar los valores los parámetros comparando datos teóricos con datos históricos (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

2.1.4 Bucle de realimentación negativa

Estos bucles son cadenas de elementos que entre mayor sea el aumento de un elemento mayor será la disminución de otro, por ello, también son llamados bucles de autorregulación y su presencia es muy importante en sistemas complejos (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

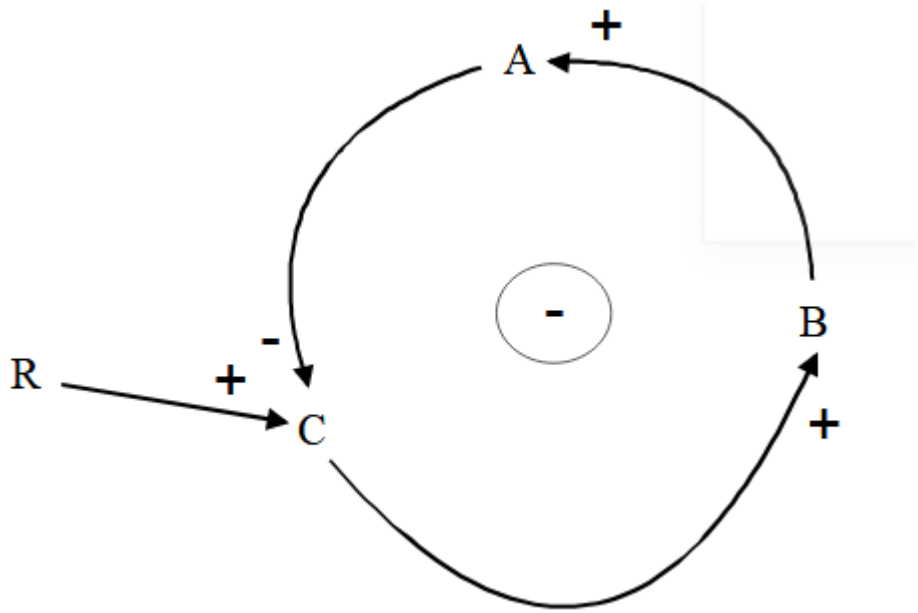


Figura 3. Diagrama de un bucle de retroalimentación negativa.

(Campos, Canto, & Garcia, 2005)

2.1.5 Bucle de realimentación positiva

Los bucles de retroalimentación positiva o de reforzamiento, son cadenas de elementos que generan un aumento en el elemento inicial del bucle, es decir, entre mayor sea el aumento en alguno de los elementos de la cadena mayor será el aumento en el resto de los elementos de la cadena. Este aumento puede ser en el crecimiento o declive, por ello son bucles inestabilizadores de un sistema, a diferencia de los bucles de retroalimentación negativa (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

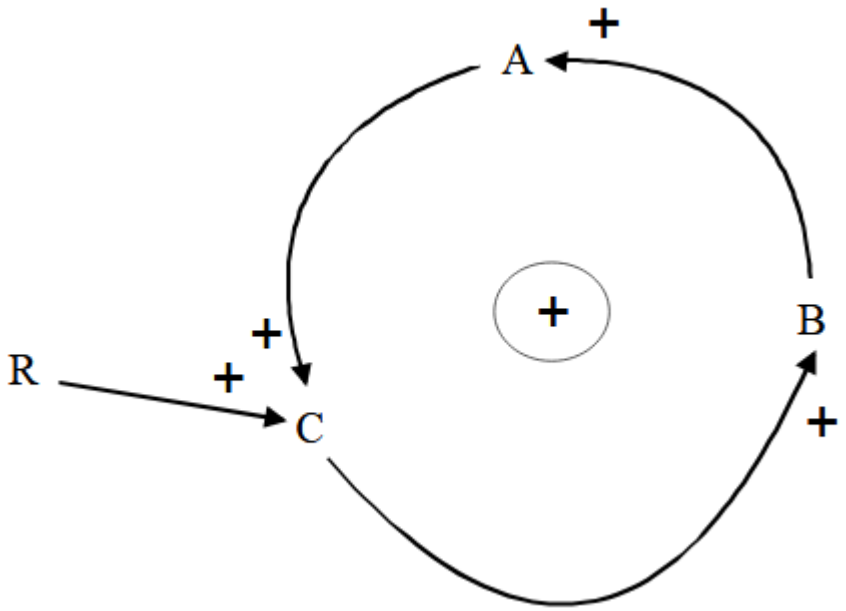


Figura 4. Diagrama de un bucle de retroalimentación positiva.

(Campos, Canto, & Garcia, 2005)

2.1.6 Políticas

Son un conjunto de modificaciones a realizarse sobre los elementos de un sistema con el objetivo de mejorar el mismo, esto teniendo en cuenta los resultados de simulaciones anteriores (Donado, Dormido, & Morilla, 2005).

2.1.7 Vensim

VENSIM es un software de computadora que permite llevar, de manera muy sencilla, modelos de dinámica de sistema a un entorno computacional a través de diagramas de Forrester y diagramas de influencia. Este software es una potente herramienta que brinda la posibilidad de generar las simulaciones que se deseen de un modelo de dinámica de sistemas. Existen tres versiones de este software: Professional (modelos grandes y complicados), PLE Plus (cuenta con más funciones que la versión PLE) y PLE (ideal para el uso en el aula y el aprendizaje personal de la dinámica de sistemas) (VENSIM, Vensim Software, 2015).

2.1.8 Juegos

Podemos decir que los juegos han estado presentes en la mayor parte de la historia de la humanidad, esto debió a que un juego es un conjunto cerrado de elementos que interactúan entre sí, con reglas explicitas y que representa, subjetivamente, un subconjunto de la realidad. Dada esta definición se puede encontrar que existen, principalmente, cinco tipos de juegos: los juegos de mesa, juegos de cartas, juegos deportivos, juegos infantiles y los juegos de computadora o videojuegos (Crawford, The art of computer game design., 1984).

2.1.9 Videojuegos

Un videojuego es un software de cualquier plataforma informática diseñado para entretener y con el que interactúan una o más personas, ya que, en términos de jugadores, pueden ser videojuegos de un solo jugador, multijugador local o multijugador online. Mientras que, en términos de tipo de videojuego, los videojuegos pueden ser de acción, arcade, aventura, lucha, disparos, rpg, deportivo, estrategia, simulación, entre otros, además de mezclas de los tipos de videojuegos anteriores (Egenfeldt-Nielsen, Smith, & Tosca, 2019). Otro tipo de videojuego, aunque suele verse mucho menos que los anteriores, es el videojuego serio.

2.1.10 Videojuego serio

Un juego serio es aquel juego que no está diseñado exclusivamente para entretener o divertir, sino que su principal objetivo es educar. Es entonces, un videojuego serio, casi lo contrario a un videojuego convencional, al dejar de lado el entretenimiento y centrarse en la educación (Michael & Chen, 2005).

2.1.11 Desarrollo de videojuegos

El desarrollo de videojuegos es el proceso por el cual se crean los videojuegos. Este proceso saca lo mejor de múltiples disciplinas que deben trabajar juntas para obtener un buen resultado al final del proceso (Crawford, The art of computer game design, 1984).

2.1.12 Documento de diseño de juego (GDD)

Es el resultado o entregable de la etapa de preproducción y permite llevar a cabo el diseño, desarrollo y validación de software durante la etapa de producción. En otras palabras, es un documento fundamental para el desarrollo de un videojuego ya que se usa como guía a lo largo del desarrollo. Este documento cuenta con la siguiente estructura de presentación (Salazar, Mitre, Olalde, & Sánchez, 2012) :

- Visión general: Resumen.
- Mecánica: Elementos del videojuego.
- Dinámica: Interacciones del videojuego.
- Estética: Lo que el jugador percibe por sus sentidos en el videojuego.
- Experiencia: Experiencias esperadas del videojuego.
- Supuestos y limitaciones: Elementos que afectan directamente las decisiones de diseño del videojuego.

2.1.13 Ciclo de vida para el desarrollo de videojuegos (GDLC)

Un ciclo de vida para el desarrollo de software da los lineamientos a seguir durante todo el desarrollo y debido a que en el desarrollo de videojuegos se deben integrar múltiples disciplinas, este puede llegar a ser muy diferente al desarrollo de software. Es por esto, que los ciclos de vida para el desarrollo de software, en ocasiones, no responden bien ante las necesidades del desarrollo de videojuegos. Por esta razón, nacen los ciclos de vida para el desarrollo de videojuegos que cuenta con las siguientes fases (Ramadan & Widyani, 2013):

Iniciación: Se debe crear un concepto inicial del juego con su respectiva descripción.

Preproducción: Se debe comenzar con el diseño del juego y dar entrega del game design document (GDD). Teniendo en cuenta el GDD se deben crear prototipos iniciales del juego.

Producción: Esta es la fase más importante ya que es en donde se crean y unen los assets con el código (scripts). A su vez, en esta fase se deben crear prototipos que se acerquen bastante al prototipo final del juego, debido a que cosas como la dificultad del gameplay deben estar balanceadas.

Pruebas: Se deben hacer pruebas, con ayuda de testers internos, teniendo en cuenta los criterios de calidad que se consideren necesarios. Cada bug encontrado y cada cambio realizado durante las pruebas se debe registrar para analizar si se puede continuar a la siguiente fase o si se debe repetir la fase anterior.

Beta: En esta fase se usa el método de pruebas de la fase anterior solo que en este caso las pruebas son realizadas por beta tetsers o testers externos. La beta testers pueden ser personas invitadas individuamente, en caso de ser una beta cerrada o cualquier persona que se registre, en caso de ser una beta abierta. Se debe registrar cada bug encontrado y la retroalimentación que den los participantes para evaluar si el juego está completamente listo para ser lanzado.

Lanzamiento: En esta, la fase final, se debe lanzar el juego al mercado, documentar el proyecto y hacer planes para el mantenimiento y expansión de este.

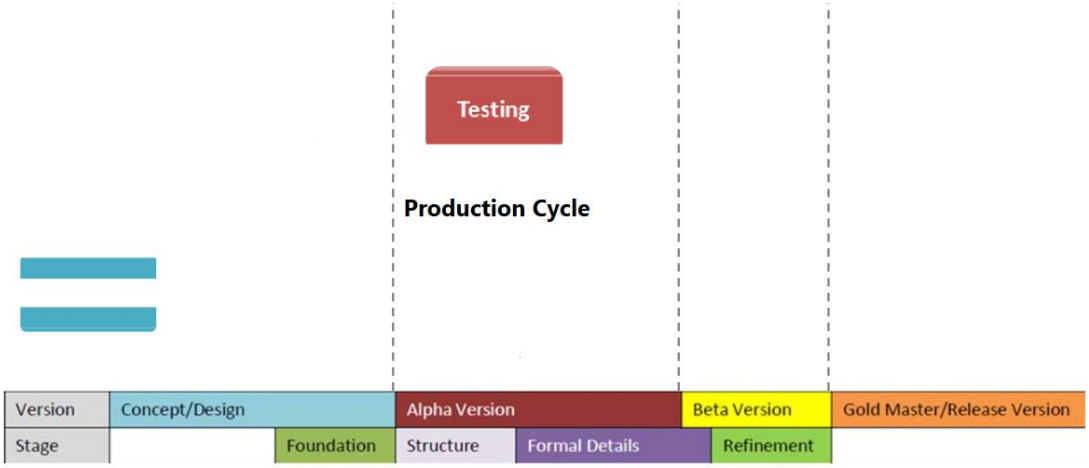


Figura 5. GDLC con 6 fases de desarrollo.

(Ramadan & Widyani, 2013)

2.1.14 Unity

Es un motor de videojuego en donde se pueden desarrollar videojuegos tanto en 3d como en 2d y es multiplataforma ya que permite implementar de manera muy sencilla un mismo proyecto a más de 25 plataformas, entre las que se encuentran Windows, Mac OS, Xbox One, PS4 y Android. Algunas de las herramientas que ofrece este motor de videojuegos son AI pathfinding, flujos de trabajo eficientes, interfaces de usuario, motores de física, animación 3d y 2d, herramientas de audio, tienda de assets, entre otras (Unity, 2019).

2.1.15 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se define como “la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alternan el equilibrio ecológico de la zona” (Albert, 2004).

2.1.16 Calentamiento global

Este fenómeno se define como el aumento de la temperatura media en el sistema climático de la Tierra. Su principal causa es la acentuación del efecto invernadero debida, en gran medida, a la actividad humana, principalmente con la quema de combustibles fósiles, y que causa un aumento en el nivel del mar, lluvias más fuertes y en menos tiempo, expansión de las áreas desérticas, más fenómenos atmosféricos, lo que a su vez afecta de manera negativa a muchas especies de animales, así como también a los seres humanos (Hill, 2010).

2.1.17 Efecto Invernadero

Es un fenómeno que poseen los planetas con atmósfera, como el planeta Tierra, el cual le permite, por medio de los gases de efecto invernadero, mantener un equilibrio térmico al retener una parte de la energía irradiada por el sol (algo más del 60% de la energía). El efecto invernadero es muy importante para el planeta ya que sin él la temperatura media de la Tierra estaría cerca de los -18°C (Hill, 2010).

2.1.18 Gases de efecto Invernadero

La atmosfera está compuesta por gases, que actúan como los cristales de un invernadero, dejando entrar los rayos de sol, pero reteniendo una parte del calor, por ello reciben el nombre de gases de efecto invernadero. Estos gases, sin intervención humana, son capaces de calentar el planeta lo suficiente para que pueda existir vida dentro de él. Sin embargo, debido a la actividad humana, estos gases se han ido acumulando en exceso en la atmosfera causando que se retenga más calor del necesario. Algunos de los gases de efecto invernadero son óxido nitroso(N2O), clorofluorocarbonados (CFCs) y ozono (O3). Además de estos, está el dióxido de carbono (CO2) que es el gas que más aporta al calentamiento global, con un porcentaje de alrededor del 62% seguido del metano (CH4), que, aunque este en menor concentración en la atmósfera, es mucho más efectivo que el dióxido de carbono en la retención de calor (Ballesteros & Aristizabal, 2007).

Capítulo 3

Diseño del videojuego serio

3.1 Elaboración del diseño del modelo dinámico sistémico.

3.1.1 Delimitación del modelo

El sistema dinámico sistémico que utiliza el videojuego en su versión beta, es decir, el prototipo funcional, abarcó únicamente el ciclo del carbono como único factor para el cambio climático. Si bien el cambio climático abarca más sistemas donde participan otros gases de efecto invernadero, consideramos que para una versión beta del videojuego es idóneo abordar un solo sistema de gas de efecto invernadero como prueba de la funcionalidad del prototipo.

A pesar de ser un videojuego serio, no se debe perder la esencia de lo que es un videojuego durante el proceso de desarrollo. Dicho esto, la intención no fue sobrecargar al jugador final con cantidades enormes de información sobre todas las variables que interfieren en el proceso del ciclo de carbono, por lo que solo se tuvieron en cuenta aquellas con las que se puedan realizar misiones en base a las políticas contra el cambio climático, para así reducir la cantidad de información para el jugador y proveer una experiencia entretenida además de didáctica.

Los países que abarcó el modelo (y, por lo tanto, el videojuego en su versión beta) fueron los siguientes: China, Estados Unidos, Alemania, Arabia Saudita, Brasil. El motivo de selección de los países anteriormente mencionados se basó en que cada uno de ellos es el qué más emisiones de CO2 ha producido en su respectivo

continente hasta el año 2020, año en el cual inicia el paso de simulación dentro del modelo.

3.1.2 Hipótesis dinámica

Se planteó la siguiente hipótesis dinámica para el modelo en que se basó la versión beta del videojuego serio.

Definición del problema: Las emisiones de CO2 de carácter antropogénico aumentarán de manera exponencial para los próximos años siguientes al 2020. Lo anterior ocasionará daños en el ambiente tales como deforestación, acidificación de los océanos y reducción de la población a causa de nuevas enfermedades.

Causas de la situación:

- Industrias dedicadas a la explotación de combustibles fósiles, quema de hidrocarburos, basura y fabricación de plásticos.
- Uso de vehículos a base de combustible fósil.
- Tala de árboles.
- Aumento de la población.

Efectos de la situación:

- Disminución exponencial de los árboles en el planeta.
- Aumento exponencial del CO2 en la atmósfera desde el año 2020 (aprox).
- Aumento del H2CO3 (Acidificación de los océanos) exponencialmente.

3.1.3 Selección de variables

Las siguientes son las variables del modelo dinámico sistémico que seleccionaron en base a la delimitación del modelo.

Nombre	Tipo	Descripción
Población	Nivel	Cantidad de habitantes en un país determinado.
Muertes	Flujo	Muertes al año en un país determinado.
Nacimientos	Flujo	Nacimientos al año en un país determinado.
Tasa mortalidad	Auxiliar	Muertes por cada 1000 habitantes en un país determinado.
Tasa natalidad	Auxiliar	Nacimientos por cada 1000 habitantes en un país determinado.
Efecto sobre las muertes	Auxiliar (con lookup)	Efecto en las muertes de la población a causa del CO2 en la atmosfera.
Capacidad de carga muertes	Auxiliar	Cantidad de CO2 en la atmosfera que puede soportar una población antes de verse perjudicada por ello.
CO2 Natural por persona	Auxiliar	Cantidad de CO2 emitida por el proceso natural de

		respiración del ser humano al año.
Tasa industrial	Auxiliar	Parte de la población que trabaja en el industria s emisoras de CO2.
Trabajador por industria	Auxiliar	Cantidad promedio de trabajadores por industria emisora de CO2 en un país determinado.
Industria por personas	Auxiliar	Parte de la población que trabaja en industria emisora, dividido entre el número de personas promedio que laburan en una industria, lo que da el número de industrias en el país por cada habitante.
Industria	Auxiliar	Número aproximado de industrias funcionando en un país determinado.
CO2 Por industria	Auxiliar	Toneladas de CO2 que expulsa una industria promedio al año
Tasa de compra	Auxiliar	Parte de la poblacion de un país determinado que posee un vehiculo emisor de CO2 en circulación.

Vehículo a base de combustible fósil	Auxiliar	Numero de vehículos a base de combustible fósil en circulación.
CO2 Por vehículo	Auxiliar	Toneladas de CO2 emitidas por un vehículo al año.
CO2 Por plástico quemado	Auxiliar	Toneladas de CO2 emitidas por la quema de un kilogramo de plástico al año.
Tasa de quema	Auxiliar	Parte de la población que influye directa o indirectamente en la quema de plástico.
Plástico quemado	Auxiliar	Kilogramos de plástico quemado al año de un país determinado.
Emisión de CO2 país X	Nivel	Toneladas de CO2 que emite la población de un país determinado.
CO2 país X a Ant	Flujo	Emisiones CO2 de un país determinado incluyéndose en la cifra global.
Tasa CO2 país X a Ant	Auxiliar	Parte del CO2 de un país determinado que pasa a la cifra global.

Emisión de CO2 Antropogénico	Nivel	Toneladas de CO2 que emite la población global en un año especifico.
CO2 Ant a la atm	Flujo	Toneladas de CO2 que pasan a la atmosfera a causa de la población
Tasa CO2 Ant a la atm	Auxiliar	Tasa de CO2 emitido por la población que llega a la atmosfera.
CO2 En la atmosfera	Nivel	Partes por millón (PPM) de CO2 en la atmosfera terrestre.
CO2 Actual	Auxiliar	CO2 de la atmosfera terrestre en toneladas para el año 2020.
PPM Actual	Auxiliar	CO2 de la atmosfera terrestre en PPM para el año 2020.
C a CO2	Flujo	Toneladas de CO2 que es expulsado desde la superficie terrestre hacia la atmosfera al año.
CO2 Expulsado desde la superficie (No Ant)	Auxiliar	Parte de CO2 que es expulsado desde la superficie terrestre mediante los volcanes, respiración de seres

		vivos (terrestres) u otros acontecimientos.
CO2 a C	Flujo	Toneladas de CO2 que son absorbidas por los árboles al año
CO2 Capturado por árbol	Auxiliar	Toneladas de CO2 que absorbe un árbol promedio al año
CO2 a H2CO3	Flujo	Toneladas de CO2 que es absorbido por las plantas marinas al año.
Absorción de CO2 por plantas marinas	Auxiliar	Parte del CO2 que es absorbido por las plantas marinas al año.
H2CO3 a CO2	Flujo	Cantidad de CO2 que es expulsado al aire por especies marinas.
Tasa CO2 exp agua	Auxiliar	Parte de CO2 que es expulsado a la atmosfera desde el agua al año.
C En la litosfera	Nivel	Toneladas de carbono en la superficie terrestre.
H2CO3 En la hidrosfera	Nivel	Toneladas de H2CO3 (Acido carbónico) en los océanos.
Árboles	Nivel	Numero de árboles en el planeta.

Nacimientos Arb	Flujo	Germinación de árboles al año.
Deforestación	Flujo	Cantidad de árboles que mueren al año.
Plantación	Flujo	Cantidad de árboles plantados por la población en un año.
Tasa nat arboles	Auxiliar	Parte de los árboles que están involucrados en el proceso de germinación.
Capacidad de carga incendios	Auxiliar	Cantidad de CO2 en la atmosfera que pueden soportar los árboles antes de verse perjudicados por ello.
Tasa de incendios forestales	Auxiliar	Tasa a la que se producen los incendios forestales según el CO2 en la atmosfera.
Tasa de plantación Ch	Auxiliar	Tasa a la que plantan arboles los habitantes de China.
Tasa de plantación US	Auxiliar	Tasa a la que plantan arboles los habitantes de Estados Unidos.
Tasa de plantación Al	Auxiliar	Tasa a la que plantan arboles los habitantes de Alemania.

Tasa de plantación Ar	Auxiliar	Tasa a la que plantan arboles los habitantes de Arabia Saudita.
Tasa de plantación Br	Auxiliar	Tasa a la que plantan arboles los habitantes de Brasil.
Tasa de tala Ch	Auxiliar	Tasa a la que talan arboles los habitantes de China.
Tasa de tala US	Auxiliar	Tasa a la que talan arboles los habitantes de Estados Unidos.
Tasa de tala Al	Auxiliar	Tasa a la que talan arboles los habitantes de Alemania.
Tasa de tala Ar	Auxiliar	Tasa a la que talan arboles los habitantes de Arabia Saudita.
Tasa de tala Br	Auxiliar	Tasa a la que talan arboles los habitantes de Brasil.

Tabla 2. Variables del modelo.

3.1.4 Elaboración en Vensim del diseño del modelo

Subsistema poblacional:

Se elaboró un subsistema poblacional para cada uno de los 5 países tomados en cuenta para las emisiones de CO2 (China, USA, Alemania, Arabia Saudita y Brasil). El subsistema tiene la misma estructura para cada uno de ellos, por lo que solo presentaremos el de China como demostración.

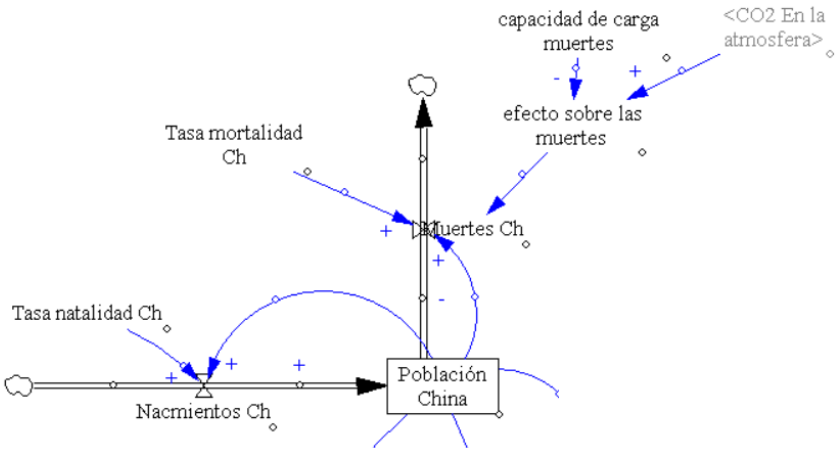


Figura 5. Sistema poblacional realizado en Vensim para el país chino.

Para este sistema participan 8 variables, cuya función puede verse en la descripción de cada una de ellas (Véase la Tabla 2). La población aumenta los nacimientos según la cantidad de nacimientos por cada mil habitantes que tienen lugar en un año, de la misma forma en la que aumenta la cantidad de muertes según su tasa de mortalidad. El CO2 almacenado en la atmosfera aumentará la tasa de mortalidad si dicho valor supera la capacidad de carga.

La población (P) en un tiempo t será igual a la integral, desde el tiempo inicial (t0) hasta el tiempo t, de los nacimientos menos las muertes ocurridas en dicho lapso, más la población inicial.

El subsistema poblacional posee los siguientes ciclos de realimentación:

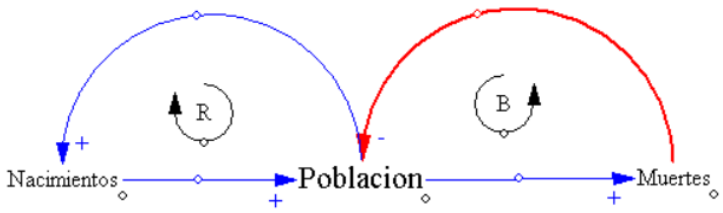


Figura 6. Ciclos de realimentación del subsistema poblacional.

- Un ciclo reforzador, dada por la relación entre población y nacimientos. Entre más población, habrá más nacimientos, y entre más nacimientos, habrá más población.
- Un ciclo regulador, dada por la relación entre población y muertes. Entre más población, habrá más muertes, y entre más muertes, habrá menos población.

Subsistema Emisiones de CO2:

Se elaboró un subsistema para las emisiones de CO2 de cada uno de los 5 países tomados en cuenta en el modelo (China, USA, Alemania, Arabia Saudita y Brasil).

El subsistema tiene la misma estructura para cada uno de ellos, por lo que solo presentaremos el de China como demostración.

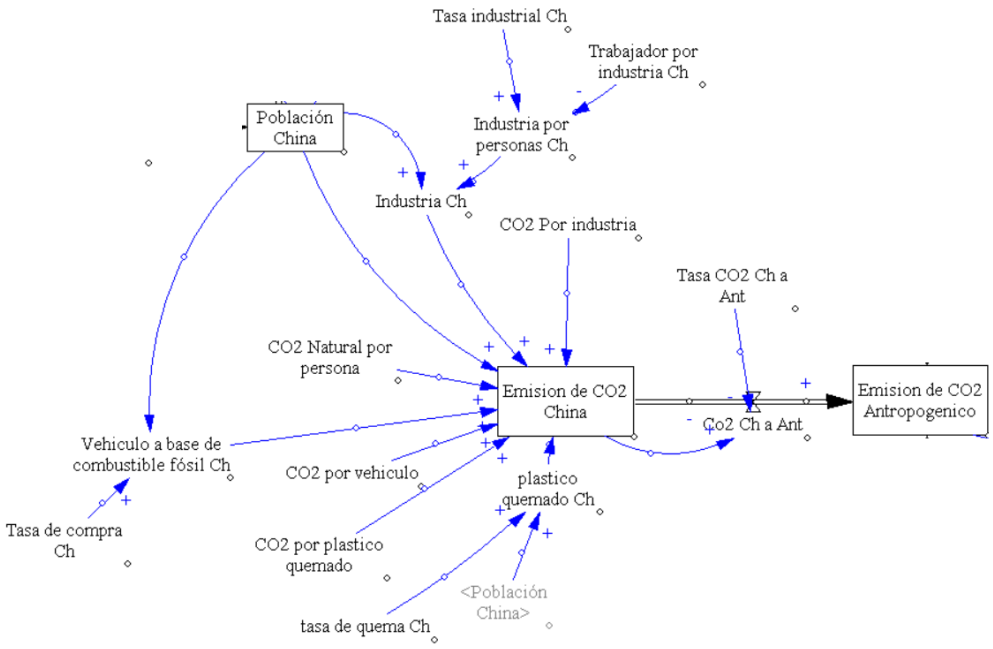


Figura 7. Sistema de emisiones de CO2 realizado en Vensim para el país chino**.**

En este sistema participan 18 variables, cuya función puede verse en la descripción de cada una de ellas (Véase la Tabla 2). La población aumenta la cantidad de industrias en el país, el número de vehículos a base de combustible fósil circulando por las calles y la quema de material plástico. Cada una de estas variables (Industria, Vehiculas y Plástico quemado) aumentan la cantidad de emisiones de CO2 del país chino según la cantidad (representada en toneladas) que emite cada

uno de esos componentes de forma unitaria, además de la tasa con la que se frecuentan los valores de dichas variables (Tasa de compra, Tasa industrial, Tasa de quema).

Las emisiones de CO2 en un año determinado para cada uno de los cinco países son transferidas a un nivel de emisiones de CO2 global, denominado “Emisión de CO2 Antropogénico”, cuyo valor representa la cantidad total de emisiones de los 5 países del modelo, más las emisiones ocasionadas por el resto del mundo.

El subsistema de emisiones de CO2 posee los siguientes ciclos de realimentación:

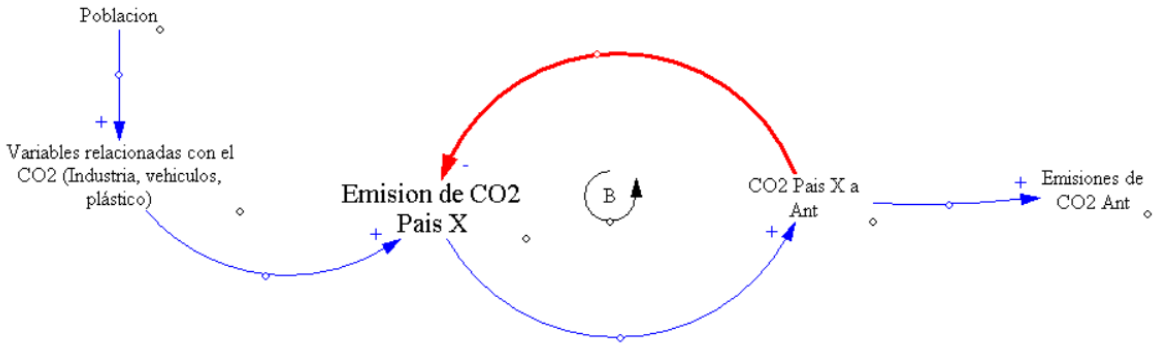


Figura 8. Ciclos de realimentación del subsistema de emisiones de CO2.

- Un ciclo regulador, dado por la relación entre emisiones de CO2 de un país determinado y el CO2 transferido de del mismo país a las Emisiones globales (emisiones de CO2 Ant) en un determinado año. Entre más emisiones de CO2 de un país determinado mayor será la transferencia de CO2 del mismo país a las emisiones globales, mientras que entre más transferencia de CO2 de un país determinado menor serán las emisiones CO2 del mismo país para ese año.

Subsistema de árboles:

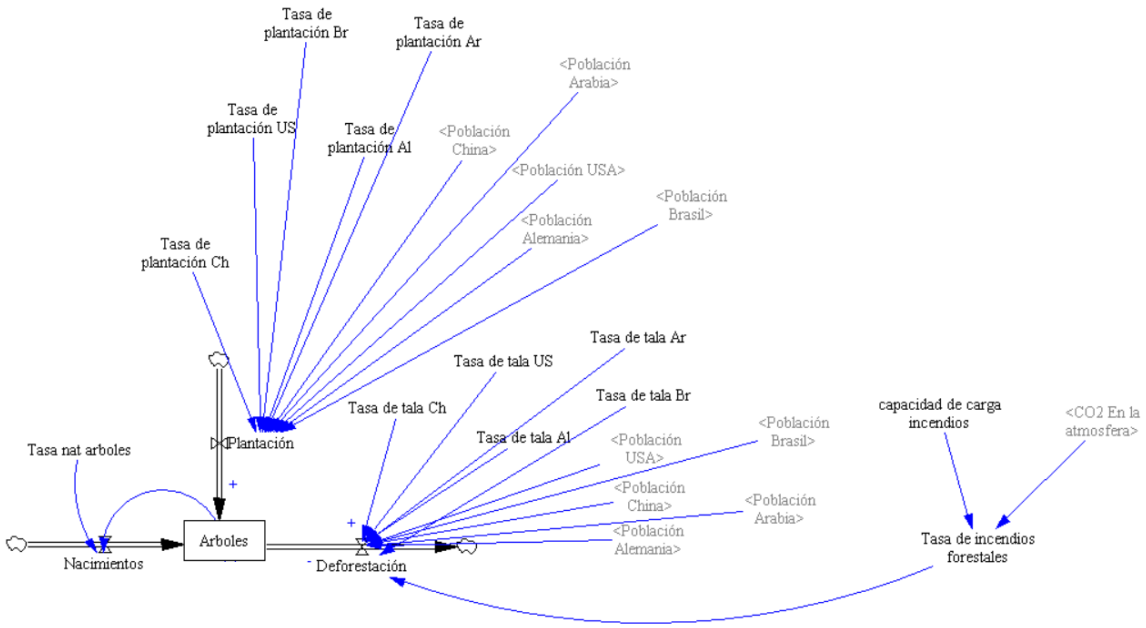


Figura 9. Sistema de árboles realizado en Vensim.

En este sistema participan 28 variables, cuya función puede verse en la descripción de cada una de ellas (Véase la Tabla 2). Los árboles del planeta juegan un papel fundamental en el ciclo de carbono. Estos seres vivos son considerados “sumideros de carbono”, ya que respiran CO2 el cual obtienen de la atmosfera del planeta. La cantidad de árboles dependerá del número de nacimientos (germinación) de los mismos, la deforestación y la plantación. La deforestación y plantación son determinadas por la tala y plantación de árboles de la población de los diferentes países que participan en el modelo. Otra variable que aporta a la deforestación es la tasa con la que ocurren incendios forestales, la cual está determinada por la cantidad de CO2 que hay en la atmosfera (ya que este gas de efecto invernadero aumenta la temperatura).

El subsistema de árboles posee los siguientes ciclos de realimentación:

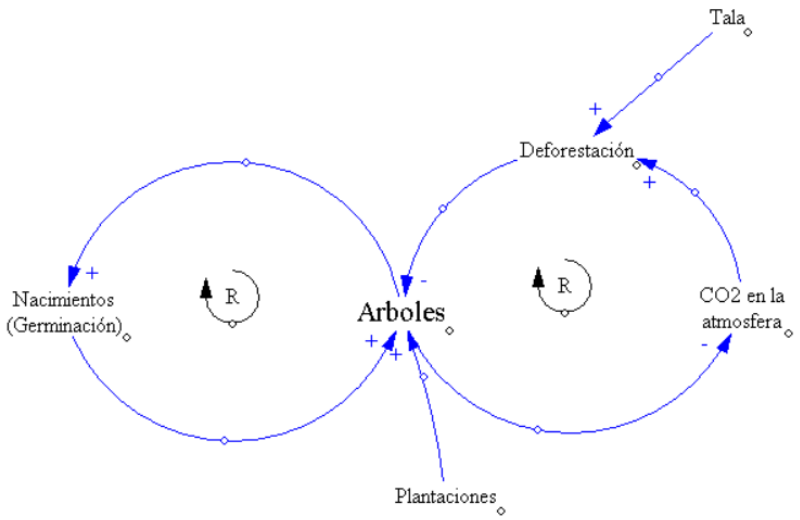


Figura 10. Ciclos de realimentación del subsistema de árboles.

- Un ciclo reforzador, dado por la relación entre árboles y nacimientos de estos. Si el número de árboles aumenta, más árboles germinarán, y si más arboles germinan, por lo tanto, habrá más árboles.
- Un ciclo reforzador, dado por la relación entre árboles, CO2 en la atmosfera y deforestación. Si la cantidad de árboles aumenta, las emisiones de CO2 en la atmosfera disminuirán, si las emisiones de CO2 en la atmosfera disminuyen, las deforestaciones disminuirán, lo que conllevará a que haya más árboles. Por otro lado, si los árboles disminuyen, la cantidad de CO2 en la atmosfera aumentará, si el CO2 en la atmosfera aumenta también lo harán las deforestaciones, lo que ocasionará que haya menos árboles.

Subsistema del ciclo del carbono:

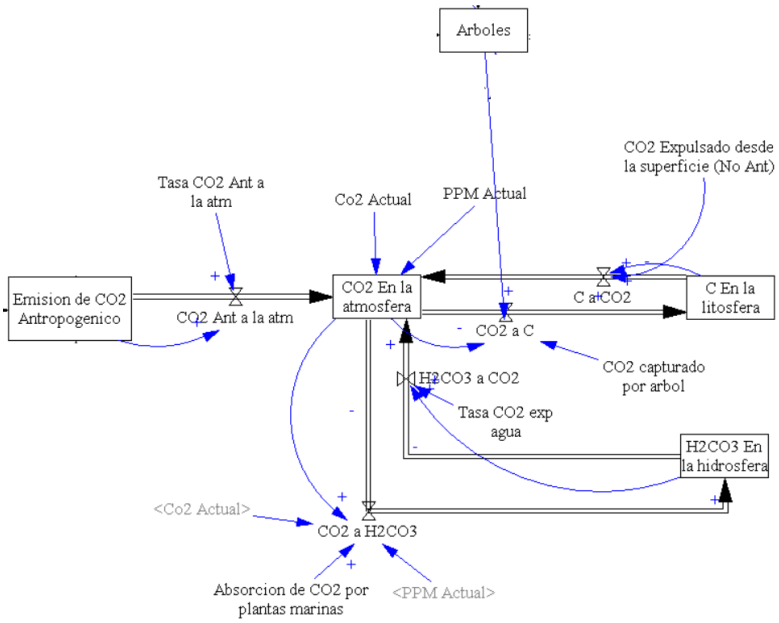


Figura 11. Sistema del ciclo del carbono realizado en Vensim.

En este sistema participan 17 variables, cuya función puede verse en la descripción de cada una de ellas (Véase la Tabla 2). Este sistema representa el ciclo del carbono. En él, el CO2 almacenado en la atmosfera es ocasionado por procesos naturales como la conversión del carbono en CO2 desde la litosfera, o de ácido carbónico (H2CO3) a CO2 desde la hidrósfera. De forma natural, el CO2 es capturado por los árboles del planeta, y también por los océanos (lo que ocasiona la acidificación de los mismos). Otro nivel fundamental que participa en el ciclo del carbono, son las emisiones de CO2 antropogénicas, es decir, las que causamos los humanos a nivel global.

El subsistema del ciclo del carbono posee los siguientes ciclos de realimentación:

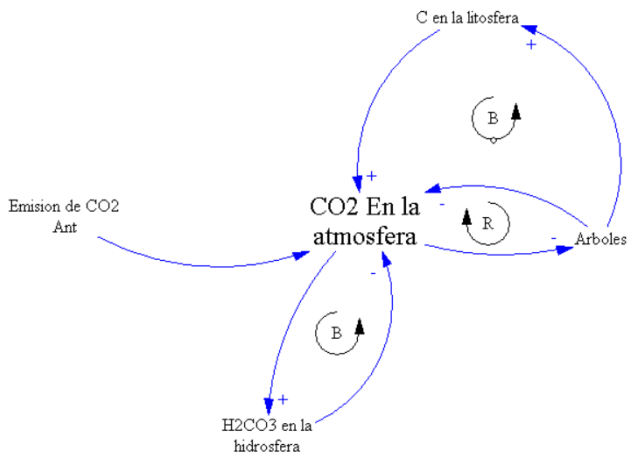


Figura 12. Ciclos de realimentación del subsistema del ciclo del carbono.

- Un ciclo de refuerzo, dado por la relación entre CO2 en la atmosfera y árboles. Si el CO2 en la atmosfera aumenta, los árboles disminuirán, si los arboles disminuyen el CO2 que es absorbido por ellos, por lo tanto, habrá más CO2 en la atmosfera.
- Un ciclo regulador, dado por la relación entre CO2 en la atmosfera, árboles y C en la litosfera. Si el CO2 en la atmosfera aumenta, los arboles disminuirán, si los árboles disminuyen el carbono en la litosfera disminuirá (Ya que menos CO2 será absorbido), si el C en la litosfera disminuye habrá menos expulsión de carbono hacia la atmosfera, por lo tanto, el CO2 en la atmosfera disminuirá.
- Un ciclo regulador, dado por la relación entre CO2 en la atmosfera y H2CO3 en la hidrosfera. Si el CO2 en la atmosfera aumenta también lo hará el ácido carbónico en los océanos (H2CO3), si el H2CO3 en la hidrosfera aumenta habrá menos CO2 en la atmosfera (Ya que fue absorbido por los océanos).

3.1.5 Simulación

En base al modelo del sistema global para el videojuego elaborado a partir de los subsistemas presentados anteriormente, se realizó una simulación en Vensim de la que se obtuvieron los siguientes resultados:

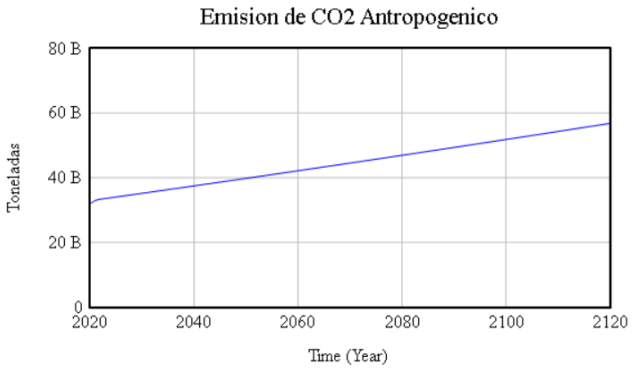


Figura 13. Gráfica de emisión de CO2 antropogénico.

Las emisiones de CO2 antropogénicas presentan un crecimiento lineal desde el año 2020 hasta el 2120. Sus emisiones aumentaron desde aproximadamente 27 billones de toneladas al año hasta alcanzar los 58 billones.

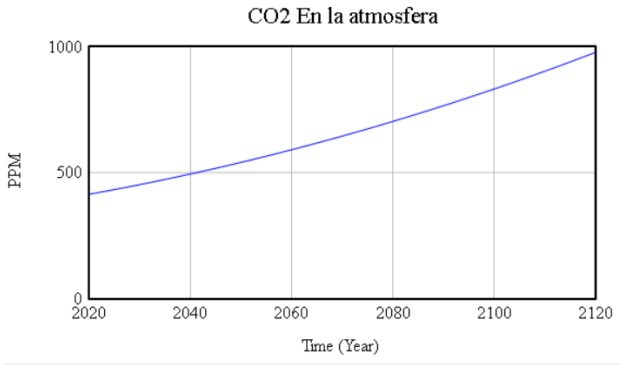


Figura 14. Gráfica de CO2 en la atmosfera.

El CO2 en la atmosfera presenta un crecimiento exponencial desde el año 2020 hasta el 2120. Sus partes por millón (PPM) aumentaron desde 415 hasta 1000 aproximadamente.

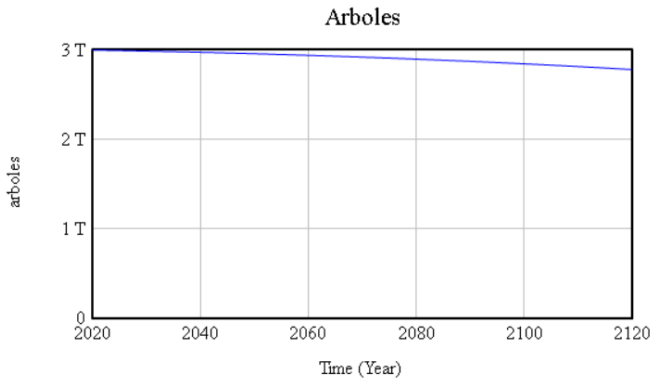


Figura 15. Gráfica de árboles.

La cantidad de árboles en el planeta presenta un decrecimiento exponencial desde el año 2020 hasta el 2120. Su cantidad bajó desde 3 trillones hasta 2.7 trillones aproximadamente.

3.2 Elaboración del GDD (Game Design Document)

3.2.1 Narrativa e información general

Es un juego serio de tipo estratégico y 2D. El juego emula de forma resumida e interactiva el cambio climático que se está presentando en la actualidad, el cual afecta y afectará al ecosistema del planeta de forma desfavorable para la vida. El usuario tiene el control del planeta en lo que a decisiones políticas sobre las emisiones de CO2 de 5 países respecta, las cuales cambiarán la dinámica de las variables que se quieren manipular. El juego consta de un panel principal o escena de juego, que contiene 3 pestañas fundamentales: Mapa, estadísticas y tienda. En el mapa se puede elegir una política a llevar a cabo (misión) de 15 posibles, el fracaso o éxito de la política al ser implementada afectará la variable de emisiones de CO2 y el CO2 almacenado en la atmosfera. En las estadísticas se puede observar gráficas y datos de las variables del modelo, las cuales son afectadas por las decisiones que toma el jugador en base a la elección de políticas. En la tienda, se pueden comprar objetos los cuales darán ventaja al jugador a la hora realizar alguna misión (seleccionar una política contra el cambio climático).

3.2.2 Nombre

El nombre del videojuego serio es CC Experience. La naturaleza del nombre se debe a que “CC” significa climate change (cambio climático en español), por lo que se da a entender que el videojuego otorga una experiencia sobre el tema del cambio climático al jugador.

3.2.3 Logo

Figura 16. Logo del juego.

Para la elaboración del logo del videojuego se tuvieron en cuenta colores relacionados al planeta Tierra (verde y azul), con las letras “C.C” (climate change) más grandes que “Experience”, para dar a entender que es un videojuego que aborda el tema del cambio climático.

3.2.4 Público Objetivo

Edad	10 años en adelante.
Género	Educativo/Estrategia/Toma de decisiones.
Localización	LA
Idioma	Español
Plataforma	PC. Sistema operativo Windows.

Tabla 3. Público objetivo.

3.2.5 Interfaces y elementos

El juego consta de tres 4 escenas o pantallas: La escena del menú, escena de información sobre CC Experience, escena de nombre de usuario y escena de juego.

Escena del menú:

Figura 17. Diseño de la escena del menú.

Descripción: La escena del menú es la primera escena del videojuego. Esta escena se ejecuta siempre que el usuario abre la aplicación.

Elementos: Contiene las siguientes opciones sobre las cuales el jugador puede hacer click:

- *Continuar partida:* Cierra la escena de menú y abre la escena de juego con los datos guardados de la última partida.
- *Nueva partida:* Cierra la escena de menú y abre la escena de nombre de usuario para crear una nueva partida.
- *Sobre CC Experience:* Cierra La escena de menú y abre la escena de información sobre el juego.
- *Salir:* Cierra la aplicación.

Escena de la información sobre CC Experience:

Figura 18. Diseño de la escena de información de CC Experience.

Descripción: La escena de información de juego muestra un texto donde se explica la naturaleza del videojuego y su principal objetivo.

Elementos: Contiene los siguientes elementos:

- *Texto de información del juego:* Explica la naturaleza del videojuego y su principal objetivo.
- *Volver:* Opción que permite al jugador volver a la escena del menú.

Escena de nombre de usuario:

Figura 19. Diseño de la escena de nombre de usuario.

Descripción: La escena de nombre de usuario se ejecuta cuando el jugador crea una nueva partida. Tiene como objetivo solicitar el nickname del jugador que participará en la escena de juego.

Elementos: Contiene los siguientes elementos:

- *Campo para ingresar el nickname:* Contiene la cadena de caracteres que escriba el jugador.
- *Volver:* Opción que permite al jugador volver a la escena del menú.
- *Siguiente:* Cierra la escena de nombre de usuario y ejecuta la escena de juego.

Escena de juego:

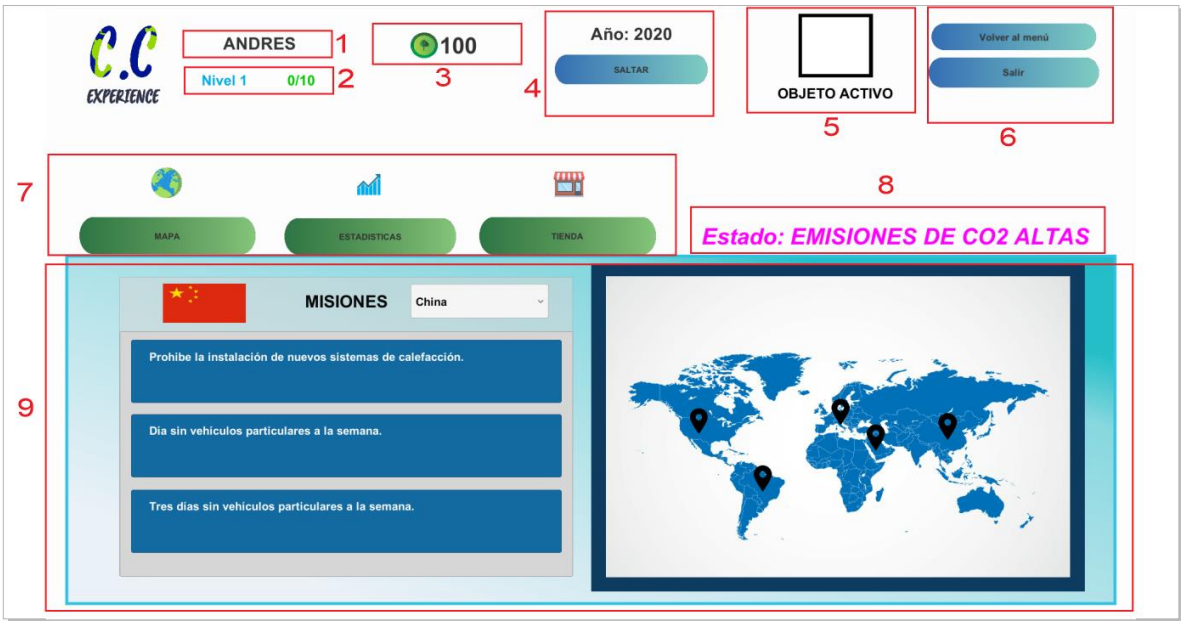


Figura 20. Diseño de la escena de juego.

Descripción: La escena de juego es la escena fundamental de CC Experience. Contiene todas las mecánicas del juego. Aquí inicia y finaliza una partida.

Elementos:

- *1.Nombre de usuario:* Aquí se visualiza el nickname que el jugador ingresó al crear la partida.
- *2.Nivel y experiencia del jugador:* Sección que muestra el nivel del jugador, el cual aumenta cuando se completa la experiencia requerida (La que se muestra a la derecha del nivel).
- *3.Green Coins (GC):* Es la moneda del juego. Se empieza con 100 GC al crear una nueva partida. Los GC se ganan avanzando un año manualmente y teniendo éxito al realizar alguna misión (política).

- *4.Año:* Muestra el año actual del juego. Inicia desde 2020 y finaliza en 2120 (cuando termina el juego). El año avanza realizando alguna misión (política) o avanzándolo manualmente haciendo click en el botón “avanzar año”.
- *5.Objeto activo:* Muestra si hay algún objeto por usar. Cuando se compra un objeto en la tienda, se mostrará en esta sección.
- *6. Volver y salir:* Dos opciones. La opción volver cierra la escena de juego y vuelve al menú principal. La opción salir cierra la aplicación.
- *7. Pestañas de juego:* Estas pestañas tienen una función única y las opciones mostradas dentro del contenedor de elementos (9) cambiarán según la pestaña sobre la cual el jugador haga click.
- *8. Estado de las emisiones:* Muestra un texto de apreciación subjetiva acerca de la cantidad de emisiones de CO2 generadas por todos los países.
- *9. Contenedor de elementos:* Muestra el conjunto de objetos relacionados con la pestaña activa.

Capítulo 4

Desarrollo del prototipo del videojuego serio

4.1 Programación del videjuego

La programación del videojuego se basa en los scripts (clases) realizados para elaborar las mecánicas y control del videojuego. El lenguaje utilizado fue C# y el motor de videojuegos empleado fue Unity 2D en su versión 2019.2.10f1.

Controlador de la escena del menú	
Nombre del script	MenuController
Cantidad de métodos	7
Función	Controla los métodos de cada uno de los botones del menú principal. Esta almacenado dentro de un GameObject llamado “GameController”.
Nombre del script	PlayerData
Cantidad de métodos	4
Función	Almacena los valores de las variables pertenecientes a una partida existente, utilizando la funcionalidad PlayerPrefs que provee Unity para almacenar datos localmente.
Controlador de la escena de información de CC Experience	
Nombre del script	InfoController
Cantidad de métodos	2
Función	Controla el método del único botón de la escena (*Volver*).
Controlador de la escena de nombre de usuario de CC Experience	
Nombre del script	UsernameController
Cantidad de métodos	4
Función	Almacena el nombre de usuario ingresado por el jugador en el InputField del canvas, para luego guardarlo dentro

	de una variable de tipo string y enviarla por parámetro a la clase PlayerData, donde será almacenado dentro de PlayerPrefs para crear una nueva partida.
Controlador de la escena de juego	
Nombre del script	Mision
Cantidad de métodos	11
Función	Contiene el constructor del objeto misión, junto con las variables que se necesitan para instanciar un nuevo objeto de este tipo. Contiene todos los getters y setters de todas las variables de la clase. Al crear un nuevo objeto de esta clase se está creando una nueva misión (política) que aparecerá en el panel de misiones del canvas en la pestaña “Mapa”.
Nombre del script	MissionController
Cantidad de métodos	30
Función	Crea las misiones haciendo uso de la clase Misión para luego generarlas y aplicar cambios en la mecánica del videojuego según se realicen. Gestiona el DropDown del canvas donde se pueden seleccionar misiones para un respectivo país.
Nombre del script	EstadisticasController
Cantidad de métodos	101
Función	Es el modelo dinámico sistémico hecho código. Aquí se gestionan los valores iniciales y cambiantes de todas las variables del modelo dinámico sistémico. Contiene métodos para dibujar y destruir funciones en un panel de gráficas dentro del canvas (interfaz), utilizando la clase Window_Graph. Contiene métodos enfocado en la simulación de los valores del modelo para un año respectivo, y también

	contiene getters y setters para obtener algunas variables del modelo o modificarlas desde otras clases que las requieran.
Nombre del script	TiendaController
Cantidad de métodos	14
Función	Gestiona la compra y uso de los 3 tipos de objetos que se encuentran en la pestaña “Tienda” del canvas. Contiene métodos que comprueban si el jugador tiene el nivel o Green Coins suficientes para desbloquear cada objeto y adquirirlo. Llama a la clase PlaySceneController para modificar los Green Coins del jugador y actualizarlos luego de realizar una compra.
Nombre del script	PlaySceneController
Cantidad de métodos	22
Función	Muestra y oculta los elementos de cada una de las pestañas del canvas (interfaz), haciendo uso de los métodos de las clases individuales de cada una de ellas (MissionController, EstadisticasController, TiendaController). Gestiona las estadísticas de usuario tales como el nivel, la experiencia, el año actual y los Green Coins.

Tabla 4. Scripts (clases) del videojuego serio.

4.2 Diagrama de clases

El diagrama de clases se muestra como parte de los anexos del documento. (Véase el Anexo 1).

4.3 Mecánicas

4.3.1 Mecánicas de la pestaña “Mapa”

Figura 21. Panel de misiones.

La pestaña mapa aborda dos tipos de interacciones. Por un lado, se encuentra la representación de las políticas contra el cambio climático, basadas en la reducción de CO2 de la atmosfera, en forma de misiones. Se pueden ver las misiones que hay disponibles en cada uno de los cinco países mediante el dropdown que se encuentra a la derecha del título “Misiones”. Siempre habrá 3 misiones para cada país (Véase la figura 21). Una misión es básicamente una política contra el cambio climático con los siguientes valores:

- *Descripción:* Breve descripción de lo que se busca realizar con la misión.
- *Probabilidad de éxito:* Qué tan probable es que la política logre efectuarse correctamente luego de realizar la misión.
- *Costo:* Valor en Green Coins que se restarán del jugador si se realiza la misión.

- *Recompensa:* Valor en Green Coins que ganará el jugador si la misión realizada tiene éxito.
- *Duración:* Cantidad de años que se avanzarán en el juego si se realiza la misión.

Los valores descritos anteriormente para cada misión se mostrarán en un nuevo panel, luego de seleccionar alguna misión del panel de misiones:

Figura 22. Panel de información de la misión.

El usuario podrá decidir si realiza la misión seleccionada o no. Si lo hace, avanza la cantidad de años en el juego según la duración de la misión, llamando al método correspondiente en la clase PlaySceneController, también, actualiza los Green Coins del jugador. Dentro del método HacerMision() que se encuentra en la clase MissionController, se decide si la misión ha tenido éxito o no, mediante la generación de un número aleatorio ubicado entre los valores de 0 y 100. Si el valor es menor que la probabilidad de éxito, se dice que la misión ha sido exitosa, de lo contrario, habrá fracasado.

Figura 23. Panel de resultado de misión.

El resultado de la misión, mostrado en el panel de resultado de misión (Véase la figura 23.) contiene un mensaje que le indica al jugador si la misión tuvo éxito o no, y una descripción que indica la variable que fue alterada en el modelo gracias a la aplicación de dicha política. La clase MissionController utiliza el setter de la variable correspondiente en la clase EstadisticasController, para aumentarla o disminuirla según lo defina la política exitosa que se acaba de realizar.

En segundo lugar, para la mecánica de la pestaña “Mapa” se encuentra el objeto que hace apología al mismo nombre: Un mapamundi donde se marcan los cinco países del juego. Cuando el jugador selecciona la marca de alguno de los países, el script PlaySceneController activa un nuevo panel donde se representan datos importantes de dicho país, además de los valores de algunas de las variables del modelo relacionadas con él.

Figura 24. Mapamundi con las marcas de los 5 países del videojuego.

Figura 25. Panel de información relevante sobre un país.

4.3.2 Mecánicas de la pestaña “Estadísticas”

La pestaña estadísticas presenta los valores para el año actual (del juego) de las variables de tipo NIVEL del modelo dinámico sistémico. Se pueden ver los valores de los niveles relacionados con la población y la emisión de CO_2 para cada uno de los cinco países, seleccionando alguno de ellos en el dropdown (caja de opciones).

En el caso de seleccionar “Global” del dropdown, se mostrarán los valores de las variables de tipo NIVEL del modelo relacionadas con el CO2 en la atmosfera (en PPM), las emisiones globales, y la cantidad de árboles en el planeta.

Al seleccionar una de las variables mostradas en el panel, al costado derecho se actualizará la gráfica donde se representará la función que contiene los valores de dicha variable para un lapso de 100 años (partiendo desde el año actual del juego).

En la esquina superior derecha del panel (Véase la figura 26) se encuentra un campo de texto donde el jugador podrá ingresar un año especifico, siempre y cuando sea mayor que el año actual del juego. El jugador podrá simular los valores que tendrán las variables globales y de cada uno de los países para ese año, sin perder los datos de las variables para el año actual. La simulación se cancelará al volver a los datos actuales mediante la opción que se encuentra a la izquierda del campo de texto, o bien, al abandonar la pestaña estadísticas.

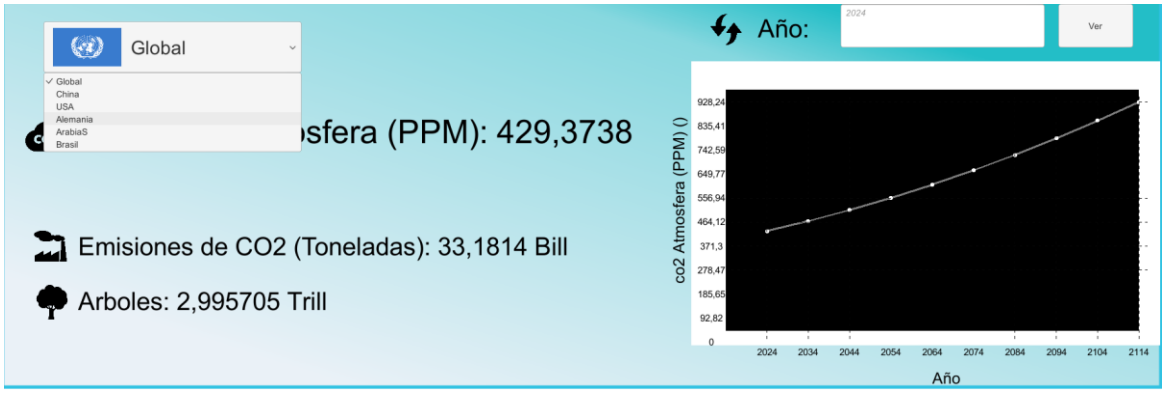


Figura 26. Elementos de la pestaña estadísticas.

4.3.2 Mecánicas de la pestaña “Tienda”

La tienda presenta 3 objetos los cuales están sujetos a ser comprados y utilizados por el jugador durante la partida (Véase la figura 27). Cada objeto requiere de un nivel mínimo del jugador para ser desbloqueado y poder acceder a la compra del mismo. Cada objeto tiene un costo en Green Coins, los cuales serán restados llamando al método respectivo que se encuentra en la clase PlaySceneController.

Al comprar un objeto, este aparecerá en el cuadro de objeto activo (Véase la figura 28). No se puede comprar otro objeto si hay un objeto activo por utilizar. Al realizar una misión, se consumirá el objeto y se aplicarán sus efectos, los cuales están descritos en cada uno de los paneles del objeto. (Véase la figura 27).

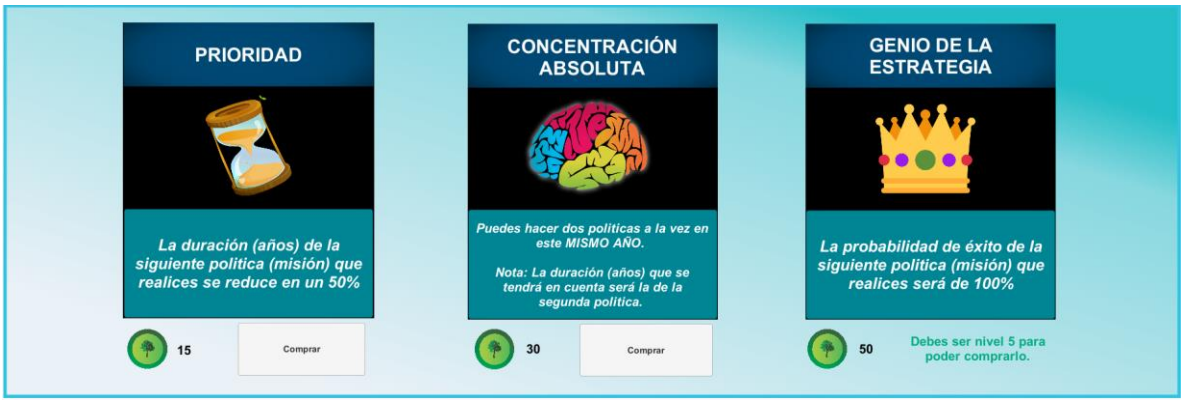


Figura 27. Objetos de la pestaña tienda.

Figura 28. Cuadro del objeto activo esperando a ser utilizado.

4.4 Políticas incluidas en el videojuego:

Las políticas incluidas como misiones dentro del videojuego serio se obtuvieron en base a la investigación previa (Véase el anexo 6), se utilizó la herramienta En-ROADS, un simulador online de emisiones de CO2 desarrollado por el MIT, para comprobar la efectividad de cada política y así asignarle un valor de reducción o aumento a la tasa específica de la variable correspondiente dentro del modelo.

Capítulo 5

Pruebas de funcionalidad

5.1 Pruebas de la versión Alfa

Se llevó a cabo una prueba sobre el ejecutable para determinar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos del videojuego para la versión Alfa. Al jugar una partida y evaluar cada uno de los elementos y escenas del juego, se encontraron los siguientes errores, los cuales fueron solucionados luego de la realización de las pruebas:

Nombre del bug	Descripción	Solución
Imposible avanzar año fuera de estadísticas.	No se podía avanzar el año actual en el videojuego si el gameObject estadísticas que contiene los elementos de dicha pestaña se encontraba desactivado.	Las funciones para al año actual que se muestra en el gameObject de tipo TEXT del canvas de la interfaz ahora se realizan en la clase PlaySceneController y no en EstadisticasController como se hacía anteriormente. Esto se hace con nuevos metodos para la clase PlaySceneController y esta pasa como parámetro el año actual a EstadisticasController cuando es necesario.
Graficas para Arboles y Emision de CO2 antropogenico no se muestran como deberían.	La clase Window_Graph no estaba creando correctamente la gráfica para las dos variables mencionadas en el nombre del bug. Esto ocurre porque la unidad de referencia en el eje Y (billón,trillón, etc) solo se tomaba para el primer valor en la lista.	Ahora se busca el número mayor en la lista que contiene los valores a gráficar. La unidad del número mayor de la lista será tomada como referencia para todos los valores en el eje Y.

Tabla 5. Bugs de la versión Alfa

5.2 Pruebas de la versión Beta

Se llevó a cabo una prueba sobre el ejecutable para determinar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos del videojuego para la versión Beta. Al jugar una partida y evaluar cada uno de los elementos y escenas del juego, se encontraron los siguientes errores, los cuales fueron solucionados luego de la realización de las pruebas:

Nombre del bug	**Descripción**	**Solución**
Imposible aplicar cambios a las estadísticas luego de realizar una misión.	No se podían aplicar cambios a las variables del script EstadisticasController si el usuario no había abierto la pestaña “Estadísticas” al menos una vez .	Desde la clase PlaySceneController se ejecuta por unos milisegundos la pestaña estadísticas al iniciar el juego, de modo que sea posible inicializar el script EstadisticasController y así poder utilizar sus métodos desde otras clases.

Tabla 6. Bugs de la versión Beta

Luego de solucionar todos los errores en cuanto a programación se refiere para esta versión, se llevó a cabo la evaluación de la funcionalidad del videojuego en cuanto a la solución del planteamiento del problema se refiere: El desconocimiento de las personas acerca de las políticas contra el cambio climático. Para comprobar lo anterior, se elaboró una encuesta de Google Forms (Antes y después de jugar una partida de CC Experience) (Véase el Anexo 2) donde se evaluaban los conocimientos y opiniones de los jugadores acerca de las políticas basadas en la reducción de emisiones de CO2 e información general sobre el cambio climático.

A continuación, se presenta los resultados de la encuesta realizada a los jugadores antes y después de una partida del videojuego serio. Al jugador se le realizaron un total de 30 preguntas, y en la mayoría de ellas tiene 4 posibles opciones de respuesta: Nada, poco bastante o mucho. Las inquietudes planteadas sobre el

cambio climático ahondan principalmente en el grado de responsabilidades que tienen cada una de las entidades que influyen directa o indirectamente en el incremento o amortiguamiento del cambio climático. También, abarcan decisiones sobre el nivel de importancia de políticas específicas.

Resultados de la encuesta antes de jugar CC Experience				
Número de encuestados	15			
Pregunta	**Nada**	**Poco**	**Bastante**	**Mucho**
Grado de responsabilidad que deben tener las industrias respecto a soluciones al cambio climático	6,7%	20%	33,3%	40%
Grado de responsabilidad que deben tener los agricultores y ganaderos respecto a soluciones al cambio climático	20%	20%	33,3%	26,7%
Grado de responsabilidad que debe tener el gobierno respecto a soluciones al cambio climático	6,7%	20%	33,3%	40%
Grado de responsabilidad que deben tener los ciudadanos respecto a soluciones al cambio climático	0%	33,3%	40%	26,7%
Grado de responsabilidad que deben tener los centros de salud respecto a soluciones al cambio climático	13,3%	13,3%	46,7%	26,7%
Grado de responsabilidad que deben tener los científicos	6,7%	33,3%	20%	40%

respecto a soluciones al cambio climático				
Grado de responsabilidad que deben tener los medios de comunicación respecto a soluciones al cambio climático	20%	33,3%	26,7%	20%
Grado de responsabilidad que deben tener los ecologistas respecto a soluciones al cambio climático	0%	20%	46,7%	33,3%
Grado de responsabilidad que debe tener la ONU respecto a soluciones al cambio climático	13,3%	13,3%	26,7%	46,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Suspender la construcción de nuevas autovías y autopistas	20%	26,7%	40%	13,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Subvencionar la compra de electrodomésticos eficientes	13,3%	20%	33,3%	33,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Mejorar la información al consumidor sobre las emisiones de CO2 asociadas a productos y servicios	6,7%	26,7%	40%	26,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Subir	20%	13,3%	33,3%	33,3%

los impuestos de los vehículos más contaminantes				
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Destinar más fondos a la investigación del cambio climático	6,7%	13,3%	40%	40%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Construir más plantas de energía nacional	20%	33,3%	40%	6,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Restringir la publicidad de los automóviles más contaminantes	20%	26,7%	26,7%	26,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba a los ciudadanos tener más de un hijo por mujer.	33,3%	46,7%	13,3%	6,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba a los ciudadanos tener más de dos hijos por mujer.	20%	40%	33,3%	6,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Campañas publicitarias y	0%	13,3%	46,7%	40%

eventos contra la la tala de árboles.				
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Campañas publicitarias y eventos promoviendo la plantación de árboles.	0%	33,3%	26,7%	40%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Campañas y proyectos de ley contra la quema de residuos plásticos.	0%	33,3%	26,7%	40%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba la fabricación y consumo de plástico.	20%	20%	33,3%	26,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que regule la fabricación y consumo de plástico.	0%	46,7%	33,3%	20%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Impuesto sobre las emisiones de CO2 por industrias.	0%	20%	46,7%	33,3%
¿Deberíamos preocuparnos por problemas más importantes que el cambio climático?	33,3%	26,7%	33,3%	6,7%

¿Deberíamos reducir el consumo energético?	0%	40%	33,3%	26,7%
¿Deberíamos anticiparnos ante las posibles consecuencias del cambio climático?	6,7%	33,3%	40%	20%
Grado en el que está de acuerdo con la siguiente afirmación: No deberíamos hacer nada contra el cambio climático	40%	40%	20%	0%

¿Qué piensa sobre el cambio climático?	Está ocurriendo: **80%**	No está ocurriendo: **20%**

¿El cambio climático actual está siendo provocado por...?	Solo causas naturales: **6,7%**	Principalmente causas naturales: **13,3%**	Principalmente el ser humano: **33,3%**	Solo el ser humano: **20%**	Por ambos: **26,7%**

Tabla 7. Encuesta antes de jugar CC Experience

Los resultados de la encuesta antes de jugar CC Experience (Véase la tabla 7) muestran la variabilidad de opiniones presentes en el tema de las emisiones de CO2 y el cambio climático, donde cada porcentaje en cada una de las cuatro posibles opciones de respuesta no es lo suficientemente alto (o bajo) en la mayoría de los casos como para ser considerado representante de la opinión popular.

Lo anterior indica, que la información sobre el cambio climático es confusa o desconocida en la mayoría de los encuestados. El motivo de dicha confusión y desconocimiento proviene de los motivos presentados en el planteamiento del

problema, dentro de los cuales están el escepticismo, la poca o nula importancia al tema por parte del estado, la indiferencia social, entre otras.

Resultados de la encuesta después de jugar CC Experience				
Número de encuestados	15			
Pregunta	**Nada**	**Poco**	**Bastante**	**Mucho**
Grado de responsabilidad que deben tener las industrias respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	33,3%	60%
Grado de responsabilidad que deben tener los agricultores y ganaderos respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	53,3%	40%
Grado de responsabilidad que debe tener el gobierno respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	26,7%	66,7%
Grado de responsabilidad que deben tener los ciudadanos respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	60%	33,3%
Grado de responsabilidad que deben tener los centros de salud respecto a soluciones al cambio climático	6,7%	13,3%	60%	20%
Grado de responsabilidad que deben tener los científicos respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	40%	53,3%
Grado de responsabilidad que deben tener los medios de	0%	13,3%	46,7%	40%

comunicación respecto a soluciones al cambio climático				
Grado de responsabilidad que deben tener los ecologistas respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	60%	33,3%
Grado de responsabilidad que debe tener la ONU respecto a soluciones al cambio climático	0%	6,7%	20%	73,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Suspender la construcción de nuevas autovías y autopistas	0%	33,3%	53,3%	13,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Subvencionar la compra de electrodomésticos eficientes	0%	6,7%	26,7%	66,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Mejorar la información al consumidor sobre las emisiones de CO2 asociadas a productos y servicios	0%	6,7%	46,7%	46,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Subir los impuestos de los vehículos más contaminantes	0%	6,7%	46,7%	46,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático:	0%	6,7%	20%	73,3%

Destinar más fondos a la investigación del cambio climático				
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Construir más plantas de energía nacional	6,7%	46,7%	33,3%	13,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Restringir la publicidad de los automóviles más contaminantes	0%	13,3%	53,3%	33,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba a los ciudadanos tener más de un hijo por mujer.	26,7%	33,3%	40%	0%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba a los ciudadanos tener más de dos hijos por mujer.	6,7%	26,7%	60%	6,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Campañas publicitarias y eventos contra la la tala de árboles.	0%	6,7%	66,7%	26,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático:	0%	6,7%	53,3%	40%

Campañas publicitarias y eventos promoviendo la plantación de árboles.				
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Campañas y proyectos de ley contra la quema de residuos plásticos.	0%	6,7%	13,3%	80%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que prohíba la fabricación y consumo de plástico.	0%	6,7%	26,7%	66,7%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Proyecto de ley que regule la fabricación y consumo de plástico.	0%	6,7%	20%	73,3%
Grado en que se encuentra de acuerdo con la siguiente política contra el cambio climático: Impuesto sobre las emisiones de CO2 por industrias.	0%	6,7%	20%	73,3%
¿Deberíamos preocuparnos por problemas más importantes que el cambio climático?	53,3%	40%	0%	6,7%
¿Deberíamos reducir el consumo energético?	0%	6,7%	33,3%	60%
¿Deberíamos anticiparnos ante las posibles consecuencias del cambio climático?	0%	6,7%	26,7%	66,7%

Grado en el que está de acuerdo con la siguiente afirmación: No deberíamos hacer nada contra el cambio climático	86,7%	6,7%	6,7%	0%

¿Qué piensa sobre el cambio climático?	Está ocurriendo: **93,3%**	No está ocurriendo: **6,7%**

¿El cambio climático actual está siendo provocado por...?	Solo causas naturales: **0%**	Principalmente causas naturales: **0%**	Principalmente el ser humano: **40%**	Solo el ser humano: **0%**	Por ambos: **60%**

Tabla 8. Encuesta después de jugar CC Experience.

Los resultados de la encuesta después de jugar CC Experience (Véase la tabla 8) muestran que los porcentajes en cada una de las opciones tienden más hacia una o dos respuestas en específico, lo que significa que las opiniones en el tema son menos variables luego de una partida.

Los jugadores basan sus respuestas en la experiencia obtenida dentro del videojuego, y son resultado de las políticas seleccionadas mediante la toma de decisiones en el escenario virtual. La efectividad de cada política es mostrada a los jugadores, por lo que ellos pueden tener una respuesta más precisa sobre si están de acuerdo o no con la política implementada a la hora de realizar la encuesta después de jugar. De la misma forma, los encuestados obtienen un mayor enfoque en cuando a qué entidades tienen mayor menor responsabilidad en el tema, y de qué forma pueden aportar a la solución del problema.

Finalmente, los jugadores aceptaron mediante una casilla, que habían leído el documento de consentimiento para participar en una encuesta (Véase Anexo 3.), en los que otorgaron sus permisos correspondientes para el uso de sus respuestas con un fin meramente académico.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajos futuros

6.1 Conclusiones

Se diseñó y elaboró el prototipo de un videojuego en su versión beta, basado en modelos de dinámica de sistemas, que permite simular políticas que impactan en el cambio climático, en base a la toma de decisiones de forma estratégica y la visualización del impacto de las decisiones mediante gráficas y representación de valores.

Los resultados de las encuestas demostraron que los jugadores mantuvieron su enfoque mucho más en la sección donde elegían de forma estratégica la siguiente misión que iban a ejecutar en un año determinado, en contraparte a la sección donde se visualizaban las estadísticas que representaban los cambios en las variables en consecuencia de las decisiones tomadas.

El videojuego podría ser empleado como herramienta educativa en instituciones educativas donde el área o el tema que el profesor quiera impartir aborde la temática de las emisiones de CO2 y el cambio climático. Se presupone que en una actividad conjunta orientada por algún tercero (un profesor, por ej.) CC Experience podría servir como apoyo para la comprensión correcta del tema de manera entretenida y didáctica, lo que reforzaría los conocimientos de los participantes.

El modelo y sus simulaciones dentro del juego muestran un futuro desfavorable para la atmosfera terrestre si no se hace algo para frenar o reducir las emisiones de CO2 por parte de los países presentados en el videojuego, la tala de árboles y el aumento desproporcionado de la población para algunos países. Sin embargo, se evidenció

que, aplicadas las políticas relativamente adecuadas, el CO2 en la atmosfera puede ser reducido a un intervalo equivalente entre 500 y 800 PPM para dentro de 100 años.

6.2 Trabajos futuros

Como trabajo futuro, se considera implementar una mecánica interactiva o algún incentivo dentro de la jugabilidad que promueva al jugador a visitar más la pestaña de estadísticas, para así enterarse de cómo aumentan o se reducen los valores influyentes en la dinámica del sistema del CO2 en la atmosfera. También se espera incluir más países al modelo y por ende, al videojuego, incrementará la exactitud de los resultados y otorgará una variedad más amplia de misiones (políticas) a realizar, lo anterior significaría una mayor dificultad estratégica y más variedad en CC Experience, lo que incentivaría más al jugador a adentrar su atención aún más en el videojuego serio.

Por último, se plantea la posibilidad de iniciar una pequeña empresa u organización que se encargue de distribuir CC Experience a comunidades e instituciones que puedan emplearlo como herramienta educativa y generadora de cambio en el pensamiento respecto a la importancia del cambio climático. En ella, se podrían construir nuevos softwares que aporten a la solución del problema, y nuevas versiones de CC Experience en el que el sistema empleado en el modelo sea aún más amplio, para así dar con resultados mucho más exactos y eficaces. Como expansión del sistema, y en consecuencia, del videojuego, se considerará agregar los subsistemas relacionados con los demás gases de efecto invernadero que influyen en el aumento de la temperatura del planeta, con sus respectivas variables.

Bibliografía

Abraham, B. (2018). Video Game Visions of Climate Futures: ARMA 3 and Implications for Games and Persuasion. *Games and Culture, Vol. 13(1)*, 71-91.

Albert, L. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. *México Tóxico. Capítulo, 4*, 38–52.

Ballesteros, H., & Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático . *Bogotá DC: Nota Técnica Del IDEAM*.

Belli, S., & López, C. (2008). Breve Historia de los Videojuegos. *Athenea Digital. Revista de Pensamiento e Investigación Social, num 14*, 159-179.

Campos, J., Canto, S., & Garcia, F. (2005). Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. 5.

Carter, N. (2006). Party politicization of the environment in Britain. *Party Politics*, 747-766.

Corner, A., Roberts, O., Chiari, S., Voller, S., Mayrhuber, E., Mandi, S., & Monson, K. (2015). How do young people engage with climate change? The role of knowledge, values, message framing, and trusted communicators. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change.*, 523-534.

Crawford, C. (1984). The art of computer game design.

Donado, J., Dormido, S., & Morilla, F. (2005). Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. *Curso de Experto Universitario en Epidemiología y nuevas tecnologías aplicadas, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III*.

Douglas, & Sutton. (2015). limate change: Why the conspiracy theories are dangerous. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 98-106.

Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J., & Tosca, S. (2019). Understanding video games: The essential introduction. *Routledge*.

Etxeberria, X. (1998). Videojuegos y educación. *Comunicar, núm. 10*, 171-180.

Forrester, J. (1968). Industrial Dynamics-After the First Decade. *Science, 14(7)*, 398-415.

Forrester, J. (2009). Some basic concepts in system dynamics. *Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge*, 9.

Giddens, A. (2010). La política del cambio climático. *Alianza Editorial*, 15.

Gómez, A., & Pérez, J. (2016). La transmisión de valores y responsabilidad social a partir de los videojuegos. *Sphera Publica, 1(16)*, 114-131.

Gonzalez, M., Jurado, E., Gonzalez, S., Aguirre, O., Jimenez, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL / Vol VI, No.3*, 377.

Hill, M. (2010). Understanding environmental pollution. *Cambridge University Press*.

IPCC. (2018). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. . *Anexe III Glossary*, 1450.

Keeling, C., Adams, A., Ekdahl, C., & Guenther, P. (1976). *Atmospheric carbon dioxide variations at the South Pole.* University of California at San Diego, La Jolla, California, USA.: IPCC.

Madani, K., Pierce, T., & Mirchi, A. (2017). Serious games on environmental management. *Sustainable Cities and Society, 29*, 1-11.

Mann, M., & Bradley, R. (1999). Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations . *Geophysical Research Letters, Vol. 26, No. 6.*, 759-762.

Michael, D., & Chen, S. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.

Mugueta, I., Manzano, A., Alonso, P., & Labiano, L. (2015). Videojuegos para aprender Historia: una experiencia con Age of Empires. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, 32.

Ramadan, R., & Widyani, Y. (2013). Game development life cycle guidelines. *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 95–100.

Requena, S., González, M., & Gea, V. (2017).

El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *Educar, 53(1)*, 80-107.

Rojo, T., & Dudu, S. (2017). Los videojuegos en la implementación de políticas de mitigación del cambio climático. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación, (37)*, 1-25.

Ryan, D. (2017). POLÍTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: EXPLORANDO LA RELACIÓN ENTRE PARTIDOS POLÍTICOS. *Ambiente y Sociedade*, 277.

Salazar, M., Mitre, H., Olalde, C., & Sánchez, J. (2012). Proposal of Game Design Document from software engineering requirements perspective. *2012 17th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, 81-85.

Sterman, J., Fiddaman, T., Franck, T., Jones, A., McCauley, S., Rice, P., . . . Siegel, L. (2012). Climate interactive: the C-ROADS climate policy model. *System Dynamics Review vol 28, No 3*, 295-305.

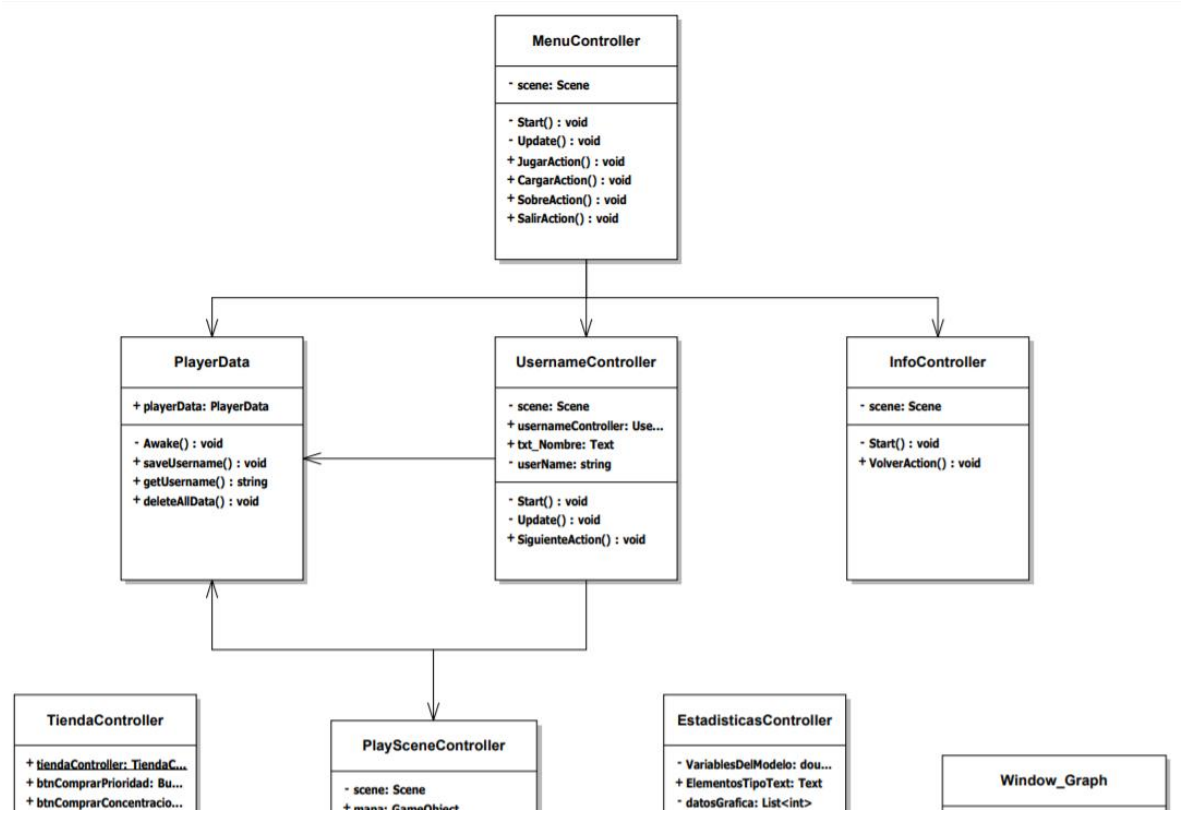
Unity. (29 de Octubre de 2019). *Unity*. Obtenido de Unity 2019: Performance by Default, gráficos de alta fidelidad en tiempo real y herramientas para artistas: https://unity.com/es

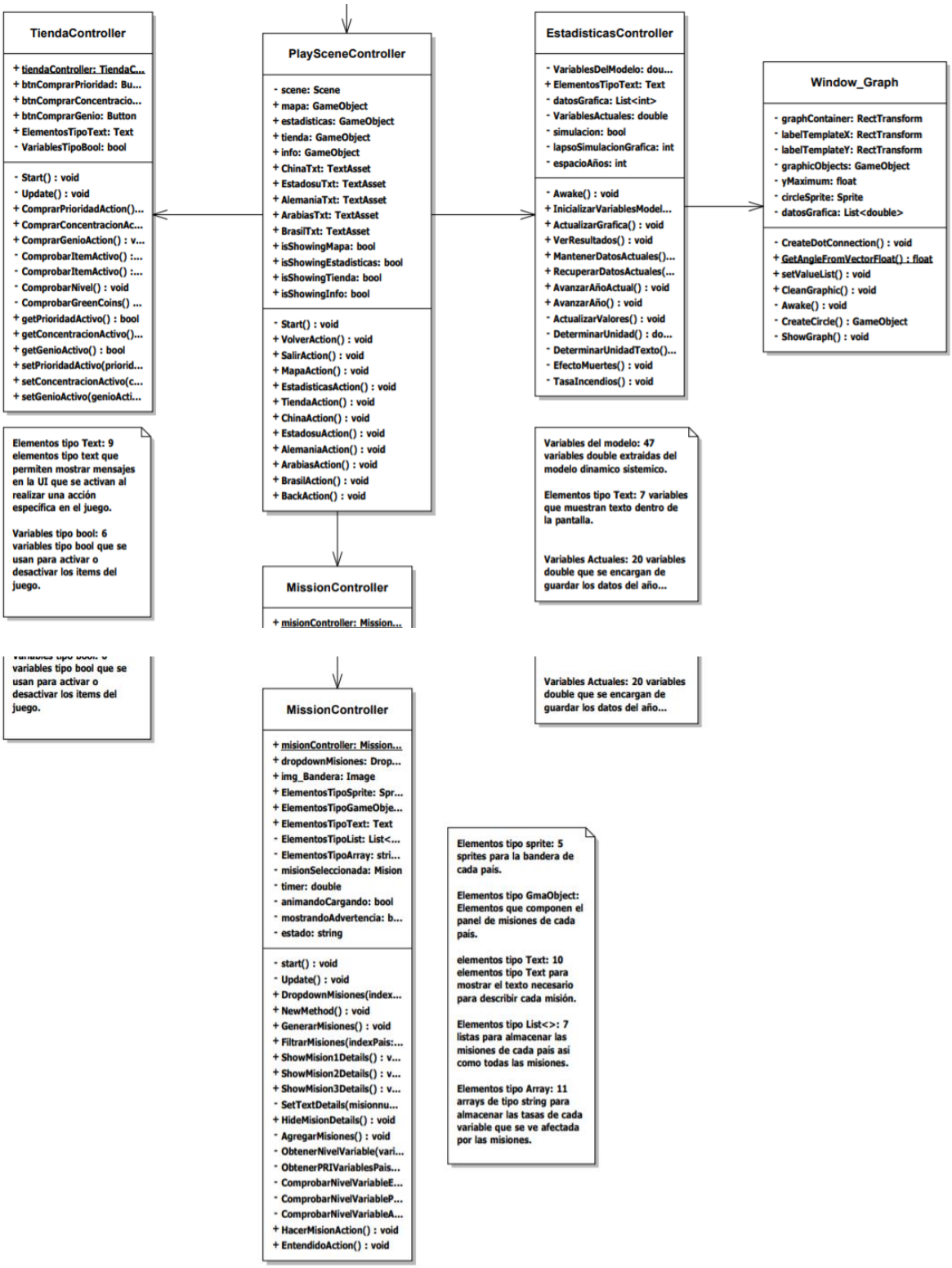
VENSIM. (29 de Octubre de 2015). *Vensim Software*. Obtenido de https://vensim.com/vensim-software/

Anexos

Anexo 1

Diagrama de clases.




TiendaController
+ tiendaController: TiendaC...
+ btnComprarPrioridad: Bu...
+ btnComprarConcentracio...
+ btnComprarGenio: Button
+ ElementosTipoText: Text
- VariablesTipoBool: bool
- Start() : void
- Update() : void
+ ComprarPrioridadAction()...
+ ComprarConcentracionAc...
+ ComprarGenioAction() : v...
- ComprobarItemActivo() :...
- ComprobarItemActivo() :...
- ComprobarNivel() : void
- ComprobarGreenCoins() ...
+ getPrioridadActivo() : bool
+ getConcentracionActivo()...
+ getGenioActivo() : bool
+ setPrioridadActivo(priorid...
+ setConcentracionActivo(c...
+ setGenioActivo(genioActi...
Elementos tipo Text: 9 elementos tipo text que permiten mostrar mensajes en la UI que se activan al realizar una acción especifica en el juego.
Variables tipo bool: 6 variables tipo bool que se usan para activar o desactivar los items del juego.
PlaySceneController
- scene: Scene
+ mapa: GameObject
+ estadisticas: GameObject
+ tienda: GameObject
+ info: GameObject
+ ChinaTxt: TextAsset
+ EstadosuTxt: TextAsset
+ AlemaniaTxt: TextAsset
+ ArabiasTxt: TextAsset
+ BrasilTxt: TextAsset
+ isShowingMapa: bool
+ isShowingEstadisticas: bool
+ isShowingTienda: bool
+ isShowingInfo: bool
- Start() : void
+ VolverAction() : void
+ SalirAction() : void
+ MapaAction() : void
+ EstadisticasAction() : void
+ TiendaAction() : void
+ ChinaAction() : void
+ EstadosuAction() : void
+ AlemaniaAction() : void
+ ArabiasAction() : void
+ BrasilAction() : void
+ BackAction() : void
EstadisticasController
- VariablesDelModelo: dou...
+ ElementosTipoText: Text
- datosGrafica: List<int>
- VariablesActuales: double
- simulacion: bool
- lapsoSimulacionGrafica: int
- espacioAños: int
- Awake() : void
+ InicializarVariablesModel...
+ ActualizarGrafica() : void
+ VerResultados() : void
+ MantenerDatosActuales()...
+ RecuperarDatosActuales(...
+ AvanzarAñoActual() : void
+ AvanzarAño() : void
- ActualizarValores() : void
- DeterminarUnidad() : do...
- DeterminarUnidadTexto()...
- EfectoMuertes() : void
- TasaIncendios() : void
Variables del modelo: 47 variables double extraidas del modelo dinamico sistemico.
Elementos tipo Text: 7 variables que muestran texto dentro de la pantalla.
Variables Actuales: 20 variables double que se encargan de guardar los datos del año...
Window_Graph
- graphContainer: RectTransform
- labelTemplateX: RectTransform
- labelTemplateY: RectTransform
- graphicObjects: GameObject
- yMaximum: float
- circleSprite: Sprite
- datosGrafica: List<double>
- CreateDotConnection() : void
+ GetAngleFromVectorFloat() : float
+ setValueList() : void
+ CleanGraphic() : void
- Awake() : void
- CreateCircle() : GameObject
- ShowGraph() : void
MissionController
+ misionController: Mission...
variables tipo bool que se usan para activar o desactivar los items del juego.
Variables Actuales: 20 variables double que se encargan de guardar los datos del año...
MissionController
+ misionController: Mission...
+ dropdownMisiones: Drop...
+ img_Bandera: Image
+ ElementosTipoSprite: Spr...
+ ElementosTipoGameObje...
+ ElementosTipoText: Text
- ElementosTipoList: List<...
- ElementosTipoArray: stri...
- misionSeleccionada: Mision
- timer: double
- animandoCargando: bool
- mostrandoAdvertencia: b...
- estado: string
- start() : void
- Update() : void
+ DropdownMisiones(index...
+ NewMethod() : void
+ GenerarMisiones() : void
+ FiltrarMisiones(indexPais:...
+ ShowMision1Details() : v...
+ ShowMision2Details() : v...
+ ShowMision3Details() : v...
- SetTextDetails(misionnu...
+ HideMisionDetails() : void
- AgregarMisiones() : void
- ObtenerNivelVariable(vari...
- ObtenerPRIVariablesPais...
- ComprobarNivelVariableE...
- ComprobarNivelVariableP...
- ComprobarNivelVariableA...
+ HacerMisionAction() : void
+ EntendidoAction() : void
Elementos tipo sprite: 5 sprites para la bandera de cada país.
Elementos tipo GmaObject: Elementos que componen el panel de misiones de cada país.
elementos tipo Text: 10 elementos tipo Text para mostrar el texto necesario para describir cada misión.
Elementos tipo List<>: 7 listas para almacenar las misiones de cada país así como todas las misiones.
Elementos tipo Array: 11 arrays de tipo string para almacenar las tasas de cada variable que se ve afectada por las misiones.

Anexo 2

Link a la encuesta de Google Forms para evaluar el avance en conocimiento sobre las políticas del cambio climático de las personas después de jugar CC Experience:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfAziulqhWGIIZwCMPAr0C-wRbNPXi2VcWrNXRxMpxFyYrjZA/viewform

Anexo 3

Política de privacidad para la obtención del consentimiento de los encuestados.

Universidad Autónoma de Bucaramanga
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Proyecto de Grado

CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN UNA ENCUESTA

PROTOTIPO DE VIDEOJUEGO SERIO BASADO EN MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE IMPACTEN EN EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Andrés Eduardo Casadiegos Gómez y Brayan Mauricio Diaz Bermudez.

El objetivo principal de esta encuesta es evaluar si los jugadores del videojuego serio CC Experience logran aprender acerca de políticas que impacten el cambio climático. Este proyecto es desarrollado por Andrés Eduardo Casadiegos Gómez y Brayan Mauricio Diaz Bermudez, estudiantes de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y cuenta con la dirección de Ph.D. Jorge Andrick Parra Valencia.

Con este proyecto se busca concientizar a estudiantes, tanto de colegios como de universidades, y a personas interesadas, el impacto que tiene sobre el cambio climático las políticas, orientadas al cambio climático, aplicadas en algunos de los países más contaminantes del mundo.

Tenga en cuenta que este prototipo de videojuego serio se encuentra en fase de desarrollo, sin embargo, si decide participar de la encuesta, en el momento en el que se termine la fase de desarrollo, le será enviada una copia del juego terminado.

La información que nos brinde será tratada de manera confidencial y anónima. En ningún caso sus respuestas serán presentadas acompañadas de su nombre o de algún dato que lo identifique. Su participación es totalmente voluntaria y puede darla por terminada en cualquier momento. Asimismo, puede plantear todas sus dudas respecto a este proyecto al mail bdiaz586@unab.edu.co o acasadiego@unab.edu.co.

Anexo 4

Link al código C# de las clases (Scripts) implementadas en el desarrollo del videojuego, almacenado en un repositorio de Git Hub: https://github.com/acasadiego/CCExperienceBETA

Anexo 5

Políticas contra el cambio climático

China

- China prohibió la implementación de nuevas centrales eléctricas que funcionaran con carbón en las regiones más contaminadas del país
- Las ciudades grandes como Pekín, Shanghái y Cantón, restringieron la cantidad de autos en las calles.
- El país también redujo su capacidad de producción de hierro y acero, y cerró muchas minas de carbón. eliminación de calentadores de carbón que muchas casas y negocios utilizaban como forma de calefacción en el invierno.https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/China-medidas-contaminacion-atmosferica-beijing

Estados Unidos

- Se deroga una norma de protección de los ríos que prohibía a las compañías mineras verter los residuos a ríos.
- La EPA frena una norma que controla el vertido de metales tóxicos, como arsénico y mercurio, de las centrales eléctricas en las vías navegables públicas.
- La Agencia consigue convencer a una corte de apelaciones para que frene una norma de la administración Obama que tenía por objetivo reducir las emisiones tóxicas de las centrales eléctricas.
- Se suspenden durante tres meses unas normas relativas a las emisiones de metano para que la Agencia pueda "reconsiderar ciertos aspectos" de la normativa.

- La Agencia anuncia que suspende durante dos años la normativa que pretendía reducir las fugas de las emisiones de los operadores de gas y de petróleo.
- La Agencia, junto con el ejército de Estados Unidos, propone poner fin a la norma relativa a la pureza del agua.https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/China-medidas-contaminacion-atmosferica-beijing
-

Alemania

- **Precio del dióxido de carbono (CO^2) en el transporte y los edificios.https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p10=0.1&p39=20&g0=1&g1=88&v=2.7.19**
- **Prohibición de instalación de nuevos sistemas de calefacción de gasóleo.**
- **Aumento del subsidio de viaje a partir de 2021.**
- **Billetes de tren de larga distancia más baratos y un impuesto de tráfico aéreo más alto. https://elpais.com/internacional/2019/09/20/actualidad/1568998362_826622.html**

Otras medidas

1. Impulsar la silvicultura. (http://www.fao.org/3/u9300s/u9300s08.htm)
2. Impuestos sobre los coches contaminantes.
3. Incentivar la compra de coches eléctricos. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p53=3.1&p55=-0.1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
4. Cerrar centrales eléctricas de carbón.https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p211=1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
5. Cerrar reactores nucleares.
6. Impuesto sobre los billetes de avión.
7. https://www.climatica.lamarea.com/paises-reducir-emisiones-gases-efecto-invernadero/
8. aumento del uso de energías renovables (eólica, solar, biomasa) y centrales combinadas de calor y electricidad;https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p16=-0.03&g0=1&g1=88&v=2.7.19

9. mejoras en la eficiencia energética, por ejemplo, en edificios, en la industria, en los electrodomésticos;https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p50=2.5&g0=1&g1=88&v=2.7.19
10. medidas de reducción en el sector industrial;
11. medidas para reducir las emisiones de los vertederos.
12. https://www.eea.europa.eu/es/themes/climate/policy-context
13. Impulsar la forestación.https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p65=44&g0=1&g1=88&v=2.7.19
14. Impulsar las tecnologías de eliminación de dióxido de carbono. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p67=44&g0=1&g1=88&v=2.7.19

15. **Precio del dióxido de carbono (CO^2) en el transporte y los edificios.https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p10=0.1&p39=20&g0=1&g1=88&v=2.7.19**
16. Reducir el turismo. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10941665.2016.1273960?needAccess=true
17. Campañas para reducir el consumo de energía de los hogares. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421505003022
18. Impuesto al gas natural. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p10=1.3&g0=1&g1=88&v=2.7.19
19. Impuesto al petróleo. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p7=28&g0=1&g1=88&v=2.7.19
20. Incentivar el uso del petróleo. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p7=-15&p59=-1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
21. Reducir la deforestación. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p55=-0.1&p57=-4.7&g0=1&g1=88&v=2.7.19
22. Aumentar la deforestación. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p55=-0.1&p57=1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
23. Reducir el crecimiento de la población. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p59=-1&p63=1.7&g0=1&g1=88&v=2.7.19
24. Aumentar el crecimiento de la población. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p59=-1&p63=2.3&g0=1&g1=88&v=2.7.19
25. Reducir el crecimiento de la economía. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p59=-1&p64=2.1&g0=1&g1=88&v=2.7.19

26. Aumentar el crecimiento de la economía. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p59=-1&p64=3&g0=1&g1=88&v=2.7.19
27. Aumentar la eficiencia energética en el transporte. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p50=2.1&p59=-1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
28. Reducir la eficiencia energética en el transporte. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p50=-0.8&p59=-1&g0=1&g1=88&v=2.7.19
29. Incentivar el uso de la energía nuclear. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p30=-0.03&p59=-1&g0=1&g1=88&v=2.7.19

Impuesto a la energía nuclear. https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p30=0.04&p59=-1&g0=1&g1=88&v=2.7.19