



FACULTAD DE
INFORMÁTICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE INFORMÁTICA

Análisis Visual de Datos Temporales Asociados a Criptomonedas.

Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en Inteligencia de
Datos Orientada a Big Data

Lic. Mercedes Barrionuevo
Alumna

Dra. María Luján Ganuza
Directora

LA PLATA - ARGENTINA

Año 2023

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Descripción del Problema y Motivación	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Organización del Trabajo Integrador	4
2. Visualización de Datos	7
2.1. Introducción a la Visualización	7
2.2. Datos Temporales	9
2.2.1. Modelando el Tiempo	9
2.2.2. Taxonomía de Tareas	15
2.2.3. Series Temporales	19
2.2.4. Datos Financieros	20
2.3. Visualización	22
2.3.1. Visualización de Datos Temporales	22
2.3.2. Visualización de Series Temporales	28
2.3.3. Visualización de Datos Financieros	30
3. El Problema, los Recursos y los Datos	37
3.1. Descripción del Problema	37
3.2. Tipos de Análisis sobre Criptomonedas	38
3.3. Principales Tecnologías Asociadas a Criptomonedas	39
3.3.1. <i>Blockchain (Bitcoin)</i>	39
3.3.2. <i>Ethereum (ETHER)</i>	40

3.3.3.	Cardano (ADA)	40
3.3.4.	<i>Dogecoin</i> (DOGE)	40
3.4.	Descripción del <i>dataset</i>	41
3.4.1.	Los Datos en el Contexto de la Taxonomía de los Datos Temporales.	43
3.4.2.	Preguntas a Contestar con la Visualización	44
4.	Diseño de Técnicas e Interacciones de Análisis Visual	45
4.1.	Introducción	45
4.2.	Mapeo Visual	46
4.2.1.	Sustrato Espacial	47
4.2.2.	Sustrato Gráfico	47
4.3.	Interacciones	48
4.4.	Diseño de Vistas	48
4.4.1.	Diseño de la Solución	50
4.4.1.1.	Primera Propuesta	51
4.4.1.2.	Segunda Propuesta	56
4.4.1.3.	Tercera Propuesta	59
4.4.1.4.	Cuarta Propuesta	60
4.5.	Diseño de Interacciones Inteligentes	63
5.	Prototipo	67
5.1.	Herramientas Configurables Utilizadas en la Visualización de Datos	68
5.1.1.	Tableau	68
5.1.2.	Power BI	70
5.1.3.	Google Charts	73
5.2.	Implementación del Prototipo en Tableau	74
5.2.1.	Descripción de los Gráficos del <i>Dashboard</i> Principal	74
5.2.1.1.	Interacciones	79
5.2.2.	Descripción de los Gráficos del <i>Dashboard</i> de Volumen de Transacciones	80
5.2.2.1.	Interacciones	86

6. Resultados Obtenidos, Conclusiones y Trabajo Futuro	89
6.1. Resultados Obtenidos	89
6.2. Conclusiones	102
6.3. Trabajo Futuro	103

Resumen

Desde hace un tiempo, y luego de la pandemia Covid-19, Internet se ha convertido en uno de los principales actores de la sociedad, jugando un papel crucial en el trabajo remoto, la educación virtual, los mercados de valores, las compras en línea, la comunicación y la vida social en general.

Como consecuencia, se ha generado y se genera mucho tráfico de información de forma rápida y sostenida, no sólo en volumen de datos sino también en la heterogeneidad y complejidad de los mismos, superando todo lo imaginado por los diseñadores pioneros de la arquitectura subyacente de Internet.

En este trabajo, el interés está puesto en los mercados financieros de las criptomonedas, enfocándonos en el crecimiento, evolución e impacto financiero de diversas criptomonedas. Dada su alta popularidad, estos conjuntos de datos son cada vez más grandes. La existencia de más de 1000 tipos de criptomonedas en el mundo, y la certeza de que seguirán creciendo, tanto en número como en popularidad, es muestra de su auge y su entrada activa en el mercado financiero internacional. Por lo tanto, el tratamiento de dichos datos involucra la aplicación de una gran variedad de herramientas para su análisis y exploración. Una de las técnicas de interés es la visualización de datos, que permite transmitir información por medio de representaciones visuales interactivas de los datos, siendo una herramienta adecuada para enfrentarnos a la gran cantidad de datos que se manejan actualmente como así también para su correcta interpretación.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es contribuir al desarrollo de soluciones en torno al análisis visual de indicadores relevantes para el mercado de las criptomonedas. Se plantea el diseño de una herramienta de visualización para estos datos de características temporales y de las interacciones asociadas.

Capítulo 1

Introducción

En las últimas décadas, la disponibilidad de grandes volúmenes de datos ha propiciado la intersección de diversas áreas como: la informática, la estadística, la economía, la visualización de datos, entre otras, dando lugar a trabajos más colaborativos, integrales e interdisciplinarios.

En referencia a las ciencias económicas, el surgimiento de las criptomonedas ha despertado interés y altas expectativas entre los inversionistas y expertos en tecnología tanto por su alta rentabilidad y riesgo, como también por las alternativas que representan en términos de las operaciones que se pueden realizar a través del protocolo de cadena de bloques (blockchain), incluyendo recientemente nuevas alternativas para la financiación empresarial.

El precio de *Bitcoin* es una variable altamente compleja, con un alto nivel de volatilidad y una innumerable variedad de factores que inciden en su valor. Por lo tanto, es deseable que cualquier persona interesada pueda monitorear y comparar cómo se comporta un activo financiero en un tiempo determinado y desde el punto de vista histórico.

De esta manera, un inversionista puede consultar el precio de cotización de una criptomoneda de interés y compararlo con el comportamiento de otra criptomoneda en el mercado, todo esto con el objetivo de analizar si sus movimientos son similares o disímiles. De igual manera, se puede hacer un seguimiento de la caída o alza de una criptomoneda y comparar su precio con los volúmenes de compra, para así determinar

si dicho movimiento de mercado se debió a una entrada o salida importante de capital.

En este contexto, es clara la necesidad de contar con diversas técnicas para analizar esa cantidad ingente de datos, sacar conclusiones u obtener conocimientos nuevos. Una de las técnicas de interés es la *visualización* de datos.

1.1. Descripción del Problema y Motivación

En los últimos años hemos sido testigos de revoluciones tecnológicas que suceden a un ritmo extremadamente acelerado. El desarrollo de Internet ha permitido la masificación del correo electrónico, la banca electrónica, los teléfonos inteligentes, los servicios web, las monedas digitales o criptomonedas, entre otros.

Las *criptomonedas* son activos digitales, físicamente inexistentes, que pueden ser poseídos, comprados o vendidos a través de distintas plataformas. El *Bitcoin* fue su primer experimento [42], creado en 2009, y dotado de una tecnología llamada *Blockchain*[32], que consiste en un registro sobre una base de datos distribuida (sin un servidor central), pero inviolable.

Desde la creación del *Bitcoin* han aparecido muchas otras criptomonedas. Se calcula que hoy en día circulan en forma activa unas 10.000. No todas ellas usan tecnología *Blockchain*, ni todas tienen una gestión descentralizada. Algunas, de hecho, operan como moneda privada. Otras, las *stablecoins* [28, 49], atan su valor al de algún activo no digital, como una moneda fiduciaria de algún país o algún bien físico como el oro o el petróleo.

El interés de la comunidad científica en el estudio de criptomonedas ha aumentado de manera significativa en los últimos años [40]. Desde un punto de vista tecnológico, el énfasis está puesto no sólo en el paradigma de las tecnologías *Blockchain*, sino también en la relación con los algoritmos de encriptamiento de información y en los desafíos de procesamiento de información para la toma de decisiones. Para ello, es necesario procesar la información relacionada en tiempo real y para eso hay que buscar la forma de leer datos y extraer conocimiento en un tiempo razonable.

Desde el punto de vista económico y financiero, las investigaciones tienden a analizar

todas las características financieras de las criptomonedas no sólo por su volumen de negociación sino también por su comportamiento distintivo frente a activos tradicionales como acciones, bonos o monedas fiduciarias y, finalmente, por el hecho de que las criptomonedas se comercializan las 24 horas del día, los 7 días de la semana, planteando *nuevos desafíos sobre cómo procesar de manera eficiente un flujo continuo de grandes volúmenes de datos* [40].

Diversas tecnologías de Big Data e Inteligencia artificial automatizan cantidades ingentes de datos y las transforman en información, pero la toma de decisiones más significativas es responsabilidad de las personas, por lo tanto, se necesita entender esos datos y así minimizar la probabilidad de error. La visualización de datos se refiere al *“uso de representaciones visuales, interactivas y asistidas por computadora de datos abstractos para ampliar el conocimiento”* [39]. Esta técnica permite transmitir información por medio de representaciones visuales interactivas de los datos, siendo una herramienta adecuada para enfrentarnos a la gran cantidad de datos que se manejan actualmente. Se trata de una herramienta muy utilizada en diversas áreas como: las ciencias, la ingeniería, la medicina, entre otras; en las cuales el crecimiento vertiginoso de la cantidad de información genera volúmenes de datos cada vez más grandes y difíciles de comprender y analizar sin un soporte visual adecuado [30].

1.2. Objetivos

El **objetivo general** de este trabajo integrador es contribuir al desarrollo de soluciones en torno al análisis visual de indicadores relevantes para el mercado de las criptomonedas.

Se plantea el diseño de una herramienta de visualización para estos datos de características temporales y de las interacciones asociadas. Con este objetivo, se establecen como **objetivos específicos**:

- El diseño de una herramienta de análisis visual con vistas coordinadas para datos temporales, específicamente datos financieros de criptomonedas.
- El diseño de las interacciones necesarias para el análisis de características como:

volatilidad de las monedas, detección de patrones de comportamiento de interés, comparación entre distintas monedas, entre otras.

- El diseño de las interacciones específicas inteligentes para la detección y representación visual de repetición de patrones tanto para una moneda, como para patrones combinados que involucren más de una moneda.
- Implementación de un prototipo utilizando alguna de las herramientas configurables disponibles (Tableau [12], Power BI [11], entre otras).
- Validar los resultados obtenidos con un grupo de pares en congresos o revistas.

El cumplimiento de los objetivos propuestos permitirá generar una herramienta visual y de acceso público, cuyas bondades será la de alcanzar una visión general de los patrones de comportamiento y del impacto de la fluctuación de una criptomoneda en particular sobre las restantes.

Por otro lado, el usuario de dicha herramienta podrá detectar hechos o eventos que pudieron haber afectado el comportamiento de una criptomoneda en un momento particular de tiempo.

1.3. Organización del Trabajo Integrador

Este trabajo está organizado en 6 capítulos, detallados a continuación:

- **Capítulo 1: Introducción.**

Se presenta un introducción al tema abordado, se describe el problema, la motivación y los objetivos del trabajo a cumplir.

- **Capítulo 2: Visualización de datos.**

Este capítulo introduce la importancia de visualizar grandes volúmenes de datos, las particularidades de los datos orientados al tiempo, cómo se modelan y visualizan dichos datos. Adicionalmente se describen las características de las series de tiempo y datos financieros analizando brevemente las alternativas disponibles para visualizarlos.

- **Capítulo 3: El problema, los recursos y los datos.**

Este capítulo detalla el problema a analizar y su alcance, los recursos con los que se cuenta y los datos utilizados. Finalmente, se definen las preguntas que motivan el diseño de la herramienta de análisis visual.

- **Capítulo 4: Diseño de técnicas e interacciones.**

En este capítulo se describe el proceso de diseño de la solución que se propone para responder las preguntas planteadas en el Capítulo 3. Para esto, se abordan los conceptos de mapeo visual, diseño de vistas coordinadas e interacciones.

- **Capítulo 5: Prototipo.**

Se presentan las principales herramientas configurables que se utilizan en la actualidad para la generación de *dashboards* (paneles de visualización), detallando sus ventajas e inconvenientes. Además, se explica el prototipo creado detallando su funcionalidad y las interacciones provistas que fueron generadas para responder las preguntas que dieron el puntapié inicial a este trabajo.

- **Conclusiones y Trabajos Futuros.**

Finalmente, se exponen las principales conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del proyecto y se consideran tanto posibles mejoras como trabajos futuros a realizar.

Capítulo 2

Visualización de Datos

*Un gráfico no se dibuja de una vez por todas;
se construye y reconstruye hasta que revela todas las
relaciones constituidas por la interacción de los datos.”*

by Bertin, 1981.

2.1. Introducción a la Visualización

Los archivos en bruto con gran cantidad de información suelen contener datos desorganizados, incomprensibles y difíciles de leer, dificultando la detección de patrones de manera fácil e intuitiva. La visualización de datos puede ayudar a transformar los datos y números aislados en una historia atractiva, emergiendo como un activo crítico con el poder de transformar la forma en que se acceden, presentan y analizan los datos.

La visualización de datos se encarga de la representación gráfica de la información y los datos. Al utilizar elementos visuales como cuadros, gráficos y mapas, las herramientas de visualización de datos proporcionan una manera accesible de ver y comprender tendencias, valores atípicos y patrones en los datos [12].

La visualización de datos se puede definir como el *uso de representaciones visuales, interactivas y asistidas por computadora de datos abstractos para ampliar el conocimiento* [39]. Esta técnica permite transmitir información por medio de representaciones

Estrategia para visualizar información

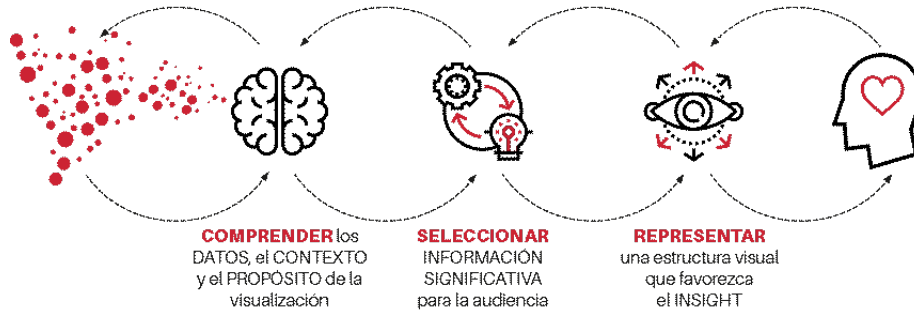


Figura 2.1: Estrategia para visualizar información [20].

visuales interactivas de los datos, siendo una herramienta adecuada para enfrentarnos a la gran cantidad de datos que se manejan actualmente.

Para respaldar el proceso de análisis de datos a través de métodos de visualización adecuados, es crucial analizar las características del conjunto de datos de interés. Las visualizaciones de datos deben responder preguntas clave desde la perspectiva de la audiencia prevista. Al igual que una historia, una visualización debe proporcionar una perspectiva rica y desarrollada sobre los datos que brinde múltiples respuestas a los miembros de su audiencia. Cuenta una historia basada en hechos, completamente integrada en los datos: debe ser *clara y expresiva*, cualidades que a veces pueden ser difíciles de lograr.

Existen técnicas de visualización para datos en general, y múltiples técnicas diseñadas para tipos de datos específicos (datos temporales, multidimensionales, geo-espaciales, entre otros), las cuales se caracterizan por tener en cuenta las características particulares de dichos datos.

Tal como lo muestra la Fig. 2.1, el proceso de visualización debe empezar por entender qué es lo que se desea comunicar y cuál es su contexto, cuánta de esa información es relevante, quién la recibe y para qué [20]. Por otro lado, no sólo es suficiente presentar un dato en un gráfico que sea comprensible y aporte conocimiento, sino también es importante su estética y la forma de presentarlo.

En las secciones siguientes se detallarán aspectos relevantes de los datos temporales,

series de tiempo y datos financieros; para luego abordar las distintas técnicas disponibles para representar visualmente datos de esta naturaleza.

2.2. Datos Temporales

El tiempo es una dimensión excepcional que es común a muchos dominios de aplicación, como la medicina, la ingeniería, los negocios, la ciencia, la biografía, la historia, la planificación y la gestión de proyectos, etc.

El análisis de datos orientados al tiempo implica un interés por parte del usuario en la relación de esos datos con respecto al tiempo.

Comprender los datos orientados al tiempo nos permite aprender del pasado para predecir, planificar y construir el futuro. Debido a las distintas características del tiempo, se requieren métodos visuales y analíticos apropiados para explorarlos y analizarlos.

Muchos tipos diferentes de datos están relacionados con el tiempo. Se puede pensar en datos de la bolsa de valores, datos de censos, datos de simulación, entre otros. Pero también los artículos de noticias, las colecciones de fotos o los planes de proyectos pueden contener información temporal. Desde un punto de vista teórico, todos estos datos están orientados al tiempo y deben ser representables con un mismo enfoque. Desde un punto de vista práctico [22], cada uno de estos tipos de datos requiere una visualización dedicada.

2.2.1. Modelando el Tiempo

Cuando se modela el tiempo en los sistemas de información, el objetivo no es imitar a la perfección la dimensión física del tiempo, sino proporcionar un modelo que sea más adecuado para reflejar los fenómenos en consideración y apoyar las tareas de análisis en cuestión [22].

No hay un solo modelo correcto o **taxonomía de tiempo**, sino que hay muchas formas de modelar el tiempo en los sistemas de información dependiendo de los datos y del problema particular. Una amplia cantidad de investigaciones se han llevado a cabo durante varios años para formular la noción de tiempo en muchas áreas de la

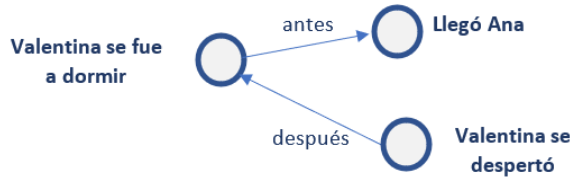


Figura 2.2: Escala Ordinal. No es posible identificar si Valentina se despertó antes o después de la llegada de Ana [22].

informática, incluida la inteligencia artificial, la minería de datos, la simulación, el modelado y las bases de datos, entre otras.

Tales investigaciones han permitido definir los aspectos de diseño relevantes para el tiempo, que han sido relevados por Aigner et al. [22] quienes definieron la siguiente taxonomía:

1. Escala (scale): Ordinal vs. Discreta vs. Continua:

- **Ordinal:** En un dominio de tiempo ordinal sólo se conoce el orden de los eventos (por ejemplo: antes, después). En la Fig. 2.2 se muestra un ejemplo en el que sólo están presentes las relaciones de orden relativo; en este caso no es posible discernir si Valentina se despertó antes o después de la llegada de Ana.

Esto sería suficiente si sólo interesan las relaciones temporales cualitativas o si no se dispone de información cuantitativa.

- **Discreta:** cada ítem de tiempo tiene un único predecesor y un único sucesor (comparable con los números enteros). Los valores de tiempo se pueden asignar a un conjunto de números enteros que permite el modelado cuantitativo de valores de tiempo (por ejemplo, distancias temporales cuantificables). Los dominios de tiempo discretos se basan en la unidad más pequeña posible (por ejemplo, segundos o milisegundos como en el tiempo UNIX) y son los modelos de tiempo más utilizados en los sistemas de información. En la Fig. 2.3 la unidad de tiempo más pequeña modelada son los minutos.



Figura 2.3: Escala Discreta. Ana llegó en el mismo minuto que Valentina se despertó, sin embargo, no es posible modelar el orden exacto de los eventos [22].

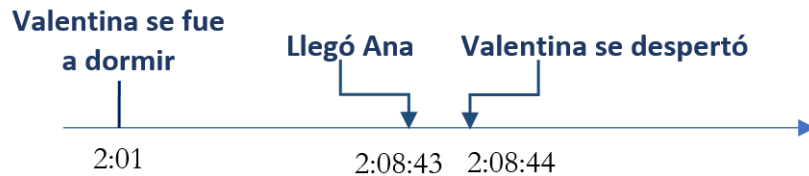


Figura 2.4: Escala Continua. Al considerar valores continuos es posible determinar que la llegada de Ana se produce antes de que Valentina se despertara [22].

- **Continua:** entre dos elementos cualesquiera en el tiempo siempre hay otro elemento (comparable con los números reales). Entre dos puntos en el tiempo, siempre existe otro punto en el tiempo. En la Fig. 2.4 se muestra un ejemplo de tiempo medido en segundos, donde es posible modelar que Ana llegó poco antes de que Valentina se despertara.
2. **Alcance (scope):** Un eje de tiempo puede estar compuesto de puntos de tiempo o de intervalos de tiempo.

- **Alcance basado en puntos:** Un punto de tiempo puede considerarse un *instante* en el tiempo. Si los datos se dan en un eje de tiempo que se compone de puntos de tiempo, entonces los valores de datos particulares son válidos sólo en ciertos puntos en el tiempo; no se dice nada sobre cómo se ven los datos entre puntos de tiempo adyacentes. Es decir, se da información sólo en determinados puntos de tiempo y no entre los mismos.

En la Fig. 2.5 se puede observar una técnica de visualización para datos temporales basados en puntos llamada *Time Wheel*. Esta técnica permite re-

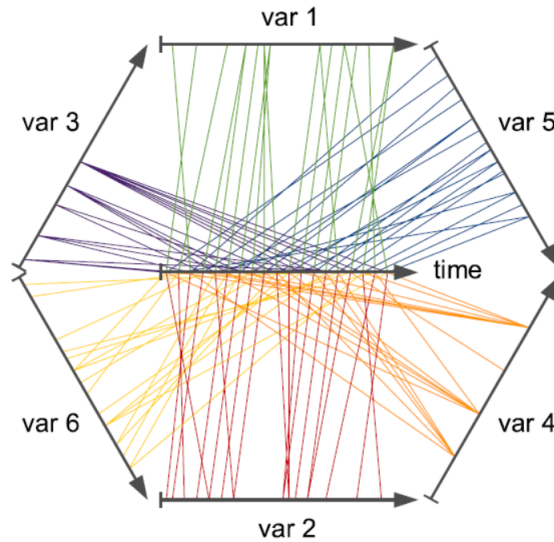


Figura 2.5: Alcance Basado en Puntos. Técnica de visualización TimeWheel. Un conjunto de ejes que codifican atributos dependientes del tiempo se organiza circularmente alrededor del eje central del tiempo [22].

presentar datos multidimensionales a lo largo del tiempo organizando circularmente un conjunto de ejes que codifican atributos dependientes del tiempo alrededor de un eje central asociado al tiempo [21, 22]. Además, se utilizan líneas para conectar los puntos en el eje temporal con los puntos correspondientes en cada eje asociado a una variable dependiente del tiempo.

- Alcance basado en intervalos:** Un intervalo de tiempo es una primitiva temporal con una duración específica. Puede estar detallada mediante dos puntos de tiempo o mediante un punto de tiempo más una duración. Aquí es necesario visualizar el rango donde los datos basados en intervalos son válidos. En la Fig. 2.6 se muestra un ejemplo de mediciones promedio diarias de ozono durante el año 2006 en la ciudad de Krems, donde cada color en escala de grises hace referencia a valores bajos, intermedios o altos. Las mediciones se realizan por parte por millón (PPM) siendo los valores dentro del rango [0.00-0.06] los más bajos y los valores del rango [0.18-0.24] los más altos.

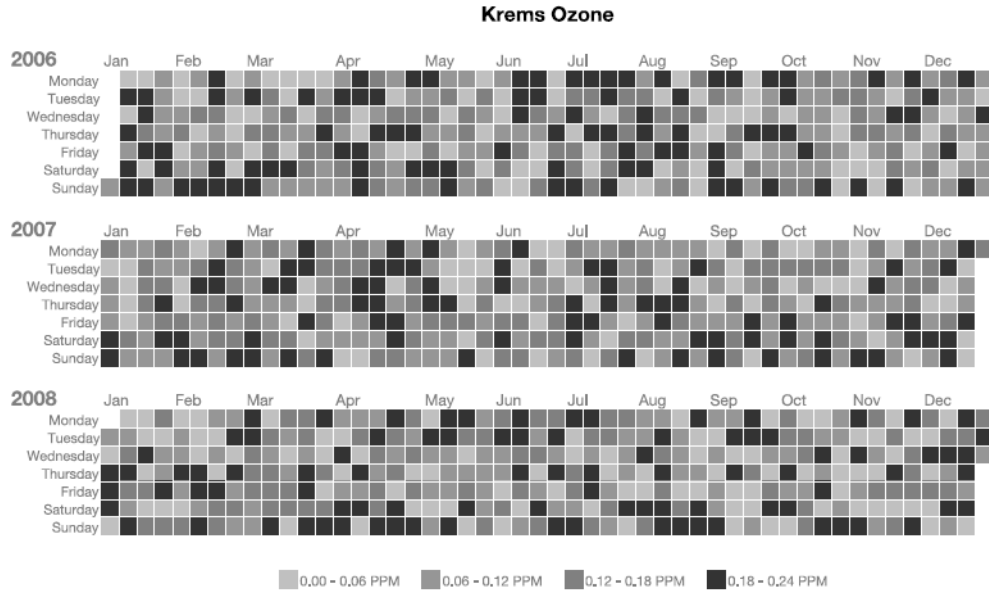


Figura 2.6: Ejemplo de mediciones promedio diarias del ozono en la ciudad de Kremš en el transcurso de 3 años (Escala: Discreta, Alcance: Basado en Intervalos) [22].



Figura 2.7: Disposición Lineal. El año 2017 precede al año 2018 y así sucesivamente [22].

3. Disposición o Estructura (*arrangement*):

- **Lineal:** Cada elemento de tiempo tiene un único predecesor y un único sucesor. El tiempo lineal corresponde a nuestra percepción natural del tiempo como una colección (total o parcialmente) ordenada de primitivas temporales, es decir, el tiempo procede del pasado al futuro.

En la Fig. 2.7 se observa como el tiempo procede linealmente del pasado al futuro.

- **Cíclico:** Un eje de tiempo cíclico se compone de un conjunto finito de primitivas temporales recurrentes (por ejemplo, las estaciones del año). En un



Figura 2.8: Disposición cíclica en las estaciones del año. El invierno sucede antes que el verano pero también sucede después del verano [22].

eje de tiempo cíclico, cualquier primitiva temporal A es precedida y sucedida al mismo tiempo por cualquier otra primitiva temporal B (por ejemplo, el invierno llega antes del verano, pero el invierno también sucede al verano). La Fig. 2.8 muestra un conjunto de valores de tiempo recurrentes, tal como las estaciones del año.

4. Puntos de vista (*viewpoint*):

- **Ordenado:** Los dominios de tiempo ordenados consideran que los eventos suceden uno tras otro. En un nivel más detallado, también podríamos distinguir entre dominios totalmente ordenados y parcialmente ordenados. En un dominio totalmente ordenado sólo puede pasar una cosa a la vez, tal como se muestra en la Fig. 2.3 o en la Fig. 2.4.
- **Ramificado:** Muchos hilos de tiempo permiten la comparación y descripción de escenarios alternativos, por ejemplo, la planificación de proyectos. Este tipo de tiempo apoya los procesos de toma de decisiones donde solo una de las alternativas realmente sucederá. La ramificación no sólo es útil para escenarios futuros, sino que también se puede aplicar para investigar el pasado, por ejemplo, para modelar las posibles causas de una decisión determinada.

En la Fig. 2.9 se observan distintas alternativas posibles que una persona puede llevar a cabo al mudarse a otra vivienda en el transcurso de un tiempo acotado.

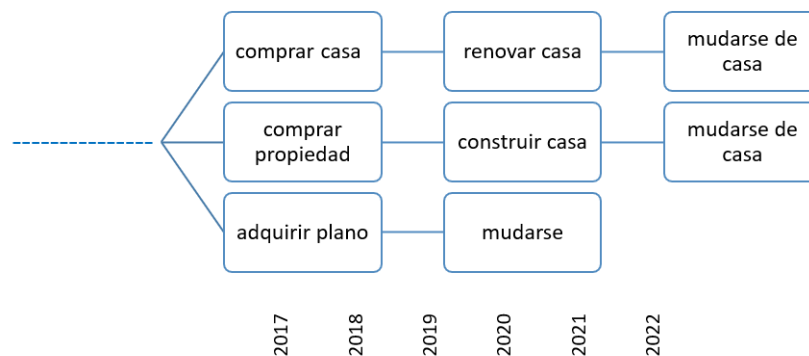


Figura 2.9: Tiempo Ramificado. Escenarios alternativos para mudarse a una nueva casa [22].

- **Múltiples perspectivas:** En contraste con el tiempo ramificado donde solo sucederá un camino a través del tiempo, las múltiples perspectivas facilitan visiones simultáneas (incluso contrarias) del tiempo que son necesarias, por ejemplo, para estructurar informes de testigos presenciales. Otro ejemplo de múltiples perspectivas son las simulaciones estocásticas de ejecución múltiple. Para un solo experimento, puede haber progresiones de datos de salida completamente diferentes dependiendo de la inicialización respectiva.

En la Fig. 2.10 se puede observar que Valentina nació el 8 de agosto de 2006 (tiempo válido) y este hecho quedó registrado en el registro de residentes dos días después, el 10 de agosto de 2006 (tiempo de transacción).

2.2.2. Taxonomía de Tareas

Los datos se obtienen a partir de diversas observaciones o mediciones de fenómenos. Por medio del análisis de datos, las personas pueden estudiar estos fenómenos. El análisis de estos datos puede considerarse como una búsqueda de respuestas a varias preguntas relacionadas con estos fenómenos. Estas preguntas o **tareas de análisis de datos**, son el centro de nuestra atención dado que dan origen a qué es lo que queremos visualizar.

El objetivo principal de la clasificación de tareas es evaluar las herramientas y técnicas existentes para análisis de datos exploratorio en términos de su idoneidad para

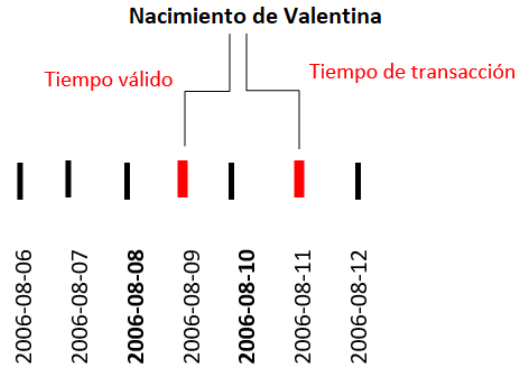


Figura 2.10: Múltiples perspectivas. Valentina nació el 8 de agosto de 2006 pero este hecho quedó registrado dos días después, el 10 de agosto de 2006 [22].

diferentes tareas y tratar de derivar principios operativos generales para la selección y el diseño de herramientas. Permite establecer un marco común que agrupa las tareas más relevantes relacionadas con datos orientados al tiempo sobre el cual es posible basarnos a la hora de diseñar una herramienta nueva.

El modelo, detallado en la Fig. 2.11, describe las tareas asociadas a datos orientados al tiempo utilizando: **referencias**, que constituyen el dominio (espacial o temporal) en el que se han recopilado los valores de los datos, y **características**, que son los valores de los datos que se recopilaron.

En el primer nivel, el modelo de Andrienko [24] subdivide las tareas en dos clases: las *tareas elementales* y las *tareas sinópticas*. Las *tareas elementales* abordan elementos de datos individuales. Esto puede incluir valores individuales, pero también grupos individuales de datos. Las *tareas sinópticas*, por otro lado, implican una visión general y consideran conjuntos de valores o grupos de datos en su totalidad.

Las tareas elementales se dividen además en **búsqueda, comparación y búsqueda de relaciones**. La tarea de búsqueda incluye búsqueda directa, que representa la búsqueda de valores de datos, y búsqueda inversa, que representa la búsqueda de puntos en el espacio y en el tiempo.

Las tareas de búsqueda de relaciones abordan la búsqueda de ocurrencias de relaciones especificadas entre características de datos o referencias, por ejemplo, buscar cursos

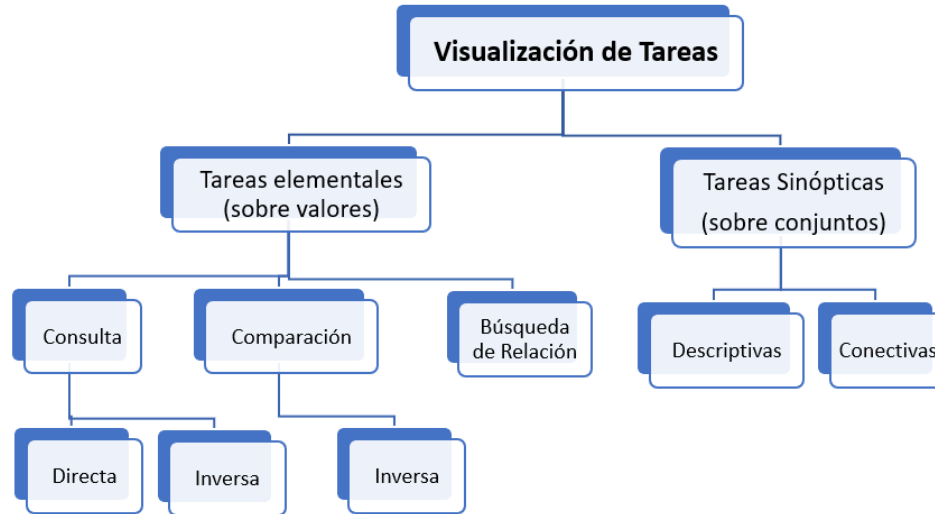


Figura 2.11: Taxonomía de Visualización de Tareas [22].

programados para los lunes. En un sentido más amplio, la comparación también puede verse como una búsqueda de relaciones, pero las relaciones a determinar no se especifican de antemano. Las tareas de comparación directa interrelacionan características, mientras que las tareas de comparación inversa interrelacionan referencias.

Las tareas sinópticas se dividen además en tareas descriptivas y de conexión. Las tareas descriptivas especifican las propiedades de un conjunto de referencias o de un conjunto de características. El primer caso pertenece al grupo de tareas de identificación. Aquí, se da un conjunto de referencias y la tarea es encontrar un patrón que describa el comportamiento de los puntos de referencia dados. El segundo caso pertenece al grupo de tareas de localización. Aquí, se da un patrón concreto, y la tarea es buscar esos puntos de referencia en el tiempo y el espacio que exhiben el patrón. Además de especificar las propiedades de un conjunto de características o referencias, la comparación de esos conjuntos es muy relevante. Como en el caso de las tareas elementales, hay que distinguir entre tareas de comparación directa e inversa, según se comparen conjuntos de referencias o conjuntos de características. Además, la tarea de búsqueda de relaciones sinópticas considera dos conjuntos de características o referencias para generar relaciones entre estos conjuntos.

A diferencia de las tareas descriptivas, las tareas de conexión establecen vínculos

entre al menos dos conjuntos, teniendo en cuenta el comportamiento relacional de dos o más variables. Dependiendo del conjunto de referencias subyacentes, ya sea que las variables se consideren sobre el mismo conjunto o sobre diferentes conjuntos de referencias, se distinguen tareas de comportamiento homogéneo y heterogéneo.

La siguiente lista provee ejemplos ilustrativos de los diferentes tipos de tareas:

1. Tareas Elementales

- Consulta directa (Definición de patrón): ¿Cuál fue el precio de cierre de *Bitcoin* el 14 de enero?
- Consulta inversa (búsqueda de patrones): ¿En qué día se detectó el precio de cierre más bajo de *Bitcoin* en 2010?
- Comparación directa (patrón): Compare los precios máximos de *Bitcoin* con respecto a los precios máximos de *Ethereum* el 14 de enero del último año.
- Comparación inversa (patrón): ¿El precio de apertura de *Bitcoin* alcanzó los 200 dólares antes o después del 14 de enero?
- Búsqueda de relaciones: ¿En qué días el precio de cierre de *Bitcoin* fue más alto que el precio de cierre de *Ethereum*?

2. Tareas sinópicas

- Consulta directa (definición de patrón): ¿Cuál fue la tendencia del volumen de transacción de *Bitcoin* durante enero?
- Consulta inversa (búsqueda de patrones): Encuentre meses en los que el volumen de transacciones de *Ethereum* disminuyó considerablemente.
- Comparación directa (patrón): Compara el comportamiento del precio de apertura de *Bitcoin* en los meses de enero y junio.
- Comparación inversa (patrón): ¿Cómo se relaciona la tendencia del volumen de transacciones de *Bitcoin* con los días lunes?
- Búsqueda de relaciones: Busque dos meses consecutivos con tendencias opuestas en el precio de cierre de *Bitcoin*.

- Comportamiento homogéneo: ¿El comportamiento de los precios de apertura y cierre está influyendo en el comportamiento de los precios de apertura y cierre de *Ethereum*?
- Comportamiento heterogéneo: ¿Las fases de la luna influyen en el comportamiento de los precios de cierre de *Bitcoin*?

2.2.3. Series Temporales

Una serie temporal es una colección de observaciones ordenadas que se han tomado de manera periódica en el tiempo. Se trata de una serie de datos indexados cronológicamente, comúnmente espaciados de manera uniforme en el tiempo.

Más formalmente, una serie temporal se define como:

$$x(t), t = 0, 1, 2, \dots$$

donde t denota el tiempo transcurrido, y $x(t)$ es definida en función del tiempo t . El análisis de una serie temporal involucra métodos para extraer información estadísticamente relevante y otro tipo de información representativa sobre las relaciones subyacentes con el objetivo de, entre otros, extrapolar o interpolar los datos y así predecir el comportamiento de la serie en momentos no observados.

Las tareas típicas de análisis de series de tiempo implican encontrar tendencias, correlaciones y variaciones en múltiples escalas de tiempo, como horaria, diaria, semanal y estacional.

Algunos ejemplos de series de tiempo son:

- El volumen diario de ventas de un producto: la observación es la cantidad de productos vendidos cada día y la variable tiempo son las horas (o minutos o segundos) del día transcurridas entre una y otra observación.
- El comportamiento de una acción en la bolsa, donde las observaciones corresponden al valor de la acción por cada minuto transcurrido.
- Las señales eléctricas generadas por el cuerpo humano por minuto durante un tiempo determinado.

- El número de pasajeros de una aerolínea en todos sus vuelos durante un tiempo determinado, entre otros.

Las series de tiempo pueden ser analizadas de manera *descriptiva*, *inferencial* o *predictiva*. La primera es la que permite entender las características de la serie de interés. En el caso del número de pasajeros de una aerolínea, el análisis descriptivo facilita, por ejemplo, identificar épocas de alta o baja demanda.

Con respecto al análisis inferencial, se intenta explicar las razones que dan origen al comportamiento observado en la serie. Por ejemplo, en el caso del número de pasajeros que viajaron con determinada aerolínea, si se observa una tendencia decreciente a partir de marzo de 2020, se puede inferir que esta situación puede ser ocasionada por la aparición de una pandemia. Aquí estamos encontrando una relación causa-efecto (es decir estamos haciendo inferencias).

Finalmente, el análisis predictivo es el que usa la información histórica de la serie para predecir su comportamiento a futuro. En el caso de la serie de tiempo de la aerolínea, podríamos tomar el comportamiento estacional de la serie para predecir la demanda de los siguientes seis meses.

2.2.4. Datos Financieros

La proliferación de aplicaciones en teléfonos móviles ha creado una nueva generación de usuarios con mayores expectativas para todas sus experiencias digitales. El mercado financiero actual exige inmediatez, simplicidad y atractivo estético de las aplicaciones y visualizaciones de sus datos. Dichos datos son obtenidos de diversas fuentes, las cuales incluyen noticias y comentarios económicos, así como datos de transacciones, fondos, y datos de contabilidad que serán presentados en el contexto de los datos de clientes inversores.

Los datos financieros tienen una cantidad de elementos adicionales que los componen y los hacen más complejos, tales como reglas de riesgo y cumplimientos de objetivos empresariales, mandatos de los inversores, etc.

Las influencias de la globalización superponen aún más factores de complejidad a los

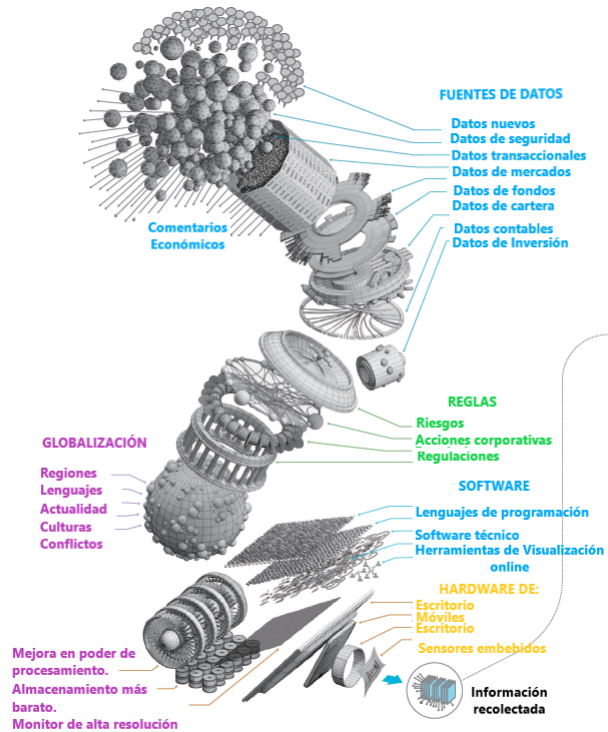


Figura 2.12: Datos financieros [48]

datos financieros disponibles. Del mismo modo, los clientes de varias regiones del mundo, cada uno con su propio idioma, moneda y cultura, tienen diferentes expectativas sobre cómo deben presentarse los datos, como lo detalla la Fig. 2.12. Éstos pueden esperar que los datos se agrupen, filtren, contabilicen y organicen en cuadrículas, tablas dinámicas o gráficos.

Si bien, estos factores aumentan la cantidad y complejidad de los datos, los avances tecnológicos nos permiten manejar estas cantidades cada vez mayores de datos con mayor facilidad y presentarlos de muchas maneras diferentes.

La ventaja de tener una mayor disponibilidad de los datos brinda la oportunidad de profundizar y aprender más sobre esos datos. Los avances tecnológicos para recopilar, almacenar y compartir conjuntos de datos más grandes aumentan nuestras capacidades con visualizaciones de datos interactivas. Sin embargo, debemos tener cuidado de crear comunicaciones visuales que sean expresivas y efectivas.

2.3. Visualización

Existen varias técnicas de visualización especialmente diseñadas para datos orientados al tiempo en general, y a series temporales y a datos financieros en particular. A continuación se describen las más relevantes.

2.3.1. Visualización de Datos Temporales

Esta sección aborda la representación visual de datos temporales, teniendo en cuenta criterios que se refieren a la dependencia del tiempo y la dimensionalidad del espacio de presentación [21].

1. Dependencia del tiempo: estática vs. dinámica/interactiva

Las representaciones estáticas se asocian a datos temporales en imágenes fijas (es decir, representaciones que no cambian automáticamente con el tiempo). Por el contrario, las representaciones dinámicas utilizan la dimensión física del tiempo para transmitir la dependencia temporal de los datos (es decir, representaciones que cambian automáticamente con el tiempo, como presentaciones de diapositivas o animaciones) [21].

2. Dimensionalidad: 2D vs 3D.

Este criterio simplemente distingue entre espacios de presentación 2D y 3D. En algunos casos se considera que dos dimensiones son suficientes para un análisis de datos efectivo. En este sentido, la tercera dimensión implica dificultades innecesarias como la oclusión y la pérdida de información en las caras posteriores. En otros casos, la tercera dimensión se ve como una posibilidad de codificar más información. Sin duda, ciertos tipos de datos (por ejemplo, datos de flujo o datos de volumen) incluso requieren la tercera dimensión para lograr representaciones visuales más expresivas.

A continuación se describen los métodos y técnicas de visualización más utilizadas para representar visualmente datos orientados al tiempo:

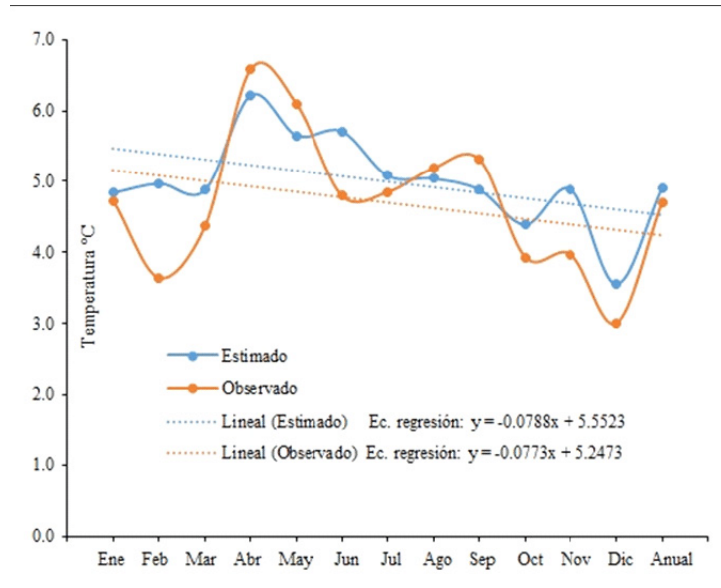


Figura 2.13: Gráfica temporal de temperaturas estimadas vs. observadas en México para el 2015. Las líneas punteadas marcan la tendencia con sus respectivas ecuaciones regresivas [50].

1. **Gráfico de líneas:** Los gráficos de líneas muestran tendencias o cambios a lo largo del tiempo, mediante una serie de puntos de datos conectados por líneas rectas o curvas. Es decir, el gráfico de líneas es un gráfico de puntos unidos por una línea; puntos determinados por los valores del eje X horizontal (variable independiente, generalmente, el tiempo) y el eje Y vertical (variable dependiente, por ejemplo el precio de un activo).

En la Fig. 2.13 se puede ver un ejemplo de un gráfico de líneas que representa las temperaturas observadas y estimadas del aire en la alta montaña mexicana para los distintos meses del año 2015. Las temperaturas observadas se representan con líneas continuas naranjas y las temperaturas estimadas con líneas continuas celestes. En dicha figura se observa cierto grado de paralelismo en la fluctuación de los datos a lo largo del año. El mes más cálido y más frío registrados, abril y diciembre respectivamente, son claramente correspondidos entre los registros de la estación climatológica y los estimados por el modelo creado por los autores [50].

2. **Gráfico de barras:** Un gráfico de barras es una forma de representar gráficamente

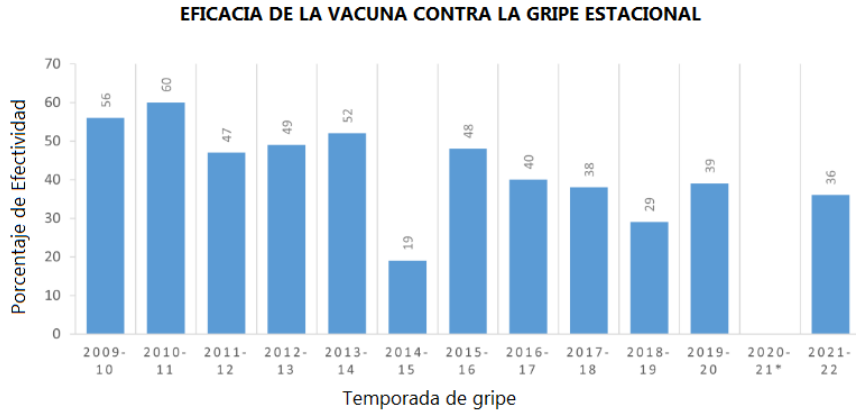


Figura 2.14: Gráfico de Barras donde se detalla la efectividad de la Vacuna contra la Influenza logrando su mayor efectividad en el año 2010 y mostrando valores nulos en el año 2020 [46].

te un conjunto de datos mediante barras rectangulares de longitud proporcional a los valores representados. Se utilizan para comparar y contrastar diferentes tipos de datos, frecuencias u otras medidas relacionadas con los datos. En la Fig. 2.14 se muestran estimaciones del porcentaje de efectividad de las vacunas de la Red Estadounidense de Efectividad de la Vacuna contra la Influenza desde el año 2009 hasta el 2021. En el eje X se detalla la temporada de gripe medida en años y en el eje Y se detalla el porcentaje de efectividad de la vacuna, observando que el pico máximo de efectividad ocurrió en el año 2010 mientras que el mínimo porcentaje de efectividad ocurrió en el año 2014 con el 19 %.

3. **Mapas de calor (Heatmap):** Un mapa de calor es una representación gráfica que utiliza tonos de color de diferente intensidad para indicar las zonas con mayor incidencia o de mayor relevancia. La variación de color puede ser por matiz o intensidad, dando pistas visuales obvias al lector sobre cómo el fenómeno se agrupa o varía en el espacio [8]. La Fig. 2.15 muestra la variación promedio de temperatura en las montañas Rocosas. En el eje Y se representa el tiempo, representado en meses, desde el año 1950 hasta el año 2020. Para representar los meses de mayor calor usa un color azul intenso, color que varía en forma divergente hasta alcanzar un color azul más claro para representar temperaturas frías.

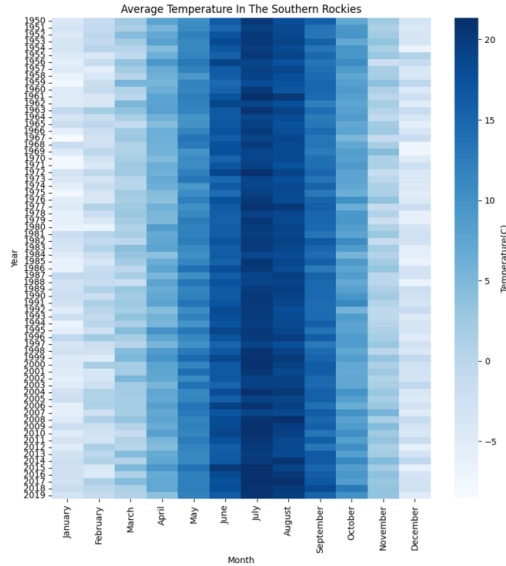


Figura 2.15: Mapa de calor que muestra la temperatura promedio en las Montañas Rocosas del Sur desde 1950 hasta 2020 usando la paleta de colores azul [45].

4. **Gráfico en espiral:** Es una técnica de visualización que se centra en las características cíclicas de los datos temporales mediante el uso de un eje de tiempo en forma de espiral.

El objetivo principal de esta técnica es la detección de un comportamiento periódico previamente desconocido de los datos. Este tipo de diagrama de visualización está basado en datos temporales a lo largo de una espiral de Arquímedes [56]. El gráfico comienza en el centro de la espiral y progresa hacia el exterior. Los diagramas en espiral son versátiles y pueden utilizar barras, líneas, puntos o alguna marca visual a lo largo de la trayectoria de la espiral. La Fig. 2.16 muestra un esquema de representación del tiempo, su escala y el instante inicial de tiempo representado. Los diagramas en espiral son ideales para mostrar grandes conjuntos de datos, generalmente para mostrar tendencias a lo largo de un período de tiempo largo. El color se puede asignar a cada período para dividirlo y permitir cierta comparación entre cada período.

5. **Time Wheel:** Visualización basada en ejes de datos multivariados con enfoque en dependencias temporales [52]. *Time Wheel* es una representación de múltiples ejes

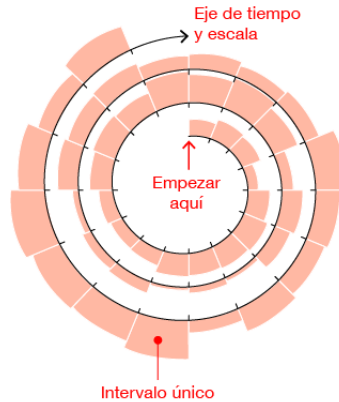


Figura 2.16: Esquema de un Diagrama en Espiral [21]

para visualizar datos multivariados a lo largo del tiempo, como se puede ver en la Fig. 2.5. Esto se logra colocando un eje de tiempo en una posición destacada en el centro de la pantalla. Un conjunto de ejes que codifican atributos dependientes del tiempo se organiza circularmente alrededor del eje central del tiempo. Para cada punto de tiempo en los datos considerados, las líneas conectan el eje de tiempo con los puntos correspondientes en cada uno de los ejes asociados a los atributos. El *TimeWheel* se puede girar para enfocar diferentes atributos. Además, cada eje se puede equipar con un control deslizante para hacer zoom en rangos de valores de interés y, en particular, para navegar por el eje de tiempo.

Dado que *TimeWheel* usa líneas para representar datos para cada punto en el tiempo, sólo es útil para datos multivariados que están relacionados con puntos en el tiempo; los datos basados en intervalos de tiempo no se pueden representar.

6. **Líneas de Planificación:** Las líneas de planificación constan de dos barras encapsuladas que representan la duración mínima y máxima y están delimitadas por dos toques que representan los intervalos de inicio y finalización. La Fig. 2.17 muestra un ejemplo de esta visualización. Además de permitir la representación de posibles distribuciones de inicio, finalización y duración de una actividad, las líneas de planificación abordan un segundo tema importante: la incertidumbre temporal. La incertidumbre puede ser introducida por una especificación explíci-

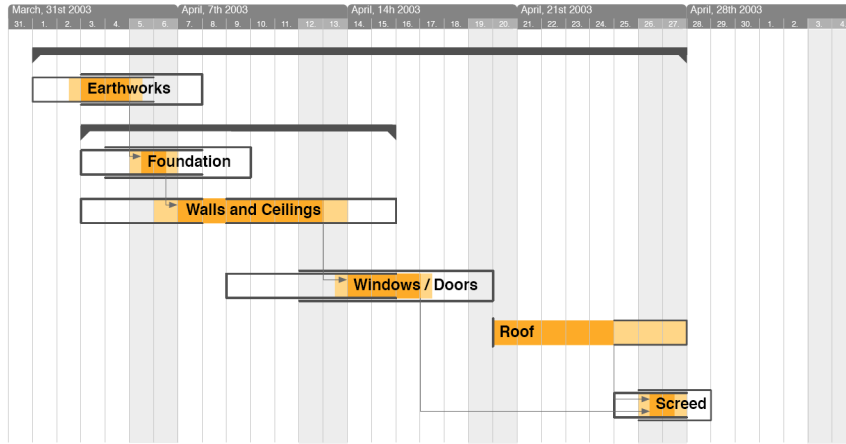


Figura 2.17: Línea de Planificación [21]

ta generalmente relacionada con la planificación futura (por ejemplo, “La reunión comenzará a las 11 a.m. y durará aproximadamente una hora”, lo que significa que no está muy claro cuándo terminará la reunión) o está implícitamente presente en los casos en que los datos se dan con respecto a diferentes granularidades temporales (por ejemplo, días frente a horas). Las líneas de planificación admiten *zoom* y desplazamiento panorámico interactivos, lo que es particularmente útil para planes detallados con grandes escalas de tiempo.

7. **Theme River:** Representa el número de ocurrencias de nuevos tópicos o temas. Cada tema se muestra como una corriente coloreada que cambia su ancho continuamente a medida que fluye a través del tiempo [34]. La imagen general es un río que comprende todos los temas considerados, tal como se observa en la Fig. 2.18. *ThemeRiver* proporciona una descripción general de los temas que fueron importantes en determinados momentos. Aunque *ThemeRiver* se diseñó originalmente para visualizar cambios temáticos en colecciones de documentos, también es adecuado para representar otros datos cuantitativos. En tales casos, es importante proporcionar técnicas de interacción para reorganizar la posición horizontal de las variables dentro del río. Esto es necesario porque las variables en el centro del río se enfatizan perceptivamente, mientras que las variables representadas en los bordes del río disminuyen en perceptibilidad.

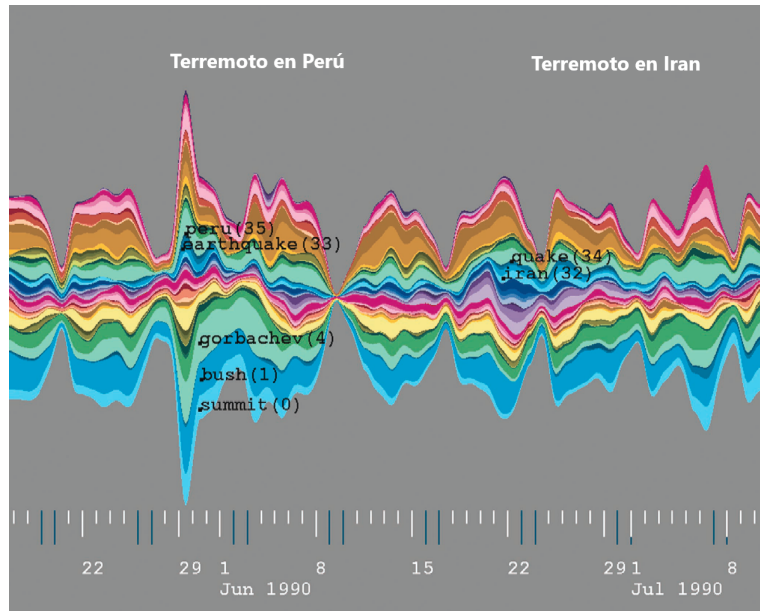


Figura 2.18: ThemeRiver: Una pequeña corriente cerca de la mitad del río se expande ligeramente a principios de junio y nuevamente a finales de mes. Esta es la corriente para "terremoto". Las áreas más anchas corresponden a los terremotos en Perú e Irán respectivamente [34].

8. **Otros:** existen otras técnicas de visualización diseñadas para datos temporales, como las visualizaciones de flujo animado [53], las basadas en eventos [47], entre otras.

2.3.2. Visualización de Series Temporales

Cuando se tiene una variable cuyo valor cambia en el tiempo, la forma más natural de mostrarla es como un gráfico de *serie temporal*. La visualización de datos de series temporales estudia principalmente los cambios de los atributos y estados de los datos a lo largo del tiempo.

Existen varios tipos de métodos de visualización utilizados en series de tiempo [57], entre ellos los métodos de visualización de atributos de tiempo. En este tipo de métodos el eje x representa el tiempo y el eje y representa otra variable relacionada, como por ejemplo en los gráficos de líneas descritos en la sección 2.3.1. Este tipo método puede

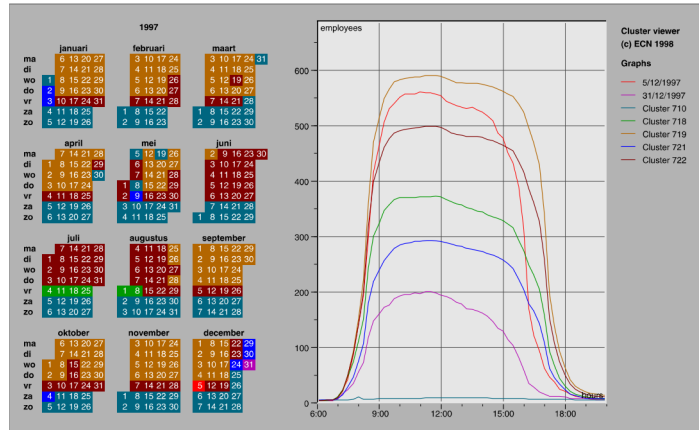


Figura 2.19: Vista de Calendario: Análisis visual del número de empleados en el trabajo. Los patrones de día para los días y grupos seleccionados se visualizan como gráficos de líneas (derecha). Los días individuales en una pantalla de calendario (izquierda) están coloreados según la pertenencia al clúster [21].

representar cambios en elementos de los datos en el dominio de tiempo lineal, pero es difícil expresar la periodicidad del tiempo, por lo cual para situaciones particulares surgen otro tipo de técnicas específicamente diseñadas:

- **Diagrama de espiral:** Se pueden usar gráficos en espiral como los detallados en la sección 2.3.1.
- **Calendario:** En esta técnica, el tiempo se divide de acuerdo a los años, días, horas, etc. La Fig. 2.19 muestra un ejemplo de diagrama de este tipo. Los datos que se muestran en la figura contienen el número de empleados en el trabajo. De este gráfico se detallan varias conclusiones, por ejemplo: los empleados siguen estrictamente el horario de oficina y trabajan entre las 8:30 am y las 5:00 pm en la mayoría de los casos, Menos personas trabajan los viernes durante el verano, Durante los fines de semana y días festivos, muy pocas personas trabajan, entre otras.
- **Theme River:** Esta técnica, también descrita en la sección anterior, se muestra en la Fig. 2.18. Representa un tiempo continuo, donde cada ítem se trata como una corriente que fluye entre los puntos discretos del tiempo de izquierda a derecha.

De esta forma, cada tema mantiene su integridad como una sola entidad a lo largo del gráfico. Para obtener continuidad a partir de puntos de tiempo discretos, los puntos de datos se interpolan en curvas suaves que parecen un río sinuoso. Las “corrientes” de colores que fluyen dentro del río se estrechan o ensanchan para indicar disminuciones o aumentos en la fuerza de un tema individual.

2.3.3. Visualización de Datos Financieros

La visualización de datos también se aplica con éxito en los datos financieros. Los *gráficos financieros*, son algunas de las herramientas comúnmente utilizadas por inversionistas y *traders*¹ para evaluar un activo, registrando y ordenando todos los datos sobre la actividad de un mercado [15]. Estos gráficos permiten representar el movimiento del precio dentro de un mercado (*Bitcoin*, *Ethereum*, mercado del oro, del Dow Jones, de las acciones de Tesla, etc.) y está compuesto por dos ejes: en el eje vertical (o cartesiano) se muestran los precios y en el horizontal (eje de abscisas) el lapso de tiempo.

Las técnicas más utilizadas para visualizar datos financieros y, en particular mercados de criptomonedas son: **gráficos de líneas, gráficos de barras, mapas de calor y velas japonesas**. A continuación se detalla cada uno de éstos en el contexto de visualización de datos financieros.

- **Gráficos de líneas:** Los gráficos de líneas han sido introducidos en la sección 2.3.1. En el mercado de criptomonedas, los gráficos de líneas son muy utilizados, pudiéndose explorar en diversos portales como CoinMarketCap [4], CoinGecko [3], entre otros. Estos portales contienen datos comerciales, como por ejemplo, las variaciones del precio de una criptomoneda en particular ocurridas durante las últimas 24 horas que ilustran el valor alcanzando por un activo en determinado tiempo.

En la Fig. 2.20 se puede observar que el eje X representa el tiempo mientras

¹Trader es quien compra y vende activos financieros (bonos, acciones, divisas, etc.) con el fin de obtener un beneficio, mientras sigue las fluctuaciones de los precios.



Figura 2.20: Gráfico de Líneas [16]

que el eje Y se asocia al precio de las acciones. Una de las características más significativas que se puede observar en dicho gráfico, es que se pueden identificar todas las fluctuaciones en el precio de los activos. Es decir, cuando el precio aumenta, las líneas describen un movimiento ascendente; sin embargo, cuando el precio disminuye las líneas describen un movimiento descendente.

- **Gráfico con barras:** Los gráficos de barra ya fueron descriptos en la sección 2.3.3. Una variación de los gráficos de barra, son conocidos como gráficos con barras, y también son utilizados de manera frecuente en el mercado de las criptomonedas, dado que exponen distintas variaciones de precio en un mismo período de tiempo. Esta técnica indica el precio máximo, el precio mínimo, el precio de apertura y el de cierre que alcanzó un activo en el transcurso de una hora, día, semana u otra ventana de tiempo disponible.

En la Fig. 2.21 se puede ver un ejemplo del gráfico con barras, representando en el eje X la fecha en meses y en el eje Y el valor del precio del activo, donde:

1. Las compras y ventas (junto al valor del activo) son representadas como barras de colores, siendo el verde un indicador de que el precio está aumentando y el color rojo que el valor está disminuyendo.
2. El precio mínimo está ubicado en la parte inferior de la barra, mientras que el máximo que alcanzó la criptomoneda en ese período está ubicado en la



Figura 2.21: Gráfico con Barras [16]

- parte superior.
3. El precio de apertura, por otro lado, se representa como una línea horizontal corta que se extiende hacia el lado izquierdo de la barra.
 4. El precio de cierre, mientras tanto, es una línea horizontal corta que se extiende hacia la derecha de la barra.

Este tipo de gráfico se utiliza cuando se necesita información más detallada sobre a qué precio máximo y mínimo se vendió un activo en un período específico. De esta manera, se puede analizar el comportamiento del activo en una hora, semana o mes con mayor información a la mano, permitiendo hacer análisis histórico con mayor facilidad o comprender cuál es el valor con el que se comercializa en cierto período.

- **Heatmap:** Los mapas de calor, ya descritos en la sección 2.3.1 también son muy utilizados en finanzas. En la Fig. 2.22 se puede observar una comparativa denominada "Factor del día anterior". Está organizado para mostrar una tendencia de rendimientos del *factor alfa* en todos los sectores durante un tiempo específico. La tabla está construida para mostrar diferencias de factores y está organizada en un rango de positivo a negativo; verde significa positivo, mientras que rojo significa

	Beta	Volatility	B/P	S/P	ST Momentum	FY2 E/P	FY1 E/P	Liquidity	Short Interest/Share	Leverage	Days to Cover	14d RSI	LT E/P	LT Growth	90d Slope	3 Yr Sales Growth	3 Yr EPS Growth	Size	ROE	ROA	LT Momentum	
F1-FN Spread	3.58	3.57	2.71	2.44	1.67	1.44	1.31	1.00	1.00	0.33	0.74	0.63	0.14	-0.10	-0.26	-0.41	-0.55	-1.13	-1.31	-1.83	-2.32	-4.24
Consumer Disc.	4.05	3.61	2.23	0.75	3.07	-0.87	-0.35	0.27	1.32	2.19	2.75	1.48	-0.51	-2.06	-0.70	-0.34	-0.51	-0.96	-2.17	-3.15	-3.97	-6.95
Consumer Stap.	3.84	2.52	2.66	1.98	-0.66	2.62	1.12	6.81	-1.43	4.42	-1.53	1.44	-1.05	-0.21	1.20	-1.62	2.93	1.10	-1.59	-0.17	-2.52	-3.31
Energy	3.68	-0.20	-2.69	-0.89	0.11	5.36	3.94	-0.83	5.34	-1.83	-0.95	-2.49	-0.34	2.15	5.22	4.90	-0.76	2.05	2.23	2.34	1.87	0.18
Financials	3.02	5.04	2.72	1.56	2.24	1.86	2.05	2.57	1.37	0.33	2.14	-0.30	-1.21	0.74	1.60	-0.56	-1.34	-2.39	0.54	-1.70	-0.47	-5.11
Health Care	2.06	4.37	2.38	4.27	-0.94	2.12	1.60	1.11	1.97	1.66	1.46	0.63	0.31	0.60	-0.46	-3.14	-0.92	2.14	-3.50	0.30	-1.11	-3.50
Industrials	4.18	4.21	6.33	5.54	0.70	1.60	0.64	0.19	0.66	0.00	0.34	0.29	0.45	-2.02	-0.31	-3.77	2.29	-1.12	-3.35	-4.52	-5.96	-4.94
IT	2.66	1.59	1.44	1.47	3.24	1.63	2.72	0.79	0.73	-0.18	-0.35	1.86	2.38	1.84	-3.82	1.44	1.25	-0.84	0.23	-0.44	-0.56	-2.34
Materials	7.80	9.25	6.19	7.42	1.49	2.64	1.30	4.85	-1.70	3.22	0.73	-0.26	-0.84	-0.49	2.25	2.07	-2.89	-4.45	-2.38	-4.07	-5.29	-5.59
Telecom Serv.	8.77	3.05	-5.82	2.68	8.79	-4.91	-4.91	-5.66	3.03	1.57	-3.64	5.04	3.03	-3.58	1.35	1.55	0.43	0.54	-7.74	-2.28	-3.38	-1.75
Utilities	1.33	-0.30	2.39	-0.38	0.23	0.09	-0.81	-0.10	-1.34	0.01	-0.19	-0.21	0.62	0.10	0.05	0.17	1.16	-0.44	-0.51	-1.90	-1.45	-1.36

Figura 2.22: Heatmap: Factor del día anterior. Muestra los rendimientos de un sector durante un tiempo, valores positivos se representan con color verde y valores negativos con rojo [48].

negativo.

- Gráfico de vela:** Originarias de Japón, las gráficas de velas son una de las herramientas más utilizadas por los *traders* alrededor del mundo. Al igual que las gráficas con barras, las velas ayudan a registrar diversas variaciones en el precio de una criptomoneda en un período de tiempo determinado. En la Fig. 2.23 se puede ver ejemplificado el gráfico de vela, donde la parte rectangular de una vela se conoce como “cuerpo”, mientras que las líneas finas se conocen como “mechas” o sombras. El precio de apertura y cierre estará representado por el cuerpo de una vela, mientras que los precios extremos (máximos y mínimos) estarán representados por mechas. El análisis en dicho gráfico es similar a la representación con barras.

Cada vela tiene cuatro elementos de información fundamentales:

- Apertura:** el primer precio al que se negoció el activo cuando se abrió la vela (esto varía en función del marco temporal de vela que estemos usando).
- Alto:** el precio más alto al que se negoció el activo durante esa vela.
- Bajo:** el precio más bajo al que se negoció el activo durante esa vela.
- Cierre:** último precio al que se negoció la acción durante esa vela.

Hay 2 tipos de velas:



Figura 2.23: Gráfico de Velas: Una vela de color rojo (pérdida) indica que el precio de cierre fue menor al precio de apertura mientras que el color verde (ganancia) indica que el precio de cierre fue mayor al precio de apertura [16].

1. **Candelabros alcistas:** cuando el precio de cierre está por encima del precio de apertura. En la mayoría de las plataformas de gráficos, las velas alcistas son verdes o blancas.
2. **Candelabros bajistas:** cuando el precio de cierre está por debajo del precio de apertura. En la mayoría de las plataformas de gráficos, las velas bajistas son rojas o negras.

Para saber cómo leer gráficos de criptomonedas hay que analizar el precio. En el análisis de la evolución de los precios, es fundamental saber detectar una tendencia. Una tendencia es simplemente un precio que continúa moviéndose en una determinada dirección. Se pueden manifestar tres tendencias diferentes:

1. **Alcista:** una tendencia alcista significa que el precio está subiendo.
2. **Bajista:** una tendencia bajista significa que el precio se mueve hacia abajo.
3. **Constante o Lateral:** una tendencia lateral, en la que el precio ni sube ni baja de forma significativa, sino que se mueve lateralmente.

La Fig. 2.24 muestra, en la parte derecha, un patrón envolvente bajista es una

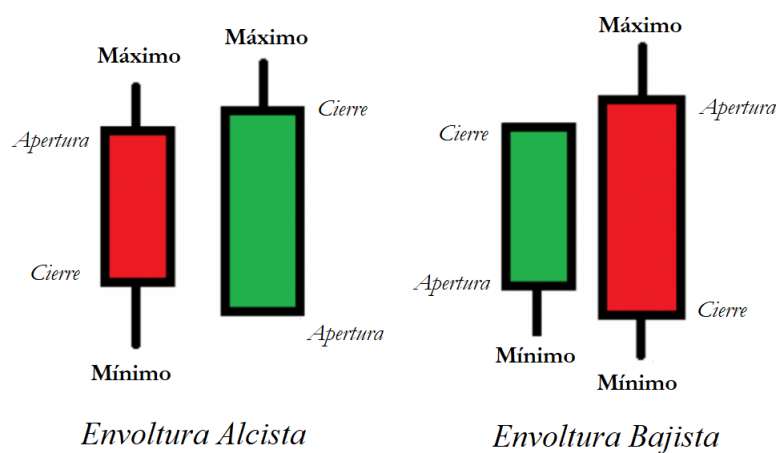


Figura 2.24: *Tendencia Alcista (Izq.) se produce cuando el precio en un tiempo $t+1$ comienza a subir luego de una baja en un tiempo t . Tendencia Bajista (Der.) se produce cuando el precio en un tiempo $t+1$ comienza a bajar luego de haber subido en un tiempo t .*

formación de 2 velas que se formará en una tendencia alcista. La primera vela es alcista, mientras que la segunda es una vela bajista que *engullirá* el cuerpo de la primera.

Un patrón envolvente bajista indica que los compradores elevaron los precios durante la primera vela, pero los vendedores los dominaron durante la segunda vela, presionando los precios más abajo del mínimo de la primera vela. Esto se muestra en la Fig. 2.24. En la parte izquierda, se muestra un patrón envolvente alcista donde la primera vela si bien es bajista, la segunda vela tiende a un cierre alcista que *engullirá* a la primera.

Capítulo 3

El Problema, los Recursos y los Datos

3.1. Descripción del Problema

Las monedas tradicionales se sustentan en tres usos: *reserva de valor*, *de unidad de cuenta* y *de medio de pago*. En el caso de las criptomonedas, al tener gran volatilidad no son una reserva de valor y tampoco son unidad de cuenta [27].

No todas las criptomonedas se mueven en forma conjunta, hay monedas que están más entrelazadas entre sí en sus comportamientos que otras. Desde el punto de vista económico esto es interesante para quienes buscan generar una cartera de inversión de criptomonedas. En varios portales de inversión, [4, 19, 14, 18], se recomienda poner activos financieros que no estén relacionados, para minimizar el riesgo de pérdidas. Por lo tanto, analizar si las monedas se mueven de forma similar o si lo hacen de otra manera es un tema de interés a la hora de iniciar el estudio de movimientos de las diversas criptomonedas.

Debemos tener en cuenta que las criptomonedas fluctúan muchísimo, pudiendo subir y bajar en el mismo día un 20% o más. Esta fluctuación es una gran diferencia si lo comparamos con mercados más estables, por ejemplo, con el rendimiento diario del precio del Dólar.

Dadas estas características de las criptomonedas resulta de vital importancia contar con técnicas de análisis que nos permitan comprender esas fluctuaciones, determinar en qué momento ocurren para poder inferir qué acontecimientos pueden estar afectando

su valor, y finalmente, encontrar patrones de comportamiento similares o disímiles.

3.2. Tipos de Análisis sobre Criptomonedas

Existen diferentes tipos de análisis a realizar sobre criptomonedas: el análisis técnico y el análisis fundamental.

El *Análisis Técnico (AT)*, también denominado «chartismo» (anglicismo referente al estudio de gráficos), consiste en el estudio del histórico de precios de un activo con el objetivo de predecir su comportamiento futuro. Es decir, busca determinar si un instrumento financiero, tal como las criptomonedas, iniciará, mantendrá o cesará una tendencia bajista o alcista en su precio. Asimismo, pretende señalar si su valor se mantendrá estable con base en patrones previos.

Esta metodología se especializa en analizar de forma histórica las acciones del precio de una criptomoneda, bajo la creencia de que dicha información puede dar datos útiles sobre las próximas tendencias del mercado. Los volúmenes de compra y venta también pueden aportar información para el análisis técnico.

Algunos de los indicadores más populares del mercado es la *Media Móvil Simple (SMA)*, que calcula la tendencia de un activo en base al precio de cierre que ha tenido su mercado en cierto período.

El *análisis fundamental (AF)* [17] es un método que se utiliza para calcular la valoración real de un activo financiero. Este tipo de análisis permite determinar si dicho activo está infravalorado y tiene capacidades para seguir creciendo en precio, o si más bien está sobrevalorado y puede depreciarse tarde o temprano.

En este tipo de análisis no sólo se tienen en cuenta aspectos financieros, sino que también se evalúan datos de las redes públicas, la ideología del proyecto, su grupo de desarrolladores y la comunidad que apoya a la moneda, entre otras.

Existen distintas métricas para realizar el análisis fundamental, entre ellas son de nuestro interés: el número de transacción y su valor promedio. Esta medida representa el número de transacciones que se registran en la red diariamente. Analizando estas gráficas de volumen de transacciones, se puede monitorear cómo cambian los movimientos

del activo a lo largo del tiempo.

Las criptomonedas, por lo general, empiezan teniendo un volumen bajo de transacciones. Sin embargo, con el paso del tiempo y el aumento de su uso, el número de transacciones se incrementa considerablemente. En este sentido, se puede pensar que la moneda en cuestión está siendo utilizada por una población importante. Sin embargo, esto no siempre es cierto dado que un único usuario puede estar acaparando varias transacciones para realizar envíos a una sola dirección, inflando el volumen de transacciones. Por lo tanto, es necesario combinar esta métrica con alguna otra información de interés.

3.3. Principales Tecnologías Asociadas a Criptomonedas

En esta sección se describen brevemente algunas consideraciones de las tecnologías que han dado origen a las 4 monedas de interés analizadas en este trabajo.

3.3.1. *Blockchain (Bitcoin)*

Una *blockchain* (o cadena de bloques) [32, 42] es un histórico de todas las transacciones del sistema, análogo a un libro contable público, inmutable y distribuido. Facilita el proceso de registro de transacciones y de seguimiento de activos en una red de negocios. Cada bloque que compone la blockchain de *Bitcoin* contiene un conjunto de transacciones y, a su vez, cada uno de ellos está conectado al bloque anterior y al bloque posterior.

Bitcoin [42] es la primera implementación del concepto presentado por Nick Szabo [51] en 1997 de un sistema de consenso distribuido, mutuamente confiable y sin intermediarios. Es utilizado como un sistema de dinero electrónico y es considerado la primera criptomoneda descentralizada [2]. Está implementado como un protocolo de código abierto y no está respaldado por el sistema financiero; en su lugar, es sustentado por la tecnología de *blockchain*. La unidad de cuenta nativa del sistema es “un **Bitcoin**”,

representado con los símbolos bursátiles de “BTC”, “XBT” o “B”.

3.3.2. *Ethereum* (ETHER)

Ethereum es una tecnología que alberga dinero digital, pagos globales y aplicaciones [6]. Además, es una tecnología para crear aplicaciones y organizaciones, mantener activos, realizar transacciones y comunicarse sin estar controlado por una autoridad central.

Ethereum no requiere acceso a los datos personales del cliente, el cual mantiene el control de sus propios datos. *Ethereum* tiene su propia criptomoneda, el **Ether**, que se utiliza para pagar ciertas actividades en la red *Ethereum*.

3.3.3. Cardano (ADA)

Cardano [1] es una *Blockchain* de prueba de participación escrita en código abierto con capacidad de ejecutar contratos inteligentes. Cardano colabora con diferentes universidades alrededor del mundo como la Universidad de Wyoming, la Universidad de Edimburgo, la Universidad de Atenas, el Instituto Tecnológico de Tokio, la Universidad de Zúrich, entre otras. Combina tecnologías pioneras para proporcionar máxima seguridad criptográfica a sus usuarios y un crecimiento sostenible enfocado a aplicaciones, sistemas y sociedades descentralizadas.

La moneda digital de Cardano es **Ada**. Cualquier usuario, ubicado en cualquier parte del mundo, puede usar Ada como un intercambio seguro de valor, sin necesidad de que un tercero medie en dicho intercambio. Cada transacción se registra de forma permanente, segura y transparente en la cadena de bloques de Cardano.

3.3.4. *Dogecoin* (DOGE)

Dogecoin es una criptomoneda de código abierto [5], creada en 2013 por Jackson Palmer y Billy Markus. Está basada en uno de los memes más populares de todos los tiempos y derivada de *Bitcoin*. Es una criptomoneda inflacionaria porque no tiene límite de emisión y, además, es una moneda digital descentralizada.

Dogecoin es un meme y, por lo tanto, su precio está íntimamente emparentado a esta realidad. El valor se ve influenciado por cómo la comunidad interactúa con el meme que es *Dogecoin*, y por ello su precio fluctúa en momentos específicos y con sucesos que mayoritariamente se dan en las redes sociales.

3.4. Descripción del *dataset*

Para el desarrollo de este trabajo se descargaron 4 conjuntos de datos obtenidos de los repositorios: *kaggle* [38, 35, 36] y *Yahoo! Finanzas* [37]. La diferencia entre los dos repositorios es que éste último permite configurar la granularidad de los datos a descargar y obtener los datos actualizados diariamente, tal como lo muestra la Fig. 3.1. En dicha figura se puede observar un ejemplo de cómo acceder a los datos históricos de un activo financiero en particular, en este caso de *Bitcoin*, en el intervalo de fecha desde el 4 de febrero de 2015 hasta el 29 de setiembre de 2022 con una frecuencia mensual. Sin embargo, aquí se pueden configurar distintos intervalos de tiempo o modificar si se necesita información con frecuencia diaria, semanal o mensual.

Los **datos crudos** descargados están distribuidos en archivos estructurados de tipo *.csv*. Los archivos descargados fueron 4, correspondientes a los precios de *Bitcoin*, *Ether*, *Ada* y *Doge*. Cada uno de ellos contienen los mismos atributos pero se diferencian en la cantidad de filas dado que el inicio de las fechas oscilan desde el año 2014 hasta 2023, según su orden de aparición en el mundo de las criptomonedas.

Cada archivo del repositorio *kaggle* consta de los siguientes atributos:

1. **date:** Esta marca de tiempo es la zona horaria UTC, el cual está detallado por día, mes y año con el siguiente formato dd/mm/aaaa.
2. **open:** Este es el precio de apertura del período de tiempo.
3. **high:** Este valor significa el precio más alto (máximo) en el período de tiempo.
4. **low:** Es el precio mínimo alcanzado en el período de tiempo.
5. **close:** Este es el precio de cierre del período de tiempo

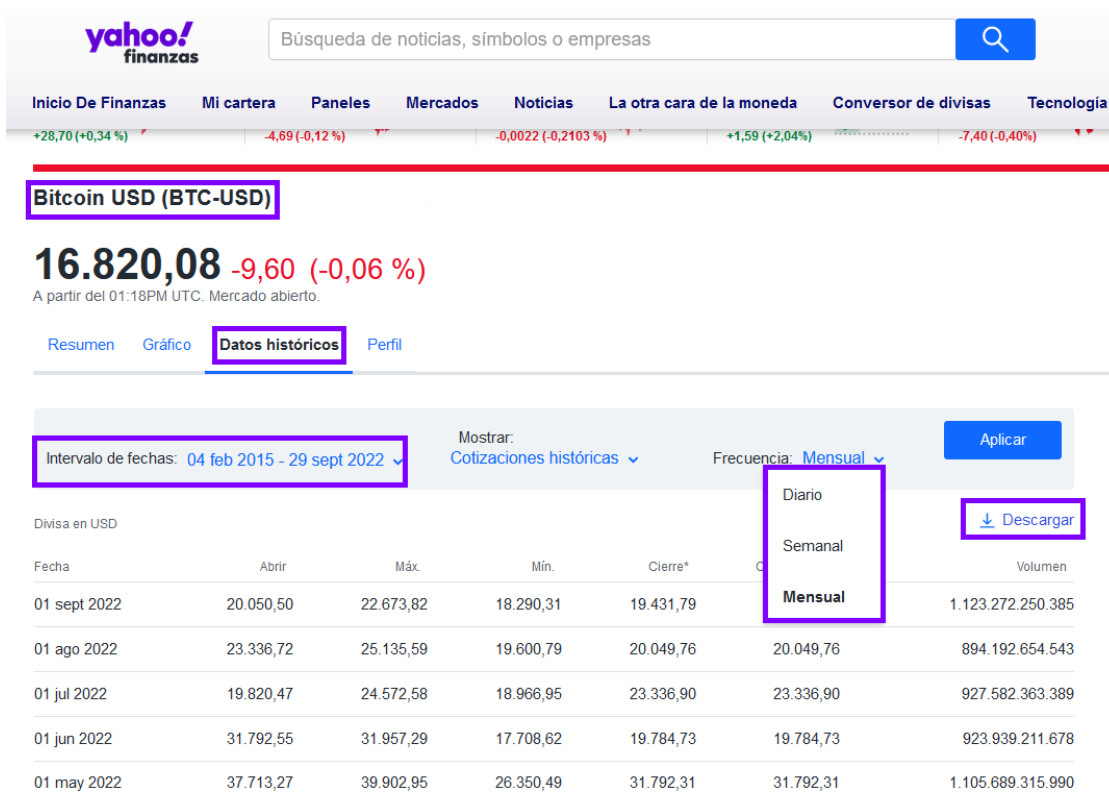


Figura 3.1: Ejemplo de configuración de descarga del dataset de BTC del sitio Yahoo! Finanzas [37] teniendo en cuenta intervalo de fechas desde 2015 a 2022 y frecuencia mensual.

6. **volume:** Representa una medida acumulativa de la actividad comercial, es decir, la cantidad de operaciones que se han realizado en un determinado tiempo.

Por su parte, los datos del repositorio de *Yahoo! Finanzas*, poseen la misma información que la anterior sólo que varían en su granularidad temporal, ya que se permite filtrar la información en días, semanas o meses. Al considerar este conjunto de datos de forma cronológicamente ordenada según su fecha (*Timestamp*¹), se conforma una *serie temporal*.

Estos archivos no cuentan con valores nulos ni datos faltantes. Sin embargo, no todos guardan registro desde la misma fecha ya que el surgimiento de las distintas criptomonedas ha sido en momentos distintos.

¹El timestamp es una secuencia de caracteres que representa una fecha y/u hora específicas.

Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume	Tipo Cripto	Close-open	diff día anterior	Volumen expresado en millon	NUMERO DE SEMANA	DIA DE LA SEMANA
17/9/2014	465,864014	468,174011	452,421997	457,334015	457,334015	21056800	BTC	-8,53	0	21	4	miércoles
18/9/2014	456,859985	456,859985	413,104004	424,440002	424,440002	34483200	BTC	-32,42	-32,894	34	5	jueves
19/9/2014	424,102997	427,834991	384,532013	394,795999	394,795999	37919700	BTC	-29,307	-29,644	37	6	viernes
20/9/2014	394,673004	423,295999	389,882996	408,903992	408,903992	36863600	BTC	14,231	14,108	36	7	sábado
21/9/2014	408,084991	412,425995	393,181	398,821014	398,821014	26580100	BTC	-9,264	-10,083	26	1	domingo
22/9/2014	399,100006	406,915985	397,130005	402,152008	402,152008	24127600	BTC	3,052	3,331	24	2	lunes
23/9/2014	402,09201	441,557007	396,196991	435,790985	435,790985	45099500	BTC	33,699	33,639	45	3	martes
24/9/2014	435,751007	436,112	421,131989	423,204987	423,204987	30627700	BTC	-12,546	-12,586	30	4	miércoles
25/9/2014	423,156006	423,519989	409,467987	411,574005	411,574005	26814400	BTC	-11,582	-11,631	26	5	jueves
26/9/2014	411,428986	414,937988	400,009003	404,424988	404,424988	21460800	BTC	-7,004	-7,149	21	6	viernes
27/9/2014	403,556	406,622986	397,372009	399,519989	399,519989	15029300	BTC	-4,036	-4,905	15	7	sábado
28/9/2014	399,471008	401,016998	374,332001	377,181	377,181	23613300	BTC	-22,29	-22,339	23	1	domingo

Figura 3.2: Serie temporal conformada por el conjunto total de datos y los atributos nuevos calculados.

Por otra parte, el tipo de dato asociado a cada atributo de dichos archivos es: *date* para representar fechas, *float* para representar precios, e *integer* para representar volumen de transacciones.

Como se mencionó anteriormente, cada archivo *.csv* descargado contiene la información de cada criptomoneda, por lo tanto, se generó un único archivo con la unión de los mismos a través de la herramienta *Spoon Pentaho* [54, 55]. Además, se calcularon atributos adicionales como el *tipo_cripto* para conocer a qué tipo de criptomoneda corresponden los valores, los nombres de los *días de la semana*, *diferencia de precio de cierre y apertura*, *diferencia de precio de cierre de una criptomoneda con respecto al día anterior* y *volumen expresado en millones*.

El archivo resultante de la unión de los 4 archivos contiene 8962 filas y 13 atributos. Su esquema se muestra en la Fig. 3.2 y se encuentra disponible en el siguiente link:

<https://github.com/mercedesd/cripto>

3.4.1. Los Datos en el Contexto de la Taxonomía de los Datos Temporales.

El *dataset* antes mencionado se adapta a las siguientes características de datos temporales definidas en la sección 2.2.1 del Capítulo 2:

1. **Escala discreta:** porque se tiene información tanto por días como por horas y minutos.

2. **Alcance basado en intervalos** porque la información detallada no es en puntos aislados de tiempo sino que se muestran los valores por cada día del año.
3. **Disposición lineal**: ya que un elemento del tiempo tiene un único predecesor y un único sucesor.
4. **Punto de vista ordenados**: dado que los hechos suceden uno a continuación de otro.

3.4.2. Preguntas a Contestar con la Visualización

Las preguntas a responder surgen del análisis de la taxonomía de tareas para datos orientados al tiempo definido por Andrienko and Andrienko [24], explicado en la sección 2.2.2 del Capítulo 2. Usando los datos de entrada unificados y disponibles se pretende contestar, a través de las distintas visualizaciones y la taxonomía previamente mencionada, las siguientes preguntas:

1. **Pregunta 1:** En términos generales, ¿la tendencia de las criptomonedas consideradas ha sido constante, alcista o bajista?
2. **Pregunta 2:** Durante un período de tiempo en particular, ¿el comportamiento de una criptomoneda presenta alguna relación con otras criptomonedas? ¿Hay patrones de comportamiento en una criptomoneda que se repiten en el tiempo? ¿Hay patrones de comportamiento que comparten varias criptomonedas que se repiten en el tiempo?
3. **Pregunta 3:** ¿Se pueden observar patrones de tendencia de volumen de transacciones para cada cripto (volumen constante, creciente o descendente)? ¿Existe relación entre las tendencias de volumen de las distintas monedas?
4. **Pregunta 4:** ¿Es posible detectar períodos de tiempo en los cuales las monedas se mantengan estables o con un comportamiento en alza o en baja?

Para contestar estas preguntas, en los capítulos siguientes se detallan las técnicas e interacciones de análisis visual diseñadas y el prototipo desarrollado.

Capítulo 4

Diseño de Técnicas e Interacciones de Análisis Visual

*Overview first,
zoom and filter,
and details on demand.”*

by Ben Shneiderman.

4.1. Introducción

En este capítulo describiremos el proceso de diseño de la solución que se propone, mientras que una posible implementación de este diseño se presentará en el próximo capítulo. El proceso de diseño de la solución busca responder las preguntas planteadas en la sección 3.4.2 del Capítulo 3. En este proceso es necesario abordar los conceptos de mapeo visual, diseño de vistas coordinadas e interacciones.

En este contexto y teniendo en cuenta el conocimiento adquirido al estudiar las diferentes soluciones que atacan problemas similares como las explicados en el Capítulo 2, se procederá a diseñar un bosquejo cuyas características y particularidades se detallarán en las próximas secciones.

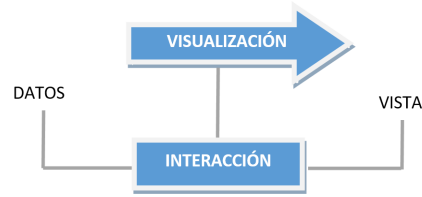


Figura 4.1: El proceso de Visualización [33]

4.2. Mapeo Visual

Todo proceso de visualización puede pensarse como una transformación de los datos en una representación visual, donde el usuario tiene el poder de interactuar con la visualización para obtener diferentes respuestas y lograr el objetivo buscado (ver Fig. 4.1).

Los procesos de visualización tienen como objetivo común lograr *representaciones visuales interactivas* [33], las cuales le permitan al usuario adquirir nuevo conocimiento y hacer uso del mismo de forma más amplia con respecto a simples representaciones estáticas.

Por lo tanto, para obtener información a partir de los datos, el proceso de visualización debe ser lo más interactivo posible. Por su parte, para que los usuarios puedan interactuar de manera efectiva, debe ser claro saber sobre qué se está trabajando y cuáles son los efectos de las posibles interacciones propuestas. Para llevarlo a cabo es fundamental definir una estructura visual subyacente de la visualización.

La estructura visual es la que da el soporte necesario para la representación visual de los datos. Dicha estructura representa cómo el usuario desea visualizar los datos y cuáles son los elementos necesarios para la visualización deseada. La fórmula 4.1 detalla la composición de dicha estructura visual:

$$\text{Estructura Visual} = \text{Sustrato Espacial} + \text{Sustrato Gráfico} \quad (4.1)$$

A su vez, el sustrato gráfico puede definirse como:

$$\text{Sustrato Gráfico} = \text{Elementos Visuales} + \text{Atributos Gráficos de los Elementos Visuales}$$

La definición de estos términos se detallan en la siguiente sección.

4.2.1. Sustrato Espacial

El sustrato espacial establece cómo se organizará la visualización en la pantalla describiéndola en términos de los ejes y sus propiedades. Los atributos del sustrato espacial son los que reflejan la organización del espacio que utilizará la técnica de visualización. La información presente en este estado debe ser lo suficientemente representativa para poder determinar la organización espacial de la vista. Además, se debe tener información sobre las características generales de la representación buscada.

Según Card et al. [29], los ejes puede ser **lineales o radiales** y, teniendo en cuenta sus propias características y las de los datos que representan, se pueden clasificar en cuatro tipos:

1. *Ejes no estructurados*: En esta representación no hay ejes.
2. *Ejes nominales o categóricos*: Permiten dividir una región en subregiones con el objetivo de categorizar el contenido del espacio.
3. *Ejes ordinales*: Una región se divide en subregiones pero el orden relativo de las subregiones es significativo.
4. *Ejes cuantitativos*: Representan regiones que tienen una métrica.

Los ejes pueden también tener una orientación que puede ser *ortogonal (o perpendicular)*, *paralela*, *radial* o *libre* [33].

4.2.2. Sustrato Gráfico

El sustrato gráfico está compuesto por los elementos (y sus propiedades gráficas asociadas) que se utilizarán para representar los datos en la vista a generar. La información presente en el sustrato gráfico se puede descomponer en marcas (elementos visuales) y canales (atributos de esos elementos visuales), los cuales se detallan a continuación:

1. **Elementos Visuales (Marcas)**: son los elementos gráficos visibles que podemos encontrar en el espacio, como por ejemplo líneas, barras, círculos, cuadrados y cualquier otra primitiva geométrica.

2. **Atributos Gráficos de los Elementos Visuales (Canales):** son las propiedades que controlan la apariencia de las marcas. Entre éstas podemos encontrar: color, tamaño, orientación, forma, textura y posición.

En el diseño de las técnicas no solamente es necesario detallar el mapeo visual, sino que también se deben considerar las interacciones que puede hacer el usuario para obtener información de interés. En la siguiente sección se explican las bases y objetivos de contar con interacciones.

4.3. Interacciones

Al hablar de interacciones estamos haciendo referencia a “*la comunicación entre el usuario y el sistema*” [23], donde el usuario puede manipular la visualización produciendo un cambio instantáneo y permitiéndole realizar distintas interpretaciones [33].

La interactividad es crucial para construir herramientas de visualización que manejen una complejidad de datos heterogéneos y difíciles de interpretar. Cuando los conjuntos de datos son lo suficientemente grandes y las limitaciones tanto de las personas como de las pantallas impiden mostrar todo a la vez, el uso de interacciones que generen cambios en la vista es el camino a seguir [41].

Por ejemplo, una herramienta de visualización interactiva permite una exploración en múltiples niveles de detalle, que van desde una descripción general de muy alto nivel hasta múltiples niveles de resumen o hasta una vista completamente detallada de una pequeña parte. También puede presentar diferentes formas de representar y resumir los datos de una manera que ayude a comprender las conexiones entre estas alternativas.

4.4. Diseño de Vistas

Al visualizar datos orientados al tiempo, un enfoque adecuado es proporcionar *Múltiples Vistas Coordinadas (MVC)* [22], cada una de las cuales está dedicada a aspectos particulares del tiempo, ciertos subconjuntos de datos o tareas de visualización específicas. Las vistas se coordinan para ayudar a desarrollar y mantener una imagen general

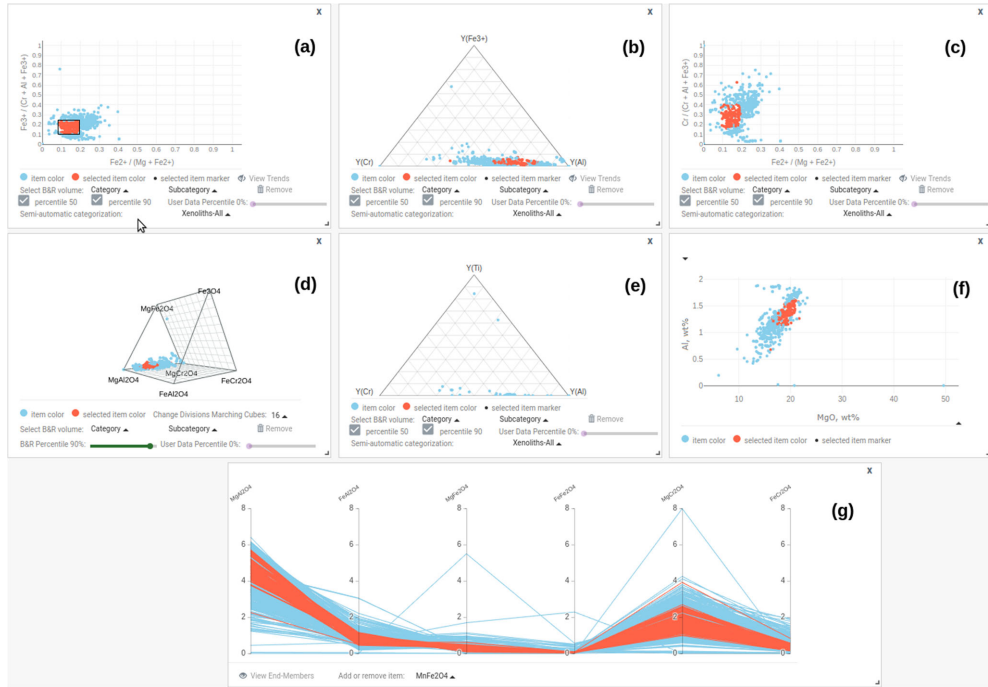


Figura 4.2: Ejemplo de Vistas coordinadas desarrolladas en Spinel Web [25].

coherente de los datos visualizados. Esto significa que una interacción que se inicia en una vista se propaga automáticamente a todas las vistas coordinadas, que a su vez se actualizan para reflejar el cambio visualmente.

Un ejemplo práctico es navegar en el tiempo. Cuando el usuario navega a un rango particular del eje de tiempo en una vista, todas las demás vistas (que están coordinadas) siguen la navegación automáticamente. La Fig. 4.2 muestra un ejemplo de una herramienta de visualización para datos geológicos, donde se aplican múltiples vistas coordinadas. En el ejemplo, al seleccionar objetos en una vista, también se resaltarán automáticamente en todas las demás vistas. En dicha figura se visualiza la composición química de minerales del grupo de los espinelos, y la herramienta permite, mediante una selección rectangular (ver la Fig 4.2 (a)), resaltar en color rojo los elementos seleccionados en todas las demás vistas coordinadas.

4.4.1. Diseño de la Solución

El diseño de la solución inicia con un bosquejo (*sketch*) que se diseña teniendo en cuenta las características de los datos y las soluciones presentes en la bibliografía.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de diseño de la solución busca responder las preguntas planteadas en la sección 3.4.2 del Capítulo 3, cada una de ellas asociadas a distintos atributos del conjunto de datos.

Para responder las preguntas sobre tendencias de precio se utilizan:

- *Fecha*: detalla el día, mes y año de la muestra de datos.
- *Precio de cierre*: es el valor de cierre en la fecha detallada.
- *Precio de apertura*: es el valor inicial de la criptomoneda.
- *Precio máximo*: es el valor máximo alcanzado en la fecha determinada.
- *Precio mínimo*: es el valor mínimo alcanzado en la fecha determinada.

Para responder sobre tendencias de volumen de transacciones se utilizan:

- *Fecha*: detalla el día, mes y año de la muestra de datos.
- *Volumen*: es la cantidad de transacciones realizadas en un determinado momento.

Además, para encontrar patrones de comportamiento se realizaron cálculos sobre los atributos mencionados obteniendo nuevos atributos (metadatos) que ayuden a alcanzar el objetivo. Estos atributos se detallan a continuación:

- *Tipo*: este atributo resulta de la unión de todos los archivos separados y representa cuál es la criptomoneda que se está analizando.
- *Dif_dia_anterior*: representa la diferencia del precio de cierre con respecto al día anterior.
- *Cierre-Apertura*: representan la diferencia entre los valores de precio de cierre y apertura de un día en particular.

- *Volumen expresado en millón*: es el equivalente al volumen de transacción pero expresado en millones.
- *Día de la semana*: este atributo detalla el nombre del día de la semana que se realizó la transacción.

El proceso de diseño de la solución involucró el diseño de 3 bosquejos, cada uno correspondiente a una propuesta, que se detallan en las siguientes secciones:

4.4.1.1. Primera Propuesta

La primera propuesta surge con el objetivo de responder la pregunta 1 planteada en la sección 3.4.2:

P1: *En términos generales, ¿la tendencia de las criptomonedas consideradas ha sido lateral (constante), alcista o bajista?*

Para responder a esta pregunta, lo primero que se desea analizar es la tendencia de los precios de las distintas criptomonedas en diversos momentos de tiempo, con la intención de encontrar relaciones entre ellas. Esto da origen a la Pregunta 2, la cual enuncia lo siguiente:

P2: *Durante un período de tiempo en particular, ¿el comportamiento de una criptomoneda presenta alguna relación con otras criptomonedas? ¿Hay patrones de comportamiento en una única criptomoneda que se repiten en el tiempo? o ¿Hay patrones de comportamiento que comparten varias criptomonedas y que se repiten en el tiempo?*

Cabe destacar que no sólo son de interés las tendencias en el precio sino también en los volúmenes de transacciones como se expresa en la Pregunta 3:

P3: *¿Se pueden observar patrones de tendencia de volumen de transacción para cada criptomoneda (volumen constante, creciente o descendiente)? ¿Existe relación entre las*

tendencias de volumen de transacciones de las distintas monedas?

Generalmente, en visualizaciones de mercado, el volumen de transacciones de cada criptomoneda suele aparecer en la zona inferior del gráfico de precios [9]. En dichas visualizaciones el precio suele tener un comportamiento distinto dependiendo de si el volumen de transacción es alto o bajo.

Con esta idea en mente y, teniendo en cuenta los trabajos relacionados relevados (ver sección 2.3.3 del capítulo 2), se decidió integrar las vistas más comúnmente utilizadas en el trabajo previo en el *dashboard* esquematizado en la figura Fig. 4.3.

Este *dashboard* hace uso de la técnica de múltiples vistas coordinadas y está integrado por 2 vistas: un **gráfico de líneas** (Fig. 4.3 arriba) y un **gráfico de barras** (Fig. 4.3 abajo).

El *dashboard* cuenta con un panel de referencia y selección, donde se indica el mapeo de color asociado a cada criptomoneda, el cual permitirá al usuario seleccionar con el *mouse* una o varias monedas de interés. Además, esta propuesta cuenta con un “panel de filtrado”, que contiene un *slider* que permite al usuario realizar filtrados temporales. Además, en los ejes asociados al tiempo ambas vistas cuentan con un botón representado con el signo “+”, que permite cambiar la granularidad temporal representada en el eje en cuestión.

Las características y especificaciones de las vistas mencionadas anteriormente son:

Vista 1: Gráfico de Barras

Este gráfico de barras (Ver Fig. 4.3) permite analizar el volumen de transacción promedio anual de cada criptomoneda a lo largo de los años. Cuenta, además, con una línea de tendencia de volumen de transacciones máximo uniendo los valores máximos de cada año.

- **Sustrato Espacial:** Esta técnica de visualización utiliza dos ejes ordinales y ortogonales. El eje horizontal (eje X) se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal aplicada es anual. El eje vertical (eje y) se mapea al atributo “volumen” del conjunto de datos y la **escala** asociada es **lineal**.

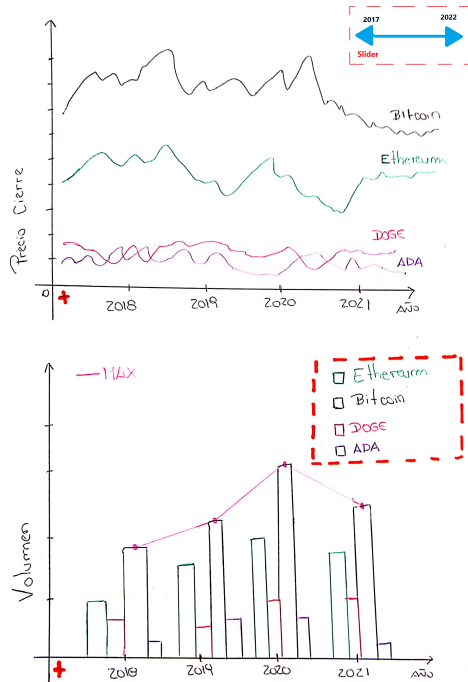


Figura 4.3: Esquema de Diseño de la Primera Propuesta. Dashboard que integra dos vistas, un gráfico de líneas (arriba) y un gráfico de barras (abajo). Además, cuenta con un panel de selección (bordes rojos punteados) que además de mantener la referencia de los colores permite al usuario seleccionar una o varias monedas. En la esquina superior derecha se encuentra un slider azul que permite filtrar temporalmente los datos, y en la esquina inferior izquierda se encuentra un botón con el signo “+” que permite modificar la granularidad temporal representada en el eje horizontal.

- **Sustrato Gráfico:** Los atributos visuales y sus propiedades utilizadas en esta técnica son:

- **Marcas:** La marca utilizada en este gráfico es la barra. Por cada unidad de tiempo (año) se dibujarán 4 barras donde cada una de ellas estará asociada a cada criptomoneda del conjunto de datos.

Estas barras representarán el volumen de transacción promedio de cada criptomoneda para un año en particular. Adicionalmente, se utiliza una línea que une los puntos máximos de volumen a través de los distintos años.

- **Canales:** El color de cada barra representa a una criptomoneda en particular. La escala de colores que se utiliza representa valores nominales. A su vez, el alto de la barra representa el volumen de transacciones.

Vista 2: Gráfico de Líneas Los gráficos de líneas permiten visualizar cambios a lo largo de un rango continuo de tiempo. La visualización del cambio con un gráfico de líneas permite la tendencia general y comparar simultáneamente varias tendencias. El gráfico de líneas ilustrado en la (Fig. 4.3 arriba) permite analizar los precios de cierre promedio anuales de las criptomonedas presentes en el conjunto de datos, buscando encontrar tendencias en cada una de ellas.

El sustrato espacial y gráfico de la vista 2 se detalla a continuación:

- **Sustrato Espacial:** Esta técnica de visualización utiliza dos ejes ordinales y ortogonales. El eje horizontal (eje X) se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es anual. El eje vertical (eje y) se mapea al atributo “precio de cierre”.

La **escala** asociada al eje Y es **logarítmica**, porque para las diferentes monedas, las diferencias entre los valores de precio son significativas. En consecuencia, en este gráfico, es interesante analizar la proporción de las variaciones del precio en vez de sus valores constantes.

- **Sustrato Gráfico:** Los atributos visuales y sus propiedades utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** En este gráfico se utilizan como marcas las líneas. Por cada criptomoneda y cada unidad de tiempo (año) se dibujará un punto. Los puntos correspondientes por cada criptomoneda se unirán formando una línea continua que marcará su tendencia a lo largo de los años. Como resultado co-existirán 4 líneas continuas.
 - **Canales:** El color de cada línea estará asociado a una criptomoneda. La escala de colores que se utilizará será igual a la utilizada en el gráfico de barras para lograr una consistencia en dichos colores.

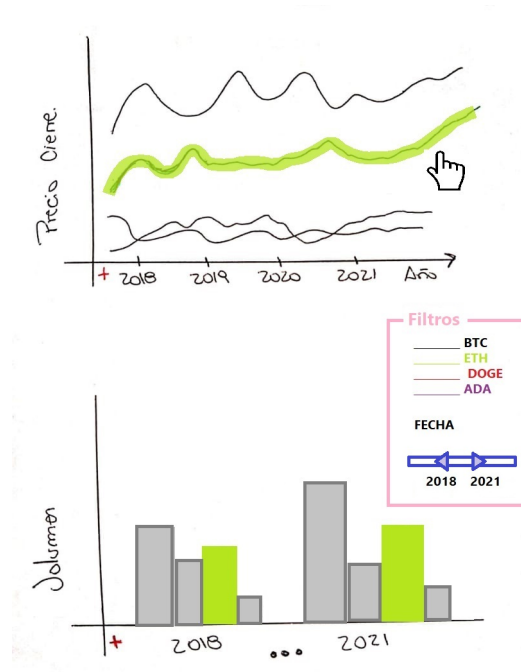


Figura 4.4: *Interacción Propuesta 1.* Al hacer click en el filtro de una moneda (o sobre su línea de tendencia) quedarán resaltados en los dos gráficos sólo la información de, en nuestro ejemplo, ETH la cual se resalta en verde. Además, en ambas gráficas la visualización se delimita a los años 2018,2019,2020 y 2021.

Interacciones Propuestas

Como el esquema planteado está diseñado haciendo uso de la técnica de múltiples vistas coordinadas, las interacciones realizadas sobre una vista tendrán un efecto visible sobre las otras. En base a esto, las interacciones propuestas son las siguientes:

- *Selección de Criptomoneda:* Esta interacción permite seleccionar una criptomoneda haciendo *click* en el panel de selección. Como resultado, se resaltará en ambas vistas la criptomoneda seleccionada, tal como lo muestra el esquema de la Fig. 4.4.
- *Modificar la granularidad temporal:* Esta interacción permitirá al usuario seleccionar la granularidad temporal representada por las vistas. Haciendo *click* en el símbolo “+” ubicado al lado de la marca temporal el usuario podrá elegir diferentes granularidades temporales (por ejemplo: días, meses o trimestres). Como

resultado de esta interacción ambas vistas se modificarán de manera simultánea actualizando el eje x con la granularidad seleccionada.

- *Filtrado temporal*: Esta interacción permite al usuario seleccionar un rango temporal para visualizar sus datos. Utilizando el control deslizante (*slider*) provisto es posible seleccionar un rango temporal para poder visualizar los datos con más o menos detalle. Como resultado de esta interacción ambas vistas se actualizan mostrando el rango temporal seleccionados. En la Fig. 4.4 se muestra en azul el *slider* acotando la visualización a los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Por lo tanto, en ambas vistas la información queda delimitada a ese rango de fechas.
- *Selección múltiple de criptomonedas*: Esta interacción consiste en la posibilidad de seleccionar más de una criptomoneda al mismo tiempo en el panel de selección haciendo *click* mientras mantenemos presionada la tecla “CTRL”.

4.4.1.2. Segunda Propuesta

Con la segunda propuesta queremos observar el comportamiento de las 4 criptomonedas con respecto al día anterior y explorar la posibilidad de encontrar patrones en las distintas tendencias, dando la posibilidad de responder a la pregunta 4:

P4: *¿Es posible detectar períodos de tiempo en los cuales las monedas se mantengan estables o con un comportamiento en alza o en baja?*

Una alternativa es utilizar gráficos que remarquen las diferencias entre los distintos días/meses/trimestres, en este contexto se diseña esta nueva propuesta.

Se propone incorporar a la primera propuesta un gráfico que permita identificar rápidamente diferencias de pérdidas o ganancias en un dominio temporal en particular.

Esta gráfica busca representar, para una unidad temporal, la diferencia del precio de cierre de una criptomoneda con respecto a la unidad temporal anterior. Por ejemplo, si la granularidad temporal se configura en días, el gráfico representaría para cada criptomoneda y para cada día, la diferencia de precio de cierre con respecto al día

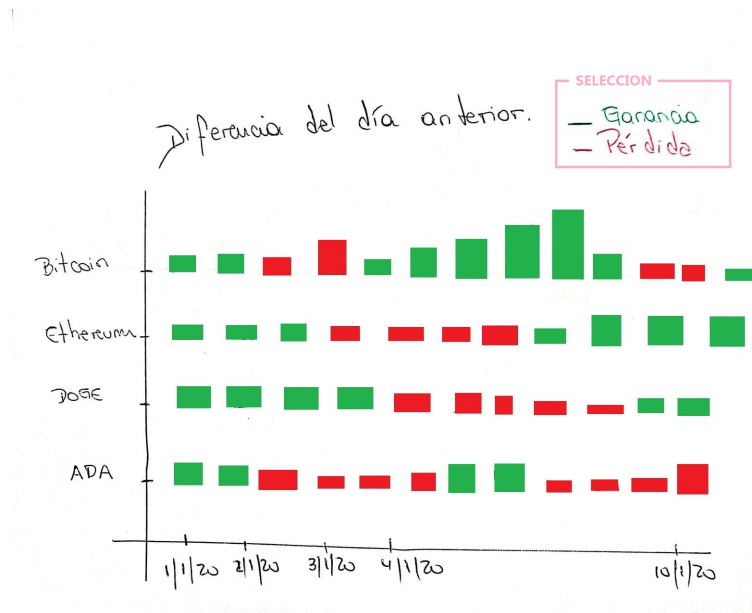


Figura 4.5: Esquema de Diseño de la Segunda Propuesta. Esta vista muestra la diferencia del precio de cierre de un día con respecto al día anterior, donde rectángulos verdes indican alzas y rectángulos rojos indican pérdidas o bajas. Dicho gráfico se integra a la primera propuesta.

anterior (ver Fig. 4.5). Esta nueva vista tendrá un “panel de selección” que permitirá al usuario seleccionar las unidades temporales en las que se registró ganancia o pérdida, según lo desee.

A continuación se detallan los sustratos espaciales y gráficos de esta propuesta:

- Sustrato espacial: Esta técnica de visualización utiliza dos ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica inicialmente es anual. El eje vertical (eje y) es nominal y se asocia al tipo de criptomoneda.
- Sustrato Gráfico: Los atributos visuales y sus propiedades gráficas utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - Marcas: En este gráfico se utilizan rectángulos, dibujándose uno por cada criptomoneda y cada unidad de tiempo. Cada marca representará la diferencia del precio de cierre con la unidad temporal anterior.

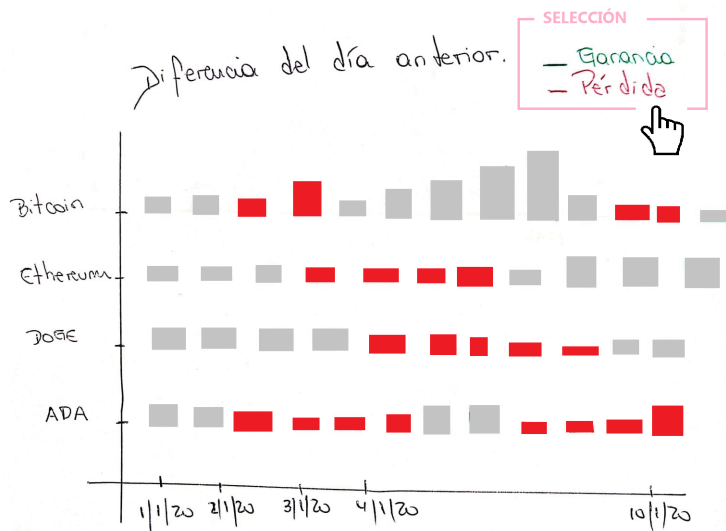


Figura 4.6: Interacción en la propuesta 2. Al hacer click en la opción "Pérdida" se resaltarán los días de cada criptomoneda que se registraron pérdidas.

- Canales: El color de cada rectángulo indicará si la diferencia es positiva (verde) o negativa (rojo). El tamaño estará asociado a la diferencia de precio representada con el color, donde un tamaño pequeño corresponde a diferencias cercanas a cero y tamaños más grandes corresponden a diferencias mayores. Esto se interpretará, por ejemplo, de la siguiente manera: un rectángulo verde pequeño representa una ganancia poco representativa y un rectángulo rojo de gran tamaño significan grandes pérdidas con respecto al día anterior.

Interacciones Propuestas

Las interacciones propuestas en esta vista son:

- *Selección de Pérdida/Ganancia:*

Esta interacción permite seleccionar sólo las ganancias o sólo las pérdidas de las criptomonedas haciendo *click* en el panel de selección. Como resultado, si se hace *click* en la palabra *pérdida* se resaltarán los cuadrados rojos de todas las criptomonedas. Esto, a su vez, impactará en el gráfico de líneas mencionado en la primera propuesta mostrando segmentos donde obtuvimos ganancias. Esta interacción se muestra en la Fig. 4.6.

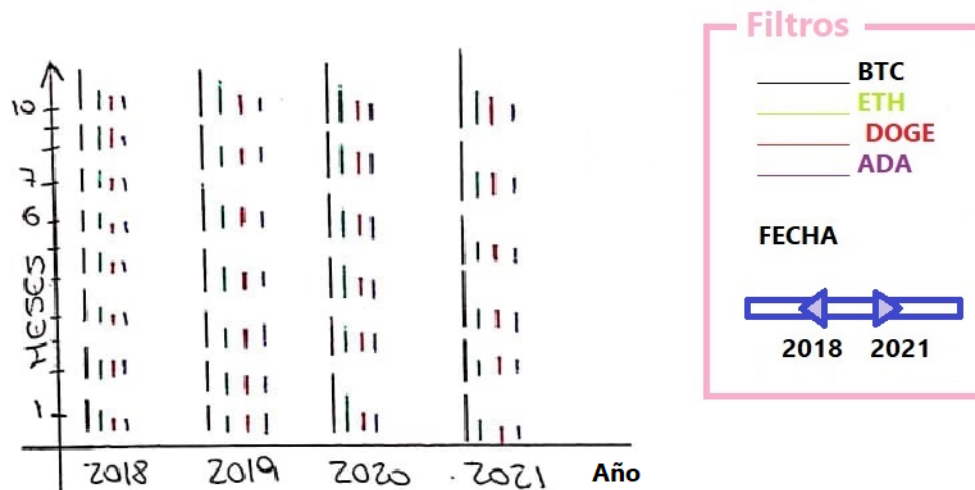


Figura 4.7: Esquema de Diseño de la Tercera Propuesta. Este gráfico permite ver más en detalle el volumen de transacciones de cada criptomoneda por meses y por años.

- Esta técnica soportará además las interacciones de *modificación de granularidad temporal, selección de una moneda en particular y selección múltiple de monedas* definidas para la primera propuesta.

4.4.1.3. Tercera Propuesta

La tercera propuesta planteada busca mostrar las diferencias de cada criptomoneda con respecto al volumen de transacciones teniendo en cuenta su valor promedio en meses y años tal como se muestra en la Fig. 4.7. Esto permitirá determinar en qué meses específicos y de qué años una moneda tuvo un mayor volumen de transacción que otra.

A continuación se detallan los sustratos utilizados en el gráfico 4.7:

- **Sustrato espacial:** Esta técnica de visualización utiliza dos ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal inicial es anual. El eje vertical (eje y) también es ordinal y se asocia con los meses del año.
- **Sustrato Gráfico:** Los atributos visuales y sus propiedades utilizadas en esta téc-

nica son las siguientes:

- **Marcas:** En este gráfico se utilizan líneas como marcas, dibujándose una por cada criptomoneda y cada unidad de tiempo. Cada barra representará el volumen de transacción de cada criptomoneda en un mes y en un año determinado.
- **Canales:** El color de cada línea está asociado a una escala de color que representa valores nominales e indica la criptomoneda a la que se está haciendo referencia. El tamaño de la línea también estará asociado a la cantidad de transacciones realizadas, donde un tamaño pequeño indica poca actividad y, a medida que su valor va aumentando indican una cantidad mayor de transacciones.

4.4.1.4. Cuarta Propuesta

Como cuarta propuesta se desea agregar una gráfica que permita realizar una comparativa entre precio de cierre y volumen de transacciones que complemente la propuesta 1. Para lograr esto, se desea utilizar un gráfico tipo *Theme River* el cual permita visualizar la existencia o no de alguna relación entre ellos.

Dicho gráfico se presenta en la Fig. 4.8 y su sustrato espacial y gráfico es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Esta técnica de visualización utiliza 3 ejes en configuración libre [33]. Uno de los ejes, se mapea al tiempo, es horizontal, ordinal y se asocia a la dimensión “fecha”. Los otros 2 ejes se asocian al precio de cierre y al volumen, los cuales son verticales, ortogonales al eje horizontal y orientados en direcciones opuestas. La granularidad temporal inicial es anual.
- **Sustrato Gráfico:** Los atributos visuales y sus propiedades utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** En este gráfico se utilizan áreas como marcas, dibujándose una por cada criptomoneda. Cada área presentará la tendencia del volumen de transacción de cada criptomoneda como también la tendencia de su precio.

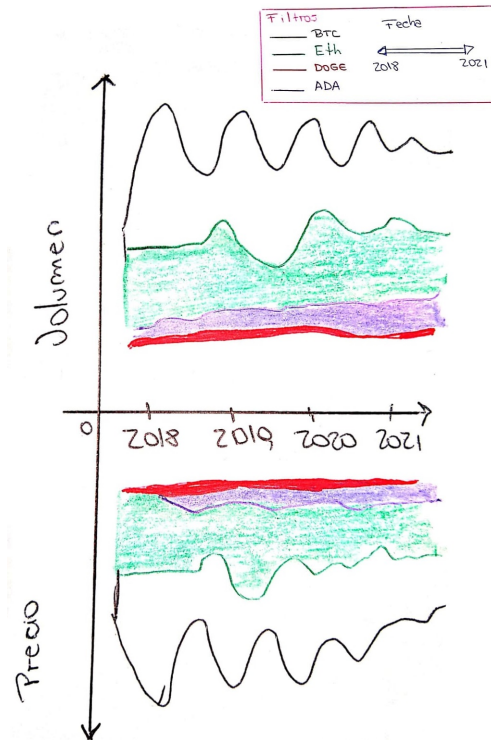


Figura 4.8: Esquema de Diseño de la cuarta Propuesta. Volumen vs. precio

- Canales: El color de cada área está asociado a una escala de color que representa valores nominales e indica la criptomoneda a la que se está haciendo referencia. El tamaño del área también estará asociado al promedio de transacciones realizadas, donde un tamaño pequeño indica poca actividad y, a medida que su valor va aumentando indican una cantidad mayor de transacciones. El mismo análisis corresponde para precio.

Interacciones Propuestas

Las interacciones propuestas en esta vista son:

- *Selección de Criptomoneda:* Al igual que las propuestas anteriores se podrá interactuar con el gráfico seleccionando una criptomoneda en particular, buscando que quede integrado con las demás propuestas, es decir, al seleccionar una criptomoneda deberá reflejarse en todas las vistas su comportamiento.
- *Selección múltiple de criptomonedas:* Se permitirá seleccionar el volumen de tran-

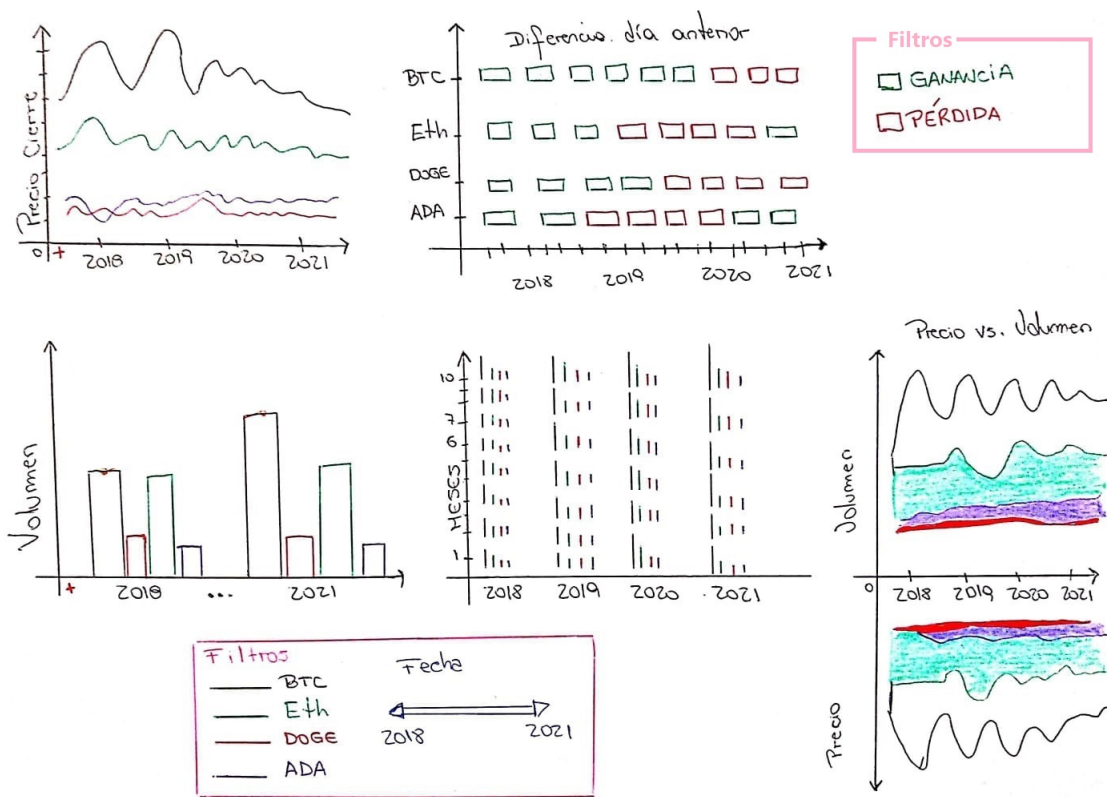


Figura 4.9: Diseño del Prototipo completo integrando las 4 propuestas.

sacciones de más de una criptomoneda al mismo tiempo para visualizar más claramente las de interés.

- Selección teniendo en cuenta el tamaño del volumen: Mediante un control deslizable se podrá determinar el tamaño de transacciones en promedio que se desea visualizar. Como resultado de ello se mostrará en qué meses y años se registraron dichos valores.

Finalmente, se pretende incorporar estas propuestas (Fig. 4.7 y Fig. 4.8) a las propuestas anteriores con el objetivo de lograr un *dashboard* integral y completo tal como lo muestra la Fig. 4.9.

4.5. Diseño de Interacciones Inteligentes

En el contexto de la Pregunta 4, se plantea la necesidad de diseñar interacciones inteligentes que detecten patrones repetitivos a partir de la selección del usuario. Las interacciones inteligentes propuestas buscan encontrar conocimiento que no puede obtenerse con interacciones más básicas. Algunas de ellas son:

- Encontrar y resaltar de manera automática patrones que se repiten en el tiempo.

Dichos patrones pueden ser:

- **Repeticiones de comportamientos iguales** (subas consecutivas, bajas consecutivas o comportamiento constante) en una misma criptomoneda (ver Fig. 4.10). En esta figura se puede observar que para la criptomoneda ADA, en los meses de abril a agosto del año 2019 y 2020, se produjeron subas muy similares dando lugar al patrón 1. Por su parte, se puede observar que para la criptomoneda DOGE hay 3 períodos constantes de pérdidas dando lugar al patrón 2. Las interacciones mostradas en esta figura es posible encontrarlas si el usuario selecciona *ganancia o pérdida* en el panel de referencia. En este caso, al hacer *click* en la opción ganancia se mostrará el patrón 1, y en caso de seleccionar la opción pérdida se mostrará el patrón 2.
- **Repeticiones de Comportamientos distintos (subas y bajas consecutivas) en una misma criptomoneda** (ver Fig. 4.11). Mediante esta interacción el usuario podrá encontrar tendencias en períodos de tiempo donde existen subas consecutivas y después de alcanzar un pico máximo se producen bajas. Este patrón, como muestra la Fig. 4.11 se puede detectar, por ejemplo, en un mismo año pero en meses distintos donde se puede visualizar que las alzas se producen los primeros 3 días del mes y los restantes 3 días son períodos de bajas.
- **Combinaciones de uno o varios patrones involucrados en más de una moneda** (ver Fig. 4.12). En esta figura se puede observar que el patrón detectado en la criptomoneda DOGE en el período de abril a junio del año

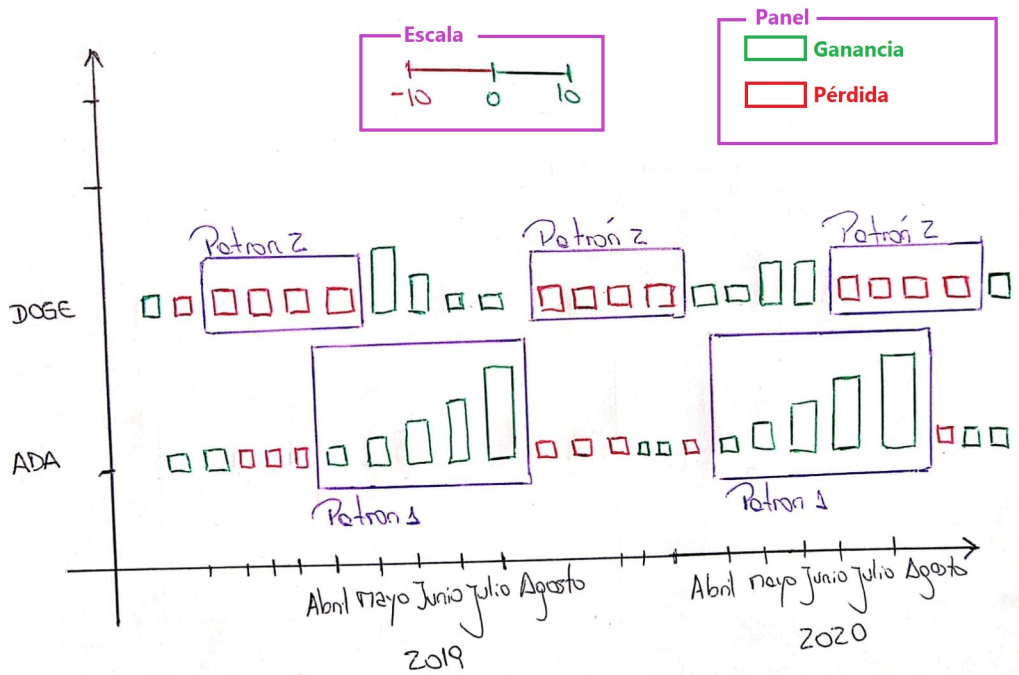


Figura 4.10: *Primera Interacción Inteligente Propuesta.* Con esta interacción se pretende encontrar de forma automática patrones de comportamiento de subas o bajas que se repitan en el tiempo en una determinada criptomoneda.

2019 está marcado por una tendencia de pérdidas en orden decreciente, mientras que, en el mismo período de tiempo la criptomoneda ADA presenta una tendencia de ganancias crecientes. Este mismo patrón de comportamiento se detecta también en los mismos meses pero del año 2020. Esto le permitirá al usuario analizar qué factor externo hace que se establezca dicha relación entre las dos monedas. Para activar esta interacción, el usuario deberá seleccionar del panel de referencias, mediante el uso del *click* con el *mouse*, tanto a la opción *pérdidas* y *ganancias* para encontrar patrones con combinaciones de ambos detalles.

Se propone además, que mediante una selección de un rango temporal en una vista, la herramienta automáticamente busque y resalte tanto en la misma criptomoneda como en otras, comportamientos similares al seleccionado.

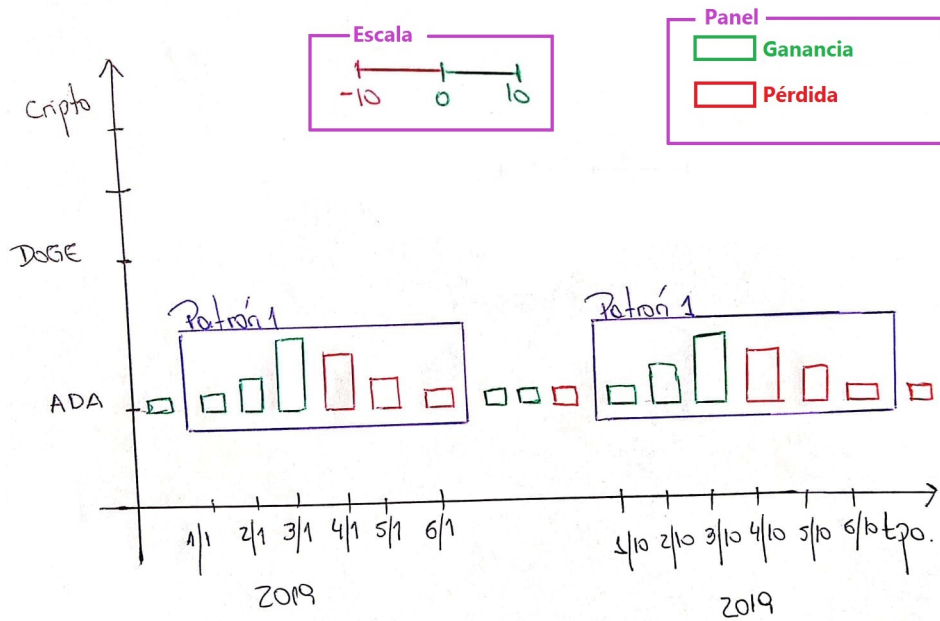


Figura 4.11: Segunda Interacción Inteligente Propuesta. Esta interacción pretende encontrar un mismo patrón de comportamiento en una criptomoneda que involucre alzas seguidas de bajas o viceversa.

En el siguiente capítulo se implementarán las ideas planteadas en este capítulo, donde se diseñaron las vistas coordinadas e interacciones esperadas en los distintos *sketch*. Esta implementación se llevará a cabo mediante una herramienta configurable, luego de un análisis y evaluación de las herramientas existentes para determinar cuál es la de mayor beneficios teniendo en cuenta los datos a analizar.

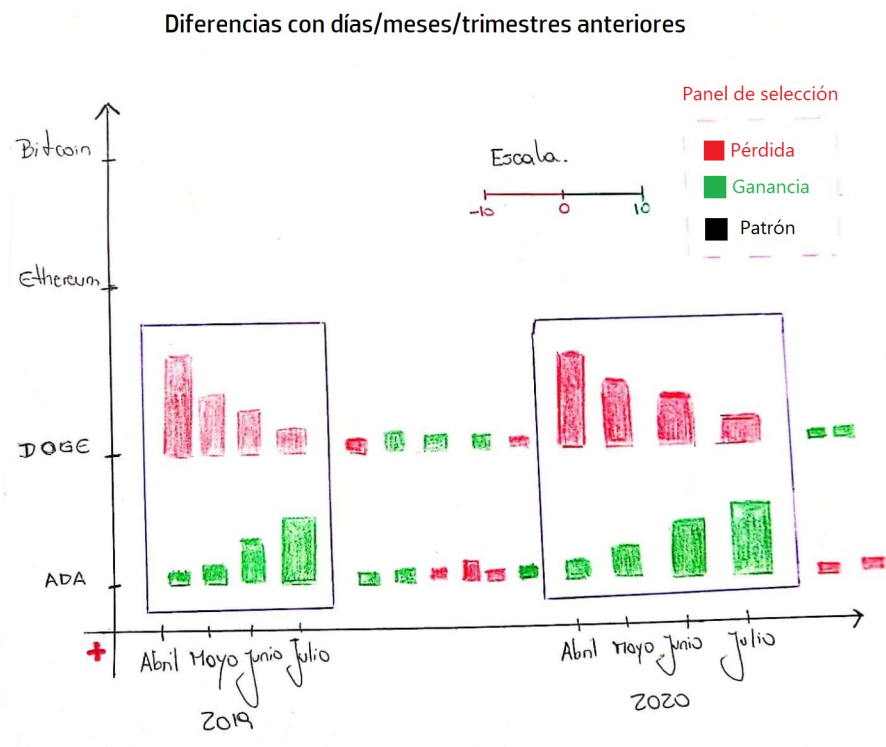


Figura 4.12: Tercera Interacción Inteligente Propuesta. Con esta interacción se pretende encontrar si un patrón detectado en una criptomoneda tiene alguna relación con otra criptomoneda en el mismo período de tiempo.

Capítulo 5

Prototipo

El prototipo desarrollado en este trabajo consiste en una herramienta de visualización de datos temporales, en particular, de datos de mercados financieros referidos a las criptomonedas especificadas en la sección 3.3 del capítulo 3.

Para la creación de dicho prototipo se estudiaron y analizaron diversas herramientas de visualización configurables disponibles en la actualidad (*Tableau*, *Power BI*, *Google Chart*, entre otras), de manera tal de poder elegir la más adecuada según nuestros intereses. Sus características principales, ventajas y desventajas son mencionadas en las secciones siguientes.

En este capítulo, además, se describirá el prototipo creado detallando su funcionalidad y las interacciones provistas que fueron generadas para responder las preguntas que dieron el puntapié inicial a este trabajo.

Para implementar el prototipo de análisis visual primero se deben analizar y diseñar las vistas que se integrarán, junto con las interacciones asociadas. Además, se deberá elegir la plataforma, el lenguaje o herramienta configurable que se utilizará para implementarlo. En este trabajo en particular trabajaremos con una herramienta de análisis visual configurable, para esto comenzaremos realizando un análisis de las herramientas disponibles para así poder elegir la más adecuada para nuestra implementación.

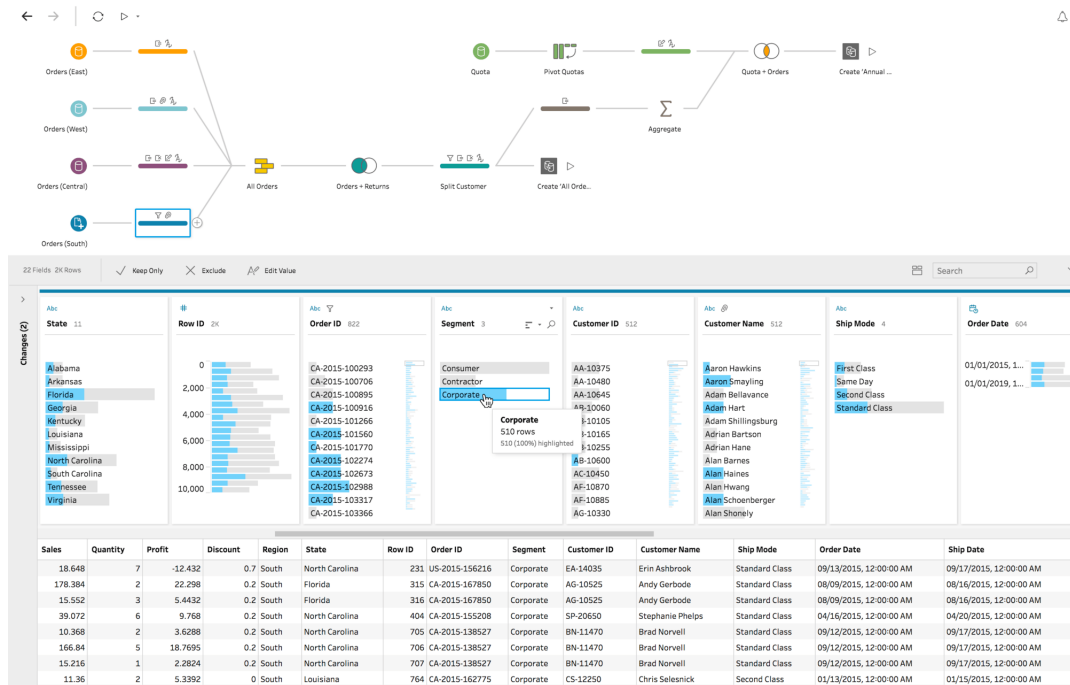


Figura 5.1: Tableau Prep

5.1. Herramientas Configurables Utilizadas en la Visualización de Datos

En esta sección se explican algunas de las características principales de las herramientas de visualización configurables disponibles, mostrando las capacidades de cada una de ellas.

5.1.1. Tableau

Tableau [12] es un software de inteligencia de negocios (Business Intelligence), para el análisis y visualización de datos que integra varios componentes [31]:

1. *Tableau Prep*: es el nuevo ETL (Extract, Transform, Load) de Tableau. Permite transformar y limpiar datos, pudiendo ahorrar mucho tiempo en la limpieza de datos y automatizando el proceso.
2. *Tableau Desktop*: Es la aplicación principal en la que se lleva a cabo todo el análisis y se crean todas las visualizaciones en Tableau.

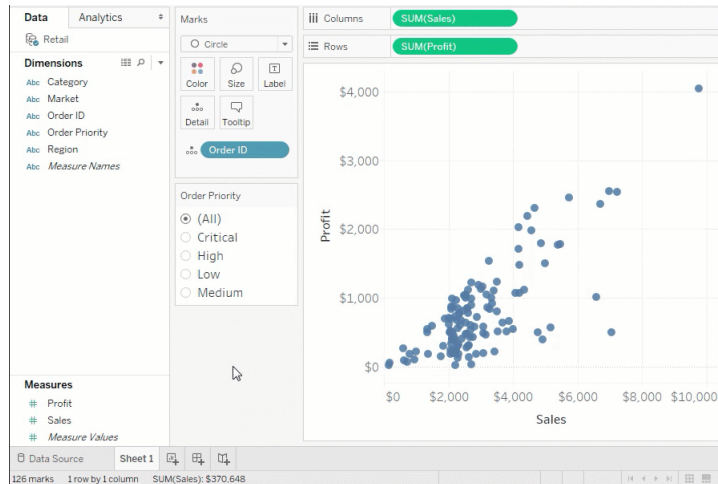


Figura 5.2: Tableau Desktop

3. *Tableau Online*: Permite subir todos los archivos a la nube para poder administrar el trabajo realizado con la aplicación Desktop.
4. *Tableau Server*: Es donde las empresas tienen todos sus archivos y sus datos privados. Permite compartir y administrar datos en las instalaciones físicas o en la nube.

Existe una versión llamada *Tableau Public* que es completamente gratuita. Tiene la mayoría de las funcionalidades de Tableau Desktop pero los datos son públicos. Es decir que cuando se guardan archivos en *Tableau Public*, están disponibles para todo el mundo. Para cuestiones de aprendizaje esta versión es suficiente. En cambio, para datos empresariales y privados es recomendable usar la versión paga.

Algunas ventajas y características más importantes son:

1. Es muy intuitivo y potente.
2. Sacar el máximo provecho a tus datos con cálculos, estadísticas y análisis avanzados.
3. Encontrar fácilmente los datos, señalar datos relevantes, habilitar búsquedas u organizar proyectos.
4. Los datos son seguros y confiables.

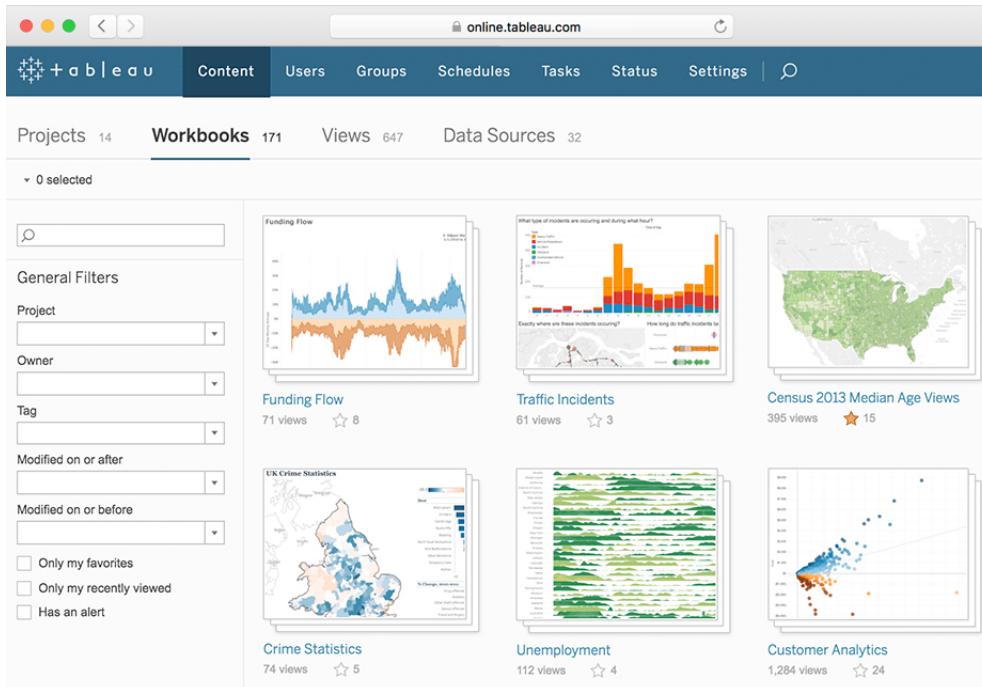


Figura 5.3: Tableau Online

5. La información se puede ver con claridad debido al modelado de datos automático.
6. Es posible acceder a los datos en instalaciones físicas o en la nube.
7. Posibilita acceder a diferentes datos y combinarlos sin escribir código.
8. Conectar a los datos en tiempo real, hacer extracciones, o ambos, de acuerdo a tus necesidades.
9. Ayuda a descubrir y compartir información de manera más rápida con el propósito de generar cambios.

5.1.2. Power BI

Power BI [11] es un servicio de análisis de datos de Microsoft orientado a proporcionar visualizaciones interactivas y capacidades de inteligencia empresarial (business intelligence o BI).

Power BI proporciona servicios de BI basados en la nube, conocidos como “Power BI Services”, junto con una interfaz basada en escritorio, denominada “Power BI Desk-

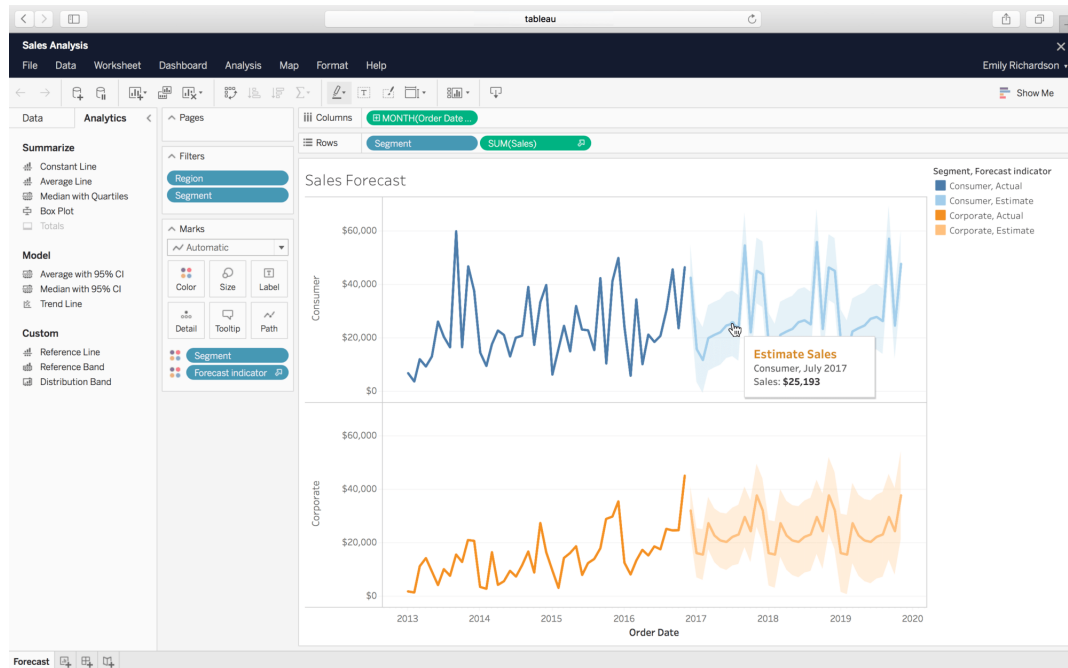


Figura 5.4: Tableau Server

top”. Ofrece capacidades de almacenamiento de datos, incluyendo preparación de datos, descubrimiento de datos y paneles interactivos.

Los componentes [10] clave del ecosistema de *Power BI* comprenden:

1. *Power BI Desktop*: Es la aplicación basada en escritorio de Windows para equipos y escritorios (ver Fig. 5.5), principalmente para diseñar y publicar informes.
2. *Power BI Service*: El servicio en línea basado en SaaS (software como servicio) (anteriormente conocido como *Power BI* para Office 365, ahora denominado PowerBI.com o simplemente *Power BI*).
3. *Power BI Mobile Apps*: Las aplicaciones de Power BI Mobile para dispositivos Android y iOS, así como para teléfonos y tabletas Windows.
4. *Power BI Gateway* Puertas de enlace que se usan para sincronizar datos externos dentro y fuera de *Power BI*. En el modo empresarial, también pueden usar los flujos y PowerApps en Office 365.
5. *Power BI Embedded* La REST API de *Power BI* se puede usar para crear paneles

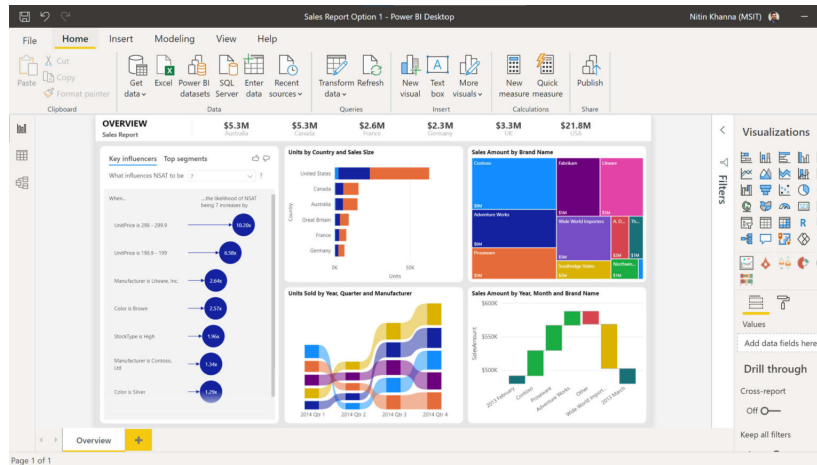


Figura 5.5: Power Bi

e informes en las aplicaciones personalizadas que sirven a los usuarios de *Power BI*, así como a los usuarios que no son de *Power BI*.

6. *Power BI Report Server* Una solución de informes de *Power BI* local para empresas que no almacenan o no los datos en el servicio *Power BI* basado en la nube.
7. *Power BI Visuals Marketplace* Un mercado de objetos visuales personalizados y objetos visuales con tecnología R.

Ventajas de *Power BI*:

1. Permite importar datos y moldearlos a voluntad.
2. Facilita cruzar datos, hacer cálculos y gráficas sofisticadas de manera relativamente sencilla.
3. Permite que los cálculos se reutilicen tantas veces como sea necesario con la información actual recogida en las bases de datos de origen, por lo que se puede contar con información actualizada y libre de errores humanos.

5.1.3. Google Charts

Google charts [7, 13] es una aplicación de Google para realizar estadísticas web, de fácil uso para desarrolladores de software web, usado en muchos campos como Google Analytics, se puede usar con diferentes formatos, Json, Javascript y *plugins* que se pueden integrar con varios lenguajes de programación.

Además, proporciona una manera perfecta de visualizar datos en su sitio web. Desde gráficos de líneas simples hasta mapas de árboles jerárquicos complejos, la galería de gráficos proporciona una gran cantidad de tipos de gráficos listos para usar.

La forma más común de usar Google Charts es con JavaScript simple que incrusta en su página web. Carga algunas bibliotecas de gráficos de Google, enumera los datos que se van a graficar, selecciona opciones para personalizar su gráfico y finalmente crea un objeto de gráfico con una identificación que elija. Luego, más adelante en la página web, crea un `<div>` con esa identificación para mostrar el gráfico de Google.

Los gráficos se exponen como clases de JavaScript, y Google Charts proporciona muchos tipos de gráficos para su uso. La apariencia predeterminada generalmente será todo lo que necesita, y siempre puede personalizar un gráfico para que se ajuste a la apariencia de su sitio web. Los gráficos son altamente interactivos y exponen eventos que le permiten conectarlos para crear paneles complejos u otras experiencias integradas con su página web. Los gráficos se representan con tecnología HTML5/SVG para brindar compatibilidad entre navegadores (incluido VML para versiones anteriores de IE) y portabilidad entre plataformas para iPhone, iPad y Android. Sus usuarios nunca tendrán que meterse con complementos o cualquier software. Si tienen un navegador web, pueden ver sus gráficos.

Todos los tipos de gráficos se completan con datos utilizando la clase `DataTable`, lo que facilita cambiar entre tipos de gráficos a medida que experimenta para encontrar la apariencia ideal. `DataTable` proporciona métodos para ordenar, modificar y filtrar datos, y se puede completar directamente desde su página web, una base de datos o cualquier proveedor de datos que admita el protocolo `Datasource` de Chart Tools. (Ese protocolo incluye un lenguaje de consulta similar a SQL y lo implementan Google Spreadsheets, Google Fusion Tables y proveedores de datos de terceros como Salesforce. Incluso puede

implementar el protocolo en su propio sitio web y convertirse en un proveedor de datos para otros servicios).

En base a lo mencionado anteriormente, todas las herramientas son adecuadas para la implementación del bosquejo diseñado y detallado en el capítulo 4. Sin embargo, por su facilidad de uso y su acceso público, lo cual permite descargar una imagen del *dashboard* o el propio proyecto se decidió utilizar **Tableau Software**. Esto permite que otros usuarios puedan aportar nuevas ideas o mejoras y adaptarlas a sus necesidades.

5.2. Implementación del Prototipo en Tableau

El prototipo generado con Tableau se llama *AnalisisCripto* y está disponible para ser accedido de forma pública mediante el siguiente link:

https:

```
//public.tableau.com/views/TrabajoIntegrador_vfinal_2023/Dashboard1?:  
language=es-ES&publish=yes&:display_count=n&:origin=viz_share_link
```

Este prototipo está integrado por dos *dashboards* relacionados e inspirados en los bosquejos diseñados en el capítulo anterior, donde el principal muestra gráficos de tendencias de precios (Ver Fig. 5.6), mientras que el segundo detalla información referida al volumen de transacciones realizadas de cada criptomoneda (Ver Fig. 5.7). Este último es accedido a través de un botón de navegación ubicado en el *dashboard* principal.

A continuación se explica en detalle la composición de los *dashboards* mencionados.

5.2.1. Descripción de los Gráficos del *Dashboard* Principal

Para comprender el *dashboard* principal se han agrupado y resaltado gráficos relacionados con paneles representados con las letras A, B, C y D. Esta agrupación se muestra en la Fig. 5.8 y la descripción de cada uno de ellos se detalla a continuación:

- El **panel A** es un panel de selección y filtrado de monedas, como también de filtrado por fecha. Dicho panel le permite al usuario interactuar con los gráficos

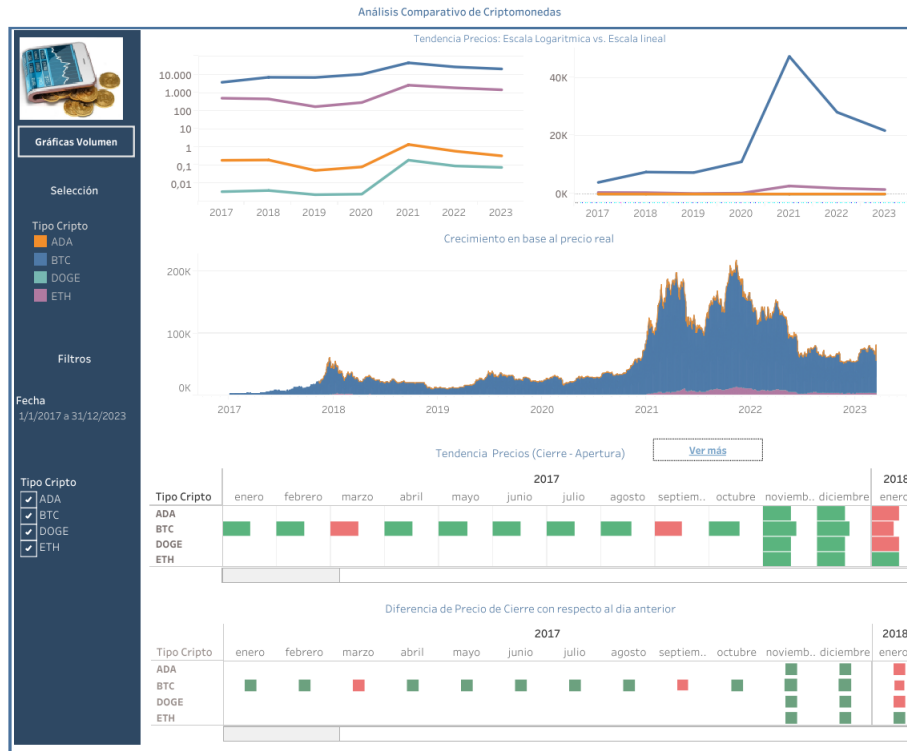


Figura 5.6: Dashboard Principal. Detalla tendencias de precios mediante gráficos de líneas y un gráfico de área. Además muestra períodos de pérdidas o ganancias con una técnica similar a los mapas de calor mediante la diferencias entre precio de cierre y apertura como también a través de las diferencias de precios de cierre de una criptomoneda con respecto a la unidad de tiempo anterior.

de precios y acceder mediante el botón de navegación, etiquetado como “Gráficas Volumen”, al *dashboard* de volumen.

- Los **paneles B, C y D** contienen gráficas que buscan responder las preguntas 1, 2 y 4 referidas a la evolución del precio de cada criptomoneda, detalladas en la sección 3.4.2.

En el **Panel B** se observan dos gráficos de líneas, los cuales representan las tendencias de las cuatro criptomonedas desde sus inicios hasta la actualidad teniendo en cuenta el atributo “Precio de cierre” de cada día. La diferencia entre ambos es la escala elegida para representar el eje Y (en el gráfico de la izquierda se utilizó una escala logarítmica y en el gráfico de la derecha una escala lineal).

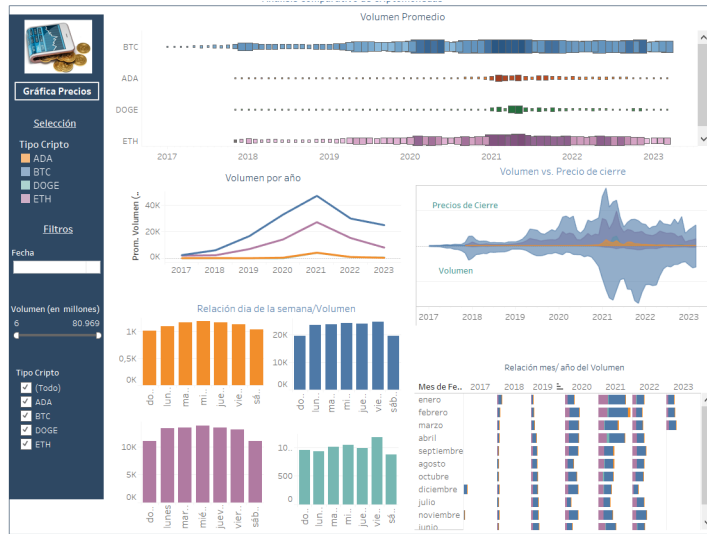


Figura 5.7: Dashboard de Volumen representando la Cantidad de Transacciones promedio realizadas y alcanzados en los distintos años, la relación entre volumen y precio de cierre, la relación entre los distintos días de la semana con respecto al volumen y la relación mes/año del volumen.

En estos dos gráficos del panel B, el **sustrato espacial** y el **sustrato gráfico** es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Ambos gráficos utilizan dos ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es anual. El eje vertical (eje y) también es ordinal y se asocia a valores de precios de cada criptomoneda. La escala utilizada es *logarítmica* para el gráfico de la izquierda, y *lineal* para el gráfico de la derecha.
- **Sustrato Gráfico:** Los atributos visuales y sus propiedades utilizados en esta técnica son los siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son líneas, donde cada una de ellas representa la evolución en el tiempo de una criptomoneda.
 - **Canales:** El canal utilizado es el color, el cual se asocia a una escala de color que representa valores nominales e indica la criptomoneda a la que se está haciendo referencia.

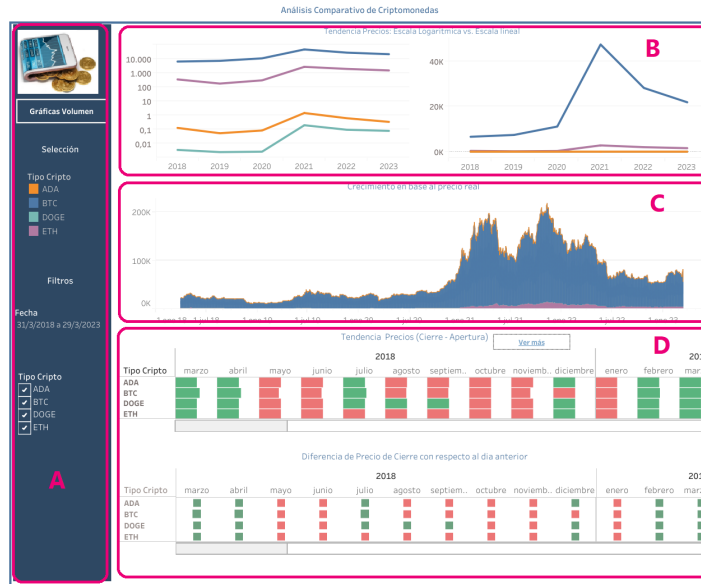


Figura 5.8: Descripción del Dashboard principal dividido por Paneles. El Panel A muestra los filtros posibles para interactuar con el dashboard y además cuenta con un botón de navegación se puede acceder al siguiente dashboard. Los Paneles B y C agrupan gráficos de tendencias de precios. El Panel D hace referencia tendencias teniendo en cuenta diferencias de precios de cierre menos de apertura y diferencias de cada criptomoneda respecto a un tiempo anterior.

El **Panel C** muestra un gráfico de área donde representa el crecimiento de precio de cada criptomoneda.

En este gráfico el **sustrato espacial** y el **sustrato gráfico** es:

- **Sustrato espacial:** Este gráfico utiliza dos ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es semanal. El eje vertical (eje y) también es ordinal y se asocia a valores de precios de cada criptomoneda.
- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son áreas, donde cada una de ellas representa la evolución en el tiempo del precio de una criptomoneda.
 - **Canales:** El canal utilizado es el color, el cual se asocia a una criptomoneda

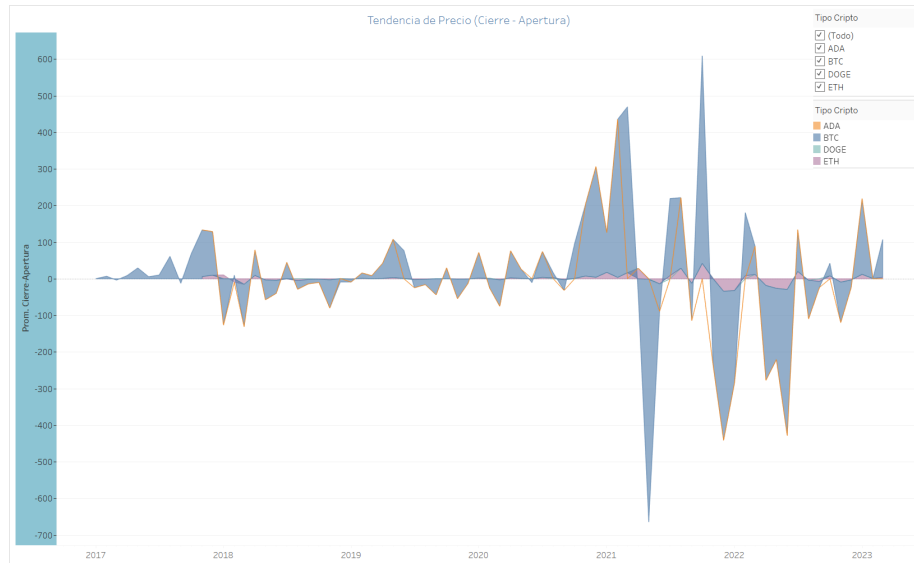


Figura 5.9: Tendencia de Precio de cierre menos apertura utilizando gráfico de áreas con granularidad mensual.

a la que se está haciendo referencia.

El **Panel D** está compuesto por dos gráficos. El primero, ubicado en la parte superior, representa la tendencia del precio pero evaluando las pérdidas y ganancias por unidad de tiempo, es decir, analizando el precio de cierre menos el precio de apertura de un instante de tiempo en particular. Esta misma información se puede visualizar con otro tipo de gráfico que se activa, si el usuario lo desea, mediante el botón “Ver más”. Este gráfico se muestra en la Fig. 5.9.

En el gráfico ubicado en la parte inferior del panel D se muestra la diferencia del precio de cierre con respecto a su valor del día anterior, también con el objetivo de encontrar tendencias de precios alcistas o bajistas.

En estos gráficos del panel D el **sustrato espacial** y el **sustrato gráfico** son los siguientes:

- **Sustrato espacial:** Los ejes utilizados en estos gráficos son ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es mensual. El eje vertical (eje y) es nominal y se asocia al tipo de criptomoneda.

- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son barras horizontales (gráfico de arriba), las cuales representan tendencias en un mismo instante de tiempo, y cuadrados (gráfica de abajo) que simbolizan tendencias de precios pero analizando una unidad de tiempo anterior.
 - **Canales:** Los canales visuales utilizados son color y tamaño. El color de cada marcas verde o rojo y está asociado a ganancias o pérdidas respectivamente. El tamaño representa cuán grande o pequeña ha sido la ganancia o la pérdida en un período de tiempo dado, tanto para las líneas como para los rectángulos.

5.2.1.1. Interacciones

Los filtros creados en este *dashboard*, remarcados en el **Panel A**, le permiten al usuario realizar las siguientes interacciones:

- *Selección de Criptomoneda:*

Esta interacción, realizada en el Panel A, permite seleccionar una criptomoneda haciendo *click* en el color asociado a cada una de ellas. Como resultado de esta interacción, en todas las vistas del *dashboard* se resaltarán los datos asociados a la criptomoneda seleccionada (Ver la Fig. 5.10).

- *Selección múltiples de criptomonedas:*

Se permite seleccionar más de una criptomoneda al mismo tiempo para visualizar más en detalle las de interés. Para ello se debe hacer *click* en el color asociado a cada criptomoneda en el Panel A mientras mantenemos presionada la tecla “CTRL” (Ver la Fig. 5.11).

- *Cambio de la granularidad temporal:*

El eje X posee un signo “+” el cual permite cambiar la granularidad temporal de la visualización cambiando de años a trimestres, meses o días.

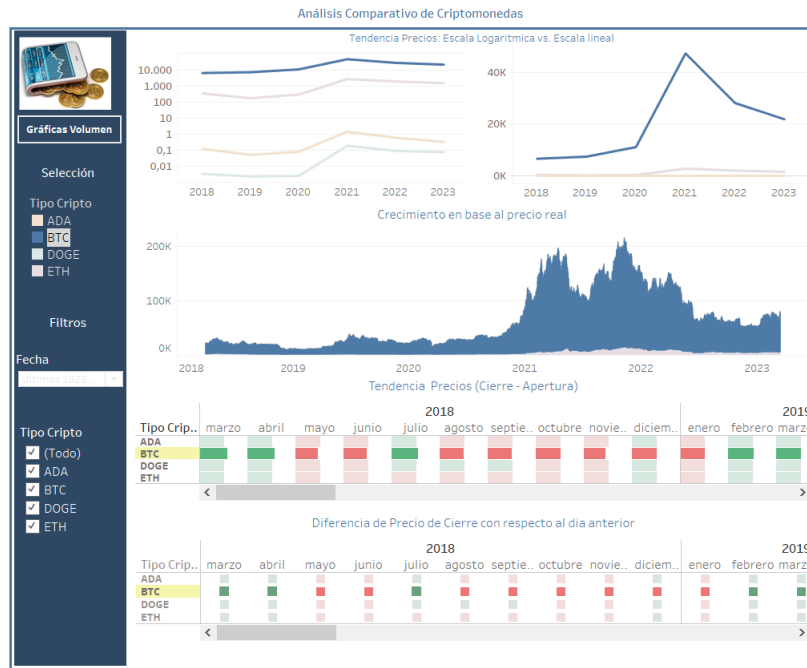


Figura 5.10: Interacción de selección de BTC. Esta interacción permite seleccionar en cada gráfico la moneda Bitcoin.

- *Filtro por rango temporal:*

Esto se puede hacer mediante un control deslizante, a través de un panel de selección, donde este último permite no sólo filtrar por año sino también por trimestre, mes, día, semana u hora (Ver la Fig. 5.12).

- *Filtro por criptomoneda:*

Esta interacción mostrará en el *dashboard* únicamente la/las criptomoneda/s seleccionada/s ocultando las restantes de la visualización tal como se muestra en la Fig. 5.13.

5.2.2. Descripción de los Gráficos del *Dashboard* de Volumen de Transacciones

Para comunicar la información referida al volumen de transacciones de las criptomonedas, se creó el *dashboard* mencionado en la Fig. 5.7. Este gráfico, en la Fig. 5.14,

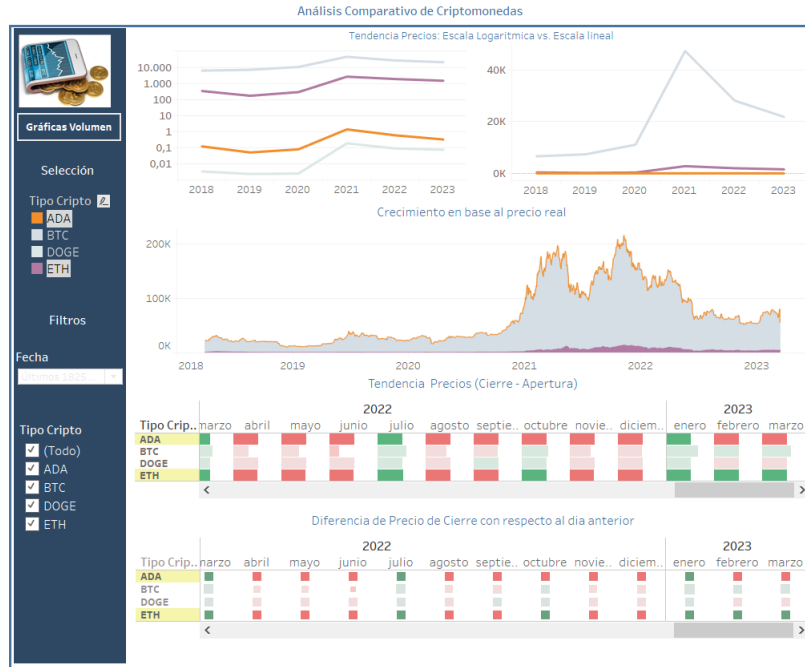


Figura 5.11: Interacción seleccionando dos criptomonedas: ETH y ADA. En el dashboard se muestran los colores de dicha selección en tonos fuertes, mientras que el resto de las criptomonedas quedan visualizados en tonos claros.

se divide en paneles para detallar su funcionamiento.

La descripción de cada uno de los paneles se detalla a continuación:

- El **panel A** es un panel de selección y filtrado de monedas, de filtrado por fecha y filtrado por volumen de transacción. Dicho panel le permite al usuario interactuar con los gráficos y volver, mediante el botón de navegación etiquetado como “Gráficas Precios”, al *dashboard* de precios.
- Los **paneles B y C** contienen gráficas que buscan responder la pregunta 3 referida al volumen de transacción de cada criptomoneda, detalladas en la sección 3.4.2.
- El **panel D** muestra la relación precio/volumen de las criptomonedas a lo largo de los años.
- El **panel E** muestra el volumen de transacción de cada criptomoneda en relación a los días de la semana y

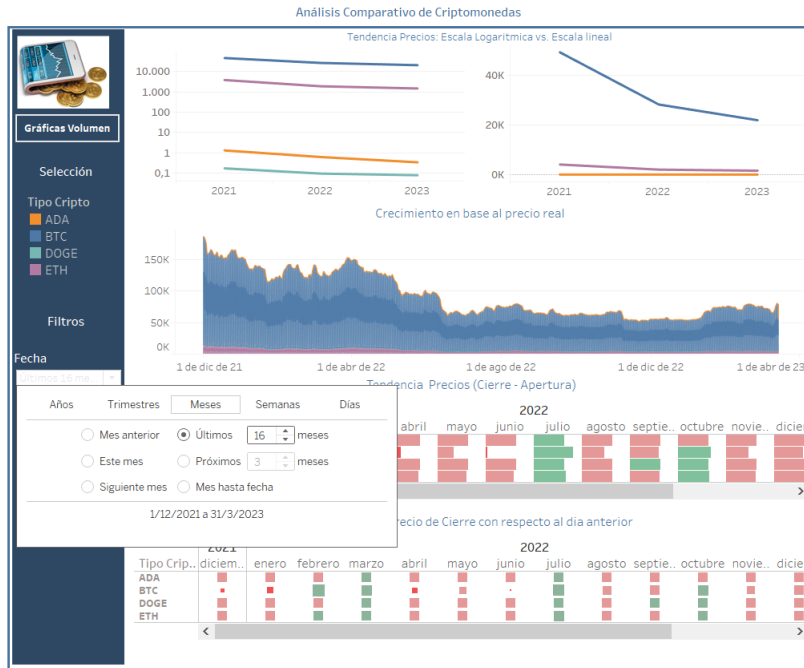


Figura 5.12: Interacción que permite el filtrado por rango temporal. En esta gráfica se puede observar un filtrado teniendo en cuenta los últimos 16 meses.

- El **panel F** detalla el volumen por meses y años de cada criptomoneda.

En el gráfico del **panel B** se representa el volumen promedio de transacciones por moneda y por unidad de tiempo. Para esto se utilizan marcas cuadradas cuyo tamaño y color está asociado al volumen promedio de transacciones registrado.

El **sustrato espacial** y el **gráfico** del panel B es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Este gráfico utiliza ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es mensual. El eje vertical (eje y) es nominal y se asocia al tipo de criptomoneda.
- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son cuadrados donde cada uno de ellos representa el promedio del volumen de transacciones de cada criptomoneda en la

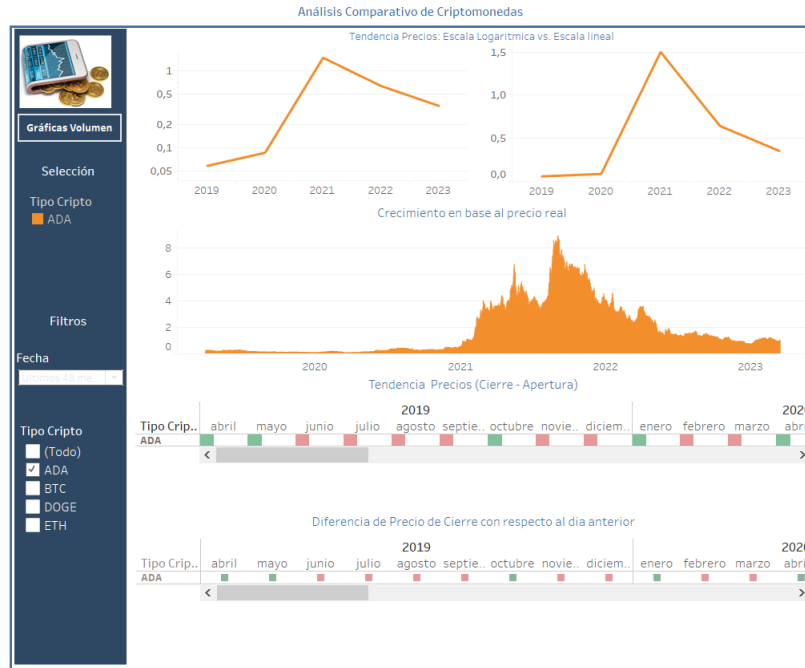


Figura 5.13: Filtrado por tipo de criptomoneda. Se filtra teniendo en cuenta la criptomoneda ADA ocultándose los valores para el resto de las criptomonedas.

unidad de tiempo correspondiente.

- Canales: Los canales utilizados son color y tamaño. El color de cada cuadrado está asociado a una criptomoneda, teniendo en cuenta una escala de colores, y el tamaño de dicha marca se asocia al volumen promedio de transacciones de las mismas en un periodo de tiempo. De este modo, cuadrados más grandes y de color más intenso implican grandes cantidades de transacciones.

En el **panel C** se muestra un gráfico de líneas cuyo **sustrato espacial** y el **gráfico** es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Este gráfico utiliza ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es anual. El eje vertical (eje y) es ordinal y se asocia al volumen de cada criptomoneda.
- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas en esta técnica

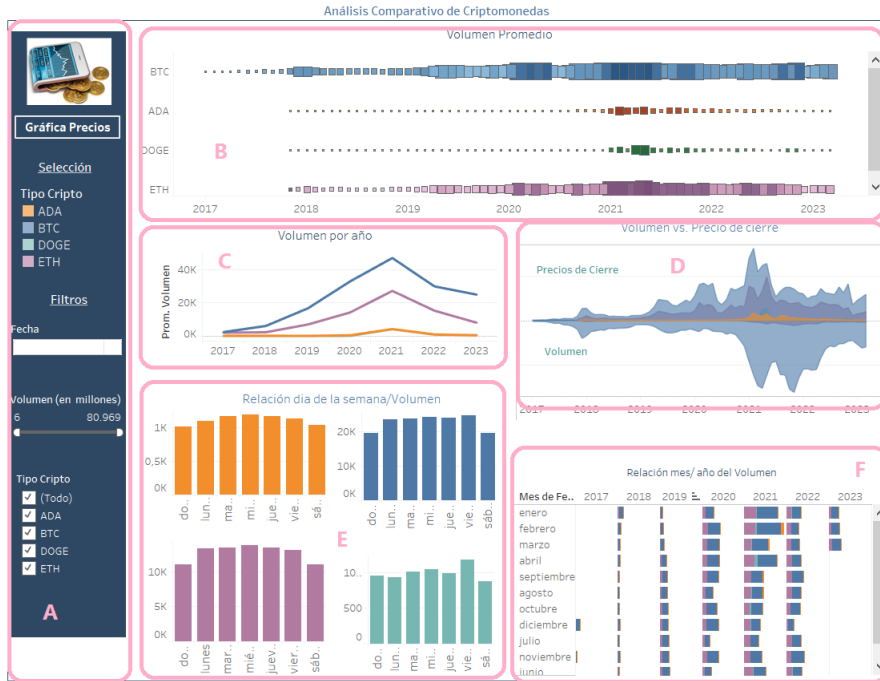


Figura 5.14: Dashboard de Volumen de Transacciones dividido en paneles.

son las siguientes:

- **Marcas:** Las marcas utilizadas son líneas donde cada una de ellas representa cada criptomoneda.
- **Canales:** El canal utilizado es el color. El color de cada línea está asociado a una criptomoneda.

En el **panel D** se representa un *Theme River*. El **sustrato espacial** y el **gráfico** es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Este gráfico utiliza 3 ejes en configuración libre [33]. Un eje se dispone horizontalmente, será ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. Los otros dos ejes (asociados al precio y volumen de las criptomonedas respectivamente) serán verticales, ortogonales al eje horizontal y orientados en direcciones opuestas. La granularidad temporal que se aplica es anual.

- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son áreas donde cada una de ellas representa cada criptomoneda.
 - **Canales:** El canal utilizado es el color y tamaño. El color de cada línea está asociado a una criptomoneda y el tamaño se asocia tanto al precio como al volumen, respectivamente.

El **panel E** está formado por 4 gráficos de barra donde el **sustrato espacial** y el **gráfico** es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Estos gráficos utilizan ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es nominal y se mapea a los días de la semana. El eje vertical (eje y) es ordinal y se asocia al volumen de cada criptomoneda.
- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son barras donde cada una de ellas representa el volumen de transaccionn.
 - **Canales:** El canal utilizado es el color y tamaño. El color de cada línea está asociado a una criptomoneda y el tamaño se asocia tanto al precio como al volumen de transacciones.

En el gráfico del **panel F** se representa el volumen de transacciones de cada criptomoneda por unidad temporal. El **sustrato espacial** y el **gráfico** es el siguiente:

- **Sustrato espacial:** Este gráfico utiliza ejes ortogonales. El eje horizontal (eje X) es ordinal y se mapea al tiempo asociándose a la dimensión “fecha”. La granularidad temporal que se aplica es anual. El eje vertical (eje y) es nominal y se asocia a los meses del año.

- **Sustrato Gráfico:** Las marcas y sus atributos visuales utilizadas en esta técnica son las siguientes:
 - **Marcas:** Las marcas utilizadas son barras horizontales donde cada una de ellas representa la cantidad de transacciones de una criptomoneda.
 - **Canales:** Los canales utilizados son color y tamaño. El color de cada barra está asociado a una criptomoneda y el tamaño al volumen de transacciones de las mismas.

5.2.2.1. Interacciones

Los filtros creados en este *dashboard* de volumen: *selección de moneda* en base al color, *selección múltiple de criptomonedas*, *cambio de granularidad temporal*, *filtro por rango temporal* y *filtro por criptomoneda* son los mismos que los detallados en el *dashboard* principal.

Sin embargo, se crea una interacción específica del propio *dashboard* de volumen. Esta interacción permite, mediante un control deslizante, seleccionar el rango de volumen de transacciones con el fin de conocer en qué periodos ocurrió y cuál criptomoneda alcanzó dicho volumen.

En la Fig. 5.15 se muestra el filtrado por volumen combinado con un filtrado temporal seleccionando los últimos 4 años. En el filtrado de volumen se selecciona el rango mayor a los 15 millones y menor a los 80 millones.

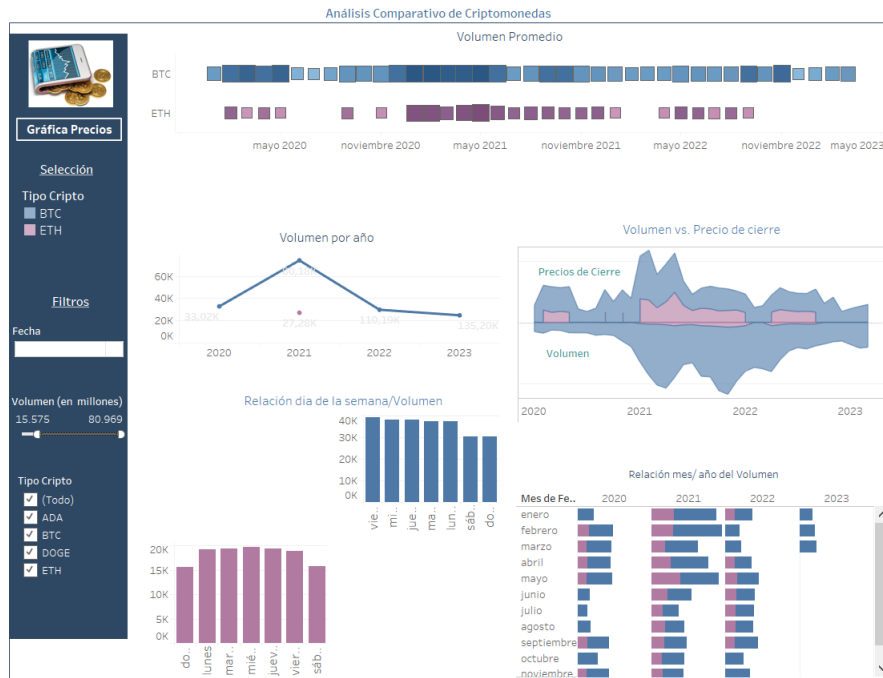


Figura 5.15: Interacción en el Dashboard de Volumen de Transacciones. Esta gráfica muestra el resultado de combinar el filtrado temporal seleccionando los últimos 4 años y el filtrado por volumen teniendo en cuenta un rango mayor a 15 millones y menor a 80 millones. Según estos filtros las criptomonedas que han alcanzado este volumen de transacciones los últimos 4 años son ETH y BTC resaltados en azul y violeta.

Capítulo 6

Resultados Obtenidos, Conclusiones y Trabajo Futuro

En este capítulo se describen los resultados obtenidos mediante el uso del prototipo de precios y volumen con sus respectivas interacciones, analizando si responde a los planteamientos iniciales en los objetivos como así también las preguntas abordadas en el Capítulo 3. Además, se analiza la factibilidad de responder nuevas preguntas con dicho prototipo. Finalmente, se especifican las conclusiones del trabajo y se presentan ideas de posibles trabajos futuros de nuestro interés.

6.1. Resultados Obtenidos

La presentación de los resultados en esta sección, está organizada de acuerdo a las preguntas planteadas en la sección 3.4.2.

En la pregunta 1 buscábamos responder lo siguiente:

P1: *En términos generales, ¿la tendencia de las criptomonedas consideradas ha sido lateral (constante), alcista o bajista?*

Para la detección de tendencias se utilizaron gráficos de líneas y áreas correspondientes al *dashboard* principal y visualizados en la Fig. 6.1, donde se observan 5 vistas

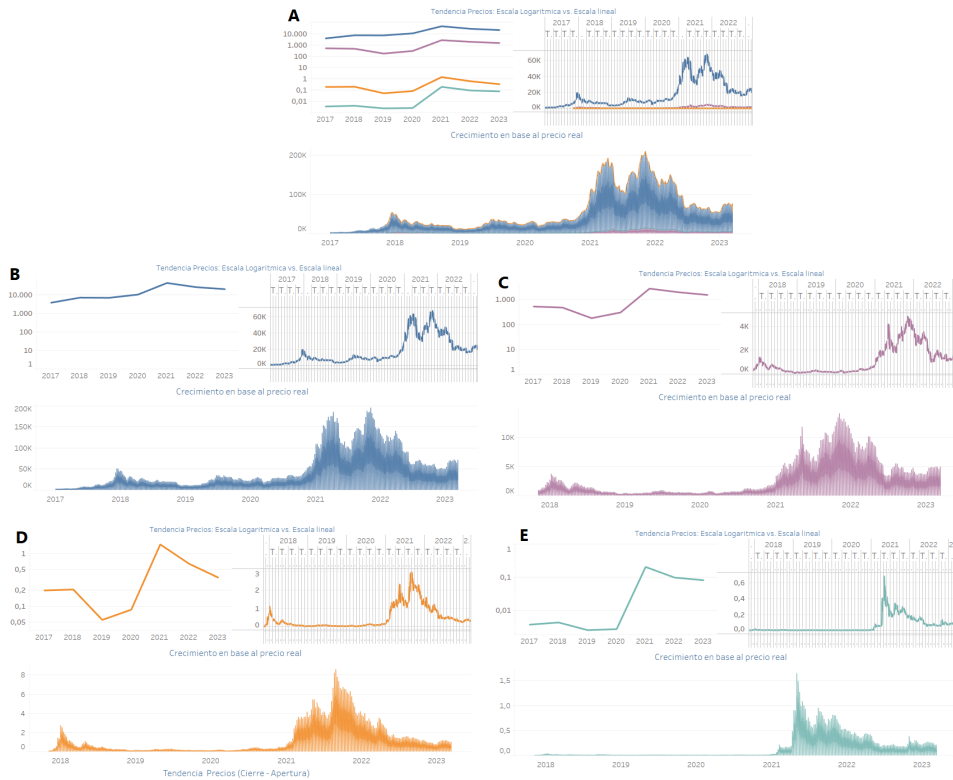


Figura 6.1: Tendencias de las 4 criptomonedas utilizando gráfico de líneas y áreas para el precio de cierre. La vista (A) muestra las tendencias de las 4 criptomonedas juntas, mientras que las vistas (B), (C), (D) y (E) muestran el comportamiento de BTC, ETH, ADA y DOGE respectivamente de forma individual mediante la utilización de filtros en el dashboard principal

rotuladas como (A), (B), (C), (D) y (E).

La vista (A) está formada por 2 gráficos de líneas con diferentes escalas (logarítmica y lineal) y 1 gráfico de áreas. Esta vista muestra el comportamiento del precio de cierre de las 4 criptomonedas en forma simultánea, donde en términos generales, se observa un crecimiento en general alcista teniendo en cuenta tanto una escala logarítmica como lineal.

Sin embargo, para tener un mayor detalle, se ha realizado un filtrado por criptomoneda dando origen a los gráficos rotulados como (B), (C), (D) y (E) para BTC, ETH, ADA y DOGE respectivamente.

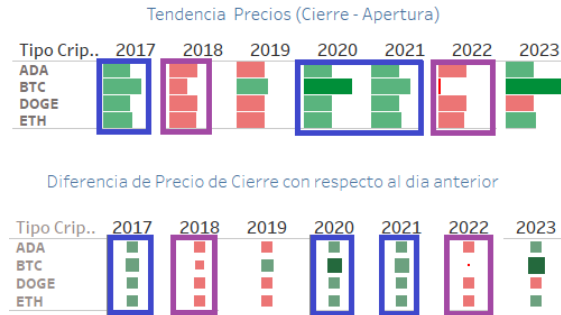


Figura 6.2: Patrón detectado en el gráfico de precios de cierre menos apertura (arriba) y diferencias con respecto a la unidad de tiempo anterior (abajo) correspondientes al dashboard principal, donde se observa el mismo comportamiento promedio anual de las 4 monedas en los años 2017, 2018, 2020, 2021 y 2022. En color verde se detallan los períodos de ganancia y en rojo las pérdidas.

La vista (B) muestra que BTC, desde sus inicios ha tenido un comportamiento alcista logrando su pico máximo en el año 2021 pero desde ese momento hasta la actualidad observa una caída considerable. La vista (C) muestra para ETH, un comportamiento similar al de BTC desde 2020 hasta la fecha, mientras que antes del 2020 se observan descensos considerables. La vista (D) muestra para ADA una tendencia alcista pero más oscilante que el resto de las criptomonedas, marcando en 2019 un pico mínimo y logrando su máximo en 2021. La vista (E) muestra para DOGE un comportamiento desde 2017 hasta 2020 casi constante pero se observa un crecimiento bastante considerable en el año 2021 y desde ese momento si bien ha tenido bajas, esos valores son superiores al de sus inicios.

P2: *Durante un período de tiempo en particular, ¿el comportamiento de una criptomoneda presenta alguna relación con otras criptomonedas? ¿Hay patrones de comportamiento en una única criptomoneda que se repiten en el tiempo? o ¿Hay patrones de comportamiento que comparten varias criptomonedas y que se repiten en el tiempo?*

En la Fig. 6.2 se puede ver una imagen donde es posible detectar períodos de ganancias o pérdidas de una criptomoneda muy similares entre todas las criptomonedas,

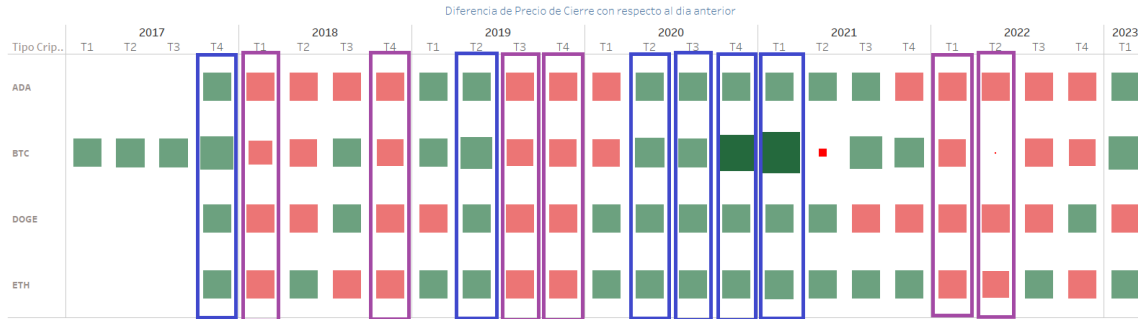


Figura 6.3: Patrones detectados en el gráfico de diferencias del dashboard principal con respecto al día anterior de cada moneda. Se observan recuadros violetas (pérdidas) y recuadros azules (ganancias) que representan el mismo comportamiento en el mismo trimestre de las 4 criptomonedas, destacándose el año 2020 donde las mismas tuvieron.

marcando BTC una diferencia en esos períodos dado que es el que tiene ganancias y pérdidas más significativas. Esto se puede ver en la gráfica mediante la observación de los tamaños de las barras, sobre todo en 2020 donde la intensidad del color implica mayores ganancias.

Cabe destacar que la cantidad de ganancias o pérdidas de BTC no es comparable con el resto de las monedas en cuanto a precio de cierre; sin embargo, se puede observar que cuando BTC cierra con pérdidas, el resto de las monedas también cierran con pérdidas y en el caso de las ganancias se comporta de forma similar. Sobre todo se puede ver que, durante casi todo el año 2020 (primer año de la pandemia Covid19), todas las criptomonedas analizadas se mantuvieron alineadas al comportamiento de BTC.

Intentando analizar comportamientos similares, pero modificando la granularidad del tiempo, se puede observar que en la Fig. 6.3 el período remarcado en azul de ganancias y remarcados con violeta los trimestres que han representado pérdidas de las 4 criptomonedas, destacándose en este caso los trimestres de mayores ganancias o pérdidas.

En la Fig. 6.4 se pueden detectar 4 patrones remarcados con rectángulos de color violeta, azul, rosa y negro asociados a cada una de las criptomonedas. El patrón violeta muestra en ADA que después de las pérdidas de los últimos 3 trimestres del año 2018

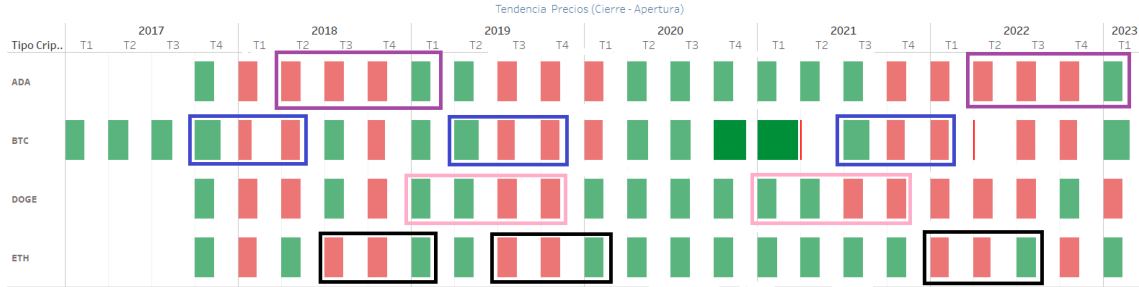


Figura 6.4: Patrones detectados en cada criptomoneda observando el gráfico de diferencias de precio de cierre menos precio de apertura en el dashboard principal.

empezó el año siguiente con un trimestre de ganancias. Esto mismo se ve reflejado a finales del año 2022 e inicio del 2023. El patrón azul en BTC encuentra que el trimestre anterior a 2 trimestres consecutivos de pérdidas ocurrió un trimestre de ganancia. El patrón rosa en DOGE muestra dos períodos de tiempo donde después de 2 trimestres de ganancias ocurrieron 2 trimestres de pérdidas. Finalmente, el patrón remarcado en negro en ETH muestra 2 trimestres de pérdidas seguido de al menos 1 trimestre de ganancia.

P3: ¿Se pueden observar patrones de tendencia de volumen de transacciones para cada criptomoneda (volumen constante, creciente o descendiente)? ¿Existe relación entre las tendencias de volumen de transacciones de las distintas monedas?

Si analizamos el gráfico de línea de la Fig. 6.5 se puede observar que a partir del año 2016 el volumen de transacciones de BTC y ETH comienzan a crecer de manera significativa hasta el año 2021. En dicho año podemos ver que en las cuatro criptomonedas se alcanza el pico máximo de crecimiento con respecto a la cantidad de transacciones. Sin embargo, luego de dicho pico comienza un período de considerables descensos en la cantidad de transacciones para las 4 criptomonedas pero manteniendo una tendencia alcista. En dicho gráfico, además se observa que la criptomoneda con mayor cantidad de transacciones es BTC seguido de ETH, siendo muy superiores a las 2 criptomonedas restantes.

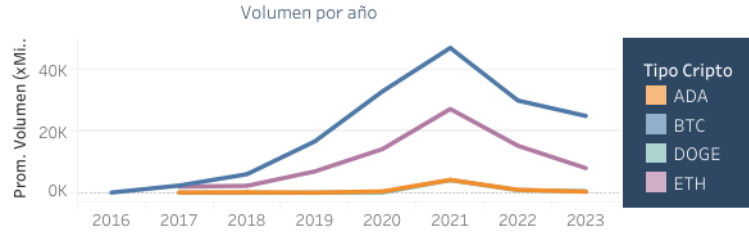


Figura 6.5: Tendencias de las criptomonedas analizando volumen de transacciones mediante un gráfico de líneas en el dashboard de volumen. Aquí se observa que la velocidad de crecimiento del volumen de BTC es muy superior al resto de las criptomonedas, encontrando para todas el pico máximo en el año 2021

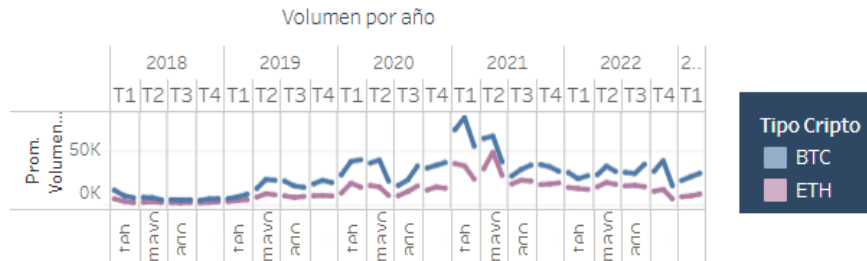


Figura 6.6: Tendencia de BTC (azul) y ETH (violeta) analizando volumen de transacciones mediante un gráfico de líneas con granularidad temporal en meses en el dashboard de volumen

Al cambiar la granularidad del gráfico de líneas, el volumen de transacciones de BTC y ETH se puede ver bastante inestable, tal como se visualiza en la Fig. 6.6.

Por otro lado, en la Fig. 6.7, se puede visualizar un mismo patrón para BTC que se repite durante el segundo trimestre del año 2020 y durante el primero y segundo trimestre del año 2021. Este patrón muestra una subida y luego una caída bastante pronunciada de cantidad de transacciones promedio.

Un patrón muy similar al anterior puede verse en el segundo trimestre de 2021 en ETH, mostrado en la Fig. 6.8. Una de las razones de estos picos pudo haber sido ocasionado por el anuncio de *Elon Musk*, el director ejecutivo de la empresa de automóviles

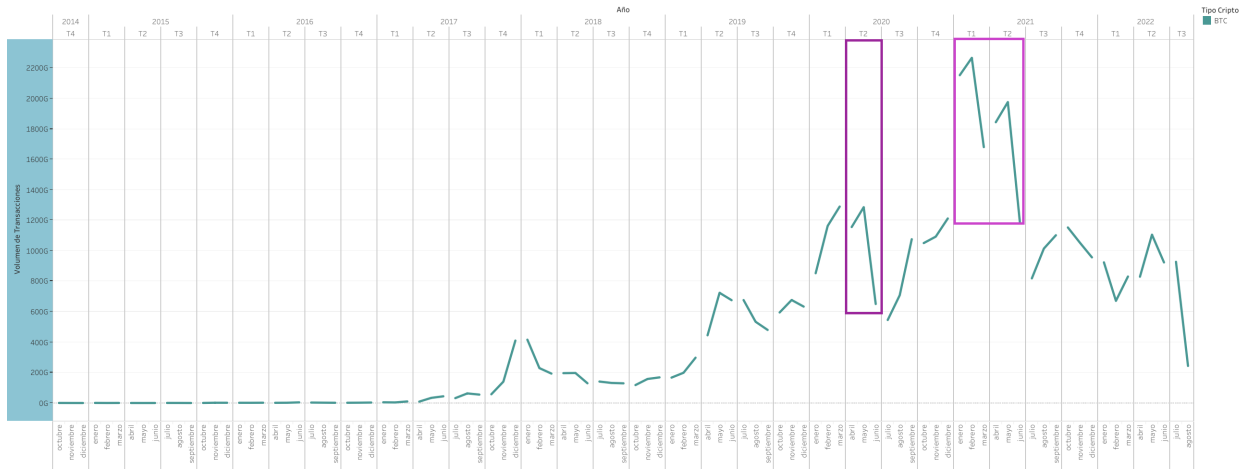


Figura 6.7: Tendencia alcista de BTC analizando Volumen de transacciones mediante un gráfico de líneas en el dashboard de volumen. Con rectángulos violetas se destaca un patrón de comportamiento caracterizado por 3 períodos de caídas abruptas.

eléctricos *Tesla*, en el cual anunciara que su empresa dejaría de aceptar *bitcoin* como pago debido al enorme costo ambiental de extraer la criptomoneda [43]. Esto no sólo afectó a BTC sino también a otras criptomonedas. Otro de los hechos que, en el mismo periodo afectó el valor de BTC, fueron las restricciones que China impusiera a las criptomonedas [44].

P4: *¿Es posible detectar períodos de tiempo en los cuales las monedas se mantengan estables o con un comportamiento en alza o en baja?*

La Fig. 6.9 nos muestra en color verde los trimestres (T4 de 2017 y T4 de 2020) en los cuales se produjeron comportamientos alcistas mientras que en rojo se muestran los períodos de tiempo (T4 de 2018, T4 de 2019 y T2 de 2022) que se presentaron comportamientos en baja más representativos considerando las 4 criptomonedas.

Uno de los factores que pudo haber afectado este comportamiento en mayo de 2022 es el llamado *criptoinvierno* [58], el cual está asociado a momentos difíciles de la economía global donde los grandes capitales prefieren refugiarse en inversiones más seguras

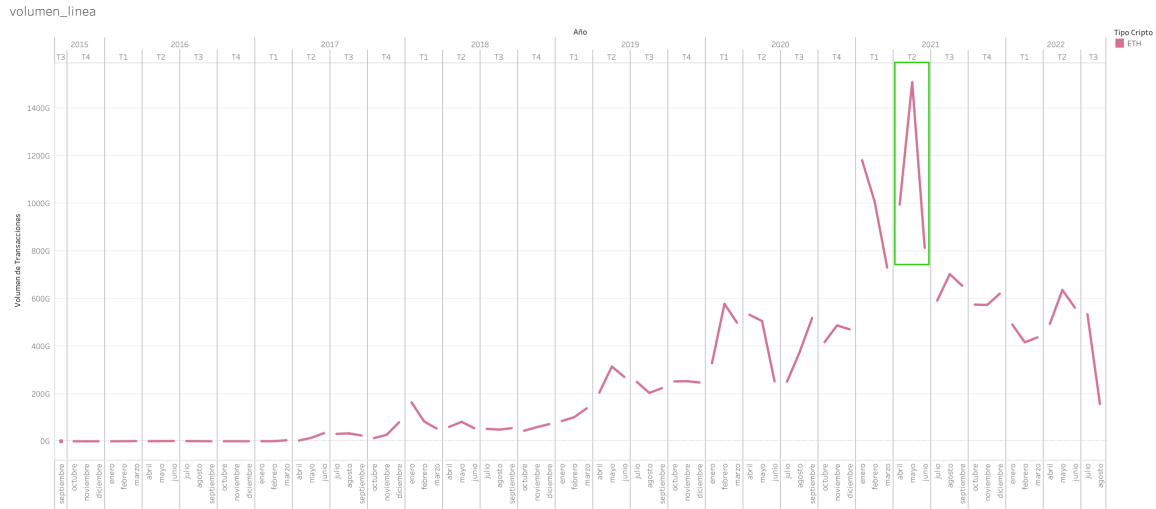


Figura 6.8: Tendencias de la criptomoneda ETH analizando el volumen de transacciones mediante un gráfico de líneas en el dashboard de volumen con granularidad mensual observándose un incremento fuerte en su volumen seguido de una baja considerable.

provocando un descenso bastante significativo en el valor de las criptomonedas.

Este patrón pudo ser detectado modificando la granularidad del eje x, llevándolo a meses, dado que de otra manera es imperceptible.

Los *dashboard* diseñados permitieron no sólo responder nuestras preguntas iniciales, sino que su exploración dio lugar a nuevos interrogantes como:

P5: ¿Cuán volátiles son las criptomonedas?

Al hablar de volatilidad nos estamos refiriendo a la frecuencia e intensidad de los cambios del precio de un activo que cotiza en bolsa en un rango de tiempo específico. Dicho valor generalmente está influenciado por hechos reales pero también por la especulación.

La Fig. 6.10 muestra a las criptomonedas ADA, DOGE y ETH con muy poca variación; sin embargo, el área remarcado de azul asociado al BTC resalta cambios muy abruptos mostrando una alta volatilidad en su precio, lo cual le permite al usuario

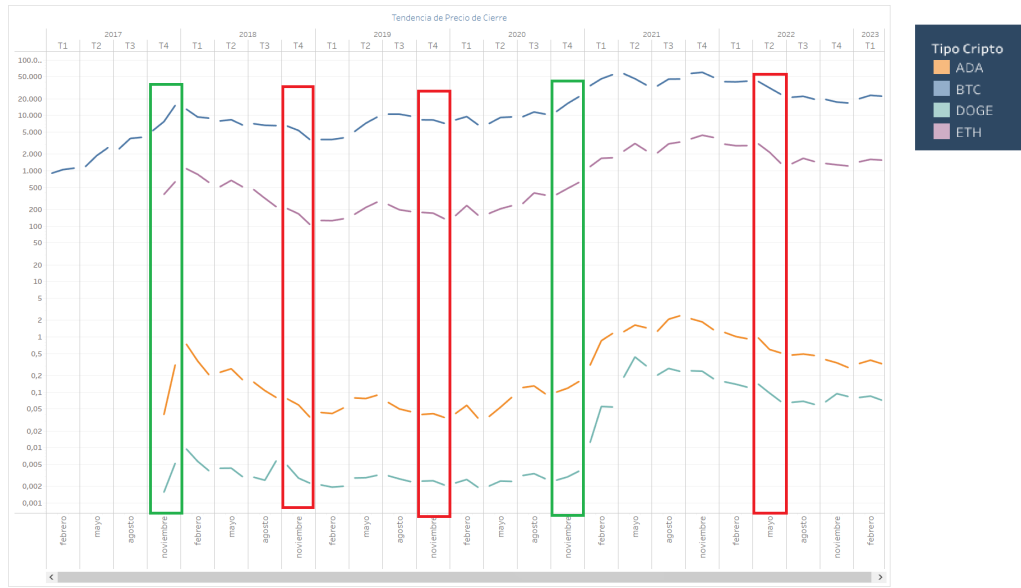


Figura 6.9: *Períodos de comportamientos en alza (rectángulos verdes) y baja (rectángulos rojos) más significativos teniendo en cuenta las 4 criptomonedas.*

conocer los riesgos que implica invertir en esta moneda, mostrándole también el comportamiento de las otras monedas que se han mantenido más estables desde sus inicios.

De esta forma, se pretende que el usuario vislumbre un panorama general y que pueda tomar la mejor decisión a la hora de invertir en alguna criptomoneda.

P6: ¿Cuáles criptomonedas son las que alcanzaron un volumen mayor a los 10 millones de transacciones y en qué período?

Según la Fig. 6.11 las criptomonedas que pasaron los 10 millones de transacciones son BTC, ETH y DOGE. Para obtener dicha figura se aplicó un filtrado teniendo en cuenta como límite inferior 10 millones de transacciones a través del control deslizante del panel A del *dashboard* de volumen.

Los períodos donde dichos valores fueron alcanzados son:

- Parte del año 2018 y desde 2019 a la actualidad para BTC: el mapa de calor mostrado en la parte superior del gráfico se pueden ver los años que la moneda superó el valor mínimo de 10 millones de transacciones. En ella se puede observar

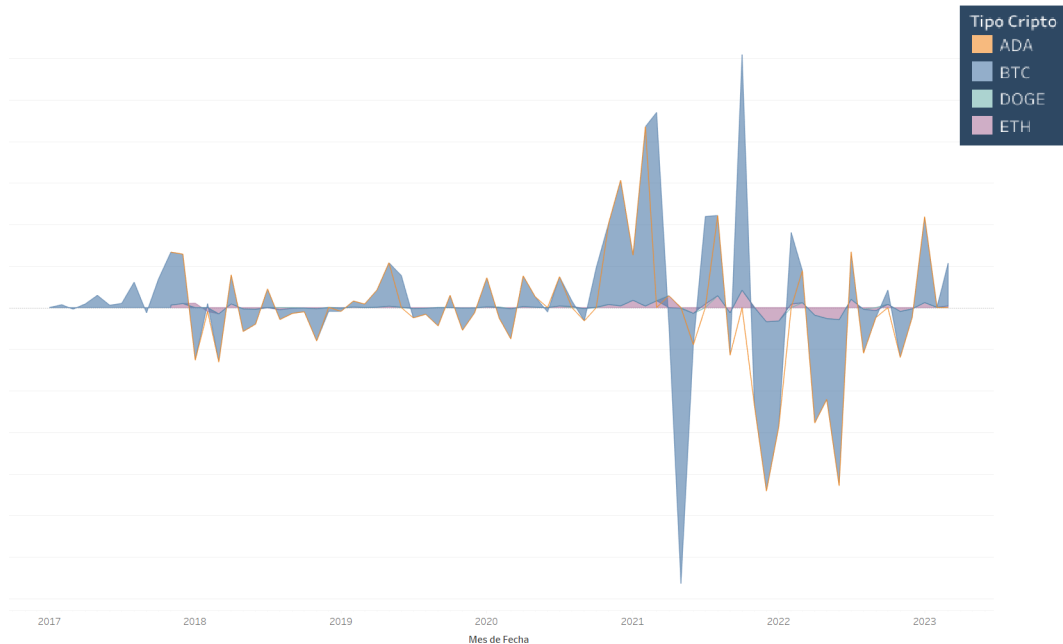


Figura 6.10: Alta volatilidad de Bitcoin sobre las demás criptomonedas en el dashboard principal

en tonos de azules más oscuros los momentos donde dicho volumen alcanzó valores máximos.

- Parte del año 2021 para DOGE: el mapa de calor muestra sólo un par de cuadrados para esa criptomoneda denotando que muy pocas veces alcanzó ese volumen de transacciones.

Por otra parte, el gráfico de barras que relaciona mes/año del volumen se puede observar con más detalle los meses del año 2021 (abril y mayo) que fueron superiores al los 10 millones de transacciones tal como lo muestra la Fig. 6.12.

- A partir del año 2020 para ETH.

P7: ¿Existe alguna estacionalidad diaria con respecto al volumen de transacciones de las criptomonedas?



Figura 6.11: Período de tiempo en el que se muestran las monedas que alcanzaron un volumen predeterminado.

Una pregunta similar es planteada en [26] buscando responder si existe el *efecto lunes* o *efecto enero* en los mercados financieros. Estos son fenómenos en los que determinados días de la semana o meses del año son muy altos o bajos respecto al resto de los períodos. En la Fig. 6.13 se pueden observar 4 gráficos de barras que corresponden a cada una de las criptomonedas. En cada uno de ellos se puede observar que los sábados y domingos son los días que menor transacciones se han realizado mientras que por ejemplo para BTC (barras azules) y DOGE (barras verdes azuladas) el día de mayor transacción es el viernes.

P8: ¿Existe alguna relación entre el precio de cierre de cada criptomoneda con respecto a su volumen de transacciones?

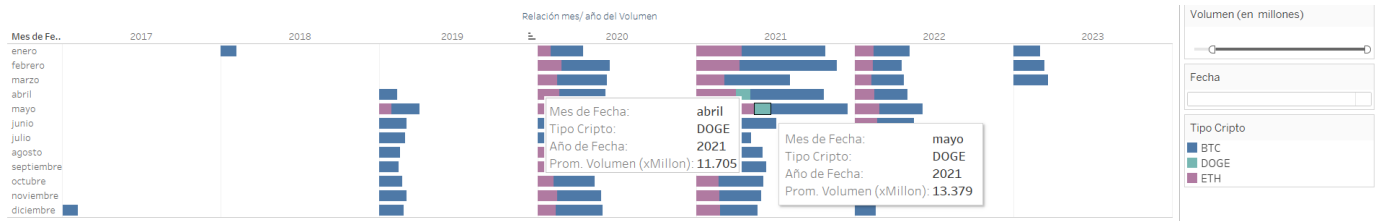


Figura 6.12: Gráfica de barras horizontales que muestra la relación mes/año del volumen de transacciones donde para DOGE los meses donde el volumen de transacciones fue mayor a los 10 millones se produce en abril y mayo de 2021.

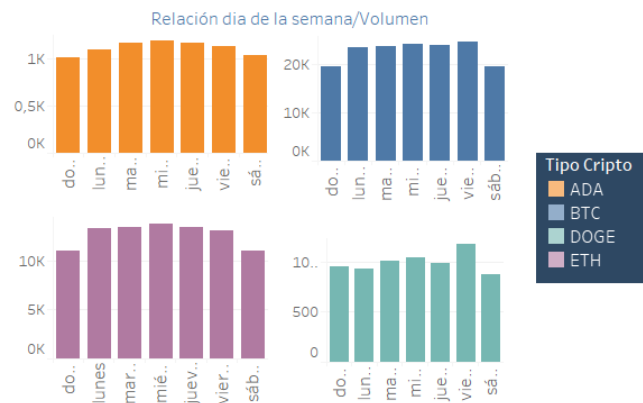


Figura 6.13: Relación día de la semana/volumen de transacciones.

Intuitivamente y por el análisis de los *dashboard* de precio y volumen es esperable que ambas variables estén relacionadas. Si observamos la Fig. 6.14 podemos concluir que en términos generales el incremento o decremento en el precio de cierre de una moneda impacta en el volumen de transacciones de la misma. En la gráfica se puede observar que los picos máximos de ambas variables se producen en períodos muy similares. Del mismo modo, los períodos de descensos se encuentran bien marcados.

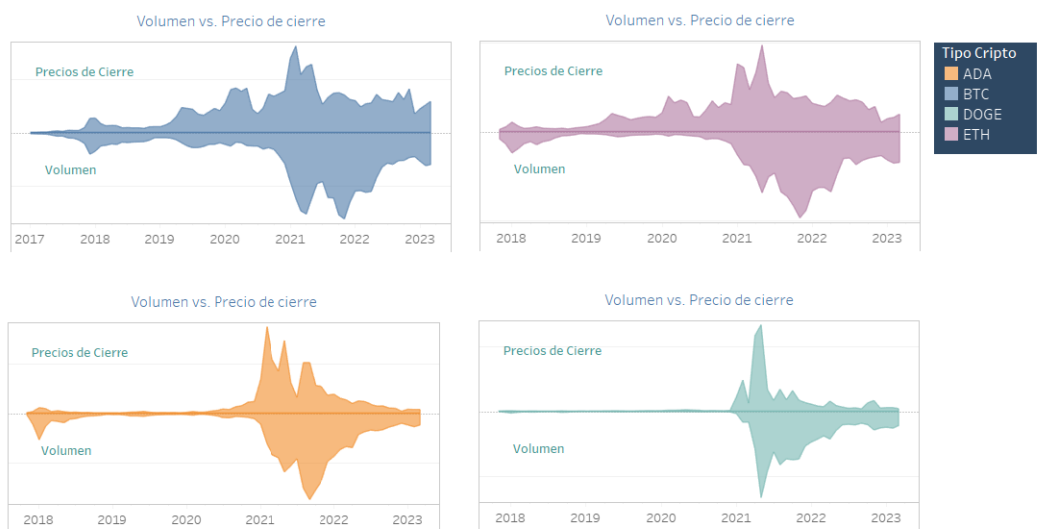


Figura 6.14: Relación precio/volumen de transacciones representado en el Theme River del dashboard de volumen

6.2. Conclusiones

En este trabajo final integrador de especialización se trabajó con el análisis visual de datos financieros relacionados con criptomonedas. Se realizó un estudio del estado del arte de los trabajos relacionados con análisis visual de datos temporales y análisis visual de series temporales, analizando su aplicación en datos financieros.

En este contexto, resulta de interés para quienes buscan generar una cartera de inversión distintas a las tradicionales, como también, analizar si las distintas criptomonedas presentan comportamientos similares o disímiles.

Inicialmente, se obtuvieron los conjuntos de datos desde repositorios públicos con los cuales trabajar y se plantearon las preguntas a responder con dichos datos.

En el estado del arte se pudo observar que hay muchas gráficas asociadas a mercados financieros y de criptomonedas en particular, pero no se encontraron visualizaciones que integraran, en un mismo gráfico, un conjunto de visualizaciones que nos permitan analizar las criptomonedas de interés desde el enfoque planteado con nuestras preguntas. En este contexto, se diseñaron soluciones tentativas a través de bosquejos (*sketch*) realizados a mano para responder dichas preguntas.

Además, se estudiaron tres herramientas configurables de visualización para elegir la más adecuada para nuestro trabajo. De ellas, se seleccionó *Tableau* con la cual se implementó el prototipo buscado teniendo como base el diseño realizado previamente.

El producto final obtenido está destinado a usuarios principiantes en el mundo de las criptomonedas que quieran empezar a trabajar con ellas y que requieran visualizar de forma simple los comportamientos históricos de algunas de éstas.

Cabe destacar que los datos temporales de precios de criptomonedas, generalmente, se detallan en tablas con valores numéricos. Observando estas tablas no tenemos ninguna información sobre el comportamiento de las mismas, mucho menos de la existencia de alguna relación entre ellas. Con herramientas de Bases de Datos, por ejemplo, es posible encontrar valores máximos, mínimos, promedios, entre otros, pero siguen siendo valores numéricos calculados.

Por lo tanto, nuestro aporte se basa en diseñar y utilizar una herramienta de vi-

sualización que permita no sólo encontrar dichos valores calculados, tendencias en el tiempo de cada criptomoneda, sino también relaciones o patrones de comportamientos entre las monedas consideradas a través de la exploración visual de los datos.

En base al trabajo realizado podemos concluir, finalmente, que si bien los gráficos creados son simples para la representación de los datos, el *dashboard* que unifica las visualizaciones (y sus interacciones) permite responder los interrogantes planteados en los inicios de este trabajo de una manera clara y sencilla. Esto permite distinguir claramente patrones de comportamiento a lo largo del tiempo, relaciones entre criptomonedas y valores de precio muy dispares entre ellas.

6.3. Trabajo Futuro

Como trabajo a futuro se propone realizar un estudio más exhaustivo de las distintas características de los gráficos de visualización financieros. Esto involucra la integración al equipo de trabajo de especialistas del dominio del problema como economistas, expertos en finanzas y/o criptomonedas.

También, se pretende realizar una implementación del prototipo en un lenguaje de más bajo nivel (*Python, R, JavaScript*) que permita, a través de librerías específicas de visualización de datos, incorporar todo el diseño original.

Por otra parte, es de interés realizar la automatización de la detección de patrones para implementar las interacciones inteligentes planteadas, que debido a las limitaciones propias de la herramienta configurable no pudieron implementarse en el presente trabajo.

Finalmente, se desea publicar en un futuro cercano, los resultados obtenidos en distintos congresos, *workshops* o eventos nacionales.

Bibliografía

- [1] Ada. <https://cardano.org/what-is-ada/>. Consultado en setiembre de 2022.
- [2] Bitcoin es una innovadora red de pagos y una nueva clase de dinero. <https://bitcoin.org/es/>. Consultado en Octubre de 2022.
- [3] Coingecko. <https://www.coingecko.com/es>. Consultado en setiembre de 2022.
- [4] Coinmarketcap. <https://coinmarketcap.com/es/>. Consultado en setiembre de 2022.
- [5] Dogecoin. <https://dogecoin.com/>. Consultado en setiembre de 2022.
- [6] Ethereum. <https://ethereum.org/es/>. Consultado en setiembre de 2022.
- [7] Google charts. <https://developers.google.com/chart>. Consultado en Septiembre de 2022.
- [8] Heat map. https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_map. Consultado en marzo de 2023.
- [9] Humblefinance. <https://humblesoftware.com/finance/index>. Último acceso Abril de 2023.
- [10] Powerbi. <https://powerbi.microsoft.com/es-es/power-bi-visuals/>. Último acceso, setiembre de 2022.
- [11] Powerbi software. <https://powerbi.microsoft.com/es-es/desktop/>. Consultado en Agosto de 2022.

- [12] Tableau software. <https://www.tableau.com/tableau-login-hub>. Consultado en Septiembre de 2022.
- [13] Using google charts. <https://developers.google.com/chart/interactive/docs>. Consultado en Septiembre de 2022.
- [14] Coinbase inc. <https://www.coinbase.com/es>, 2022. Consultado en Noviembre de 2022.
- [15] Criptonoticias. <https://www.criptonoticias.com/criptopedia-old/que-es-analisis-tecnico-at-mercado-bitcoin-criptomonedas/>, 2022. Consultado en Noviembre de 2022.
- [16] Criptonoticias. <https://www.criptonoticias.com/criptopedia/como-leer-analizar-grafico-precio-bitcoin/>, 2022. Consultado en octubre de 2022.
- [17] Criptonoticias. <https://www.criptonoticias.com/criptopedia/que-analisis-fundamental-af-mercado-bitcoin-criptomonedas/>, 2022. Consultado en Noviembre de 2022.
- [18] Investing.com. <https://www.investing-support.com/hc/es/articles/115004047269-Gráfico-de-escala-logarítmica>, 2022. Consultado en Noviembre de 2022.
- [19] Ripio. <https://www.ripio.com/ar/>, 2022. Consultado en Noviembre de 2022.
- [20] Visualizar y comunicar datos. <https://elartedemedir.com/blog/visualizar-comunicar-datos/>, Último acceso Setiembre 2022.
- [21] Wolfgang Aigner, Silvia Miksch, Wolfgang Müller, Heidrun Schumann, and Christian Tominski. Visualizing time-oriented data—a systematic view. *Computers & Graphics*, 31(3):401–409, 2007.
- [22] Wolfgang Aigner, Silvia Miksch, Heidrun Schumann, and Christian Tominski. *Visualization of Time-Oriented Data*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edition, 2011.

- [23] Dix Alan, Janet Finlay, Gregory Abowd, and Russell Beale. *Human-Computer Interaction*. Pearson - Prentice Hall, third edition, 2009.
- [24] Natalia V. Andrienko and Gennady L. Andrienko. *Exploratory analysis of spatial and temporal data - a systematic approach*. Springer, 2006.
- [25] Antonella S. Antonini, Maria Luján Ganuza, Gabriela Ferracutti, Maria Florencia Gargiulo, Kresimir Matkovic, M. Eduard Gröller, Ernesto A. Bjerg, and Silvia M. Castro. Spinel web: an interactive web application for visualizing the chemical composition of spinel group minerals. *Earth Science Informatics*, 14(1):521–528, 2021.
- [26] Aurelio F. Bariviera and Jorge de Andrés Sánchez. ¿existe estacionalidad diaria en el mercado de bonos y obligaciones del estado? evidencia empírica en el periodo 1998-2003. *Análisis Financiero*, 98:16–21, 2005.
- [27] Aurelio Fernández Bariviera. Las monedas digitales: evolución e impacto en la economía. *Revista Institucional de la Facultad de Informática*, pages 27–29, 2019.
- [28] Christian Bolliger. Stablecoins - classification of stablecoins and their impact on the financial sector, 12 2019.
- [29] Stuart K Card. *The psychology of human-computer interaction*. Crc Press, 1983.
- [30] William S Cleveland. *Visualizing data*. Hobart press, 1993.
- [31] Datademia. ¿Qué es Tableau? <https://datademia.es/blog/que-es-tableau>. Consultado en Septiembre de 2022.
- [32] Daniel Drescher. *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. Apress, 2017.
- [33] María Luján Ganuza. *Interacciones en visualización*. PhD thesis, Universidad Nacional del Sur, 2018.

- [34] S. Havre, B. Hetzler, and L. Nowell. Themeriver: visualizing theme changes over time. In *IEEE Symposium on Information Visualization 2000. INFOVIS 2000. Proceedings*, pages 115–123, 2000.
- [35] Investopedia. Ethereum historical dataset, kaggle, kaggle dataset. <https://www.kaggle.com/datasets/abhimanekj/ethereum-historical-dataset>.
- [36] Kash. Nov-21 top 10 crypto’s performance update, kaggle, kaggle dataset. <https://www.kaggle.com/code/kaushiksuresh147/nov-21-top-10-crypto-s-performance-update/data?select=Top+100+Crypto+Coins>.
- [37] Prason Kottarathil. <https://es.finance.yahoo.com/criptomonedas/>. Último acceso Agosto de 2022.
- [38] Prason Kottarathil. Bitcoin historical dataset, 2020, kaggle, kaggle dataset. <https://www.kaggle.com/prasonkottarathil/btcinUSD>.
- [39] Isabel Meirelles. Design for information: An introduction to the histories, theories, and best practices behind effective information visualizations, 2013.
- [40] Ignasi Merediz-Solà and Aurelio F. Bariviera. A bibliometric analysis of bitcoin scientific production. *Research in International Business and Finance*, 50:294–305, 2019.
- [41] Tamara Munzner and Eamonn Maguire. *Visualization analysis and design*. A K Peters visualization series. CRC Press, Boca Raton, FL, 2015.
- [42] Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 03 2009.
- [43] Español News. Dogecoin se recupera, bitcoin se hunde a medida que las criptomonedas suben y bajan en el viaje salvaje del Sr. Musk. <https://espanol.news/dogecoin-se-recupera-bitcoin-se-hunde-a-medida-que-las-criptomonedas-suben-y-bajan-en-el-viaje-salvaje-del-sr-musk/>, 14 de mayo de 2021. Último acceso Abril de 2023.

- [44] BBC News Mundo. La "bofetada" de China a las criptomonedas que hizo desplomarse al bitcoin. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-57165797>, 19 de mayo de 2021. Último acceso Abril de 2023.
- [45] Njackson2377. Heat map. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=117063692>. Consultado en marzo de 2023.
- [46] Centro para el control y la Prevención de Enfermedades. Estudios de los CDC sobre la eficacia de la vacuna contra la influenza estacional. <https://espanol.cdc.gov/flu/vaccines-work/effectiveness-studies.htm>. Consultado en marzo de 2023.
- [47] F. Reinders, F.H. Post, and H.J.W. Spoelder. Visualization of time-dependent data with feature tracking and event detection. *The Visual Computer*, 17:55–71, 2001.
- [48] Julie (Information architect) Rodriguez. *Visualizing financial data*. Online access with DDA: Askews (Economics). John Wiley and Sons, Inc., Indianapolis, IN, 2016.
- [49] Alyze Sam and Koosha Azim. 2020 complete stablecoin guide (english edition), 2020.
- [50] Victor H. Soto and Hugo Delgado. Estimación de la temperatura del aire en la alta montaña mexicana mediante un modelo de elevación del terreno: caso del volcán nevado de toluca (méxico). *Ería - Revista Cuatrimestral de Geografía*, 40:167–182, 2020.
- [51] Nick Szabo. Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday*, 2(9), 1997.
- [52] Christian Tominski, James Abello, and Heidrun Schumann. Axes-based visualizations with radial layouts. In *ACM Symposium on Applied Computing*, 2004.
- [53] Jarke J. van Wijk. Image based flow visualization. *ACM Trans. Graph.*, 21(3):745–754, jul 2002.

- [54] Hitachi Vantara. Spoon pentaho. <https://www.hitachivantara.com/es-latam/products/data-management-analytics/pentaho/download-pentaho.html>. Consultado en Julio de 2022.
- [55] Hitachi Vantara. Spoon pentaho. <https://sourceforge.net/projects/pentaho/>. Consultado en Julio de 2022.
- [56] Marc Weber, Marc Alexa, and Wolfgang Müller. Visualizing time-series on spirals. In Keith Andrews, Steven F. Roth, and Pak Chung Wong, editors, *IEEE Symposium on Information Visualization 2001 (INFOVIS'01), San Diego, CA, USA, October 22-23, 2001*, pages 7–14. IEEE Computer Society, 2001.
- [57] Hui Xu Yujie Fang and Jie Jiang. A survey of time series data visualization research. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [58] Ámbito. ¿Terminó el cripto invierno? Esto dicen los analistas. <https://www.ambito.com/finanzas/criptomonedas/termino-el-cripto-invierno-esto-dicen-los-analistas-n5487015>, 2022. Último acceso Abril de 2023.