



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SISTEMA INFORMATICO PARA LA GESTION DEL RIESGO FINANCIERO PARA LOS  
FONDOS DE PENSIONES

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACION  
MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CLAUDIO EDUARDO MILLAN ZAMORA

PROFESOR GUIA:  
SERGIO F. OCHOA DE LORENZI

MIEMBROS DE LA COMISION:  
PATRICIO VALENZUELA AROS  
PABLO GONZALEZ JURE

SANTIAGO DE CHILE  
2015

## Resumen

Desde la crisis financiera del 2008, la administración del riesgo financiero adquiere una vital importancia para todos los administradores de inversiones a nivel global; entre los cuales se encuentran las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP's) de Chile, entidades encargadas de gestionar las inversiones con los ahorros de los trabajadores.

A través de este trabajo se explica qué es un sistema de pensiones, y cuáles son las características del sistema de capitalización individual usado en Chile. En este escenario las AFP's juegan un rol primordial, al igual que el regulador de éstas; la Superintendencia de Pensiones (SP), la cual, luego de la adopción de la supervisión basada en riesgos, destaca la importancia del monitoreo a través de métricas, para la gestión del riesgo financiero de los fondos de pensiones por parte de las AFP's.

También se revisan cuáles son las métricas de riesgo de mercado usadas en la industria. Para este riesgo en particular existen muchos tipos de indicadores que buscan cuantificarlo. En este trabajo se implementaron variantes del tracking error como del beta. Este último solo para el horizonte ex-post (pasado) y el primero tanto para un horizonte pasado como futuro (ex-ante).

Por la relevancia de la medición de los riesgos financieros, es necesario que estas métricas estén disponibles de manera oportuna y confiable. Por ello, el principal objetivo de esta Memoria es el desarrollo de una aplicación Web. Que permite registrar y concentrar todos los datos, así como la lógica del negocio necesaria para el cálculo de las métricas de apoyo al proceso de toma de decisiones en la gestión de inversiones.

Ahora bien, considerando que muchas de estas métricas son relativas, el sistema desarrollado busca dar apoyo en la inferencia de posiciones de los competidores. Transformándose en una herramienta para agilizar la gestión y coordinación de los analistas de inversiones.

Como resultado de este trabajo, se destacan algunos importantes beneficios para el usuario, tales como un significativo ahorro de tiempo en el procesamiento de las métricas de riesgos ya existentes, la incorporación de nuevas métricas y el ahorro de tiempo en la recopilación de datos. Todo con el propósito de mejorar el proceso de toma de decisiones de inversiones.

Otros elementos a destacar son: la valoración de la aplicación de tecnologías de la información en el ambiente de inversiones y el uso de una metodología de desarrollo de aplicaciones que ha permitido alcanzar y exceder los objetivos propuestos.

Por último, es necesario destacar que la aplicación desarrollada aún posee potencial de evolución, ya sea a través de la incorporación y/o modificación de interfaces, métricas de riesgos, supuestos y consideraciones, opción que permitirá la generación de nuevas versiones de esta aplicación.

## **Dedicatoria**

Todo este trabajo y esfuerzo se lo dedico a mi familia, a pesar que me molestaron más de la cuenta, su apoyo y ánimo fue fundamental. No solo para sacar adelante este trabajo sino que cada uno de los cursos de estas carreras.

Madre, Padre y hermana, muchas gracias por estar ahí.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer no solo a mi familia sino que también a toda la gente involucrada en esta Memoria, en especial al profesor Sergio Ochoa que tuvo la paciencia de trabajar conmigo y me aconsejó de buena manera para poder, por fin, terminar mis carreras.

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Justificación.....	2
1.2.	Alcance de la Memoria.....	4
1.3.	Objetivos .....	4
2.	Conceptos básicos.....	6
2.1.	Conceptos básicos sobre los fondos de pensiones .....	6
2.2.	Teoría de carteras financieras.....	9
2.3.	Métricas de riesgo.....	11
2.4.	Patrón MVC.....	13
3.	Solución de software.....	15
3.1.	Desafío computacional.....	15
3.2.	Requisitos de la solución.....	16
3.2.1.	Actores .....	16
3.2.2.	Requerimientos .....	17
3.3.	Tecnologías usadas en la implementación .....	18
4.	Diseño de la solución .....	20
4.1.	Arquitectura de software básica .....	20
4.1.1.	Capa de presentación .....	20
4.1.2.	Capa de lógica .....	21
4.1.3.	Capa de datos.....	23
4.2.	Diseño detallado .....	25
4.2.1.	Proceso tracking error ex-post .....	25
4.2.2.	Proceso beta ex-post.....	27
4.2.3.	Proceso de la performance .....	30
4.2.4.	Proceso tracking error ex-ante .....	32
4.2.5.	Proceso grafico diferencia de retornos.....	36
4.2.6.	Proceso de carga de cuotas.....	38
4.2.7.	Proceso de carga de precios y posiciones .....	40
4.2.8.	Proceso de cálculo de retornos.....	42
5.	Implementación de la solución .....	46
5.1.	Panel de control .....	46
5.2.	Elección de métricas por fecha .....	47
5.3.	Gráfico de diferencia de retornos .....	48
5.4.	Carga de cuotas.....	49

6.	Resultados preliminares.....	50
6.1.	Tracking error ex–post .....	50
6.2.	Beta ex-post.....	51
6.3.	Performance.....	52
6.4.	Tracking error ex-ante .....	53
6.5.	Gráfico de diferencias de retornos .....	55
7.	Conclusiones y trabajo a futuro.....	57
7.1.	Conclusiones.....	57
7.2.	Trabajo futuro.....	58
8.	Bibliografía .....	60
9.	Anexo A: Gestión de riesgo.....	61

# 1. Introducción

Hace más de 30 años, el Estado de Chile decidió cambiar el sistema previsional (de jubilación), dejando atrás el antiguo sistema de reparto, en favor de uno completamente nuevo que apunta a la capitalización individual [5]. Con este cambio, el gobierno no sólo se expuso a la transformación del sistema, sino que también a ser el primer país a nivel mundial en usar un enfoque de ese tipo.

Básicamente, el sistema de reparto consistía en que todos los trabajadores activos cotizaban a un fondo común, administrado por el Estado, para que luego éste se preocupe de pagar las pensiones correspondientes a los ciudadanos que ya están en estado de pensionarse. Este sistema terminó, de manera de darle paso al sistema de capitalización individual, en donde, a diferencia del sistema anterior, cada una de las personas debía preocuparse de su futura pensión a través del ahorro durante su vida laboral. En otras palabras, se pasó de un sistema donde lo que la persona logra ahorrar (a través de la cotización al fondo común) no determina la jubilación futura que la persona recibiría, a otro donde el ahorro de cada individuo determina la pensión que éste tendrá al término de su vida laboral [4].

Este cambio en el sistema de pensiones en Chile también significó una modificación importante en la manera como se administra el capital ahorrado para la pensión de cada uno de los cotizantes chilenos. Este capital pasa de una administración gubernamental, a otra que es llevada a cabo por las Administradoras de Fondos de Pensiones, más conocidas como AFP's. Estas administradoras tienen la labor de maximizar el retorno de las inversiones, de manera que los cotizantes logren una rentabilidad adecuada para sus ahorros y así acceder a una buena pensión. El gobierno de Chile ya no administra el capital, sino que sólo fiscaliza la buena administración de éste, a través de un órgano específicamente creado para ese fin: la Superintendencia de Administradoras de Fondos de Pensiones, actualmente la Superintendencia de Pensiones (SP).

La SP resguarda que las AFP's sigan el espíritu y letra del Decreto de Ley 3.500 [8] (Decreto por el cual se crea este sistema de previsión) y el régimen de inversiones de los Fondos de pensiones [9]. A través de esa Superintendencia también se vela porque todas las administradoras cumplan con una rentabilidad mínima exigida.

Tras la creación de la SP y sus subsecuentes reformas y modificaciones al sistema previsional, las administradoras se focalizan cada día más en la administración del riesgo financiero. Básicamente, el riesgo financiero es la volatilidad de resultados adversos que podrían significar la pérdida de valor de las inversiones [3].

La gestión del riesgo financiero se ha estudiado durante las últimas cinco décadas, y en especial después de la gran crisis financiera del 2008. Esto se debe al gran interés de la población, por poder tener una estimación cercana de cuánto capital podrían perder

por diversos movimientos en el mercado de valores. Lo anterior, sumado a la gran exposición que tienen los fondos de pensiones en los valores de activos financieros, es la razón de que esta Memoria estará principalmente focalizada en un tipo de riesgo específico, que es el riesgo de mercado.

El riesgo de mercado trata de cuantificar las pérdidas, dado movimientos inesperados en el precio de los activos financieros [10]. Para este riesgo en particular existen muchos tipos de indicadores que buscan cuantificarlos, como son el tracking error [1], Value at Risk [11], beta. A su vez existen dos tipos de horizontes para la mayoría de estos indicadores, el ex–post, que se refiere a la construcción de estos indicadores con datos pasados [2] y los indicadores ex–ante que tratan de predecir, con cierta probabilidad, los indicadores antes mencionados basándose en datos del pasado [2].

## **1.1. Justificación**

El nuevo sistema previsional chileno lleva más de 30 años en funcionamiento, sin embargo, ha sufrido varias reformas y modificaciones. Siendo una de las más importantes la reforma del 2002, en donde el afiliado a una AFP ya no sólo elige la AFP que administra su capital sino que también, puede elegir en qué fondo desea que sus ahorros se inviertan.

En la reforma del 2002, se crean cinco fondos de pensiones con distintos límites de inversión [9], que regulan la cantidad de riesgo financiero que cada fondo puede tener, desde esta reforma, los fondos de pensiones explícitamente toman un perfil más enfocado al riesgo, donde cada uno de los afiliados decide el riesgo que están dispuestos a tomar y con esto, aceptan un retorno implícito según la teoría de carteras [2].

Esta reforma obligó a las AFP's no sólo a manejar cinco fondos en vez de uno, sino que también a tener una gestión enfocada en el riesgo de la cartera de instrumentos. Un fondo de pensión es una cartera de inversión difícil de manejar, por la amplia gama de activos financieros que se mueven en el mercado y por los límites de diversificación establecidas en el régimen de inversiones [9] .

Se debe mencionar que manejar un fondo de pensión presenta un desafío particular, que consiste en que en cada movimiento que se hace tiene un riesgo financiero absoluto, que representa la pérdida del fondo, y un riesgo relativo que representa cuán lejos podría quedar del benchmark<sup>1</sup> y por consecuente el riesgo de caer a rentabilidad mínima<sup>2</sup>. Actualmente, todo el manejo del riesgo financiero de los fondos de pensiones se hace con herramientas básicas, mucho manejo de Excel y por diferentes personas que ocupan inputs distintos, esto significa que las métricas calculadas no están disponibles para todas

---

<sup>1</sup> Benchmark: Indicador para evaluar comparativamente productos.

<sup>2</sup> Rentabilidad mínima: Este concepto introducido en la normativa de los fondos de pensiones esta descrito en conceptos básicos, punto 2.1.

las personas que requieren de la información y que esta es generada demasiado lento. Lo anterior se traduce en que la cantidad de movimientos que se pueden simular son limitados. Como resultado de todo lo anterior, gran parte de los movimientos de los fondos de pensiones se realizan sobre la base de la experiencia que tienen los empleados de mayor jerarquía en cada AFP. Como consecuencia, en la mayoría de los casos en que los fondos de pensiones realizan movimientos, éstos se llevan a cabo sin la mayor claridad del riesgo financiero asociado a los mismos.

Los problemas que resuelve esta Memoria, son seis (ilustrados en la figura 1). Cada uno de ellos se desagrega en dos fases: Planteamiento del problema teórico y enfoque de la solución (arquitectura, diseño, implementación). Adicionalmente a los ya indicados, existe un problema de disponibilidad de la información.

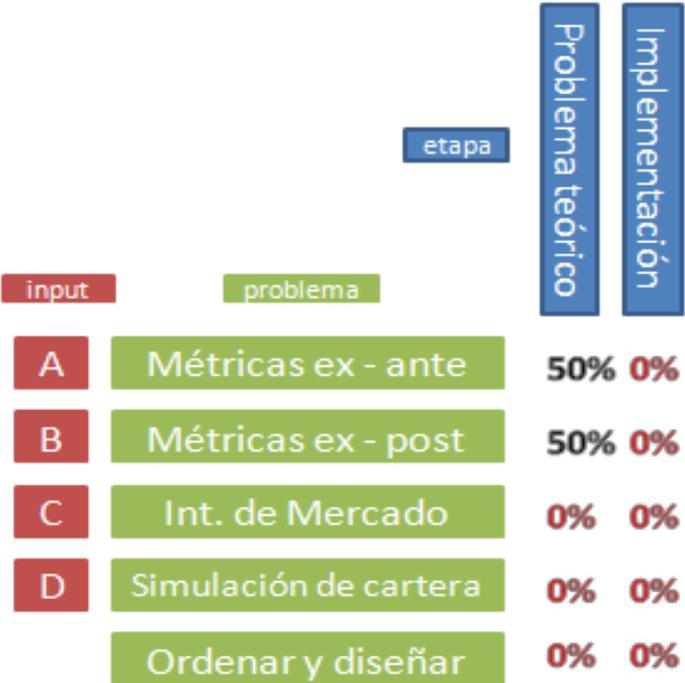


Figura 1. Descomposición de los problemas presentes al inicio de esta Memoria

A continuación se describen brevemente los problemas considerados en este trabajo de Memoria:

- 1) *Métricas ex-post*: Existen muchas métricas *ex-post*, sin embargo no tienen la flexibilidad deseada o la precisión deseada para los integrantes del área de inversiones.
- 2) *Métricas ex-ante*: Existe una cantidad limitada de métricas *ex-ante* que no cumplen todas las necesidades del equipo que maneja los fondos de pensiones.
- 3) *Inteligencia de mercado*: No se cuenta con herramientas que permitan tener una

noción de los movimientos que están realizando los competidores. Exponiendo a la administradora a un riesgo relativo que actualmente no se cuantifica.

- 4) *Simulación de cartera*: Por lo lento del proceso de cálculo de las métricas de riesgo, la mayoría de los movimientos de los fondos no se simulan, lo que significa que se toman riesgos sin tener una cuantificación clara de estos.
- 5) *Ordenar y diseñar*: Como se muestra en la Figura 1, los inputs (A, B, C, D, que representan fuentes de datos diferentes entre ellas) de cada problema son distintos. Por ende, el poder consolidar los datos en una sola base de datos presenta un desafío en sí mismo.
- 6) *Disponibilidad*: Algunas métricas se calculan, pero no quedan disponibles para su consulta. Esto significa que aunque se cuenta con estas métricas, los integrantes del área que toma las decisiones podrían no usarlas por no tener acceso a éstas.

Como se puede apreciar, el problema general que se busca resolver en este trabajo de Memoria es complejo y extenso. En consecuencia, su solución presenta un sinnúmero de beneficios a la organización donde se desarrolla.

## **1.2. Alcance de la Memoria**

Esta Memoria aborda cinco de los seis problemas enumerados en la sección anterior. Con esto su alcance es el siguiente:

- 1) Diseñar e implementar un sistema Web de manera de unificar los inputs con los cuales se calculan indicadores de riesgo.
- 2) A través del sistema Web, dejar disponible toda la información a los integrantes del área de inversiones.
- 3) Identificar las métricas correctas de riesgo, tanto las ex-ante como las ex-post, de manera de consolidarlas en una misma plataforma Web.
- 4) Diseñar e implementar las herramientas del sistema que permitan facilitar la detección de los movimientos que realizan el resto de las AFP's, reduciendo el tiempo en la detección de estos.

Se deja fuera de su alcance, la simulación de riesgo de cartera para diversos movimientos. Esto se debe a las grandes proporciones de trabajo que comprende desarrollarla.

## **1.3. Objetivos**

El objetivo general de este trabajo de Memoria es construir una aplicación Web, que permita gestionar el riesgo financiero asociado a cada uno de los fondos de pensiones.

Junto con proveer información para inferir las posiciones de la competencia.

Los objetivos específicos que se desprenden del objetivo general son los siguientes:

- 1) Diseñar e implementar una base de datos, que sirve como repositorio para guardar todos los datos necesarios utilizados en la generación de indicadores.
- 2) Generar e implementar en la aplicación Web los indicadores ex–post.
- 3) Generar e implementar en la aplicación Web los indicadores ex–ante.
- 4) Generar las herramientas del sistema necesarias para poder inferir las posiciones donde se encuentran el resto de las AFP's (inferencia de posiciones).

En el capítulo siguiente se presentan los conceptos básicos propios del dominio de negocio abordado. En el capítulo 3 se presentan los desafíos computacionales presentes en esta Memoria, como también cuales son los principales requerimientos de la solución informática. A través del capítulo 4 se detalla el diseño de la aplicación desarrollada, desde el diseño de alto nivel hasta el más detallado. Luego, en el capítulo 5 se muestran las principales interfaces graficas presentes en la aplicación, que permiten la interacción del sistema con sus usuarios. Finalmente en el capítulo 6 se exponen los resultados conseguidos por la solución informática.

## 2. Conceptos básicos

El marco conceptual en el cual se enmarca esta Memoria trata de unir dos disciplinas bastante distintas, como son la ingeniería de software y la ingeniería financiera. Al mismo tiempo, se busca realizar un ejercicio práctico para dimensionar los beneficios que la unión de estas disciplinas aporta para resolver un problema del mundo “real”. El producto final de esta Memoria es una herramienta Web que ayuda a las AFP a gestionar el riesgo financiero de sus fondos de pensiones. Para contextualizar el contenido de esta Memoria, el marco conceptual se ha dividido en cuatro partes:

- 1) Conceptos básicos sobre los fondos de pensiones.
- 2) Teoría de carteras financieras.
- 3) Métricas de riesgo.
- 4) Explicación del patrón Model-View-Controller (MVC).

### 2.1. Conceptos básicos sobre los fondos de pensiones

Para comprender el origen de los fondos de pensiones, primero se debe entender qué es un sistema de pensiones. Básicamente es un instrumento de seguridad social que tiene el Estado para proveer beneficios de vejez, invalidez y muerte a sus ciudadanos, a través de ingresos provenientes de estos [5]. Actualmente existen dos tipos de sistemas de pensiones en el mundo:

- a) Sistemas de reparto: Generalmente estos sistemas están administrados por el Estado. En estos casos la pensión es más bien “calculada” o definida por el Estado, que busca mantener el estándar de vida del pensionado una vez que se retira de la etapa activa laboral. Estos sistemas se financian a través de contribuciones al sistema previsional por parte de la población activa, así como también a través de la carga tributaria que el Estado define. De esa manera, la parte activa de la población financia a la parte pasiva, lo cual no es sostenible a lo largo del tiempo dado el envejecimiento que experimenta la población a nivel mundial.
- b) Sistema de capitalización individual: Este sistema se fundamenta en la premisa que la pensión de cada ciudadano depende del ahorro logrado por cada uno de ellos durante su época laboral activa. Por lo tanto, todo lo que la persona cotiza durante su periodo laboral activo, se va rentabilizando en una cuenta personal. Este ahorro, se mantiene en dicha cuenta hasta el momento de pensionarse. A diferencia del sistema de reparto, estas cuentas de capitalización no las administra el Estado, sino que una Administradora de Fondos de Pensiones (AFP).

El sistema de capitalización individual tuvo su origen precisamente en Chile, y se instituyó a través del Decreto de Ley 3.500 (DL 3500), el cual da el marco normativo

necesario para la creación del sistema junto con todos los participantes de éste, como lo son la Superintendencia de Pensiones y las AFP's.

- A) Superintendencia de pensiones (SP): Tiene su origen en el Decreto de Ley 3.500. Sin embargo, en éste se llamaba Superintendencia de Administradores de Fondos de Pensiones. El nuevo nombre de dicho organismo y sus atribuciones se le otorgan en la reforma previsional del 2008. La labor principal de la SP es controlar que las Administradoras de Fondos de Pensiones sigan el espíritu y letra del Decreto de Ley 3.500, junto con las directrices de inversión que se norman en el Régimen de Inversiones. Adicionalmente la SP, entre otras funciones, es la encargada de modificar el régimen de inversiones de manera que éste se vaya adecuando a la evolución de los mercados financieros.
- B) Administradoras de fondos de pensiones (AFP): Existen principalmente cuatro grandes actividades o funciones que deben cumplir las administradoras de fondos de pensiones, las cuales se enumeran a continuación:
- 1) *Administración de las cuentas individuales*: Cada AFP es responsable de administrar la cuenta individual de cada uno de sus afiliados, tanto del ahorro obligatorio como voluntario. Adicionalmente, también son responsables de realizar todas las gestiones para la cobranza de las cotizaciones obligatorias y voluntarias de sus afiliados.
  - 2) *Inversión de los fondos previsionales*: Las administradoras de fondos deben decidir y llevar a cabo la inversión de los fondos de pensiones acorde a la normativa vigente. Es decir, según lo autorizado en el Decreto de Ley 3.500 y el régimen de inversiones. Todo esto con el objetivo de resguardar la rentabilidad y seguridad de las inversiones de los trabajadores.
  - 3) *Otorgar y administrar beneficios*: Las AFP's son responsables de contratar los seguros correspondientes de invalidez y sobrevivencia para cada uno de sus afiliados. También tienen que otorgar los beneficios correspondientes una vez que el afiliado cumpla con los requisitos necesarios para poder pensionarse.
  - 4) *Servicios e información*: Las AFP's son las principales responsables de proveer toda la información necesaria a sus afiliados, respectos de sus ahorros en su cuenta de capitalización individual, como cualquier otra información necesaria para poder iniciar sus trámites de pensión. En espíritu, cada una de las AFP son las responsables de educar previsionalmente a sus afiliados y darles a entender, tanto el sistema de previsión chilena como sus beneficios.

Como una forma de incentivar a las empresas privadas a incursionar en esta nueva industria, el Decreto de Ley 3.500 permitía a las administradoras cobrar la comisión que ellas determinen. Sin embargo, para no crear incentivos perversos también se crearon dos medidas para resguardar la rentabilidad de los fondos de pensiones, así como para

alinear los intereses de las administradoras con los intereses de los trabajadores, de manera de conseguir la mayor rentabilidad posible. Estas medidas son las siguientes:

- 1) *Rentabilidad mínima*: El objetivo de la rentabilidad mínima es asegurar que las administradoras cumplan a lo menos con una rentabilidad similar a la del resto de la industria, de manera que ningún afiliado salga perjudicado. Esta rentabilidad se mide cada mes, en donde se busca que la rentabilidad real anualizada de los últimos 36 meses no sea menor a:
  - a. La rentabilidad real anualizada de los últimos 36 meses promedio de todos los fondos del mismo tipo menos 4% para los fondos tipo A y B y menos 2% para los fondos tipos C, D y E.
  - b. La rentabilidad real anualizada de los últimos 36 meses promedio menos el valor absoluto del 50% de dicha rentabilidad.

Se toma el menor valor entre las dos alternativas. Si llegara a suceder que una administradora no alcance la rentabilidad mínima, la SP enajenará del encaje (descrito a continuación) de la administradora, el monto necesario para llegar a ésta. En caso que este encaje no alcance, el Estado procede a garantizarla y a la posterior liquidación de la administradora.

- 2) *Encaje*: El encaje es el monto correspondiente al 1% del fondo de pensión. Este monto lo coloca la administradora, a través de la compra de cuotas del fondo de pensión. El objetivo es que para la administradora este encaje pasa a ser una parte fundamental del patrimonio de las administradoras, por lo que está incentivada a rentabilizar este patrimonio, pero de una manera segura. Adicionalmente, este encaje es un resguardo por si la administradora no llegara a la rentabilidad mínima.

De esta manera en 1981 se dió inicio al sistema de capitalización individual con doce administradoras de fondos de pensiones; número que ha ido variando a través del tiempo hasta llegar a seis en el 2015. Asimismo, como han ido variando la cantidad de administradoras, también ha ido evolucionando la normativa que rige este sistema. Dentro de esta, modificación sobresalen dos eventos particulares:

- 1) *Ley de multifondos*: Esta ley entra en vigencia el 28 de febrero del 2002 y crea los multifondos. A partir de ese momento, cada administradora pasa de administrar un fondo a cinco (fondos A, B, C, D y E). La diferencia que existe entre cada uno de los fondos es el nivel de riesgo que estos tienen. Este nivel de riesgo se obtiene a través de un límite con diferentes proporciones de instrumentos de renta variable para cada fondo. A su vez es la primera aproximación que se hace para que cada afiliado elija el multifondo apropiado según su horizonte de inversión y su aversión al riesgo financiero.
- 2) *Ley de reforma previsional*: Esta ley se introdujo el 2008, la cual busca solucionar varios de los problemas que afectan al sistema previsional chileno, siendo el principal, la baja tasa de reemplazo. Dentro de las modificaciones introducidas, se

le da mayores atribuciones a la Superintendencia de Pensiones para modificar el régimen de inversiones, y la manera de fiscalizar a las administradoras de fondos de pensiones.

Una de las grandes materias que introduce la SP luego de la reforma previsional, es la Supervisión Basada en Riesgo (SBR). Esto es un proceso estructurado que tiene por objeto identificar los principales riesgos a los que se enfrentan las administradoras de pensiones. Con el objetivo de fortalecer los sistema de gestión de riesgos de las AFP's, efectuar una fiscalización preventiva, contar con una regulación más flexible [15], de esta manera se evalúa la forma en que cada administradora gestiona dichos riesgos. En esta dirección, los mecanismos de monitoreo permanente de los riesgos pasan a ser fundamentales, y por esto, tener controlado el riesgo o contar con una herramienta de gestión para éste, pasa a ser fundamental para cualquier administradora. Esto último debido a que dentro de sus principales riesgos está el perder valor en cada uno de los fondos por una inadecuada gestión de inversiones.

## 2.2. Teoría de carteras financieras

Esta teoría fue creada y desarrollada por Harry Markowitz [2], con la cual se logra conseguir un retorno esperado para una cartera de activos, y adicionalmente, ésta representa una medida de riesgo esperado. Markowitz muestra que la varianza del retorno esperado del conjunto de los activos es una medida de riesgo válida. Todo esto funciona bajo una serie de supuestos que se enumeran a continuación:

- 1) Cada activo tiene una distribución de probabilidad para su retorno sobre un periodo de inversión definido.
- 2) Los inversionistas buscan maximizar su retorno.
- 3) Los inversionistas estiman el riesgo de la cartera de activos, acorde a los distintos retornos que estos tendrían bajo diversas probabilidades.
- 4) Para un mismo nivel de riesgos los inversionistas prefieren la cartera con el mayor retorno posible.

A partir de lo anterior, se define lo siguiente:

- a) *Retorno esperado de un activo*: El retorno esperado de un activo estará determinado por la distribución de probabilidad que tenga éste, en conjunto con el retorno esperado en el horizonte de tiempo, es decir:

$$E(R) = \sum_i^n r_i * p_i$$

Donde:

$E(R)$  = *Retorno esperado del activo*

$r_i =$  *Retorno del activo para el escenario i*  
 $p_i =$  *Probabilidad del escenario i*

- b) *Varianza del retorno de un activo*: Esto es la variación de los posibles retornos, frente al retorno esperado del activo. Se entiende que cuanto mayor sea la varianza, mayor es el riesgo del activo, dada la mayor distancia entre el menor y el mayor retorno del activo.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [R_i - E(R_i)]^2 * p_i$$

Donde:

$\sigma =$  *Varianza*  
 $R_i =$  *Retorno del activo para el escenario i*  
 $p_i =$  *Probabilidad del escenario i*

- c) *Retorno esperado de una cartera de activos*: El retorno esperado de una cartera de activo es la suma ponderada de los retornos esperados de cada activo individual, es decir:

$$E(R_{cart}) = \sum_{i=1}^n w_i * R_i$$

Donde:

$w_i =$  *El peso del activo i dentro de la cartera*  
 $R_{cart} =$  *Retorno de la cartera de activos*

- d) *Varianza del retorno de una cartera de activos*: La varianza del retorno de una cartera de activos se relaciona con la dispersión que se puede observar en los retornos de la cartera. Allí, cuanto mayor sea la dispersión de los retornos, más riesgosa resulta la cartera, ya que el retorno puede variar demasiado.

$$\sigma_{cart}^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 * \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i * w_j * Cov_{ri,rj}$$

Donde:

$i \neq j$   
 $w_i =$  *El peso del activo i dentro de la cartera*  
 $Cov_{ri,rj} =$  *La covarianza entre el retorno del activo i y el activo j*  
 $\sigma_{cart}^2 =$  *La varianza del retorno de la cartera de activos*

### 2.3. Métricas de riesgo

Con la teoría de las carteras financieras eficientes, se puede llegar a otro modelo de mucha importancia dentro del área de Finanzas, y en el cual se apoyan muchas métricas de riesgo. Esta teoría es la establecida por el Capital Asset Pricing Model, más conocido como CAPM. Este modelo indica que el retorno esperado para un activo, es la suma del retorno que nos da un activo libre de riesgo, más el exceso de retorno que nos da el mercado por el riesgo que tiene éste activo, es decir:

$$E(R_i) = R_{lr} + \beta_i * (R_m - R_{lr})$$

Donde:

$R_{lr}$  = *El retorno de un activo libre de riesgo*

$R_m$  = *Representa el retorno de la cartera del mercado*

$$\beta_i = \frac{Cov_{ri,rm}}{\sigma_{rm}^2}$$

Donde:

$Cov_{ri,rm}$  = *Covarianza del ret. act. i con el retorno de la cart. de mercado.*

$\sigma_{rm}^2$  = *Es la varianza del retorno de la cartera del mercado*

Aquí aparece una nueva métrica de riesgo que es conocida como Beta. La idea de esta métrica es expresar el nivel de reacción que tiene el activo frente al resto del mercado. Es decir, si la métrica es mayor que 1, eso significa que el retorno del activo tiene una mayor dispersión que el retorno del mercado, y por ende, significa que es más riesgoso. A su vez si la métrica es menor que 1, se interpreta como que el activo es menos riesgoso que el mercado. Por último, si la métrica es igual a 1, significa que tenemos un activo, cuyo retorno replica perfectamente el retorno del mercado. A continuación se enumeran otras métricas de riesgos:

1) *Sharpe ratio*: El ratio de Sharpe se define como sigue:

$$S_{cart} = \frac{E(R_{cart}) - R_{lr}}{\sigma(R_{cart})}$$

Donde:

$E(R_{cart})$  = *El retorno esperado de la cartera.*

$R_{lr}$  = *El retorno del activo libre de riesgo.*

$\sigma(R_{cart})$  = *La desviacion estandar de la cartera de activos.*

De esta manera, este ratio busca capturar el premio por riesgo que obtiene la cartera de activos sobre el retorno del activo libre de riesgo. También sirve para que el administrador de la cartera pueda sopesar la alternativa acerca de si el riesgo que se está asumiendo con la inversión en cierto activo, es proporcional al retorno esperado que éste debería dar. Es decir, sirve para poder relacionar el retorno adicional que da un activo a la cartera, sobre el riesgo que éste aporta a la cartera.

- 2) *Tracking error*: El tracking error es una de las medidas más usadas en las carteras que siguen a un benchmark, esto se debe a que este indicador mide la desviación estándar del exceso de retorno que obtiene la cartera sobre el benchmark, es decir:

$$TE = \sigma(R_{cart} - R_{bench})$$

Donde:

$R_{cart}$  = *Es el retorno de la cartera de activos*

$R_{bench}$  = *Es el retorno de la cartera del benchmark*

De esta manera, el tracking error da una indicación del riesgo relativo que se está tomando, ya que mide la dispersión de la diferencia del exceso de retorno. Cabe mencionar que debido a que la desviación estándar es una métrica absoluta, no permite saber si este tracking error será positivo o negativo. Es decir, sólo da una noción de qué tan lejos se estará del retorno de la cartera del benchmark, no así en qué dirección.

- 3) *Information ratio*: El information ratio es una métrica que al igual que el tracking error, es muy usado por los administradores de cartera que siguen a un benchmark específico. Esto debido a su definición:

$$Information\ Ratio = \frac{E(R_{cart}) - E(R_{bench})}{\sigma(R_{cart} - R_{bench})}$$

Donde:

$R_{cart}$  = *Es el retorno de la cartera de activos*

$R_{bench}$  = *Es el retorno de la cartera del benchmark*

Con este ratio el administrador de la cartera puede visualizar de manera rápida si el exceso de retorno que da un activo al agregarlo a la cartera, vale la pena en riesgo. Es decir, puede comparar los aportes en retorno y riesgo de los activos que está pensando incorporar de manera de conseguir la mejor relación riesgo retorno.

Adicionalmente, esta medida es muy usada para evaluar a los administradores de las carteras, dado que permite ver la calidad de selección de activos que éste tiene. Es decir, si realmente logra comprar activos que dan buenos retornos a niveles de riesgos menores.

## **2.4. Patrón MVC**

El término de Modelo-Vista-Controlador (MVC) tiene sus orígenes en un patrón de arquitectura de software que se ocupa desde los finales de 1970, gracias a un proyecto en Smalltalk desarrollado en Xerox. En ese proyecto se trataba de organizar la manera de interactuar entre diversas interfaces gráficas. De ahí en más la sigla MVC ha ido tomando vida por sí sola, dando lugar al patrón del mismo nombre, el cual es muy usado en el desarrollo de aplicaciones Web.

Muchas aplicaciones buscan interactuar con el usuario para luego guardar la información que éste introduce, o bien desplegar información que éste requiere. Lo anterior hace pensar que lo mejor sería tener la menor de cantidad de capas entre el usuario y el lugar final donde se guardan los datos. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto. Hay aspectos de seguridad de la información y mantención del sistema que recomienda desacoplar la funcionalidad de un sistema en varias capas.

Implementar el sistema utilizando sólo dos capas, como se hacía antiguamente, implica tener que lidiar con muchos problemas. Por ejemplo, si se introduce lógica de negocio en la misma capa u objeto donde se encuentra la interfaz con el usuario, puede significar graves problemas al sistema. Esto debido a que usualmente las interfaces gráficas evolucionan, o cambian con mayor frecuencia que la lógica del negocio. Estos cambios introducen usualmente algún error a la lógica de negocio.

Otro problema o inconveniente que presenta el unir la interfaz gráfica con la lógica del negocio, es que muchas veces la misma información se debe desplegar a los mismos usuarios en distintas formas, o bien a diferentes usuarios pero con distinta presentación. Lo anterior significa que para todas estas interfaces se debería volver a programar la lógica del negocio, lo cual en algún momento introduciría alguna inconsistencia entre distintas interfaces.

Por último, este enfoque también dificulta las pruebas del software ya que no logra separar las exigencias de las interfaces de las exigencias de la lógica de negocios. Por ende, dificulta no tan sólo el crear las pruebas sino también el poder realizarlas.

Como solución a estos problemas el patrón MVC cada día va tomando más fuerza. Básicamente este patrón de desarrollo busca separar claramente la lógica de negocio, de la presentación (o las interfaces de usuario) de manera que la lógica no se mezcle con éstas. Al mismo tiempo busca separar la lógica del negocio con la recuperación y almacenaje de los datos. De esta manera tenemos tres claros objetos o capas que tienen, tanto funciones específicas como objetivos. Estos componentes son los siguientes:

- 1) *Vistas*: La única labor de las vistas es manejar la manera en que se despliega la información al usuario final de la aplicación a través de la interfaz gráfica.
- 2) *Controladores*: Como muy bien dice su nombre, el controlador controla la aplicación, informando la necesidad de su actualización, tanto a las vistas (para que cambien de acuerdo a la acción que realizó el usuario) como a los modelos (para que recuperen la información solicitada o la cambien de alguna manera). Adicional a todo esto, guarda la lógica de negocio necesaria para modificar o transformar los datos acorde a lo que requiera el usuario.
- 3) *Modelos*: Los modelos se encargan de administrar el dominio de la aplicación. Es decir, son estos los que modelan el dominio y sus respectivas clases u entidades. Es éste el componente que se encarga, tanto de recuperar los datos de la base de datos, como de realizar los cambios de estado respectivos de las entidades del dominio.

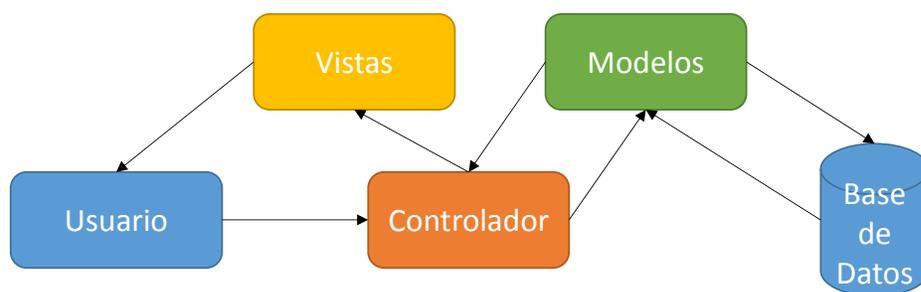


Figura 2. Estructura del patrón MVC

Luego de la descripción de los componentes del patrón MVC, se puede apreciar la interacción entre sus componentes, con el usuario final, y con la base de datos que mantiene la persistencia de la información del sistema.

Es importante notar que ésta clara separación de labores permite, tanto diseñar como realizar pruebas fácilmente, por ejemplo el modelo se encarga por si solo del dominio de la aplicación, haciendo que sus pruebas sean independientes a las interacciones con las vistas o el controlador. A su vez las vistas, al no tener ninguna lógica, pueden ser probadas de manera independiente a los controladores.

### 3. Solución de software

En el presente capítulo se describen cuáles son los desafíos que se presentan en este proyecto, como también cuales son los principales requisitos que debe cumplir la solución informática. Al final del capítulo se aborda cuáles son las tecnologías seleccionadas para desarrollar la solución informática y las razones de su elección.

#### 3.1. Desafío computacional

Para la administradora de fondos de pensiones involucrada en este trabajo de Memoria, es de primordial importancia la medición y control del riesgo financiero que afecta a los cinco fondos de pensiones que administra. Además, existe un riesgo relativo muy importante, que es la rentabilidad mínima. Por esto, es importante tener una noción de dónde se encuentra el resto de los competidores, de manera que la pérdida relativa al resto, no sobrepase los límites establecidos.

En la actualidad, dentro de la institución, se realizan labores para abordar los dos problemas planteados. Sin embargo estas actividades en vez de complementarse y ser armónicas entre ellas, más bien crean nuevos problemas. Entre estos problemas podemos enumerar los siguientes:

- a) *Distintas fuentes de datos*: Existen diversas áreas que calculan métricas de riesgo similares que, sin embargo, no presentan resultados parecidos. En muchas ocasiones esto se debe a que la fuente de datos para una y otra métrica son distintas. Como resultado, la metodología está correcta, pero no así los datos usados como base.
- b) *Estándar no definido*: Volviendo a la situación anterior, en muchas oportunidades, la diferencia entre las métricas se debe a que la metodología usada para el cálculo de una métrica difiere entre las áreas, debido a que los estándares utilizados por una son distintos a la otra. Esto conlleva a que cada vez que se ven métricas entre áreas, se tenga que hacer una revisión de la metodología, antes de ver si la métrica está mostrando lo que se quiere obtener.
- c) *Extenso tiempo de cálculo*: En todas las áreas donde se realizan procesos para medir el riesgo financiero de los fondos o la estimación de las posiciones del resto de los competidores, el proceso de cálculo es a través de planillas Excel. En otras palabras, para obtener el resultado esperado, sean métricas de riesgo o posiciones del sistema<sup>3</sup>, se debe ejecutar una exhaustiva labor. Desde la recopilación de los datos, pasando por el procesamiento de estos, y hasta la presentación de los resultados, se hace de forma manual. Como consecuencia el tiempo necesario

---

<sup>3</sup> Se entiende al sistema como al resto de los competidores (SSP)

para estimar y obtener métricas de distintos escenarios es muy alto y por lo general limitado.

- d) *Excesivo tiempo de coordinación*: Como se describió en los puntos a y b, siempre que distintas áreas se juntan, o cuando un área quiere ocupar la métrica de otra, el trabajo parte con una reunión para ver cómo se calculan las métricas, de manera de ver si éstas sirven o saber cómo se deben interpretar. Como consecuencia, el tiempo de coordinación es elevado, llevando la discusión a cálculos de métricas, en lugar de estar hablando de riesgo financiero y decisiones de inversión.

## 3.2. Requisitos de la solución

En esta sección se describe a los actores involucrados en el sistema, es decir, los roles que interactuarán con éste. Adicionalmente, se enumeran los principales requisitos que debe satisfacer el sistema en desarrollo.

### 3.2.1. Actores

En la gerencia de Inversiones existen básicamente tres actores. Analistas de inversiones, jefes de activos específicos y gerentes de activos. Adicionalmente, y debido al sistema en desarrollo, existe un cuarto actor que es el “administrador” del sistema. La interacción de cada uno de ellos, se detalla a continuación:

- a) Analistas: Es labor de cada analista generar visión sobre su propio sector o empresas, por esta razón es relevante que tenga conocimiento del riesgo relativo que se está tomando y las consecuencias que tiene en la performance de la AFP.
- b) Jefe de activo específico: Dados los controles de riesgos que existen dentro de la AFP el jefe de activo tiene que estar pendiente de las distintas magnitudes de riesgo que se están asumiendo en su activo y gestionarlo acorde a la visión. Adicional a lo anterior, al estar en un contacto permanente con el mercado tiene la sensibilidad como para intuir movimientos del sistema que luego puede verificar o sustentar con el sistema.
- c) Gerente de activo: Como responsables de la cartera de inversiones, su labor es estar informados del riesgo relativo de la cartera junto con su posicionamiento frente al resto de los competidores y al mercado. Esto significa que su interacción con el sistema pasa desde la validación de las métricas de riesgos, la utilización de las herramientas de inferencia de movimientos hasta la creación de supuestos.
- d) Administrador: Es el encargado de realizar las modificaciones que se crean necesarias al sistema junto con la carga de datos a éste.

### 3.2.2. Requerimientos

Es importante notar que una de las principales razones para el desarrollo de la solución, es unificar (en una base de datos) la información del área. Además, estandarizar las metodologías de cálculo para los distintos indicadores de riesgo que existen dentro de la AFP. Teniendo esto presente, los principales requisitos son los siguientes:

- 1) La solución debe mantener en un único repositorio (centralizado) los datos de la gerencia de inversiones. Esto evitará inconsistencias de datos a la hora realizar los procesos propios de la organización.
- 2) Lograr la unificación de criterios de cálculos, para las distintas métricas de riesgos que se calculan en el área. Esta metodología de cálculo es la que se implementa en la aplicación. Con esto se evita la permanente discusión sobre las metodologías.
- 3) La aplicación debe ser capaz de calcular las distintas métricas de riesgos en un tiempo menor a cinco minutos cada una (estándar interno), de manera que permita la gestión oportuna de las carteras de instrumentos de los fondos de pensiones.
- 4) La solución informática debe permitir ser consultada simultáneamente por varios usuarios. Con esto la información queda disponible para todos los integrantes del área.
- 5) La solución tiene que ser capaz de desplegar la performance de los fondos de pensiones para distintos intervalos de tiempo. La performance debe poder ser consultada para cualquier instante del tiempo (para la fecha presente como fechas pasadas).
- 6) Como parte de la solución informática se debe consensuar una metodología de cálculo para una métrica de riesgo ex-ante. Con el propósito de tomar decisiones de inversión de manera informada. Esta métrica, con su respectiva metodología de cálculo, es la que se incorpora en la solución informática.
- 7) En la aplicación se debe poder consultar el riesgo relativo (ex-ante) tanto de la cartera de instrumentos como por distintas sub-agrupaciones de instrumentos definidas por los mismos usuarios de la aplicación. Para precisar el riesgo relativo que se está asumiendo.
- 8) La solución informática debe contar con vistas que muestre la métrica de riesgo beta ex-post (de las cuotas de los fondos de pensiones). Calculada acorde a la metodología definida, tiene que estar disponible para distintas fechas (presente y pasadas). Adicionalmente, la métrica tiene que estar para las distintas AFP's y fondos de pensiones.
- 9) La aplicación tiene que tener disponible vistas donde se presente la métrica de riesgo tracking error ex-post (de las cuotas de los fondos de pensiones), acorde a la metodología de cálculo acordada. Esta métrica deberá estar disponible para

distintas fechas (presente y pasadas), para los distintos fondos de pensión y siempre tomando como base las cuotas de la administradora de fondos de pensiones.

- 10) Durante el desarrollo de la aplicación se debe consensuar una herramienta que permita inferir y suponer los posibles movimientos del restos de las AFP's, de manera de explicar el error que existe en la cuota de los fondos de pensiones.

### 3.3. Tecnologías usadas en la implementación

Al inicio del desarrollo, el cliente solicitó una presentación sobre las distintas alternativas tecnológicas existente para el desarrollo de la solución. Dado que dentro de los requisitos más importantes eran la consulta de indicadores o métricas por varios usuarios a la vez, se acordó que la mejor alternativa era una plataforma Web. Una vez decidido lo anterior, se procedió a buscar opciones de tecnologías para lo siguiente:

- 1) Almacenamiento de datos
  - a. SQL Server 2012
  - b. My Sql
  - c. PostgreSQL
- 2) Framework para el desarrollo web
  - a. Cakephp
  - b. RubyonRails
  - c. Primefaces
  - d. CodeIgniter

Dentro de las alternativas de bases de datos se eligió ocupar MySQL por sobre las otras dos opciones. Las razones de esta decisión se basan en dos motivos:

- a) Precio: Debido a las prioridades de la organización, no se cuenta con un presupuesto para el desarrollo de la solución informática, se prefiere ocupar alternativas gratuitas a pagar por software. Dado lo anterior se desecha la alternativa de SQL Server 2012.
- b) Experiencia: Los usuarios del sistema solo tienen experiencia en MySQL. Debido a que los datos guardados son de uso de los integrantes del área, se eligió MySQL sobre PostgreSQL.

En la elección del framework de desarrollo Web los factores decisivos a la hora de su elección son los siguientes:

- a) Experiencia, conocimiento y aprendizaje: Considerando el perfil del equipo de inversiones, no existe un profundo conocimiento de herramientas informáticas o lenguajes de programación. Dado lo anterior, el factor de experiencia y conocimiento no es tan decisivo como si lo es el aprendizaje. Este último fue

determinante a la hora de decidir por cakephp, ya que al ser un framework basado en php, tiene la ventaja de contar con múltiples tutoriales y cursos para diversos niveles de conocimientos del usuario.

- b) Disponibilidad de información: Para todos los framework planteados como alternativas, se realizó una búsqueda de cursos y/o tutoriales de estos. Con el objetivo de conocer el real alcance (o penetración) del framework en cuestión, junto al soporte que existe en la Web para la solución de diversas problemáticas que podrían surgir durante el desarrollo de la solución informática. Luego de realizada la búsqueda, el framework que presenta mayor alcance y mejor soporte fue cakephp, por lo que el resto de las alternativas fueron desechadas.

## 4. Diseño de la solución

En este capítulo se desarrolla desde la arquitectura de la solución informática hasta el diseño detallado. Pasando por los modelos de datos y por la capa lógica de la aplicación. En la sección de diseño detallado se presenta la metodología de cálculo para cada una de las métricas de riesgos, así como de cada uno de los procesos que se llevan a cabo dentro de ella.

### 4.1. Arquitectura de software básica

En el marco de los requisitos establecidos para la solución elaborada en función de los requerimientos levantados en entrevistas y/o reuniones con los usuarios de las áreas involucradas. Se propone como solución un sistema Web basado en la arquitectura de tres capas, ilustrada en la Figura 3.

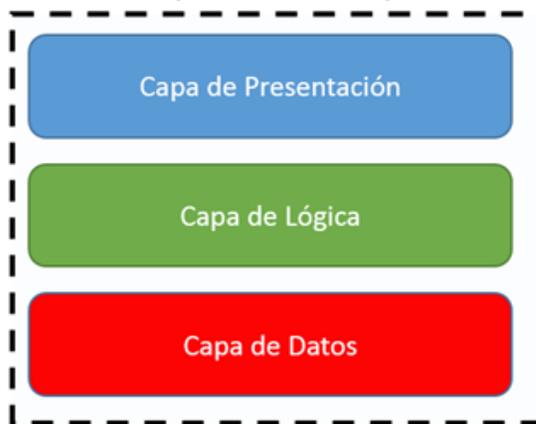


Figura 3. Arquitectura de tres capas

A continuación se detallan los elementos, vistas, procesos y entidades que forman parte de cada una de las capas del sistema Web.

#### 4.1.1. Capa de presentación

Como resultado de las entrevistas y reuniones de análisis sostenidas con el cliente, se detectó que uno de los principales problemas que se presenta hoy en día, es la alta variación en la forma de mostrar los resultados obtenidos. Por esto es fundamental que en esta capa sólo exista lógica de presentación, puesto que la probabilidad que la presentación evolucione en el corto plazo es muy alta. Para esta capa se pretende construir a lo menos las siguientes vistas:

- 1) *Páginas de carga de datos*: En estas vistas, se facilita al usuario una interfaz para poder cargar los principales datos de la aplicación. De manera que se puedan

calcular los diversos indicadores de la aplicación. A su vez, en estas vistas se exponen los errores que ocurren en éste proceso.

- 2) *Página de procesos*: Se incorpora una vista a la aplicación, donde se permite elegir la fecha para la cual se quiere correr el proceso. En esta vista también se presentan los errores en la ejecución del proceso.
- 3) *Grafico del retorno AFP v/s activos*: Esta página es muy importante ya que presenta una de las herramientas fundamentales que requiere el cliente para inferir las posiciones del sistema. Básicamente, esta vista dibuja en un mismo gráfico el delta cuota de cada AFP como también el retorno de los diversos activos que existen en el sistema.
- 4) *Presentación del beta ex-post*: En esta vista se presenta el valor de la métrica del beta ex-post de la administradora de fondos de pensiones versus el sistema (se entiende al sistema como al resto de los competidores).
- 5) *Presentación del tracking error ex-post*: En esta vista se presentara el valor de la métrica del tracking error ex-post de la administradora de fondos de pensiones versus el sistema.
- 6) *Presentación de la performance*: Esta es una vista solicitada al inicio del proyecto y busca ser un apoyo, al proceso de inferencia de posiciones de la cartera de los competidores. En ella se muestra tanto el retorno absoluto como relativo de cada una de las AFP's junto a cada uno de sus fondos de pensiones, para diversos periodos de tiempo. Su propósito es que el analista que la consulte pueda tener alguna noción básica del posicionamiento de los competidores.
- 7) *Presentación del tracking error ex-ante*: En esta vista se presenta el resultado de la métrica del tracking error ex-ante.

#### **4.1.2. Capa de lógica**

En esta capa reside toda la lógica de negocio que el sistema necesita. Es fundamental, que pueda consolidar todo el conocimiento recogido en las diversas áreas del negocio. El trabajo en esta capa busca estandarizar las métricas a través de las áreas, para lo cual un paso clave, es lograr el acuerdo a las áreas sobre las metodologías a utilizar o bien directamente, introducir las diversas opciones en esta capa. Dentro de esta capa se encuentran los siguientes procesos:

- 1) *Proceso de retornos*: Este proceso busca “normalizar” el retorno de cada uno de los activos de las carteras de los fondos de pensiones. Por lo cual es vital conocer la composición subyacente de monedas de cada uno de los activos, ya que con esta información se le resta o suma el retorno de la moneda al retorno del activo. A través de la aplicación de este procedimiento, con cada una de las monedas se logra conseguir el retorno “real” del activo.

- 2) *Proceso de la performance*: En este proceso se incorpora la lógica de negocio para obtener el retorno tanto absoluto como relativo para los fondos de pensiones a través de diferentes intervalos de tiempo. Todo esto se consigue a través de las cuotas de los fondos de pensiones, residentes en el subsistema de métricas ex-post.
- 3) *Proceso de la matriz de correlaciones ex-post*: La matriz de correlaciones es importante, debido a que en esta se basan la mayoría de las métricas de riesgo ex-post. Para el cálculo de esta matriz se ocupan los valores cuotas de los diversos fondos de pensiones.
- 4) *Proceso tracking error ex-post*: En este proceso se realiza el cálculo del exceso de retorno de la administradora de fondos de pensiones versus el sistema (sin considerar a esta última), como también la desviación estándar de este exceso.
- 5) *Proceso beta ex-post*: El proceso de la matriz de correlaciones ex-post puede ser considerado como un sub proceso de éste, debido a que es un input fundamental para el cálculo de esta métrica.
- 6) *Proceso delta cuota*: En este proceso se calcula un input fundamental para el grafico de inferencia de posiciones. Como lo indica el nombre del proceso, aquí se calcula la diferencia de retorno (ya sea positivo o negativo) entre la cuota de la administradora de fondos de pensiones y cualquiera de sus competidores. Para este proceso es determinante conocer las cuotas de cada fondo de pensión y en las diferentes administradoras.
- 7) *Proceso de la matriz de correlaciones ex-ante*: A diferencia de la matriz de correlaciones ex-post, esta matriz de correlaciones incluye los retornos de todos los activos en los fondos de pensiones (ya sean de la administradora de fondos de pensiones como del sistema). Es importante notar, que usa los retornos reales de cada activo, es decir, sin los efectos de las monedas subyacentes. De esta manera se logra capturar la real correlación que existen entre los diversos activos.
- 8) *Proceso tracking error ex-ante*: En este proceso, para el cálculo de la métrica son necesarios dos inputs, la matriz de correlaciones ex-ante y las posiciones de la administradora de fondos de pensiones como del sistema (SSP). Los inputs se obtienen de la capa de datos o de otro proceso. Luego, son consolidados en éste y se calcula la métrica final. Este proceso involucra las clasificaciones de los activos.

### 4.1.3. Capa de datos

Todos los procesos enumerados en la capa de lógica son sustentados por el modelo de datos que reside en ella. El modelo de datos implementado consta de tres subsistemas:

- 1) *Subsistema métricas ex-ante*: La generación y presentación de estas métricas se encuentran relacionadas a los retornos, posiciones y clasificaciones de los activos de las carteras. Dado lo anterior, es que este sistema se apoya en el subsistema de precios para obtener los retornos, y en éste para obtener tanto la posición como las clasificaciones de éstas. Las clasificaciones son requeridas por el cliente, porque requiere entender en profundidad el origen de los riesgos financieros implícitos, en cada decisión de inversión.

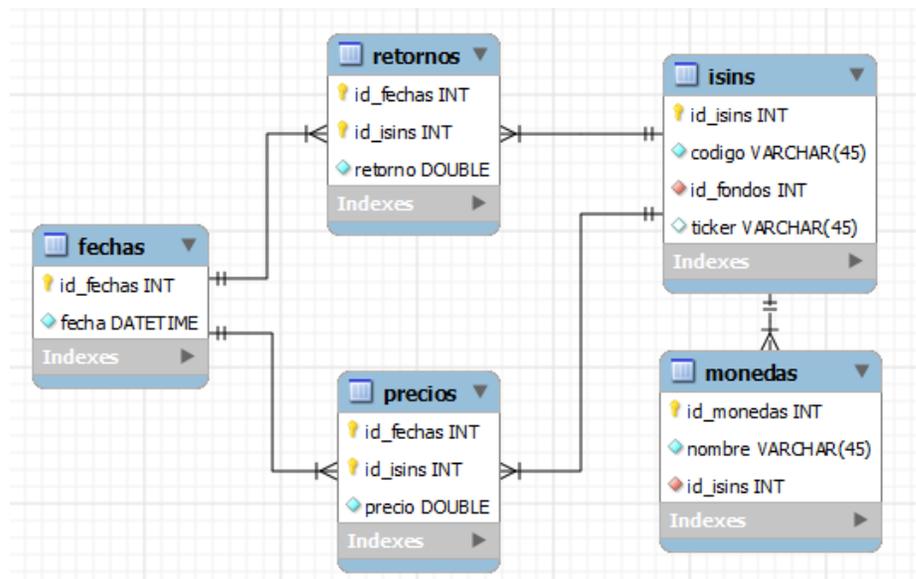


Figura 4. Modelo de datos, subsistema de métricas ex-ante

- 2) *Subsistema de métricas ex-post*: A diferencia del sub sistema de métricas ex-ante, el subsistema de métricas ex-post tiene la ventaja de poder apoyarse en un “resumen” de la cartera de activos, tanto de la administradora de fondos de pensiones como del sistema. Este resumen detalla el rendimiento y posiciones de los activos de cada uno de los fondos de pensiones. El resumen se refiere a la cuota, y la manipulación de ésta es el punto de partida para todas las métricas ex-post.

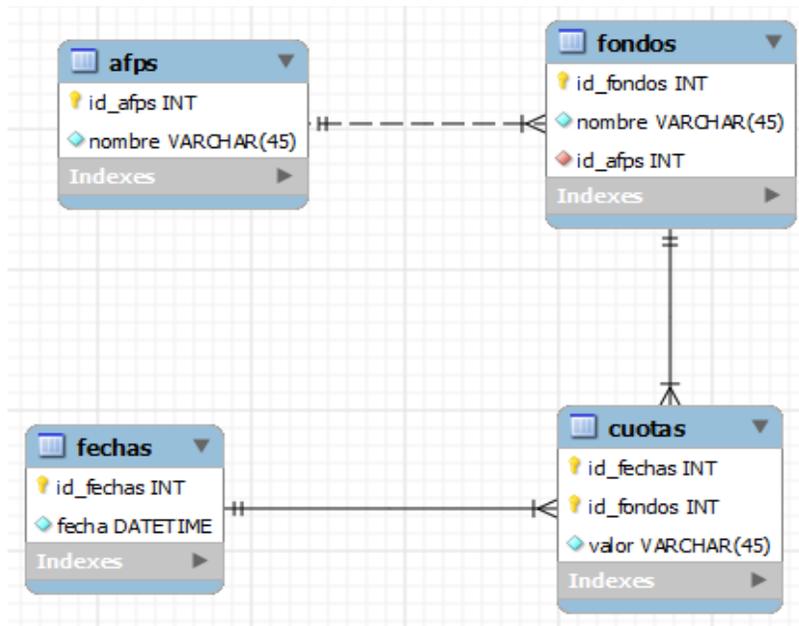


Figura 5. Modelo de Datos, subsistema de métricas ex-post

- 3) *Subsistema de precios*: El sistema de cálculo y presentación de métricas ex-ante se basa fundamentalmente en los retornos de los activos. Sin embargo, para poder conseguir éstos últimos se necesita hacer un importante trabajo sobre los precios de cada uno de ellos, como también sobre los precios de las monedas subyacentes que componen al activo. Este subsistema se ha diseñado para encargarse del manejo de datos de manera de obtener el retorno “real” del activo.

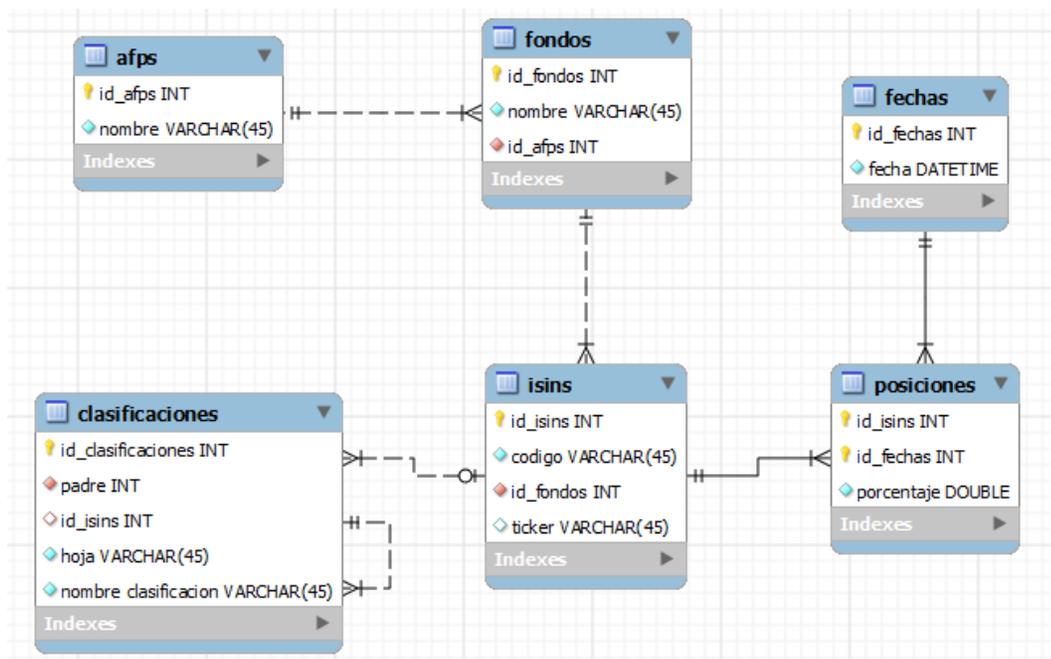


Figura 6. Modelo de Datos, subsistema de Precios

## 4.2. Diseño detallado

A continuación se presenta el diseño detallado de los procesos de cálculo de métricas de riesgos que realiza el sistema, junto con el resto de las herramientas. Es decir, la performance como también la herramienta de inferencia de movimientos por parte del SSP.

### 4.2.1. Proceso tracking error ex-post

En esta sección se muestra el cálculo de la métrica tracking error ex-post y se presenta la secuencia lógica del proceso junto con la metodología de cálculo. A continuación se describe cada uno de los componentes presentes en este proceso (Figura 7).

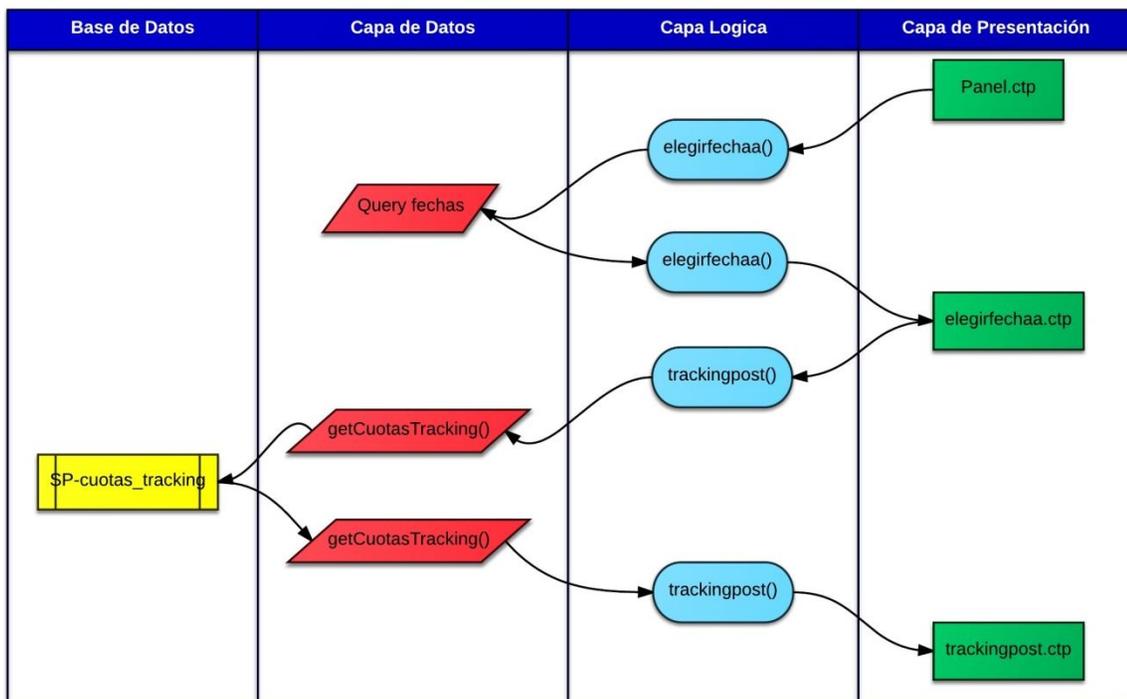


Figura 7. Diagrama del proceso tracking error ex-post

#### 1) Componentes:

##### a) Capa de presentación:

- i. `Panel.ctp`: Esta es una vista donde se exponen todos los vínculos para acceder a las distintas métricas de riesgos que contiene la solución informática. Junto con presentar el acceso a la vista de la performance como a la herramienta de inferencia de movimientos. Además, presenta los vínculos necesarios para poder cargar datos al sistema y realizar procesos.
- ii. `Elegirfechaa.ctp`: En esta vista se despliegan todas las fechas disponibles para el tracking error ex-post. La fecha se muestra, de acuerdo a las

preferencias de los usuarios del sistema.

- iii. `Trackingpost.ctp`: Esta es la vista donde se despliegan los resultados de la metodología de cálculo del tracking error ex–post. Se despliegan en una matriz, donde en las filas se indican las distintas AFP's y las columnas los distintos fondos de pensiones.

b) *Capa lógica del negocio:*

- i. `Elegirfecha()`: Esta función se encuentra en el controlador de cuotas. El objetivo de la función es poder consultar todas las fechas disponibles para el tracking error ex-post.
- ii. `trackingpost()`: En esta función, localizada en el controlador de cuotas, se manipulan los datos extraídos desde la base de datos. Con el objeto de aplicarles la metodología de cálculo consensuada.

c) *Capa de datos:*

- i. `getCotasTracking()`: La función se encuentra en el modelo de cuotas. El objetivo es iniciar el procedimiento almacenado de la base de datos para conseguir la información requerida.

d) *Base de datos:*

- i. `SP-cuotas_tracking()`: En este procedimiento almacenado se utiliza la tabla `cuotas` de la base de datos riesgos. Los datos que se consultan son presentados de manera que su manejo sea fácil de realizar en la capa lógica.

2) Secuencia lógica del proceso:

- a) En la vista de `panel.ctp` se debe seleccionar el vínculo al tracking error ex–post. Con esto, se ejecuta la función `elegirfecha()`, la cual lista las fechas disponible para el cálculo del tracking error ex–post.
- b) En la vista `elegirfecha.ctp` se debe seleccionar una de las fechas desplegadas, para luego proceder a la función `trackingpost()`.
- c) Al inicio de la función antes mencionada, se consulta una función del modelo de cuotas llamada `getCotasTracking()`. Esta última, ejecuta el procedimiento almacenado `SP-cuotas_tracking()`, también verifica que no existan errores en los datos devueltos por el procedimiento. Con esto, se obtiene los datos para calcular el tracking error ex–post, labor que le corresponde a la función `trackingpost()`. Una vez calculados, se pasan los datos a la vista `trackingpost.ctp`.
- d) En la vista `trackingpost.ctp` se despliegan los datos de manera matricial. En donde las filas son las distintas AFP's y las columnas corresponde a los distintos fondos de pensiones.

### 3) Metodología de cálculo de la métrica:

- a) Se consultan los últimos 41 días hábiles precedentes a la fecha seleccionada (incluyendo a esta última), para todos los fondos de pensiones, todas las AFP's disponibles y el sistema sin la administradora de fondos de pensiones (en adelante se entenderá como otra AFP al SSP). Esto se realiza en el procedimiento almacenado `SP-cuotas_tracking()`.
- b) En la función `trackingpost()`, se procede a calcular los retornos de cada uno de los fondos de pensiones para su AFP respectiva, con esto se tiene 40 retornos de días consecutivos (alrededor de dos meses).
- c) Con los retornos calculados, dentro de la función `trackingpost()`, se procede a calcular el exceso de retorno de la administradora de fondos de pensiones versus cada una de las otras AFP's. Esto se repite para cada uno de los fondos de pensiones.
- d) Con los excesos de retornos, se calcula la desviación estándar (con el estimador insesgado de la varianza) de estos. Esto se procesa en la función `trackingpost()`.
- e) La desviación estándar se multiplica por la raíz cuadrada de 40 periodos. De manera de "normalizar" la métrica al intervalo de tiempo calculado. Al igual que el punto anterior, los cálculos son realizados por la función `trackingpost()`.

#### **4.2.2. Proceso beta ex-post**

En esta sección se describen los componentes usados en el proceso de cálculo de la métrica beta ex-post (descrita en la sección 2.3) y es calculada con datos pasados. También se enumera la secuencia lógica para poder consultar la métrica mencionada y la metodología de cálculo aplicada para obtenerla.

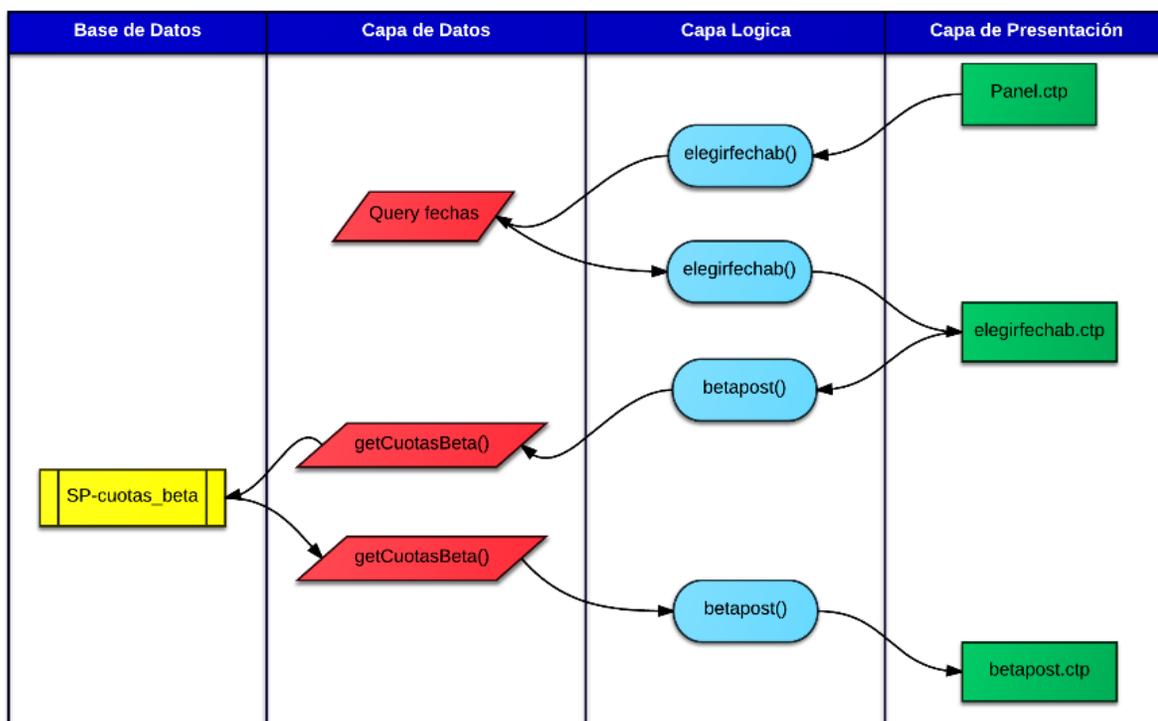


Figura 8. Diagrama del proceso del Beta ex-post

1) Componentes:

a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: Es el mismo componente descrito en la sección anterior.
- ii. `elegirfechab.ctp`: En esta vista se despliegan todas las fechas disponibles para el cálculo del beta ex-post.
- iii. `betapost.ctp`: Es la vista donde se muestran los resultados de la metodología de cálculo del beta ex-post. Se presenta una tabla para cada Fondo (son cinco tablas, que corresponden a los fondos de pensiones A, B, C, D y E respectivamente), donde tanto las filas como las columnas son las distintas AFP's. Estas tablas se interpretan de la siguiente forma, el número que se presenta en la intersección de una fila con una columna, representa el beta de la AFP de la fila sobre la AFP de la columna, siendo "el mercado", la AFP de la fila.

b) *Capa lógica del negocio:*

- i. `elegirfechab()`: Es una función que se encuentra en el controlador de cuotas. El objetivo de la función es consultar todas las fechas disponibles para el beta ex-post.

- ii. `betapost()`: Esta función reside en el controlador de cuotas. En ella se manipulan los datos consultados, para aplicarles la metodología de cálculo del beta ex-post.

c) *Capa de datos:*

- i. `getCuentasBeta()`: La función se encuentra en el modelo de cuotas. Su objetivo es iniciar el procedimiento almacenado que extrae las cuotas.

d) *Base de datos:*

- i. `SP-cuentas_beta()`: En este procedimiento almacenado se consulta la tabla cuotas de la base de datos riesgos. Sin embargo, los datos que se consultan son manipulados de manera que sean fáciles de usar en la capa lógica.

2) Secuencia lógica del proceso:

- a) En la vista `panel.ctp`, se debe seleccionar el vínculo beta ex-post, con esto se ejecuta la función `elegirfechab()`. Para obtener las fechas en que se pueden calcular el beta ex-post.
- b) En la vista `elegirfechab.ctp` se selecciona una fecha y se procede a ejecutar la función `betapost()`.
- c) Al comienzo de la función `betapost()` se ejecuta una función del modelo de cuotas, llamada `getCuentasBeta()`, esta, a su vez ejecuta el procedimiento almacenado `SP-cuentas_beta()`. Para finalmente obtener las cuotas necesarias para calcular el beta ex-post.
- d) La función `getCuentasBeta()` devuelve a la capa lógica las 32 cuotas de los días hábiles consultados o de existir un error, el mensaje correspondiente.
- e) En la función `betapost()` se realizan los cálculos descritos en la metodología y se traspasan a la vista `betapost.ctp`.
- f) En la vista `betapost.ctp` se despliegan los datos de manera matricial, donde tanto las filas como las columnas corresponden a las distintas AFP's.

3) Metodología de cálculo de la métrica:

- a) Se extraen las cuotas para los últimos 32 días hábiles precedentes a la fecha seleccionada (incluyendo a esta última). Para todos los fondos de pensiones, todas las AFP's y el sistema sin la administradora de fondos de pensiones. Esto ocurre en el procedimiento almacenado `SP-cuentas_beta()`.
- b) De aquí en adelante, los cálculos descritos ocurren en la función `betapost()`. Se calcula el retorno para cada uno de los días, para cada una de las AFP's y para cada uno de los fondos de pensiones.
- c) Se obtienen los 30 promedios de los retornos de los días precedentes a la fecha seleccionada. Es decir, se toman tres retornos consecutivos y se saca el promedio.

Esto se realiza con el objetivo de atenuar el efecto del marcaje (se entiende como, efecto de marcaje, a las deficiencias que existen en el proceso de dar precio, por parte de la SP, a los distintos activos que componen los fondos de pensiones). El efecto antes mencionado, se ve reflejado con mayor claridad en las cuotas de los fondos de pensiones con predominio de renta fija (por ejemplo el fondo E). Los cálculos presentes en esta letra, como en las dos siguientes (d y e), se procesan en la función `betapost()`.

- d) Con los 30 promedios, se calcula la matriz de covarianza entre las distintas series de AFP's para cada uno de los fondos pensiones.
- e) Con la matriz de covarianza, para cada uno de los fondos de pensiones, se calcula el beta para cada AFP acorde a la fórmula que se indica en el capítulo de conceptos básicos.

### 4.2.3. Proceso de la performance

En esta sección se encuentran los componentes para el proceso de cálculo de la performance, la secuencia lógica para su ejecución y por último la metodología que se utiliza. A continuación se describe cada uno de los componentes de éste proceso, ilustrados en la Figura 9.

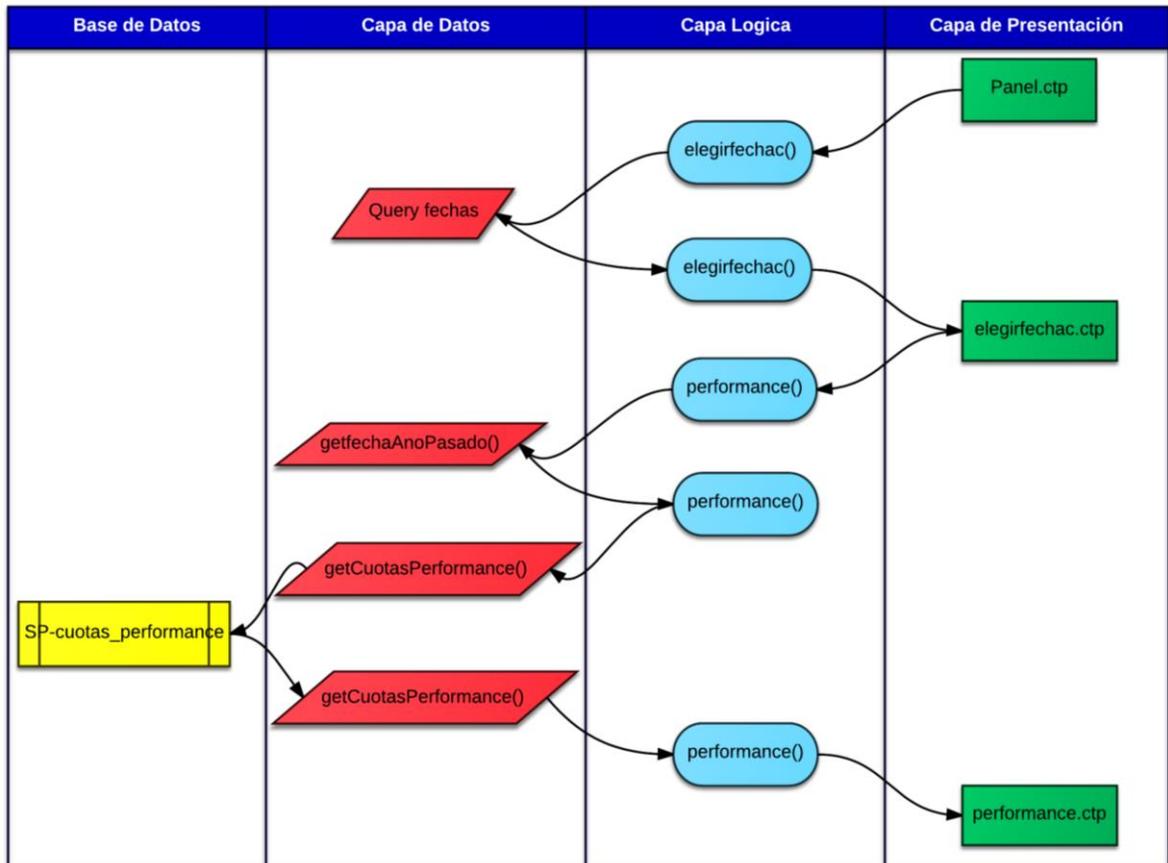


Figura 9. Diagrama del proceso performance

## 1) Componentes:

### a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: En este caso se selecciona el proceso Performance del Panel de Presentación.
- ii. `Elegirfechac.ctp`: Es una vista que despliega todas las fechas disponibles para el cálculo de la performance. La fecha se muestra de acuerdo a las preferencias de los usuarios del sistema.
- iii. `Performance.ctp`: Esta es la vista donde se despliegan los resultados de la performance. En ella se detallan cinco tablas, una para cada uno de los fondos de pensiones. En cada una de las tablas, en las filas se encuentran las distintas AFP's que componen al sistema de pensiones mientras que en las columnas se presentan tanto el retorno absoluto como el retorno relativo para los periodos consensuados con el usuario (1, 5 y 20 días como también el desempeño que lleva en el año, conocido como year to date (YTD)). El retorno relativo se calcula sobre la administradora de fondos de pensiones para cada uno de los periodos antes mencionados.

### b) *Capa lógica del negocio:*

- i. `Elegirfechac()`: Esta es una función que se encuentra en el controlador de cuotas. El objetivo de la función es poder consultar todas las fechas disponibles para la performance.
- ii. `Performance()`: La función se encuentra localizada en el controlador de cuotas. El objetivo de esta función es manipular los datos consultados a la base de datos de manera de calcular los retornos absolutos de los distintos intervalos de tiempo. Los retornos que también son calculados en esta función, son relativos a la administradora de fondos de pensiones. Por último, se envían los datos de los retornos ya calculados a la vista para ser desplegados.

### c) *Capa de datos:*

- i. `getfechaAñoPasado()`: Esta función se encuentra en el modelo de cuotas. El objetivo es poder consultar a la base de datos por la fecha de la cuota del último día del año pasado, de manera de poder realizar los cálculos para el intervalo de tiempo del YTD.
- ii. `getCuentasPerformance()`: Esta función se encuentra en el modelo de cuotas. Su propósito es iniciar el procedimiento almacenado de la base de datos para conseguir las cuotas necesarias para el cálculo de la performance para diferentes intervalos de tiempo.

### d) *Base de datos:*

- i. `SP-cuentas_Performance()`: En este procedimiento almacenado se consulta

la tabla cuotas de la base de datos riesgos. La consulta se realiza con las fechas de los distintos intervalos de tiempos acordados con el usuario. Los datos que se consultan son manipulados de manera que sea más sencillo de manejar en la capa lógica.

## 2) Secuencia lógica del proceso:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo al performance, con esto se ejecuta la función `elegirfechac()` la cual lista las fechas disponibles para realizar el cálculo de la performance.
- b) En la vista `elegirfechac.ctp` se debe seleccionar alguna de las fechas disponibles, una vez elegida se pasa a la función `performance()`.
- c) En la función `performance()` se inicia consultando la última fecha del año pasado con respecto de la fecha seleccionada, para esto se ocupa la función `getfechaAnoPasado()`.
- d) Con la función `getfechaAnoPasado()` se consulta la base de datos para obtener la última fecha del año pasado a la fecha seleccionada.
- e) De vuelta en la función `performance` y con todas las fechas de los intervalos de tiempos, se consulta la base de datos para obtener las cuotas de los distintos intervalos.
- f) Por último, en la función `performance()` se pasan los datos calculados a la vista `performance.ctp` para ser desplegados.

## 3) Metodología de cálculo de la métrica:

- a) Al interior de la función `performance()` se calculan los retornos absolutos para cada una de las distintas AFP's y el SSP. Esto se repite para cada uno de los intervalos de tiempos y por último para cada uno de los fondos de pensiones.
- b) Para obtener los retornos relativos, primero se calculan los retornos absolutos de la administradora de fondos de pensiones y luego a estos se les resta el retorno absoluto de cada una de las AFP's y el SSP. Esto se repite para cada uno de los intervalos de tiempo y para cada uno de los fondos de pensiones. Al igual que en la letra anterior, estos cálculos ocurren dentro de la función `performance()`.

### **4.2.4. Proceso tracking error ex-ante**

En esta sección se describen los componentes considerados en el proceso de cálculo de la métrica tracking error ex-ante, la secuencia lógica a seguir para obtener su valor y la metodología que se utiliza para su cálculo.

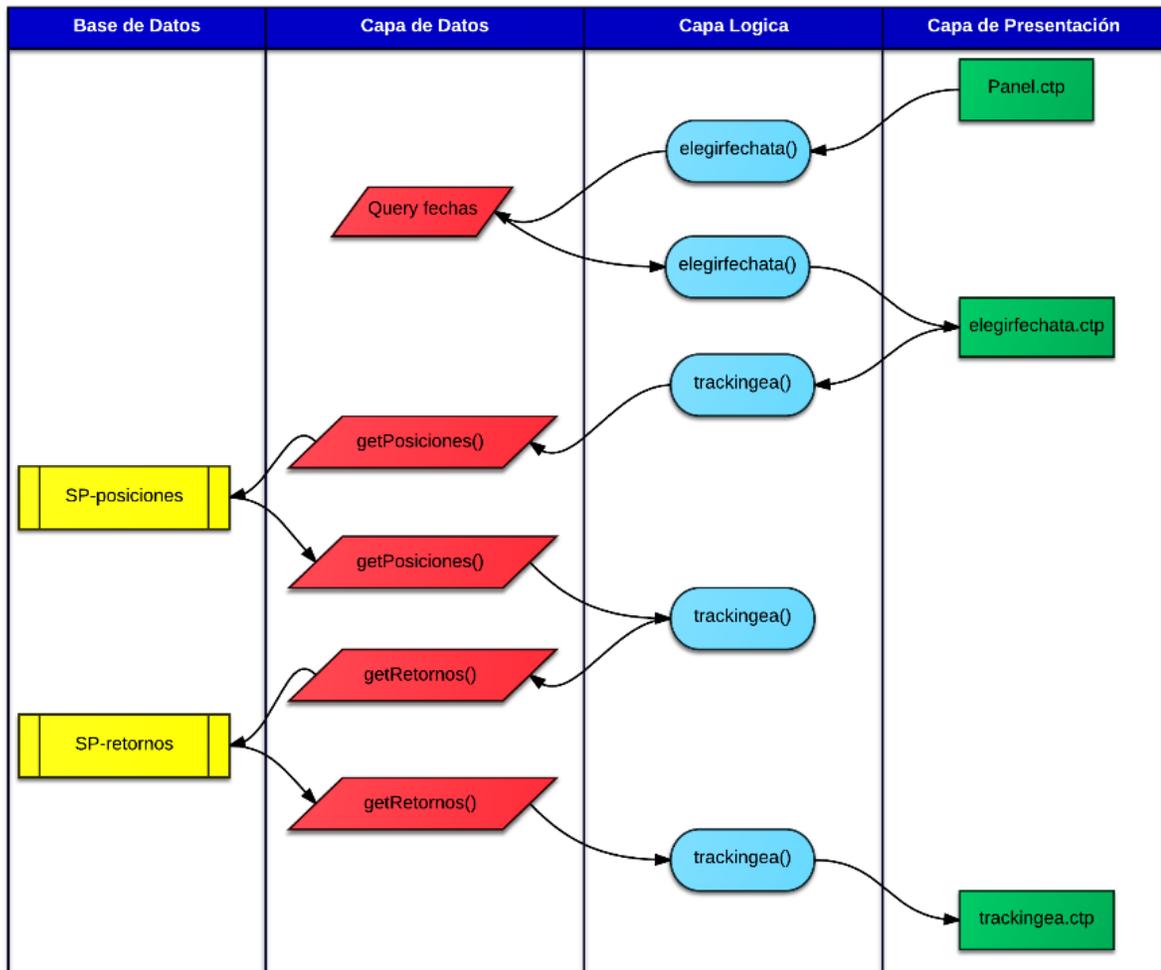


Figura 10. Diagrama del proceso tracking error ex-ante

1) Componentes:

a) *Capa de presentación:*

- i. Panel.ctp: En este caso, se selecciona el vínculo para acceder a la métrica de Tracking Error ex-ante.
- ii. Elegirfechata.ctp: Es una vista donde se despliegan todas las fechas disponibles para el cálculo de la métrica en cuestión. La fecha se despliega acorde a lo solicitado por los usuarios del sistema.
- iii. Trackingea.ctp: El objetivo de esta vista es mostrar los distintos resultados que arroja la metodología de cálculo del tracking error ex-ante. Existen dos variantes de esta vista, la primera muestra una tabla en cuya primera columna se listan los distintos fondos de pensiones administrados por la administradora de fondos de pensiones, y en la segunda columna el tracking error resultante de aplicar la metodología. En la segunda vista, se despliega una descomposición del tracking error ex-ante desplegado en la primera vista, para el fondo de pensión seleccionado por el usuario. Esta descomposición se hizo

acorde a las categorías definidas por los usuarios del sistema.

b) *Capa de lógica del negocio:*

- i. `Elegirfechata()`: Esta es una función que se encuentra en el controlador de retornos. El objetivo de la función es consultar todas las fechas disponibles para el tracking error ex-ante.
- ii. `Trackingea()`: En esta función ocurren todos los procesos de cálculos de la métrica, a la vez se encarga de traspasar los errores o resultados respectivos a la vista para ser desplegados.

c) *Capa de datos:*

- i. `getPosiciones()`: En esta función, ubicada en el modelo de retornos, busca obtener las posiciones de los distintos fondos de pensiones de manera de poder calcular la métrica de riesgo. La función da inicio al procedimiento almacenado que calcula las posiciones. Al mismo tiempo es la encargada de capturar el error y traspasarlo al controlador respectivo.
- ii. `getRetornos()`: Esta función se encuentra en el modelo de retornos. Como la función anterior, busca un componente necesario para el cálculo del tracking error ex-ante. En este caso los retornos de cada uno de los instrumentos de las carteras de los fondos de pensiones. Esta función también traspasa el error (si es que existe) al controlador correspondiente.

d) *Base de datos:*

- i. `SP-posiciones()`: Este procedimiento almacenado recibe como parámetros el fondo de pensión y la fecha seleccionada para la cual se requiere saber sus posiciones. En este procedimiento, se consulta básicamente la tabla de posiciones con el objetivo de obtener tanto las posiciones del fondo de pensión administrado por la AFP correspondiente como también la del sistema en la fecha seleccionada.
- ii. `SP-retornos()`: Al igual que el procedimiento almacenado anterior, recibe los mismos parámetros, es decir, tanto el fondo de pensión deseado como la fecha seleccionada. Este procedimiento consulta la tabla de retornos, con el objetivo de conseguir los 150 últimos retornos de cada uno de los instrumentos que forman parte de la cartera del fondo de pensión deseado.

2) Secuencia lógica:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo al tracking error ex-ante, con esto se ejecuta la función `elegirfechata()` la cual lista las fechas disponibles para realizar el cálculo de la métrica de riesgo mencionada.
- b) En la vista `elegirfechata.ctp` se debe seleccionar alguna de las fechas disponibles, una vez seleccionada la fecha se procede a la función

`trackingta()`.

- c) En el comienzo de la función `trackingta()` se buscan las posiciones de la cartera de instrumentos de los fondos de pensiones administrados tanto por la AFP como por el sistema, esto se hace a través de la función `getPosiciones()`.
- d) La función `getPosiciones()` ejecuta el inicio del procedimiento almacenado SP-posiciones.
- e) El procedimiento almacenado `SP_posiciones()`, parte consultando por los distintos instrumentos que existen en el fondo de pensión seleccionado y con esto, consulta la tabla posiciones de manera de obtener las posiciones de cada uno de los instrumentos que pertenecen a la cartera de instrumentos. Tanto la AFP como del sistema. Una vez obtenido los resultados se devuelve a la función `getPosiciones()`.
- f) Con el resultado del procedimiento almacenado, la función `getPosiciones()` revisa si existe algún error y se lo comunica al controlador, de otra manera le pasa los resultados correspondientes.
- g) Con los resultados, la función `trackingea()` procede a calcular la diferencia de posiciones entre la AFP y el sistema, una vez obtenida esta diferencia sólo faltan los retornos, para esto se llama a la función `getRetornos()`. En caso de error, la función termina y manda el error a la vista `trackingea.ctp`.
- h) La función `getRetornos()` ejecuta el inicio del procedimiento almacenado SP-retornos().
- i) El procedimiento `SP-retornos()` comienza por obtener los instrumentos pertenecientes al fondo de pensión. Con esto y la fecha seleccionada, se construye una tabla donde cada columna corresponde a los instrumentos y cada fila es el retorno, de cada uno de los instrumentos, para uno de los 150 periodos consecutivos desde la fecha seleccionada. Una vez que se completa esta tabla se envían los resultados a la función `getRetornos()`.
- j) Con los resultados del procedimiento almacenado descrito en el punto anterior, la función revisa si existe algún error en estos, de haberlos lo informa al controlador correspondiente, de lo contrario pasa los resultados a la función `trackingea()`.
- k) Ahora que la función `trackingea()` tiene tanto las posiciones como los retornos se calcula la métrica tracking error ex-ante.
- l) En el caso que la función `getRetornos()` haya devuelto un error, la función termina de ejecutarse y envía los errores a la vista `trackingea.ctp` para su visualización.
- m) Por último, en la función `trackingea()` se pasan los datos calculados a la vista `trackingea.ctp` para ser desplegados.

### 3) Metodología de cálculo de la métrica:

- a) Dentro de la función `trackingea()` y con los 150 retornos, se calcula la matriz de covarianza. Esto se realiza con un factor de decaimiento, de tal forma que los datos más cercanos a la fecha seleccionada tengan mayor relevancia que los más antiguos.
- b) Se construye un vector de la diferencia de posiciones entre la AFP y el sistema. Al igual que en la letra a, c y d, esto se procesa en la función `trackingea()`.
- c) Se transpone el vector descrito en el punto anterior.
- d) Se multiplica el vector transpuesto por la matriz de covarianza. Luego el resultado anterior se multiplica por el vector con las diferencias de posiciones y se obtiene el tracking error ex-ante.

#### 4.2.5. Proceso grafico diferencia de retornos

En esta sección se muestra el proceso en el cual se grafican las diferencias de los retornos y la secuencia lógica para visualizar el resultado.

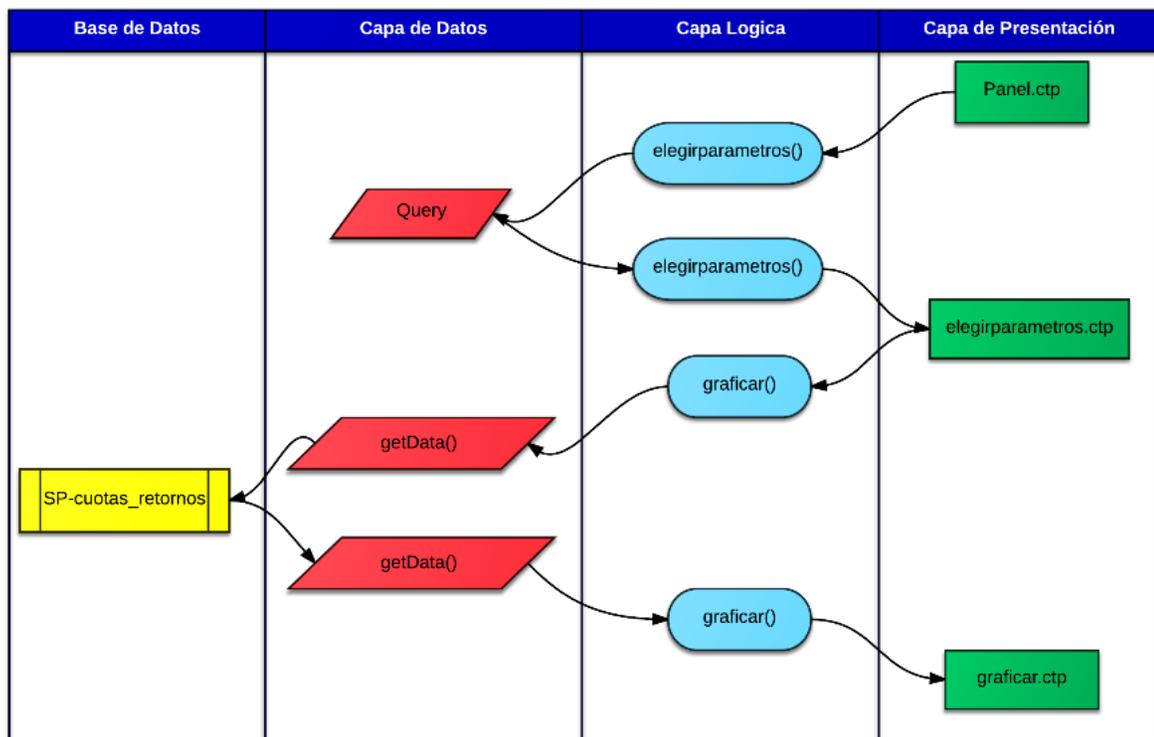


Figura 11. Diagrama del proceso grafico diferencias de retornos

### 1) Componentes:

#### a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: En este caso se selecciona la opción de graficar algunos índices de precios con los excesos de retornos, tanto de la administradora de fondos de pensiones como con el resto de las AFP's (inferencia de movimientos).

- ii. `Elegirparametros.ctp`: En esta vista se despliegan las distintas alternativas que se pueden graficar en el sistema. Por un lado están los distintos índices de precios, y por el otro lado están los excesos de retornos de la administradora de fondos de pensiones contra el resto de las AFP's y el sistema. Los índices de precios se determinaron en conjunto con el usuario.
- iii. `Graficar.ctp`: En esta vista es donde se despliega el gráfico con los índices de precios y excesos de retornos seleccionados en la vista descrita en el punto b.

b) *Capa de lógica del negocio:*

- i. `Elegirparametros()`: Esta función rescata las diferentes alternativas que el usuario puede graficar. Está alojada en el controlador de precios.
- ii. `Graficar()`: La función está ubicada en el controlador de precios.

c) *Capa de datos:*

- i. `getData()`: Esta función es la encargada de dar inicio al procedimiento `SP-cuotas_retorno()`. Se ubica en el modelo de precio.

d) *Base de datos:*

- i. `SP-cuotas_retornos()`: El procedimiento almacenado tiene como objetivo consultar tanto las cuotas de las AFP's como los índices de precios para las fechas seleccionadas.

2) Secuencia lógica:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo a graficar diferencias de retornos. Con esto se ejecuta la función `elegirparametros()` la cual lista las fechas disponibles, para realizar esta operación como también las alternativas disponibles para el usuario.
- b) En la vista `elegirparametros.ctp` se debe seleccionar el intervalo de tiempo que se quiere ver junto con los índices de precios que se quiere graficar. Adicionalmente, se seleccionan contra cuales AFP's se requiere ver el exceso de retorno. Con los parámetros seleccionados se procede a la función `elegirparametros()`.
- c) En la función `graficar()` se parte por obtener tanto los precios como las cuotas de los índices y AFP's seleccionadas, esto se logra a través del llamado de la función `getData()`.
- d) La función mencionada en el punto anterior ejecuta el inicio del procedimiento almacenado `SP-cuotas_retornos()`.
- e) Como se necesitan tanto los precios como las cuotas, el procedimiento almacenado `SP-cuotas_retornos()` va construyendo distintas tablas

temporales. Donde se recopilan los precios de los índices y las cuotas de las AFP's. La construcción de estas tablas temporales tienen como objetivo, dejar los datos en un formato adecuado para su manejo en la función `graficar()`. Una vez obtenidos todos los datos se traspasan a la función `getData()`.

- f) Una vez que `getData()` recibe los datos desde el procedimientos almacenado, se procede a revisar si existen errores en los datos. En el caso de existir, devuelve los errores al controlador. De otro modo devuelve los datos solicitados a la función `graficar()`.
- g) Con los datos solicitados, la función `graficar()` obtiene los retornos correspondientes a cada uno de los índices de precios seleccionados. Luego calcula los retornos de las cuotas de las AFP's seleccionadas, así como de la administradora de fondos de pensiones para calcular el exceso de retornos del resto de las AFP's. En el caso que los datos hayan tenido errores, se detiene la ejecución de la función y se procede a enviar los errores a la vista `graficar.ctp` de manera de desplegarlos.
- h) Finalmente la función `graficar()` crea el grafico y lo guarda en disco para que la vista `graficar.ctp` lo muestre.

#### 4.2.6. Proceso de carga de cuotas

En esta sección se muestra el proceso a través del cual se pueden cargar las cuotas en la base de datos. La secuencia lógica para realizarlo y las verificaciones que se hacen para asegurar una carga correcta.

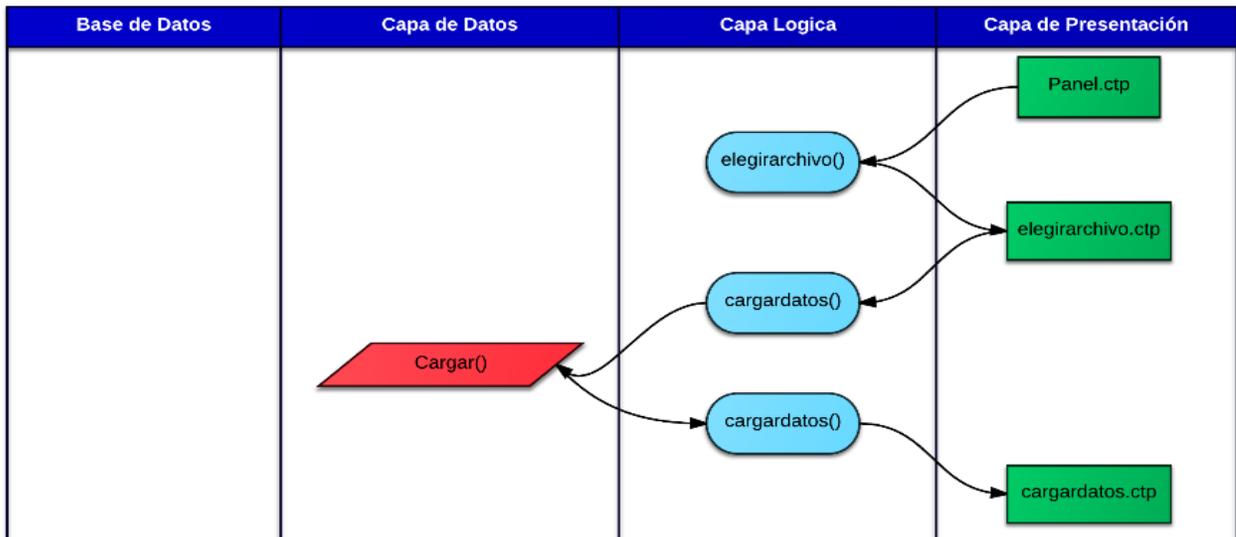


Figura 12. Diagrama del proceso de cargar de cuotas

## 1) Componentes:

### a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: En esta vista se listan todas las alternativas que ofrece el sistema. Una de ellas es la opción de cargar las cuotas para las distintas AFP's.
- ii. `Elegirarchivo.ctp`: Esta es una vista donde se debe escribir la ruta del archivo que se quiere cargar. El formato del archivo a ser cargado, ha sido definido en conjunto con los usuarios.

### b) *Capa de lógica del negocio:*

- i. `Cargardatos()`: Aquí se exponen los resultados de la inserción, es decir, se muestra un mensaje de éxito en el caso de una inserción correcta o se muestran los errores del proceso.
- ii. `Elegirarchivo()`: Esta función se encuentra ubicada en el controlador de cuotas. La existencia de esta función sigue las convenciones del framework elegido.
- iii. `Cargardatos()`: El objetivo de esta función ubicada en el controlador de cuotas es pasar la ruta del archivo al modelo de cuotas para que pueda realizar la inserción.

### c) *Capa de datos:*

- i. `Cargar()`: Aquí es donde se realizan todas las verificaciones sobre los datos del archivo, de manera que estén correctos para ingresarlos a la base de datos. Esta función se encuentra ubicada en el modelo de cuota.

## 2) Secuencia lógica:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo a cargar de cuotas, con lo que se ejecuta la función `elegirarchivo()` que a su vez despliega la vista `elegirarchivo.ctp`.
- b) En esta última vista se debe ingresar la ruta del archivo que se desea cargar en la base de datos. Una vez ingresada la ruta se ejecuta la función `cargardatos()`.
- c) `Cargardatos()` sólo le trasfiere la ruta del archivo a la función `cargar()`.
- d) La función `cargar()` recibe la ruta del archivo para empezar a leerlo y verificar los distintos campos.
- e) Si alguna verificación no resultara exitosa, la función recoge el error y los envía al controlador, de otro modo realiza la inserción en la base de datos y devuelve el mensaje de éxito a la función correspondiente.
- f) Finalmente la función `cargardatos()` recibe los errores o el mensaje de éxito de `cargar()` y los envía a la vista `cargardatos.ctp` para desplegar la información

correspondiente al usuario.

3) Verificaciones que se realizan en el proceso:

- a) Todas las verificaciones expuestas en este punto ocurren en la función `cargardatos()`. Se valida que los fondos de pensiones existan.
- b) Que las AFP's existan.
- c) Que la fecha ya haya sido ingresada a la base de datos.
- d) Que el archivo sea delimitado por comas (csv).

**4.2.7. Proceso de carga de precios y posiciones**

En esta sección se muestra el proceso que permite cargar tanto los precios como las posiciones ocupadas por la aplicación, la secuencia lógica y las validaciones que se realizan.

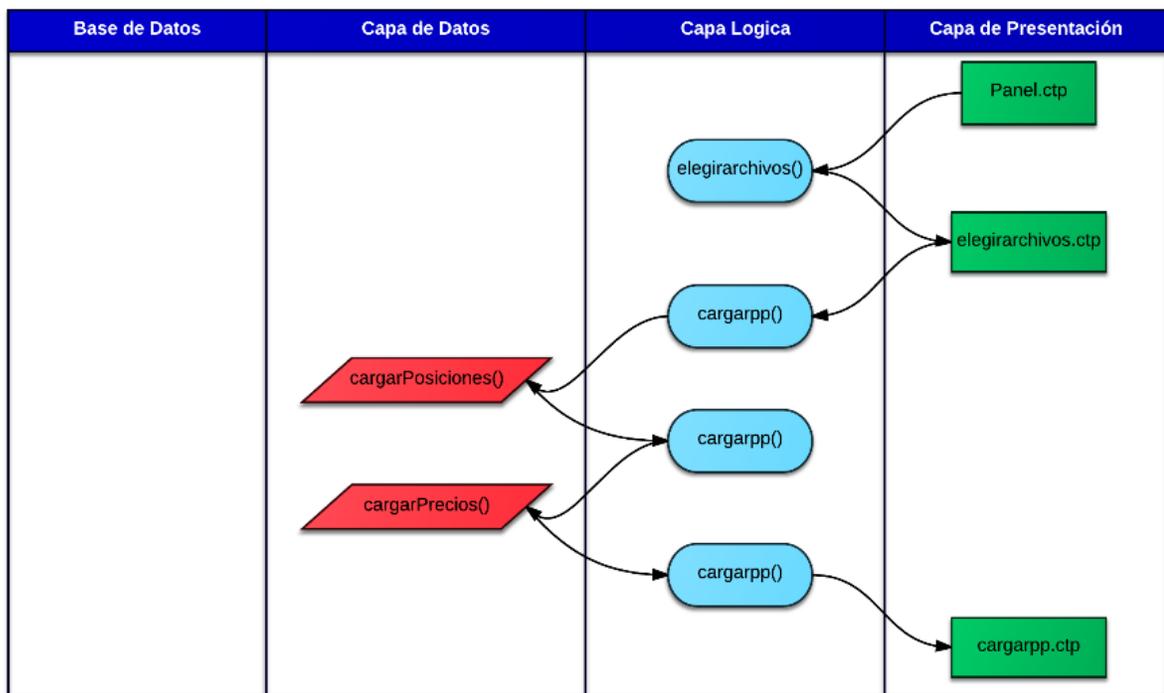


Figura 13. Diagrama del proceso carga de precios y posiciones

1) Componentes:

a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: En esta vista se listan todas las alternativas que ofrece el sistema. Una de ellas es la opción de cargar tanto las posiciones de los fondos de pensiones como los precios de los distintos instrumentos que los componen.
- ii. `Elegirarchivos.ctp`: Contiene dos áreas de ingresos de datos, de manera que los usuarios puedan escribir la ruta, tanto del archivo que contiene las posiciones de los fondos de pensiones, como también del archivo que tiene los precios de los distintos instrumentos. El formato de ambos archivos a ser

cargado ha sido definido con los usuarios.

- iii. `Cargarpp.ctp`: Esta vista expone los resultados del ingreso de los datos a la base de datos. Es decir, muestra un mensaje de éxito en el caso de una inserción correcta o muestra los errores del proceso para cualquiera de los dos archivos.

b) *Capa de lógica del negocio*:

- i. `Elegirarchivos()`: Esta función se encuentra ubicada en el controlador de retornos. La existencia de esta función permite seguir las convenciones del framework elegido.
- ii. `Cargarpp()`: El objetivo de esta función, ubicada en el controlador de retornos, es traspasar las rutas de los archivos al modelo de retornos. De esta se puede realizar la inserción de los datos.

c) *Capa de datos*:

- i. `cargarPosiciones()`: En esta función se realizan todas las verificaciones sobre los datos del archivo de posiciones, es decir, se verifica que estén correctos para poder ingresarlos a la base de datos. Esta función se encuentra ubicada en el modelo de posiciones.
- ii. `cargarPrecios()`: En esta función se realizan todas las verificaciones sobre los datos del archivo de precios, es decir, se valida que estén correctos para poder ingresarlos a la base de datos. Esta función se encuentra ubicada en el modelo de precios.

2) Secuencia lógica:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo a cargar posiciones y precios, con esto se ejecuta la función `elegirarchivos()` que a su vez despliega la vista `elegirarchivos.ctp`.
- b) En la vista `elegirarchivos.ctp` se debe ingresar la ruta de los dos archivos que se desea cargar, es decir, del archivo de posiciones y del archivo de precios, con esto se ejecuta la función `cargarpp()`.
- c) La función `cargarpp()` pasa la ruta del archivo de posiciones a la función `cargarPosiciones()`.
- d) La función `cargarPosiciones()` recibe la ruta del archivo de posiciones para leerlo y verificar los distintos campos.
- e) Si alguna verificación no resulta exitosa, la función recoge el error y lo envía al controlador, de lo contrario realiza la inserción en la base de datos y devuelve el mensaje de éxito a la función `cargarpp()`.
- f) Con el resultado de la inserción de las posiciones, la función `cargarpp()` envía

la ruta del archivo de precios a `cargarPrecios()`. En caso que `cargarPosiciones()` haya devuelto errores, la función termina la ejecución y pasa los errores a la vista `cargarpp.ctp`.

- g) La función `cargarPrecios()` recibe la ruta del archivo de precios para leerlo y verificar los distintos campos del archivo.
  - h) Si alguna verificación no resulta exitosa, la función recoge el error y los envía al controlador, de otro modo realiza la inserción en la base de datos y devuelve el mensaje de éxito a la función `cargarpp()`.
  - i) Con el resultado de ambos ingresos (posiciones y precios), la función `cargarpp()` envía el mensaje de éxito a `carparpp.ctp`. En caso que exista algún error termina la ejecución de la función y envía los errores a la vista antes mencionada.
- 3) Verificaciones que se realizan en el proceso:
- a) Que los fondos de pensiones existan, esta validación, al igual que la detallada en las letras b, c y d ocurren en la función `cargarPosiciones()`.
  - b) Que las AFP's existan.
  - c) Que el archivo de posiciones sea delimitado por comas (csv).
  - d) En la función `cargarpp()` se valida que el instrumento exista.
  - e) Que la fecha ya haya sido ingresada a la base de datos, esta validación como la de la letra g ocurren en la función `cargarpp()`.
  - f) Que el archivo de precios sea delimitado por comas (csv).

#### **4.2.8. Proceso de cálculo de retornos**

En esta sección se muestra el proceso para generar la normalización de los retornos, la secuencia lógica para realizarlo y su metodología de cálculo. Al inicio de la sección se describe cada uno de los componentes que están presentes en el proceso.

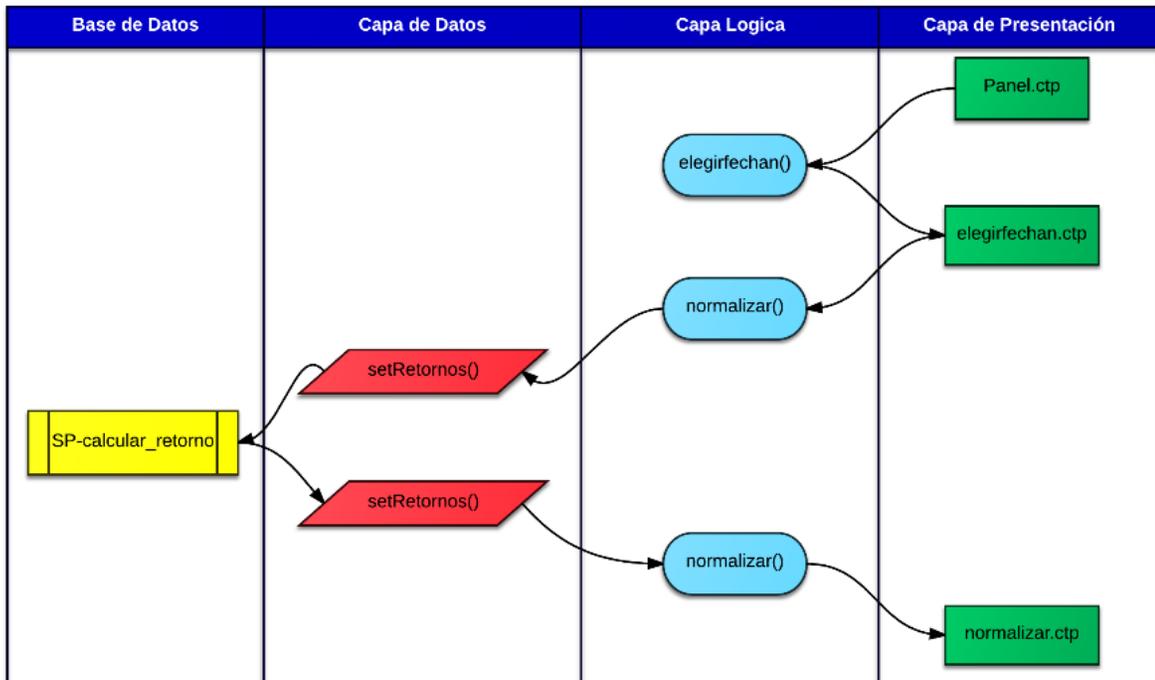


Figura 14. Diagrama del proceso de cálculo de retornos

1) Componentes:

a) *Capa de presentación:*

- i. `Panel.ctp`: En esta vista se listan todas las alternativas que ofrece el sistema. Una de estas opciones es la de procesar los precios para conseguir los retornos de los instrumentos.
- ii. `Elegirfechan.ctp`: Es una vista donde se despliegan todas las fechas disponibles para el cálculo de la “normalización” de los retornos. La fecha se muestra acorde a lo definido con el usuario.
- iii. `Normalizar.ctp`: Es una vista donde se despliega el resultado del proceso.

b) *Capa de lógica del negocio:*

- i. `Elegirfechan()`: Esta función se encuentra en el controlador de retornos. Su propósito es consultar todas las fechas de los retornos, a los cuales se pueda aplicar el proceso de “normalización” de precios.
- ii. `Normalizar()`: Esta función ubicada en el controlador de retornos presta los servicio de comunicación entre el resultado del proceso y la interfaz de usuario.

c) *Capa de datos:*

- i. `setRetornos()`: Esta función ubicada en el modelo de retornos ejecuta el inicio del procedimiento almacenado `SP-calcular_retorno()`. A la vez es la encargada de manejar el error en el proceso.

d) *Base de Datos:*

- i. `SP-calcular_retorno()`: Este procedimiento se encarga de hacer las consultas respectivas para obtener los parámetros necesarios en el proceso de normalización de retornos, como también de llevar a cabo este proceso.

## 2) Secuencia lógica:

- a) En la vista del panel se debe seleccionar el vínculo a normalizar retornos, con esto se ejecuta la función `elegirfechan()` que a su vez despliega la vista `elegirfechan.ctp`.
- b) En la vista `elegirfechan.ctp` se debe seleccionar la fecha para la cual se desea ejecutar el proceso. Se debe destacar que las fechas desplegadas son las únicas opciones para llevar a cabo dicho proceso.
- c) Una vez seleccionada la fecha se ejecuta la función `normalizar()`, en esta se procede a asignar los parámetros necesarios para poder ejecutar el proceso. Estos parámetros se pasan a la función `setRetornos()` que a su vez los entrega al procedimiento almacenado `SP-calcular_retorno()`.
- d) El procedimiento almacenado `SP-calcular_retorno()` recibe como parámetro la fecha para la cual se quiere correr el proceso. Con esto se inicia la consulta por la existencia de todos los instrumentos disponibles. Si estos instrumentos tienen su descomposición en monedas subyacentes (las monedas de los instrumentos dentro del instrumento), como también si tienen monedas denominadas (la moneda en la cual se lleva el fondo) asignadas. Una vez terminada estas verificaciones se calcula el retorno de cada uno de los instrumentos.
- e) Con las rentabilidades de todos los instrumentos, se procede a realizar la inserción de los resultados en la tabla de retornos y se devuelve el error o éxito de la operación.
- f) Con el resultado de la operación la función `setRetornos()` entrega al controlador la señal correspondiente a la función `normalizar()`.
- g) La función `normalizar()` traspa el resultado a la vista `normalizar.ctp` de manera que estos sean desplegados al usuario.

## 3) Metodología de cálculo:

- a) En el procedimiento `SP-calcular_retorno()`, se obtienen los precios consecutivos de los instrumentos y sus monedas asociadas. También, se calcula el retorno de cada uno de ellos.
- b) A través del procedimiento `SP-calcular_retorno()` se consultan los porcentajes de rentabilidad de las monedas que se deben restar del instrumento. Este porcentaje se determina multiplicando la rentabilidad de la moneda, por el porcentaje del instrumento que está denominado en dicha moneda.
- c) La función `normalizar()` es la que resta de la rentabilidad del instrumento, las

rentabilidades de las monedas asociadas al instrumento.

## 5. Implementación de la solución

En este capítulo se presentan las principales interfaces que permiten a los usuarios, ya sea cargar, procesar o recoger información desde el sistema de manera de avanzar en su labor o completar algún análisis que estén llevando a cabo.

### 5.1. Panel de control

La primera interfaz es la que se denomina panel de control, desde esta vista, que es la pantalla de inicio del sistema, se puede acceder a las diversas alternativas que presenta el sistema.

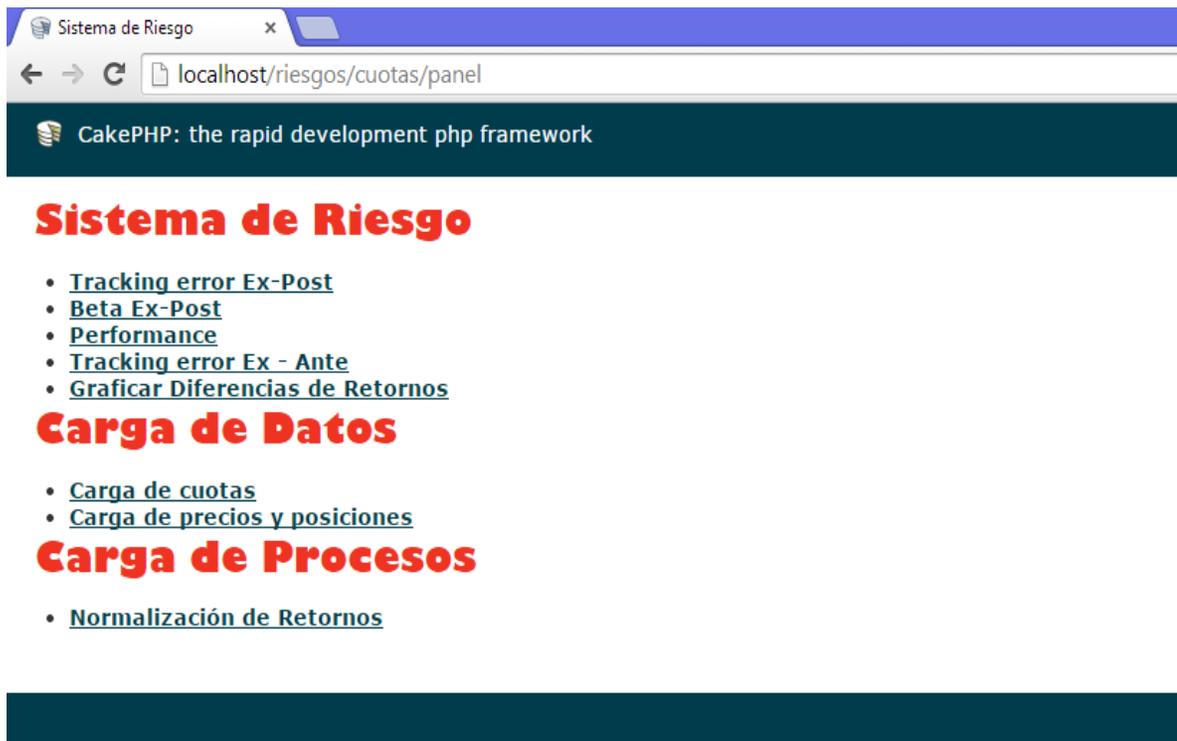


Figura 15. Vista panel.ctp

Se distinguen tres tipos de procesos principales en esta vista, lo que es carga de datos, correr procesos y por ultimo desplegar información (Sistema de Riesgo):

- 1) *Sistema de riesgos*: En esta sección del panel de control se presentan las principales métricas de riesgo que calcula la solución informática, como también las dos herramientas de inferencia de movimientos que contiene. Esta sección de la aplicación es la más utilizada por todos los integrantes del área de inversiones, ya que presenta la información básica que deben conocer para poder tomar decisiones de inversión.
- 2) *Carga de datos*: El objetivo de esta sección es ofrecer una interfaz amigable a los usuarios responsables del sistema. Para cargar los datos más importantes (pero no los parámetros esenciales) para el cálculo de las métricas de riesgo. El lograr consensuar un input uniforme de las cuotas ha permitido un significativo ahorro de

tiempo a los analistas en la recopilación de datos. Adicional a lo anterior, el haber encapsulado las metodologías dentro de la solución informática ha tenido un importante beneficio en lo que respecta al ahorro de tiempo de los analistas de inversiones en tediosos cálculos para conseguir métricas de riesgos.

- 3) *Carga de procesos*: El nacimiento de esta parte de la solución se debe a que durante el desarrollo de la aplicación existió un gran interés por parte del usuario de contar con los retornos de los instrumentos sin los efectos de las monedas, es por esto que se decidió desacoplar la normalización de retornos del cálculo de la métrica del tracking error ex-ante y permite proporcionar valiosa información a los distintos integrantes de la gerencia de inversiones para sus análisis.

## 5.2. Elección de métricas por fecha

Otra de las interfaces importantes dentro de la aplicación es la que permite calcular las métricas para diversas fechas.



Sistema de Riesgo

localhost/riesgos/cuotas/elegirfechat/1/45

CakePHP: the rapid development php framework

**Por favor elija la fecha**

Fecha  
20100104 ▾

Submit

Figura 16. Vista elegirfechat.ctp

Esta interfaz presenta una particularidad importante, es que la vista se encuentra en prácticamente todos los procesos que ocurren dentro de la aplicación informática. Al usuario le permite rearmar la historia, en otras palabras, poder calcular las métricas para fechas presentes como para fechas pasadas, que era uno de los requisitos más importantes del trabajo. De esta manera, los integrantes de la gerencia de inversiones no solo tienen las métricas para la toma de decisiones presentes sino que también pueden justificar frente a su regulador o jefatura, las distintas decisiones al mantener las métricas que las sustentaron.

### 5.3. Gráfico de diferencia de retornos

Para la gerencia de inversiones es necesario saber que hacen sus competidores, es por esto que pusieron énfasis en que la aplicación presente herramientas para ayudar a inferir los movimientos de los competidores.

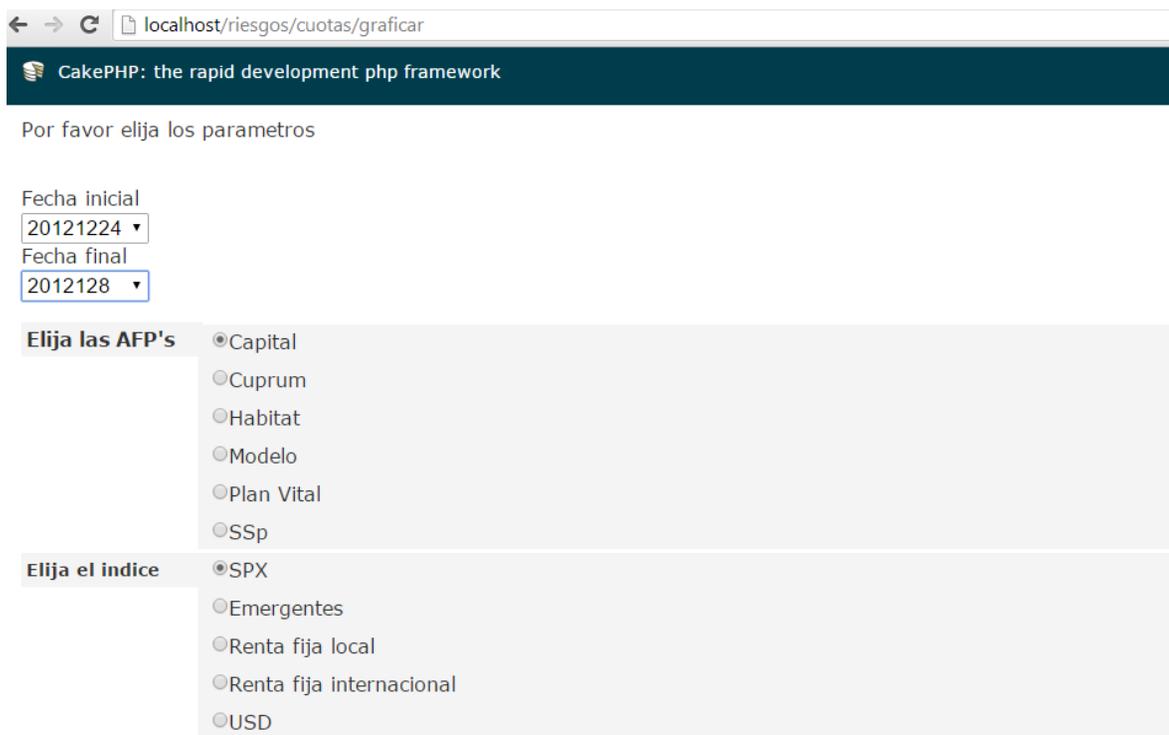


Figura 17. Vista graficar.ctp

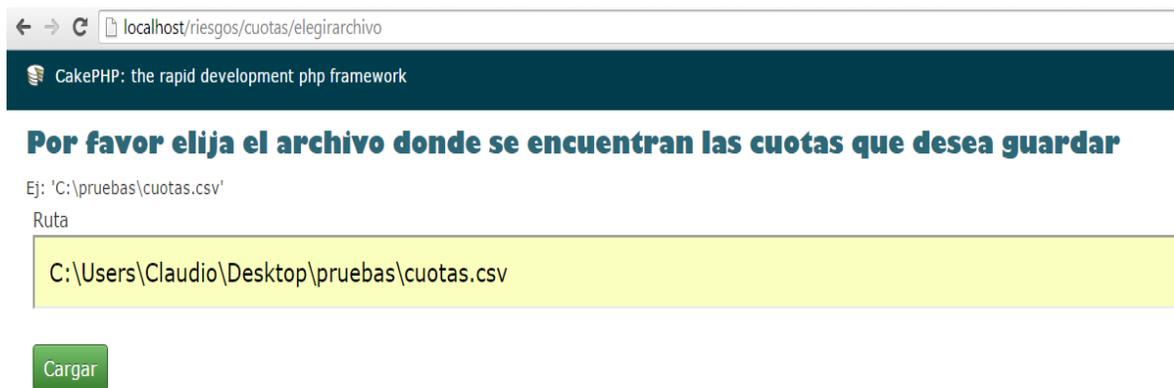
Con la interfaz de la Figura 17 se puede generar en un mismo gráfico, tanto los excesos de retornos de las AFP's elegidas relativas a la administradora de fondos de pensiones, como la rentabilidad del índice de precios seleccionado. Esto se puede hacer para el intervalo de tiempo que el usuario desee a través de la selección de una fecha de inicio y otra de término, esta elección se observa en la parte superior de la interfaz.

Esta herramienta es una de las funcionalidades de mayor interés para los usuarios. Esto se vio reflejado en la gran cantidad de mejoras y cambios que desearon agregar. Por lo anterior, se agregó gran flexibilidad a esta funcionalidad. Esto significa que tanto en la selección de AFP's como en la de índices de precios, uno puede tanto excluir como ingresar nuevos índices de precios o AFP's.

## 5.4. Carga de cuotas

Por último se presenta una de las interfaces más simples dentro de la solución informática, esta es la de carga de cuotas. La interfaz que carga los precios y posiciones es muy similar a la presentada en la Figura 18, con la única diferencia que en vez de ingresar la ruta para un archivo se deben ingresar dos rutas en campos separados.

A pesar de que la interfaz es simple, soluciona uno de los principales problemas que tenían los integrantes de la gerencia de inversiones, esto es el poder centralizar los datos más importantes para el cálculo de las distintas métricas de riesgo en un solo repositorio y no tenerlas esparcidas a través de múltiples archivos Excel.



The screenshot shows a web browser window with the address bar containing 'localhost/riesgos/cuotas/elegirarchivo'. Below the address bar is a dark blue header with the text 'CakePHP: the rapid development php framework'. The main content area features a bold heading: 'Por favor elija el archivo donde se encuentran las cuotas que desea guardar'. Below this heading, there is an example path: 'Ej: 'C:\pruebas\cuotas.csv''. A label 'Ruta' is positioned above a large, light yellow text input field. The input field contains the path 'C:\Users\Claudio\Desktop\pruebas\cuotas.csv'. At the bottom left of the form is a green button labeled 'Cargar'.

Figura 18. Vista cargararchivo.ctp

## 6. Resultados preliminares

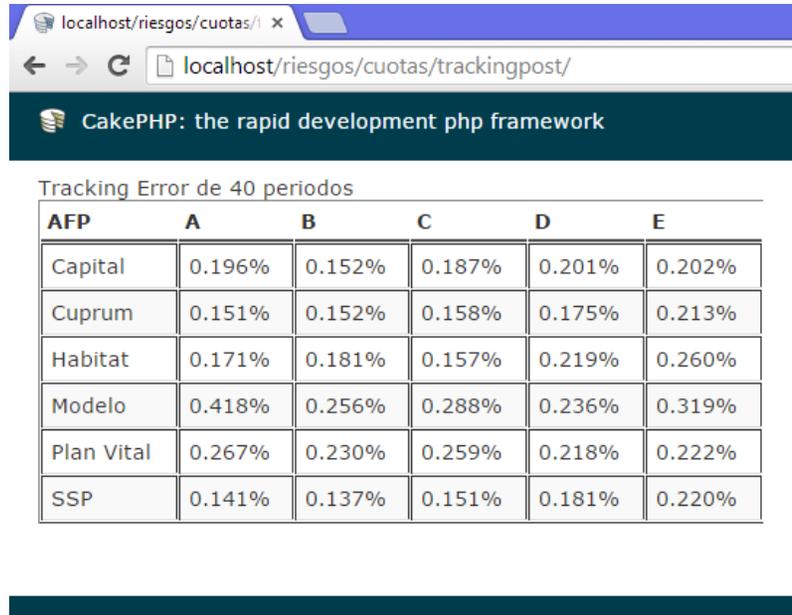
A lo largo de este capítulo se muestran los diferentes resultados obtenidos con la solución informática, su interpretación y la forma en que estos aportan valor a la institución y sus integrantes.

### 6.1. Tracking error ex-post

En la Figura 19, se muestra el resultado de la métrica de riesgo tracking error ex-post, procesada con la solución informática. En la intersección de la fila *i* con la columna *j*, se muestra el valor de la métrica para la AFP *i* en el fondo tipo *j*. Por ejemplo, el valor Cuprum en el fondo C se encuentra en la fila 2 de la columna 3 y su valor es 0,158%.

El valor 0.158% indica un riesgo relativo bajo, porque significa que a lo largo de dos meses el exceso de retorno de Cuprum contra la administradora será de 0,158%, con un 66% de probabilidad. Hay que recordar que el tracking error es absoluto, por ende sólo se habla de la magnitud, no así de la dirección.

Este resultado es importante para todos los integrantes del área de inversiones, especialmente para los gerentes y jefes, porque muestra la cantidad de riesgo relativo que están tomando los fondos de pensiones administrados por la administradora de fondos de pensiones, respecto a los fondos administrados por las otras AFP's. Es importante destacar que esta métrica existía previo al desarrollo de esta solución informática, pero sólo era calculada contra el SSP (resto de los competidores).



localhost/riesgos/cuotas/ x  
localhost/riesgos/cuotas/trackingpost/  
CakePHP: the rapid development php framework

Tracking Error de 40 periodos

AFP	A	B	C	D	E
Capital	0.196%	0.152%	0.187%	0.201%	0.202%
Cuprum	0.151%	0.152%	0.158%	0.175%	0.213%
Habitat	0.171%	0.181%	0.157%	0.219%	0.260%
Modelo	0.418%	0.256%	0.288%	0.236%	0.319%
Plan Vital	0.267%	0.230%	0.259%	0.218%	0.222%
SSP	0.141%	0.137%	0.151%	0.181%	0.220%

Figura 19. Vista trackingpost.ctp

## 6.2. Beta ex-post

Otro de los resultados del sistema de Riesgo es la métrica Beta ex-post, en la figura 20. Esta métrica, no estaba disponible previo al desarrollo de la solución informática y es un gran aporte para los gerentes e integrantes del área de inversiones. Quienes la han empezado a utilizar en sus decisiones de inversión.

Beta Ex - Post 30 días

Fondo A	Capital	Cuprum	Habitat	Modelo	Plan Vital	Provida	SSP
Capital	1	0.973	1.02	1	0.929	1.019	0.996
Cuprum	1.014	1	1.042	1.006	0.967	1.043	1.017
Habitat	0.972	0.952	1	0.967	0.914	0.997	0.973
Modelo	0.949	0.916	0.963	1	0.879	0.969	0.941
Plan Vital	1.003	1.002	1.035	1	1	1.047	1.013
Provida	0.968	0.951	0.994	0.97	0.922	1	0.969
SSP	1	0.98	1.025	0.996	0.942	1.025	1

Fondo B	Capital	Cuprum	Habitat	Modelo	Plan Vital	Provida	SSP
Capital	1	1.006	1.014	0.987	0.919	1.053	1.004
Cuprum	0.981	1	1.005	0.968	0.923	1.042	0.993
Habitat	0.971	0.986	1	0.959	0.907	1.03	0.984
Modelo	0.971	0.977	0.986	1	0.901	1.031	0.977
Plan Vital	1.012	1.042	1.043	1.008	1	1.094	1.031
Provida	0.934	0.947	0.953	0.929	0.881	1	0.943
SSP	0.99	1.004	1.013	0.978	0.923	1.049	1

Figura 20. Vista betapost.ctp

En la figura 20, se puede visualizar como se presenta la métrica. Existe una tabla por cada fondo de pensión, donde tanto las filas como las columnas son AFP's. De este modo, en la intersección de la fila *i* con la columna *j*, se puede ver el valor de beta ex-post de la AFP *i* con relación a la AFP *j*. Como ejemplo, en la primera tabla (Fondo A). En la fila tres, columna tres, se presenta el valor 0.952. Esto representa que el beta de Cuprum contra Habitat es de 0.952 tomando como "mercado" el retorno de Habitat.

La interpretación del beta ex-post permite saber el nivel de riesgo que se está tomando por cada uno de las administradoras. De esta manera, la fila más importante representa la del SSP, ya que ese es el riesgo que se toma contra el sistema. Consecuentemente, presenta los valores más cercanos a 1, debido a que en la industria tomar mucho riesgo contra el sistema, representa una incertidumbre muy grande para la administradora.

Es importante notar, que dentro del cálculo de esta métrica, se calcula un promedio de tres cuotas consecutivas. Esto debido a los problemas de valorización que presenta el regulador, principalmente en los instrumentos de renta fija. En la figura 20, se puede

apreciar como en los fondos de renta variable (Fondo A y B) los valores de la métrica se encuentra siempre cercanos al 1. Mientras que para los fondos de renta Fija (Fondo E) existe una dispersión mayor en los valores. A partir de esto se entiende que esta métrica se puede aplicar de mejor manera en los fondos de renta variable que en los de renta fija.

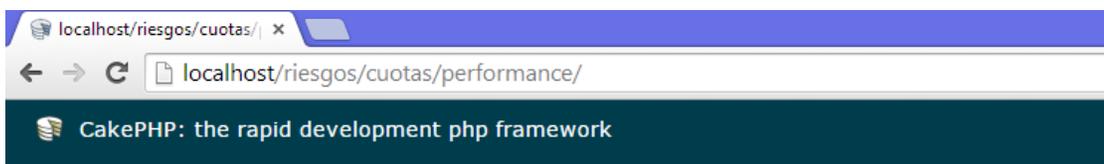
Dentro del área de inversiones, esta métrica ha aportado valor ya que permite conocer la aversión al riesgo, de cada uno de los competidores contra el sistema y entre ellos. Esta información resulta muy útil para los niveles gerenciales, dado que pueden conocer en línea el grado de convicción dentro de cada una de las AFP, con respecto a las situaciones que afectan a los fondos de pensiones.

### **6.3. Performance**

Una de las herramientas para la inferencia de movimientos de los competidores es la performance. Esta última ya existía en la administradora de fondos de pensiones, y sólo se incorporó a la solución informática para centralizar la información en la aplicación web.

En la Figura 21 se presentan dos tablas que muestran los Fondos A y B respectivamente. En cada una de estas tablas, las filas corresponden a las distintas AFP's y las columnas los distintos intervalos de tiempos definidos con el usuario.

El propósito principal de esta interfaz es dar los resultados relativos a la administradora, de cada AFP, para cada uno de los fondos de pensiones. También, resulta útil para inferir movimientos. Esto se hace a través de las columnas de retorno absoluto y retornos relativos, por ejemplo, para el fondo A, si el retorno absoluto es positivo, significa que ha pasado un periodo favorable para las bolsas accionarias y si el retorno relativo es negativo contra alguna AFP significa que la administradora de fondos de pensiones tiene menos renta variable que dicha AFP, en caso contrario que tiene un mayor porcentaje de renta variable.



Performance

Fondo A	Absoluto 1D	Relativo 1D	Absoluto 5D	Relativo 5D	Absoluto 20D	Relativo 20D	Absoluto YTD	Relativo YTD
Capital	-0.090%	0.029%	-0.023%	0.070%	2.999%	0.061%	8.614%	-0.006%
Cuprum	-0.098%	0.038%	0.006%	0.041%	2.939%	0.121%	8.591%	0.017%
Habitat	-0.118%	0.058%	-0.049%	0.097%	2.970%	0.089%	8.757%	-0.149%
Modelo	-0.041%	-0.019%	0.030%	0.018%	2.940%	0.120%	8.056%	0.552%
PlanVital	-0.110%	0.050%	0.033%	0.015%	2.722%	0.338%	9.455%	-0.847%
Provida	-0.060%	0.000%	0.048%	0.000%	3.060%	0.000%	8.608%	0.000%
SSP	-0.102%	0.041%	-0.020%	0.067%	2.966%	0.094%	8.691%	-0.083%

Fondo B	Absoluto 1D	Relativo 1D	Absoluto 5D	Relativo 5D	Absoluto 20D	Relativo 20D	Absoluto YTD	Relativo YTD
Capital	-0.025%	0.013%	0.069%	0.069%	2.303%	0.129%	7.311%	0.226%
Cuprum	-0.068%	0.057%	0.058%	0.081%	2.308%	0.124%	7.313%	0.224%
Habitat	-0.061%	0.049%	0.057%	0.081%	2.301%	0.131%	7.506%	0.030%
Modelo	0.001%	-0.013%	0.128%	0.011%	2.286%	0.146%	7.150%	0.387%
PlanVital	-0.059%	0.047%	0.114%	0.024%	2.131%	0.301%	8.203%	-0.666%
Provida	-0.012%	0.000%	0.138%	0.000%	2.432%	0.000%	7.537%	0.000%
SSP	-0.051%	0.039%	0.064%	0.074%	2.292%	0.140%	7.380%	0.157%

Figura 21. Vista performance.ctp

Esta vista es usada por todos los integrantes del área de inversiones, ya que les permite conocer la performance de los fondos. Tiene un uso secundario, por parte de los analistas del área de estrategia, para tener una primera aproximación de los movimientos de los competidores.

#### 6.4. Tracking error ex-ante

Una de las métricas de riesgos incorporadas a través del desarrollo de la solución informática es la del Tracking Error ex-ante. Esta métrica, al igual que el tracking error ex-post, muestra el riesgo relativo que se toma en relación a un benchmark (en el caso particular de la aplicación es contra el SSP). La diferencia entre las dos métricas, radica en que para el tracking error ex-post, se calcula el riesgo relativo que efectivamente se tomó, es decir, con información pasada. Mientras que para el tracking error ex-ante, se trata de estimar el riesgo relativo que se tomaría. Esta estimación, presenta varios supuestos, tanto en la posición de los fondos de pensiones como también en algunos instrumentos financieros.

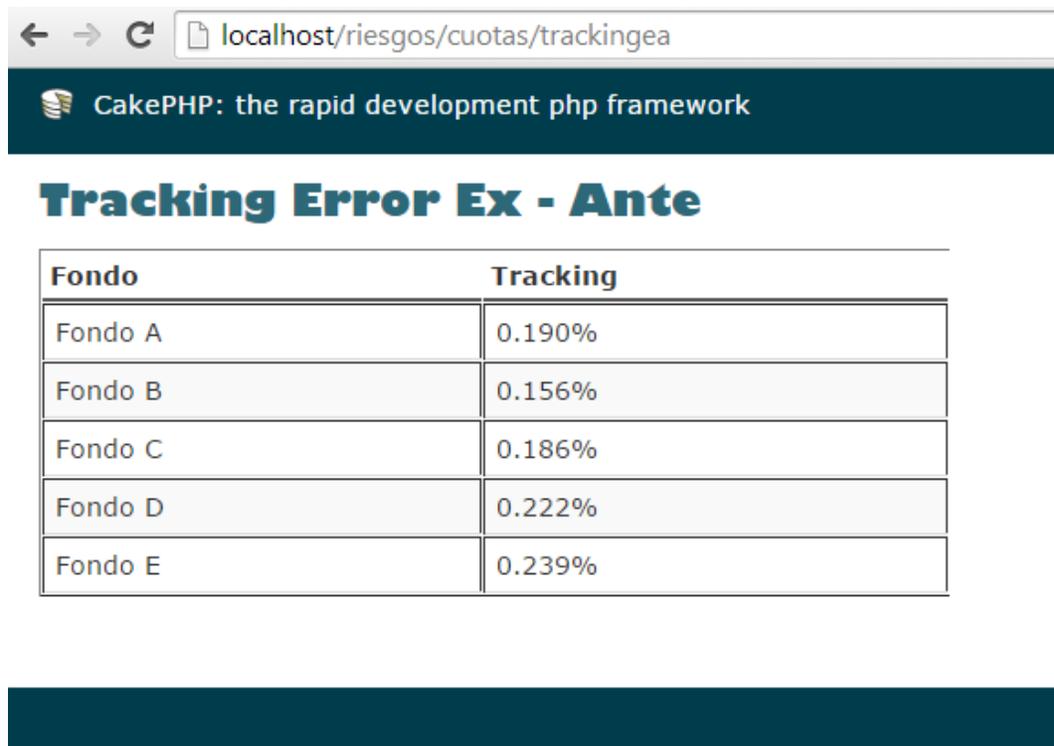


Figura 22. Vista trackingea.ctp

Como se puede observar en la Figura 22, la aplicación calcula el tracking error ex-ante para todos los fondos de pensiones gestionados por la administradora. Esta información es muy importante para los gerentes y jefes del área de inversiones, dado que refleja la cantidad de riesgo que se está asumiendo en la cartera. Es decir, que a diferencia del tracking error ex-post, que habla del riesgo tomado, muestra el convencimiento del área de inversiones en sus distintas decisiones de inversión y, por lo tanto, en el nivel de convicción en la visión generada en el área.

Otra vista que se logra generar con la metodología del tracking error ex-ante es la presentada en la Figura 23. En ella, se exponen las fuentes de riesgo relativo de cada fondo de pensión. Tal como se muestra en la Figura 23, el riesgo de cada fondo de pensión se puede desagregar acorde a las categorías que se exponen (primera columna de la Figura 23). Con esto, se logra identificar rápidamente de donde proviene el riesgo relativo del fondo y se logra cuantificar. A su vez, permite gestionar el riesgo. Por ejemplo, en la Figura 23 se puede observar que la mayoría del tracking error ex-ante, del fondo A, proviene desde renta variable internacional (RVI) y si no existiera una visión favorable para dicho activo se tendría que acotar dicho riesgo.

De esta manera, la información permite regular el riesgo a los principales responsables del fondo. No solo del fondo de pensión, sino que también de cada una de las clases de activo que lo componen.

## Tracking Error Ex - Ante desagregado Fondo A

Categoría	Tracking
RVL	0.027%
RVI	0.118%
RFI	0.015%
RFL	0.004%
Moneda	0.027%

Figura 23. Vista trackingea.ctp

Otra ventaja que tiene esta métrica es que permite la autorregulación de los analistas de inversiones, ya que les facilita el trabajo de conocer el riesgo relativo que cada uno de ellos toma en su clase de activo. Para los integrantes del área de estrategia, esta métrica les permite detectar rápidamente los principales responsables del exceso de retorno (positivo o negativo).

### 6.5. Gráfico de diferencias de retornos

Uno de los objetivos de la solución informática es generar una herramienta para la inferencia de movimientos de la competencia. Esto se ha conseguido a través del desarrollo de un gráfico, en el cual se expone la diferencia de retorno entre una AFP y la administradora y el retorno de un índice de precios. Así, se permite encontrar una relación entre distintos índices de precios y el exceso de retorno de algún competidor de manera gráfica. Por ejemplo en la Figura 24, se puede observar el exceso de retorno de otra AFP y el SSP (línea verde y roja) contra el retorno del índice de precios del S&P<sup>4</sup> (línea azul). Se puede observar que se usan distintos ejes Y para las series, de manera que las magnitudes de los valores, no sea un impedimento para ver las relaciones entre las series.

En la Figura 24, se puede apreciar que la relación entre el índice de precio S&P y el exceso de retorno de otra AFP están altamente relacionadas, lo que significa, que existe una alta probabilidad que esta AFP tenga una posición mayor en S&P. Es decir, ellos estuvieron comprando dicho índice. Una conclusión como la anterior tiene mucho valor

<sup>4</sup> Standard & Poor's

para el área de inversiones.

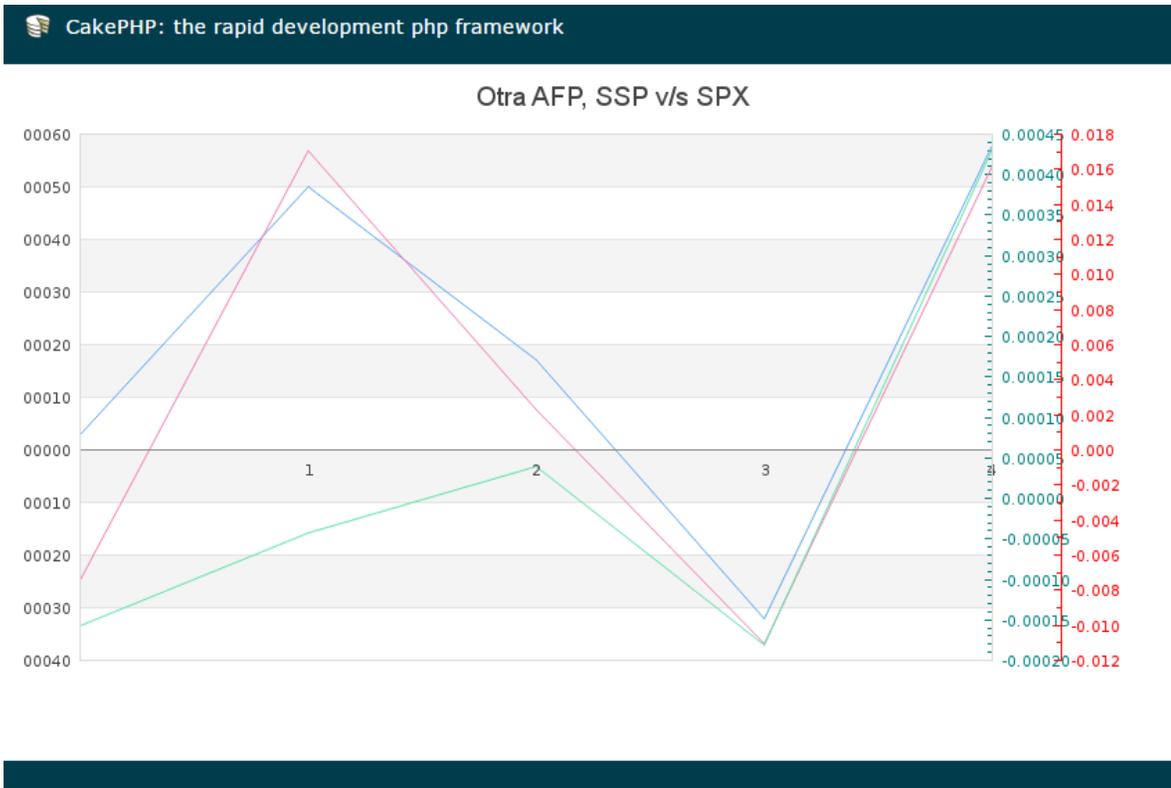


Figura 24. Vista graficar.ctp

Esta herramienta tiene un uso frecuente por parte de los integrantes del área de estrategia en la gerencia de inversiones, ya que ellos son los responsables de seguir los movimientos de la competencia y la rápida detección de estos movimientos permiten una reacción por parte de la administradora.

## 7. Conclusiones y trabajo a futuro

A continuación se presentan las principales conclusiones, como también las propuestas para el trabajo futuro y los distintos caminos que puede tomar la evolución de la aplicación desarrollada.

### 7.1. Conclusiones

Finalizada la solución informática y por el uso que le ha dado el área de inversiones, se constata que lo realizado en el diseño y construcción del sistema de gestión de inversiones, permite obtener las siguientes conclusiones.

#### 1) Beneficios de la solución Informática:

- a. *Incorporación de nuevas métricas:* A modo de ejemplo, la métrica de tracking error ex-ante permite tomar decisiones de inversión informadas, con un riesgo relativo claramente cuantificado. Esto aporta a un sistema de métricas para una gestión controlada e informada de las carteras de inversiones y de los riesgos que se asumen.
- b. *Ahorro de tiempo de los analistas de inversión:* Con el sistema en operación se liberó el tiempo que utilizaban los analistas de inversión, todas las mañanas para la recopilación manual de datos y cálculos de las métricas. Ahora, este tiempo lo pueden dedicar al análisis de la información entregada por la aplicación, informarse de los acontecimientos que ocurren en el mundo y evaluar su efecto sobre los fondos de pensiones.
- c. *Repositorio único:* Al definir la existencia del repositorio único ya no se discute sobre el origen de los datos, estos son los que se van guardando en la base de datos de la solución informática reduciendo de manera significativa el tiempo de recolección de datos y de cálculo de las métricas.
- d. *Posicionamiento de la administradora y el resto del sistema:* Uno de los grandes logros que se ha conseguido con la aplicación, es el uso constante por parte de los analistas de estrategia, para inferir los movimientos que realiza la competencia. Esta herramienta incorporada en la solución fue una de las que recibieron más feedback por parte de los usuarios, claramente es uno de las aristas que se puede desarrollar en mayor profundidad a futuro. Con lo desarrollado en la solución informática, ya ha permitido que con un par de días de nuevas cuotas, se pueda tener cierta certeza de los movimientos que está realizando la competencia. Con esto, se pueden tomar decisiones de inversión más informadas y así administrar el riesgo relativo que se toma.

- 2) Sistema de métricas: El desarrollo de la solución informática fue una instancia de análisis al interior del área de inversiones para precisar las metodologías de cálculo de las métricas de riesgo con el objetivo de estandarizarlas. Una vez acordada por todos los usuarios del sistema, se encapsuló en la aplicación y se

transformaron en el estándar de cálculo. Reduciendo de manera importante, la revisión de supuestos a la hora de interpretar los resultados. A partir de ese momento se cuenta con un sistema de métricas para la gestión de riesgos.

- 3) Valoración de la aplicación de las tecnologías de la información en ambientes poco explorados: También se puede concluir el gran aporte que la aplicación de las tecnologías de la información realizan en áreas específicas, concebidas como áreas de expertos que operan a través de heurísticas. En el área de inversiones se aprecia una actitud positiva y receptiva por parte de sus integrantes hacia lo realizado, lo que permite abrir un espacio al uso de cálculos más complejos e intensivos en el uso de datos en las diversas decisiones de inversiones. Lo anterior significa explorar un nuevo camino, donde el uso de modelos de mayor complejidad no es utilizado.
- 4) Uso de una metodología de desarrollo de aplicaciones: La aplicación de un proceso ordenado y disciplinado de fases, etapas, tareas e hitos, permite incrementar la probabilidad de éxito en la consecución del objetivo del sistema. Es así que en este proyecto se logró todos y cada uno de los objetivos propuestos, alcanzándose algunos resultados adicionales no requeridos ni percibidos al inicio del trabajo.

## **7.2. Trabajo futuro**

Durante el desarrollo de la solución informática, en aquellos hitos donde se mostró la aplicación a los usuarios, siempre se tuvo un feedback positivo. Como parte de su análisis, se sugirió mejoras tanto estéticas como de contenido. Algunas sugerencias se incorporaron y otras no, sobre la base del impacto en el alcance del proyecto. Sin embargo, estas sugerencias trazan un camino para el futuro, tanto de la aplicación como del sistema de métricas definido.

En lo relativo a la aplicación informática, la componente estética de la interfaz de los usuarios no se consideró relevante siendo un área donde se puede mejorar. Lo anterior se sustenta en el feedback sobre temas visuales que se obtuvo durante el desarrollo. Como también que la solución informática tenía un objetivo más funcional.

Otra opción a explorar, es la segmentación de uso de funciones a distintos tipos de usuarios. De manera de disponer de módulos dedicados a grupos de usuarios según las funciones que realizan.

En las instancias que se analizaron las metodologías de cálculo, se presentó varias opciones, donde todas tenían ventajas y desventajas. Para el desarrollo de la aplicación, siempre se eligió una metodología (la consensuada), pero resultaría interesante poder calcular cada una de las métricas con distintas metodologías. Con esto se podría entender qué metodología es mejor para los distintos escenarios que se presentan en la administración de los fondos de pensiones.

Otra opción de mejora futura es el cambio de algunos supuestos utilizados en la metodología para procesar los instrumentos financieros involucrados. Entre estos supuestos, existen algunos fuertes, que podrían tener una implicancia importante sobre las métricas, si es que estos fueran incorrectos o se mejoraran. Entre estos supuestos, la exploración de una mejor metodología para valorizar los derivados, junto con la manera en que se toma la volatilidad de estos, parece ser una alternativa interesante.

Por último, el sistema presenta una cantidad acotada de métricas de riesgos, a pesar de que existen muchas otras que podrían ir agregándose a lo largo del tiempo. Esto permitiría tener una variedad de métricas, con el consecuente beneficio de aplicar las métricas que mejor representen la situación que se esté analizando.

## 8. Bibliografía

- [1] Tracking Error Allocation, David C. Blitz, Jouke Hottinga. The journal of Portfolio Management, Summer 2001.
- [2] Investment Analysis and Portfolio Management, Frank K. Reilly, Keith C. Brown, Thomson South-Western, 8<sup>th</sup> edition 2006.
- [3] Financial Risk Manager Part I, GARP, Pearson, 2012.
- [4] Análisis Económico del Derecho de la dispersión de riesgo en los Fondos de Pensiones gestionados por las administradoras de fondos de Pensiones de Chile, Verónica Aldunate Riberi, Universidad de Salamanca, Boletín de la Escuela de Posgrado Estado de Derecho y Buen Gobierno, 2011.
- [5] El Sistema Chileno de Pensiones, Solange Berstein Jáuregui, Séptima edición 2010.
- [6] Risk Measurement from Theory to Practice: Is your Risk Metric Coherent and Empirically Justified?, Mikhail Imunenzon, 2010.
- [7] Return to RiskMetric: The Evolution of a Standard, Jorge Mina, Jerry Yi Xiao, 2001.
- [8] Leyes y reglamentos del sistema de AFP y Pilar Solidario, <http://www.safp.cl/portal/regulacion/582/w3-propertyvalue-6287.html>. Última visita: Diciembre de 2014.
- [9] Régimen de inversiones de los fondos de pensiones, <http://www.safp.cl/portal/regulacion/582/w3-propertyvalue-5942.html>. Última visita: Diciembre de 2014.
- [10] Measuring Market Risk, Kevin Dowd, 2005.
- [11] Value at Risk: Theory and practice, Glyn A. Holton, 2003.
- [12] The Model-View-Controller (MVC) It's Past and Present, Trygve Reenskaug, University of Oslo, 2003.
- [13] Web-ApplicationDevelopmentUsingtheModel/View/ControllerDesignPattern, Avraham Leff, James T. Rayfield, 2001.
- [14] Applications Programming in Smalltalk-80: How to use Model-View-Controller (MVC), Steve Burbeck, 1992.
- [15] Supervisión basada en riesgos, <http://www.svs.cl/portal/principal/605/w3-propertyvalue-18623.html>. Última visita: Diciembre 2014.

## 9. Anexo A: Gestión de riesgo

Es fundamental entender la gestión de riesgos que se realiza en el área de inversiones, para comprender las distintas herramientas que se desarrollan en la solución informática implementada.

En la estructura funcional de la administradora de fondos de pensiones existe la gerencia de inversiones y la gerencia de riesgos. Ambas gerencias se enfocan en el riesgo que se adquiere con la cartera de instrumentos, la gerencia de riesgo tiene un mayor enfoque en el riesgo absoluto de la cartera, junto con los distintos límites fijados internamente.

Por otro lado, la gerencia de inversiones se debe preocupar de rentabilizar lo máximo posible los ahorros que maneja, siempre en un marco de riesgos controlados. Para realizar la labor antes señalada, se siguen dos directrices:

- a) Construcción de abajo hacia arriba enfocada en retorno: Dentro de la gerencia de inversiones existen varios sub equipos que están encargados de un activo en particular, por ejemplo renta fija internacional o renta variable nacional. Cada uno de estos equipos busca las mejores alternativas de inversión dentro de su activo. Esto se realiza a través del uso de distintos modelos de activos financieros, como también en base a análisis de las condiciones económicas y financieras de los mercados en que están insertas las compañías. A través de la selección de cada una de las mejores oportunidades de inversión, se toman posiciones en cada uno de los distintos instrumentos financieros del universo de inversión, cuidando siempre de respetar los límites establecidos en el régimen de inversiones. Con esto se construye la cartera de inversiones de cada uno de los fondos de pensiones.
- b) Control de arriba hacia abajo enfocada en riesgo: Debido a la gran cantidad de instrumentos que conforman cada una de las carteras de inversiones de los fondos de pensiones, el control de estos se realiza de arriba hacia abajo, es decir, se enfocan en mantener el riesgo de toda la cartera bajo control en lugar de posición a posición, el riesgo de posición por posición es responsabilidad de cada uno de los sub-equipos antes expuestos. Sin embargo, la gerencia de estrategia es la responsable de mantener el riesgo relativo global bajo control, y gestionarlo acorde a la visión del equipo de inversiones.

Debido a que cada AFP trata de ser la mejor en rentabilidad año a año, es importante mantener un control sobre el movimiento del resto de los competidores, es por esto que es de vital importancia tener métricas de riesgos contra cada una de las otras AFP's, como también entender de donde provienen los diferentes excesos de rentabilidad en cada uno de los fondos de pensiones. Esta labor es una de las principales responsabilidades del equipo de la gerencia de estrategias.

Dada la gestión de riesgo que existe en la administradora de fondos de pensiones, se

puede notar que entender los movimientos del resto de los competidores es de gran relevancia y es por esto que todas las métricas ex–post no solo son calculadas para la administradora de fondos de pensiones sino que también para el resto de las AFP's de manera de tener la mayor información posible sobre las convicciones de dichas AFP's.

Por otro lado para el tracking error ex–ante, la desagregación por tipo de activos es una información que le interesa a cada uno de los gerentes o jefes de activo, ya que les permite cuantificar el riesgo relativo de la cartera que les pertenece a ellos. Esto es importante debido a que por ejemplo, si el riesgo relativo del Fondo A proviene de renta fija local (RVL) significa que el fondo está perdiendo el foco, debido a que dicho fondo tiene una exposición mayor en renta variable, se esperaría que los riesgos relativos vengan por algún activo de dicha área. Al mismo tiempo, este indicador le permite tanto a la gerencia de estrategia como al gerente de inversiones, gestionar el riesgo relativo de manera de tenerlo bajo control y no tomar riesgos descontrolados.