

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Plataforma para la analítica de datos académicos

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Ciencias Computacionales

Presentado por:

César Arturo Carlier Durango

Xavier Eduardo Carlier Auz

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a mi familia por todo su apoyo durante mis estudios. Especialmente a mi mamá y a mi papá por impulsarme a alcanzar mis metas académicas y por guiarme en el camino correcto para poder cumplirlas. Les quiero agradecer por todo el apoyo emocional y financiero que me han dado toda mi vida, pues nunca hubiera llegado a este punto sin mis padres. También quiero darle las gracias a mi compañero de la materia integradora por ayudarme a llevar a cabo este proyecto. Le agradezco a mis amigos por acompañarme y apoyarme durante mis estudios. Finalmente, le agradezco a mis profesores por darme el conocimiento y las herramientas necesarias para poder culminar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este sueño. En primer lugar, quiero agradecer a nuestro tutor, cuya confianza y apoyo fueron esenciales para la consecución de este trabajo. Su sabiduría y experiencia fueron un valioso recurso que nos permitió crecer y desarrollarnos como profesionales. También quiero agradecer a mis compañeros y amigos, que siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo y motivación. Sus consejos y retroalimentación fueron de gran ayuda en el camino. Sin su ayuda, no habría sido posible alcanzar estos resultados. Finalmente, quiero agradecer a mi familia por su amor y apoyo incondicional. Su fe en mí y en mi capacidad me impulsó a seguir adelante y a lograr mis metas. Gracias a todos por su valiosa contribución a este proyecto y por ser parte de esta fase de mi vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Xavier Eduardo Carlier Auz y Cesar Arturo Carlier Durango damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Xavier Eduardo Carlier Auz



Cesar Arturo Carlier Durango

EVALUADORES

Ph.D. Lucia Marisol Villacres Falconi

PROFESORA DE LA MATERIA

M.Sc. Rafael Ignacio Bonilla Armijos

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La planificación del semestre es una práctica crucial para que las instituciones educativas puedan lograr una mejora continua en la calidad de la educación. Su importancia es tal que la UNESCO impulsa la adopción de dicha práctica a lo largo de sus 193 estados miembros. Sin embargo, realizar este tipo de análisis demanda una serie de recursos que no todos los programas académicos o cuerpos de profesores son capaces de asegurar. En base a esto se propone la construcción de EduData, una aplicación de escritorio gratuita y de código abierto donde los usuarios pueden construir dashboards usando varias fuentes de datos por medio de un editor gráfico. Además, dichos dashboards se pueden exportar como scripts modificables de Python, un lenguaje de programación popular y sencillo. A su vez, estos scripts, también se pueden importar de vuelta a la aplicación. En base a las pruebas de usuario realizadas con la aplicación, se determinó que el sistema es fácil de usar en aplicaciones simples y que ofrece una visualización de datos satisfactoria y útil para los usuarios. Se logró construir esta herramienta de manera completamente gratuita y sin ningún costo de mantenimiento a futuro.

Palabras Clave: Visualización de datos, Dashboards, Educación, Python

ABSTRACT

Semester planning is an essential practice to educational institutions that seek to accomplish a higher quality education. It's such an important practice that UNESCO pushes for its adoption across 193 of its member states. However, this type of analysis generally requires resources that are difficult to acquire for a lot of academic programs and teachers. To address this issue the development of EduData is proposed, this is a free and open source desktop application where users can create dashboards using various types of data sources through a graphical editor. Furthermore, the user can export these dashboards as editable Python scripts, which is a very popular and simple programming language. These scripts can also be imported back into the application. Based on the user tests with the application, it was determined that the system is easy to use in simple cases and that it offers a useful and satisfactory visualization of data for the user. The construction of this tool was completely free and it requires no maintenance costs in the future.

Keywords: Data visualization, Dashboards, Education, Python

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Descripción del problema	11
1.2. Justificación del problema	12
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo General	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. Marco teórico	14
1.4.1. Esfuerzos de estandarización institucional	14
1.4.2. Analítica de datos liderado por profesores	14
1.4.3. Herramientas existentes	15
CAPÍTULO 2	17
2. METODOLOGÍA	17
2.1. Fase 1: Análisis	17
2.1.1. Usuarios de la solución	18
2.2. Fase 2: Requerimientos	18
2.2.1. Requerimientos Funcionales	18
2.2.2. Requerimientos no Funcionales	20
2.2.3. Alcance de la solución	20
2.2.4. Riesgos y Beneficios de la solución	21
2.2.4.1. Riesgos	21
2.2.4.2. Beneficios	22
2.3. Fase 3: Diagramas de Diseño	23
2.3.1. Diagrama de Casos de Uso	23
2.3.2. Diagrama de Actividad	24
2.3.3. Diagrama de flujo de usuario	24
2.4. Fase 4: Prototipo	26
CAPÍTULO 3	32
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
3.1. Validación y Resultados	32
3.1.1. Pruebas de Usuario	32
3.1.1.1. Entorno de prueba	33
3.1.2. Encuesta	33
3.1.3. Resultados	33

3.2. Costos	37
CAPÍTULO 4	39
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
4.1. Conclusiones	39
4.2. Recomendaciones	39
ANEXO 1	42
ANEXO 2	43
Bibliografía	46

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1 Diagrama de casos de uso.....	23
2. Figura 2 Diagrama de Actividad - Usuario: Crear dashboard con datos.....	24
3. Figura 3 Diagrama de flujo de usuario.....	25
4. Figura 4 Pantalla con las dashboards pre-hechas.....	26
5. Figura 5 Pantalla de dashboards recientes.....	27
6. Figura 6 Pantalla de editor gráfico sin datos.....	28
7. Figura 7 Pantalla de carga de datos.....	29
8. Figura 8 Pantalla de editor gráfico con datos.....	30
9. Figura 9 Pantalla de exportar dashboard.....	31
10. Figura 10 Tiempos promedio en crear gráficos y terminar la prueba.....	34
11. Figura 11 Resultados de encuesta: Representación de datos.....	34
12. Figura 12 Resultados de encuesta: Satisfacción visual de los gráficos.....	35
13. Figura 13 Resultados de la encuesta: Satisfacción con interfaz del editor.....	35
14. Figura 14 Resultados de encuesta: Utilidad de interacción con gráficos.....	36
15. Figura 15 Resultados de la encuesta: Controles para manipular los gráficos.....	36
16. Figura 16 Resultados de la encuesta: Controles para añadir y modificar gráficos.....	37
17. Figura 17 Resultados de la encuesta: Carga de datos.....	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

La planificación de un semestre es una parte crucial del trabajo de un coordinador de materia en instituciones educativas. A nivel mundial la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) fomenta la planificación de currículo en sus 193 estados miembros [7]. La planificación del semestre puede involucrar actividades como la revisión del material que se va a enseñar a los estudiantes, las actividades a realizar con sus respectivas fechas, y una revisión de lo que pasó el semestre pasado. Además se revisa qué temas les costaron más a los estudiantes usando las notas de los estudiantes como indicadores. Como parte de una planificación efectiva es muy útil realizar un análisis estadístico de los datos académicos recopilados por los distintos profesores de la materia durante el semestre. Estos datos son una buena representación de la efectividad del curso y la calidad de la enseñanza. Un estudio realizado en Canadá encontró que la incorporación de estrategias de planificación orientadas al uso de datos, resultó en un incremento del 9% en graduaciones en tan solo 1 año de ser implementadas [8]. Se puede evidenciar que analizar datos académicos puede revelar tendencias útiles para la planificación del semestre, ya que los coordinadores estarían más informados sobre qué aspectos están funcionando en la planificación actual y en qué partes se debe mejorar.

Según un estudio realizado con instituciones educativas de varios países desarrollados, se encontró que en la mayoría de los casos se tiende a usar principalmente datos relacionados a los logros de los estudiantes para análisis y la toma de decisiones [1]. Otro estudio realizado en Nueva Zelanda, encontró un incremento en el rendimiento de los estudiantes al aumentar el uso de datos académicos en la toma de decisiones administrativas así como en la planificación de

un semestre [2] [3]. Otro estudio realizado en Holanda, también resalta la importancia de los sistemas de análisis de datos pero menciona que uno de los principales obstáculos para la adopción de dichos sistemas es la dificultad de integrar o estandarizar estos sistemas a lo largo de una institución [4]. Estos estudios muestran la importancia de realizar este tipo de análisis y los beneficios que se obtienen como resultado, tanto para la institución en torno a la calidad educativa, como para los estudiantes en torno a su aprendizaje y rendimiento académico. También demuestran la necesidad de un sistema simple y ligero que sea fácil de adoptar para el usuario de manera individual.

1.2. Justificación del problema

Debido a las razones expuestas anteriormente se puede evidenciar las maneras en las que un sistema para generar gráficos estadísticos es beneficioso para una institución educativa. Sin embargo la incorporación de dicho sistema puede ser un proceso complejo y costoso. Generalmente esto incluye organizar capacitaciones de personal, realizar un seguimiento del uso de dicho sistema, comprar la licencia de dicho software y pagar un costo por instalación e integración de dicho sistema con el sistema existente de la institución. El uso de sistemas para análisis de datos en instituciones académicas con el objetivo de complementar actividades de administración es altamente recomendado, sin embargo no siempre se requiere que los profesores incorporen el uso de estos sistemas para complementar actividades como la planificación de un semestre. En muchos casos esto se debe a la dificultad de aprender herramientas existentes y el costo que involucran [5]. Esto resalta la necesidad de un sistema simple que sea intuitivo y fácil de aprender, donde un coordinador pueda tomar los datos recopilados por los profesores de una materia y generar rápidamente gráficos estadísticos que ayuden a tomar decisiones informadas y justificadas en base a datos académicos. Además, para poder aliviar las barreras de entrada mencionadas anteriormente, esta herramienta debe ser ligera, accesible, no puede depender de alguna integración con sistemas existentes y tampoco requerir cambios a nivel institucional para posibilitar su uso. De manera que cualquier individuo que necesite generar un reporte o dashboard simple a partir de datos lo pueda hacer sin tener que pagar o invertir mucho tiempo en aprender a usar la herramienta.

La plataforma para el análisis de datos académicos debe ser simple de usar para generar gráficos estadísticos básicos, sin embargo no se debe sacrificar la versatilidad de una herramienta analítica por priorizar la facilidad de uso. Es decir, la solución debe permitir que usuarios más avanzados puedan extender la herramienta para poder acomodar casos de uso más específicos. Dentro del contexto de instituciones educativas, esto es importante ya que varios estudios han demostrado la efectividad de utilizar varios tipos de datos para la toma de decisiones en la institución [2]. Esto puede incluir información demográfica, evaluaciones nacionales, evaluaciones a nivel de institución, logros estudiantiles, etc. por lo que la herramienta de análisis de datos académicos debe ser lo más flexible posible para acomodarse a las necesidades del usuario.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Utilizar conocimientos de las ciencias de computación para construir una plataforma para analítica de datos académicos **altamente versátil y extensible** que permita a los usuarios generar gráficos estadísticos con facilidad.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Construir una plataforma donde los usuarios puedan generar gráficos estadísticos rápidamente y con facilidad usando varias fuentes de datos.
- Diseñar un framework para que usuarios más avanzados puedan extender y modificar la plataforma de manera que pueda acomodarse mejor a las necesidades del usuario.
- Generar una documentación completa de dicho framework para que la plataforma se pueda extender con mayor facilidad.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Esfuerzos de estandarización institucional

En la actualidad, los sistemas de gestión de aprendizaje, LMS por sus siglas en inglés, han tomado un rol importante, sobre todo en la educación superior. Debido a la pandemia del COVID-19, la aceptación de estas herramientas por parte de los profesores y los alumnos ha incrementado de manera considerable [10]. Estas herramientas, tales como Canvas LMS o Moodle, contienen áreas propias de analítica de datos, pero siendo estas limitadas, complejas, o restringiendo las configuraciones de las mismas, dejando la decisión de qué datos se analizan en manos de la institución.

Cada instructor tiene preferencias sobre qué análisis o visualización necesita para la interpretación de datos de sus alumnos y materias, siendo unos más simples y otros más complejos [11]. Implementar una herramienta personalizable de recolección y análisis de datos en estos sistemas de gestión suele ser lento, complejo y difícil de mantener. Además, su eficiencia suele estar vinculada a la disponibilidad y resiliencia de la herramienta en la que se esté aplicando la extensión.

1.4.2. Analítica de datos liderado por profesores

En los últimos años se le ha dado una mayor relevancia internacionalmente al uso de datos académicos por profesores en sus actividades de planificación. En varios estudios mencionados previamente [2][3][8], se ha demostrado los beneficios del uso de datos académicos en la definición de estrategias de aprendizaje. Por esta razón varias instituciones educativas, desde el nivel escolar hasta educación superior, buscan que sus profesores tengan una buena comprensión de cómo analizar y comunicar efectivamente los datos generados en clases.

Un estudio que entrevistó a varios directores y representantes involucrados en la contratación de profesores encontró que en 76 instituciones educativas estadounidenses se espera que los profesores tengan la capacidad de utilizar los

datos generados en clase para justificar sus decisiones instructivas [4]. Aun así, se explicó que esto no significaba que todas estas instituciones contaban con un sistema estandarizado para el análisis de datos académicos; simplemente se reconoce que un profesor puede educar mejor al respaldar sus decisiones con datos, incluso cuando esta actividad se realiza a menor escala. Otra investigación, que involucró a varios coordinadores de currículo en 62 distritos miembros del “*Council of the Great City Schools*” (CGCS), descubrió que el 94% de los coordinadores utilizan los datos recopilados con los exámenes parciales para guiar o informar el proceso educativo, además de medir el progreso de los estudiantes [3]. En este estudio también se señaló que la mayoría de las escuelas cuentan con un sistema para manejar datos académicos a nivel institucional, pero cabe recalcar que muchas instituciones afirmaron usar una variedad de sistemas externos para facilitar actividades que no se realizan con el sistema principal de la institución.

1.4.3. Herramientas existentes

En la actualidad existen varias herramientas que se pueden utilizar para realizar analítica de datos. La mayoría de estas herramientas están destinadas a ser usadas dentro de negocios. Por lo tanto, están optimizadas para mantener conexiones con bases de datos y ser integradas con otros sistemas de la empresa. Generalmente se usan para generar reportes en base a ciertos indicadores clave de rendimiento (KPIs) que sirven para facilitar la toma de decisiones administrativas. Algunos ejemplos de estas herramientas incluyen a Power BI, Tableau, Geckoboard, etc. Estas herramientas son bastante completas y soportan una gran cantidad de fuentes de datos. También permiten actualizar los dashboards creados en tiempo real a medida que se actualiza la fuente de datos. Sin embargo, en muchos casos estas herramientas tienden a ser bastante complejas y requieren que el usuario dedique una cantidad considerable de tiempo solo a aprender cómo usarlas. Además, estas herramientas tienen un costo alto asociado ya que este servicio está más orientado a empresas grandes o medianas en lugar de individuos [6]. La adquisición de estos sistemas generalmente implica una decisión de alto nivel en la organización, por lo que no es una solución óptima para un coordinador de materia que quiera realizar una visualización de datos académicos para complementar la planificación de un semestre.

Existen otras herramientas más simples con una barrera de entrada mucho menor como Google Charts y Excel, sin embargo estas herramientas son mucho más restrictivas en torno a la personalización de los gráficos generados y particularmente en Excel la interactividad de los gráficos es muy baja. También existe la posibilidad de desarrollar módulos encima de algún sistema institucional existente, esto tiene el beneficio de integrarse directamente a un sistema que es familiar para los profesores. Sin embargo, a menudo estos sistemas suelen ser difíciles de modificar o implican la compra de un nuevo módulo del sistema. En el caso de Canvas, que se utiliza en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se puede resaltar que es un sistema inflexible y difícil de extender. Cabe notar que Canvas tiene un módulo de analítica pero implica un costo significativo, ya que está orientada a ser usado en toda la institución en lugar de algunos individuos [9]. Por otro lado existen herramientas de desarrollador, como plotly o chart.js que permiten generar gráficos estadísticos altamente personalizables e interactivos. Pero estas herramientas, requieren el conocimiento de lenguajes de programación como Python o Javascript aún para generar el gráfico más simple posible; por lo que no es una buena opción para usuarios sin conocimiento técnico.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se explicará las distintas fases que se realizaron para poder desarrollar la aplicación. La primera fase consiste en analizar los distintos aspectos que la solución debe cumplir para que sea satisfactoria tanto para el cliente como el usuario. La segunda fase involucra el proceso de levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales. La tercera fase incluye las primeras fases de diseño de la solución. Finalmente, la cuarta fase trata sobre el desarrollo de un prototipo para la aplicación.

2.1. Fase 1: Análisis

En esta fase se realizó un análisis del problema y las expectativas para la solución que se busca desarrollar. Para esta fase fue necesario organizar 3 reuniones con la cliente y reuniones con 4 posibles usuarios futuros como profesores y coordinadores de materia. Cabe recalcar que estas reuniones duraron entre 30 minutos y una hora. Se realizaron estas reuniones para averiguar las expectativas del cliente y las maneras en las que la herramienta podría ser útil para los usuarios.

Por medio de dichas reuniones se encontró varios aspectos importantes para la solución:

- Los profesores y coordinadores no solo quieren realizar la visualización de datos académicos al final del semestre.
- Los profesores y coordinadores quieren hacer un seguimiento de los estudiantes individuales a lo largo del semestre, para poder identificar individuos con un menor desempeño en la materia.
- La solución debe permitir generar dashboards que se actualicen automáticamente cada vez que la fuente de datos sea actualizada. Así los usuarios no tendrán que actualizar sus dashboards manualmente para visualizar los últimos datos académicos generados en sus clases.

- La solución debe poder importar datos de varias fuentes. Específicamente formatos comunes como los usados en Excel (xls, xlsx, csv, etc.)
- Los usuarios no quieren utilizar una aplicación que sea muy pesada.
- Los usuarios no disponen del tiempo para aprender a utilizar una herramienta compleja para realizar la visualización de datos. Por lo tanto, la herramienta debe priorizar un diseño que sea intuitivo y fácil de usar.
- La aplicación no se debe limitar por tratar de ser simple de usar. Es decir, se debe permitir que usuarios más avanzados puedan generar dashboards más complejos si lo desean.
- La herramienta debe contar con un editor visual simple para usuarios que no avanzados y debe permitir exportar los dashboards creados como scripts de python para que usuarios más técnicos puedan generar gráficos más complejos.
- Como la aplicación debe ser simple y ligera, se resaltó que la solución debe ser completamente local. Es decir, para esta aplicación no será necesario llevar un registro de usuarios ni se tendrá que utilizar una base de datos.

2.1.1. Usuarios de la solución

- **Coordinador/profesor:** Se encarga de diseñar el dashboard por medio del editor o directamente por medio de código. También se encarga de poblar los gráficos con datos académicos recopilados en clase. En las reuniones con cliente y tutor se determinó que la aplicación no maneja roles, por lo tanto los usuarios pueden usar todas las funciones de la aplicación sin restricciones.

2.2. Fase 2: Requerimientos

A partir de reuniones con cliente y tutor del proyecto, se dio a conocer los requerimientos que debe cumplir la aplicación que se va a diseñar:

2.2.1. Requerimientos Funcionales

Un coordinador/profesor debe ser capaz de diseñar un dashboard con gráficos interactivos por medio de una interfaz gráfica.

Como coordinador/profesor deseo diseñar un dashboard con gráficos interactivos por medio de una interfaz gráfica de tal manera que pueda visualizar datos académicos con facilidad.

Un coordinador/profesor debe tener la opción de utilizar datos en distintos formatos para poblar los gráficos de un dashboard.

Como coordinador/profesor deseo utilizar datos en distintos formatos de tal manera que pueda poblar los gráficos de un dashboard sin inconvenientes.

El coordinador/profesor debe poder generar un programa en Python que al ejecutarlo dentro de la aplicación presente un dashboard creado anteriormente.

Como coordinador/profesor deseo generar un programa en Python que al ejecutarlo dentro de la aplicación presente un dashboard creado anteriormente para poder personalizar los dashboards o reportes a mayor profundidad.

La aplicación debe contar con plantillas de dashboards pre-hechos de tal manera que el usuario no tenga que diseñar todos sus dashboards desde cero.

Como coordinador/profesor deseo modificar una dashboard pre-hecho de la aplicación para no tener que diseñar los dashboards desde cero.

El coordinador/profesor debe poder modificar un dashboard creado por otro usuario utilizando la aplicación.

Como coordinador/profesor deseo modificar un dashboard creado por otro usuario para generar un dashboard o reporte dentro de la aplicación de tal manera que no esté limitado a trabajar solo con las plantillas predeterminadas.

El coordinador/profesor debe poder realizar una conexión directa con una fuente de datos, para generar reportes o dashboards que se puedan actualizar en tiempo real.

Como coordinador/profesor deseo realizar una conexión directa con una fuente de datos, para generar reportes o dashboards que se puedan actualizar en tiempo real de tal manera que no tenga que volver a cargar los datos cada vez que se realicen cambios.

2.2.2. Requerimientos no Funcionales

Compatibilidad: A pesar de que la aplicación será completamente local, se utilizará un framework de diseño web para facilitar la implementación de la interfaz gráfica de la herramienta y la generación de gráficos estadísticos interactivos. Por lo tanto, la aplicación debe ser compatible con navegadores populares como Mozilla Firefox, Google Chrome y Opera.

Entorno: La aplicación debe cumplir sus funcionalidades básicas (creación de dashboards, exportar dashboards creados en la aplicación a scripts de python) sin requerir de la instalación de software adicional.

2.2.3. Alcance de la solución

A partir de las reuniones mencionadas anteriormente se estableció el alcance de este proyecto:

- **Aplicación local:** se desarrollará una aplicación de escritorio local, es decir no se realizará ningún tipo de servicio web ni se llevará ninguna forma de manejo de cuentas de usuarios para esta aplicación.
- **Editor visual:** esta aplicación debe incluir un editor visual de dashboards, por medio de esta pantalla los usuarios podrán crear o modificar dashboards pre-hechos usando herramientas visuales. Este editor debe ser intuitivo y fácil de usar, pues se espera que los usuarios menos avanzados puedan crear dashboards usando esta parte de la herramienta sin ninguna complicación. En el editor los usuarios deben poder seleccionar los gráficos estadísticos que quieren tener en su dashboard y deben poder controlar las ubicaciones y tamaños de dichos gráficos.
- **Personalización de gráficos:** para cada gráfico los usuarios tendrán distintas opciones para modificar aspectos como colores, forma, etiquetas, etc. Como cada gráfico es diferente no todos contarán con las mismas opciones dentro del editor. Se incluirá una variedad de gráficos en la aplicación, desde gráficos básicos como el de barras o líneas hasta gráficos más complejos como los mapas coropléticos.

- **Fuentes de datos:** se permitirá cargar los datos de fuentes en varios formatos; por ejemplo como xls, xlsx, csv, etc. El usuario luego podrá visualizar sus datos en una tabla dentro de la aplicación. Una vez cargados los datos, el usuario podrá seleccionar qué datos se usarán en cada gráfico. La manera en que el usuario selecciona los datos para sus gráficos dependerá de cada uno de estos, ya que no todos los gráficos usan los mismos tipos o cantidades de datos.
- **Exportar e importar dashboards:** la aplicación contará con una opción para exportar un dashboard elaborado usando el editor a un script de Python. En este script contendrá todo el código necesario para reproducir el dashboard, de esta manera un usuario avanzado será capaz de editar directamente el código si desea añadir gráficos más complejos que no se encuentren soportados en el editor gráfico. Al mismo tiempo, otros usuarios pueden importar los scripts de dashboards generados por otros usuarios en la aplicación. Una vez importados, los usuarios podrán modificarlos usando el editor gráfico como cualquier otro dashboard creado con la herramienta.

2.2.4. Riesgos y Beneficios de la solución

2.2.4.1. Riesgos

La solución planteada en este proyecto es adecuada para cumplir con los requerimientos del cliente, sin embargo existen ciertos riesgos que se deberían tomar en cuenta al considerar el futuro de la herramienta.

- **Manejo de versiones de librerías:** para esta aplicación se planea usar varias librerías gratuitas de python y algunos paquetes de diseño web como bootstrap. A pesar de que la aplicación es local, estos paquetes sirven como una buena opción para diseñar una interfaz de usuario simple e intuitiva. Por lo tanto existe la posibilidad de que sea necesario actualizar la herramienta para que use las últimas versiones de estas librerías y paquetes.
- **Compatibilidad con navegadores:** En la aplicación se utilizará librerías de diseño web para la interfaz gráfica, por lo tanto se necesita un navegador para poder visualizar dicha aplicación. A medida que los navegadores se vayan

actualizando es posible que se necesite actualizar la aplicación para corregir errores de compatibilidad con nuevas versiones o nuevos navegadores.

- **Seguridad:** Como los dashboards se pueden exportar como scripts de python y se pueden modificar, es posible que un usuario intente insertar código malicioso en alguno de estos scripts antes de compartirlo con otro usuario. En el futuro sería recomendable encontrar una manera de revisar la estructura de los scripts al momento de importarlos.
- **Alta dependencia en librerías externas:** La aplicación se desarrollará usando dash para realizar la interfaz gráfica y plotly para los gráficos estadísticos. Estas librerías son gratuitas y open source al momento de escribir este documento. Es posible que se requiera pagar por estas librerías en el caso de que hayan cambios de licencia.

2.2.4.2. Beneficios

Una vez se haya implementado la aplicación propuesta en este documento, se podría resaltar los siguientes beneficios que se espera de la aplicación. Estos beneficios se establecieron a partir de las reuniones con cliente, tutor y usuarios:

- Como la aplicación será open source si consigue suficientes usuarios es posible reciba contribuciones por parte de la comunidad. Esto ayudaría a expandir la utilidad de la herramienta y permitiría refinar más la aplicación.
- Facilidad de uso para usuarios que no tengan mucha experiencia diseñando dashboards. Esto se podría medir con pruebas de usuario al observar el tiempo que tardan los usuarios en realizar tareas específicas dentro de la aplicación.
- La aplicación tendrá una variedad de gráficos estadísticos de alta calidad con varias opciones de interacción para el usuario. Se podría medir este aspecto por medio de cuestionarios una vez que los usuarios hayan probado la aplicación.

2.3. Fase 3: Diagramas de Diseño

2.3.1. Diagrama de Casos de Uso

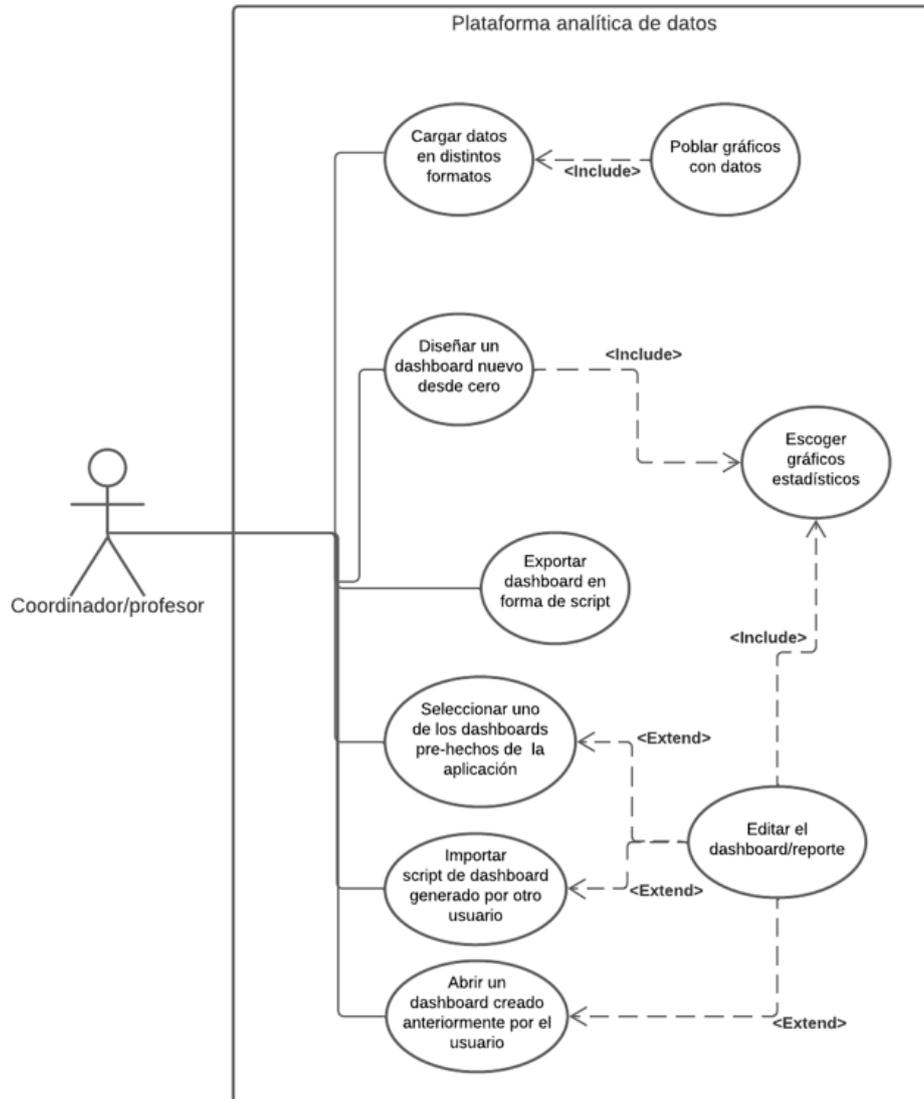


Figura 1 Diagrama de casos de uso [autoría propia]

Un coordinador o profesor tiene acceso sin restricciones a todas las funcionalidades de la aplicación. Es decir, puede crear dashboards desde cero, usar los dashboards pre-hechos como un punto de partida o importar dashboards que otros usuarios le hayan compartido. También es capaz de cargar sus datos y utilizarlos en cualquiera de sus dashboards. Cualquier usuario puede modificar un dashboard por medio del editor gráfico y puede seleccionar cualquiera de los gráficos estadísticos que se encuentren disponibles en la aplicación.

2.3.2. Diagrama de Actividad

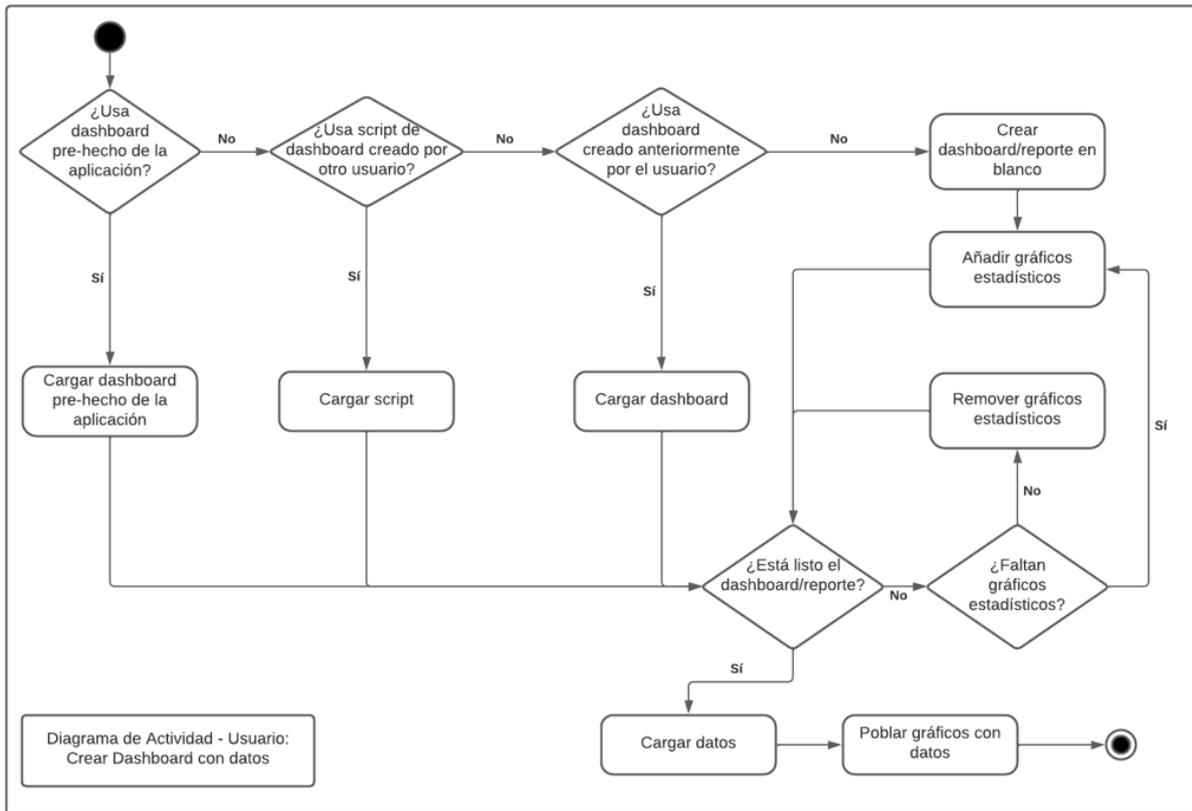


Figura 2 Diagrama de Actividad - Usuario: Crear dashboard con datos [autoría propia]

Cuando un usuario busca crear un dashboard con datos, tiene varias opciones para realizar este objetivo. Puede utilizar uno de los dashboards pre-hechos de la aplicación como punto de partida, abrir un dashboard antiguo, importar un script de dashboard o crear un dashboard desde cero. En cualquiera de estos casos el usuario podrá utilizar el editor para modificar el dashboard. En el editor el usuario puede modificar el layout, escoger gráficos estadísticos y configurarlos. El usuario también puede cargar sus datos a la aplicación para poblar los gráficos del dashboard con dichos datos.

2.3.3. Diagrama de flujo de usuario

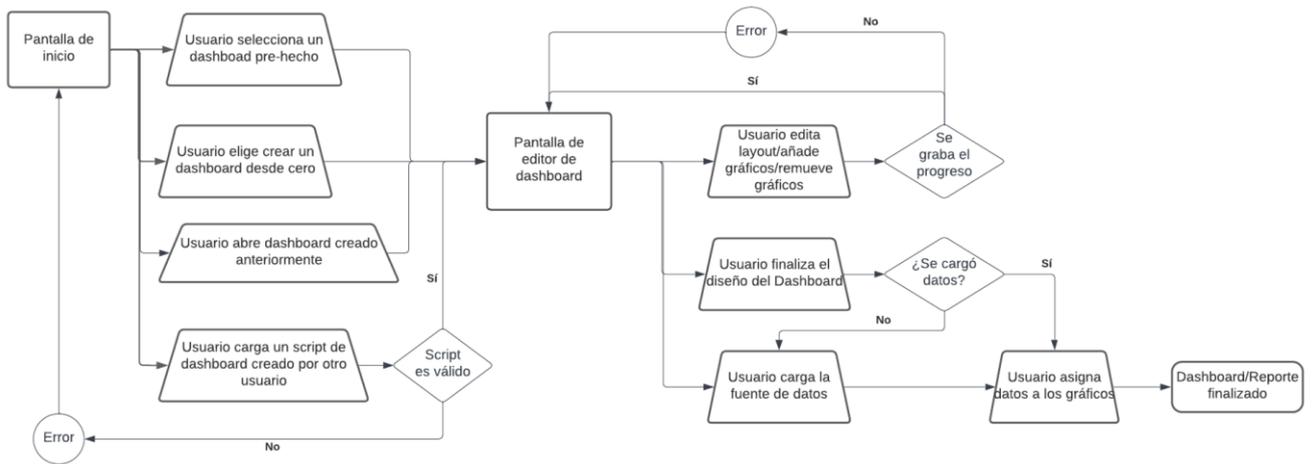


Figura 3 Diagrama de flujo de usuario [autoría propia]

En la Figura 3 se ilustra un flujo similar al que se revisó anteriormente pero con la inclusión de algunas de las pantallas claves que todos los usuarios tendrán que utilizar en la aplicación. Además se puede observar alguno de los errores que podrían ocurrir a medida que el usuario utiliza la aplicación. Por ejemplo, podría darse el caso de que se intente importar un script que no sea válido.

2.4. Fase 4: Prototipo



Figura 4 Pantalla con las dashboards pre-hechas [autoría propia]

La Figura 4 muestra la pantalla inicial de la aplicación, esto es lo primero que un usuario observa al abrir dicha aplicación. En esta pantalla el usuario puede seleccionar una de las dashboards pre-hechas de la aplicación. Estos dashboards sirven como un punto de partida para un usuario, de manera que no tendrá que crear un dashboard desde cero. Cabe recalcar, que estos dashboards no son generados por otros usuarios ni son dashboards creadas o editadas anteriormente por el usuario.

RECIENTES	
prueba	Hace 0 días
plan1_result	Hace 0 días
Algo	Hace 0 días
plan1	Hace 0 días
Algo3	Hace 0 días
Algo2	Hace 0 días

[BUSCAR](#) [CREAR NUEVO](#)

Figura 5 Pantalla de dashboards recientes [autoría propia]

En esta pantalla se muestra una lista de dashboards que el usuario anteriormente ha abierto en el editor de la aplicación. En esta pantalla el usuario puede abrir alguno de estos dashboards creados anteriormente, puede buscar en su computadora un dashboard en forma de script para importarlo y puede crear un nuevo dashboard desde cero.

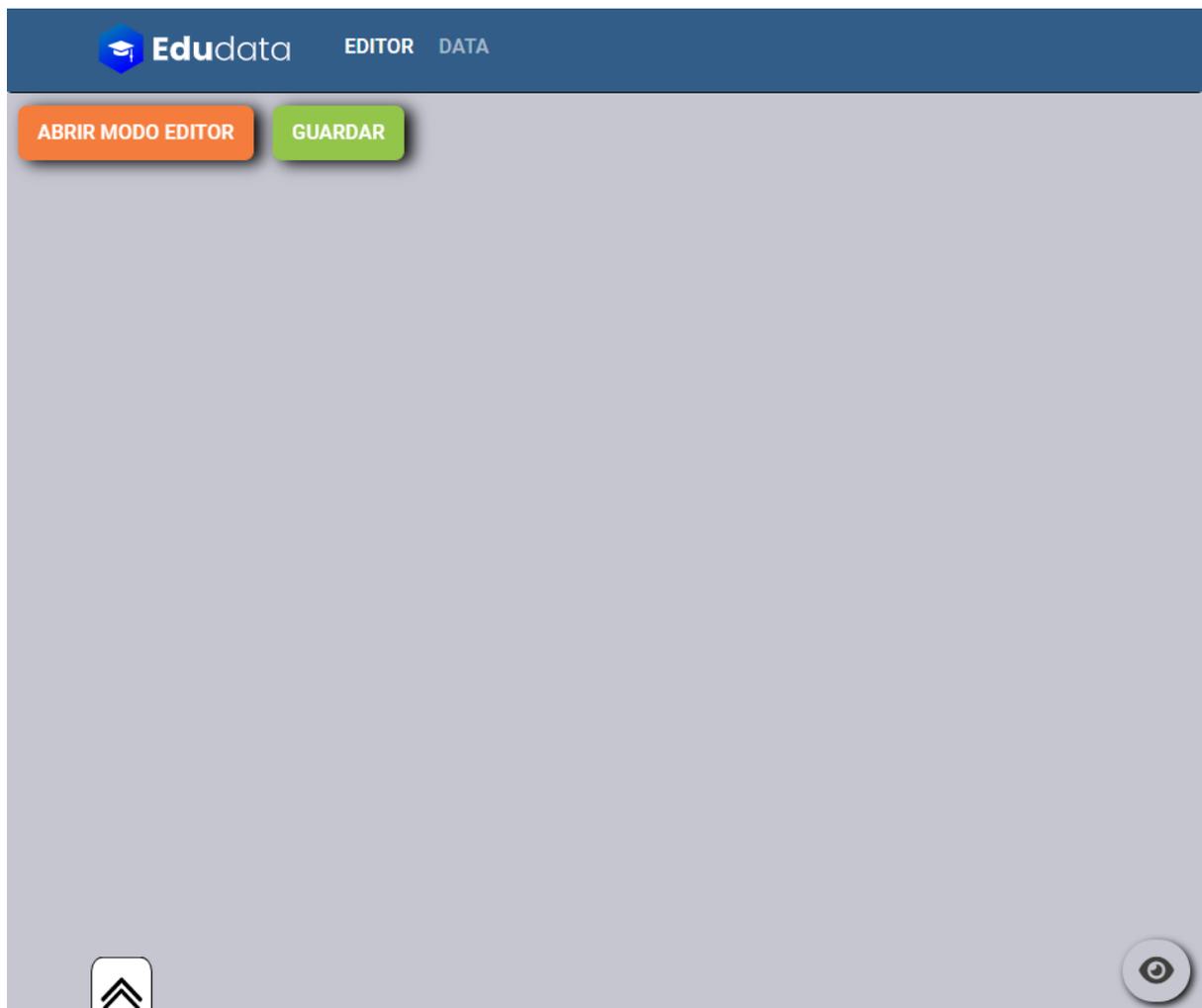


Figura 6 Pantalla de editor gráfico sin datos [autoría propia]

Esta es la pantalla con el editor gráfico de la aplicación. En esta pantalla el usuario puede personalizar el layout del dashboard al configurar contenedores para los gráficos estadísticos que se quiera utilizar. Se resaltan los tres botones en medio del contenedor; el primero abre una ventana con diferentes gráficos estadísticos que el usuario puede añadir, el segundo sirve para mostrar las opciones de configuración para el contenedor y el gráfico estadístico en el caso de que exista uno, el tercer botón se usa para remover un contenedor y sus contenidos. Se espera que el usuario promedio utilizará más tiempo en esta pantalla que en las demás.

Archivo cargado: mystocks.csv

level_0	Symbols	Close	High	Low	Open	Volume	index
2020-01-02	AMZN	94.9005	94.9005	93.2075	93.75	80718200	1
2020-01-02	GOOGL	68.434	68.434	67.3245	67.4205	27285300	2
2020-01-02	PFE	35.3492	35.5401	35.111	35.4959	17348349.2	3
2020-01-02	BNTX	38.1343	38.1343	35.0241	35.4104	141010.464	4
2020-01-02	MRNA	19.23	19.81	18.88	19.57	1229434	5
2020-01-03	AMZN	93.7485	94.31	93.225	93.225	75332080	6
2020-01-03	GOOGL	68.076	68.6875	67.366	67.4	23412580	7
2020-01-03	PFE	35.1593	35.4407	34.924	34.9712	15678692.5	8
2020-01-03	BNTX	39.6696	40.8583	36.074	37.639	177733.295	9
2020-01-03	MRNA	18.89	19.36	18.72	19.02	1750976	10
2020-01-06	AMZN	95.144	95.1845	93	93	81313960	11
2020-01-06	GOOGL	69.8905	69.916	67.55	67.5815	46786860	12

CAMBIAR

EDITOR

Figura 7 Pantalla de carga de datos [autoría propia]

Esta es la pantalla que le permite a un usuario cargar los datos de un archivo local. Un usuario puede seleccionar archivos locales que contengan datos en alguno de los formatos soportados para la aplicación. Una vez se haya seleccionado el archivo, se cargarán los datos en un dataframe para que luego se pueda usar en los gráficos estadísticos del dashboard. Si los datos se cargan correctamente, el usuario podrá visualizarlos por medio de una tabla generada automáticamente. Para poblar con datos a los gráficos estadísticos será necesario regresar a la pantalla de editor.

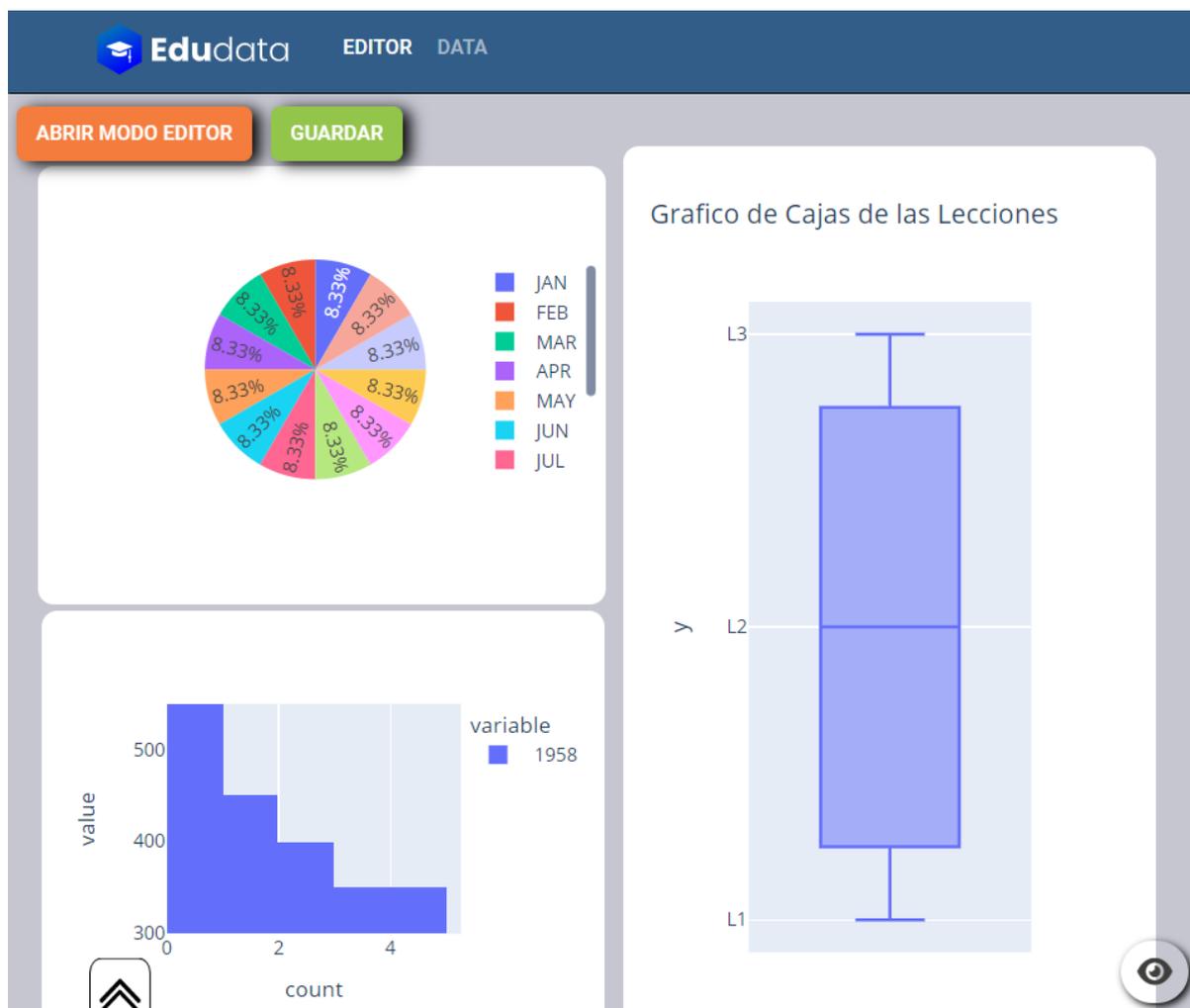


Figura 8 Pantalla de editor gráfico con datos [autoría propia]

Cuando ya se han cargado los datos, el usuario puede elegir cómo usarlos dentro de cada gráfico. El usuario podrá seleccionar qué columnas de la tabla de datos se utilizarán para generar los gráficos estadísticos. Cabe recalcar que no todos los gráficos funcionan de la misma manera, por lo que esta configuración de los datos no será igual en todos los casos. Aparte de esto se podrá visualizar el efecto de otras opciones para los gráficos. En el caso del gráfico de barras se puede escoger título, labels, colores, modo, etc.

ABRIR MODO EDITOR

GUARDAR

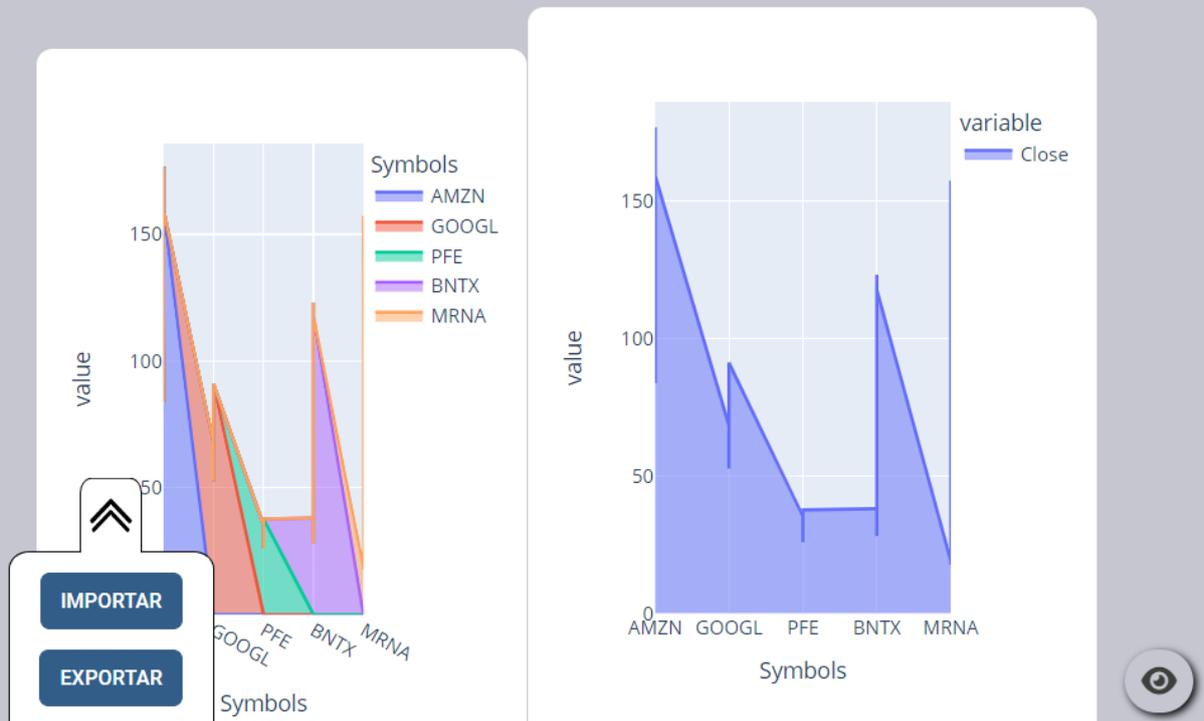


Figura 9 Pantalla de exportar dashboard [autoría propia]

El usuario puede exportar un dashboard a un script de Python. Para esto necesita especificar la ubicación en la que quiere guardar el script, luego tiene que seleccionar el botón de exportar. Una vez realizado esto el usuario podrá encontrar un script de su dashboard en la ubicación especificada.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se describirán los resultados de las pruebas de usuario realizadas para validar el funcionamiento correcto de la aplicación desarrollada, se explicará los métodos que se usaron para llevar a cabo dichas pruebas y se analizará los resultados que se hayan obtenido. Además, se realizará un desglose de los costos esperados para el funcionamiento futuro de la herramienta.

3.1. Validación y Resultados

3.1.1. Pruebas de Usuario

Una vez creada la aplicación, fue necesario verificar si la herramienta cumplía con los requerimientos establecidos por el cliente. Para esto se decidió realizar pruebas de usuario en las que se mediría la facilidad de uso de la herramienta y una encuesta para descubrir los niveles de satisfacción de los usuarios después de utilizar la herramienta. Específicamente, las pruebas de usuario se concentraron en la usabilidad del editor de dashboards y la encuesta se utilizó para medir si los gráficos y el dashboard generado por el usuario fueron adecuados.

Para realizar las pruebas de usuario se coordinó reuniones virtuales individuales con un grupo de 10 usuarios conformado tanto por profesores como por usuarios regulares, se reclutó estos usuarios por medio de correo electrónico y whatsapp. El objetivo de estas reuniones fue observar como un usuario nuevo realiza una tarea simple dentro de la aplicación. Se registró el tiempo en el que cada usuario pudo terminar la tarea, pasos en los que los usuarios se atascaron y errores que hayan ocurrido durante la prueba. Se esperaba que los usuarios pudieran terminar la prueba en menos de 8 minutos y que los usuarios no necesiten más de 2 minutos para generar un gráfico simple. Además, al finalizar la prueba se le pidió a los usuarios que llenen una encuesta sobre su experiencia usando la aplicación durante la prueba.

Durante la prueba se planteó una tarea simple para los usuarios, estos debían generar un nuevo dashboard con tres gráficos usando los datos de un archivo de Excel predeterminado. Para esto los usuarios debieron crear un dashboard desde cero, cargar el archivo de Excel correcto y generar 3 gráficos específicos usando el editor. Las instrucciones detalladas que se les entregó a los usuarios se encuentran en el ANEXO 1.

3.1.1.1. Entorno de prueba

- Todas las pruebas se realizaron en una instalación nueva de la aplicación, de esta manera se pudo simular lo que todos los usuarios nuevos verían al utilizar la aplicación por primera vez.
- Las reuniones con los usuarios se realizaron por medio de Zoom, Discord o Teams dependiendo de la conveniencia del usuario.
- A todos los usuarios se les dió la elección de instalar la aplicación en su computadora y realizar la prueba de manera local o de controlar la aplicación en la computadora del conductor de la prueba de manera remota.
- A todos los usuarios se les facilitó una copia de un archivo de Excel pre-hecho para que lo usen como fuente de datos durante la prueba.

3.1.2. Encuesta

Una vez terminadas las pruebas se llevó a cabo una encuesta con todos los usuarios para poder medir sus niveles de satisfacción con lo que pudieron construir usando la herramienta. En esta encuesta se preguntó acerca de la calidad de los gráficos estadísticos, la fluidez y facilidad de uso de la interfaz gráfica, y la utilidad de la herramienta. La encuesta completa se puede observar en el ANEXO 2.

3.1.3. Resultados

Durante las pruebas se documentó los tiempos que cada usuario tardó en completar ciertas actividades, de esta manera se podría obtener una métrica sobre qué tan fácil es navegar la aplicación para usuarios nuevos.

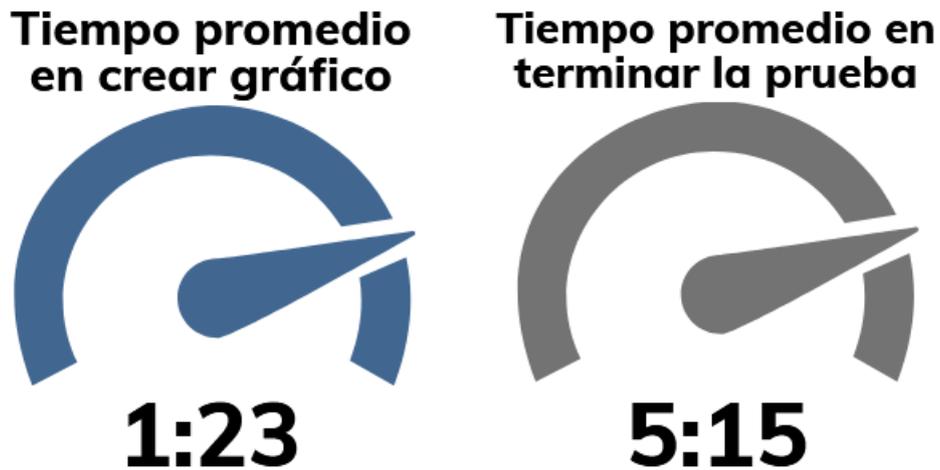


Figura 10 Tiempos promedio en crear gráficos y terminar la prueba [autoría propia]

Se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que la mayoría de los participantes pudo crear los gráficos que se les pidió en un tiempo menor a 2 minutos y todos los participantes terminaron la prueba en menos de 7 minutos. Sin embargo, se debe recalcar que hubieron varios aspectos que causaron confusión y demoras durante las pruebas. Por ejemplo, la cantidad abrumadora de parámetros que se puede configurar para cada gráfico y la dificultad de encontrar parámetros importantes como el título del gráfico.

En la encuesta se obtuvo los siguientes resultados:

¿Los gráficos generados con Edudata representan los datos de una manera adecuada?

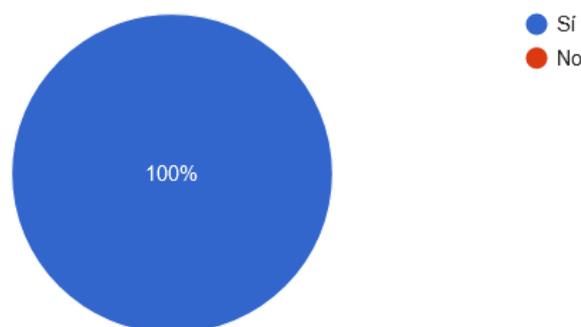


Figura 11 Resultados de encuesta: Representación de datos [autoría propia]

¿Que tan satisfactorios son los gráficos visualmente?

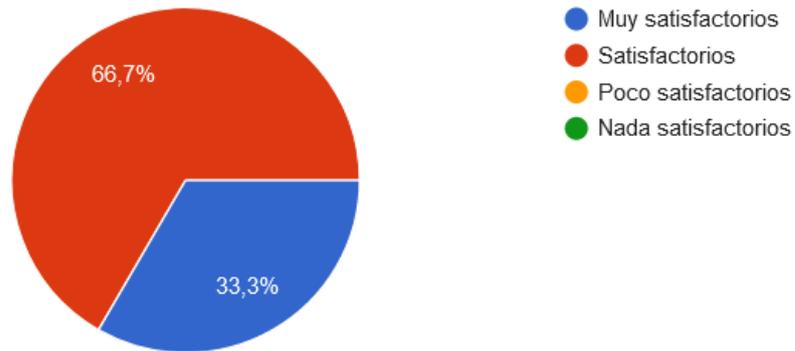


Figura 12 Resultados de encuesta: Satisfacción visual de los gráficos [autoría propia]

En general a los usuarios les pareció que los gráficos representan los datos de manera adecuada y que la presentación visual de estos era satisfactoria. Solo el 37% de los usuarios pensaron que el aspecto visual era muy satisfactorio, así que aún se podría mejorar.

¿Considera que la interfaz del editor de dashboards es intuitiva?

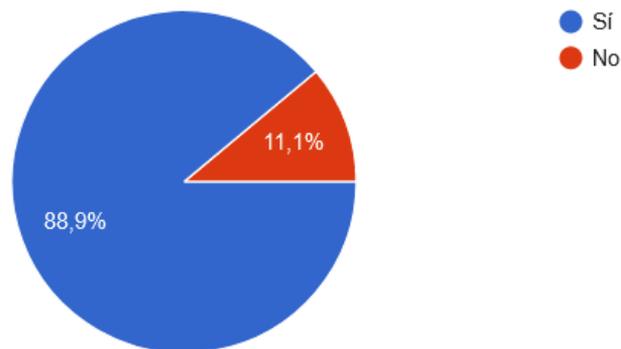


Figura 13 Resultados de la encuesta: Satisfacción con interfaz del editor [autoría propia]

La gran mayoría de los usuarios pensaron que la interfaz del editor era intuitiva y no tuvieron problemas en utilizarla para construir un dashboard. Se resaltaron pocos problemas con la interfaz, sin embargo uno de los más notables fue la falta de retroalimentación una vez creado el gráfico.

¿Qué tan útiles le parecen las herramientas para interactuar con los gráficos?(zoom, resaltar datos, descargar como png, tooltips, etc.)

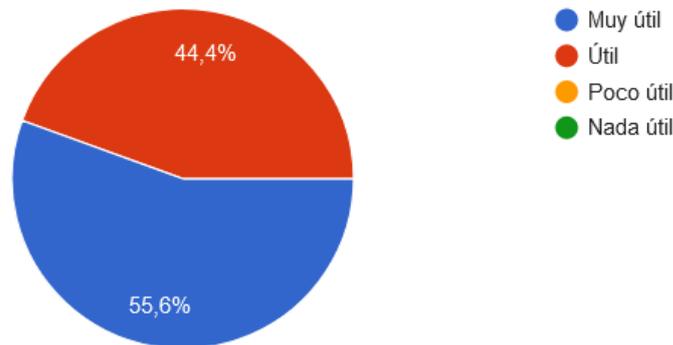


Figura 14 Resultados de encuesta: Utilidad de interacción con gráficos [autoría propia]

Se puede considerar que los controles de los gráficos resultaron útiles para los usuarios, incluso a la mayoría de los usuarios les pareció que estas herramientas eran muy útiles.

¿Considera que los controles para modificar la ubicación y tamaño de los gráficos son adecuados?

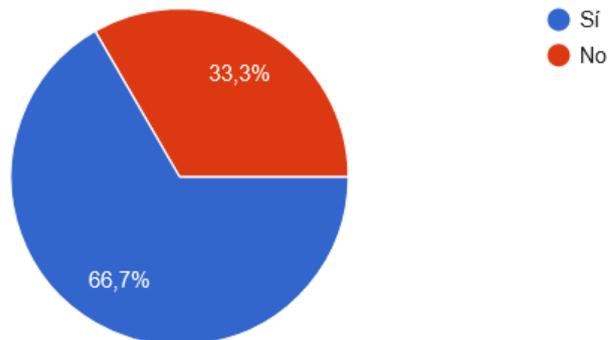


Figura 15 Resultados de la encuesta: Controles para manipular los gráficos [autoría propia]

¿Considera que los controles para añadir y configurar gráficos son adecuados?

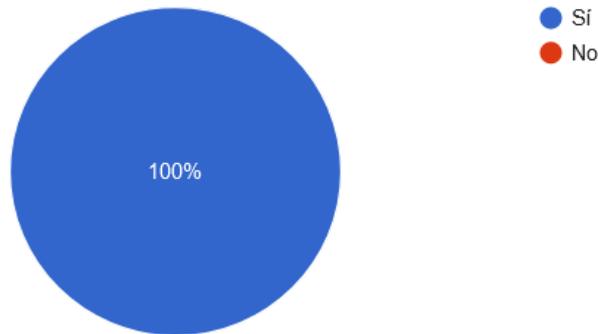


Figura 16 Resultados de la encuesta: Controles para añadir y modificar gráficos [autoría propia]

En las preguntas sobre la calidad de los controles para editar los gráficos, a la mayoría de los usuarios les pareció que estos eran satisfactorios. La única excepción fueron los controles para manipular los gráficos, donde la mayoría de los usuarios pensaron que eran inadecuados.

¿Considera que la manera de cargar una fuente de datos al dashboard es clara e intuitiva?

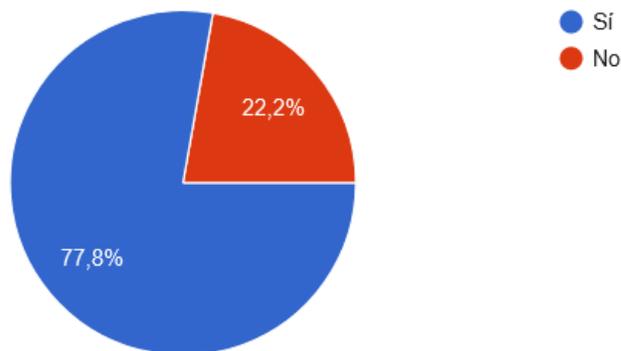


Figura 17 Resultados de la encuesta: Carga de datos [autoría propia]

Finalmente, la mayoría de los usuarios opinaron que el mecanismo para cargar los datos era claro.

3.2. Costos

La aplicación es completamente gratuita, por lo tanto se diseñó la aplicación de manera que no sea necesario tener que pagar ningún costo de mantenimiento. Como la aplicación es completamente local no se utiliza ningún servicio web que represente algún costo para que la aplicación funcione. Todos los componentes usados para construir la aplicación son gratuitos y de código abierto. Por lo tanto, no se debe considerar ningún costo por licencias para que la aplicación funcione. Se podrían considerar costos a futuro si se desea expandir la herramienta, como el costo de desarrollo de nuevas funcionalidades para la aplicación. Sin embargo, estos costos también se pueden mitigar ya que se planea lanzar la aplicación como un proyecto de código abierto. De manera que se podría incorporar contribuciones de miembros de la comunidad de usuarios en las nuevas versiones de la aplicación. También se podría considerar el caso en el que se desarrolle una versión web de la aplicación que use algún tipo de almacenamiento en la nube para los dashboards y los datos del usuario. En este caso se podría implementar un modelo de suscripción para cubrir los costos generados por el servicio web.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se desarrolló una aplicación de escritorio que le permitirá a los usuarios crear dashboards simples e interactivos con facilidad usando fuentes de datos guardadas localmente.
- El diseño de la aplicación usando un framework de diseño web permitió la creación de una interfaz simple y responsiva, por lo que se podría adaptar para la creación de una aplicación móvil o web sin mucha dificultad.
- La aplicación desarrollada permite que los usuarios puedan exportar las dashboards que hayan creado usando el editor como scripts de Python. Esta funcionalidad es útil para usuarios que quieran extender y personalizar más a fondo los dashboards creados con la aplicación, editando directamente el código del script generado.
- La aplicación fue diseñada para que en el futuro se pueda incorporar una mayor cantidad de los gráficos disponibles con la librería de Plotly. Además, se podría implementar filtros para los gráficos generados en el futuro.

4.2. Recomendaciones

- En el caso de que se quiera expandir la herramienta para que pueda ser utilizada en otras plataformas como móvil o web, es recomendable seguir usando librerías gratuitas para el desarrollo de la aplicación. De manera que el proyecto continúe siendo gratuito y open source.
- En el futuro se recomienda fomentar el crecimiento de una comunidad de usuarios dedicados al uso de la aplicación. De manera que dicha comunidad pueda realizar las contribuciones necesarias para poder mejorar y desarrollar la herramienta más a fondo.

- También se podría desarrollar un sitio web para que los usuarios puedan publicar dashboards realizadas con la herramienta para que otros usuarios las puedan usar como un punto de partida para construir sus propios dashboards
- Sería recomendable facilitar un sitio para que los usuarios de la herramienta puedan comunicar sus dudas, críticas, recomendaciones u opiniones acerca de la aplicación. Esto ayudaría a obtener retroalimentación valiosa que sería útil para mejorar la aplicación en el futuro.
- En el futuro se podría desarrollar una versión web de la aplicación para que los usuarios puedan guardar tanto sus datos como sus dashboards en la nube. Además, se podría agregar una manera para que el usuario pueda mostrar la versión final de una dashboard a otras personas por medio de una página web.

ANEXOS

ANEXO 1

PRUEBAS DE USUARIO

Objetivos:

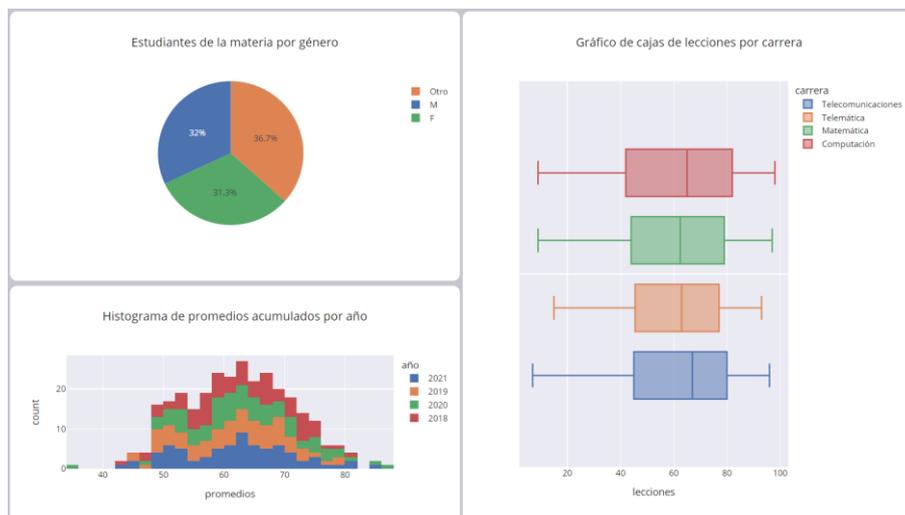
- Medir el tiempo en el que un usuario nuevo tarda en realizar una tarea simple dentro de la aplicación
- Medir la usabilidad de la interfaz gráfica de la aplicación, específicamente el editor.

Tarea: Debe generar un nuevo dashboard con 3 gráficos estadísticos utilizando el archivo promedios.xls como fuente de datos.

Instrucciones:

- Crear un nuevo dashboard en blanco.
- Cargar el archivo de Excel promedios.xls con los datos.
- Añadir un gráfico de cajas con el título “Gráfico de cajas de lecciones por carrera”, el eje X “lecciones” y el color “carrera”.
- Añadir un histograma con el título “Histograma de promedios acumulados por año”, el eje X “promedios” y color “año”.
- Añadir un pie chart con el título “Estudiantes de la materia por género” con el nombre “genero” y el color “genero”.

Resultado esperado (ejemplo):



ANEXO 2

Encuesta

¿Los gráficos generados con Edudata representan los datos de una manera adecuada?

- Sí
- No

¿Qué tan útiles le parecen las herramientas para interactuar con los gráficos? (zoom, resaltar datos, descargar como png, tooltips, etc)

- Muy útil
- Útil
- Poco útil
- Nada útil

¿Qué tan satisfactorios son los gráficos visualmente?

- Muy satisfactorios
- Satisfactorios
- Poco satisfactorios
- Nada satisfactorios

¿Considera que la interfaz del editor de dashboards es intuitiva?

- Sí
- No

¿Considera que los controles para modificar la ubicación y tamaño de los gráficos son adecuados?

- Sí
- No

¿Considera que los controles para añadir y configurar gráficos son adecuados?

- Sí
- No

¿Considera que la manera de cargar una fuente de datos al dashboard es clara e intuitiva?

- Sí
- No

¿Cuál le parece que es la mejor parte de la aplicación? ¿Por qué?

- La forma de cargar datos, y la forma que los muestra. Porque permite al usuario configurar con gráficas interactivas ya que se puede activar y desactivar uno o más de los parámetros de la gráfica, todo esto de forma sencilla y completamente intuitiva.
- La facilidad de crear los gráficos partiendo del csv.
- No pesa mucho la aplicación, es fácil de usar.
- Los diferentes tipos de gráficas y poder moverlas y ajustarlas.
- Lo fácil e intuitiva que es para una persona que no maneja este tipo de aplicaciones.
- Después de cargar el excel la aplicación reconoce sin errores cada una de las columnas y se pueden crear gráficos de manera rápida y eficiente
- Es conveniente, rápida y tiene más funcionalidades (editabilidad) que una Pivot Table en Excel.
- Poder generar una variedad de gráficos de manera rápida y directa
- La facilidad de crear los gráficos es fácil e intuitiva, además de quitar el tiempo de hacerlas por medio de excel o word por la automatización de los mismos.

¿Qué parte de la aplicación le parece que se debería mejorar? ¿Por qué?

- La ubicación de la opción de título para las gráficas debería de estar en la parte de arriba, porque estando tan abajo y sin ser resaltada puede llegar a hacer que el usuario que use por primera vez la aplicación se demore al realizar esto, también puede resultar ser incómodo. Otra cosa que podría mejorar es al momento de activar el modo editor, el botón "ABRIR MODO EDITOR" no cambia, que, aunque se reutilice sería bueno que cambiase el botón a "CERRAR MODO EDITOR" o algo parecido.
- La interfaz de opciones de gráfico, especialmente la parte de añadir título, que se encuentra muy profunda.

- El orden de escoger datos para los gráficos, debería mandar al editor pasado una ventana de confirmación luego de escoger la base de datos.
- La carga de datos debe confirmar que los datos que se presentan son los que se han cargado. El botón para crear en blanco debería estar siempre visible. El título de la gráfica podría ser el primer campo a llenar de la información.
- Cómo nombrar cada gráfico.
- Ubicación de parámetros al hacer input.
- Un poco en el aspecto ergonómico-visual, donde ciertas opciones llevan a un resultado "esperado" por relación a otras aplicaciones de consumo masivo. Tal vez agregar un instructivo que vaya a detalles que hace cada una de las características que se pueden cambiar en la gráfica (a la hora de editar).
- Interacción con el usuario y más opciones para editar gráficamente los gráficos producidos sin tener que ir a editar las opciones.
- Poder hacer un área delimitada para que los gráficos se acoplen uno al lado del otro y esa misma área poder exportarla como imagen.

Bibliografía

- [1] K. Schildkamp y M. Ehren, "From 'Intuition'- to 'Data'-based Decision Making in Dutch Secondary Schools?," en *Data-based Decision Making in Education: Challenges and Opportunities*, K. Schildkamp, M. K. Lai, y L. Earl, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, pp. 49–67. doi: [10.1007/978-94-007-4816-3_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4816-3_4).
- [2] M. K. Lai y S. McNaughton, "The impact of data use professional development on student achievement," *Teaching and Teacher Education*, vol. 60, pp. 434–443, Nov. 2016, doi: [10.1016/j.tate.2016.07.005](https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.07.005).
- [3] J. Heppen *et al.*, "Using Data to Improve Instruction in the Great City Schools: Documenting Current Practice. Urban Data Study," Council of the Great City Schools, Jan. 2011. Accedido: Oct. 15, 2022. [Online]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=ED536742>
- [4] C. A. Conn *et al.*, "Expected data literacy knowledge and skills for early career teachers: Perspectives from school and district personnel," *Teaching and Teacher Education*, vol. 111, p. 103607, Mar. 2022, doi: [10.1016/j.tate.2021.103607](https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103607).
- [5] M. Khamechian y M. E. H. Petering, "A mathematical modeling approach to university course planning," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 168, p. 107855, Jun. 2022, doi: [10.1016/j.cie.2021.107855](https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107855).
- [6] "A Complete Overview of the Best Data Visualization Tools," *Toptal Design Blog*. <https://www.toptal.com/designers/data-visualization/data-visualization-tools> (accedido Oct. 15, 2022).
- [7] "UNESCO urges making environmental education a core curriculum component in all countries by 2025 | UNESCO." <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-urges-making-environmental-education-core-curriculum-component-all-countries-2025> (accedido Oct. 25, 2022).
- [8] C. Campbell and B. Levin, "Using data to support educational improvement," *Educ Asse Eval Acc*, vol. 21, no. 1, pp. 47–65, Feb. 2009, doi: [10.1007/s11092-008-9063-x](https://doi.org/10.1007/s11092-008-9063-x).
- [9] "Pricing," *Analytics Canvas*. <https://analyticscanvas.com/signup/> (accessed Oct. 26, 2022).
- [10] U. Alturki and A. Aldraiweesh, "Application of Learning Management System (LMS) during the COVID-19 Pandemic: A Sustainable Acceptance Model of the

Expansion Technology Approach,” Sustainability, vol. 13, no. 19. MDPI AG, p. 10991, Oct. 03, 2021. doi: 10.3390/su131910991.

[11]K. Stephens-Martinez, M. A. Hearst, and A. Fox, “Monitoring MOOCs,” Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference. ACM, Mar. 04, 2014. doi: 10.1145/2556325.2566246.