

Galván, Gabriel Agustín

Culzoni, Elías José

Power Gird: producción de un serious game de gestión de una matriz energética

*Carrera: Licenciatura en Videojuegos y
Entretenimiento Digital*

Año: 2023



Licencia: [CC BY-NC-ND 4.0 Deed | Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International | Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Cita recomendada: Galván, G.A.; Culzoni, E.J. (2023). *Power Gird: producción de un serious game de gestión de una matriz energética*. Universidad Nacional de Rafaela. Disponible en RID UNRaf Repositorio Institucional Digital UNRaf

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible que nuestro trabajo final de carrera llegara a buen término. En primer lugar, a nuestra institución educativa, que nos brindó la oportunidad de sumergirnos en el apasionante mundo de la creación de videojuegos. Durante estos años de estudio, hemos adquirido un valioso conjunto de habilidades y conocimientos que nos han preparado para enfrentar los desafíos de la industria de los videojuegos.

En especial, queremos agradecer a nuestros dedicados profesores y mentores, cuya orientación y apoyo constante fueron fundamentales para nuestro crecimiento académico y profesional. Sus consejos, críticas constructivas y experiencias compartidas han sido un faro en nuestro viaje educativo.

Además, extendemos nuestro agradecimiento a Andres Rossi, quien ha sido el precursor y motor que llevó adelante la carrera de videojuegos en Rafaela, así como a nuestra directora de tesis, Priscila Fernandez, por el apoyo incondicional brindado durante toda la trayectoria de desarrollo.

No podemos dejar de mencionar el impacto que tuvo nuestra experiencia en Alemania. El viaje educativo que realizamos fue una oportunidad única para conocer de primera mano la industria del videojuego. Pudimos conocer un entorno de creatividad y desarrollo que amplió nuestra visión y nos permitió aprender valiosas lecciones que no se pueden encontrar en los libros de texto.

Por último, pero no menos importante, queremos agradecer a nuestras familias y amigos por su apoyo inquebrantable a lo largo de estos años. Su aliento y comprensión nos han dado la fortaleza para superar los desafíos y alcanzar nuestros objetivos.

Estamos profundamente agradecidos por todas las lecciones que hemos aprendido.

¡Gracias a todos por formar parte de este emocionante viaje!

Índice

Agradecimientos.....	1
Índice.....	3
Resumen.....	5
Palabras clave.....	6
Abstract.....	6
Keywords.....	7
1. Introducción.....	8
1.1. Problemas de Investigación.....	8
1.2. Objetivos.....	10
2. Encuadre de Producción.....	10
2.1. Marco teórico.....	10
2.1.1. Videojuegos: definiciones y tipologías.....	11
2.1.2. Matriz energética.....	14
2.2. Marco metodológico.....	15
3. Power Grid: diseño y desarrollo.....	18
3.1. Condiciones de surgimiento.....	18
3.2. Etapa de diseño.....	19
3.2.1. Objetivos.....	19
3.2.2. Público Objetivo.....	20
3.2.3. Plataforma.....	20
3.2.4. Género.....	21
3.2.5. Mecánicas.....	23
3.2.5.1. Avance del tiempo.....	23
3.2.5.2. Ciclo de temporadas.....	23
3.2.5.3. Variación del consumo eléctrico.....	24
3.2.5.4. Construcción de edificios.....	25
3.2.5.5. Centro de Ayuda.....	26
3.2.5.6. Sistema de notificaciones.....	26
3.2.5.7. Dinero.....	27
3.2.5.8. Felicidad.....	28
3.2.5.9. Sistema de clima.....	29
3.2.5.10. Sistema de eventos.....	29
3.2.5.11. Limpieza y mantenimiento.....	30
3.2.6. Diseño de nivel.....	31
3.2.7. Navegación y flujo de pantallas.....	32
3.2.8. Prototipo en papel.....	33
3.3. Etapa de producción.....	35
3.3.1. Motor de desarrollo.....	35

3.3.2. Arte 3D.....	36
3.3.3. Interfaz de usuario.....	37
3.3.4. Título.....	38
3.3.5. Centro de ayuda.....	40
3.3.6. Calibración de mecánicas.....	41
3.3.6.1. Capacidad de producción.....	42
3.3.6.2. Costo de construcción.....	43
3.3.6.3. Representación gráfica de las centrales.....	43
3.3.7. Felicidad.....	45
3.3.8. Música y efectos de sonido.....	45
3.3.9. Optimización.....	46
3.3.10. Git.....	47
3.3.11. Trello.....	48
3.4. Prototipo final.....	49
3.5. Validación y testeo.....	51
3.5.1. Feedback visual.....	52
3.5.2. Cafe Científico.....	53
4. Conclusiones.....	54
5. Bibliografía.....	58
6. Anexo	
I.....	59
7. Anexo II.....	61

Resumen

El presente trabajo final de carrera documenta y analiza el proceso de diseño, desarrollo y evaluación de un videojuego educativo titulado *Power Grid: Construí tu imperio energético*. Este desarrollo se inserta en una línea de trabajo más amplia de la UNRaf que, de la mano de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, tiene a la transición energética como un tema estratégico a atender. El propósito central de este videojuego es atraer la atención y el interés de un público escolar hacia la temática de la energía, a través de una experiencia de juego envolvente y educativa.

En la actualidad, existe abundante bibliografía en torno a los efectos benéficos que es posible asociar a la implementación de videojuegos en ámbitos educativos. Se destaca que estas nuevas tecnologías y medios de comunicación representan una herramienta poderosa ya que combinan el entretenimiento con la adquisición de conocimientos, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos complejos de una manera accesible y atractiva (Arnold et al, 2019; Garber, 2007).

La metodología empleada en este proceso de desarrollo se basa en la participación activa y colaborativa, la gestión de la información y la aplicabilidad en el diseño del juego. Esto se logró a través del diálogo con referentes del área energética que participaron de la instancia de diseño para guiar y validar la toma de decisiones así como la de producción, al elaborar matrices de contenido esenciales para ajustar las mecánicas del juego.

Para finalizar, se presentó el prototipo final del videojuego ante un público compuesto por docentes, estudiantes y personas interesadas. Esta oportunidad permitió obtener *feedback* especializado acerca del diseño, mecánicas, posibles mejoras y, al mismo tiempo, validar las características anteriormente implementadas.

Palabras clave

Serious game - Comunicación de la ciencia - Gestión de la energía - Videojuego educativo - Matriz energética

Abstract

This final undergraduate thesis documents and analyzes the process of designing, developing, and evaluating an educational video game titled "Power Grid: Build Your Energy Empire." This development is part of a broader UNRaf research agenda that, in line with the United Nations' Agenda 2030, prioritizes the energy transition as a strategic theme. The central purpose of this video game is to capture the attention and interest of a school audience in the subject of energy through an immersive and educational gaming experience.

Currently, there is abundant literature discussing the beneficial effects associated with the implementation of video games in educational settings. It is noteworthy that these new technologies and media represent a powerful tool because they combine entertainment with knowledge acquisition, allowing students to explore complex concepts in an accessible and engaging manner (Arnold et al, 2019; Garber, 2007).

The methodology used in this development process is based on active and collaborative participation, information management, and applicability in game design. This was achieved through dialogue with experts in the energy field who participated in the design phase to guide and validate decision-making, as well as in the production phase by creating essential content matrices to fine-tune the game mechanics.

To conclude, the final prototype of the video game was presented to an audience composed of teachers, students, and interested individuals. This opportunity allowed for specialized feedback regarding the design, mechanics, potential improvements, and, simultaneously, validation of the previously implemented features.

Keywords

Serious game - Science communication - Energy management - Educational video game - Energy matrix.

1.Introducción

En el presente documento se detalla el proceso de diseño y producción de *Power Grid: Construí tu imperio Energético*, un videojuego *mobile* de gestión y estrategia que aborda la temática de producción eléctrica y la administración de sus diferentes fuentes. Este proyecto integra una diversidad de conocimientos desarrollados a lo largo de la Licenciatura en Producción de Videojuegos y Entretenimientos Digitales y su ejecución permitió la puesta en práctica de competencias en producción de videojuegos.

El informe comienza con la exposición del problema, las condiciones de surgimiento del proyecto y los actores involucrados. A continuación, se presentan los objetivos generales y específicos que delimitan el alcance del proyecto. Luego, se desarrolla el marco teórico en el que se aborda la relación de los videojuegos con la ciencia y la educación así como el encuadre metodológico adoptado por el equipo.

En la segunda parte se describe el diseño de Power Grid y se detallan las múltiples decisiones de diseño que se realizaron. La fase de desarrollo es la siguiente en el documento y allí se detalla tanto la metodología de producción como los desafíos y las decisiones tomadas en el proceso. Finalmente, se mencionan las validaciones y pruebas realizadas así como las conclusiones obtenidas destacando los logros alcanzados, las lecciones aprendidas y las posibles mejoras o recomendaciones para futuros trabajos relacionados con el tema.

1.1. Problemas de Investigación

La gestión de la energía representa un gran desafío, tanto a escala global como local. Así, en el marco de la Agenda 2030, el 7º Objetivo para el Desarrollo Sostenible es “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” (NNUU, 2018). Atenta a ese escenario, la Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf) diseñó un proyecto

orientado a potenciar las actividades de educación ambiental en torno a las energías renovables a través de estrategias de comunicación de la ciencia innovadoras. En ese marco surge el proyecto "Interactividad Autogestionada y Gamificación" que incluyó el diseño y desarrollo de un videojuego que aborde la temática de manera atractiva y responda a las necesidades de comunicación de la propuesta.

La opción por el desarrollo de un videojuego definió una situación problemática compleja para el equipo de producción. El juego requerido debía cumplir con las características de un *serious game*, logrando atender las necesidades de educación ambiental y comunicación de la ciencia del proyecto sin dejar de lado la capacidad de los juegos en despertar interés y entretener.

Las características formales del contenido e información que requerían ser implementadas estaban delimitadas por un proyecto anterior y se contaba con la asesoría de un equipo de investigación y desarrollo en energías. Esto dejó al equipo de videojuego la tarea de idear de qué manera se incorpora al juego el contenido que se desea desarrollar y cómo un usuario que posea mayor conocimiento en el tema puede obtener mejores resultados en una sesión de juego.

Las preguntas que guiaron este trabajo pueden sintetizarse en las siguientes: ¿Es posible desarrollar un *serious game* que aporte a la comunicación de las ciencias e incorpore información acerca de la matriz energética argentina y aun así captar la atención de un público escolar y generar interés acerca del tema? ¿De qué manera, como desarrolladores, podemos utilizar, interpretar y transformar conocimientos de los profesionales para brindarlos a los jugadores y a la misma experiencia de juego?

La gestión de la información y su aplicación es el gran desafío que planteó el desarrollo participativo de este *serious game* en un equipo interdisciplinario.

1.2. Objetivos

General

- Diseñar, desarrollar y evaluar un prototipo de videojuego del género gestión y estrategia con las características de un *serious game* en el que se aborde la temática de producción y consumo de energía eléctrica en Argentina implementando los saberes de los profesionales.

Específicos

1. Conocer la matriz energética argentina y su desarrollo en un trabajo dialógico con el Laboratorio LIDER del UNRaf Tec.
2. Diseñar un prototipo de videojuego capaz de integrar los conocimientos requeridos a través de las mecánicas del género estrategia; validando las decisiones del equipo disciplinar.
3. Desarrollar un prototipo de videojuego pertinente y adecuado a los fines del proyecto de comunicación de la ciencia.
4. Evaluar el prototipo según los parámetros y mecánicas consensuados con el equipo.

2. Encuadre de Producción

2.1. Marco teórico

Este desarrollo se puede clasificar como un proyecto interdisciplinario desde su concepción debido a que, para tomar decisiones de diseño y desarrollo del videojuego, es necesario combinar las competencias en producción de videojuegos con diversos campos de conocimiento, como la comunicación de la ciencia, la educación y la energía. Todo esto con el objetivo final de crear un *serious game* que aborde la temática de la matriz energética del

país. Para alcanzar este objetivo, es fundamental establecer un marco de producción que considere tanto las características del formato como los conceptos clave del conocimiento experto involucrado.

2.1.1. Videojuegos: definiciones y tipologías

En el último tercio del siglo XX surgió un fenómeno que revolucionó el entretenimiento y la cultura moderna: los videojuegos. Estos juegos interactivos se convirtieron en un producto emblemático de las industrias culturales, fusionando tecnología, arte y narrativa. A medida que ganaron popularidad, diversas voces surgieron para intentar definir la naturaleza y el propósito de los videojuegos.

Una posible definición de videojuego es la que ofrece Nallar (2015): “un sistema informático en el que intervienen múltiples tecnologías y disciplinas artísticas para crear un espacio de ficción con desafíos y objetivos, donde una o más personas se divierten e interactúan para expresarse, socializar y aprender" (p. 39). Se destaca así que antes que una historia hermosa, una experiencia llena de sonidos y visuales deslumbrantes, o gráficos impresionantes, un juego es esencialmente jugable. Este producto requiere la interacción de los jugadores y/o usuarios, ya que sin esta interacción no se podría categorizar como un juego. Además, necesita reglas, conocidas en la industria como mecánicas de juego. Por último, debe ser divertido. Estas tres características principales son fundamentales para considerar un proyecto como un videojuego, y si alguna de ellas falta, la problemática estará siendo abordada de manera incorrecta desde el principio (Rogers, 2018).

Estas definiciones resaltan la naturaleza compleja de los videojuegos, que van más allá de ser simples pasatiempos.

Dentro de la categoría de videojuegos puede ubicarse una gran diversidad de productos por lo que se vuelve preciso definir algunas clasificaciones y categorías. Una forma

de hacerlo es en diferentes géneros, entendidos como categorías establecidas en función de características comunes (Egenfeldt Nielsen et al, 2020). Según Morales Mora (2015), los *serious games* son una categoría de videojuegos que combinan características lúdicas con objetivos educativos, abarcando tanto la promoción del aprendizaje académico como objetivos pedagógicos no reglados, competencias profesionales y la creación de conciencia sobre temas de relevancia social. Por lo tanto, su objetivo principal es la educación y el desarrollo de habilidades y comunicación, aunque no descuidan las características específicas que hacen atractivo a un videojuego.

Otro género de videojuego que es importante mencionar es el de estrategia caracterizado por centrarse en la habilidad para lidiar con situaciones dinámicas, generalmente en un contexto de escasez de recursos. Los juegos de estrategia pueden dividirse en juegos de estrategia en tiempo real y juegos de estrategia por turnos (Egenfeldt Nielsen et al, 2020).

A menudo, los videojuegos de estrategia incorporan elementos relacionados con la gestión y construcción, especialmente relacionado con la economía del juego, dado que los jugadores deben tomar decisiones con respecto a la asignación de recursos como el dinero, materiales o energía.

Por otra parte, los videojuegos de construcción y gestión constituyen un subgénero dentro de los videojuegos de simulación, caracterizados por la participación activa de los jugadores en la creación, expansión y administración de entidades ficticias o proyectos, generalmente en un contexto donde se deben administrar los recursos.

SimCity (Maxis, 1989) y su saga que alcanza hasta *SimCity 4 deluxe* (2003) es uno de los juegos de referencia en el género de construcción de ciudades, gestión y estrategia de tal modo que estableció algunas características distintivas que todavía en la actualidad se encuentran vigentes en videojuegos de este tipo.

La gestión de recursos es un aspecto central en el juego. Los jugadores deben administrar el presupuesto de la ciudad, equilibrar la oferta y la demanda de energía, agua y otros recursos, y garantizar la felicidad de los ciudadanos. También, permite a los jugadores ver cómo su ciudad evoluciona con el transcurso del tiempo, pudiendo observar el crecimiento de la población, la expansión de la ciudad y las consecuencias de sus decisiones de planificación urbana.

Otras características innovadoras para la época fueron los eventos aleatorios, como incendios y desastres naturales, que generan un impacto real en la ciudad, lo que demanda respuestas estratégicas por parte del jugador.

Por otra parte, la cámara del juego presenta una vista cenital, lo que significa que la ciudad se ve desde arriba, como si se mirara un mapa detallado de la región. Esta vista permite a los jugadores observar toda la ciudad de un vistazo y facilita la gestión general del entorno urbano. Estas características, así como el desplazamiento lateral y el zoom, convirtieron a SimCity en un referente y pionero en el género.

La saga ha sido ampliamente utilizada en entornos educativos y existe bibliografía que coincide en destacar efectos positivos del uso de SimCity (Arnold et al, 2019; Garber, 2007). En primer lugar, este videojuego permite a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas y creativas al enfrentarse a desafíos relacionados con la planificación y gestión de una ciudad. Los jugadores deben tomar decisiones estratégicas, considerando factores como el equilibrio entre el crecimiento económico y la calidad de vida de los habitantes. Esto ayuda a desarrollar habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones informadas.

Además, SimCity ofrece una experiencia práctica y realista para que los estudiantes comprendan de mejor manera cómo funcionan los sistemas complejos en el entorno urbano. Se puede experimentar de manera segura las consecuencias de las decisiones y analizar el

impacto de diferentes variables en la ciudad, como la calidad del aire, los fondos disponibles o los tiempos de construcción. Esto les proporciona una comprensión más profunda de los desafíos que enfrentan las ciudades en la vida real y los prepara para enfrentarlos en el futuro.

Otro aspecto positivo es que juegos como SimCity fomentan la colaboración y el trabajo en equipo. Los estudiantes pueden trabajar juntos para desarrollar estrategias para mejorar la ciudad y alcanzar objetivos comunes. Esto promueve la comunicación, el pensamiento crítico en grupo y el aprendizaje social, habilidades que son esenciales en la vida profesional y personal. Asimismo, utilizar SimCity en la educación también puede hacer que el aprendizaje sea más atractivo y motivador para los estudiantes (Gómez Sanz, 2020).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la incorporación de este tipo de juegos en la educación debe ser cuidadosamente planificada y evaluada. Los educadores deben asegurarse de que el juego se utilice de manera efectiva y alineada con los objetivos educativos, y deben proporcionar orientación y apoyo adecuados a los estudiantes durante el proceso de juego. Además, es esencial complementar el uso de SimCity con otras actividades y recursos educativos para asegurar un aprendizaje integral (Eilers, 2014).

Finalmente, cabe destacar que más allá de la Educación, existe una incipiente trayectoria de videojuegos para la comunicación de la ciencia. En este sentido se destacan las iniciativas que, nacidas de ámbitos de I+D, desarrollaron videojuegos no solo para la difusión de nociones científicas sino como instrumento de ciencia ciudadana.

2.1.2. Matriz energética

Tal como se mencionó anteriormente, la energía define un campo complejo que incluye múltiples desafíos asociados al proceso de producción, distribución y consumo. Se puede afirmar que el desarrollo de un país está estrechamente vinculado a la disponibilidad de energía para llevar a cabo actividades productivas, transporte e infraestructuras, entre otras.

A los fines de este proyecto, la atención se concentró en los diferentes tipos de fuentes de energía y el modo de gestionarlas en un territorio específico bajo la noción de matriz energética. La matriz energética de un país está compuesta por todas las fuentes de energía primaria utilizadas para generar electricidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). En este proyecto se tomaron en consideración exclusivamente las fuentes utilizadas en Argentina. Las no renovables incluyen el petróleo, gas natural y carbón mineral, las cuales se agotan a medida que se consumen sin posibilidad de reposición.

Por otro lado, las energías renovables son limpias e inagotables, aprovechando recursos como el viento, los ríos y la radiación solar para generar energía eléctrica sin emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes. Sin embargo, no solo se debe considerar la disponibilidad energética, sino también contar con un suministro confiable para un desarrollo sostenible que pueda satisfacer el crecimiento económico y la creciente demanda de energía.

De acuerdo con el World Energy Council (s.f.) los pilares para la gestión energética son tres: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental. Contar con una matriz energética diversa es clave tanto para generar seguridad frente a obstáculos de suministros como para proyectar la sostenibilidad del sistema en términos de recursos y emisiones.

2.2. Marco metodológico

El proyecto de diseño y desarrollo del videojuego se estructuró de manera cualitativa y en función de una metodología participativa. Esta última se caracteriza por concebir a los participantes del proyecto como agentes activos en la investigación y construcción del conocimiento, involucrando a todas las partes para que contribuyan de forma activa al

proceso de enseñar y aprender. De esta manera los participantes pueden apropiarse del tema de investigación y enriquecerlo con sus experiencias personales (Bernal, 2010).

Teniendo en cuenta las características del proyecto y el perfil interdisciplinario de los miembros involucrados, el proyecto "Interactividad Autogestionada y Gamificación" involucró a los siguientes actores:

- Referente disciplinar en energías: Dr. Luis Silva. Director del LIDER (UNRaf Tec) y vicedirector del CIT Rafaela (UNRaf - CONICET)
- Referente en comunicación pública de la ciencia: Lic. Priscila Fernández. Docente de UNRaf y directora del proyecto.
- Diseño y desarrollo de un dispositivo lúdico físico: Ing. Martín Visintini y Lic. Macarena Saks
- Equipo de diseño y desarrollo del videojuego: Tec. Elías Culzoni y Tec. Gabriel Galván
- Asesoría y apoyo del Laboratorio de Entretenimiento Digital (UNRaf Tec)

La metodología participativa fue fundamental para facilitar el diálogo, la participación y la creación conjunta del proyecto. Con este fin, se comenzó por generar los canales de comunicación adecuados, esto se tradujo en la creación de carpetas colaborativas para gestión de archivos. También se acordó una estrategia de reuniones plenarias con una periodicidad que fluctuó pero no superó los tres meses y sirvieron para mantener una perspectiva global del proyecto de comunicación de la ciencia y sus diferentes desarrollos paralelos.

Estos encuentros fueron centrales en los diferentes momentos del proyecto. Al inicio fue el ámbito para definir los requerimientos del juego, establecer el alcance y público objetivo. Luego, durante el diseño permitió la validación de los avances y las identificaciones de mejora; y en la fase de producción permitió la coordinación de contenidos y su uso en diferentes recursos educativos, más allá del videojuego.

Además de estas reuniones generales del equipo, fue necesario canalizar intercambios fluidos de información con los profesionales, fundamentalmente con el referente disciplinar del proyecto. De estos diálogos surgió el diseño de matrices de contenido que se utilizaron para la calibración de las mecánicas como se desarrollará más adelante.

Además del registro de estos intercambios en minutas, correos electrónicos y mensajería instantánea, se implementó un tablero de Trello para la gestión de la producción.

Todo este proceso se apoyó, a su vez, en la búsqueda de bibliografía y la revisión de juego comparables.

3.Power Grid: diseño y desarrollo

3.1. Condiciones de surgimiento

El proyecto “Interactividad autogestionada y gamificación del Laboratorio Demostrativo de Energías Renovables (LaDER)” fue formulado desde la UNRaf y presentado a la convocatoria Comunicación de la Ciencia 2021 impulsado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la provincia de Santa Fe donde fue aprobado. El proyecto proponía la generación de materiales comunicativos y educativos sobre energías en formatos lúdicos.

Esta iniciativa se apoya en el antecedente del Laboratorio Demostrativo de Energías Renovables (LaDER) desarrollado por el laboratorio LIDER del UNRaf Tec. LaDER es una maqueta interactiva en la que se aborda la historia del sistema argentino de interconexión, la eficiencia energética y las energías renovables.

“Interactividad Autogestionada y Gamificación” se propuso como objetivo desarrollar productos distintos, independientes entre sí pero que a su vez se complementen y formen parte de un sistema más amplio. El objetivo principal fue explorar modos de ofrecer experiencias lúdicas a segmentos de públicos escolares que aporten a una significación compleja de la energía. Se busca enfatizar en el público que la energía no es un desafío exclusivamente técnico sino que hay una dimensión política y de gestión; por lo que no se está enfrente únicamente de asuntos ambientales sino también sociales. Con este Norte en común, se iniciaron dos procesos paralelos: el desarrollo de un dispositivo físico que complementa a la maqueta y que sirva de soporte para jugar en charlas de la temática y, por otra parte, el desarrollo de un videojuego.

La propuesta plantea un trabajo conjunto y coordinado de diferentes áreas y por lo tanto se puede clasificar como un trabajo multidisciplinar. El equipo fue integrado por la dirección del proyecto, encargada de la creación y conformación de la propuesta; profesionales del Laboratorio de investigación y desarrollo de la electro movilidad, eficiencia energética y energías renovables (LIDER - UNRaf Tec) quienes aportaron los saberes disciplinares y las características específicas de la producción y consumo de energía eléctrica en Argentina; y, por último, el equipo de producción de videojuegos, encargado de diseñar y desarrollar el software necesario.

El proyecto estableció un equipo de trabajo original que fue sufriendo modificaciones pero que nunca perdió su carácter multidisciplinar, por el contrario, se profundizó.

A su vez, el marco institucional definió limitaciones al proceso, la primera que se puede mencionar es el período de tiempo, fijado en 12 meses. Es necesario aclarar que al inicio del proyecto no se había conformado aún el equipo de videojuegos sino que se concretó en el primer trimestre de ejecución. El segundo parámetro establecido fue el presupuestario, que delimitó una cantidad de recursos susceptibles de ser orientados al diseño y desarrollo. Este presupuesto fue respetado y alcanzó el 45% del presupuesto total del proyecto.

3.2. Etapa de diseño

3.2.1. Objetivos

En este desarrollo se pueden distinguir dos tipos de objetivos: los objetivos de la propuesta, que son los requerimientos solicitados al equipo de desarrollo del juego, y los objetivos dentro del juego, que son las metas que el jugador debe cumplir para obtener un resultado exitoso en el videojuego.

El objetivo de la propuesta es crear un videojuego que funcione como una herramienta para ofrecer un abordaje complejo de la matriz energética. El objetivo principal no es convertir a los jugadores en expertos en la materia, sino proporcionar un recurso educativo que despierte el interés y sirva como disparador para otras actividades.

Por otro lado, los objetivos dentro del juego se centran en metas específicas que los jugadores deben alcanzar mediante la interacción con el videojuego. Estos objetivos se definen durante el proceso de diseño y, por lo tanto, no forman parte de los requerimientos del proyecto, sino que se crean y ajustan en función del avance del proyecto.

En la primera fase de trabajo participativo se consensuó que el objetivo debía consistir en crear una matriz energética diversa que pueda hacer frente a los diferentes desafíos que puedan surgir, ya sean climáticos o relacionados con averías y reparaciones de las centrales.

3.2.2. Público Objetivo

El público objetivo del proyecto se delimitó inicialmente como estudiantes de la provincia de Santa Fe que asisten a escuelas secundarias, lo cual abarca una amplia gama de usuarios potenciales. Si bien esta descripción proporciona un punto de partida para identificar a los usuarios del juego, es fundamental definir y acotar aún más este grupo demográfico. Se definió, entonces, restringir el alcance a jóvenes de entre 16 y 18 años que asisten a los últimos años de las escuelas secundarias.

3.2.3. Plataforma

La plataforma inicial que se consideró para el juego fueron computadoras de escritorio o notebooks debido a las múltiples pestañas e información que caracterizan a los juegos de gestión y estrategia. Una consulta con la Dirección Provincial de Tecnologías Educativas del Ministerio de Educación de Santa Fe permitió reconocer condicionantes

técnicos de la población, información necesaria para definir el dispositivo para el cual diseñar el juego. La disponibilidad de computadoras en las escuelas varía entre los diferentes establecimientos y la potencia de procesamiento podría no ser suficiente para jugar un videojuego. Por lo tanto, se propuso diseñar una experiencia para dispositivos móviles, como *smartphones* o celulares inteligentes, que son ampliamente utilizados por los jóvenes en diversos ámbitos.

Además, se destaca que dentro de la comunidad escolar, hay más probabilidades que los estudiantes de más edad tengan un celular y lo lleven a la escuela.

En síntesis, se consideró apropiado diseñar el videojuego para los últimos años de las escuelas secundarias y para dispositivos móviles (celulares o tablets) con sistema operativo Android.

3.2.4. Género

El género elegido para el videojuego se determinó en los requerimientos del proyecto. Aunque se contempló la posibilidad de modificarlo con el fin de crear un producto diferente, se optó por seleccionar la clasificación de gestión y estrategia. Esta elección se fundamenta, además de su pertinencia para los objetivos del proyecto general, en la posibilidad de abarcar al máximo número de público posible.

Conforme se aprecia en el Gráfico 1, los juegos más populares entre las mujeres son los de acción/aventura y estrategia, mientras que en el caso de los hombres, los géneros más jugados son los shooters, seguidos de la estrategia y deportes. A partir de esta información, resulta apropiado afirmar que el diseño y desarrollo de un juego de estrategia engloba al público más amplio posible. En otras palabras, si se considera conjuntamente a hombres y mujeres, este género se posiciona como el más popular.

Un juego de estrategia es un tipo de videojuego en el que los usuarios deben planificar, tomar decisiones y aplicar tácticas para alcanzar ciertos objetivos. Estos juegos se centran en la habilidad del jugador para pensar de manera estratégica y resolver desafíos complejos con un tiempo acotado.

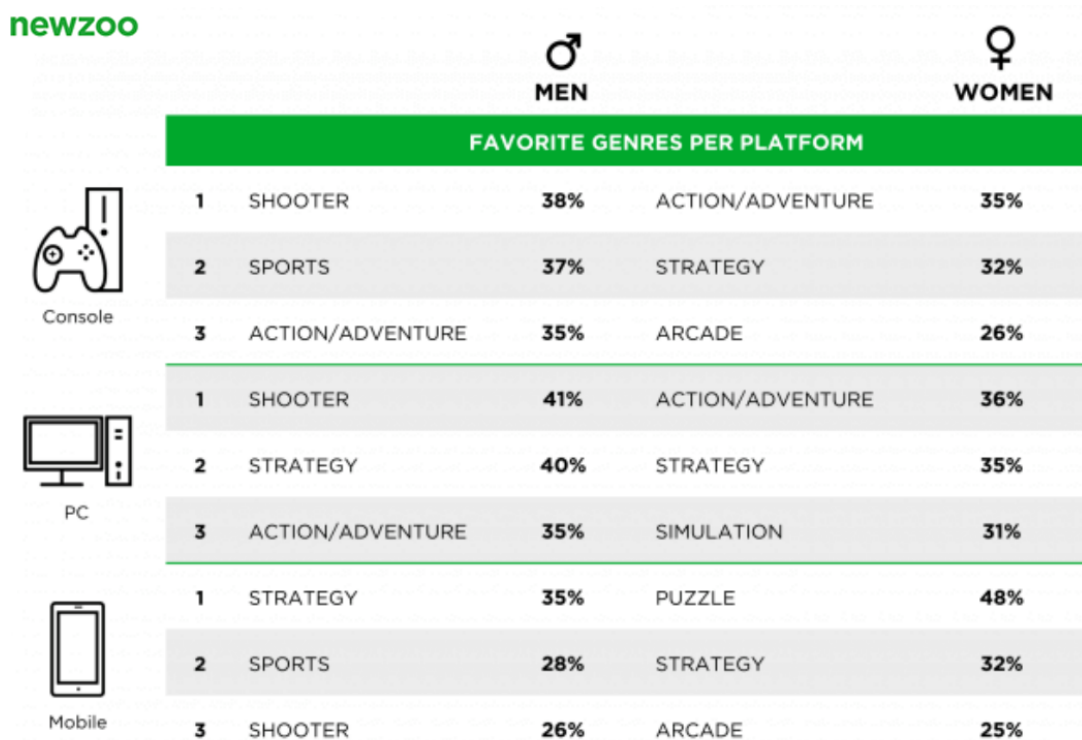


Gráfico 1: Generos favoritos clasificados por plataforma y sexo. Fuente: Newzoo (2017).

Por otro lado, los juegos de gestión se centran en el manejo y la optimización de recursos y elementos para lograr objetivos específicos. Los jugadores suelen asumir roles de administrador, gerente o líder, y se enfrentan a desafíos como la gestión de una ciudad, un parque temático, un equipo deportivo, una granja o una empresa, entre otros. La toma de decisiones cuidadosa y la planificación a largo plazo son esenciales para el éxito en los juegos de gestión.

PowerGrid toma los aspectos más importantes de los dos géneros para crear un videojuego que desafía la creatividad de los jugadores. Al combinar la planificación

estratégica y la toma de decisiones tácticas propias de los juegos de estrategia, con la gestión y optimización de recursos característicos de los juegos de gestión, PowerGrid ofrece una experiencia completa y envolvente. Los jugadores se sumergen en un mundo donde la planificación a corto y largo plazo es crucial para abastecer a la ciudad de energía, mientras enfrentan a condiciones meteorológicas variadas.

3.2.5. Mecánicas

3.2.5.1. Avance del tiempo

Existen diversas mecánicas para representar el progreso del tiempo en un videojuego, las cuales cumplen la función de brindar al jugador una percepción clara del avance y la progresión en relación a la etapa inicial del juego.

En el diseño de Power Grid se consideraron dos tipos de mecánicas, en primer lugar, un sistema de juego por turnos en el cual se pueden llevar a cabo diversas acciones y, posteriormente, es necesario avanzar al siguiente turno para continuar jugando. Como segunda opción, se planteó que el tiempo transcurra de forma continua, con la posibilidad de pausar si el jugador así lo requiere. Ambas opciones presentan ventajas y desventajas, por lo cual fue necesario abordar este tema en las reuniones programadas con todo el equipo.

Se llegó a la conclusión de que representar el tiempo de manera continua permite crear situaciones que exigen tomar una decisión en un periodo de tiempo limitado, lo cual a veces puede llevar a equivocaciones por parte del jugador. Este aspecto resulta especialmente relevante, ya que resalta uno de los conceptos fundamentales de la temática, que es la planificación y proyección del suministro de energía.

3.2.5.2. *Ciclo de temporadas*

PowerGrid se inspiró en el género de estrategia en tiempo real, lo que dio origen a una mecánica única para el paso del tiempo que evolucionó significativamente durante el desarrollo. La premisa central consistía en proporcionar al jugador una experiencia dinámica, donde cada decisión está sujeta a las limitaciones del tiempo.

Para alcanzar este objetivo, se consideraron las diferentes funcionalidades ofrecidas en videojuegos como *Cities: Skylines* ([Paradox Interactive](#), 2015) o *SimCity 4* ([Electronic Arts](#), 2003) los cuales sirvieron como referencia en el proceso de *brainstorming*. En un principio, se planteó un ciclo de días como mecánica temporal, sin embargo, tras realizar diversos análisis, se llegó a la conclusión de que esta propuesta parecía poco realista. La idea de que una central eléctrica pudiera construirse de un día para otro o que cinco centrales distintas pudieran erigirse en una semana resultaba poco verosímil. Incluso los eventos meteorológicos propuestos parecían demasiado drásticos, con una ola de calor seguida de un cambio radical de temperatura al día siguiente.

Posteriormente, se llevaron a cabo varias reuniones entre los distintos equipos disciplinarios, en las cuales se expusieron las ventajas y desventajas del sistema cíclico inicialmente planteado. Como resultado de estos encuentros, se optó por cambiar la unidad de tiempo de días a estaciones del año, es decir, primavera, verano, otoño e invierno. Esta elección permite al usuario experimentar las cuatro estaciones del año, cada una con características distintas. Además, obliga al jugador a tomar decisiones en función del clima y, sobre todo, a proyectar y planificar sus acciones para las estaciones venideras.

3.2.5.3. Variación del consumo eléctrico

Con el objetivo de otorgar dinamismo al juego y presentar un desafío al jugador, se tomó la decisión de que la demanda de electricidad varíe con el tiempo, principalmente aumentando progresivamente.

La representación visual de esta mecánica requiere que la ciudad aumente su tamaño o población; no obstante, esto plantea un problema: ¿cómo justificar un salto cuantitativo en el consumo eléctrico? Se abordó esta cuestión en colaboración con todo el equipo y se llegó a la conclusión de que se pueden diseñar eventos especiales, como la inauguración de un aeropuerto o un concierto de una cantante famosa, que provoquen un aumento significativo en el consumo durante un tiempo determinado.

Una vez justificada la elevada cifra de consumo eléctrico, se deben considerar otros factores que afectan dicho consumo, tales como la estación del año o el ciclo de día y noche. Estos eventos pueden diferir entre sí, pero en conjunto conforman un ecosistema de situaciones que intentan representar la compleja tarea de organizar y administrar una matriz energética y la infinidad de factores que pueden afectar el correcto funcionamiento del sistema.

3.2.5.4. Construcción de edificios

Impulsados por la influencia de juegos de estrategia y gestión, se determinó como eje central del videojuego la planificación y construcción de edificios. Cada estructura adquiere un papel esencial en la gestión de recursos y en la toma de decisiones estratégicas para equilibrar la oferta y la demanda de energía. La planificación minuciosa de la ubicación y función de cada edificio se convertiría en una premisa fundamental para maximizar la eficiencia y rendimiento del sistema energético, al tiempo que se enfrentan desafíos en torno a la sostenibilidad ambiental y la satisfacción de la población. A diferencia de otras

mecánicas presentes en el proyecto, la construcción de edificios no se sometió a debate con el equipo interdisciplinario, debido a la importancia de la mecánica para el funcionamiento del videojuego.

La decisión de implementar la construcción de edificios como la mecánica principal se basó en su capacidad para brindar a los jugadores una profunda sensación de control y responsabilidad sobre un tema crítico en el mundo real: el suministro y consumo de energía. Cada edificio construido cumple un propósito específico y su desarrollo progresivo permite a los jugadores experimentar el crecimiento de su infraestructura energética y enfrentar desafíos asociados. Desde centrales de energía renovable hasta instalaciones de producción de última generación, cada elección estratégica influye en el desarrollo económico y ambiental del juego.

Para sostener la posibilidad de construir diferentes tipos de centrales se definió que el territorio del juego no esté identificado. Si bien podía ser atractivo jugar en una ciudad reconocida del país, se corría el riesgo de generar situaciones inverosímiles o incluso favorecer malas interpretaciones con relación a los recursos energéticos de cada territorio.

3.2.5.5. Centro de Ayuda

El Centro de Ayuda surgió después de una de las primeras reuniones con el equipo de trabajo, donde los expertos compartieron toda la información necesaria para simular adecuadamente la matriz energética argentina en un videojuego. Fue evidente que era necesario crear una sección exclusiva para proporcionar al jugador toda la información necesaria para administrar la red eléctrica.

Las variables que influyen en la generación de energía eléctrica son numerosas, por lo que el apartado se encuentra siempre disponible para consultar, además, se le permite pausar el juego y dedicar el tiempo necesario para leer la información brindada. Esto ofrece una

ventaja significativa a aquellos que aprovechen el Centro de Ayuda frente a quienes no lo utilicen.

3.2.5.6. Sistema de notificaciones

Los videojuegos, como productos audiovisuales, brindan a los desarrolladores la oportunidad de establecer una comunicación efectiva con los usuarios. La capacidad de generar estímulos y facilitar la comprensión del contexto del juego sin depender excesivamente de textos es una ventaja clave. Para lograr esto, se planteó el uso de elementos visuales, como iconografía, y un lenguaje más accesible que el técnico que se encuentra en el apartado llamado "Centro de Ayuda".

Considerando al público objetivo del juego y buscando involucrar emocionalmente a los jugadores con sus decisiones, se exploró cómo transmitir de manera efectiva los sentimientos de los personajes en relación con las elecciones que realiza el jugador.

Tras un breve análisis, se optó por la implementación de un sistema de notificaciones predefinidas que se desencadenan en función de las acciones tomadas por el jugador. Estas notificaciones simulan la apariencia de tweets u opiniones expresadas por los ciudadanos virtuales que destacan decisiones positivas y negativas, empleando un lenguaje más coloquial que técnico.

El sistema de notificaciones persigue la generación de una experiencia de juego inmersiva y realista al emular las reacciones y opiniones de los ciudadanos virtuales hacia las acciones del jugador. Estas notificaciones cumplen un papel relevante al proporcionar información pertinente y contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas en el juego.

3.2.5.7. Dinero

El dinero en el juego cumple una doble función: permite la adquisición de todos los edificios disponibles y cubre los gastos generales de la administración. Al finalizar cada día,

se deduce la cantidad correspondiente a los gastos operativos, mientras que los ingresos trimestrales se suman a los fondos existentes.

La generación de dinero es pasiva y se obtiene a través del cobro de tarifas por el uso de la red eléctrica, así como al comienzo de cada trimestre, cuando se asigna un presupuesto inicial. Estas fuentes de ingresos permiten mantener un flujo financiero constante en el juego y respaldan las actividades de adquisición de edificios y la administración general.

La gestión adecuada de los recursos financieros es esencial para garantizar el funcionamiento eficiente del juego, permitiendo la expansión de la infraestructura eléctrica y la satisfacción de las necesidades energéticas de la población virtual.

3.2.5.8. Felicidad

Uno de los aspectos clave en el juego que subrayan el abordaje complejo de la temática es la inclusión de la variable “felicidad”. La iconografía de la felicidad planteó un desafío debido a la necesidad de transmitir al jugador la insatisfacción experimentada por los habitantes de la localidad. Inicialmente, se consideró la opción de utilizar representaciones gráficas de caritas con expresiones tristes, felices y neutras. No obstante, se llegó a la conclusión de que la cara triste no resultaba adecuada, ya que la interpretación de la felicidad negativa se asemejaba más a la manifestación de enojo que de tristeza. Por consiguiente, se implementó dicho cambio con el propósito de mejorar la comunicación visual.

La felicidad es una variable fundamental que debe ser mantenida en su nivel más elevado posible, ya que esta define el rendimiento y desempeño del jugador en el juego. Las decisiones positivas tomadas por el jugador tienen el efecto de aumentar la felicidad de los ciudadanos virtuales, mientras que las decisiones negativas tienen el efecto contrario, disminuyendo dicha felicidad.

Es importante tener en cuenta que al disminuir significativamente la felicidad de los ciudadanos, se genera un malestar generalizado que puede llevar a la ocurrencia de huelgas y,

como consecuencia, a una disminución en las recaudaciones obtenidas por el jugador. Por lo tanto, mantener un nivel óptimo de felicidad es esencial para garantizar el éxito en el juego y evitar repercusiones negativas en el desarrollo del mismo.

3.2.5.9. Sistema de clima

El juego implementa un sistema de clima variable que otorga ventajas o desventajas al jugador. Este sistema simula diferentes condiciones atmosféricas como días nublados, lluvias, soleados y fuertes vientos lo que tiene un impacto significativo en el desarrollo del juego y en las decisiones estratégicas del jugador. Por ejemplo, un día soleado puede favorecer la generación de energía solar, aumentando la eficiencia de las centrales fotovoltaicas. Por otro lado, un día nublado puede reducir la producción de energía solar y requerir que el jugador se base en otras fuentes de generación eléctrica.

Además, las condiciones de tiempo extremas, como fuertes vientos o lluvias intensas, pueden generar desafíos adicionales en el juego. Por ejemplo, los fuertes vientos pueden afectar la producción de energía eólica y requerir medidas adicionales para garantizar un suministro estable de electricidad.

En conjunto, el sistema de clima variable en el juego añade una capa de realismo y complejidad, exigiendo al jugador adaptarse a las diferentes condiciones y tomar decisiones estratégicas para maximizar la eficiencia y la satisfacción de las necesidades energéticas de la población virtual.

3.2.5.10. Sistema de eventos

Para el diseño de Power Grid se ideó un sistema de eventos aleatorios que crea desventajas al jugador y lo obliga a tomar decisiones importantes en un período de tiempo limitado.

Cuando se produce un evento se notifica sobre la inminente situación y el jugador debe preparar la ciudad y tomar las medidas necesarias para minimizar los impactos negativos del evento. Dado el tiempo limitado disponible, se requiere una toma de decisiones rápida y eficiente. La inclusión de este sistema de eventos agrega un elemento de desafío y tensión al juego, exigiendo al jugador anticipar y responder de manera estratégica a situaciones imprevistas.

Si bien el concepto es claro, resultaba necesario definir cuáles eventos pueden afectar el área energética. Una consulta rápida al equipo permitió identificar algunas opciones posibles. Entre estos eventos, se pueden incluir situaciones como sequías en el río, que afectarían el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas o en un caso extremo puede requerir el apagado de los reactores nucleares debido a la falta de agua para la refrigeración. Asimismo, una erupción volcánica puede obstaculizar el correcto funcionamiento de las centrales fotovoltaicas, o una guerra puede afectar el suministro de gas y petróleo, aumentando los costos de funcionamiento de las centrales termoeléctricas.

3.2.5.11. Limpieza y mantenimiento

El mantenimiento de las centrales eléctricas es una actividad crítica para garantizar el funcionamiento seguro, confiable y eficiente de estas instalaciones que generan electricidad. El mantenimiento tiene como objetivo principal prevenir fallas, prolongar la vida útil de los equipos y asegurar la disponibilidad continua de energía eléctrica para el suministro a la red eléctrica.

Esta mecánica se trabajó en las primeras reuniones con todo el equipo llegando a la conclusión de que las centrales termoeléctricas y biomasa se deben apagar completamente por un día y luego vuelven a funcionar rápidamente. La central nuclear e hidroeléctrica se

apagan al 50% durante una semana, al cumplir este plazo la central hidroeléctrica se enciende rápidamente, la nuclear tarda una semana más hasta llegar al 100% de potencia.

Para el mantenimiento de los aerogeneradores no es necesario apagar todos a la vez, el mantenimiento se va dando de uno en uno afectando solo un poco la producción final. Por último las centrales fotovoltaicas no necesitan apagarse, con un adecuado mantenimiento y limpieza todas las instalaciones deberían ser suficiente para mantener el suministro constante.

3.2.6. Diseño de nivel

Uno de los desafíos que se deben afrontar al momento de diseñar un videojuego es la verosimilitud capaz de construir, es decir, la distancia que guarda con la realidad que intenta simular. Cada videojuego tiene el desafío de construir un mundo ficcional interesante que contiene y da sentido a la experiencia del jugador. En el caso de Power Grid el origen del juego subrayaba la necesidad de construir una experiencia verosímil. Este fue uno de los puntos centrales que requirió alcanzar consensos dentro del equipo debido a que el escenario ideal en el cual transcurre el juego es todo el territorio argentino, contemplando desde los fuertes vientos del sur hasta la alta radiación solar del norte.

Diseñar un escenario tan amplio, con diversidad de recursos naturales y varias puestas en escena, como la cordillera, las llanuras y los ríos del litoral o la alta densidad poblacional de la provincia de Buenos Aires implica un alto costo de tiempo, impidiendo desarrollar a profundidad otras áreas como diseño de interfaz, mecánicas o programación.

Por otra parte, reducir el espacio de juego a una pequeña región resulta poco verosímil por la cantidad de centrales que el usuario construye en el tiempo de juego pero resulta extremadamente positivos por dos factores; reducir el tiempo que se utiliza para el diseño del escenario permite avanzar rápidamente con las tareas de programación y generar pequeños prototipos para testear mecánicas e identificar errores. Por otra parte, reducir el

escenario a una pequeña área es coherente con el tiempo que debe durar la experiencia, definido como no más de diez minutos. Tiempo insuficiente para presentar las diferentes regiones, los tipos de centrales compatibles con la región y sus ventajas y desventajas.

En conclusión el diseño de niveles se creó teniendo en cuenta múltiples aspectos como la duración que debe tener el juego, la fecha de entrega del proyecto y las opiniones de los expertos.



Gráfico 2: Producción real de las centrales nucleares y fotovoltaicas comparado con la producción de las centrales representadas en el videojuego. Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Navegación y flujo de pantallas

Con el propósito de garantizar una experiencia de usuario óptima, es imprescindible concebir la conexión entre las diversas pantallas que conforman el videojuego. En la fase inicial de planificación del desarrollo de Power Grid, se consideraron únicamente aquellas pantallas indispensables para cumplir con los objetivos planteados en la propuesta.

La primera pantalla, denominada "menú principal", desempeña un papel central al servir como punto de unión para las conexiones generadas con el resto de las pantallas. Dentro de este menú, se puede acceder tanto al nivel tutorial como al nivel que forma parte del prototipo final de Power Grid.

El nivel tutorial representa una instancia previa al juego propiamente dicho, donde se detallan y explican las diferentes mecánicas que conforman la jugabilidad, con el fin de que el usuario adquiriera un entendimiento no solo de la interfaz, sino también de la forma correcta de jugar.

El nivel jugable, por su parte, contiene todo el contenido jugable real, incluyendo los desafíos que los jugadores deberán enfrentar, así como las variables más importantes del juego. Aunque no es la pantalla principal, es probable que los jugadores pasen la mayor parte de su tiempo en esta sección. Al finalizar, se presenta una pantalla de resumen que muestra el desempeño del usuario en la partida.

En resumen, la interconexión y selección cuidadosa de las pantallas en el desarrollo de Power Grid busca optimizar la experiencia del usuario y proporcionar un enfoque estructurado y efectivo para el disfrute y comprensión del juego.

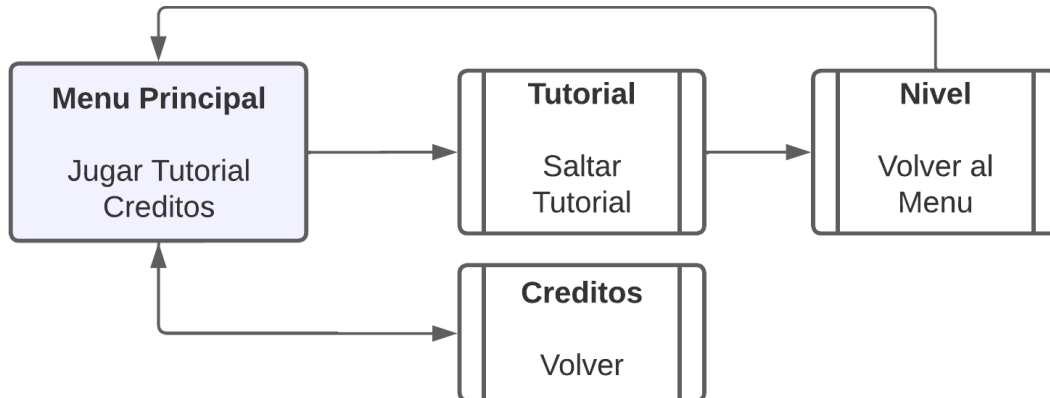


Gráfico 3: Flujo de pantallas dentro del juego. Fuente: elaboración propia.

3.2.8. Prototipo en papel

Un prototipo en papel de un videojuego es una representación visual y simplificada del concepto y mecánicas del juego, creado mediante el uso de papel, lápices y, posiblemente, otros elementos básicos. Se emplean ilustraciones, bocetos, diagramas y descripciones

escritas para representar elementos clave del juego, tales como personajes, escenarios, mecánicas, interacciones y flujos de jugabilidad.

Este recurso ofrece agilidad y flexibilidad en el proceso de diseño, ya que su creación es rápida y no requiere habilidades técnicas avanzadas. Permite probar y ajustar diversas ideas, posibilitando múltiples iteraciones del prototipo para mejorar y refinar el diseño antes de avanzar hacia el desarrollo del software.

Otra ventaja significativa del prototipado en papel radica en su capacidad para compartir la visión del juego con todos los miembros del equipo de desarrollo. Este punto resultó central ya que otros integrantes del proyecto no contaban con experiencia en el proceso de producción de videojuegos ni se encontraban particularmente familiarizados con los géneros de referencia.

Un prototipo en papel, además, facilita la exploración de ideas creativas, liberando a los diseñadores de preocupaciones sobre detalles técnicos o limitaciones del software que podrían condicionar sus decisiones de diseño. No obstante, esto no implica ignorar aspectos fundamentales; por el contrario, el prototipo en papel ayuda a identificar problemas o puntos débiles en el diseño y, de manera igualmente importante, permite visualizar el alcance del proyecto, es decir, las tareas necesarias para culminar el desarrollo.

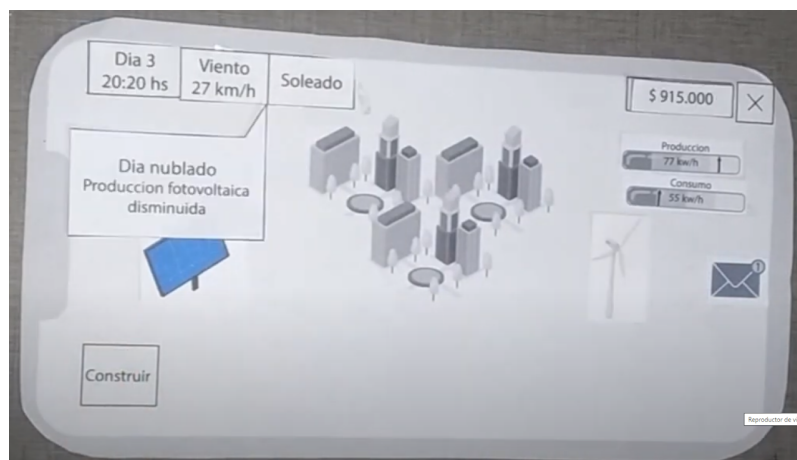


Gráfico 4: Prototipo en papel¹. Fuente: elaboración propia.

¹ Video disponible en: <https://n9.cl/videoprototipoenpapel>

3.3. Etapa de producción

Una vez finalizada la etapa de diseño fue necesario identificar los pasos a seguir y las tareas a realizar para iniciar el desarrollo de manera ordenada. Una buena práctica es el uso de una metodología que permita clasificar las tareas, duración y complejidad.

Para este cometido se crea un documento metodológico de trabajo (Anexo I) en el cual se identifican y listan todas las tareas que se deben realizar (*BackLog*). Posteriormente se clasifican siguiendo los estándares establecidos en el documento, asignando prioridad, dificultad, dependencias, duración, entre otros aspectos.

3.3.1. Motor de desarrollo

Para el presente proyecto, se optó por utilizar el motor de desarrollo Unity 3D (Unity Technologies, 2005). La elección de esta herramienta se basó específicamente en las capacidades y conocimientos del equipo respecto a este motor. No obstante, la versión de Unity que se utiliza para el desarrollo del proyecto se vio afectada por la compra de modelos 3D específicos para la implementación en el juego.

La versión recomendada para trabajar con los recursos adquiridos es la 2019.4.39, por lo que fue necesario descargar la misma versión o una superior para evitar futuros problemas de compatibilidad o demoras en el desarrollo.

En el contexto de la elección de Unity para este proyecto, se destacan varios aspectos importantes. Primero, Unity ofrece la capacidad de desarrollar y lanzar aplicaciones en diversas plataformas, incluyendo Android, iOS, Windows, MacOS, Linux, entre otras. Además, Unity proporciona un conjunto de herramientas y características destinadas a mejorar el rendimiento. Estas herramientas incluyen la gestión eficiente de recursos, técnicas de compresión de texturas y otras estrategias de optimización específicas. Lograr una amplia

compatibilidad es clave al orientarse a estudiantes. Es de esperar que en la flota de teléfonos predominen los de gama media y baja

Otro punto a destacar es la tienda online de recursos, conocida como el Asset Store, que ofrece una amplia gama de activos que van desde modelos 3D hasta efectos visuales y scripts. Esta tienda permite a los desarrolladores aprovechar recursos existentes, acelerando así el proceso de desarrollo. En el caso del videojuego Power Grid, se recurrió al Asset Store para adquirir todos los modelos 3D implementados en el proyecto.

Finalmente, es importante mencionar la gran comunidad de desarrolladores que respalda la plataforma Unity. Además, existe un gran número de tutoriales, foros de discusión y recursos en línea disponibles para ayudar a los desarrolladores a resolver problemas y aprender nuevas técnicas. Esta comunidad desempeña un papel fundamental en el soporte y el desarrollo exitoso de proyectos basados en Unity.

3.3.2. Arte 3D

Para el desarrollo de Power Grid se tomó la decisión de adquirir un paquete de activos que incluía una amplia colección de modelos 3D low poly para crear el escenario y las distintas centrales de producción. La compra de estos activos resultó en una reducción significativa del tiempo requerido para desarrollar el videojuego, al evitar horas de trabajo en la creación de modelos 3D de edificios, automóviles, montañas, centrales, entre otros elementos. Esta elección demostró ser altamente beneficiosa, permitiendo al equipo de desarrollo completar un prototipo completo del escenario y las centrales en tan solo tres semanas. Esto aceleró considerablemente el proceso de creación del juego y estableció una base para un desarrollo más eficiente y rápido, aprovechando al máximo los recursos proporcionados por el paquete de activos adquirido.

A pesar de que la primera versión del escenario se completó en tres semanas, fue necesario iterar sobre el mismo para atender a los requerimientos de los especialistas y realizar adaptaciones en las mecánicas propuestas. Un ejemplo de esto fue la incorporación del ciclo de día y noche. Para lograr el efecto de luz dentro de las ventanas de los edificios, se modificaron las texturas de los rascacielos, hogares e industrias. Este proceso de modificar las texturas existentes fue esencial para mejorar la calidad y la experiencia del juego.



Gráfico 5: Comparación entre la ciudad de día y la ciudad de noche. Fuente: Power Grid.

3.3.3. Interfaz de usuario

En la etapa de diseño, junto con el prototipo en papel, se elaboró un primer acercamiento de las interfaces de usuario necesarias para comenzar a programar las mecánicas e interacciones de las distintas partes del juego. El diseño se realizó con un arte sencillo que permite avanzar rápidamente en la programación de las funcionalidades específicas.

Una vez programadas las mecánicas básicas y ante la necesidad de crear todos los elementos visuales con la estética final del juego, se procedió a iniciar el proceso de subcontratación de la parte artística. Esta etapa involucra la conceptualización del título del juego junto con la definición de la estética final deseada para el menú y la elaboración de un

informe artístico que detalla todos los recursos gráficos requeridos para el videojuego. Además, se detalla minuciosamente la resolución, proporciones, escala y una paleta cromática precisa. La totalidad de este proceso documental y las correspondientes solicitudes fueron gestionadas con la intervención directa de la directora del proyecto, quien actuó como intermediaria para establecer la conexión con el artista designado: Diego Porello.

Una vez que el artista tuvo acceso a la documentación adjunta, se coordinó una reunión presencial con el fin de analizar en detalle el proyecto y establecer un marco de colaboración. Durante esta sesión, se presentó una versión de demostración del videojuego con el propósito de proporcionar una comprensión completa de la temática del juego, sus mecánicas y el diseño de la interfaz principal desarrollada hasta ese momento. Se le comunicó, además, que dicho diseño no estaba completamente establecido y que el equipo estaba dispuesto a recibir sugerencias de diversa índole en el ámbito artístico.

Esta colaboración dió como resultado más de veinticinco piezas de arte individuales, comúnmente llamadas assets.



Gráfico 6: Interfaz de usuario en primer prototipo (izquierda) y diseñada por Diego Porello (derecha). Fuente: Power Grid.

3.3.4. Título

Al comienzo del desarrollo, se asignó un nombre provisional al videojuego con el objetivo de iniciar rápidamente el proceso de diseño de las mecánicas y el apartado visual. El proyecto se denominó “GestionAR”, una combinación de las palabras “gestión”, el género

principal del juego, y “Argentina”, el lugar donde transcurre y se toma como referencia para representar la matriz energética.

Para definir el título final del videojuego se emplearon diferentes herramientas de inteligencia artificial (IA) en tendencia, como ChatGPT y DALL·E 2, con las cuales se generaron varias alternativas tanto para el nombre como para el diseño gráfico.

Dichas herramientas de inteligencia artificial presentaron diversas propuestas para los nombres, destacando entre ellas “Red Eléctrica: Gestionando la Matriz Energética”. Tras una reunión con el equipo completo de trabajo se llegó al consenso de que prescindir de la referencia a la “matriz energética” era apropiado, privilegiando un título atractivo y evitando tecnicismos. Asimismo, se evaluó “Red Eléctrica: Construí tu Imperio Energético”, el cual es atractivo y llama a la acción; sin embargo, se optó por una variante que combina inglés y castellano, logrando un efecto aún más impactante: “Power Grid: Construí tu Imperio Energético”.

Una vez que se estableció el título, se procedió a transmitir la información y a presentar el juego al artista gráfico designado para la creación de las diversas piezas. En contraste, se recibieron tres propuestas, cada una con paletas de colores distintas. No obstante, una característica se destacó por encima de las demás: el diseño se concibió teniendo en cuenta el ámbito académico e institucional previsto para la utilización del videojuego. Esto posibilita captar la atención de docentes y profesores interesados en incorporar herramientas de este tipo en sus aulas.



Gráfico 7: Icono y título del videojuego². Fuente: Power Grid.

² Se observan dos piezas de artes para la publicación del videojuego. A la izquierda un icono para la tienda mientras que a la derecha se desarrolla la identidad completa.

3.3.5. Centro de ayuda

El centro de ayuda fue una de las primeras características concebidas, pero la implementación de sus funcionalidades y la definición de su contenido se llevaron a cabo en las fases finales del proyecto debido a que, a medida que avanzaba el desarrollo fue posible identificar qué debía disponerse allí. Esto implica reconocer qué información se le presenta al jugador, qué datos necesitan destacarse y qué consejos son necesarios en un momento específico del juego. La información incorporada fue meticulosamente planeada y revisada por la dirección del proyecto.

El centro de ayuda sirve al jugador como guía y tutorial en caso de ser necesario. Las primeras páginas destacan el origen de la energía generada en las diferentes centrales eléctricas (Gráfico 8). Esto es fundamental, ya que esta información se encuentra disponible en la sección de características de las centrales, que no es visitada ni leída con frecuencia por los jugadores. Un breve repaso es esencial para comprender el concepto básico de las seis diferentes formas de producción de energía.



Gráfico 8: Centro de Ayuda del videojuego. Fuente: Power Grid.

Continuando con las primeras recomendaciones, se encuentran las ayudas específicas que fueron diseñadas para el videojuego. Algunas sugerencias pueden mencionar aspectos del consumo o los picos de consumo, así como otras funciones básicas de las diferentes centrales, que pueden ser esenciales para la elección de una u otra.

Como última ayuda, se incorporaron tarjetas de advertencia para las estaciones futuras con la intención de alertar al jugador sobre los cambios que se avecinan. El objetivo es resaltar las características de cada estación y su efecto en la producción de energía; sirve como una pausa en el videojuego para analizar y plantear cuáles son las acciones necesarias y las mejoras en la infraestructura para la próxima temporada.

En conjunto, estas ayudas tienen como objetivo principal orientar al jugador para que planifique su estrategia teniendo en cuenta todos los factores internos y externos relacionados con la producción de energía. Esto contribuye a crear la sensación de que todo está bajo control y se ajusta a la planificación prevista en el juego.

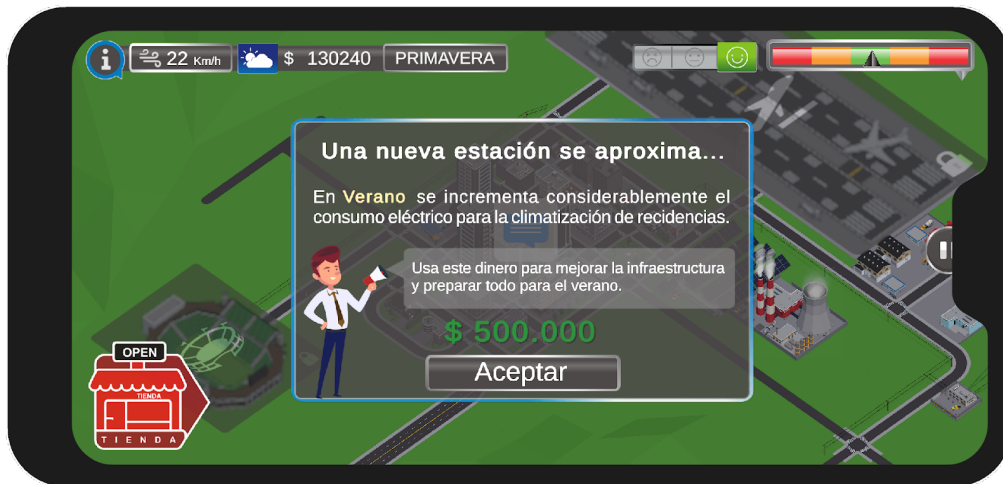


Gráfico 9: Tarjetas de ayuda dentro del juego. Fuente: Power Grid.

3.3.6. Calibración de mecánicas

Al finalizar la programación de las funcionalidades básicas del juego fue necesario ajustar algunos valores para equilibrar las mecánicas. Con el propósito de llevar a cabo esta tarea se pautó una reunión con todos los equipos involucrados para exponer la necesidad de conocer los valores aproximados de la producción de las centrales, costos de construcción, impacto ambiental y otros factores de relevancia en el contexto del videojuego.

La propuesta fue crear una serie de tablas con las características más importantes para resaltar detallando el efecto de las temporadas del año a cada estación en particular.

3.3.6.1. Capacidad de producción

La capacidad de generación de una central de energía eléctrica varía según su categoría, tamaño y características específicas. Por ejemplo, una central termoeléctrica de gas o carbón puede tener un costo que oscile entre cientos y miles de millones de dólares, con una capacidad de producción de entre 500 a 1000 MW. En cambio, una central fotovoltaica puede tener un costo de unos pocos millones para instalaciones pequeñas y cientos de millones para instalaciones de gran tamaño, con una capacidad de producción promedio de entre 20 a 50 MW.

Como se puede observar, los valores pueden variar ampliamente, lo que ha llevado a establecer un criterio para equilibrar las capacidades de generación de cada tipo de central. Se optó por reducir la capacidad de generación de las centrales térmicas, nucleares e hidroeléctricas, ya que producen entre diez y cincuenta veces más energía que otras centrales, lo que puede desequilibrar el juego y reducir la diversidad en las estrategias de construcción. Por ejemplo, si no se reduce la producción, el jugador puede optar por construir una única central termoeléctrica o repetir el proceso entre diez y cincuenta para abastecer a toda la región con energía solar.

Por lo tanto, se ajustaron las capacidades de generación de energía eléctrica de los diferentes medios de producción, con el objetivo de fomentar una mayor diversidad y desafío estratégico en el juego, sin descuidar la verosimilitud y las características distintivas de cada tipo de central. Esto implica que una central fotovoltaica nunca puede generar más energía que una nuclear, termoeléctrica o hidroeléctrica, al igual que estas últimas no generan entre diez y cincuenta veces más energía que una central fotovoltaica, eólica o biomasa.

	Termoelectrica		Hidroeléctrica		Nuclear		Fotovoltaica	
Capacidad de produccion	500-800	Puede variar según su tamaño y diseño específico	50-500	Puede variar según el tamaño de su presa y la cantidad de agua que puede almacenar.	1000-1600	Una central de fusión nuclear puede producir mucha energía, depende de la cantidad de reactores	20-50	Puede variar según su tamaño, diseño y la cantidad de luz solar que recibe en su ubicación

Gráfico 10: Matriz de contenido³. Fuente: Laboratorio LIDER (UNRaf Tec).

3.3.6.2. Costo de construcción

Para determinar los costos de construcción de cada instalación se optó por no basarse en ningún punto de referencia preexistente. Esta elección se justifica en que la inversión inicial para las diversas plantas de generación se ve afectada por factores como el tamaño, la capacidad productiva, el nivel tecnológico, las particularidades topográficas y la ubicación geográfica, entre otros elementos. Dicha complejidad impide establecer un valor preciso para los costos reales asociados a la central que se encuentra representada en el contexto del videojuego.

No obstante, se mantiene una relación entre las centrales más caras y las económicas, siendo la nuclear y la hidroeléctrica las más caras de construir y la fotovoltaica la más económica.

3.3.6.3. Representación gráfica de las centrales

La representación gráfica de las centrales deriva de una versión simplificada de los distintos medios de producción de energía eléctrica que se utilizan actualmente en Argentina pero fue necesario modificar algunos aspectos visuales con fines estratégicos, teniendo en cuenta las características que distinguen a cada una. Algunos de los cambios más importantes implementados fueron en la central fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.

En el caso de las centrales fotovoltaicas, también conocida como planta solar en una expresión menos técnica, se componen de unos pocos miles a decenas de miles de paneles fotovoltaicos interconectados entre sí que abarcan una superficie de entre cuatro y seis

³ Matriz de Contenido confeccionada por Laboratorio LIDER en el contexto del trabajo colaborativo. La información se encuentra completa en el Anexo I.

hectáreas por cada un MW (1 MegaWatts). Para la representación en el juego, fue necesario reducir el número de paneles a 20, una cantidad que permite dar la sensación de que se requieren múltiples células fotovoltaicas pero a su vez, no carga de polígonos la escena y permite aumentar el tamaño de los modelos 3D para que se puedan observar desde una vista aérea. Otro problema fue la superficie requerida, para ello se definió un tamaño estándar para todo los tipos de centrales, eliminando el problema de proporciones, que puede quitar importancia a otras centrales más pequeñas pero igual de potentes.

La central eólica se compone por varios aerogeneradores distribuidos estratégicamente para aprovechar las corrientes de aire en una zona específica. Dentro del juego se agrupan en una pequeña superficie que es insuficiente para que un aerogenerador sea eficiente pero facilita la experiencia al jugador y vuelve menos tedioso el proceso de construcción..

Por último, las centrales hidroeléctricas necesitan un gran caudal de agua y las condiciones topográficas naturales o artificiales para crear un embalse. Dentro del juego es la única central que no se puede elegir donde construir ya que al iniciar la obra, el terreno se ve afectado debido a que es necesario inundar grandes superficies incluyendo valles, bosques o terrenos bajos de los alrededores de la central, afectando la flora y fauna de la región. Por este motivo, existe un lugar predefinido para la central hidroeléctrica y no está sujeto a decisión del jugador.



Gráfico 11: Representación 3D de la central termoeléctrica, eólica y fotovoltaica. Fuente: Power Grid.

3.3.7. Felicidad

La variable de "Felicidad" se desarrolló empleando los documentos proporcionados por los expertos en el campo. Este proceso consideró cuidadosamente el impacto ambiental de cada instalación energética así como la proximidad de las centrales con respecto a las áreas urbanas representadas en el videojuego.

Los datos proporcionados permitieron cuantificar aspectos relacionados con la salud y la comodidad de los habitantes, alineados con el funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones. Además, se consideró la percepción social negativa que tienen los ciudadanos sobre los distintos métodos de producción de energía y se incorporó un sistema de gestión de tarifas para el servicio prestado, buscando representar de manera verosímil en el videojuego, la reacción entre la felicidad y el incrementos o reducciones en el precio de las tarifas.

Como último factor, producir energía por debajo del mínimo requerido o en exceso también afecta a la felicidad de los ciudadanos, siendo que en el primer caso no se llega a cubrir la demanda eléctrica y en el segundo se desperdician recursos, empeorando y encareciendo el servicio.

3.3.8. Música y efectos de sonido

Dada la restricción de tiempo en el proceso de desarrollo, la implementación de elementos de audio, como música y efectos de sonido (SFX), se vio reducida a únicamente la música del menú y gameplay. Sin embargo, es importante resaltar que la incorporación de un sistema de audio completo es una necesidad que debe ser considerada en futuras modificaciones del proyecto.

La incorporación de música y efectos de sonido (SFX) en los videojuegos enriquece significativamente la experiencia del jugador. La música establece la ambientación y el tono del juego, sumergiendo al jugador en su mundo y creando atmósferas coherentes con la

narrativa y la estética del juego. Además, la música puede evocar emociones, conectando emocionalmente al jugador con la historia y los personajes, o aumentando la tensión en momentos clave. Los efectos de sonido proporcionan un feedback auditivo esencial, indicando cuando se realizan acciones exitosas y ayudando al jugador a comprender y tomar decisiones informadas. En última instancia, la música y los SFX aumentan la inmersión del jugador, haciendo que la experiencia de juego sea más envolvente y memorable (Rambla, 2021).

3.3.9. Optimización

La optimización se refiere al proceso de mejorar y ajustar un videojuego con el objetivo de lograr un rendimiento y calidad superiores en términos de velocidad de fotogramas, tiempos de carga, utilización de recursos del sistema y la experiencia general del jugador. El propósito principal de la optimización es asegurar que el juego se ejecute de manera fluida, sin inconvenientes en los diversos modelos de dispositivos móviles, incluso en aquellos de rendimiento más bajo.

Durante el desarrollo de Power Grid, se implementaron una serie de mejoras de rendimiento, comenzando por el Occlusion Culling, una herramienta disponible en el motor de desarrollo utilizado. Esta técnica permite reducir la cantidad de objetos que se renderizan en pantalla en un momento determinado. En situaciones normales, un motor de juego procesa todos los objetos presentes en una escena, inclusive aquellos que no son visibles para el jugador debido a la obstrucción por otros objetos en primer plano o a su ubicación fuera del campo de visión de la cámara. La herramienta de Occlusion Culling logra disminuir eficazmente el número de objetos renderizados en pantalla de manera rápida y sistemática, y su configuración lleva solo unas pocas horas.

El segundo problema que se debe solucionar se relaciona con la configuración de las luces y las sombras que se proyectan sobre los objetos. Calcular las sombras resulta un proceso con un elevado costo computacional, por lo que es importante reducir al máximo tanto las luces que generan sombras como los objetos que también las proyectan.

Con el fin de mejorar el rendimiento del videojuego, se tomó la decisión de permitir únicamente a las casas, edificios e industrias proyectar sombras. Cualquier objeto como por ejemplo calles, farolas, autos, semáforos, arbustos y decoraciones no afectan significativamente el rendimiento. Esta optimización se complementa con una disminución significativa en la cantidad de luces activas simultáneamente en la escena.

Como tercera y última medida, se redujo la resolución de las texturas utilizadas en las interfaces, considerando su tamaño y posición con respecto a la pantalla. El objetivo es lograr alcanzar la resolución mínima que no comprometa la calidad de la imagen.

3.3.10. Git

Para realizar un desarrollo en un equipo se requiere una herramienta que facilite el trabajo asincrónico entre los miembros. En este caso, dado el uso de Unity3D, se puede aprovechar la herramienta de trabajos cooperativos Unity Collaborate. Esta funcionalidad permite realizar cambios en el videojuego de forma remota y almacenar los avances en la nube, lo que permite a todos los miembros del equipo descargar las versiones actualizadas del proyecto para continuar con el desarrollo.

No obstante, uno de los aspectos negativos es que puede presentar errores cuando se modifica el mismo archivo de manera remota o se cambia algún valor, generando conflictos al cargar una actualización del juego y ocasionando pérdida de avances y retrasos en el proyecto.

Como alternativa, se planteó utilizar GitHub, una aplicación diseñada para controlar versiones, lo que no solo permite trabajar de manera asíncrona, sino también controlar y evitar errores al combinar el trabajo realizado. Esta elección tiene el propósito de agilizar el desarrollo y tener un mayor control en el versionado del código base, de forma privada y segura, brindando acceso exclusivamente a los miembros del equipo. Además, GitHub facilita la detección automática de cambios y la búsqueda de conflictos. En caso de no existir conflictos, el miembro encargado de autorizar los cambios y verificar que no se produzcan errores debe dar la autorización final para unificar los cambios.

Dentro del proyecto se crea un archivo denominado "git-ignore" que permite configurar las carpetas y archivos que GitHub debe ignorar al momento de cargar los archivos en la nube. Si no se configura adecuadamente, puede cargar archivos innecesarios al repositorio y/o producir errores de versión.

Todas estas características se encuentran explicadas detalladamente en el [Anexo I](#).

3.3.11. Trello

Con el propósito de alcanzar una mayor organización en el trabajo, se optó por seleccionar la plataforma Trello como sistema de tickets. Esta elección se basó en que la plataforma proporciona los requisitos básicos de organización necesarios para el desarrollo de software. Trello permite gestionar diferentes etapas de una tarea, asignar niveles de urgencia, designar personas responsables y realizar un seguimiento de las etapas del proceso para completar cada requerimiento.

Aunque existían diversas opciones disponibles para llevar a cabo el desglose de tareas, se decidió descartar otras alternativas debido a que en términos de interfaz, facilidad de uso y características adicionales, la plataforma escogida resulta sencilla e igual de útil.

Se elaboró un manual de uso que detalla la metodología de trabajo que se utiliza en la herramienta Trello. Las tarjetas tienen una estructura predefinida denominada “plantilla”, con el objetivo de mantener la uniformidad y facilitar la comprensión para todos los miembros del equipo de desarrollo, así como para aquellos externos al equipo.

Toda la información detallada sobre esta plataforma y la metodología de uso se encontrará detallada en el [Anexo II](#).

3.4. Prototipo final

El prototipo final del videojuego lleva como título: *Power Grid: Construí tu imperio Energético*. Se presenta como una experiencia innovadora en el ámbito educativo. Diseñado para ser utilizado en celulares y tablets con el sistema operativo Android, pertenece al género de gestión y estrategia. El público objetivo se orienta a los estudiantes de los últimos años de escuelas secundarias, brindando una duración de juego estimada en 10 minutos ajustada para una sesión eficiente y adecuada para un ambiente educativo.

El prototipo se destaca por su diversidad en tipos de centrales de producción eléctrica, ofreciendo la posibilidad de construir seis variantes: fotovoltaica, eólica, termoeléctrica, biomasa, nuclear e hidroeléctrica, esta última siendo especialmente relevante en el contexto argentino. El clima desempeña un papel fundamental en la generación de energía, ya que factores como la velocidad del viento y las condiciones climáticas afectan de manera positiva o negativa en el juego. Además, las estaciones del año influyen en la generación y consumo energético; por ejemplo, durante el verano, la producción de centrales fotovoltaicas e hidroeléctricas aumenta, aunque el consumo general se eleva debido a la demanda de climatización en hogares y oficinas.



Gráfico 12 : Representación gráfica de un día nublado. Fuente: Power Grid.

La satisfacción de la población es otro elemento crucial, ya que los ciudadanos finales del producto eléctrico reaccionan ante las decisiones del jugador. Una gestión inadecuada puede ocasionar descontento y afectar las ganancias. El videojuego ofrece un "Centro de Ayuda" permanente para consultar información relevante y características importantes antes de tomar decisiones estratégicas. La lógica de juego se desarrolla en una experiencia de diez minutos en la cual la derrota no es una opción. Abarca un año ficticio, representado por las cuatro estaciones y culmina con la visualización de la matriz energética creada y un resumen del desempeño alcanzado.

La implementación técnica de este juego es respaldada por el motor de desarrollo Unity 3D en su versión 2019.4.39f. La programación se realiza en el lenguaje C#, mientras que el arte se presenta en estilo 3D low poly para los escenarios e imágenes en arte vectorial para las diferentes interfaces presentes en el software. La vista de cámara adoptada es isométrica, una perspectiva ampliamente utilizada en este género. La aplicación resultante tiene un tamaño de 56MB lo que incluye la experiencia completa.

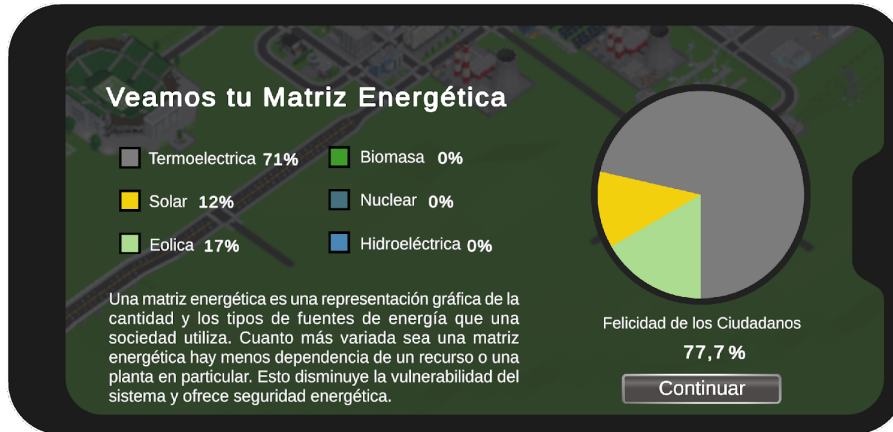


Gráfico 13: Pantalla final del videojuego. Fuente: Power Grid.



Gráfico 14: Pantalla de inicio del videojuego. Fuente: Power Grid.

3.5. Validación y testeo

Durante cada una de las iteraciones en las cuales se realizan avances dentro del desarrollo es de vital importancia que se realicen pruebas sobre el prototipo para que se detecten fallos y/o validar las diferentes decisiones de diseño que fueron aplicadas en la versión.

Los resultados de los diferentes testeos que se realizaron fueron de ayuda para que se pueda avanzar con nuevos requerimientos y a su vez al detectar ciertos errores ser capaz de en la siguiente versión realizar las correcciones correspondientes. A continuación, se detallan

las pruebas que se realizaron y las decisiones que fueron tomadas desde el equipo de videojuego.

3.5.1. Feedback visual

En una etapa avanzada del desarrollo del videojuego, se llevó a cabo un proceso de prueba con diversos usuarios que se ajustaban al público objetivo definido para este proyecto. Los resultados de estas pruebas revelaron la necesidad de incorporar elementos de retroalimentación visual (Feedback Visuales) con el fin de mejorar la experiencia del jugador y proporcionar orientación sobre los eventos que acontecen en el juego. La satisfacción del jugador y su comprensión de la mecánica son elementos cruciales para el éxito de cualquier videojuego. En este contexto, el feedback visual se convierte en una herramienta esencial para complementar la comunicación.

Las situaciones que fueron necesarias resaltar son la variación del consumo eléctrico, tanto en términos de aumentos como de disminuciones, la inauguración del estadio y del aeropuerto, el sistema de construcción, el incremento del dinero, las notificaciones recibidas por parte de los ciudadanos y las transiciones entre las estaciones del año.

Ciertamente, hay una gran variedad de elementos de retroalimentación visual y auditiva que se pueden incorporar para mejorar la experiencia del jugador en el videojuego. Es importante destacar que en el párrafo anterior solamente se mencionaron los aspectos que se llegaron a implementar o los que son más significativos en este contexto.



Gráfico 15: Feedback visuales dentro del juego. Fuente: Power Grid.

3.5.2. Cafe Científico

En el proceso de elaborar el cronograma del proyecto actual, se discutió la idea de presentar el videojuego ante el público objetivo y/o los docentes interesados en utilizar la herramienta en el aula al término de su producción. Esta estrategia se ideó con el objetivo de realizar validaciones precisas y obtener retroalimentación de los usuarios para identificar posibles mejoras. Otro objetivo fue detectar posibles problemas que pudieran surgir al momento de llevar el videojuego a las aulas, de igual manera, se busca validar las decisiones de diseño exitosas.

Tras finalizar el prototipo, desde el proyecto “Interactividad autogestionada y gamificación” se organizó un evento denominado “Café Científico” en el marco de la Agenda de Ciencia, Tecnología e Innovación de Rafaela. Este evento reunió a una comunidad en el Campus UNRaf para presentar diversos proyectos enfocados en la educación, incluido *Power Grid: Construí tu Imperio Energético*.

Entre los asistentes a la exhibición se encontraban usuarios potenciales y expertos en el tema: estudiantes y docentes del Instituto Superior de Profesorado N° 2 “Joaquín V. González”, docentes de la Licenciatura en Educación de la UNRaf y referentes de la Secretaría de Educación de la Municipalidad de Rafaela. Al presentar el juego y explicar la idea, los desafíos enfrentados y de qué manera se adaptaron y plasmaron los datos

proporcionados por los expertos en el videojuego, fue posible validar las decisiones de diseño en función de reacciones, comentarios e interacción con el público.

Un caso ilustrativo de las validaciones realizadas durante la jornada son los múltiples comentarios positivos acerca de la implementación del sistema de notificaciones simulando ser la famosa red social Twitter. En contraste con el centro de ayuda, los comentarios de los ciudadanos se redactan de una manera más coloquial y divertida, sin diferir de la información proporcionada en otros apartados.

Docentes y participantes del evento destacaron que el sistema de notificaciones de los ciudadanos puede facilitar el interés y la participación. El uso de un formato conocido y reconocible puede despertar el interés del jugador para leer los mensajes recibidos. Además, los usuarios pueden identificar rápidamente la naturaleza de la comunicación como una notificación u alerta que destaque, lo que lleva al segundo comentario; Las notificaciones suelen destacarse y captar la atención de los usuarios. Utilizar un formato similar puede garantizar que la información se destaque y sea notada, lo que es especialmente útil cuando se desea comunicar un mensaje.

Otro comentario que fue ampliamente repetido es la posibilidad de incorporar al videojuego factores atmosféricos o situaciones que desafíen al usuario y den dinamismo a la experiencia. Este tipo de mecánicas se implementó desde un comienzo por lo cual se infiere que fue una decisión acertada.

A manera de último ejemplo, una cuestión que atrajo amplio interés fue la viabilidad de incorporar variables adicionales con el fin de influir en la felicidad de los ciudadanos tales como cortes en el suministro eléctrico, huelgas, fallas en el funcionamiento de las centrales, sistema de reparación y mantenimiento o fenómenos drásticos como sequías o grandes inundaciones. Estas consideraciones formaron parte del planteo inicial de la idea y

algunas de ellas se consideraron durante la fase de diseño. Sin embargo, durante la fase de desarrollo las limitaciones del tiempo impidieron incluir todos los aspectos mencionados.

4. Conclusiones

En el curso de este proyecto, hemos trabajado arduamente para diseñar, evaluar y desarrollar un videojuego del género gestión y estrategia con características de un *serious game* enfocado en la producción y el consumo eléctrico en Argentina. Durante este proceso, hemos superado desafíos técnicos y creativos para producir un prototipo que es completamente jugable en las aulas e independiente de sus autores. A lo largo de estas páginas, hemos compartido nuestro viaje desde la concepción de la idea hasta la implementación final de *Power Grid: Construí tu Imperio Energético*, y en este punto, es fundamental reflexionar sobre los hitos alcanzados y el impacto que esperamos lograr.

La comunicación y las reuniones periódicas con todos los equipos involucrados permitieron crear un ambiente de trabajo recíproco en donde todos los actores involucrados fueron parte activa del diseño del prototipo. En el proceso colaborativo del desarrollo del videojuego se evidenció un fenómeno esencial en el cual no solo nosotros como desarrolladores logramos comprender las necesidades y la visión de los expertos, sino que, todos los involucrados han adquirido un entendimiento fundamental de los aspectos básicos inherentes al desarrollo de videojuegos. A partir de esta comprensión mutua, los expertos han sido capaces de proyectar sus ideas con mayor eficacia, utilizando esta base de conocimiento compartido como plataforma para la materialización de sus concepciones en el contexto de un videojuego.

En relación con el proceso de diseño, es importante destacar que la planificación y validación de cada etapa del desarrollo resultó ser una decisión acertada. Esta aproximación

permitió un desarrollo flexible en el que cada interacción con el equipo de trabajo sirvió para validar el correcto funcionamiento de las mecánicas y la representación precisa de los datos. Estas validaciones impulsaron el progreso constante del proyecto debido a que permitió detectar los errores a tiempo y corregirlos antes de avanzar con otra tarea.

En el contexto del proceso de desarrollo, es relevante destacar la importancia que adquiere el alcance del proyecto. En el caso de Power Grid, se optó por implementar los seis tipos de centrales más comúnmente utilizados en Argentina. Inicialmente, se consideró la posibilidad de programar un único código y replicarlo para las demás centrales; sin embargo, esta perspectiva resultó errónea. En su lugar, se requirió la creación de seis códigos independientes, cada uno adaptado a las características específicas de las centrales correspondientes. Además, fue necesario realizar los modelos en 3D para las distintas centrales y lograr un equilibrio entre los costos de compra, producción y la capacidad de generación. Asimismo, fue necesario incorporar las ayudas pertinentes para las nuevas centrales, programar sus ubicaciones dentro del juego y recalibrar el equilibrio general del mismo.

Es fundamental subrayar que esta revisión no implica que la elección de implementar los seis tipos de centrales fue incorrecta; en todo caso, resalta la importancia de considerar el impacto potencial de una modificación aparentemente pequeña en todo el sistema, a fin de evaluar adecuadamente las implicaciones de cualquier cambio.

Con respecto a los datos proporcionados por el laboratorio LIDER y su adaptación a una mecánica jugable, resulta evidente que la transferencia directa de estos datos al juego sin un proceso de interpretación adecuado es insuficiente para garantizar un funcionamiento coherente en el contexto del juego. En cambio, es imperativo determinar el significado subyacente de estos datos y su relación con la información restante. Esto resalta la

importancia de interpretar los datos y adaptarlos de manera efectiva al entorno del videojuego.

Con respecto a la evaluación y validaciones finales del prototipo se puede destacar dos aspectos fundamentales. En primer lugar, la decisión de no poder perder dentro del juego fue ampliamente avalada por las docentes que participaron del café científico. Según su apreciación especializada, esta medida fomenta un enfoque más positivo hacia el aprendizaje y promueve la participación activa de los estudiantes en el proceso educativo.

La segunda característica que resaltó y que obtuvo un amplio apoyo por parte de docentes y estudiantes del profesorado fue la decisión de establecer una duración específica de diez minutos para el juego. Esta elección se basó en la creencia de que tener un juego sin un límite de tiempo definido no es adecuado para el entorno educativo. En contraste, se consideró beneficioso contar con una experiencia de juego con un tiempo acotado, ya que esto facilita la planificación de la clase.

Establecer un límite de tiempo permite a los docentes una mejor organización de las actividades en el aula y ayuda a alinear los objetivos pedagógicos con el juego. Esto promueve un enfoque más estructurado y efectivo para la enseñanza, lo que a su vez mejora la gestión del tiempo y el proceso de aprendizaje.

Con respecto a los objetivos de comunicación de las ciencias, se destaca el amplio interés demostrado para incorporar esta herramienta en las aulas. Una frase que se repitió con frecuencia fue que el videojuego sirve como una valiosa introducción a la temática y como un estímulo para realizar otras actividades, lo que resulta extremadamente positivo ya que cumple de manera efectiva con el propósito principal del videojuego, que es despertar la curiosidad y el compromiso de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias. Este entusiasmo y reconocimiento de la utilidad del videojuego refleja la efectividad de su diseño en el contexto educativo y destaca la importancia de dar continuidad al proyecto, a fin de

incorporar las funcionalidades que quedaron pendientes durante el proceso de desarrollo, tales como mejoras en el tutorial y el sistema de feedback visual y auditivo.

5. Bibliografía

- Arnold, U., Söbke, H., & Reichelt, M. (2019). Simcity in infrastructure management education. *Education Sciences*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/educsci9030209>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ra ed.). Pearson Educación.
- Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J. H., & Tosca, S. P. (2020). *Understanding Video Games: The Essential Introduction*. Routledge.
- Eilers, F. (2014). SimCity and the Creative Class. Happiness, Place, and the Pursuit of Urban Planning. *ToDIGRA*. 1(3). <https://doi.org/10.26503/todigra.v1i3.31>
- Gaber, J. (2007). Simulating planning: Sim City as a pedagogical tool. *Journal of Planning Education and Research*, 27(2), 113–121. <https://doi.org/10.1177/0739456X07305791>
- Gómez Sanz, B. (2020). *Gamificación y juegos serios: Curso práctico*. RA-MA.
- Morales Moras, J. (2015). *Serious Games: Diseño de Videjuegos con una Agenda Educativa y Social*. UOC.
- Nallar, D. (2015). *Diseño de juegos en América latina I, teoría y práctica: Estructura lúdica*. gamedesignla.com.
- Newzoo. (2017). *Male and Female Gamers: How Their Similarities and Differences Shape the Games Market*.
<https://newzoo.com/resources/blog/male-and-female-gamers-how-their-similarities-and-differences-shape-the-games-market>
- NNUU. (2018). *Reunión de Alto Nivel sobre la Financiación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Sustainable Development.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/financing-2030/>

Rambla. (2021, diciembre 16). *La importancia de la música en los videojuegos*. Revista Rambla.

<https://www.revistarambla.com/la-importancia-de-la-musica-en-los-videojuegos/>

Rogers, S. (2018). *Guía para ser un gran diseñador de Videojuegos*. Parramon.

World Energy Trilemma Index. (n.f.). *World Energy Council*.

<https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-trilemma-index>

Link de acceso a toda la documentación:

<https://drive.google.com/drive/folders/1EDTkzOhTV6JJviLrRzHENSROjPv2Nrt4?usp=sharing>