

Javier Gil Antuñano Focillas
Trabajo de fin de grado
201600851



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Trabajo de Fin de Grado:
Las Finanzas cuantitativas en la era del “Big Data”

Autor: Javier María Gil Antuñano

Director: Leandro Sergio Escobar Torres

TFG: Las Finanzas cuantitativas en la era del “Big Data”

Titulo:

Las Finanzas cuantitativas en la era del “Big Data”

Objetivo:

- El objetivo final de este trabajo de fin de grado será el de ser capaz de entender el concepto del análisis cuantitativo de las finanzas, ser capaz de aplicar los conceptos matemáticos subyacentes, poder explicar de forma comprensiva que son las finanzas cuantitativas empleando la terminología adecuada y finalmente poder presentar mi visión sobre el cambio que esta área de las finanzas sufrirá con las nuevas tecnologías como son el “Big Data” y sus distintos modos de implementación.

Metodología:

- La metodología será la siguiente: Primeramente, se realizará una búsqueda de información, posteriormente se descartará aquella información que sea redundante, repetitiva, o que no tenga relación con el tema en cuestión. Una vez tenga la información adecuada comenzará la redacción del trabajo, usando y citando las fuentes de información. Por último, se aplicarán las correcciones sugeridas por el tutor.

Resumen:

Las finanzas cuantitativas son el resultado de la aplicación de modelos matemáticos al campo de las finanzas. Este campo se ha podido desarrollar gracias al aumento de la información disponible. El Big Data se refiere a la acumulación de información.

Ambos conceptos por si mismos han demostrado ser tremendamente útiles en sus distintas áreas. Las finanzas cuantitativas en la predicción de riesgos y en su capacidad para establecer el precio de activos financieros tremendamente complejos. El Big Data ha revolucionado todos los campos en los que se ha aplicado, desde la agricultura a las finanzas pasando por la sanidad y la tecnología.

Los dos conceptos funcionan en perfecta consonancia en un modelo o cadena de Markov. Ayudan a predecir tendencias en los mercados financieros en una variedad de escenarios. Escenarios que se basan en la pandemia del COVID-19 en la que se ve sumergida el mundo en el 2020.

Pese a que ambos conceptos son relativamente jóvenes y su relación es un tanto prematura ya están dando que hablar. De continuar esta relación, lo cual es altamente probable, la relación entre las finanzas cuantitativas y el Big Data revolucionará el campo de las finanzas.

Índice:

Introducción:

- Relevancia del trabajo.
- Definición de los conceptos.
- Historia de los conceptos.
- Estructura.

Conceptos:

- Finanzas cuantitativas.
 - a. Aplicaciones de las finanzas cuantitativas.
 - b. Métodos de cálculo.
- Big Data.
 - a. Generación de las bases de datos.
 - b. Aplicaciones del Big Data.

Modelo:

- Objetivos.
- Elección del modelo.
- Escenarios.
- Conclusión del modelo.

Conclusiones:

- Sinergias entre ambos conceptos.
- Ventajas.
- Inconvenientes.
- Conclusión.

Javier Gil Antuñano Focillas
Trabajo de fin de grado
201600851

1.Introducción:

1.1. Relevancia:

Este trabajo de fin de grado pertenece al departamento de métodos cuantitativos de la universidad Pontificia de Comillas Icade. Versará sobre como las finanzas cuantitativas se verán afectadas en el futuro próximo debido al mayor acceso a los datos, propiciado por una mayor recolección de información; este fenómeno es conocido como el Big Data.

La relevancia de este trabajo reside en su **actualidad**. Gracias a la digitalización, la sociedad actual está impulsada por la información. En una era donde gran parte de la población mundial dispone de un teléfono móvil, la información se expande a una velocidad nunca vista. Hoy en día más que nunca la información trasciende el entorno social y tiene repercusiones económicas. Si se destapa un escándalo empresarial la cotización bursátil de esa empresa se ve afectada. Si una personalidad de las redes sociales critica una compañía, sus ventas caen. A la digitalización se le suma la impaciencia de los consumidores. El consumidor actual tiene todos los productos en internet.

La relevancia de la información y la impaciencia conjuntas han generado la **necesidad de tener más información** sobre el cliente. La necesidad de recabar información sobre los mismos. Para poder ofrecer anuncios que le interesen, productos que pueda necesitar, servicios que le parezcan interesantes, y todo esto antes de que el cliente lo necesite.

Debido a esto el entorno empresarial actual está regido por la información. El mundo de las finanzas no iba a ser diferente y las **finanzas cuantitativas son parte de la respuesta** a este nuevo entorno económico impulsado por la información.

1.2. Definiciones:

Estas dos primeras definiciones tienen un valor informativo. En este apartado las definiciones serán simples y comprensibles. Conforme se vaya desarrollando el trabajo estas definiciones se volverán más completas.

Las finanzas cuantitativas, las finanzas cuantitativas es el uso de **modelos matemáticos** aplicados a bases de datos de gran capacidad, para analizar un mercado o un producto financiero, por ejemplo, para decidir el precio de los derivados o para analizar el riesgo que implica cierta inversión. (“Análisis Cuantitativo” 2017)

El concepto de **Big Data** se traduce literalmente por datos grandes, y se refiere al **gran volumen de datos** o data que está al alcance de la mayoría de los usuarios. Estas grandes bases de datos se han ido generando gracias al uso de internet, y gracias al uso constante de buscadores como Google. Muchas de las páginas web a las que usted accede de forma habitual recopilan información sobre que hace usted cuando está en su página web. Esto es perfectamente legal puesto que usted lo ha aceptado cuando aceptó la política de privacidad que nunca se leyó. (Rouse, 2017)

Una vez que quedan establecidas las definiciones de ambos conceptos. Se observa a simple vista la relación entre los dos. Las finanzas cuantitativas se nutren de **información** y el Big Data no es otra cosa que la acumulación masiva de data o **información**. La relación entre ambos conceptos es obvia.

1.3. Historia:

El origen de las **finanzas cuantitativas** se encuentra en el principio de la década de los setenta en Estados Unidos. Uno de sus precursores sería **Henry Markowitz**, que aplicó fórmulas matemáticas para calcular el precio de bonos y acciones en su tesis doctoral publicada en el 52, “*Portfolio selection*”. El otro personaje relevante en esta área fue Robert Merton, que aplicó el cálculo estocástico al campo de las finanzas.

Más adelante el modelo Black-Scholes-Merton, proporciono a sus autores con un premio Nobel en 1997. (“ La reinención de la economía a través de las Finanzas cuantitativas” 2019)

El origen del **Big Data**, refiriéndose al concepto descrito en este trabajo. Se remonta a 1990 y fue acuñado por el científico jefe de Silicon Graphics **John Mashey**. Sobre esto existe cierta controversia debido a la simpleza del término Big Data.

El Concepto del Big Data no tuvo la relevancia que tiene hoy en día hasta la invención del internet y el uso generalizado de buscadores como Google. (Lohr, 2013)

1.4. Estructura:

El trabajo está dividido en tres bloques:

Bloque 1: Marco conceptual del trabajo, este bloque presentara los **conceptos** con mayor detalle. Explicando en el caso de las finanzas cuantitativas los métodos de cálculo más populares y las aplicaciones más populares. En el caso del Big Data, el proceso previo a que se puedan emplear las bases de datos, y las aplicaciones más populares.

Bloque 2: Aplicación práctica, este bloque **ejemplificará** los conceptos y aplicaciones del bloque 1. En este bloque se empleará una cadena de Markov como modelo para las finanzas cuantitativas. Se explicarán los distintos pasos que se han seguido para confeccionar el modelo.

Bloque 3: Conclusiones, este bloque recogerá las **conclusiones** del trabajo. Las sinergias entre ambos conceptos, las ventajas, los inconvenientes. y una conclusión sobre cómo se verán afectadas las finanzas cuantitativas en la era del Big Data.

2. Conceptos:

2.1. Finanzas cuantitativas

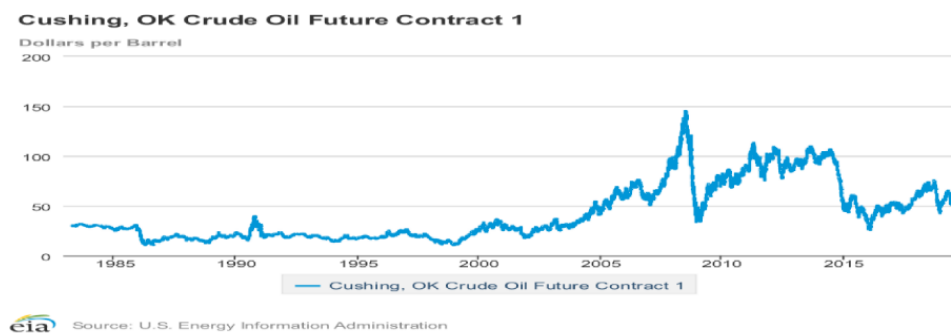
2.1.1. Aplicaciones de las finanzas cuantitativas:

Las **finanzas cuantitativas** tienen infinidad de aplicaciones dentro del mundo de las finanzas. Se pueden aplicar a cualquier uso que requiera información, solo estudiará las aplicaciones más populares. (Quantitative Finance, 2020)

- Precio de derivados:

Una de las aplicaciones de las finanzas cuantitativas es la de poner el precio a activos financieros como pueden ser los derivados, futuros, swaps o repos. En este apartado se explicarán las dos formas más comunes de calcular el precio de los derivados.

Imagen 1:

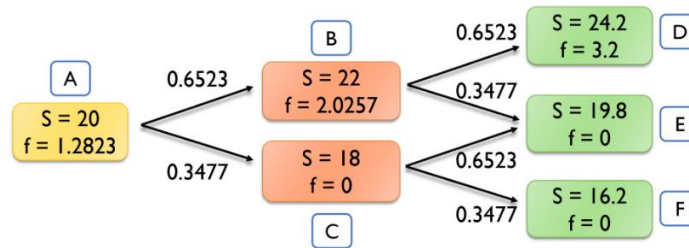


Cualquier persona con acceso a internet puede consultar el precio de cualquier derivado y verá una gráfica como la siguiente (Imagen 1). Este tipo de grafico representa los distintos precios de los distintos derivados según su fecha de madurez.

Si la curva tiene una pendiente positiva se encuentra en una situación denominada Contango y si la pendiente es negativa se encuentra en una situación denominada Backwardation.

Existen diversas formas de calcular el precio de estos activos, este trabajo se centrará en dos, los **árboles binomiales** y el **modelo Black-Scholes-Merton**. La primera es un método de cálculo más simple basado en probabilidades (Imagen 2).

Imagen 2:



Se puede apreciar que el precio del derivado es A; S=20, y las distintas situaciones representaría lo que acontecería si el precio del activo subiese (0.6523) o si bajase (0.3477) transcurridos tres y seis meses. El valor f indica las ganancias o las pérdidas que se tendrían si esta situación ocurriese. Las probabilidades de subida o de bajada dependen enteramente del mercado. En este ejemplo en concreto se puede observar que cuando el precio del derivado baja de los 20 la f=0 esto es debido al uso de una Put Option, la cual limita las pérdidas que puede sufrir la persona que tenga este contrato, este tipo de opciones no son gratuitas, llevan un coste adicional al precio del activo.

El segundo método para establecer el precio de estos activos es el modelo de **Black-Scholes-Merton**. Este modelo es más complejo y preciso. El método de cálculo esta explicado en el (Imagen 3)

Para poner precio a una opción europea se aplica la siguiente formula:

Imagen 3:

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$

$$p = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

c=Precio de call

p= Precio put

S0= Precio actual del derivado

N= valor en la distribución normal del valor d1 y d2

K = Strike price

r = risk free

T = tiempo

La fórmula que se aprecia en la imagen 3 es la fórmula para **tiempo discreto**. Cuando esta fórmula se lleva a **tiempo continuo** se produce el Modelo Black-Scholes-Merton.

El Modelo Black-Scholes-Merton es más preciso, pero tiene sus limitaciones, este modelo se usa principalmente y de forma casi exclusiva para calcular el precio de instrumentos financieros relacionados con el petróleo, principalmente los **derivados del petróleo**.

- **Gestión del riesgo:**

Una aplicación de las finanzas cuantitativas es la gestión del riesgo. Esta faceta de las finanzas cuantitativas puede aplicarse tanto a grandes empresas como a personas individuales.

En el caso de las grandes empresas la gestión de riesgos se emplea a la hora de estudiar la viabilidad de una inversión o en la **gestión del portfolio** de inversiones de una empresa. Empleando el ejemplo de un fondo de pensiones, estos fondos tienen reguladas las inversiones. Estas regulaciones se basan en el riesgo de estas inversiones. Si se puede calcular con mayor precisión el riesgo de estas inversiones puedan abrir la posibilidad a nuevas inversiones de las cuales se pueda obtener una mayor rentabilidad y así obtener una ventaja competitiva.

En el caso de las personas individuales la gestión de riesgo está más relacionada al **perfil de riesgo del individuo**. Esta labor es llevada a cabo por un gestor de patrimonios. El gestor que sea capaz de adaptar las inversiones de sus clientes a sus perfiles de riesgo podrá generar una mayor rentabilidad para estos y obtener así una ventaja competitiva.

Existen diversos tipos de riesgos:

- **Riesgo de crédito:** riesgo relacionado con la probabilidad de que un acreedor no reciba pago de un préstamo o lo reciba con atraso.

- **Riesgos de mercado:** riesgo a que el precio de un activo se vea afectado de forma negativa por alguno de los elementos que delimitan su precio. Estrechamente relacionado con la volatilidad de un activo.
- **Riesgo operacional:** riesgo a que existan pérdidas financieras por fallo de alguno de los elementos que conforman la operación. Fallo de las personas, de los equipos técnicos o de los modelos matemáticos, entre otros. (Calle, 2018)
- **Riesgo de liquidez:** riesgo a que una persona o una empresa no pueda afrontar sus obligaciones a corto plazo. Este riesgo ha tomado especial importancia desde la crisis del 2007 y durante esta pandemia.
- **Otros riesgos:** legal, dependencia y tecnológico, entre otros.

- **Predicción:**

Otra aplicación que tienen las finanzas cuantitativas es el **cálculo de tendencias**, en concreto el cálculo de tendencias en los mercados financieros. Las finanzas cuantitativas se usan para calcular si el mercado tiene una tendencia alcista, una tendencia a la baja o se va a mantener. Concretamente el proceso consiste en calcular la posibilidad de que sucedan cualquiera de estos escenarios. Para ello se emplean modelos matemáticos como la cadena de Markov. Este modelo será explicado con mayor profundidad más adelante en este trabajo.

Otras aplicaciones de las finanzas cuantitativas pueden ser: generar predicciones, trading de alta frecuencia, validación de modelos, entre muchas otras.

2.1.2. Métodos de cálculo:

Las finanzas cuantitativas tienen diversos métodos de cálculo, todos ellos se llevan a cabo empleando distintos **modelos matemáticos**, pese a que se pueden usar distintos modelos matemáticos con la misma finalidad hay modelos que se adaptan mejor que otros a ciertas situaciones. Algunos de los modelos que se usan con más frecuencia en las finanzas cuantitativas son:

- El modelo de Black-Scholes-Merton
- El modelo de regresión lineal

- El modelo o cadena de Markov

Con la finalidad de hacer más comprensibles estos conceptos, más adelante en este trabajo se generará un modelo matemático para ejemplificar una de las aplicaciones que tienen las finanzas cuantitativas. En este modelo no solo se explicará la matemática por la que se rige este modelo, también se explicarán los resultados que se obtendrán del modelo.

2.2. El Big Data

Las aplicaciones del **Big Data** son muy variadas tan variadas como las aplicaciones tiene la información. Por ejemplo, una empresa multinacional puede emplear la información para ver como de eficiente es su proceso de producción y la frutería de la esquina puede emplear la información para saber cuáles son las frutas más consumidas y cuanto tarda su proveedor en enviárselas, teniendo así siempre fruta en stock y aumentado su flujo de caja.

El Big Data se basa en Vs (Logicals, 2014):

- **Volumen**: tener una gran cantidad de datos, y una gran capacidad de almacenamiento.
- **Variedad**: que estos datos sean diversos, esto determina la riqueza de una base de datos.
- **Velocidad**: rapidez en el flujo y acceso a los datos

Con el paso del tiempo los autores han añadido mas Vs: **valor, volatilidad, viabilidad, veracidad, variedad y visualización.**

2.2.1. Generación de bases de datos:

El Big Data es una forma de referirse a un gran volumen de datos. La **acumulación de esta información es constante**, esta información es recolectada por buscadores como Google para ofrecer al usuario una publicidad personalizada, o empresas como Amazon para ofrecer productos a sus clientes. (Fuertes, A. (2020))

Estas empresas obtienen los datos mediante la **minería de datos**, esto es un proceso que se basa en analizar bases de datos para encontrar patrones escondidos en los terabytes de información que

recolectan de sus usuarios. Para encontrar estos patrones emplean algoritmos y diversos métodos. Este proceso lo realizan entre otros ingenieros y programadores.

La información que recolectan estas compañías se divide en dos, datos **estructurados** y los no estructurados o **desestructurados**.

Los primeros los datos estructurados son aquellos datos que si están correctamente catalogados y que están **listos para que pueden ser empleados** y extraer valor de ellos. Los segundos, los datos no estructurados son datos que como su propio nombre indica son datos que no tienen una estructura identificable, estos datos pese a que pueden tener valor por descubrir, **no tendrán ningún valor tangible hasta que no se hayan ordenado y catalogado apropiadamente** (Ferreiro, 2019.).

Los datos se pueden estructurar de diferentes maneras según qué tipo de datos sean o cual es la finalidad que se le quiere dar a esos datos:

- **Registro:** “esta estructura reúne los datos que han sido agregados” lo que se busca conseguir empleando esta técnica es unir los datos que tienen un valor común.
- **Vector:** “se basa en concentrar los elementos dando lugar a una estructura ordenada y relacionada” esto crea que los datos que están relacionados de una forma determinan restan relacionados de una forma determinada. “Para una mejor facilidad de uso se aplican palabras de memoria que ayudan a su organización, mientras que también hay que tener en cuenta que es factible que los arreglos puedan sufrir cambios de tamaño. De forma derivada el vector asociativo permite que sean eliminados pares nombre-valor dependiendo de las exigencias del programador y del contexto.”
- **Unión:** forma en la cual se agrupan distintos datos dando solo cobijo a un valor determinado. Aquí se emplea el valor de tipo de variante.

Estos son solo los métodos más comunes, existen diversas formas de organizar la información.

(Arya, J. C., & Lardner, R. W. (2009))

2.2.2. Aplicaciones actuales del Big data:

- **Económicas:** cualquier aplicación que acabe repercutiendo en el **funcionamiento de una empresa** sin importar su tamaño acaba resultando ser una aplicación económica. Ya sea la reducción de costes, un aumento en la eficiencia todos los efectos acaban favoreciendo la economía.
- **Financieras:** estas aplicaciones son muy diversas, alguna de las más relevantes es la que está empleando el fondo de inversión **Renaissance Technologies**. Estos matemáticos e ingenieros son capaces de encontrar patrones entre elementos entre a los que a simple vista no existe ninguna relación. Una relación que encontrarían sería: Una subida de precio del petróleo debido a una subida de la temperatura en el sudeste asiático.
- **Agricultura:** la empresa **John Deere** originalmente se dedicaba en su totalidad a producción y venta de tractores, cosechadores y demás maquinaria pesada necesaria para que un campo de cultivo pueda producir. Pues ahora gracias a la acumulación de datos es capaz de recomendar que cultivos son más adecuados para el tipo de sedimento en el que se está cultivando, o que patrones de regado establecer para el cultivo teniendo en cuenta la temperatura y la humedad.
- **Sanitarias:** imagínese una base de datos donde estuviesen **todos los procesos médicos jamás realizados**, imagínese esas bases de datos en las manos de los profesionales sanitarios, una especie de Wikipedia sobre los procesos médicos. En los hospitales se puede aplicar el Big Data para ver el número de camas disponibles, el tiempo medio que un paciente ocupa una cama, cual es el coste por paciente que entra en urgencias, o para tener la capacidad de catalogar a los pacientes por riesgo y así determinar que pacientes tienen preferencia frente a otros.
- **Tecnológicas:** la mayor aplicación tecnológica del Big Data es ser capaz de alimentar la **AI, o inteligencia artificial**. El objetivo final es tener semejante base de datos que cualquier AI sea capaz de cumplir su función a la perfección y de la forma más eficiente posible, y que gracias a esto sea capaz de aprender y crear nuevos procesos o mejorar los ya existentes. Un claro ejemplo de esto son los ordenadores que usan la AI para jugar al ajedrez, estos ordenadores conocen todas las posibles combinaciones que se pueden

realizar en una partida de ajedrez y gracias a esto han sido capaz de generar nuevas jugadas. Una aplicación más cotidiana es el autocomplete de Google.

- **Sociales:** al igual que en el caso de las aplicaciones económicas la **sociedad se acaba beneficiando** de todas las aplicaciones que tiene el Big Data, porque este hace los procesos más eficientes rebajando así el precio final del producto o haciendo que el servicio sea más eficiente, más rápido y fluido. Por ejemplo: la gestión del tráfico de vehículos en una ciudad, adaptando las calles y los semáforos dependiendo de la hora que sea.
- Estas aplicaciones del Big Data tienen fines positivos, pero el manejo de grandes bases de datos que contienen información sobre individuos puede emplearse para desinformar, engañar y muchos otros fines. El ejemplo más mediático fue el de **Facebook y Cambridge analítica**.

Teniendo en cuenta la euforia que existe con respecto al Big Data es necesario hacer una clarificación, **la data en si es inútil**, tener data por tenerla es inútil excepto que se trate de una compañía como Amazon, Google o Facebook, que pueden emplear inmensidad de recursos en la minería de data con el fin de realizar algún nuevo descubrimiento.

Esta diferencia está muy bien explicada en uno de los libros que se han empleado para la búsqueda de información que se realizó previa a la redacción de este trabajo. Este trabajo no busca de ninguna forma promocionar el libro o a su autor, pero considero que si el lector está interesado en el tema que trata este trabajo el libro en cuestión puede aportar valor, ya que entra en mayor detalle en temas que no se tratan en este trabajo de fin de grado.

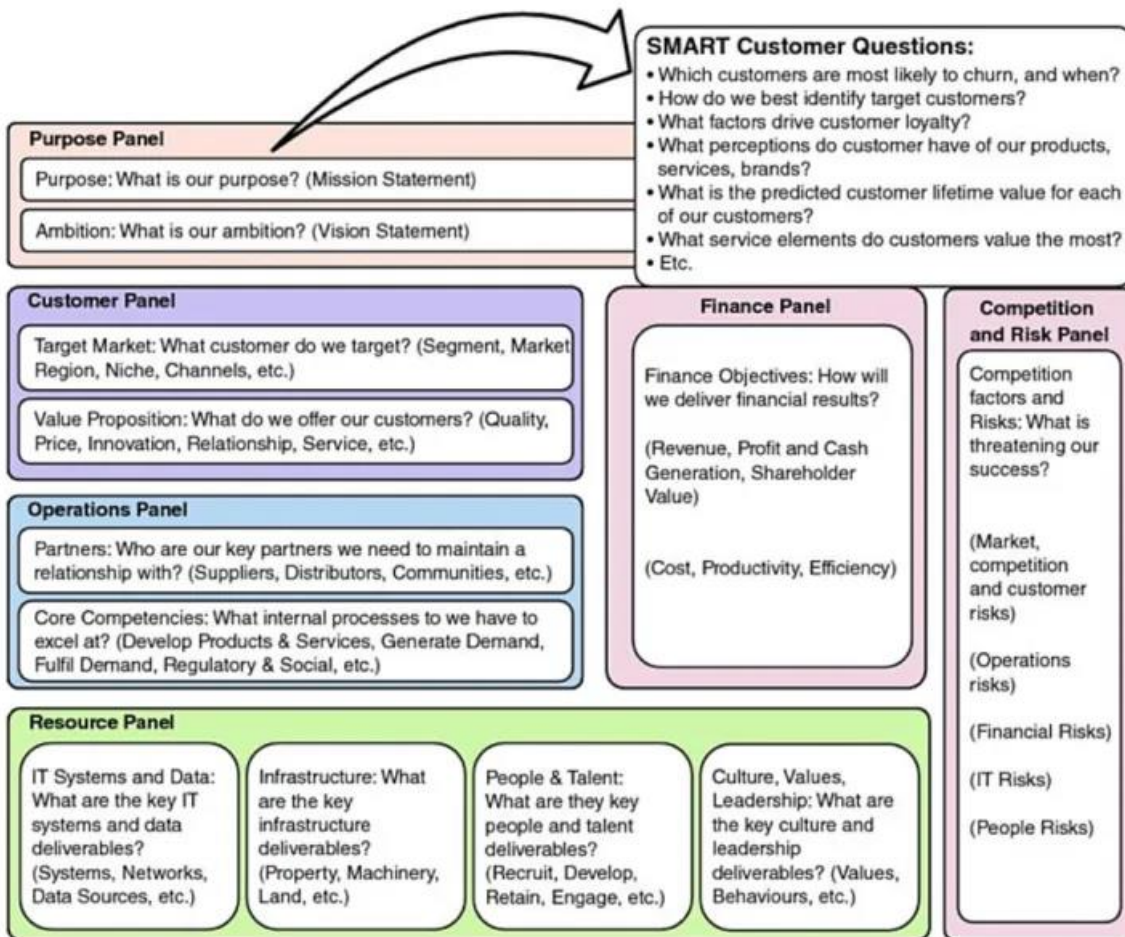
El libro en concreto es: *“Get Smart-Learn to convert promise of big data unto Real Word Success”* en los siguientes apartados:(Marr, 2015)

- Estrategia: Cual es mi problema
- ¿Cuál es el objetivo que quiero conseguir?
- ¿Qué recursos tengo a mi disposición?
- ¿Son suficientes estos recursos?
- De no ser suficientes ¿Dónde puedo acceder a más información?

- ¿He solucionado el problema?

Este libro presenta un esquema de con recomendaciones sobre como emplear la herramienta de Big Data (Imagen 4).

Imagen 4:



3. Modelo:

3.1. Objetivos:

El modelo aplicado a este trabajo tiene una serie de objetivos relacionados con el trabajo y uno objetivo no relacionado con el trabajo.

El objetivo no relacionado con el trabajo se refiere al **éxito matemático del modelo**. Que presente resultados consistentes y coherentes.

Los objetivos relacionados con el trabajo son: que sirva como **ejemplo** para los conceptos teóricos explicados en el segundo apartado del trabajo. Hacer que los conceptos sean **más comprensibles**. Clarificar la relación entre los conceptos.

3.2. Modelo:

Antes de comenzar a plantear el modelo primero se debe entender el modelo que se está planteando en este trabajo, cuáles son las características principales del modelo y las ventajas e inconvenientes. El modelo que se va a emplear es **La Cadena de Markov**. La cadena de Markov o modelo de Markov es un proceso estocástico discreto en el que la probabilidad de que ocurra un evento depende solamente del evento anterior. Su utilidad es el análisis del comportamiento de procesos estocásticos. Esto permite analizar patrones de conducta teniendo en cuenta la relación de un suceso con el suceso inmediatamente anterior. (“Cadena de Markov”, 2020)

Mediante la consideración de que un evento solo está influenciado por el evento **anterior** a sí mismo, esta consideración permite generar cadenas de eventos mediante la repetición de este proceso. (Arya, 2002)

Este modelo en concreto tiene la siguiente ecuación: $X_2 = P * X_1$

X_1 : La variable X en el T=1; siendo T el tiempo

X_2 : La variable X en el T=2; siendo T el tiempo

P: la probabilidad de cambio

P_{AB} : Probabilidad de cambio de A a B

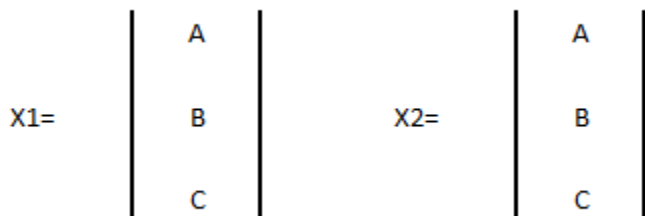
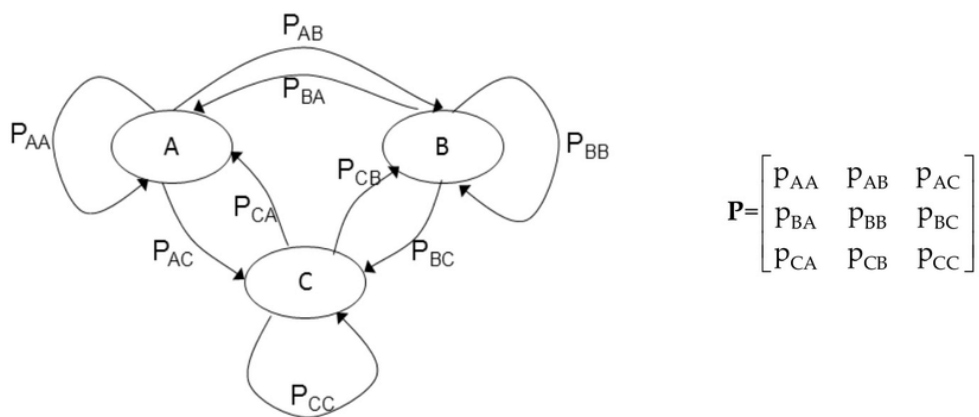
P_{BA} : Probabilidad de cambio de B a A

P_{AA} : Probabilidad de que A se mantenga en A

P_{BB} : Probabilidad de que B se mantenga en B

El diagrama del modelo tiene la siguiente representación gráfica (Adjunto 5):

Imagen 5:



Como todos los modelos matemáticos, solo se pueden llevar a cabo si se cumplen una serie de condiciones, una serie de requisitos. El modelo de Markov no es distinto, tiene sus requisitos. Estos requisitos son los tienen que cumplir los elementos que entran en el modelo para poder generar resultados coherentes, o para que el modelo pueda desarrollarse con normalidad.

Los modelos matemáticos tienen requisitos porque se basan en operaciones matemáticas. En el caso del modelo de Markov estos requisitos matemáticos vienen dados por la **suma y multiplicación de matrices**. En este trabajo no se entrará en el proceso de suma o de

multiplicación de matrices, simplemente se hará referencia a los requisitos que se tienen que cumplir para que se pueda aplicar el modelo.

Los requisitos en este caso específico son los siguientes: la matriz de cambio, es **decir P, tiene que ser una matriz cuadrada**, y los elementos de esta matriz tiene que sumar 1 ya sea por filas o por columnas. La matriz P y las matrices X1 y X2 debe tener el mismo número de filas o de columnas; es decir si P es una matriz de [3x3] entonces X1 y X2 tienen que ser matrices [3x1] o [1x3]. La suma de las probabilidades tiene que ser igual a 1, esto también se aplica a los elementos que conforma las matrices X1 y X2. De no ser así se implica que existe por lo menos una posibilidad que no se está considerando.

El modelo de Markov estudia cómo cambia una situación a lo largo del tiempo y si se crea una progresión temporal lo suficientemente extensa, se llega a una **situación estable**, es decir $X_{n-1} = X_n$

La decisión de usar este modelo es que permite no solo analizar cómo cambian las variables, también permite estudiar la **relación que dichas variables tienen con su entorno**, es decir como el cambio de una variable afecta al entorno y como un cambio en el entorno afecta a la variable. Otra de las razones es el dinamismo del modelo. Este modelo se puede adaptar y se pueden realizar cambios en los parámetros para poder adecuarse de la mejor manera posible a la realidad que intenta predecir. También se ha de tener en cuenta su capacidad predictiva, puesto que uno de los objetivos de las finanzas cuantitativas es ser capaz de predecir situaciones futuras con cierta exactitud. Por último, la posibilidad de emplear el Big Data; este modelo se adapta perfectamente a la posibilidad emplear el Big Data mediante la creación de distintas cadenas o escenarios para ser capaz de analizar la situación con la mayor profundidad y desde los distintos puntos de vista.

Otras aplicaciones pueden ser, su aparente simpleza matemática, esto es tremendamente útil a la hora de explicar los resultados y su potencial de extensión en el tiempo. Esta ventaja está estrechamente relacionada con su adaptabilidad, **puesto que se puede extender la cadena en el tiempo** sin excesiva complicación.

Pese a que este modelo tiene muchas ventajas también tiene inconvenientes. Estos inconvenientes son: la naturaleza de la matriz de probabilidades y no poder usar elementos ajenos al entorno al cual pertenecen las variables. Este inconveniente se salvaguarda mediante la creación **de distintos escenarios** modificando el entorno. Este modelo se basa en que los elementos de las matrices sumen uno por filas o por columnas es decir que no se pueden añadir elementos a la matriz de cambio si estos elementos no pertenecen al entorno del modelo. Otro inconveniente es la capacidad computacional del autor de este documento, que limita el número de escenarios que se pueden estudiar.

El objeto de estudio de este trabajo será **la tendencia que tiene los mercados financieros**, es decir se estudiará si los mercados financieros tienen se encuentra en una tendencia Bull, Bear or Stagnant.

3.3. Escenarios:

El punto de partida de los escenarios serán dos modelos de Markov totalmente **independientes**.

El primer modelo de Markov será un modelo en el cual la situación inicial será una **situación estándar**, con cierta tendencia del mercado a crecer y el resto de las probabilidades se distribuirán entre la situación de decrecimiento y la situación se mantenga sin cambios. El punto de partida del segundo modelo será el escenario en el que se encuentra hoy España, a fecha de 16 de marzo de 2020, en plena **pandemia del COVID-19**. En este escenario la posibilidad de que los mercados financieros sufran pérdidas es sustancialmente más alta que una situación normal.

Una vez estén definidos los dos modelos independientes se aplican distintas matrices de cambio que supondrán distintas políticas aplicadas y las distintas situaciones que se den según se vaya desarrollando esta crisis, estas matrices de cambio representan los distintos escenarios posibles. Los escenarios serán tanto positivos como negativos, para poder generar la situación más realista posible.

El hecho de tener dos modelos independientes permite estudiar la **efectividad** que tienen las medidas, si las medidas tienen los resultados esperados, o incluso si las medidas han resultado ser negativas. También permitirá ver la diferencia de efectividad que tienen estas medidas en un escenario normal y en un escenario de pandemia mundial.

En estos escenarios se estudiará tanto la **acción como la inacción**, por ejemplo, no solo se estudiará el hecho de que el gobierno haya puesto a disposición de las empresas la posibilidad de obtener crédito bancario para poder financiarse. También se estudiará que hubiese ocurrido si el gobierno no hubiese ofrecido esa posibilidad a las empresas españolas y como esto hubiese afectado a los mercados financieros.

Para estos escenarios no solo se usarán las medidas que tome el gobierno español, también se usarán las medidas que tomen otros países y medidas que recomienden expertos en la materia. Habrá **escenarios en los que no se pueden aplicar a ambos modelos**, por ejemplo, el escenario en el cual exista una vacuna para el COVID-19. Como es comprensible no tiene ningún sentido aplicar este escenario al modelo cuyo punto de partida es la situación normal, puesto a que sería irrelevante porque semejante pandemia no existiría.

Los escenarios que se plantearan son los siguientes:

- **Escenario base.**
- **Creación de líneas de crédito.**
- **Desempleo y expedientes de regulación de empleo.**

Los escenarios que se implementaran únicamente al modelo que estudia el COVID-19:

- **Creación de una vacuna.**
- **Implementación de pruebas de COVID-19.**
- **Fases de desescalada.**

Como norma general los escenarios tendrán el mismo punto de partida, y lo que cambiará será la matriz de cambio o P. En los casos en los cuales esto no se vaya a cumplir se enunciará en el propio

escenario y se explicarán las razones por las cuales se ha decidido optar un punto de partida distinto.

Debido a que el modelo de Markov se desarrolla en el **tiempo**, esto permite estudiar como estos escenarios se van desarrollando a lo largo de su existencia, es decir se puede comparar como un escenario se ha comportado en la primera semana y la tercera semana. El hecho de poder estudiar esto permite estudiar si estas medidas se acaban comportando de la forma opuesta a la intención que se tenía a la hora de implementarlas, como paso con ciertas medidas que se implementaron en la crisis financiera del 2007 en países como Estados Unidos.

Un inconveniente del modelo de Markov y el uso de escenarios es que estos no se pueden **modificar** una vez generados. No se puede estudiar qué ocurriría si en la segunda semana de implementar el escenario de las líneas de crédito el gobierno hubiese decidido expandir estas líneas. Para poder estudiar esa situación se tendría que generar un escenario nuevo empleando como punto de partida la segunda semana del modelo original y cambiar la matriz de cambio o P. Esto pese a que es posible abre la puerta a generar infinitos modelos realizando cambios en todos los escenarios, en todos los espacios temporales y ese no es el propósito de este trabajo. Es por eso por lo que en este trabajo solo se generaran escenarios alternativos en las situaciones que sea verdaderamente interesante, o que puedan aportar información que no se podría obtener de otra forma.

Los escenarios iniciales constan de los siguientes parámetros:

Escenario sin COVID					
					X1
Pe	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.6	0.45	0.55	Bull	0.6
Bear	0.3	0.45	0.35	Bear	0.3
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.1
Suma	1	1	1	Suma	1

Escenario con COVID					
					X1
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.55	0.3	0.4	Bull	0.433
Bear	0.4	0.65	0.55	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

Ambos escenarios tienen sus respectivas situaciones iniciales, X1, y sus respectivas matrices de cambio: Pe, para la matriz de cambio del escenario estándar o sin COVID-19 y, Pc, para la matriz de cambio para el escenario con COVID-19.

Se puede observar que ambos escenarios cumplen los requisitos de la cadena de Markov. Las probabilidades suman uno y el número de filas de la matriz X1 en ambos escenarios es igual al número de columnas de las matrices de cambio Pe y Pc.

A simple vista se pueden apreciar diferencia entre ambos escenarios, en el escenario estándar o sin COVID-19 se puede observar que en X1 tiene una tendencia alcista. Partiendo de la base que él estudia del cambio histórico de los mercados financieros afirma que tienden a subir a largo plazo, es decir existe una tendencia alcista. A su vez se puede observar que su matriz de cambio o Pe es relativamente estable y una vez más favorece la situación de un **mercado alcista o Bull**.

En contraste con el escenario sin COVID-19, el escenario con COVID-19 tiende a ser un mercado que se encuentra **a la baja**. Donde más claramente se aprecia el contraste entre ambos escenarios es en la situación inicial. Mientras que el X1 del escenario sin COVID-19 tiene una tendencia alcista, la situación inicial o X1 del escenario con COVID-19 tiene una tendencia a la baja. Las probabilidades para el escenario con COVID-19 se han obtenido de la siguiente forma: tomando como índice bursátil el IBEX35 y como punto de partida en 1 de febrero de 2020 y contando el número de días hasta el día de hoy 8 de mayo del 2020, es decir 97 días, en este periodo de tiempo se ha aproximado que el mercado ha caído durante aproximadamente 48 días, ha subido durante aproximadamente 42 días, y se ha mantenido estable durante 7 días. Es importante recalcar que estos datos son aproximaciones representativas y no datos exactos sobre los movimientos del IBEX35.

El contraste es menos significativo en la matriz de cambio del escenario con COVID-19 o P_c y P_e . P_c tiene una mayor probabilidad de caída del mercado, y que es más volátil que la matriz del escenario sin COVID-19 o P_e .

Por último y antes de entrar en el estudio de los distintos escenarios cabe clarificar que las matrices de cambio representan las probabilidades de cambio durante **una semana**, cada multiplicación de matrices representará el transcurso de una semana. Así pues el estudio de las distintas situaciones se realizará semanalmente. Esta medida de tiempo es interesante debido a la alta volatilidad del mercado y la duración de esta crisis, la medida de tiempo es lo suficientemente pequeña para poder apreciar los cambios del mercado, y lo suficientemente amplia como para que el volumen de datos no sea abrumador y acabe resultando ineficiente. Y por último que estos escenarios se estudian por sí solos y no interactúan con ningún medio externo que no esté considerado en el propio modelo.

Para el estudio de los escenarios se realizarán 4 multiplicaciones simulando el cambio que acontece en los mercados a lo largo de un mes.

Escenario 1: Escenarios base.

Este primer escenario será el desarrollo de los escenarios base. Esto se realiza para tener una situación base con la que se puedan comparar el resto de los escenarios, para apreciar con mayor claridad el contraste que suponen los distintos cambios en el modelo y el resultado de la inacción.

Escenario sin COVID-19:

Escenario sin COVID					
				X1	
Pe	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.6	0.45	0.55	Bull	0.6
Bear	0.3	0.45	0.35	Bear	0.3
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.1
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.6	0.55	0.5425	0.541375	0.541206
Bear	0.3	0.35	0.3575	0.358625	0.358794
Stable	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

En este escenario se ha desarrollado el escenario sin COVID-19, como previamente establecido durante cuatro semanas, partiendo de X1 como si fuese el final del mes anterior y X5 fuese el final del mes que se quiere estudiar.

Pese a que se reducen las predicciones alcistas del mercado de un 60% a aproximadamente un 54%, y parece estabilizarse en un 54%, el mercado sigue teniendo una tendencia alcista. El porcentaje en el cual se recuden las predicciones alcistas es el mismo porcentaje por el cual se aumenta la probabilidad de que el mercado se vea a la baja, las previsiones a la baja se estabilizan en un 35.8%. La probabilidad de un mercado estable se mantiene durante todo el mes del estudio.

Las conclusiones que se obtienen de este escenario son: pese a que se **reducen** las previsiones de crecimiento del mercado, la tendencia sigue siendo alcista, el mercado es algo más volátil, pudiendo experimentar cambios más repentinos.

Escenario con COVID-19:

Escenario con COVID					
Pc	Bull	Bear	Stable	X1	
Bull	0.55	0.3	0.4	Bull	0.433
Bear	0.4	0.65	0.55	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.415464	0.408866	0.407216	0.406804
Bear	0.495	0.534536	0.541134	0.542784	0.543196
Stable	0.072	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

En este caso se puede observar que en este escenario también se rebajan las probabilidades se una tendencia alcista, se reducen aproximadamente en un 3%. También se aprecia un cambio en la probabilidad que el mercado se vea en una situación de bajada **aumenta** en casi un 5%. A diferencia del escenario sin COVID-19 aquí sí que se observa una corrección en la situación de estabilización del mercado que se reduce en un 2% a y se estabiliza ahí.

La conclusión más obvia que se obtiene de este modelo es que, pese a que el mercado ha caído mucho, la probabilidad de que siga cayendo va a **incrementar**. Se ha de tener en cuenta de que en este escenario 1 no se están implementando las correcciones propias debido a las implementaciones de medidas por parte del gobierno; pero aun así, y como se dijo anteriormente, los datos del escenario con COVID-19 son aproximaciones al comportamiento del IBEX-35.

Conclusiones del escenario 1:

Pese a que el escenario 1 no era perfecto, de ahí las correcciones, sigue siendo una situación bastante representativa de la realidad. Gracias a tener esta base ya se pueden empezar a plantear

los distintos escenarios. De esta forma no solo se podrá **comparar** los distintos escenarios entre ellos, sino que también se podrán comparar con los escenarios base. Esto permitirá no solo comparar la efectividad de las distintas medidas, también permitirá comprar las distintas medidas con la inactividad.

En los siguientes escenarios las matrices de cambio P_e y P_c cambiarán. Cambiarán para representar el efecto que tienen la **implementación de las distintas medidas** sobre el resultado final, X_5 . Por otra parte, la situación inicial, X_1 , se mantendrá constante como norma general, para ambos escenarios durante la implementación de las distintas medidas. De esta forma se manteniendo el mismo punto de partida y así se podrán medir los cambios.

Escenario 2: apertura de líneas de crédito

Al igual que en escenario 1, primero estudiarán los cambios en el escenario sin COVID-19 y luego los del escenario con COVID-19.

Antes de proceder a los resultados del escenario, se han de presentar las **suposiciones** en las que se han basado los cambios en la matriz de cambio P_e y P_c . Al abrir las líneas de crédito y reducir los requisitos para aplicar a estas líneas las empresas podrán obtener financiación para sus proyectos, esto reducirá su WACC también mejorar su situación de liquidez y los flujos de caja, entre otras. Teniendo en cuenta estas suposiciones, la posibilidad alcista de la matriz de cambio aumentará en un 10% y la probabilidad que el mercado entre en una tendencia bajista se reducirá en un 10%.

Escenario sin COVID-19:

Escenario sin COVID				X1	
Pe	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.7	0.55	0.65	Bull	0.6
Bear	0.2	0.35	0.25	Bear	0.3
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.1
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.6	0.65	0.6575	0.658625	0.658794
Bear	0.3	0.25	0.2425	0.241375	0.241206
Stable	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

Se puede apreciar que esta medida **refuerza** la tendencia alcista del mercado, que pasa de ser un 60% en X1 a ser un 66% en X5. También se observa que se reducen las posibilidades de una bajada en el mercado, de un 30% en X1 a un 24% en X5. La situación en la cual se mantiene estable continúa siendo un 10%.

Este escenario contrasta mucho con el escenario 1 en el cual las se recortaban las predicciones alcistas del mercado en un 5%, la diferencia entre ambos escenarios es casi de un 10% a favor de la tendencia alcista. Ocurre lo mismo con la situación de bajada del mercado, mientras que en el escenario 1 pasaba a de un 30% en el X1 a un 35.8% en el X5, en el escenario 2 pasa de un 30% en X1 a un 24.1% en el X5, se reduce la probabilidad de caída en el mercado. Pero en ambos casos la probabilidad de que el mercado se mantenga igual se mantiene en un 10%.

Conclusión, esta medida favorecería a las empresas y esto repercutiría a que le mercado tuviese mayores perspectivas de crecimiento.

A la hora de analizar el escenario con COVID-19, se ha de suponer que esta medida será efectiva. Ahora solo queda constatar que efectividad tendrá. En un caso optimista se supondrá que esta medida tendrá la misma efectividad que en el caso de que no existiese el COVID-19. Aumentará

la probabilidad de subida en un 10% y se reduciría la de bajada en un 10%. Pero puesto a que este suceso sería optimista también se estudiará la posibilidad de que esta **medida sea menos efectiva**, en concreto que debido al COVID-19 la efectividad de la medida se vea reducida por la mitad.

Manteniendo los parámetros de la situación sin COVID-19.

Escenario con COVID-19:

Escenario con COVID				X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.65	0.4	0.5	Bull	0.433
Bear	0.25	0.55	0.45	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	0.95	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.515464	0.525206	0.517224	0.504596
Bear	0.495	0.412887	0.378454	0.361464	0.349544
Stable	0.072	0.05	0.048918	0.047629	0.046316
Suma	1	0.978351	0.952577	0.926317	0.900456

Siendo este el escenario más optimista se aprecia un cambio de tendencia en el mercado, originalmente tenía una tendencia a la baja en X1 a tener una tendencia alcista en X5. Las probabilidades de que el mercado crezca pasan de un 43% a un 50% y de que caiga pasar de y 49% a un 34% y se reducen las posibilidades de que le mercado se mantenga estable.

El dato más interesante de este escenario es el hecho de que se puede apreciar como medida va a **perdiendo efectividad** conforme va pasando el tiempo, esto se puede apreciar claramente al comparar la probabilidad de alza en X2 y la de X5, que son un 51% y 50% respectivamente. Esta probabilidad llega a un máximo en X3 donde es igual a un 52% y desde ahí comienza a sufrir un declive en efectividad. Las posibilidades de que el mercado caiga se mantienen siempre con una pendiente negativa.

Este escenario contrasta enormemente con el escenario 1 en el cual se podía ver que el mercado continuaría cayendo entre X1 y X5, mientras que en este escenario prevé un cambio positivo en la situación del mercado.

Conclusión, tras haber estudiado los resultados de este escenario, y en especial el contraste con el escenario 1, se puede entender porque este escenario es **optimista**, y es por eso por lo que no representa la realidad de lo que sucedería tras aplicar esta medida. Esta es la razón que justifica que se haya planteado un escenario alternativo.

En el siguiente escenario se pueden ver los resultados que tiene esta medida siendo más realistas. La matriz de cambio ha sido modificada para representar una reducción en la efectividad de estas medidas debido al COVID-19.

Escenario pesimista con COVID-19:

Escenario con COVID					
Pc	Bull	Bear	Stable	X1	
Bull	0.6	0.35	0.45	Bull	0.433
Bear	0.35	0.6	0.5	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.465464	0.471366	0.472841	0.47321
Bear	0.495	0.484536	0.478634	0.477159	0.47679
Stable	0.072	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

Los resultados de este escenario son mucho más plausibles, se aprecia una mejora de la situación, pero no un cambio radical de la realidad. Las probabilidades de que el mercado crezca aumentan de un 43% a un 47%. Las de caída se corrigen levemente de un 49% a un 47%, y la probabilidad de estabilidad se reduce de un 7,2% en X1 a un 5% en X2 y se mantiene igual hasta X5.

La imagen que presenta este escenario comparada con la imagen que presentaba el escenario anterior es significativamente diferente. El escenario que emulaba una efectividad idéntica al de escenario sin COVID-19, presentaba un cambio de ciento ochenta grados en la tendencia del mercado. Mientras que este presenta una situación de mejoría, pero **no una solución**.

En este modelo se ven resultados realistas, sobre todo cuando se comparan con la situación inicial, la que se presenta en el escenario base. Se aprecia que en X5 la probabilidad de alza y la de caída son un 40% y un 54% respectivamente mientras que en el último escenario ambas probabilidades rondan el 47%. La probabilidad de estabilidad se comporta igual en ambos escenarios, comienza en un 7,2% y se reduce a un 5%. También se puede apreciar que en este escenario se reduce la volatilidad, sobre todo si se compara con los escenarios en los que se estudiaba el comportamiento del escenario con COVID-19.

Conclusión, partiendo de la base en que el escenario del COVID-19 no se va a resolver con una medida milagro, este último escenario presenta una realidad mucho más realista que el escenario optimista y por ello es de suponer que el último escenario es más **representativo de la realidad**.

Escenario 3: Desempleo.

El desempleo no es una medida, es una **consecuencia**. Pero esta consecuencia tiene un gran efecto en la posición de los mercados financieros. Por dos razones, la primera es que si las empresas despiden a sus empleados es normalmente porque el negocio transcurre de forma adecuada, y si el negocio se desarrolla de forma adecuada, o no va todo lo bien que se esperaba la empresa no cumple predicciones y su valor baja. Si esto sucede de forma sistemática en un mercado el mercado cae. Segunda razón es que el desempleo tiende a predecir o a acompañar etapas en las cuales la economía de un país no es estable, cuando una economía no es estable las inversiones se vuelven poco seguras, entonces los inversores liquidan sus inversiones y ponen el dinero en activos seguros, o “debajo del colchón”. Es por eso por lo que estudiando el desempleo se puede predecir en qué situación se encontrará el mercado en el futuro.

Este escenario en particular tendrá dos variaciones de ambos escenarios. Estas variaciones se basan en la realidad de que existen **dos números del desempleo** ahora mismo en la economía española. El primer número que es el número oficial de gente desempleada, aquellos que no cotizan en la seguridad social. El segundo número, que incluye el primer número más aquellos que no trabajan, pero sí cotizan en la seguridad social. Aquellos trabajadores cuyas compañías han tramitado un expediente temporal de regulación de empleo o ERTE.

Es por eso por lo que para ese escenario habrá 2 variaciones para el escenario sin COVID-19 y dos variaciones para el escenario con COVID-19.

Para obtener la cifra del número de personas desempleadas en España se ha empleado las **bases de datos** del instituto nacional de la seguridad social o INSO, de Randstad, del Banco de España y a información publicada en los distintos medios de comunicación.

Como en todos los escenarios anteriores se comenzará estudiando el escenario sin COVID-19. Para calcular los efectos del paro en el mercado financiero se ha calculado usando datos históricos de la crisis financiera e inmobiliaria. Se ha calculado cuanto cayo el mercado financiero entre 2008 y 2014. Esta cifra se ha dividido por el número máximo de parados, y de ahí se ha obtenido una caída por millón de parados que luego se ha extrapolado al número de parados actual.

Escenario sin COVID-19 solo contando el número de parados.

Escenario sin COVID					
Pe	Bull	Bear	Stable	X1	
Bull	0.4	0.25	0.35	Bull	0.6
Bear	0.5	0.65	0.55	Bear	0.3
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.1
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.6	0.35	0.3125	0.306875	0.306031
Bear	0.3	0.55	0.5875	0.593125	0.593969
Stable	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

Se observa que la posibilidad de crecimiento se ve **reducida a la mitad** y la probabilidad de caída se dobla, estos resultados eran de esperar puesto que el paro ha crecido hasta la cifra de uno 3,8 millones de personas.

Se ha de tener en cuenta que este es la variación más optimista de este escenario. Por eso se presentará la otra variación del escenario sin COVID-19 y luego ambas se **compararán** con el caso base para poder apreciar el efecto que tiene el desempleo y la magnitud de los efectos que provoca en el mercado.

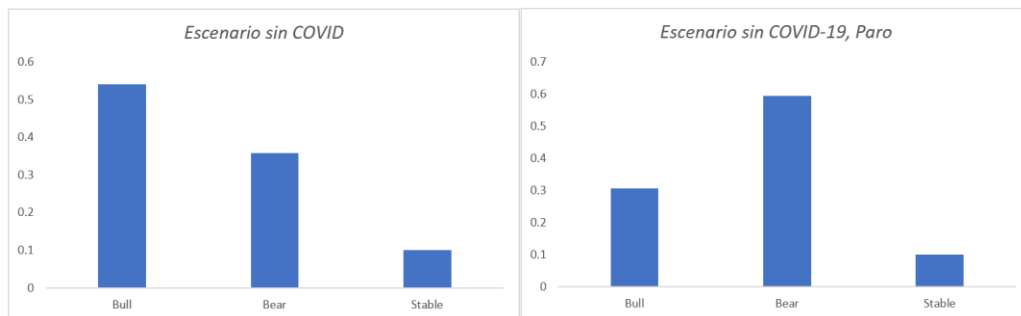
Escenario sin COVID-19 contando el número de parados y el número de personas afectadas por el expediente de regulación de empleo temporal o ERTE.

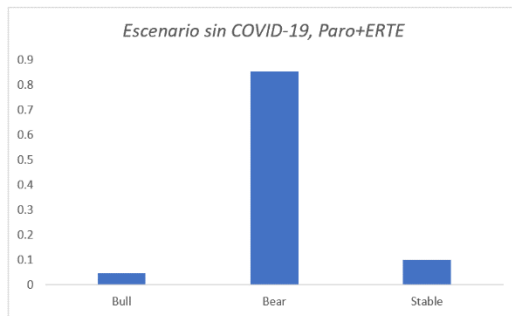
Escenario sin COVID					
					X1
Pe	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.17	0.03	0.13	Bull	0.6
Bear	0.73	0.87	0.77	Bear	0.3
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.1
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.6	0.124	0.05736	0.04803	0.046724
Bear	0.3	0.776	0.84264	0.85197	0.853276
Stable	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

En este escenario se aprecia una situación mucho más dramática, una desaparición prácticamente total de las posibilidades de crecimiento y una certeza prácticamente absoluta de que **el mercado caerá**.

Al comparar la situación X5 de los tres escenarios: escenario base sin COVID-19, el escenario sin COVID-19 con desempleo y el escenario sin COVID-19 contando con el desempleo y el número de personas afectadas por el ERTE.





Con los resultados dispuestos de esta forma se pueden apreciar la **magnitud de los efectos** que tiene un aumento tan drástico del desempleo en una economía como la española. Estos potenciales efectos presentan un cambio radical la tendencia de los mercados financieros.

Es importante remarcar que esto solo son **predicciones** y que estos resultados podrían ser peores si se aplica una tasa de crecimiento al número de desempleados. Esta tasa se aplicaría si continua el estado de alarma. También cabe destacar que en este escenario todas las personas afectadas por ERTES pierden su empleo.

Conclusión, el efecto del desempleo se ha estudiado sin tener en cuenta las posibles medidas que podría tomar el gobierno, pero esto no quiere decir que la **tendencia** de estos datos no sea correcta, o que el desempleo no sea un elemento tremendamente destructivo.

Ahora si se estudian los efectos del desempleo en el escenario con COVID-19, primero y al igual que en el escenario sin COVID-19 se estudiará primero el desempleo, y luego se estudiarán los efectos de desempleo y de las personas afectadas por el ERTE.

Escenario con COVID-19 contando el número de personas en paro.

Escenario con COVID				X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.4	0.15	0.25	Bull	0.433
Bear	0.55	0.8	0.7	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.265464	0.221366	0.210341	0.207585
Bear	0.495	0.684536	0.728634	0.739659	0.742415
Stable	0.072	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

En este escenario se ha **ajustado** la caída del mercado, puesto que ya se había reconocido parte de la caída en la matriz de cambio original, Pc del escenario 1. Pese a que la caída en este escenario es menos pronunciada que en los dos escenarios anteriores. La probabilidad de crecimiento se ve reducida en más de un 20% y la probabilidad de caída aumenta de forma pronunciada.

Pese que este escenario es más pesimista que los anteriores en la probabilidad de que exista una tendencia alcista. Es más optimista en lo que se refiere a los efectos del desempleo en el mercado puesto a que la caída es **menos drástica**. Pero como sucedía en los escenarios anteriores se puede apreciar el cambio de los escenarios cuando se comparan con el escenario base.

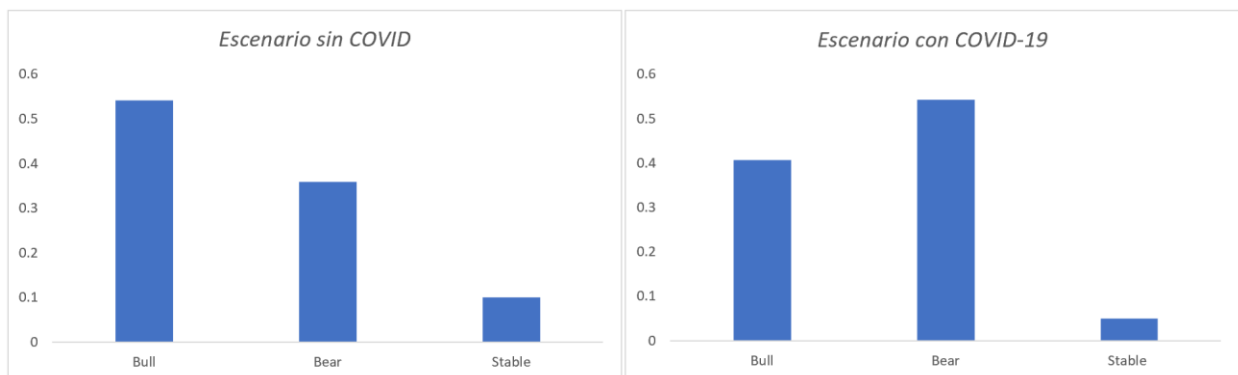
Escenario con COVID-19 contando el número de parados y el número de personas afectadas por el expediente de regulación de empleo temporal o ERTE.

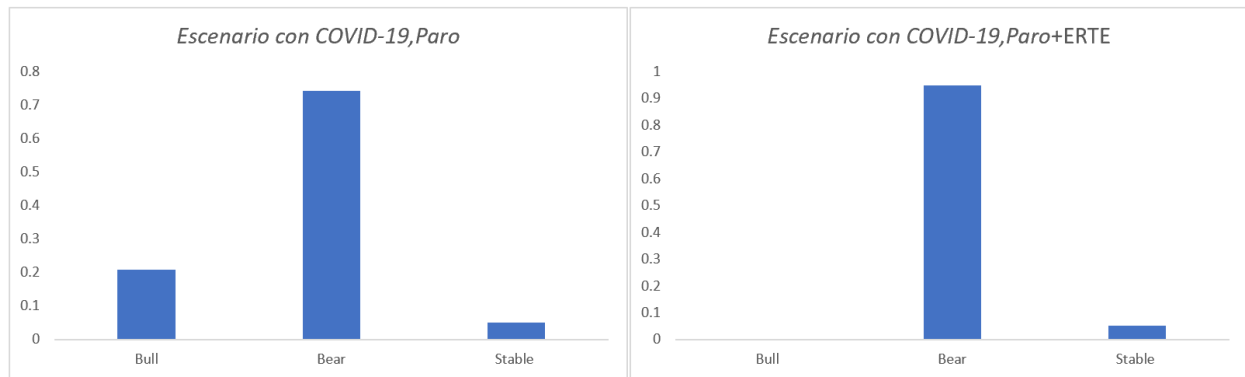
Escenario con COVID				X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.17	0	0.05	Bull	0.433
Bear	0.78	0.95	0.9	Bear	0.495
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.077216	0.015627	0.005157	0.003377
Bear	0.495	0.872784	0.934373	0.944843	0.946623
Stable	0.072	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

Este es el escenario más pesimista en este trabajo y como en el escenario anterior el efecto del desempleo esta ajustado puesto que se reconoce parte de la caída en la matriz de cambio de escenario 1.

En este escenario se puede apreciar que el mercado va a tener una probabilidad de caída muy **cercana al 100%**. Pero cabe recalcar que los datos interesantes se producen cuando se comparan las distintas situaciones.





Como se puede apreciar si aquellas personas afectadas por el ERTE se transformasen en personas desempleadas los efectos serian tremendamente dañinos sobre la posibilidad de que existiese algún tipo de crecimiento en los mercados.

Conclusión pese a que estos escenarios son **alarmantes** no están estudiando todas las alternativas puesto a que no se están teniendo el aumento del desempleo por aquellas personas que entren en el mercado laboral a partir del mes de mayo, y es altamente improbable que se destruyan todos los puestos de trabajo afectados por los ERTE.

Es por eso por lo que estas predicciones se tiene que tomar como lo que son predicciones.

Escenario 4: existencia de una vacuna.

Este escenario es un escenario particular, porque **solo afecta a un de los dos escenarios, el escenario con COVID-19**. Esa no es la única particularidad de este escenario, porque eventualmente el escenario con COVID-19 recuperará la normalidad y se transformará en el escenario sin COVID-19. Es aquí donde se pone verdaderamente interesante, puesto a que se puede optar por infinitas opciones, en este caso en particular se optará por tres opciones, una optimista, una realista y una pesimista.

La opción **realista** mantendrá el mismo crecimiento que en el escenario base, concretamente el escenario base de sin COVID-19, esta opción es algo optimista. La opción que represente una realidad más **pesimista** en esta opción se verá claramente que los mercados tienen memoria y no se olvidan de crisis económicas y que no toman riesgos innecesarios. La opción **optimista**

aprovechará el momento de la recuperación económica para acelerar el crecimiento de la economía. Este escenario parte de la base obtenida de resultados históricos, en concreto los valores de IBEX35 previos a la crisis inmobiliaria y financiera del 2007, y valores del IBEX35 posterior a la crisis del 2007. Estos valores aún no se han recuperado, y el IBEX35 no ha vuelto a cotizar en valores superiores a los doce mil puntos desde entonces.

Para simular que se recupera una situación de normalidad se aplicará la matriz de cambio del escenario sin COVID-19 del escenario 1, es decir **Pe escenario 1, al escenario con COVID-19 manteniendo el punto de partida de este último escenario.**

Escenario con COVID-19 y encuentro de vacuna:

Escenario con COVID								
Pe	Bull	Bear	Stable	X1				
Bull	0.6	0.45	0.55	Bull	0.433			
Bear	0.3	0.45	0.35	Bear	0.495			
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.072			
Suma	1	1	1	Suma	1			

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.52216	0.53832	0.54075	0.54111
Bear	0.495	0.37784	0.36168	0.35925	0.35889
Stable	0.072	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

Viendo estos resultados se aprecia que el X5 de este escenario y el X5 del escenario 1 sin COVID-19 son sorprendentemente **parecidos**. Pese a que el resultado es prácticamente el mismo la forma de llegar a este resultado no tiene nada que ver. Mientras que el escenario sin COVID-19 ve reducidas sus posibilidades de un mercado alcista. El escenario con COVID-19 se encuentra en una tendencia de crecimiento desde X2 hasta X5. Esta tendencia alcista está motivada por la situación de partida, X1, pertenece al escenario con COVID-19. Es alentador ver que el crecimiento es sostenido.

Una vez visto este crecimiento sostenido y suponiendo que se mantiene una situación de **normalidad** se ha de estudiar qué pasará con el mercado. Para esto se usará como punto de partida del escenario anterior, escenario con COVID-19 y encuentro de vacuna.

El primer escenario sin COVID-19, consiste en aplicar X5 del escenario de la vacuna al modelo sin COVID-19 y prolongarlo en el tiempo.

Escenario con COVID-19 empleando Pe:

Escenario sin COVID								
Pe	Bull	Bear	Stable	X1				
Bull	0.6	0.45	0.55	Bull	0.541			
Bear	0.3	0.45	0.35	Bear	0.359			
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.100			
Suma	1	1	1	Suma	1			

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541
Bear	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359
Stable	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Suma	1	1	1	1	1

Este modelo augura que se entrará en una situación de **estabilidad** en el cual la tendencia será levemente alcista. Estos resultados eran de esperar puesto a que es el escenario 1 del escenario sin COVID-19 se podía apreciar una estabilización del mercado en un 54% de probabilidad de crecimiento y un 35% de probabilidad de que el mercado experimentaba caídas. Pero como en el escenario 3 la data verdaderamente interesante saldrá a florecer una vez se comparen las distintas variaciones de los escenarios.

Para las variaciones pesimista y optimista se hará lo mismo que para el escenario estándar, se empleará la X1 del escenario con COVID-19 y encuentro de vacuna. Primero se empezará

estudiando la variación pesimista de este modelo, en la cual la matriz de cambio ha sido adaptada para un crecimiento menos pronunciado.

Escenario con COVID-19 pesimista:

Escenario sin COVID					
Pe	Bull	Bear	Stable	X1	
Bull	0.55	0.4	0.5	Bull	0.541
Bear	0.35	0.5	0.4	Bear	0.359
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.100
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.541	0.491	0.484	0.483	0.482
Bear	0.359	0.409	0.416	0.417	0.418
Stable	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Suma	1	1	1	1	1

Pese a que las **predicciones de crecimiento se ven reducidas**, y pasan de un 54% a un 48% siguen siendo favorables para que exista una tendencia alcista. Este escenario presenta una situación con **recuperación más tímida**. Representando así la cautela que tienen los inversores, siendo especialmente cuidadosos sobre donde depositan su dinero. Esta variación del escenario presenta un mercado que se está recuperando de una situación muy dañina pero que aún nota los últimos coletazos de esta situación en la cual se ha visto inmersa.

La última variación de este escenario pretende representar una situación opuesta a la anterior un **mercado fuerte que tomo las medidas necesarias a tiempo para asegurar una pronta recuperación**.

Este caso es complicado que se de en la economía española puesto que el confinamiento se está prolongando mucho en el tiempo. Y puesto a que gran parte del PIB español se genera gracias al turismo, y tras esta crisis el turismo será uno de los sectores que más sufra. Pero es posible.

Se aplicará el mismo aumento del crecimiento que reducción se aplicó en el escenario anterior.

Escenario con COVID-19 optimista:

Escenario sin COVID					
					X1
Pe	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.65	0.5	0.6	Bull	0.541
Bear	0.25	0.4	0.3	Bear	0.359
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.100
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.541	0.591	0.599	0.600	0.600
Bear	0.359	0.309	0.301	0.300	0.300
Stable	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Suma	1	1	1	1	1

Como era de esperar este escenario es el que presenta una mayor probabilidad de que el mercado tenga una tendencia alcista. El dato curioso es que las probabilidades de **X5 de este modelo son iguales a X1 del escenario uno del escenario base sin COVID-19**. Esto permite hacer la siguiente suposición. Una vez que se haya superado esta crisis y la situación haya vuelto a una total normalidad las predicciones volverían a ser las del escenario base sin COVID-19.

La evolución sería la siguiente. La probabilidad de crecimiento pasaría de un **54% a un 60% a un 54%** lo que indicaría que la crisis se ha superado y que se ha vuelto a una situación de normalidad. Esto siempre y cuando no se apliquen medidas para prolongar el crecimiento que estarían experimentando los mercados financieros.



La **tendencia general de en estos escenarios es positiva**, como era de esperar, y la única diferencia verdaderamente notable es la deferencia entre las distintas tendencias alcistas. En las dos graficas superiores se puede apreciar una total estabilización. Este sería el resultado final de la gráfica: *Variación Optimista*.

Conclusión, como predicen los expertos una vacuna para el COVID-19 devolvería la normalidad a la situación económica social y financiera de los paises, o por lo menos se retornaría a una **normalidad parcial**. Los resultados de estos escenarios se pueden ver alterado según el tiempo que se tarde en desarrollar dicha vacuna y el tiempo en que esta vacuna esté disponible a toda la sociedad.

Escenario 5: detección del COVID-19

Una vez más este escenario **solo es aplicable al escenario con COVID-19**, puesto que hacer test en un escenario sin COVID-19 no es relevante y no tendría ningún sentido. Este escenario en concreto se basa en el popular principio que dice: “más vale prevenir que curar”. En este escenario en concreto no se recuperará la normalidad, pero si se apreciara una mejora sustancial a la situación

actual, puesto que se podría recuperar cierta normalidad. Pese a que no se erradicaría la pandemia y continuaran habiendo casos, estos casos no supondrían un colapso del sistema sanitario y no forzarían una situación de encierro domiciliaron. Por tanto, se podría seguir desarrollando la actividad económica con cierta normalidad.

Por eso se puede prever que los resultados de este escenario sean **positivos**, pero pese a que deberían ser positivos no serán iguales a los de la vacuna puesto que no se recuperaría la total normalidad.

Este escenario viene motivado por la **actuación de países como Corea del Sur** a la hora de gestionar la crisis. Pero se parte situación inicial distinta, puesto que en el COVID-19 es un problema mucho mayor ahora mismo en España de lo que fue en Corea del Sur en su momento. Es por eso por lo que se usa como punto de partida el X1 del escenario base con COVID-19 y la matriz de cambio es una mezcla entre Pc y Pe.

Escenario COVID-19 con pruebas para la detección del COVID-19:

Escenario con COVID					
					X1
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.56	0.43	0.47	Bull	0.433
Bear	0.34	0.47	0.43	Bear	0.495
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.072
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.433	0.489175	0.497593	0.498687	0.498829
Bear	0.495	0.410825	0.402407	0.401313	0.401171
Stable	0.072	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

Como era de esperar la posibilidad de detectar el COVID-19 supone una mejora en la probabilidad del que el mercado crezca.

Para estudiar si gracias a poder detectar el COVID-19 las probabilidades de crecimiento siguen creciendo, **o se van asemejando a las de una vacuna y así a las de una situación normal se ha decidido expandir la duración de este escenario.** Tras llevar la cadena de Markov hasta su eslabón número 9, se puede observar con claridad que se estabiliza en una probabilidad igual a 49.8%. Al alargar la medición hasta el noveno eslabón encontramos el **eslabón estable** de la cadena de Markov, puesto que esto supone que $X_{n-1} = X_n$ y $X_8 = X_9$, por lo menos hasta el sexto decimal.

	X5	X6	X7	X8	X9
Bull	0.498829	0.498848	0.49885	0.498851	0.498851
Bear	0.401171	0.401152	0.40115	0.401149	0.401149
Stable	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

Escenario 6: fases de la desescalada

Este escenario como los dos anteriores **solo afectará al escenario con COVID-19.** Este escenario tiene una serie de particularidades que lo diferencian de los otros 5 escenarios. La primera y más obvia es que este escenario se **plantea siguiendo la información publicada en el BOE** y por tanto constará de cuatro fases. Siguiendo la información publicada por el gobierno en lo que a la duración de las fases respecta, las fases tendrán una duración mínima de dos semanas, es decir X3, pero se seguirá empleando la medida estándar de estos escenarios de 1 mes, es decir X5. Es por eso por lo que en el análisis de este escenario habrá dos puntos de referencia el primero la semana 2 o X3 y el segundo la semana 4 o X5.

Para la realización de este escenario se simularán los **efectos que tiene las distintas fases en los mercados financieros.** Por ejemplo, si en la fase 2 se permite la apertura de restaurantes y hoteles, en el escenario de la fase 2 se calculará el porcentaje del PIB que representa la hostelería y el número de personas que trabajan en este sector; estos números se aplicarán a la matriz de cambio P_c . Estos cambios se verán afectados por la situación actual, por ejemplo: si se permite que se

habrá un hotel, pero de no permitirse el desplazamiento de la población entre provincias o el turismo internacional, este hotel no funcionará a su plena capacidad y es por eso por lo que no sería realista reconocer que el hotel tendría el mismo efecto en la economía que tendría en una situación sin COVID-19. Es por eso por lo que los números serán matizados aplicando un porcentaje de descuento según la industria.

Para poder generar este escenario se usará la **información publicada en el BOE hasta la fecha del 10 de mayo de 2020**, cualquier cambio posterior a esta fecha no será representado en este escenario. La información se obtendrá de bases de datos públicas, priorizando las bases de datos de entidades económicas como son el Banco de España o el Banco Bilbao Vizcaya Argentaria o BBVA, se priorizan estas fuentes de información puesto que la información estará dispuesta de una forma que será fácil de entender y fácil de aplicar al modelo, reduciendo el número de cálculos intermedios reduciendo la posibilidad de cometer errores que puedan afectar a los resultados de este escenario.

Otra particularidad de este escenario será el estudio de sus resultados. Este se realizará de forma relativa. Este estudio no se basará en resultados finales puesto que la última fase o fase 4 será la fase que tiene unos resultados más prometedores. Este escenario busca estudiar la fase que provoca **un cambio más radical** para con respecto al resto de las fases. De no aplicarse el factor de descuento previamente mencionado este sería muy fácil de entrever, con escoger la fase que permitiese la actividad de la industria que tuviese el mayor efecto sobre el PIB sería suficiente para determinar que esa fase sería la fase que presentaría un mayor salto en el escenario.

Es por eso por lo que estudiar este escenario aplicando solo una de las particularidades no proporcionaría ni resultados realistas ni resultado interesantes, pero aplicando todas ellas a la vez se obtiene un escenario que merece la pena estudiar. Como en escenarios anteriores en este caso se busca estudiar el **contraste** entre las distintas fases, no los resultados de una fase en concreto.

Fase de desescalada 1:

“Fase 1. «Inicio de la reincorporación programada»: acudirán a cada centro de trabajo entre un **30% y un 40%** de los efectivos que presten servicio en ellos.” (“Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado”, 2020)

La fase 1 incluye paseos de niños, mayores y convivientes. Gestión de la demanda de movilidad para evitar aglomeraciones.

Uso de obligatorio de la mascarilla en transportes públicos.

Fase de desescalada 2:

“Fase 2. «Preparación para la reactivación de los plazos procesales»: se iniciará cuando haya transcurrido al menos una semana desde el inicio de la fase I. Acudirán a cada centro de trabajo entre un **60% y un 70%** de los efectivos que presten servicio en ellos, en turnos de mañana y tarde, si así se establece.” (“Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado”, 2020)

Reuniones de hasta 10 personas no convivientes en domicilios terrazas o al aire libre. Distancia mínima de dos metros.

Fase de desescalada 3:

“Fase 3. «Actividad ordinaria, con plazos procesales activados»: se iniciará siempre que hayan transcurrido al menos dos semanas desde el inicio de la fase II. Acudirán a cada centro de trabajo el **100%** de los efectivos que presten servicio en ellos, en turnos de mañana y tarde, si así se establece.” (“Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado”, 2020)

Permitidos viajes a segundas residencias en la misma provincia. Contacto social en grupos más amplios para personas no vulnerables.

Fase de desescalada 4:

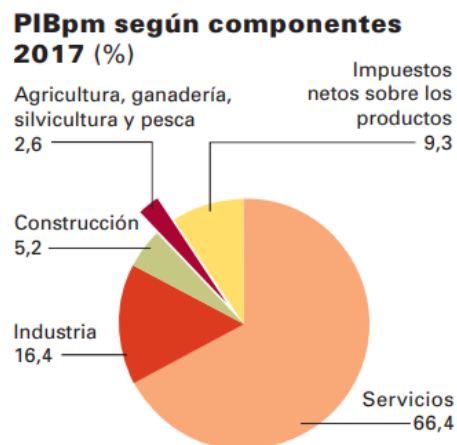
“Fase 4. «Actividad normalizada conforme a la situación anterior al estado de alarma»: se iniciará en el momento en que se levanten las recomendaciones sanitarias que permitan retornar a la situación de funcionamiento anterior a dicha declaración. Acudirán a cada centro de trabajo el **100% de los efectivos en su jornada ordinaria.**” (“Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado”, 2020)

Reuniones permitidas para un número más amplio de asistentes.

Pese a que no está determinado en concreto se puede apreciar a simple vista que hay **ciertas industrias que están limitadas por el número de personas que se puedan reunir** en un mismo espacio. Por ejemplo, es lógico pensar que la industria de la restauración no podrá retomar su actividad con cierta normalidad hasta la fase 3 en pequeños grupos y controlando el aforo de los locales.

Para poder calcular este escenario y las distintas fases, será necesario conocer la aportación de los distintos **sectores al PIB Español** (Imagen 6).

Imagen 6:



Puesto que el sector servicios incluye tipos de servicios extremadamente diversos es necesario un **desglose de este sector**. Cada uno de los distintos tipos de negocios que conforman este sector reaccionarán de forma distinta a las distintas fases. Esto es necesario puesto que el sector servicios

representa un 66% del PIB y sin este desglose los resultados del modelo no serían realistas (Imagen 7).

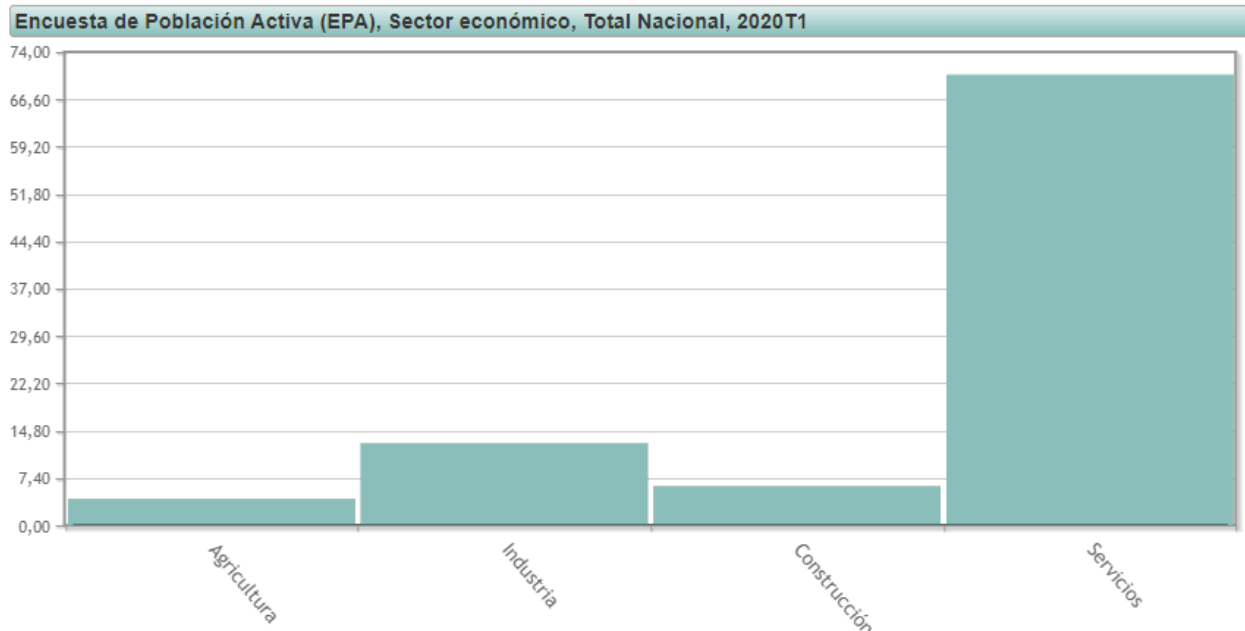
Imagen 7:

Número de empresas, personal ocupado y cifra de negocios por secciones de actividad. Año 2016

Sección de actividad	Número de empresas		Personal ocupado		Cifra de negocios	
	Total	% sobre el total	Media anual	% sobre el total	Millones de euros	% sobre el total
Transporte y almacenamiento	196.166	12,7	854.350	14,2	106.712	22,7
Hostelería	306.851	19,8	1.401.056	23,3	66.632	14,1
Información y comunicaciones	67.437	4,4	460.593	7,7	79.771	16,9
Actividades inmobiliarias	169.031	10,9	238.428	4,0	25.689	5,5
Actividades profesionales, científicas y técnicas	394.359	25,5	1.018.950	16,9	85.880	18,2
Actividades administrativas y servicios auxiliares	165.551	10,7	1.397.438	23,2	69.402	14,7
Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento	90.407	5,8	326.606	5,4	28.034	6,0
Otros servicios (excepto actividades asociativas)	156.721	10,1	317.868	5,3	8.930	1,9
TOTAL	1.546.525	100,0	6.015.289	100,0	471.050	100,0

También es necesario conocer **cuántas personas están empleadas en los distintos sectores**. Esta información es necesaria puesto a que en las fases se refiere a un porcentaje de la plantilla de las empresas (Imagen 8).

Imagen 8:



Por último, es necesario tener la información disponible sobre la **población activa** en España (Imagen 9).

Imagen 9:

		Valor	Variación
Ocupados	1	19.681,3	1,08
Parados	1	3.313,0	-1,23
Tasa de actividad	2	58,18	-0,17
Tasa de paro	2	14,41	-0,29

1. Valor en miles. Variación sobre el mismo período del año anterior
 2. Valor en %. Variación: diferencia respecto a la tasa del mismo período del año anterior

Pese a que los datos pertenecen a años distintos se usarán como si **perteneciesen al mismo año puesto que son los últimos datos disponibles**. Y por último en este escenario no se tendrán en cuenta los ERTES que se han realizado desde el inicio del estado de alarma causado por el COVID-19 y se calculará el escenario suponiendo que toda la población activa retornará a sus puestos de trabajo en la fase 4.

Las siguientes tablas representan que **participación al PIB por cada millón de empleados** en los distintos sectores de producción (Imagen 10):

Imagen 10:

PIB		Personas		PIB/personas
SECTOR	%	%	Número	
Agricultura	2.6%	4.1%	0.80693	2.1%
Construcción	5.2%	6.1%	1.20056	4.3%
Industria	16.4%	12.8%	2.51921	6.5%
Imp	9.3%		0	
Servicios	66.4%	70.4%	13.8556	4.8%

*Número de personas en millones

Servicios					
Desglose	%	PIB	%	Personas	%/Personas
Transporte	22.7%	15%	14%	1.9675002	7.66%
Hostelería	14.1%	9%	23%	3.21450737	2.91%
Inform	16.9%	11%	8%	1.06688391	10.52%
Act Inm	5.5%	4%	4%	0.55422541	2.02%
Act prof	18.2%	12%	17%	2.34160235	5.16%
Act Admin	14.7%	10%	23%	3.21450737	3.04%
Act art	6.0%	4%	5%	0.7482043	2.98%
Otros	1.9%	1%	5%	0.73434867	0.93%

Fase 1: hasta el 40% de la plantilla.

Escenario con COVID				Fase 1	
				X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.685724	0.435724	0.535724	Bull	0.406804
Bear	0.264276	0.514276	0.414276	Bear	0.543196
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.05
Suma	1	1	1	Suma	1
<hr/>					
	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.407	0.542425	0.576331	0.584807	0.586926
Bear	0.543	0.407575	0.373669	0.365193	0.363074
Stable	0.050	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

En la primera fase en la que se asume que el 40% de la población activa vuelve a la su actividad laboral. En este escenario se usa como punto de partida X5 del escenario base con COVID-19.

Para calcular Pc de esta fase se ha calculado **cuanto aportarían en 40% de la población a los distintos sectores**, excluyendo el sector de la hostelería puesto que no se pueden reunir más de 10 personas. Luego al resultado se le ha aplicado una reducción puesto que es imposible que un negocio funcione igual de bien con el 40% de los empleados que con la totalidad de su plantilla. En esta fase se puede apreciar **un aumento muy rápido de la probabilidad alcista**, esto es razonable porque es el comienzo de la recuperación, lo cual aumenta sustancialmente la productividad. Pero una vez que se llega a la segunda semana se estabiliza esta probabilidad en las primeras dos semanas la probabilidad de que el mercado tenga una tendencia alcista sube un 17% y en las dos siguientes sube 1% esto indica claramente que tiene un impacto positivo.

Fase 2: hasta el 70% de la plantilla.

Escenario con COVID				Fase 2	
				X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.626345	0.376345	0.476345	Bull	0.587
Bear	0.323655	0.573655	0.473655	Bear	0.363
Stable	0.05	0.05	0.05	Stable	0.050
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.587	0.528077	0.513364	0.509686	0.508766
Bear	0.363	0.421923	0.436636	0.440314	0.441234
Stable	0.050	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

Para la fase 2 se asume que el **70% de la población activa vuelve a desarrollar su actividad con normalidad**. Esto supone un 30% incremento con respecto a la fase 1 y como se usa como punto de partida X5 de la fase 1, se calcula la participación al PIB del 30% de la población activa. Se vuelve a aplicar un recorte en la productividad de la empresa basándose en las mismas razones por las cuales se aplicó el descuento en la fase 1.

En esta fase se puede apreciar unas perspectivas algo más pesimistas, esto puede darse debido a que pese el salto porcentual es similar, **un 40% en la fase 1 y un 30% en la fase 2**, pero el efecto que este tiene en la economía es distinto. No es lo mismo pasar de 0 a 40 que de 40 a 70 el cambio relativo es mucho mayor en el primer escenario. Pese que los resultados se acercan a una situación de normalidad se puede apreciar que aún no ha habido una recuperación total.

Fase 3: la totalidad de la plantilla.

Escenario con COVID				Fase 3		
					X1	
Pc	Bull	Bear	Stable		Bull	0.509
Bull	0.745455	0.495455	0.595455	Bear	Bear	0.441
Bear	0.204545	0.454545	0.354545	Stable	Stable	0.050
Stable	0.05	0.05	0.05	Suma	Suma	1
Suma	1	1	1			

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.509	0.627647	0.657367	0.664797	0.666654
Bear	0.441	0.322353	0.292633	0.285203	0.283346
Stable	0.050	0.05	0.05	0.05	0.05
Suma	1	1	1	1	1

En la fase 3 el **100% de la población activa** vuelve a desarrollar su actividad económica, en este caso puesto que la población no ha recuperado la normalidad se aplica un porcentaje de descuento. Para ser capaz de contabilizar que no existe una situación de normalidad y que existen muchos interrogantes para con respecto al turismo.

Este escenario no se presenta los resultados más positivos. Esto puede ser gracias a que las empresas ya vuelven a funcionar al total de su potencial, gracias a que cuentan con la totalidad de sus plantillas. El cambio se da gracias a que una vez que una empresa funciona al cien por cien de su capacidad **no solo aumenta la producción**, también se reducen los costes puesto que hay un mayor aprovechamiento de recursos y una reducción de coste por producto producido.

Fase 4: recuperación de la normalidad.

Escenario con COVID				Fase 4	
					X1
Pc	Bull	Bear	Stable		
Bull	0.6	0.45	0.55	Bull	0.666654
Bear	0.3	0.45	0.35	Bear	0.283346
Stable	0.1	0.1	0.1	Stable	0.05
Suma	1	1	1	Suma	1

	X1	X2	X3	X4	X5
Bull	0.667	0.554998	0.54325	0.541487	0.541223
Bear	0.283	0.345002	0.35675	0.358513	0.358777
Stable	0.050	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma	1	1	1	1	1

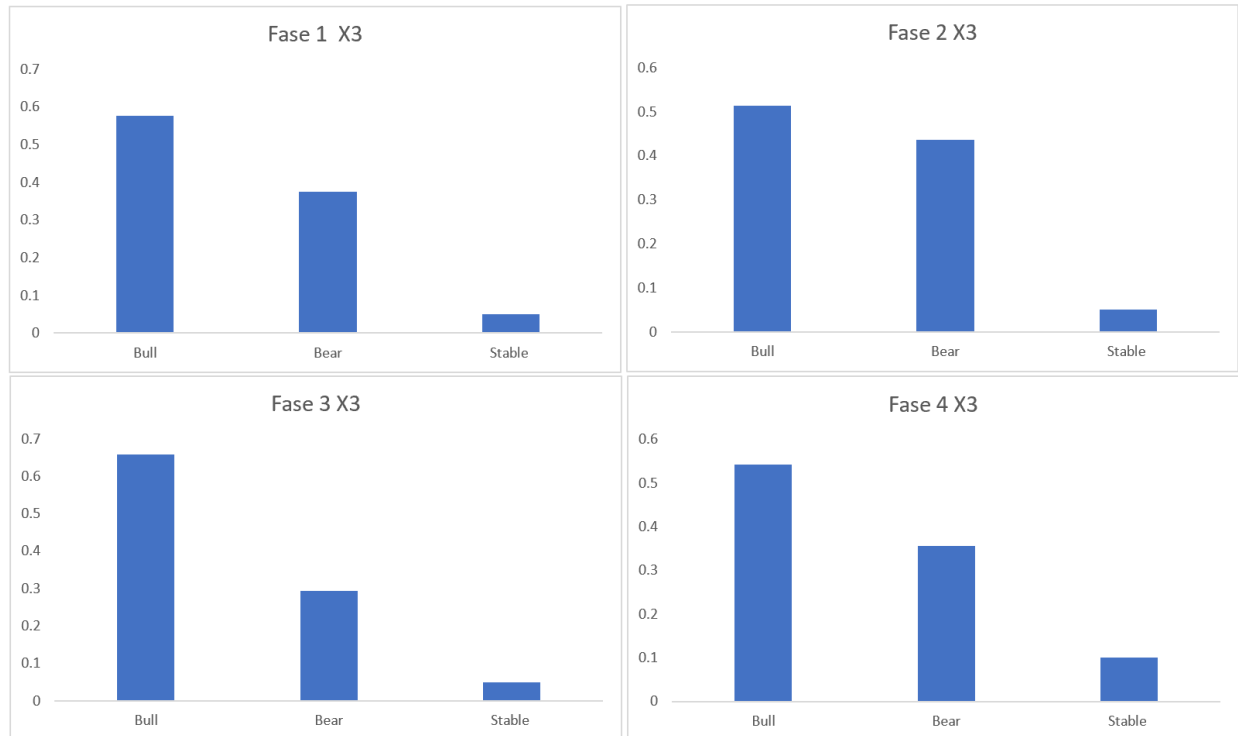
En la fase 4 como se recupera la normalidad se **aplica la matriz de cambio del escenario base del escenario sin COVID-19, Pe**, pero con el punto de partida del X5 de la fase 3. Para calcular esta fase no se ha aplicado ningún factor de descuento.

En este escenario se recupera la normalidad y es por eso por lo que se aplica la matriz de cambio del escenario sin COVID-19, pese a que se reducen las probabilidades de que el mercado crezca, la tendencia sigue siendo positiva.

Al contrario que en el escenario 4 **no se aplicarán distintos escenarios** para hacer referencia a la posibilidad de que exista una recuperación económica que genere cierto optimismo en los mercados financieros y se exceda así las posibilidades de crecimiento. Estos escenarios no se tendrán en cuenta puesto a que el proceso de las fases se puede extender en el tiempo durante 4 meses o más, en este modelo solo se reconoce una duración máxima de 4 meses. Y si se reconociese la posibilidad de que existiesen estos escenarios, se abriría la puerta a la creación de infinitos escenarios. Es por eso por lo que se ha escogido el más probable, el escenario en el cual se retoma la normalidad.

La finalidad de este escenario era entender que **escenario tendría un mayor efecto** en las probabilidades de mercado, para esto se estudiara la semana 2 o X3, y la semana 4 o X5.

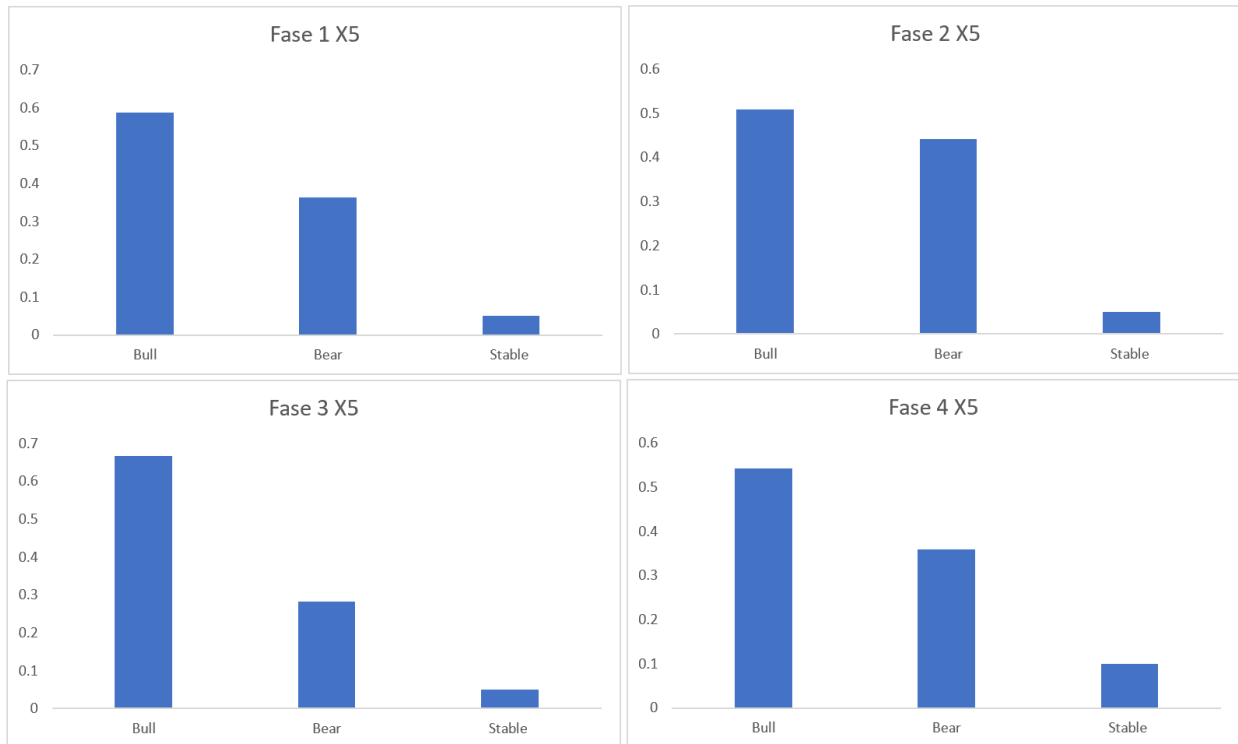
Semana 2 o X3:



Se estudia el efecto de estas fases en la segunda semana puesto que es la duración mínima que tendrán cada una de las fases. Salvo la fase 4 que supone una vuelta a la normalidad.

En estos gráficos se puede apreciar que **la fase más positiva es la Fase 3**, la primera y la cuarta fase tienen efectos similares, y la caída más relevante existe entre la fase primera a la segunda. En este periodo se puede apreciar una caída sustancial de las probabilidades de crecimiento. Esto reafirma lo que ya se estipuló en la explicación de la segunda fase, el cambio relativo de 0 a 40% es muy superior al cambio que supone pasar de 40% a 70%. Al igual que sucede esto también existe un cambio de tendencia entre la fase 2 y la fase 3. Analizando estas gráficas de la segunda semana se puede apreciar que en la fase 1 y 3 existe una tendencia de crecimiento, mientras que en la fase 2 y 4 pese a que existe esa tendencia alcista es mucho más moderada.

Semana 4 o X5:



En este análisis se aprecian las mismas tendencias que en el análisis anterior. Las mayores diferencias ocurren en la fase 1, en la cual se puede apreciar una mayor posibilidad de que le mercado crezca, esto va acorde con lo que se observa en la fase 1 X3. **Este cambio hace incluso más pronunciado la diferencia de tendencia entre la fase 1 y la fase 2.**

Las demás fases pese a que los valores cambian **las tendencias siguen siendo las mismas**. Las fases en las que crecía la posibilidad de crecimiento continúan creciendo, aunque se reduce el ritmo de crecimiento. Las fases en las que se reducían estas posibilidades de crecimiento se siguen reduciendo la posibilidad de crecimiento, pero al igual que en las otras fases se reduce el ritmo de reducción. Esto concuerda puesto conforme vaya pasando el tiempo las ampliaciones de libertad que vaya permitiendo cada fase se irán normalizando.

Conclusión, este escenario buscaba encontrar que fase de las cuatro fases analizadas era la que tenía un mayor efecto en las probabilidades del mercado. El resultado de este estudio prueba que la fase que tiene una mayor repercusión sobre las posibilidades de crecimiento es la **Fase 3**.

3.4. Conclusión del modelo:

A la hora de plantear el modelo se hizo con una serie de objetivos, objetivos del modelo son los siguientes: **El objetivo no relacionado con el trabajo se refiere al éxito matemático del modelo. Que presente resultados consistentes y coherentes.**

Los objetivos relacionados con el trabajo son: que sirva como ejemplo para los conceptos teóricos explicados en el segundo apartado del trabajo. Hacer que los conceptos sean más comprensibles. Clarificar la relación entre los conceptos.

Antes de entrar en los objetivos relacionados con el trabajo de fin de grado, si se estudian exclusivamente los resultados del modelo. Se aprecia que estos **mantienen una cierta coherencia y es por eso por lo que el modelo es un éxito**, aparte el modelo ha servido para explicar los conceptos en los que se basa este trabajo.

Este modelo presentado como la cadena de Markov y todos los escenarios que se han planteado, tenía como propósito **trascender el marco teórico de este trabajo**, explicar una de las aplicaciones de las finanzas cuantitativas de forma tangible y ver la aplicación del Big Data a las finanzas cuantitativas. Esto satisface el objetivo de emplear el modelo como ejemplo.

El objetivo es hacer los conceptos más comprensibles se ha alcanzado de forma bastante clara. El modelo **matemático se ha explicado con la suficiente profundidad como para que se pudiesen seguir los pasos que se ejecutaban en los distintos escenarios**. Una vez entendidos los pasos del modelo se podían entender los resultados, y como estos han ido variando según se cambiaban las entradas al modelo. Esta información estaba refutada por los resultados coherentes del modelo. La aplicación del modelo de Markov para calcular la posición en la que se encontrará un mercado financiero es una práctica común dentro de la industria financiera.

La relación entre los conceptos se ve con mayor claridad en el sexto escenario. En este escenario se usa el Big Data, concretamente los resultados de bases de datos de 47 millones españoles, de 19 millones de españoles que ahora se encuentran en el mercado laboral. Bases de datos que contienen

el conjunto de productos y servicios producidos en un país durante un año, y a que industria pertenecen estos productos y servicios. Que una vez desglosados por industria se ha podido calcular que aportación tiene al PIB y posteriormente se han podido aplicar estos datos al modelo de Markov.

Como cierre del modelo cabe recalcar que es un **éxito matemático y un éxito explicando con claridad los conceptos** que se querían explicar reafirma positivamente la decisión de optar por este modelo en concreto.

4. Conclusiones:

4.1. Sinergias:

La definición de sinergia es el: Incremento de la acción de diversas sustancias debido a que actúan conjuntamente. Partiendo de esta definición se observa que existe una sinergia principal entre estos dos conceptos, esta sinergia es el hecho de que el Big Data es **información** y las finanzas cuantitativas se nutren de información. Las finanzas cuantitativas se nutren de información y el hecho de disponer de una cantidad ingente de información puede ayudar a mejorar la precisión de los resultados y los campos de estudio.

4.2. Ventajas:

La principal ventaja de la asociación de los conceptos es el **número de posibilidades** que esta herramienta provee. Gracias a tener esta cantidad se pueden realizar nuevos estudios.

Emplear la información adecuada los resultados serán no solo **más precisos**, pero también serán más relevantes y difíciles de contradecir.

Permite **estar preparado** para cualquier situación, gracias a la cantidad de información se pueden hacer infinitas variaciones que representen infinitas realidades. Esto no solo permitirá saber qué hacer si se cumple uno de los distintos escenarios, pero también permitirá perfeccionar la herramienta para aumentar su fiabilidad. Esta ventaja a su vez tiene un inconveniente, el hecho de que se puedan realizar infinitas permutaciones de un mismo modelo no implica que se deban hacer, se ha de estudiar que permutaciones son relevantes y por qué son relevantes.

Mayor **adaptabilidad**, supóngase que un cliente tiene un cierto perfil de riesgo, el hecho de tener más información sobre más activos permite a la firma ser capaz de predecir el riesgo que supone una inversión con mayor precisión y fiabilidad. Gracias a ser capaz de adaptarse a las necesidades de sus clientes de una forma única, la analogía perfecta es un traje hecho a medida. Conforme se mejoren las técnicas de precisión, se reducirán los costes y se obtendrá una ventaja competitiva.

Prevención de problemas, gracias a esta herramienta se pueden analizar las bases de datos no solo buscando soluciones, si no también buscando problemas. Por ejemplo, un banco puede analizar sus líneas de créditos o hipotecas y como es normal encontrara ciertos clientes que estén en una situación de impago, gracias a estas herramientas puede encontrar elementos similares entre los clientes que se encuentres en esta situación para ofrecerles una solución a su problema. De esta formar es banco se evita tener que cargar con una hipoteca que no quiere o con una línea de crédito que no podrá cobrar. Esta ventaja puede conllevar al inconveniente de entrar en una base de datos esperando encontrar una solución, esta idea se desarrolla con mayor detalle en el apartado de inconvenientes, pero el proceso, por lo general, es el contrario primero se ha de tener un objetivo y luego se ha de buscar en la información.

Hacer los mercados financieros **más seguros**, como se ha dicho antes en este trabajo las finanzas cuantitativas se emplean, entre otras cosas, para establecer un precio para los derivados, gracias a la herramienta del Big Data se dispondrá de más información para establecer el precio que más se ajuste a la realidad del objeto, esto podrá ayudar a evitar que se creen burbujas sobre los activos. Otra ventaja es mejorar su capacidad de predicción, usando el ejemplo de la cadena de Markov que se ha planteado en este modelo, al emplear el Big Data estas estimaciones a futuro son mucho más relevantes y precisas que si no se hubiese hecho.

El Big Data permite **establecer relaciones** entre hechos que afectan a los mercados financieros, en este concepto se basan firmas como Renaissance Technologies, firma compuesta por físicos, matemáticos e ingenieros, que son capaces de establecer relaciones matemáticas entre hechos y subidas o bajadas en activos bursátiles, Gracias a ser capaces de establecer estas relaciones obtienen una rentabilidad superior a la de los mercados.

Otra gran ventaja que no solo se aplica a las finanzas cuantitativas de forma exclusiva, **es el ahorro de tiempo y la reducción costes**. Tener esta información disponible acelera mucho los procesos, esta ventaja está estrechamente con la posibilidad de estudiar una gran variedad de posibles escenarios y pese a que la infraestructura para poder trabajar con grandes bases de datos es costosa a largo plazo reduce costes.

Una última ventaja en la que no se entrará en detalle es la aparición del **trading algorítmico**. Estas son solo algunas de las ventajas que presenta la unión de ambos conceptos, las ventajas se expanden tanto como las aplicaciones que tiene las finanzas cuantitativas.

4.3. Inconvenientes:

El primer inconveniente en si es ser capaz de **recabar toda esa información**. Este es un inconveniente temporal puesto que según van avanzando la tecnología es más fácil recolectar información sobre un grupo en concreto.

El segundo inconveniente es ser capaz de **estructurar la información** obtenida. Como ya explicado anteriormente en este trabajo existen dos tipos de información la información estructurada y la información desestructurada. La información desestructurada es totalmente inútil hasta que no se cataloga y se estructura. Si se está trabajando con grandes volúmenes de información este es un proceso arduo y costoso

El tercer inconveniente es **determinar un objetivo**, ahora mismo existe una tendencia en la cual se cree que por el hecho de tener mucha información la solución está presente, que solo se necesita buscar en esa información para encontrar esa solución. Esto puede ser cierto para empresas como Google, Amazon y Facebook, que tienen los recursos para verse envueltos en estas odiseas. Para el resto de las empresas esto no es una realidad plausible por eso es muy importante determinar los objetivos antes de continuar.

El cuarto problema es **catalogar esa información**, discernir entre la información relevante y la irrelevante. La cantidad de la información puede resultar abrumadora y suponer que usando toda la información disponible se obtendrán resultados más precisos y relevantes es un error. El hecho de tener mucha información permite escoger que información se quiere usar para obtener unos resultados. Permite probar distintas mediciones usando distintos inputs. El hecho de tener mucha información da muchas opciones de análisis.

El quinto inconveniente es **obtener información relevante y útil**. Esto depende del proceso de minería de información, y en los objetivos que se tengan. Puesto a que la calidad de la información depende de lo que se quiera obtener, no toda la información vale para todo.

El sexto inconveniente es la **interpretación de los resultados**, este no es un problema del BIG Data exclusivamente, pero se ve acentuado por esta herramienta. El hecho de obtener resultados que no eran esperados puede resultar chocante y esto no quiere decir que no se revise el proceso mediante el cual se han obtenido esos resultados. Pero el hecho de tener mucha información puede llevar a culpar a la información y probar distintas combinaciones hasta dar con los resultados deseados.

El séptimo inconveniente es el **coste**, ser capaz de trabajar con grandes volúmenes de datos conlleva tener una gran capacidad computacional, personal cualificado y un lugar donde almacenar toda esa información. Este proceso viene precedido por una logística, un proceso de contratación y planificación para que todo funcione de acuerdo con la firma a la que pertenece.

El octavo y último inconveniente es el **Big Data** en sí, pese a que esta herramienta es tremendamente útil no significa que sea necesaria para todos los negocios o para todos los estudios. La información en menor cantidad, pero mayor calidad, información más relevante, presentará unos resultados mucho más útiles que mucha cantidad de información de poca calidad.

4.4. Juicio crítico:

Tras haber estudiado ambos conceptos en profundidad. Habiendo estudiado no solo los conceptos y sus diversas aplicaciones, y haberlos puesto en práctica en el modelo empleado, la conclusión es clara. Las ventajas de la relación entre ambos conceptos son claras y son superiores a las posibles desventajas que puedan acontecer.

Es por eso por lo que la conclusión de este trabajo es que las finanzas cuantitativas se van a ver **beneficiadas** en la era del Big Data. Se van a ver beneficiadas en múltiples aspectos, algunos de ellos son: **presentando una mayor fiabilidad en sus resultados, teniendo un mayor número**

de aplicaciones en las diversas áreas financieras, ya sea en los mercados o en las entrañas de una empresa. También una expansión en sus mediciones, ya que ahora se tiene una mayor información y esto permite el estudio de más campos.

Las menciones que se hacen en este trabajo son realidades que se han podido ver en los últimos años en la industria financiera, donde cada vez existe una mayor demanda para matemáticos e ingenieros que sean capaz de generar modelos matemáticos para ser capaz de predecir situaciones futuras y aumentar así la rentabilidad de las firmas para las que trabajan.

En mi opinión la relación entre estos conceptos, pese a ser **una relación relativamente joven**, es una relación que no solo evolucionará, sino que va a cambiar el futuro de los mercados financieros. En los últimos años se ha podido apreciar cómo han cambiado estos mercados desde la aparición del trading algorítmico que pese a estar en un estado prematuro tienen un gran potencial.

Bibliografía:

- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (n.d.). Retrieved from <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-4897>
- Arya, J. C., & Lardner, R. W. (2009). *Matemáticas aplicadas a la administración y a la economía*. México: Pearson Educación.
- Cadena de Markov - Definición, qué es y concepto. (2020, January 20). Retrieved from <https://economipedia.com/definiciones/cadena-de-markov.html>
- Calle, J. P. (2018). 4 tipos de riesgos financieros. 2018. Retrieved from <https://www.riesgoszero.com/blog/4-tipos-de-riesgos-financieros>
- Ferreiro, F. (2019). Datos estructurados - SEMrush Blog. Retrieved June 25, 2020, from <https://es.semrush.com/blog/datos-estructurados/>
- Fuertes, A. (2020) Estructura de datos definición y tipos principales: VIU. Retrieved from <https://www.universidadviu.com/estructura-datos-definicion-tipos-principales/>
- La reinención de la economía a través de las Finanzas cuantitativas. (2019, March 5). Retrieved from <https://www.master-finanzas-cuantitativas.com/reinvencion-economia-finanzas/>

- Lohr, S. (2013, February 1). The Origins of 'Big Data': An Etymological Detective Story. Retrieved from <https://bits.blogs.nytimes.com/2013/02/01/the-origins-of-big-data-an-etymological-detective-story/>
- Logicalis. (2014). Velocidad, variedad y volumen, las 3 magnitudes clave de Big Data. 2014. Retrieved from <https://blog.es.logicalis.com/analytics/velocidad-variedad-y-volumen-las-3-magnitudes-clave-de-big-data>
- López, J. (2017, December 31). Análisis cuantitativo - Definición, qué es y concepto. Retrieved June 25, 2020, from <https://economipedia.com/definiciones/analisis-cuantitativo.html>.
- Marr, B. (2015). *Big data: using smart big data, analytics and metrics to make better decisions and improve performance*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons, Inc.
- Quantitative Finance - Definition, Components, and Quants. (2020, February 17). Retrieved from <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/quantitative-finance/>
- Rouse, Margaret, et al. “¿Qué Es Big Data? - Definición En WhatIs.com.” SearchDataCenter En Español, 2017, <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Big-data>.

Imágenes:

1. Ebrahimi, N. (n.d.). *Fine 4140 Risk Management. FINE 4140 Risk Management*. New Orleans.

2. Ebrahimi, N. (n.d.). *Fine 4140 Risk Management. FINE 4140 Risk Management*. New Orleans.
3. Ebrahimi, N. (n.d.). *Fine 4140 Risk Management. FINE 4140 Risk Management*. New Orleans.
4. Marr, B. (2015). *Big data: using smart big data, analytics and metrics to make better decisions and improve performance*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley and Sons, Inc.
5. https://www.researchgate.net/figure/Figura-51-Ejemplo-de-Cadena-de-Markov-Extraido-de-SSCRGM12_fig7_319327358
6. INE. (2018). *España en cifras 2018* (p. 28). Madrid, Madrid: INE.
7. (2018, June 22). Retrieved from https://www.ine.es/prensa/eess_2016_d.pdf
8. Resultados provinciales. (n.d.). Retrieved from <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=3994#!tabs-grafico>
9. Encuesta de población activa. (n.d.). Retrieved from https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176_918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595
10. Resultados del modelo.

Notas:

Toda la información referente al IBEX35 se ha obtenido de la siguiente fuente:

- Gráficos, datos y noticias de IBEX35. APALANCADO NETO X5 (INDU.MC). (2020, May 20). Retrieved from <https://es.finance.yahoo.com/quote/INDU.MC?p=INDU.MC&.tsrc=fin-srch>