



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**REDISEÑO DE PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO DE CRÉDITO PARA EL CÁLCULO  
DE PROVISIONES SEGÚN REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DE IFRS 9**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ÁLVARO FELIPE GONZÁLEZ VILLARROEL

PROFESOR GUÍA:  
CARLOS PULGAR ARATA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
HUGO SÁNCHEZ RAMÍREZ  
OSCAR SAAVEDRA ALLENDES

SANTIAGO DE CHILE  
2019

**RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR: ÁLVARO FELIPE  
GONZÁLEZ VILLARROEL  
FECHA: 04/25/2019  
PROF. GUÍA: SR. CARLOS  
PULGAR**

## **REDISEÑO DE PLAN DE GESTIÓN DE RIESGO DE CRÉDITO PARA EL CÁLCULO DE PROVISIONES SEGÚN REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DE IFRS 9**

La crisis *subprime* del 2008 causó pérdidas calculadas en más de 300 billones de dólares por la OECD<sup>1</sup>. Distintos cambios han sido aplicados desde entonces, velando porque el sistema financiero esté mejor cubierto ante posibles crisis. Se fortalecieron, por ejemplo, los acuerdos de Basilea, que obligan a los bancos a guardar cierto capital de reserva, entre otras cosas.

En conjunto con los nuevos requerimientos de capital levantados a través de las normas Basilea, se crearon nuevos estándares internacionales para reportar la información financiera de las instituciones, las normas llamadas “*International Financial Reporting Standard*” (IFRS). Así como las normas Basilea son cada vez más exigentes, las IFRS lo son también. En el año 2018 entró en vigor la IFRS 9 “Instrumentos Financieros”, que establece, entre otras cosas, cómo las instituciones deben realizar sus provisiones por riesgo de crédito.

La empresa patrocinante no contaba con un plan de gestión de riesgo que cumpliera a cabalidad los nuevos requerimientos levantados por la IFRS 9, por lo que existía urgencia para reformularlo. De esta manera, en esta memoria se propone un rediseño del plan de gestión de riesgo de crédito para el cálculo de provisiones que se alinee con los nuevos requerimientos levantados por la norma.

Se proponen distintos métodos para calcular las provisiones, tanto para carteras minoristas como para carteras corporativas, calculando las provisiones para doce meses, así como también para toda la vida (*lifetime*) de los activos subyacentes de los distintos fondos de inversión que maneja la empresa. Por otra parte, se proponen indicadores para la evaluación periódica que realiza la empresa del riesgo de los distintos fondos de inversión.

El resultado que se obtiene es un plan completo de gestión de riesgo que cumple a cabalidad los requerimientos exigidos por la normativa IFRS 9. El nuevo plan es replicable para cualquier entidad, tanto financiera como no financiera, que desee publicar sus estados financieros bajo la normativa internacional.

---

<sup>1</sup> <https://www.oecd.org/daf/40899902.pdf>

*“We don’t need nothing but today”  
(Mac Miller)*

## AGRADECIMIENTOS

Primero que todo me gustaría agradecer a mi familia, que siempre me acompañó a lo largo no sólo de este año, sino de todos los años de pregrado. Sin ellos no hubiese podido lograr nada de lo que he hecho a lo largo de mi carrera y vida.

Me gustaría agradecer también la ayuda de mi profesor guía Carlos Pulgar, que siempre estuvo dispuesto a aclarar mis dudas cuando más lo necesitaba. Sus consejos fueron siempre muy bien recibidos y necesarios. No se quedan atrás mis otros dos profesores de sección, Hugo Sánchez y Javier Suazo, quienes nos acompañaron y guiaron durante todo el 2018.

Agradecer a la empresa solicitante de la memoria, pero en particular, agradecer a Sergio Pérez, quien durante mi estadía en práctica en la empresa fue un excelente compañero y quien, además, estuvo presente durante todo el proceso de construcción de esta memoria.

A todos mis amigos de la Universidad, como Fabián, Juan Pedro y Matías. También a mis amigos de especialidad, Tomás, Ignacia y Pablo. Compartir estos años universitarios fue un honor.

A mis amigos del colegio, que nunca los he dejado de ver y que siguen siendo los mejores. En especial a Ignacio Fuentes, quien me ayudó a revisar palabra por palabra esta memoria.

Y a todos los que alguna vez me ayudaron en alguna situación durante mi carrera de pregrado. A todos ellos, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes Generales.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 La Empresa Patrocinadora.....</b>	<b>1</b>
2.1.1 Identificación y características generales.....	1
2.1.2 Marco institucional y regulatorio relevante.....	2
2.1.3 Objetivo, misión y visión.....	2
2.1.4 Productos, servicios y proceso de servicios.....	2
2.1.5 Información del área.....	3
<b>2.2 La IASB y las Normas IFRS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación del Tema.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Problema y su Relevancia, Efectos y Posibles Causas.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Objetivos y Metodología.....</b>	<b>5</b>
4.1 Objetivo General.....	5
4.2 Objetivos específicos.....	5
<b>4.2 Marco Conceptual.....</b>	<b>5</b>
<b>4.3 Metodología.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Desarrollo.....</b>	<b>8</b>
<b>5.1 Recopilación de Datos.....</b>	<b>8</b>
5.1.1 IFRS 9: Reconocimiento y clasificación.....	8
5.1.2 IFRS 9: Cálculo.....	9
5.1.2 IFRS 9: Revisión.....	11
5.1.3 IFRS 9: Impactos registrados a la fecha.....	12
<b>5.2 Diagnóstico Empresa.....</b>	<b>13</b>
5.2.1 Espacios de mejora.....	13
<b>5.3 Propuestas de Metodologías.....</b>	<b>14</b>
5.3.1 Metodología general.....	14
5.3.2 Portafolio minorista.....	14
5.3.2 Portafolio corporativo.....	25
5.3.3 Escenarios macroeconómicos.....	30
5.3.4 Flujos del proceso.....	36
<b>5.4 Gestión de Riesgo.....</b>	<b>37</b>
5.4.1 Introducción.....	37
5.4.2 Indicadores de cambio de fase.....	37
5.4.5 Flujo del proceso.....	39
<b>5.5 Evaluación Económica de los Cambios Propuestos.....</b>	<b>40</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>41</b>
<b>7. Sugerencias de cambio.....</b>	<b>42</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>43</b>

<b>9. Anexos .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo A: Tablas Desarrolladas por la SBIF para Créditos Genéricos.....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo B: Desarrollo de <i>Vintage Analysis</i> .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo C: Tratamiento de Portafolios Corporativos con DtD para Escenarios Macroeconómicos</b>	<b>47</b>
<b>Anexo D: Tablas de Transición entre <i>Ratings</i> Publicadas por S&amp;P .....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo E: Ejemplo de <i>Scoring</i> Factores de Riesgo .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo F: Definiciones de <i>Ratings</i> de S&amp;P .....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo G: Paso LGD de un Deudor a LGD Contraparte .....</b>	<b>52</b>
<b>Anexo H: Gráficos <i>Distance-to-Default</i> .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo G: Extracto de Código .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fases de riesgo según IFRS 9 .....	12
Tabla 2: Variables independientes y sus coeficientes estimados, PD a 12 meses, cartera hipotecaria .....	16
Tabla 3: Variables dependientes y sus coeficientes estimados, PD Lifetime, cartera hipotecaria .....	17
Tabla 4: Spreads por Rating. Fuente (Damodaran, 2018).....	29
Tabla 5: Series Arima .....	33
Tabla 6: Scoring de riesgo.....	38
Tabla 7: Comparación de cálculo de provisiones entre métodos .....	40
Tabla 8: Regresión de valor y volatilidad intrínseca empresa.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelos de riesgo por tipo de portafolio .....	8
Figura 2: Diagrama de clasificación de activos financieros según IFRS 9.....	9
Figura 3: Probabilidad de default acumulada estimada a 12 meses .....	17
Figura 4: Probabilidad de default estimada lifetime, cartera hipotecaria .....	18
Figura 5: Curva de Probabilidad de Default acumulada con el método de interpolación .....	19
Figura 6: Tabla de PI, LGD y PE por LTV, según SBIF .....	21
Figura 7: Curva tasas BCP libre de riesgo interpolada .....	23
Figura 8: Curva de Factor de descuento en el tiempo.....	24
Figura 9: Probabilidad de default calculada con DtD a 1 año.....	26
Figura 10: Probabilidad de default calculada con DtD a 5 años .....	27
Figura 11: Proyección del IPC a dos años del Banco Central.....	31
Figura 12: Proyección del PIB a dos años del Banco Central.....	32
Figura 13: Serie del IPC proyectada a 5 años con ARIMA .....	34
Figura 14: Serie del IMACEC proyectada a 5 años con ARIMA .....	34
Figura 15: Serie de Desempleo proyectada a cinco años con ARIMA .....	35
Figura 16: Diagrama de flujo de cálculo de provisiones para cartera minorista .....	36
Figura 17: Diagrama de flujo para el cálculo de provisiones para carteras corporativas .....	37
Figura 18: Diagrama de flujo del nuevo proceso IFRS 9 .....	40
Figura 19: Vintage analysis para cartera hipotecaria.....	46
Figura 20: Gráfico DtD en el tiempo para T=1 año.....	53
Figura 21: Gráfico DtD en el tiempo para T=5 años .....	53



## **1. Introducción**

El primero de enero del 2018 entró en vigor la nueva normativa contable IFRS 9 (NIIF9 en español), norma que intenta hacerse cargo de los problemas surgidos en la crisis financiera global del 2008. Entre los temas que abarca, está la definición de un activo financiero, el deterioro financiero y la contabilidad de coberturas. Esta memoria se enfoca en el primer y segundo punto, identificando los nuevos desafíos que se deben cumplir y proponiendo métodos para hacerse cargo de ellos.

La norma establece nuevas exigencias que acercan el mundo de riesgos al mundo contable. Sobre todo, el método para calcular las provisiones cambió, por lo que las instituciones que quieran y deban cumplir la normativa internacional se ven obligadas a redefinir sus metodologías de cálculo de provisiones. Sin embargo, antes de realizar estos cambios existen varias interrogantes: ¿Qué metodologías existen? ¿Qué se está haciendo en la industria? ¿Cuál es el mejor método para calcular las provisiones? ¿Existen diferencias entre los distintos portafolios?

Uno de los cambios más importantes que propone IFRS 9 es el paso de un modelo de pérdidas incurridas a uno de pérdidas esperadas. Esto último, entre otras cosas, supone calcular las pérdidas esperadas de un activo financiero desde el inicio de su vida hasta el final de ella, haciendo el supuesto de que siempre existe una posible pérdida. Además, calcular la pérdida esperada a lo largo de toda la vida (*lifetime* ECL) supone un desafío, ya que no todas las metodologías son lo suficientemente robustas para poder lograrlo. Otro de los requerimientos de la norma es la inclusión de información macroeconómica prospectiva en el cálculo de provisiones, proponiendo distintos escenarios posibles, ponderando por la probabilidad de ocurrencia de cada uno.

La empresa solicitante tenía la inquietud de no estar alineada con la norma, utilizando metodologías de cálculo de provisiones que no logran abarcar los nuevos requerimientos exigidos. Es por esto por lo que se desarrolla esta memoria, para establecer un diagnóstico de la empresa respecto a IFRS 9, encontrar los puntos de mejora y hacerse cargo de ellos. La memoria inicia con una descripción de los nuevos requerimientos, seguido por el diagnóstico de la empresa con respecto al tema tratado y las metodologías propuestas, para culminar con el rediseño del plan de gestión de riesgo y algunos ejemplos de implementación del modelo en la empresa.

## **2. Antecedentes Generales**

### **2.1 La Empresa Patrocinadora**

#### **2.1.1 Identificación y características generales.**

La empresa patrocinadora es una administradora de fondos de inversión (AGF), y por lo tanto perteneciente al sector financiero. Existen un total de 55 administradoras de fondos de inversión en Chile, que administran un total de 366 fondos públicos, lo que representa más de

MMUS \$ 25.070 en activos bajo administración (Acafi, 2018). La mayoría de los fondos de inversión públicos son de capital privado ("*private equity*") sumando un total de 116 fondos, mientras que los fondos de deuda son quienes tienen la mayor cantidad de activos bajo administración: MMUS \$8.556. Estos últimos se ven afectados por la norma tratada ya que se valoran a costo amortizado.

### **2.1.2 Marco institucional y regulatorio relevante.**

La empresa se encuentra sujeta a normativa jurídica especial, presente en la Ley de Valores bajo la fiscalización de la Comisión para el Mercado Financiero (CMF). El giro de la sociedad es la administración de: Fondos Mutuos, Fondos de Inversión, ambos regidos por la Ley 20.712; Fondos de Inversión de capital extranjero, regido por la ley 18.657; Fondos para la Vivienda regidos por la Ley 19.281 y por último cualquier otro tipo de Fondo que sea encomendado a la CMF, bajo el artículo 220 de la Ley 18.045.

Además, según el Oficio N°10.051 de la Comisión para el Mercado Financiero, desde el 2010 se debe aplicar IFRS a los estados contables de las empresas inscritas en la CMF.

### **2.1.3 Objetivo, misión y visión.**

El **objetivo** de la empresa es "*rentabilizar el capital de los clientes, potenciar el desarrollo personal y profesional de sus colaboradores, y ser un aporte relevante para el mercado financiero y económico del país, ofreciendo los mejores productos y servicios financieros.*"

La **misión** de la empresa es "*Ofrecer los mejores productos y servicios financieros, rentabilizando el capital de nuestros clientes, potenciando el desarrollo personal y profesional de nuestros colaboradores, y siendo un aporte relevante para el mercado financiero y económico del país. Todo lo anterior, ejecutado en un marco de pleno apego a las prácticas éticas, normativas y legales.*"

Por último, la **visión** de ellos es "*Ser reconocidos en Chile y el extranjero como expertos administradores de fondos, detectando las mejores oportunidades de inversión para abarcar las distintas necesidades de nuestros clientes, éticas, normativas y legales.*"

### **2.1.4 Productos, servicios y proceso de servicios.**

Hoy en día la empresa cuenta con treinta y dos fondos de inversión, de los cuáles catorce son clasificados como fondos de "deuda privada". De estos catorce últimos, la totalidad está sujeto a IFRS 9, pero se deben distinguir dos grupos, corporativos y minoristas, ya que al ser diferentes las características de cada activo subyacente la forma de tratarlo cambia.

Ocho de los catorce fondos de inversión se catalogan como "corporativos", en donde la empresa actúa como banca privada al prestar capital a una empresa o grupo en particular. Para este tipo de fondos, el riesgo de *default* suele ser bajo, debido a que se está tratando con compañías de gran tamaño y de montos elevados.

Los fondos restantes se catalogan como “minoristas”, ya que consisten en carteras de crédito individuales. Para este tipo de fondos los porcentajes de *default* varían según el crédito, siendo los créditos hipotecarios aquellos con las tasas de *default* más bajas. La empresa posee carteras de créditos de consumo y también de créditos hipotecarios.

### **2.1.5 Información del área.**

El área de riesgo de crédito de la empresa está compuesta por cuatro personas: tres que trabajan en servicios corporativos, y una que trabaja directamente en la administradora de fondos. En un documento interno, se señala que la misión de esta área es “*supervisar todo aquello que tenga relación con los riesgos, internos y externos, a los que está expuesta la administradora, focalizándose en cuatro grandes ejes de acción: Gestión de riesgo Crédito, Gestión de Riesgo Operacional, Compliance y Seguridad de la Información*”.

De esta manera, el servicio que entregan es una continua supervisión de los riesgos asociados al negocio de administración de fondos de inversión. Estos riesgos pueden ser de distintos tipos, por ejemplo, internos, externos, operacionales o de crédito. En particular, esta memoria abarca directamente las actividades relacionadas a las sub-áreas de “Gestión de riesgo de Crédito” y de “*Compliance*”. Algunas tareas específicas de estas sub-áreas son la revisión periódica del riesgo de las carteras de crédito, el cálculo de provisiones por riesgo de crédito y la verificación de cumplimiento de normativas, entre otras.

Con respecto a los clientes del área, éstos se pueden separar en dos segmentos. Por una parte, un cliente importante es la empresa como un todo, ya que se hace cargo de los riesgos internos y operacionales de ésta. Por otra, es el ente regulador, la CMF, a quién hay que rendir los cumplimientos de las distintas normativas.

La persona que solicitó el trabajo es quien trabaja directamente con la administradora, que ve los riesgos externos asociados a la empresa. Se encarga, por ejemplo, de calcular las provisiones por riesgo de crédito de los fondos de inversión y de revisar periódicamente la evolución del riesgo de los distintos fondos de la AGF. Según la nueva normativa, los cambios a las metodologías para calcular las provisiones debían estar operativos a inicios del 2018. Sin embargo, luego de realizar un diagnóstico, se encontraron varias diferencias entre lo que se realiza y lo que se debe realizar, por lo que la memoria beneficia directamente al solicitante. Como consecuencia de este trabajo, se tendrán metodologías que cumplan con la normativa, facilitando la gestión de riesgo de los fondos de inversión.

## **2.2 La IASB y las Normas IFRS**

La IASB (“*International Accounting Standart Board*”) es un organismo privado independiente encargado de desarrollar y aprobar las Normas Internacionales de Información Financiera (IFRS), que representa a más de 100 países, entre ellos Chile. Las normas internacionales nacen del afán de entender la situación financiera de cualquier empresa en el mundo, definiendo un “lenguaje

universal” de reporte de estados financieros. Hoy en día existen un total de 13 IFRS, siendo la IFRS 9 aquella que trata de cómo provisionar correctamente por riesgo de crédito.

### **3. Justificación del Tema**

#### **3.1 Problema y su Relevancia, Efectos y Posibles Causas**

El problema puede ser visto desde distintas perspectivas. Desde el punto de vista de la empresa, el problema es de tipo operativo, contable y legal. Tiene que ver con el cómo se calculan las provisiones y de qué manera se está cumpliendo con lo estipulado por las normas contables internacionales. La problemática surge al no haberse hecho cargo de todos los aspectos que considera la nueva norma, estando así en discordancia, por ejemplo, con lo señalado como misión y visión de la empresa.

Desde el punto de vista del regulador, la CMF, existe un problema de incumplimiento de la norma. Desde el 2010 que la CMF exige a las empresas publicar sus estados financieros bajo las normas IFRS, por lo que no tener los estándares IFRS podría ocasionar sanciones de parte del regulador, desde nuevas auditorías a los estados financieros, hasta sanciones monetarias.

Por otra parte, desde el punto de vista de los inversionistas, una irregularidad en los estados financieros puede causar que ellos desconfíen de lo que la empresa está transmitiendo. Esto, a su vez, causaría que ellos dejaran de confiar en la empresa misma, afectando la reputación tanto nacional como internacional de ésta. En la misma línea, la empresa necesita inversores internacionales. El lenguaje contable universal es IFRS, por lo que, si no se cuenta con los últimos estándares internacionales, se estaría perdiendo potenciales inversionistas.

Además, si las provisiones no se encuentran correctamente calculadas, existe el riesgo de sobre provisionar o de provisionar menos de lo debido, ambas situaciones desfavorables para la empresa. La primera, ya que ese dinero se podría ocupar en otras actividades y generar rentas; la segunda porque el valor de un activo está “inflado” y se estaría menos preparado en caso de *default*.

Sin embargo, el mayor problema que existe es la falta de cobertura frente a posibles eventos de riesgo de crédito. La IFRS 9 se publicó como respuesta a la crisis financiera global de 2008 y establece un sistema de provisiones más fuerte, pasando de un sistema que reacciona tarde frente a eventos de pérdidas ("*too little, too late*") a uno que intenta predecir y prepararse ante estos eventos ("*forward looking*"). De esta manera, al contar con sistemas de gestión de riesgo que mira hacia el futuro, se intenta disminuir al mínimo el riesgo de crédito, estando mejor preparados ante una posible crisis financiera.

Se puede señalar como causa del problema la falta de información, conocimiento y experiencia sobre la nueva normativa y los requerimientos exigidos. Se estaba operando con activos de deuda privada, valorizados a costo amortizado, sin saber que esta normativa internacional afectaría en específico a este tipo de activos. La empresa no estaba preparada para los cambios que se debían aplicar a inicios de 2018.

Un hecho importante a destacar es que, dentro de la industria de fondos de inversión, aquellos fondos clasificados como “fondos de deuda privada”, son los fondos de inversión que administran más capital, haciendo de la gestión de riesgo de estos activos un elemento importante para las empresas y la industria en general.

Para finalizar, se debe señalar que este problema no es propio de las empresas de fondos de inversión: cualquier empresa o compañía que tenga activos que se valoricen a costo amortizado debe implementar IFRS 9, publicar y calcular sus provisiones bajo esta norma. En otras palabras, lo que se expone en esta memoria puede ser útil para cualquier compañía que necesite una propuesta de implementación de la norma en cuestión.

## **4. Objetivos y Metodología**

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos de la memoria.

### **4.1 Objetivo General.**

El objetivo general es “Rediseñar el plan de gestión de riesgo de crédito de una AGF para estar alineados con los nuevos requerimientos de la norma internacional IFRS 9”

### **4.2 Objetivos específicos.**

Los objetivos particulares son:

- Realizar un diagnóstico de la empresa y encontrar los puntos de mejora con respecto a los nuevos requerimientos de la norma.
- Identificar las metodologías de cálculo de provisiones que se utilizan en la industria.
- Proponer, aplicar y evaluar metodología óptima para cada tipo de portafolio.
- Proponer indicadores de incremento significativo de riesgo.
- Rediseñar plan de gestión de riesgo, en base a las metodologías seleccionadas, y proponer indicadores de cambio de fase.
- Evaluar el impacto económico del cambio propuesto.

### **4.2 Marco Conceptual**

Para un correcto entendimiento de la memoria, se exponen los siguientes conceptos:

IASB: Organismo internacional que aprueba y desarrolla las normativas que rigen la declaración de estados financieros.

IFRS: Normas internacionales contables/financieras publicadas por la IASB. Existen 13 y son reconocidas y exigidas por la CMF.

CMF: Comisión para el Mercado Financiero. Ex Superintendencia de Valores y Seguros. Ente regulador que vela por el correcto funcionamiento del mercado financiero en Chile.

Activo Financiero: Instrumento financiero que otorga el derecho a su comprador de recibir ingresos futuros por parte de su vendedor.

Coste amortizado: criterio de valorización contable de instrumentos financieros. Todo activo financiero que tiene como modelo de negocios mantener al activo para obtener sus flujos contractuales se valoriza a costo amortizado. Desde el punto de vista técnico, el coste amortizado se puede definir como el valor actual de los flujos de efectivo pendientes, descontados al tipo de interés efectivo o TIR de adquisición.<sup>2</sup>

FVTPL: “*fair value through profit or loss*”. Criterio de valorización contable de instrumentos financieros. El activo se mide a valor razonable (mercado) y las ganancias o pérdidas son reconocidas totalmente en utilidades o pérdidas.

FVTOCI: “*fair value through other comprehensive income*”. Criterio de valorización contable de instrumentos financieros. El activo se mide a valor razonable (mercado) y las ganancias o pérdidas son reconocidas totalmente en otros resultados integrales.

Provisión: pasivo financiero conservado por las empresas para cubrir posibles eventos de *default*.

PD: Probabilidad de *default*, o probabilidad de que un flujo no pueda ser pagado por su deudor.

EAD: “*Exposure at default*” o exposición ante el *default*, es la cantidad máxima que se podría perder ante un eventual *default* de la contraparte. Viene definido por el tamaño del contrato.

LGD: “*Loss Given Default*” o pérdida dado el *default*. Es el porcentaje de pérdida de flujos una vez que la contraparte se encuentra en *default*. Se puede ver también como “1 – el porcentaje de recuperación de flujos”.

ECL: “*Expected Credit Loss*” o pérdida crediticia esperada. Se calcula como  $ECL: PD \times LGD \times EAD$ .

PPT: “*Point-in-time*”, hace referencia al punto exacto de un ciclo macroeconómico.

TTC: “*Troughout the cycle*”, hace referencia a la media o promedio del ciclo macroeconómico.

IPC: Índice precio consumidor. Indicador macroeconómico de Chile.

IMACEC: Índice mensual de actividad económica. Indicador macroeconómico de Chile.

---

<sup>2</sup> Ver (Torrent, 2012) para más información.

### 4.3 Metodología

Para la realización y aplicación de las metodologías de cálculo de riesgo de crédito, la empresa patrocinadora entrega datos históricos de los fondos de inversión sujetos a la normativa. Luego de conversaciones con los analistas de la empresa, se determina que para el caso de portafolios “corporativos” la base de datos que se utiliza como modelo es la de “Fondo de Inversión Empresa A”, que cuenta con más de 8 años de clasificaciones de riesgo tanto internas como externas de la empresa a la que se le presta dinero. Además, la empresa A transa en bolsa, por lo que la gama de metodologías posibles a utilizar se extiende. Por otra parte, para el caso de los portafolios “minoristas”, la base de datos que se utiliza como modelo es la de “Fondo de Inversión B”, que cuenta con más de 8.000 mutuos hipotecarios endosables desde el año 2010, con datos lo suficientemente extensivos como para poder hacer un análisis individual.

Los datos con los que se cuenta:

- Portafolio corporativo: *ratings* externos, *ratings* internos, deuda, valor en mercado, EEFF.
- Portafolio minorista: mes de inicio, número de meses de vida, mora acumulada, tasación inicial propiedad, deuda/renta, ingresos mensuales, ingreso/renta, categoría *default*.

En la figura 1 se aprecian distintas metodologías de cálculo de probabilidades de *default* categorizadas por tipo de portafolio.

Con respecto al portafolio corporativo, en Brunel (2016) y Yang (2017) se indica que el mercado tiene el consenso de utilizar Matrices de Markov discretas con el método de cohortes para calcular las pérdidas por riesgo de crédito. No obstante, en este caso el único deudor es la compañía, por lo que un análisis que incluya variables de mercado, como los modelos de Merton o CDS, podría ser más apropiados que las matrices de Markov. Se escoge junto a la contraparte el método “*Distance to Default*” (un modelo estructural de Merton) para el cálculo de la probabilidad de *default* para las carteras corporativas.

Con respecto al portafolio minoristas, el mercado aún no llega a un consenso sobre qué metodología utilizar. En Brunel (2016) se realiza una revisión de métodos y se menciona que la mayoría de ellos son “*backward looking*”, es decir, con miras al pasado. Sin embargo, estos modelos se pueden calibrar y ajustar de manera tal de convertirlos en “*forward looking*”, como la norma establece. Los datos que se tiene permiten realizar cualquiera de los 15 modelos mostrados en la figura 1. A pesar de la amplia gama de metodologías propuestas, éstas difieren en cuánto a complejidad, calidad y flexibilidad. Se define con la contraparte utilizar regresiones logit para el cálculo de probabilidad de *default*, para las carteras minoristas. Además, se propone “*vintage analysis*<sup>3</sup>” como una herramienta adicional de gestión de riesgo para esta cartera.

---

<sup>3</sup> Tipo de análisis que evalúa la sanidad de los créditos que se emitieron el mismo año o “*vintage*”. Es un *benchmark* para comparar créditos con características similares.

Portfolio	Level	Class	Subclass	Type	
Retail	Portfolio	Charge-Off		Moving Average	
				Time Series	
	Account	Survival	Survival		Vintage analysis
					Linear model (discr. time)
					Logistic regression (discr. time)
					APC-models
				Non-Parametric	Kaplan-Meier, Nelson-Aalen, Breslow
				Semi-Parameric	Proportional hazard
				Parametric	Proportional hazard
					Accelerated Failure Time
					Mixture Cure Rate
					Competing Risk Models
					Frailty Models
				Matrix	Discrete
Continous	Intensity Models				
Wholesale	Customer	Matrix (reduced form)	Discrete (cohort)	Homogenous	
				Inhomogenous	
		Continous (intensity)	Homogenous		
			Inhomogenous		
		Market (structural form)	Merton		
			CDS		
	Agency-Replication				

Figura 1: Modelos de riesgo por tipo de portafolio

Fuente: [https://www.bwg.at/pluginfile.php/510/mod\\_resource/content/1/EDER\\_AWG\\_2017.pdf](https://www.bwg.at/pluginfile.php/510/mod_resource/content/1/EDER_AWG_2017.pdf)

## 5. Desarrollo

### 5.1 Recopilación de Datos

#### 5.1.1 IFRS 9: Reconocimiento y clasificación.

El capítulo 3 y 4 de la norma abarcan el reconocimiento y clasificación de los activos financieros. En ellos se especifica que sólo los activos financieros valorizados a costo amortizado o a valor razonable con cambios en otro resultado integral (FVTOCI) son objeto de la norma.

Artículo 4.12: “Un activo financiero deberá medirse al costo amortizado si se cumplen las dos condiciones siguientes:

(a) El activo financiero se conserva dentro de un modelo de negocio cuyo objetivo es mantener los activos financieros para obtener los flujos de efectivo contractuales y

(b) las condiciones contractuales del activo financiero dan lugar, en fechas especificadas, a flujos de efectivo que son únicamente pagos del principal e intereses sobre el importe del principal pendiente.”

Artículo 4.12.A: “Un activo financiero deberá medirse a valor razonable con cambios en otro resultado integral si se cumplen las dos condiciones siguientes: (a) el activo financiero se mantiene dentro de un modelo de negocio cuyo objetivo se logra obteniendo flujos de efectivo contractuales y vendiendo activos financieros y (b) las condiciones contractuales del activo financiero dan lugar,



en fechas especificadas, a flujos de efectivo que son únicamente pagos del principal e intereses sobre el importe del principal pendiente.”

Luego, todo aquel activo financiero que no se enmarque en ninguna de las clasificaciones anteriores es medido a valor razonable (FVTPL).

Una característica importante es que una vez clasificado en alguna de las tres categorías el activo financiero no puede cambiar de clasificación. En la figura 2 se presenta un diagrama de decisión que permite establecer si el activo financiero se valorizará a costo amortizado, FVTPL o a FVTOCI. En verde aquellos activos que son objeto de la norma, y en rojo los que no.

Por último, cuando se reconoce y clasifica un activo financiero se debe inmediatamente calcular la pérdida esperada de este activo, calculada a doce meses.

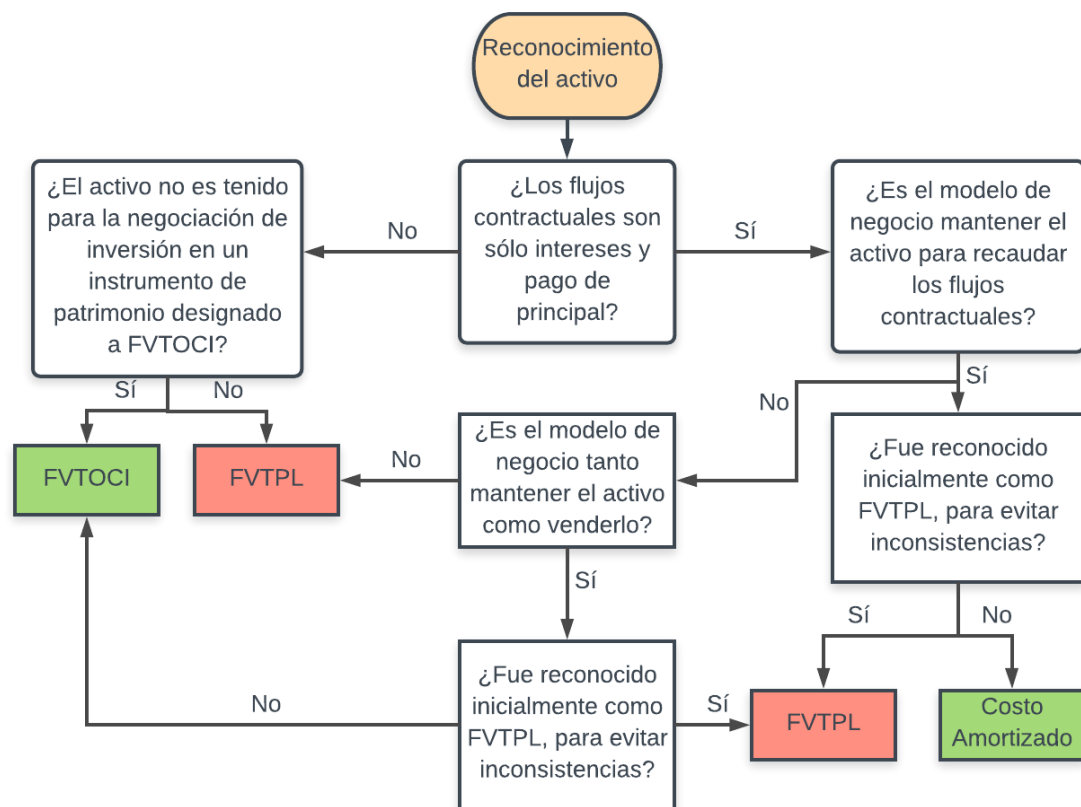


Figura 2: Diagrama de clasificación de activos financieros según IFRS 9

### 5.1.2 IFRS 9: Cálculo.

A continuación, se explicitan algunos artículos de la norma que hacen referencia a los métodos de cálculo de provisiones por riesgo de crédito.

**Artículo 5.5.3:** “Con sujeción a los párrafos 5.5.13 a 5.5.16, en cada fecha de presentación, una entidad medirá la corrección de valor por pérdidas de un instrumento financiero por un importe igual a las pérdidas crediticias esperadas durante el tiempo de vida del activo, si el riesgo

*crediticio de ese instrumento financiero se ha incrementado de forma significativa desde su reconocimiento inicial”*

En este artículo se menciona el desafío de medir el riesgo durante toda la vida del activo, pero no se hace referencia a cómo se debe hacer. Por otra parte, se explicita también que las mediciones del deterioro son periódicas, debiendo comparar cada medición con la medición inicial del activo.

Artículo 5.5.5: *“Con sujeción a los párrafos 5.5.13 a 5.5.16, si, en la fecha de presentación, el riesgo crediticio de un instrumento financiero no se ha incrementado de forma significativa desde el reconocimiento inicial, una entidad medirá la corrección de valor por pérdidas para ese instrumento financiero a un importe igual a las pérdidas crediticias esperadas en los próximos 12 meses.”*

En este artículo se hace mención de cómo medir las pérdidas esperadas para aquellos activos cuyo riesgo no ha aumentado significativamente. Se hace referencia a la pérdida crediticia esperada a doce meses, que es la porción correspondiente a doce meses de las pérdidas esperadas totales en la vida del activo.

Artículo 5.5.9: *“En cada fecha de presentación, una entidad evaluará si se ha incrementado de forma significativa el riesgo crediticio de un instrumento financiero desde el reconocimiento inicial. Al realizar la evaluación, una entidad utilizará el cambio habido en el riesgo de que ocurra un incumplimiento a lo largo de la vida esperada del instrumento financiero, en lugar del cambio en el importe de las pérdidas crediticias esperadas. Para realizar esa evaluación, una entidad comparará el riesgo de que ocurra un incumplimiento sobre un instrumento financiero en la fecha de presentación con el de la fecha del reconocimiento inicial y considerará la información razonable y sustentable que esté disponible sin coste o esfuerzo desproporcionado, que sea indicativa de incrementos en el riesgo crediticio desde el reconocimiento inicial.”*

Se menciona que el detonador de cambio de fase de la norma es un incremento significativo de riesgo. Sin embargo, no se menciona de manera explícita qué es un aumento “significativo” ni cómo éste se debe medir, por lo que queda a criterio de cada institución determinar los indicadores de este cambio. Posteriormente, se menciona que el atraso de más de 30 días en los pagos podría significar aumento de riesgo significativo.

Artículo 5.5.17: *“Una entidad medirá las pérdidas crediticias esperadas de un instrumento financiero de forma que refleje:*

- a) un importe de probabilidad ponderada no sesgado que se determina mediante la evaluación de un rango de resultados posibles;*
- (b) el valor temporal del dinero; y*
- (c) la información razonable y sustentable que está disponible sin costo o esfuerzo desproporcionado en la fecha de presentación sobre sucesos pasados, condiciones actuales y pronósticos de condiciones económicas futuras”*

Artículo clave para la determinación de cómo se deben calcular las pérdidas esperadas. Por una parte, en la sección (a) se especifica que se deben tomar en cuenta distintos resultados posibles. En (b), que los flujos deben reflejar su valor temporal y por último, en la sección (c), se menciona que los datos pasados y futuros se deben tomar en consideración si no tiene coste obtenerlos.

Artículo B5.5.4: “En algunas circunstancias una entidad no tiene información razonable y sustentable que está disponible sin esfuerzo o costo desproporcionado para medir las pérdidas crediticias esperadas durante el tiempo de vida del activo sobre una base de instrumento individual. En ese caso, las pérdidas crediticias esperadas durante el tiempo de vida del activo se reconocerán sobre una base colectiva que considera información sobre el riesgo crediticio integral. Esta información sobre el riesgo crediticio integral debe incorporar no solo información sobre morosidad, sino también toda la información crediticia relevante, incluida la información macroeconómica con vistas al futuro, para aproximarse al resultado de reconocer las pérdidas crediticias durante el tiempo de vida del activo cuando había habido un incremento significativo en el riesgo crediticio desde el reconocimiento inicial a un nivel de instrumento individual.”

Las carteras se pueden medir de forma colectiva o individual, dependiendo la calidad y cantidad de información disponible. Además, se debe incluir información macroeconómica prospectiva, a diferencia de otras normativas.

De esta manera, el método que se debe desarrollar para estar en conformidad con la norma debe tener las siguientes características:

- Dependiendo de los datos que se tengan, puede ser colectivo o individual.
- Debe poder medir las pérdidas crediticias esperadas a lo largo de toda la vida del activo.
- Debe ponderar posibles escenarios, con sus respectivas probabilidades de ocurrencia.
- Debe incorporar información macroeconómica prospectiva.

En resumen, el método de ECL (*Expected Credit Losses*, Pérdidas Crediticias Esperadas) debe ser “*forward looking*” – con miras al futuro, “*point in time*” – ajustándose al ciclo macroeconómico, y ponderar los posibles escenarios con sus respectivas probabilidades.

Por otra parte, en la norma se identifican tres etapas o fases de riesgo, cuyas características se resumen en la tabla 1.

### **5.1.2 IFRS 9: Revisión.**

En la norma se habla de “Fecha de presentación” sin definirla. Se asume que es la fecha de presentación de Estados Financieros auditados, que ocurre una vez al año. Además, no se especifica cada cuanto se tiene que hacer seguimiento del riesgo de crédito. Sin embargo, se especifica que para cada fecha de presentación se debe decidir si ha ocurrido un “incremento significativo de riesgo”, para así poder identificar el cambio de fase del activo y modificar la metodología al calcular las pérdidas esperadas. Asimismo, se señala que se debe comparar con la medición inicial, y no con la del último periodo, para establecer el incremento de riesgo.

Tabla 1: Fases de riesgo según IFRS 9

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
<b>Descripción</b>	Fase inicial. El activo no presenta un cambio significativo en el riesgo de crédito	El activo presenta síntomas de deterioro. Se pasa esta etapa luego de evidenciar aumento en el riesgo de crédito. Cada institución debe definir indicadores para este paso	El activo está deteriorado. Se presenta evidencia objetiva del deterioro del activo
<b>Pérdidas esperadas</b>	ECL a 12 meses	ECL por toda la vida del activo o <i>lifetime</i>	ECL por toda la vida del activo o <i>lifetime</i>
<b>Intereses</b>	Calculados sobre el valor bruto del activo	Calculados sobre el valor bruto del activo	Calculados sobre el valor neto del activo

### 5.1.3 IFRS 9: Impactos registrados a la fecha.

Dado que la implementación obligatoria de la norma es reciente, no existen análisis certeros del impacto que ha tenido su implementación en las provisiones reportadas por las distintas entidades financieras. Existen algunos análisis preliminares del impacto, sobre todo para el segmento de bancos. Por ejemplo, la EBA (*European Banking Authority*) publicó a fines de 2018 la primera nota sobre el impacto post-implementación de la norma en los bancos europeos (EBA, 2018). En ella se menciona que las provisiones aumentaron un 14% en promedio ponderado, siendo los principales factores de este incremento la consideración de distintas fases junto con la provisión “lifetime”.

En el ámbito nacional, en la última actualización del compendio de normas contables (SBIF, 2019), se menciona que el principal impacto para la banca relativo a IFRS 9 vendría dado por la reclasificación de sus activos o por un cambio en el modelo de negocio, sin hacer un análisis cuantitativo.

Finalmente, fuera de la industria bancaria, empresas de todo el mundo han registrado disminuciones en sus utilidades de 2018, culpando principalmente a la implementación de la norma y sus consecuencias (Telefónica, Profecol, entre otras)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Fuente:

[https://www.elconfidencial.com/empresas/2018-03-01/acs-perdida-1350millones-patrimonio-opa-abertis\\_1529024/](https://www.elconfidencial.com/empresas/2018-03-01/acs-perdida-1350millones-patrimonio-opa-abertis_1529024/)  
<https://www.larepublica.co/empresas/procafecol-informo-que-registro-perdidas-por-12821-millones-durante-2018-2841178>

## 5.2 Diagnóstico Empresa

Una vez conocidos los requerimientos de la norma, se procede a analizar las prácticas y metodologías que se utilizan actualmente en la empresa.

La empresa patrocinadora facilitó los manuales y protocolos de cálculo de provisiones actuales para su estudio, mediante los cuales se logró obtener un diagnóstico de su situación con respecto a IFRS 9.

Para los portafolios minoristas o granulares se utiliza una regresión lineal para el cálculo de probabilidad de *default*. Este último no cumple con los estándares de IFRS 9 debido a lo siguiente:

- No calcula la pérdida esperada durante toda la vida del activo.
- Se modela un promedio de pérdidas al siguiente mes, y no las pérdidas esperadas a doce meses.
- No se realiza un tratamiento de datos, ocupando todas las variables de la regresión, incluso cuando no aporta información relevante o cuando éstas no son significativas.
- La información macroeconómica utilizada no es prospectiva.
- No se definieron indicadores de riesgo de cambio de fase.
- No existen escenarios.

Por otra parte, se asume un LGD de 10% argumentando que históricamente la tasa de recuperación ha sido de un 90%.

Se puede concluir a partir de los puntos anteriores que el proceso existente hoy en día no cumple los estándares de IFRS 9.

Para los portafolios “corporativos” se utiliza un método que consiste en comparar los flujos futuros esperados por la empresa - descontados con la tasa libre de riesgo más un spread, con el valor libro de ese activo.

Este método es ampliamente usado en la industria de riesgo. Se estudia un método distinto para comparar resultados y poder escoger el más adecuado. De igual manera, uno de los requerimientos de los que no se hace cargo el método actual es el de los escenarios macroeconómicos, por lo que se plantea asimismo una forma de incorporar este requerimiento.

### 5.2.1 Espacios de mejora.

La empresa, al no tener definidos indicadores de riesgo ni formas de calcular provisiones para activos financieros que estén en fase 2, presenta un amplio espacio de mejoras. Se proponen metodologías de cálculo de provisiones por riesgo de crédito que se adapten a los requerimientos de la norma, además de indicadores de riesgo y un plan de gestión que abarque la totalidad del proceso de IFRS 9.

Cabe destacar que el trabajo realizado en esta memoria es de carácter propositivo, y no impone ningún método o forma de cálculo. Se espera que lo aquí propuesto evolucione y mejore con la puesta en práctica.

## 5.3 Propuestas de Metodologías

### 5.3.1 Metodología general.

Las especificaciones sobre el cálculo de provisiones entregadas por IFRS 9 definen un marco matemático riguroso que se debe llevar a cabo para poder obtener los resultados deseados. De esta manera, las provisiones son iguales a las pérdidas esperadas (ECL) y se calculan con la siguiente fórmula:

$$ECL = \sum_{t=1}^T MPD_t * LGD_t * EAD_t * D_t \quad (1)$$

En donde

MPD: Probabilidad de *default* marginal, o puntual

LGD: Loss given *default*

EAD: Exposure at *default*

$D_t$ : Factor de descuento

T: 12 meses para fase 1, toda la vida del activo para fase 2 y 3.

### 5.3.2 Portafolio minorista.

En lo que continúa se establece el método de cálculo de provisiones escogido para las carteras granulares que tiene la empresa. Actualmente, se tienen carteras con créditos hipotecarios (T~20 años), así como también créditos de consumo (T~5 años). Dada la heterogeneidad de datos y características de estas dos carteras, se tratan de manera distinta.

#### 5.3.2.1 Probabilidad de *default*.

Luego de discusiones con el patrocinador, se decide por el modelo de regresión *logit* para el cálculo de la probabilidad de *default* por distintas razones:

1.- Es un método bien conocido en la industria, ampliamente utilizado, tanto para el desarrollo de *credit scoring* como para probabilidades de *default*, en portafolios minoristas y en portafolios corporativos. Ver por ejemplo Kocenda & Vojtek (2009) o J. Gardner (1989).

2.- La data lo permite. Para los portafolios minoristas, existen datos lo suficientemente representativos que hacen de las regresiones *logit* un buen indicador. Para la base de datos utilizada, se cuenta con más de 300.000 entradas de datos, que almacenan más de 8.000 créditos durante un periodo de 8 años.

3.- Simpleza. Es un método fácil de comprender, de utilizar y replicable sin mayor esfuerzo. Cabe destacar que las regresiones que se realizan cumplen con lo requerido, pero son mejorables a nivel microeconómico.

El modelo *logit* es una forma de modelo lineal generalizado para determinar un valor  $p$  que va entre 0 y 1. De esta forma, se define el *logit* de un número  $p$  entre 0 y 1 como:

$$\text{logit}(p_i) = \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \dots + \beta_k x_{k,i} \quad (2)$$

En donde  $\ln$  es el logaritmo natural,  $x_{k,i}$  el vector que contiene las variables independientes y  $\beta$  el vector que contiene los parámetros a estimar del modelo. De esta manera, se obtienen las probabilidades  $p$  como sigue:

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \dots + \beta_k x_{k,i})}} \quad (3)$$

Para estimar los parámetros  $\beta$  se usa el método de máxima verosimilitud. En palabras simples, lo que este método busca es encontrar la función densidad  $f(x_i)$  de las variables observadas  $x_i$ . Se asume que  $f(x_i)$  depende de un parámetro  $\theta$ , que es lo que se buscará estimar. Para esto, se define la función verosimilitud como:

$$\mathcal{L}(\theta|x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta) \quad (4)$$

Para efectos prácticos y por las propiedades aditivas del logaritmo, se suele recurrir a la log-verosimilitud, tomando logaritmo natural de la función verosimilitud:

$$\hat{\ell}(\theta|x_1, \dots, x_n) = \ln \mathcal{L} = \sum_{i=1}^n \ln f(x_i|\theta) \quad (5)$$

Luego, se estima  $\hat{\theta}$  - y con ello la función densidad de las observaciones, maximizando el valor de la log-verosimilitud

$$\hat{\theta}_{mle} = \arg \max_{\theta \in \Theta} \hat{\ell}(\theta|x_1, \dots, x_n) \quad (6)$$

### 5.3.2.1.1 Regresión utilizada.

#### Caso fase 1 (a 12 meses)

La variable dependiente se define como sigue.

$$PD_{12m\ i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si el deudor } i \text{ cae en default en los } t + 12 \text{ próximos periodos} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (7)$$

Para esta fase, se definen dos grupos de control: aquellos con 30 o menos días de mora (“sanos”) y aquellos con 31 a 90 días de mora (“susceptibles”). Para aquellas deudas con más de 90 días, se considera PD igual a 1, por lo que no es necesario hacer la distinción. Se hace esta

diferenciación puesto que en la norma se hace mención de los 30 días de mora como un posible indicador de cambio de fase. Se define este indicador en detalle más adelante.

Las variables independientes y los valores estimados para éstas se presentan en la tabla 2 para los grupos “sano” y “susceptible”, definidos anteriormente.

Tabla 2: Variables independientes y sus coeficientes estimados, PD a 12 meses, cartera hipotecaria

	Variables explicativas	Coeficientes estimados		
		“Todos”	“Sanos”	“Susceptibles”
	Intercepto	-5.49E+00***	-3.81E+00***	-3.66E+00***
X1: nmeses	<i>Maturity</i> en meses	2.07E-02***	-4.03E-03**	-3.93E-03**
X2: tasa	Tasa del crédito	3.74E+01***	1.60E+01***	-1.26E+01*
X3: plazomeses	Duración del crédito	6.25E-03***	5.25E-03***	3.18E-03***
X4: desempleo	Desempleo en el mes	-2.22E+01***	-2.25E+01***	2.00E+01***
X5: otrosdividendosrenta	Otros dividendos/renta	1.59E+00***	1.71E+00***	-7.36E-01***
X6: ingresomensualsueldo	Sueldo del deudor	-6.26E-03**	-7.35E-03***	-4.07E-03**
X7: variacinmensualipc	IPC diferencia MoM <sup>5</sup>	9.68E+00	-3.54E+00	1.82E+01***
X8: varImacec	IMACEC dif YoY <sup>6</sup>	1.33E-04	-3.87E-03	2.89E-02***
Nota: niveles de significancia 0 (***), 0.001 (**), 0.01 (*)				

Los coeficientes estimados muestran algo intuitivo: para las deudas “sanas”, los factores macroeconómicos no son significativos (excepto el desempleo), mientras que para las carteras “susceptibles” si lo son.

### Caso fase 2 (*lifetime*)

Para esta fase, la variable dependiente se define como sigue.

$$PD_{life\ i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si el deudor } i \text{ cae en default en los } t + n \text{ restantes periodos} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (8)$$

Las variables independientes se presentan en la tabla 3, con sus respectivos coeficientes estimados. Para esta regresión solo se toma el grupo “susceptible”, debido a que la fase dos afecta solamente a este conjunto de deudas.

<sup>5</sup> “*Month over Month*”, es la diferencia de una variable con respecto al mes anterior.

<sup>6</sup> “*Year over Year*”, es la diferencia de una variable de ese periodo con respecto al mismo periodo en el año anterior.



Tabla 3: Variables dependientes y sus coeficientes estimados, PD Lifetime, cartera hipotecaria

	Variables explicativas	Coefficiente estimado
	Intercepto	2.00E-16***
X1: nmeses	<i>Maturity</i> en meses	2.00E-16***
X2: tasa	Tasa del crédito	2.00E-16***
X3: plazomeses	Dividendo sobre renta	2.00E-16***
X4: desempleo	Desempleo mensual	8.15E-08***
X5: otrosdividendosrenta	Otros dividendos	2.00E-16***
X6: ingresosmensualsueldo	Ingreso mensual	2.00E-16***
X7: variacinmensualipc	Variación MoM del IPC	6.49E-05***
X8: varImacec	Variación YoY del IMACEC	0.031*

Nota: niveles de significancia 0 (\*\*\*), 0.001 (\*\*), 0.01 (\*), 0.1 (.)

### 5.3.1.1.2 Resultados.

Para ambos casos se obtienen resultados significativos. Cabe destacar que es una regresión simple que podría ser mayormente trabajada en el ámbito microeconómico. No se trabaja más allá debido a que se está presentando un modelo de gestión de riesgo a seguir para los demás activos, que pueda ser replicable y mejorable en el futuro.

Las probabilidades acumuladas estimadas con el método anteriormente descrito para un sub-set de datos se muestran en las figuras 3 y 4.

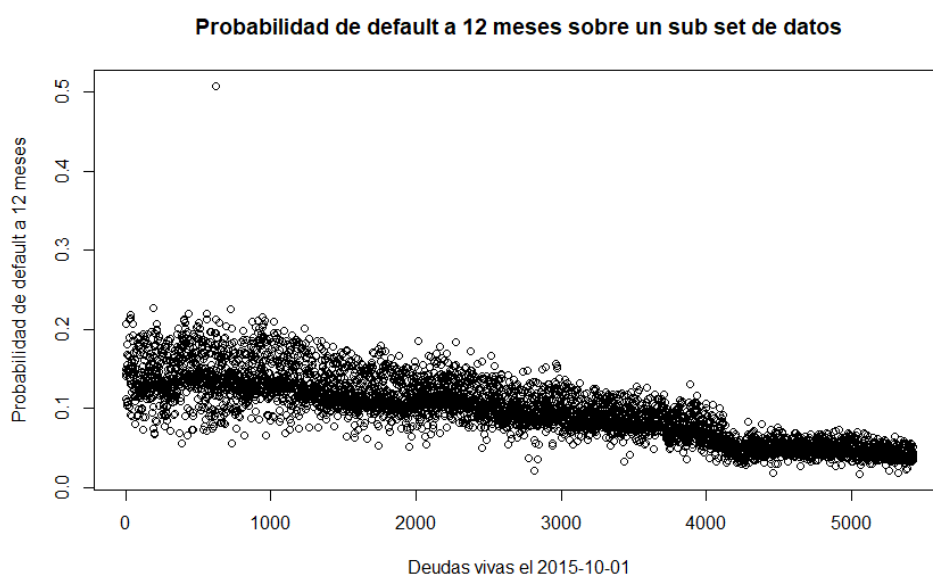
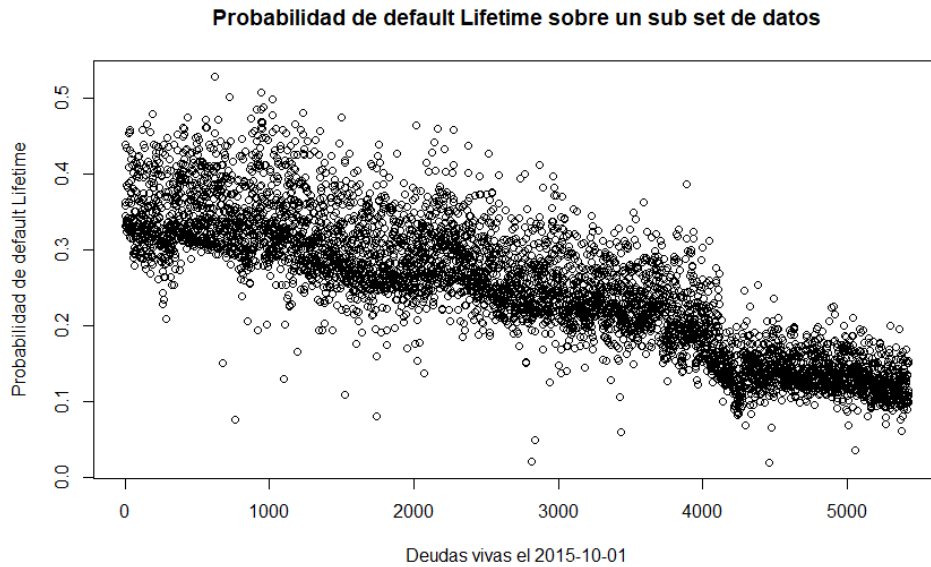


Figura 3: Probabilidad de default acumulada estimada a 12 meses



*Figura 4: Probabilidad de default estimada lifetime, cartera hipotecaria*

En las figuras anteriores se aprecia como la probabilidad *lifetime* es siempre mayor que la probabilidad a 12 meses, indicio de que los cálculos son coherentes.

#### 5.3.1.1.3 Probabilidad marginal.

Hasta ahora se ha calculado y modelado la probabilidad de *default* acumulada a doce meses y para toda la vida del activo. Sin embargo, lo que la norma requiere es el cálculo de la probabilidad de *default* marginal o puntual, para cada  $t$  y para cada crédito.

Para lograr esto, primero se debe construir la distribución de la PD acumulada a lo largo del tiempo. Se tienen tres puntos de la curva: el inicial – con probabilidad 0, a doce meses y al final de la vida de la deuda. Usando estos tres puntos de la curva y el método de interpolación monótona *cubic spline*<sup>7</sup> – para lograr un ajuste suave, se construye la curva de probabilidad de *default* acumulada para todos los plazos. En la figura 5 se muestra la curva interpolada para un crédito hipotecario al cual le quedan 15 años de vida.

---

<sup>7</sup> Ver (Hyman, 1983)

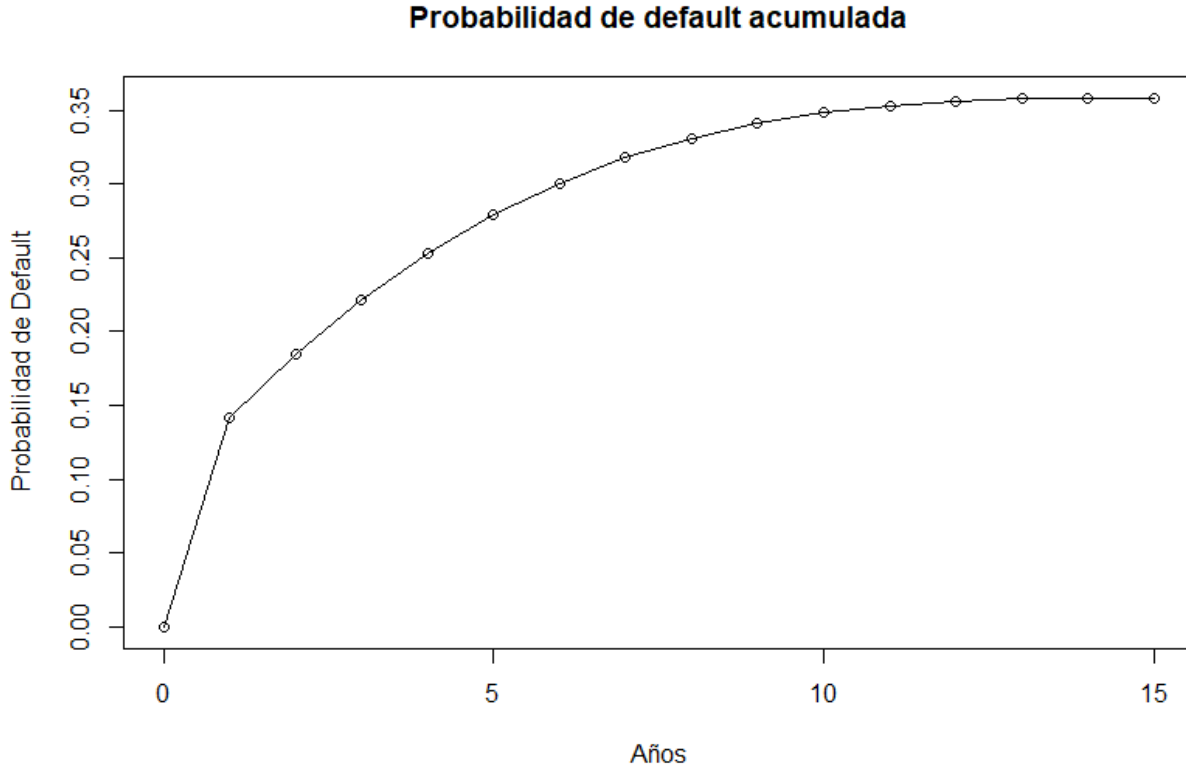


Figura 5: Curva de Probabilidad de Default acumulada con el método de interpolación

Cabe destacar que se calculan curvas para cada crédito que se quiere evaluar, siendo para cada uno los plazos T y los resultados distintos.

Luego, se define probabilidad puntual como:

$$PD_{puntual}(t) = PD_{AC}(t) - PD_{AC}(t - 1) \tag{9}$$

Finalmente, se define probabilidad marginal o condicional en t como se indica en la ecuación 10. Esta probabilidad corresponde a la probabilidad de *default* en t dado que el activo no ha caído en *default* en los periodos anteriores.

$$MPD(t) = PD_{puntual}(t) * (1 - PD_{AC}(t)) \tag{10}$$

### 5.3.1.2 Exposure at default (EAD).

Una vez calculada la probabilidad de *default*, se debe calcular la exposición (EAD). En palabras simples, la exposición es la cantidad de dinero que se perdería en caso de que la

contraparte cayera en *default*. Para este parámetro, se hace la distinción entre carteras hipotecarias y carteras de consumo.

Para carteras hipotecarias:

La exposición se define como el saldo remanente del crédito. Como en el caso de carteras hipotecarias se tienen cuotas periódicas fijas, para el análisis se seguirán las fórmulas de amortización francesa<sup>8</sup>. De esta manera, la exposición queda definida como:

$$EAD^*(t) = EAD^*(t - 1) - cuota + EAD^*(t - 1) * i_{mensual} \quad (11)$$

donde  $EAD^*(0) = Nocional$ ,  $t$  el número de mes que se evalúa,  $i_{mensual}$  = tasa de interés mensualizada. Para transformar la tasa anual que entrega el banco a una tasa mensual, basta seguir la siguiente fórmula:

$$i_{mensual} = (1 + i_{anual})^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (12)$$

Por último, dado que la ecuación (11) se trabaja en meses, se toma el valor del sexto mes de cada año para los cálculos a seguir, evitando confusiones y simplificando los cálculos. Esto se debe a que para cada año se tendrían doce valores de EAD, pero como los créditos hipotecarios se estudian en términos de  $t$  anuales y que eventualmente se debe evaluar toda la vida del crédito (fase dos o tres), es más fácil establecer un mes fijo a evaluar que representa el año.

De esta forma, el cálculo de la EAD *lifetime* de un crédito hipotecario tomará siempre valores  $t = 12 * n + 6$ , donde  $n$  es el año de vida del crédito evaluado.

Para carteras de consumo:

Las carteras de consumo pueden tener un componente adicional: el llamado crédito contingente. El crédito contingente es un gasto “no esperado”, pero que podría ocurrir. Es común en las tarjetas de crédito, por ejemplo. Para aquellas carteras que cuenten con contingente se debe aplicar un ajuste por este factor. Para transformar el crédito contingente a una exposición se utiliza el llamado CCF<sup>9</sup> (“*credit conversion factor*” en inglés). De esta manera, la nueva fórmula es:

$$EAD^*(t) = EAD(t) + CCF(t) \quad (13)$$

Con  $EAD(t)$  el saldo remanente del crédito, calculado anteriormente y  $CCF(t)$  el factor de conversión del crédito contingente. Como las carteras de la empresa no cuentan con contingente, no se ahondará en este aspecto.

---

<sup>8</sup> Forma de amortizar en la cual la cuota pagada periódicamente es la misma, pero la proporción interés/amortización va cambiando en el tiempo.

<sup>9</sup> Ver (Qi, 2009)

### 5.3.1.3 Loss Given Default (LGD)

Una vez obtenido la exposición es posible calcular el siguiente parámetro de la fórmula: la pérdida dado el incumplimiento (PDI o LGD en inglés). Como su nombre indica, este valor representa el porcentaje del crédito que la empresa perdería efectivamente aún después de ejercer las garantías (si es que las hay) y de efectuar los esfuerzos necesarios para recuperar el dinero. De esta manera, la LGD suele verse representada como:

$$LGD_{t,i} = \max \left\{ 1 - \frac{\sum_{j \geq t}^{t+\Delta} R_{i,j}(r_{i,t}) - G_{i,j}(r_{i,t})}{EAD_{t,i}}; 0 \right\} \quad (14)$$

En donde R y G representan la recuperación y los gastos de la operación i en el periodo j respectivamente, descontados a la tasa  $r_{i,t}$ .

Sin embargo, dado que no se cuenta con información sobre la recuperación o los gastos históricos de la empresa asociados a obligaciones en *default*, se recurre a otro método.

#### Cartera hipotecaria

La Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF) propone en la circular número 3.443 (SBIF, 2008) tablas de LGD que dependen del LTV (“*Loan to Value*”)<sup>10</sup> de los créditos. Los valores se observan en la figura 6.

Factor de provisión aplicable según morosidad y PVG						
PVG = Capital Insoluto del Préstamo / Valor de la garantía hipotecaria						
Tramo PVG	Días de mora al cierre del mes	0	1-29	30-59	60-89	Cartera en incumplimiento
PVG ≤ 40%	PI (%)	1,0916	21,3407	46,0536	75,1614	100
	PDI (%)	0,0225	0,0441	0,0482	0,0482	0,0537
	PE (%)	0,0002	0,0094	0,0222	0,0362	0,0537
40% < PVG ≤ 80%	PI (%)	1,9158	27,4332	52,0824	78,9511	100
	PDI (%)	2,1955	2,8233	2,9192	2,9192	3,0413
	PE (%)	0,0421	0,7745	1,5204	2,3047	3,0413
80% < PVG ≤ 90%	PI (%)	2,5150	27,9300	52,5800	79,6952	100
	PDI (%)	21,5527	21,6600	21,9200	22,1331	22,2310
	PE (%)	0,5421	6,0496	11,5255	17,6390	22,2310
PVG > 90%	PI (%)	2,7400	28,4300	53,0800	80,3677	100
	PDI (%)	27,2000	29,0300	29,5900	30,1558	30,2436
	PE (%)	0,7453	8,2532	15,7064	24,2355	30,2436

Figura 6: Tabla de PI, LGD y PE por LTV, según SBIF

<sup>10</sup> LTV es la razón entre el valor del crédito y el valor del colateral. En hipotecarios, el colateral es el valor de la vivienda.

El *Loan to Value* (PVG en la imagen) se calcula con la fórmula:

$$LTV(t) = \frac{EAD^*(t)}{MVC} \quad (15)$$

en donde  $EAD^*(t)$  es el capital remanente<sup>11</sup> y  $MVC$  el valor de mercado del colateral (hipoteca, en este caso).  $EAD^*(t)$  toma la forma discutida anteriormente, en la fórmula (11).

### Cartera comercial genérica

Al igual que el caso anterior se recurre a las tablas de la SBIF. No obstante, los valores no son los mismos. Las tablas para la cartera comercial genérica se muestran en el Anexo 1. Sin embargo, estos valores no son válidos para carteras de consumo. Para estas últimas, se podría modelar la LGD siguiendo la metodología descrita en (Katarzyna & Lyn C, 2015), que, entre otras ventajas, permite un cálculo de LGD granular y que se puede estresar.

Una vez obtenida la exposición y calculado el LTV, se busca el valor de LGD especificado en las tablas de la SBIF. A este último valor se le debe aplicar una corrección, ya que la SBIF señala que estos valores corresponden a un escenario estresado<sup>12</sup>.

De esta manera, se recurre a la fórmula desarrollada por la reserva federal de USA (The Federal Reserve Board, 2007), que define el parámetro LGD estresado en función de ELGD (LGD no estresado).

$$LGD = 0.08 + 0.92 * ELGD \quad (16)$$

Reordenando,

$$ELGD = \frac{LGD - 0.08}{0.92} \quad (17)$$

Luego, debido a que con esta transformación los valores de LGD pueden ser negativos, se debe tomar el máximo entre 0 y ELGD.

$$\max\left(\frac{LGD - 0.08}{0.92}, 0\right) \quad (18)$$

Para el caso del escenario estresado, se toma simplemente LGD.

### **5.3.1.4 Factor de descuento (D)**

---

<sup>11</sup> Para el cálculo de LTV sólo se considera capital, no capital más intereses.

<sup>12</sup> Simula una situación macroeconómica desfavorable para imponer condiciones más fuertes.

El factor de descuento corresponde al ajuste que reciben los flujos futuros para reflejar su valor presente. Para construirlo, se utilizan las tasas de los bonos emitidos por el Banco Central en UF o CLP (BCU, BCP) a los plazos uno, dos, cinco, diez y veinte años. Luego, se interpola entre estos periodos para obtener la curva completa. Una consideración importante a tener en cuenta es que se toman las tasas del mercado secundario, y no las de emisión, ya que se tiene abundante data sobre los primeros, además de que reflejan de mejor manera la situación económica actual. El resultado de la interpolación se muestra en la figura 7.

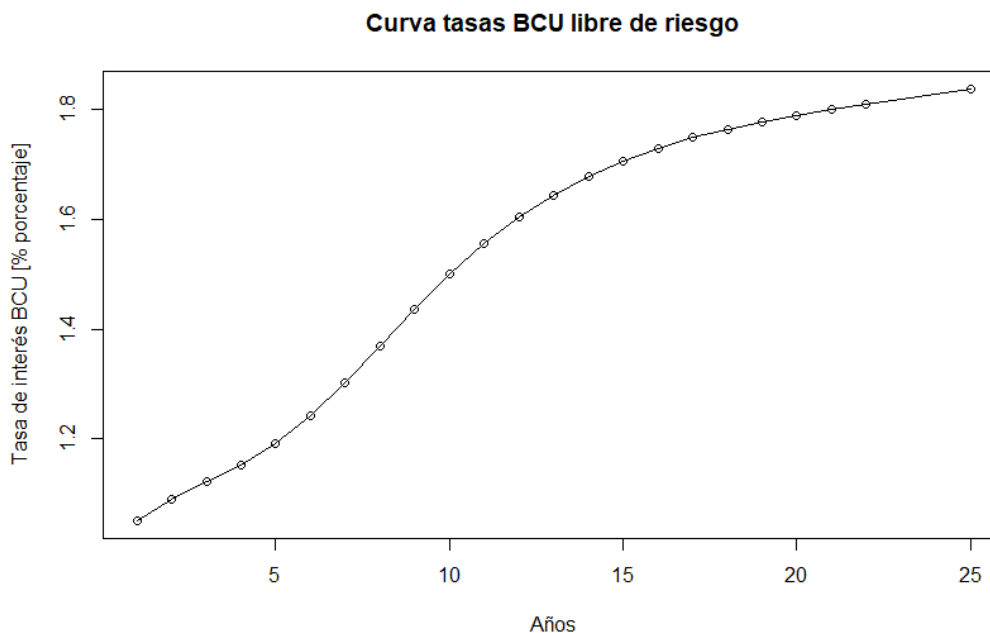


Figura 7: Curva tasas BCP libre de riesgo interpolada

Por último, el factor de descuento es simplemente  $D(t) = \frac{1}{1+r(t)}$ , con  $r(t)$  la tasa de esta nueva curva en el periodo  $t$ .

### Factor de descuento en el tiempo

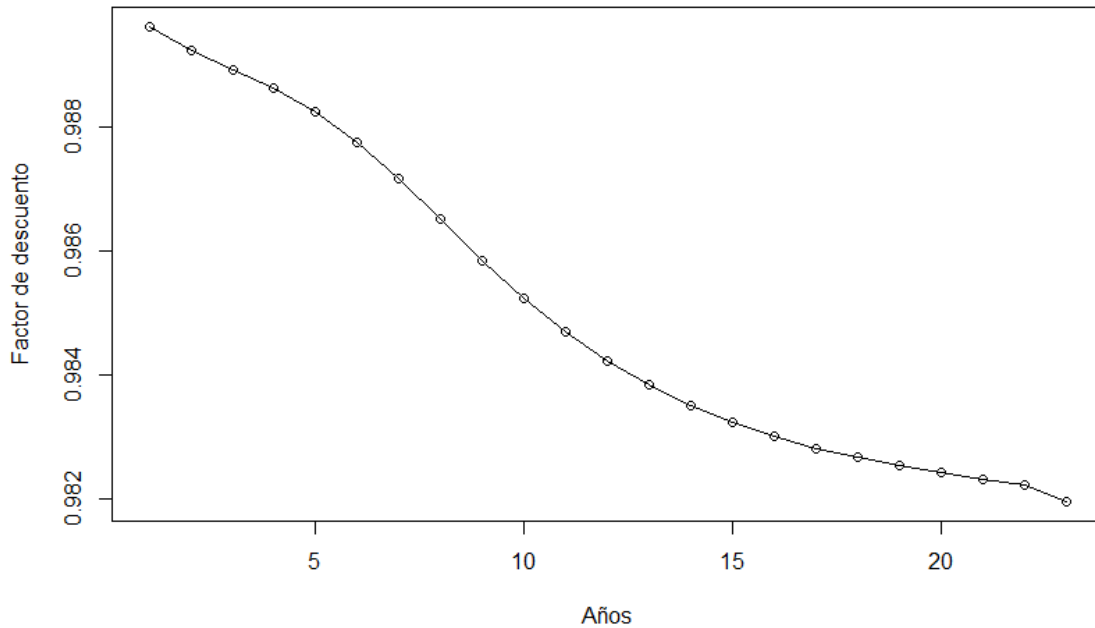


Figura 8: Curva de Factor de descuento en el tiempo

#### 5.3.1.5 Otras consideraciones.

Además de lo señalado anteriormente, se deben realizar otras consideraciones. Algunas fuentes señalan la importancia de incluir la probabilidad de prepago<sup>13</sup> dentro de los cálculos de provisiones. Pese a esto, en Parrado, Cox, & Fuenzalida (2009) se señala que estas tasas en Chile no tienen una gran significancia y no afectan a la estabilidad económica, por lo que no se trabajan en esta memoria.

Otra consideración que se debe tener en cuenta es que bajo IFRS 9 siempre se debe provisionar. Existe un tipo de créditos llamados de “retro-compra” en los cuales, si el deudor alcanza un estado de *default*, el crédito es retirado de la cartera. A pesar de que la empresa nunca se enfrente a esta pérdida y se tenga una LGD virtual de 100%, se puede asociar este parámetro a la probabilidad de default de la contraparte. Para esto, basta con seguir una serie de pasos matemáticos (ver anexo G). Por otra parte, dado que estos contratos son muy específicos, se debe revisar detalladamente quién y cómo se hace cargo del posible default, verificando, por ejemplo, quien debe cobrar las garantías que pudiesen existir. En cualquier caso, se debe provisionar y luego ajustar la situación contable cuando el crédito sea retirado de la cartera.

<sup>13</sup> El deudor o su nuevo banco paga anticipadamente el crédito.



### 5.3.2 Portafolio corporativo.

#### 5.3.2.1 Probabilidad de *default* (PD).

Los portafolios corporativos tienen la característica de poseer probabilidades de *default* muy bajas. Para este tipo de portafolios, el método seleccionado para calcular la probabilidad de *default* es el de “*Distance-to-Default*” (DtD), un tipo de modelo estructural que se describe en Merton (1974). Este modelo ha sido extensamente estudiado y, a pesar de que se impone una fuerte condición asumiendo que una empresa cae en *default* cuando su valor es igual o menor que la deuda, resulta útil usar este tipo de modelo para predecir *defaults* a futuro, como se demuestra en Milne (2014) o en Harada, Ito, & Takahashi (2013).

En el modelo se hacen dos supuestos. El primero, es que el valor total  $V_A$  (desconocido) de una firma sigue un movimiento browniano<sup>14</sup> (19), en donde  $V_A$  representa el valor intrínseco de la empresa,  $\mu$  el retorno esperado de  $V_A$ ,  $\sigma_A$  la volatilidad de  $V_A$  y  $dW$  un proceso estándar de Weiner<sup>15</sup>. La segunda es que la firma emite un bono que madura en  $T$  periodos.

Bajo estos dos supuestos, el valor de los activos de una firma puede ser representado como una opción Call<sup>16</sup> sobre el valor  $V_A$  de la firma, con un *strike* igual al valor de la deuda de ésta. Usando la igualdad de Black-Scholes<sup>17</sup> y el lema de Ito<sup>18</sup>, se llega a las ecuaciones no lineales (20) y (21), en donde  $V_E$  es el valor del *equity* (de mercado) de la empresa,  $r$  la tasa libre de riesgo,  $T$  el horizonte de tiempo,  $D$  el valor de la deuda de la empresa,  $N(\cdot)$  la distribución normal estándar,  $\sigma_E$  la volatilidad del *equity* de la empresa y  $d_1$  y  $d_2$  definidos en (22) y (23).

$$dV_A = \mu V_A dt + \sigma_A dW \quad (19)$$

$$V_E = \mu V_A N(d_1) - e^{-rT} DN(d_2) \quad (20)$$

$$\sigma_E = \frac{V_A}{V_E} \cdot N(d_1) \sigma_A \quad (21)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_A}{D}\right) + \left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)T}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad (22)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T} \quad (23)$$

Luego, con métodos numéricos, se resuelven simultáneamente las ecuaciones (20) y (21), encontrando valores para  $V_A$  y  $\sigma_A$ . Con ambos valores se procede a calcular la probabilidad de

---

<sup>14</sup> Ver más en (Hida, 1980)

<sup>15</sup> Un proceso estándar de Weiner sigue la distribución  $dW \sim N(0, \sqrt{t})$ .

<sup>16</sup> Una opción Call concede al titular la opción de ejecutar la compra de un activo a un precio fijo (precio strike) desde la firma del acuerdo hasta el vencimiento a cambio de una prima.

<sup>17</sup> Ver más en (Black & Scholes, 1973).

<sup>18</sup> Ver más en (Itô, 1944)

*default*, descrita como la probabilidad de que el valor intrínseco de la empresa sea igual o menor al valor de la deuda D.

$$PD(t) = P[V_A \leq D] = N(-d_1) = N\left(-\frac{\ln\left(\frac{V_A}{D}\right) + \left(r + \frac{\sigma_A^2}{2}\right)T}{\sigma_A\sqrt{T}}\right) \quad (24)$$

La cualidad predictiva de este método se ve superada por otros al asumir una distribución normal de las probabilidades.

Por otra parte, el beneficio de este método es que permite seleccionar horizontes T variados, pudiendo abarcar tanto la fase uno como la fase dos tan solo cambiando el valor de un parámetro. Para definir correctamente el horizonte, se debe analizar previamente el plazo residual del crédito.

Para fase 1:

$$T = \min(1y, \text{plazo residual}) \quad (25)$$

Para fase 2:

$$T = \text{plazo residual} \quad (26)$$

En la figura 9 se muestran los cálculos de PD estimados a lo largo de los años para la empresa de muestra en fase uno (a 1 año), mientras que en la figura 10 se muestran los valores de PD calculados para un horizonte de 5 años (fase 2). La métrica “*Distance to Default*” se muestra en el anexo H para ambos casos.

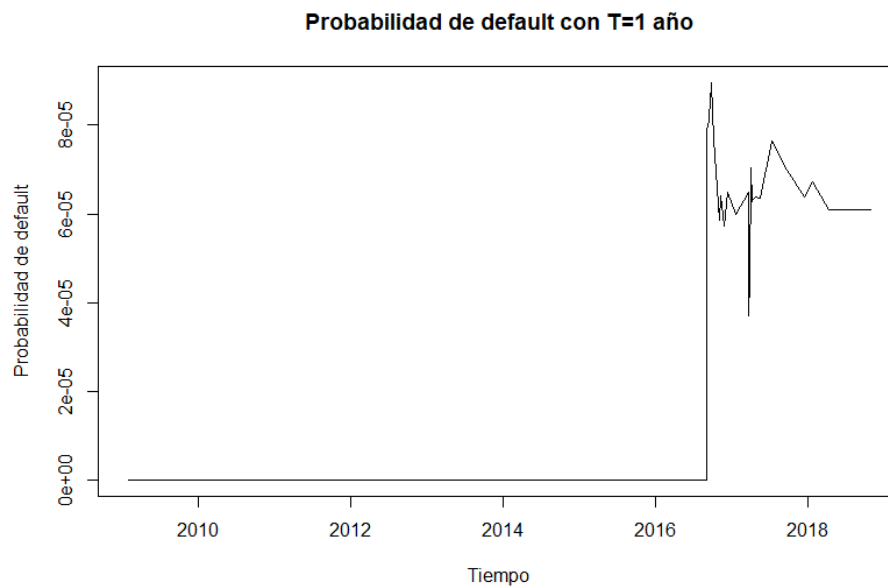
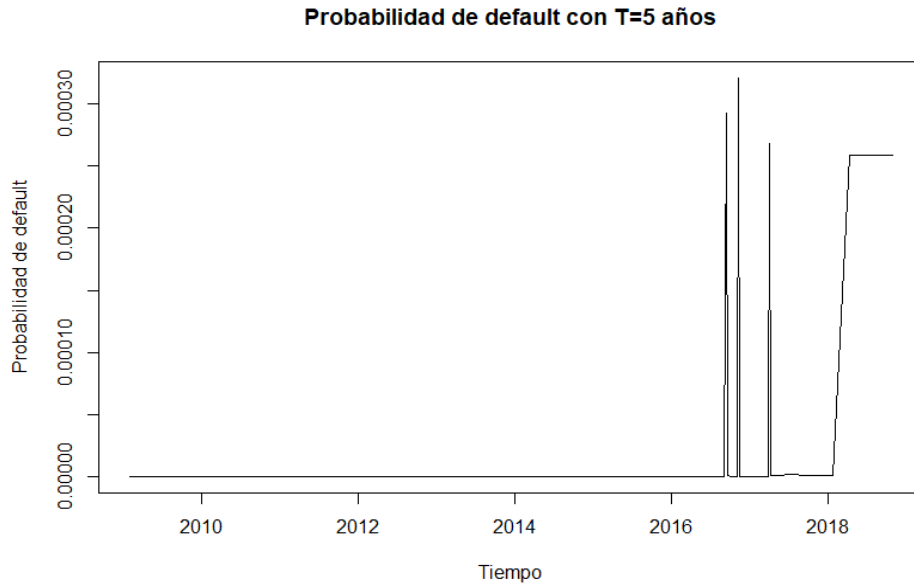


Figura 9: Probabilidad de default calculada con DtD a 1 año



*Figura 10: Probabilidad de default calculada con DtD a 5 años*

Como se puede observar en ambas imágenes, las probabilidades de *default* son bajas. Para madurez de un año el máximo ronda 0.0001, mientras que, para cinco años el máximo alcanza 0.0003. Por una parte, este resultado muestra algo esperado, probabilidades de *default* bajas para un portafolio corporativo. Sin embargo, podría no resultar útil para la empresa a la hora de calcular las provisiones. Además, al ser el mercado chileno “pequeño”, no siempre se tienen los datos suficientes para poder hacer estos cálculos. Se propone otra solución en la sección 5.3.2.4 Mejora al método actual.

### 5.3.2.2 *Exposure at default (EAD)*.

Para la exposición, se toma como EAD el valor residual del crédito al plazo T. Se utiliza la misma convención de T que se usa para el cálculo de la probabilidad de *default* con la fórmula de DtD, en las fórmulas (25) y (26).

### 5.3.2.3 *Loss given default (LGD)*.

Para los cálculos de LGD se utilizan las especificaciones de Basilea II, publicadas en (Banks for International Settlements, 2004), que seccionan por tipo de deuda y su colateral.

Si la deuda no tiene colateral, se ocupa una LGD de 45%. Si la deuda tiene colateral, se ocupa entonces la fórmula:

$$LGD^* = LGD \cdot \frac{EAD^*}{EAD} \tag{27}$$

en donde LGD corresponde al valor de la posición preferente no garantizada antes del reconocimiento del colateral, EAD\* el valor de la exposición una vez cobradas las garantías y EAD la exposición antes calculada.

Cabe recalcar que, a su vez, EAD\* viene dado por:

$$EAD^* = \max\{0, [E(1 - H_e) - C(1 - H_c - H_{fx})]\} \quad (28)$$

en donde E es exposición, He descuento correspondiente a la posición, C colateral, Hc descuento correspondiente al colateral y  $H_{fx}$  descuento correspondiente a la discordancia de monedas entre la exposición y el colateral.

#### 5.3.2.4 Factor de descuento (D).

Para el cálculo del factor de descuento se realiza lo mismo que para los portafolios minoristas. Ver Para el caso del escenario estresado, se toma simplemente LGD.

##### 5.3.1.4 Factor de descuento (D).

#### 5.3.2.4 Mejora al método actual.

El método actual consiste en comparar el valor libro del activo y el valor de mercado del activo. Si el valor de mercado del activo es menor que el valor libro del activo, se provisiona por esta diferencia. Así, la provisión queda definida como:

$$P = \min((valorMercado - valorLibro), 0) \quad (29)$$

Para construir el valor de Mercado del activo, se descuentan los flujos contractuales esperados a la tasa libre de riesgo más un *spread*. Este último es tomado de las estimaciones anuales que realiza Aswath Damodaran<sup>19</sup>, economista estadounidense, que dependen del *rating* crediticio que tenga la empresa y de su facturación.

De esta manera, la ecuación (29) se escribe como:

$$P_{LT} = \max\left\{N - \sum_{i=0}^T \frac{C_i}{(1 + r_{f,i} + spread)^i}, 0\right\} \quad (30)$$

en donde  $C_i$  es el flujo esperado en el periodo i,  $r_{f,i}$  la tasa libre de riesgo en el periodo i, *spread* valor sacado de la tabla 4, N nocional o valor del préstamo y T plazo del préstamo.

---

<sup>19</sup> Ver (Damodaran, 2018)

Tabla 4: Spreads por Rating. Fuente (Damodaran, 2018)

Rating	Spread
D2/D	18.60%
C2/C	13.95%
Ca2/CC	10.63%
Caa/CCC	8.64%
B3/B-	4.37%
B2/B	3.57%
B1/B+	2.98%
Ba2/BB	2.38%
Ba1/BB+	1.98%
Baa2/BBB	1.27%
A3/A-	1.13%
A2/A	0.99%
A1/A+	0.90%
Aa2/AA	0.72%
Aaa/AAA	0.54%

Así, mientras peor es el *rating*, mayor es factor de descuento y, por ende, menor el valor de mercado del activo en cuestión, pudiendo llegar a ser menor que el valor prestado.

Para cuando se está en fase 2 o 3, se sigue la ecuación (30) para el cálculo de provisiones. Sin embargo, para el caso de fase 1, se debe realizar un ajuste.

Se proponen dos métodos. El primero consiste en considerar el *spread* sólo para aquellas entradas de dinero a recibir en un tiempo menor o igual a un año. De esta forma, la provisión se calcula de la siguiente manera:

$$P_{1año} = \max \left\{ N - \left( \sum_{i=0}^1 \frac{C_i}{(1 + r_{f,i} + spread)^i} + \sum_{i>1}^T \frac{C_i}{(1 + r_{f,i})^i} \right), 0 \right\} \quad (31)$$

En este método sólo se “castiga” a los pagos entre la fecha de evaluación y un año.

El otro método propuesto es simplemente la proporción de la provisión *lifetime* correspondiente un año. Queda descrito por:

$$P_{1año} = P_{LT} * \frac{1}{T} \quad (32)$$

con T expresado en años.

### 5.3.3 Escenarios macroeconómicos.

Para finalizar con los requerimientos exigidos por la norma, se debe incluir a los cálculos distintos escenarios macroeconómicos y sus respectivas ponderaciones, hecho que se explicita en el artículo 5.5.17 (a) (Ver 5.1.2 IFRS 9: Cálculo.). La norma no exige ni especifica como hacerse cargo de este requerimiento, pero es una buena práctica en la industria ocupar al menos tres escenarios los cuáles son base, positivo y estresado. La consultora EY llevó a cabo una encuesta sobre la implementación de IFRS 9 en los bancos y en ella se señala que la mayoría de ellos calculan tres escenarios macroeconómicos<sup>20</sup>.

Para poder incluir distintos escenarios macroeconómicos en los resultados, los parámetros se deben condicionar a cada una de las variables macroeconómicas que los componen. De esta manera, la ecuación que sigue la ECL condicionada por los distintos escenarios macroeconómicos, para una cuenta  $i$ , portafolio  $j$ , tiempo  $k$  y escenario  $s$ , se muestra en (33).

$$ECL(i, j|s) = \sum_{k=0}^T MPD(i, j, k|s) * LGD(i, j, k|s) * EAD(i, j, k|s) * D(i, j, k|s) \quad (33)$$

Luego, para obtener el valor de pérdidas crediticias esperadas ponderadas por los escenarios, se integra (suma en el caso discreto) por la distribución de éstos. En otras palabras, se ocupa la fórmula de probabilidades totales<sup>21</sup>.

$$ECL(i, j) = \int ECL(i, j|s) f(s) ds \quad (34)$$

En la práctica, esto significa que para cada parámetro estimado hay que obtener un valor para cada escenario proyectado, para luego poder calcular el valor final como la ponderación de esos resultados por sus respectivas probabilidades.

Dado que los escenarios dependen del tipo de crédito que se está tratando y de que las metodologías de cálculo de ECL difieren entre tipos de crédito, se analizan ambos casos por separado.

#### 5.3.3.1 Escenarios para portafolios minoristas.

Se vio en las secciones anteriores que el método seleccionado para los portafolios minoristas incluye como *input* para la PD proyecciones de variables macroeconómicas. Dado que el enfoque de esta memoria es proponer un modelo de gestión de riesgo, el trabajo se acota sólo a escenarios macroeconómicos sobre el parámetro PD. Los otros dos parámetros también se pueden

---

<sup>20</sup> [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-ifrs-9-survey-impairment-survey-challenges-remain/\\$FILE/ey-ifrs-9-survey-impairment-survey-challenges-remain.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-ifrs-9-survey-impairment-survey-challenges-remain/$FILE/ey-ifrs-9-survey-impairment-survey-challenges-remain.pdf)

<sup>21</sup> Probabilidades totales:  $P(A) = \sum_{i=1}^n P(A|B_n) * P(B_n)$

estresar y se dejan propuestos. Si bien el efecto de las variables macroeconómicas puede ser relevante en los otros dos parámetros (EAD y LGD), se presume que, dada la forma de construcción de la PD que incorpora desde su creación factores macroeconómicos, estresarla tendría más relevancia que estresar los parámetros antes mencionados.

#### 5.3.3.1.1 Construcción escenarios.

En las regresiones *logit* anteriores se utilizaron tres variables macroeconómicas del país: desempleo, variación del IMACEC (PIB) y variación del IPC. Al estar estos parámetros incluidos en la regresión, basta con tener los distintos valores y sus probabilidades para obtener resultados de PD estresados. Así, la tarea se reduce a encontrar las proyecciones de estos factores macroeconómicos y su probabilidad de ocurrencia.

Como la cartera minorista puede tener plazos variados, se analizarán dos casos: corto y largo plazo.

#### 5.3.3.1.2 Escenarios a corto plazo.

Para todos los cálculos en los cuales el horizonte sea de 0 a 2 años, se utilizan las proyecciones que desarrolla y publica el Banco Central en el Informe de Política Monetaria IPoM (Banco Central de Chile, 2018).

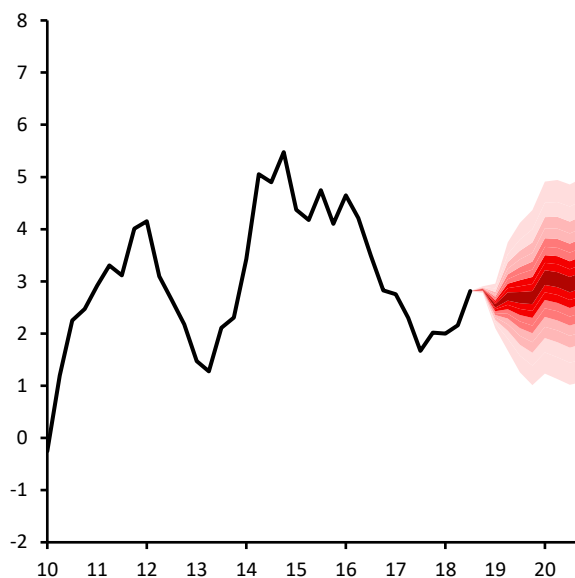


Figura 11: Proyección del IPC a dos años del Banco Central

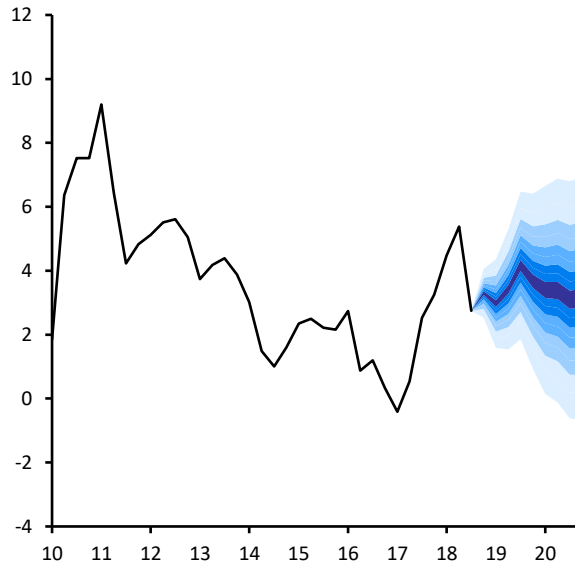


Figura 12: Proyección del PIB a dos años del Banco Central

El escenario base será el “escenario central” definido por el Banco, mientras que los escenarios alcistas y pesimistas serán los valores del decil superior e inferior sobre el escenario base, respectivamente según corresponda.

### 5.3.3.1.3 Escenarios a largo plazo.

Como las proyecciones del Banco Central sólo llegan a 2 años, se deben desarrollar proyecciones propias para los casos en que T es mayor, por ejemplo, para el caso de carteras de créditos hipotecarios (T~20 años).

Una forma de desarrollar proyecciones de variables macroeconómicas es a través de series de tiempo. Éstas toman entradas de datos históricos e intentan describir el comportamiento de una variable en el próximo periodo a través de patrones que se hayan repetido.

Uno de los métodos utilizados en la industria para modelar series de tiempo es ARIMA. Este método se compone de tres partes, la parte AR<sup>22</sup> (“*Aritmethic Regression*”), la parte I<sup>23</sup> (“*Integration*”) y la parte MA<sup>24</sup> (“*Moving Average*”). Así, la ecuación que sigue una variable Y en un tiempo t es:

$$Y_t = -(\Delta^d Y_t - Y_t) + \sigma_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \quad (35)$$

<sup>22</sup> AR: En este tipo de modelos, la salida depende linealmente de los valores anteriores de la variable. Corresponde a la primera sumatoria en la ecuación 34.

<sup>23</sup> I: En este tipo de modelos, la salida depende linealmente de las diferencias de la variable en periodos anteriores. Corresponde al primer término de la ecuación 34.

<sup>24</sup> MA: En este tipo de modelos, la salida depende linealmente de los errores al calcular la variable en periodos anteriores. Corresponde a la segunda sumatoria en la ecuación 34.



A las tres variables macroeconómicas con las que se ha trabajado se les aplica el método ARIMA. Las variables modeladas fueron:

- Desempleo: porcentaje de desempleo, tomado mensualmente. Datos desde abril de 2010, extraídos de la base de datos estadísticos del Banco Central de Chile.
- IMACEC: variación MoM, tomada mensualmente. Datos desde enero de 1997, extraídos de la base de datos estadísticos del Banco Central de Chile.
- IPC: variación YoY, tomada mensualmente. Datos desde enero de 2000, extraídos de la base de datos estadísticos del Banco Central de Chile.

De esta forma, para cada una de estas variables se encuentra una serie ARIMA que se ajuste de la mejor manera posible a la serie histórica, bajo el criterio de AIC/BIC<sup>25</sup>. El modelo que mejor describe cada una de ellas se presenta en la tabla 5. Una proyección a 5 años junto con los intervalos de confianza a 10, 25, 50, 75 y 95% se muestra en las figuras 13, 14 y 15, para las series de IPC, IMACEC y Desempleo respectivamente.

*Tabla 5: Series Arima*

<b>Variable Macro</b>	<b>ARIMA</b>	<b>Componente estacional</b>
<b>IPC</b>	(0,0,1)	(2,12)
<b>IMACEC</b>	(2,1,2)	(1,12)
<b>Desempleo</b>	(1,2,1)	(2,12)

<sup>25</sup> AIC/BIC es un criterio de selección de modelos. Mientras menor es el valor, mejor se ajusta el modelo a los datos.

### Serie IPC proyectada a cinco años

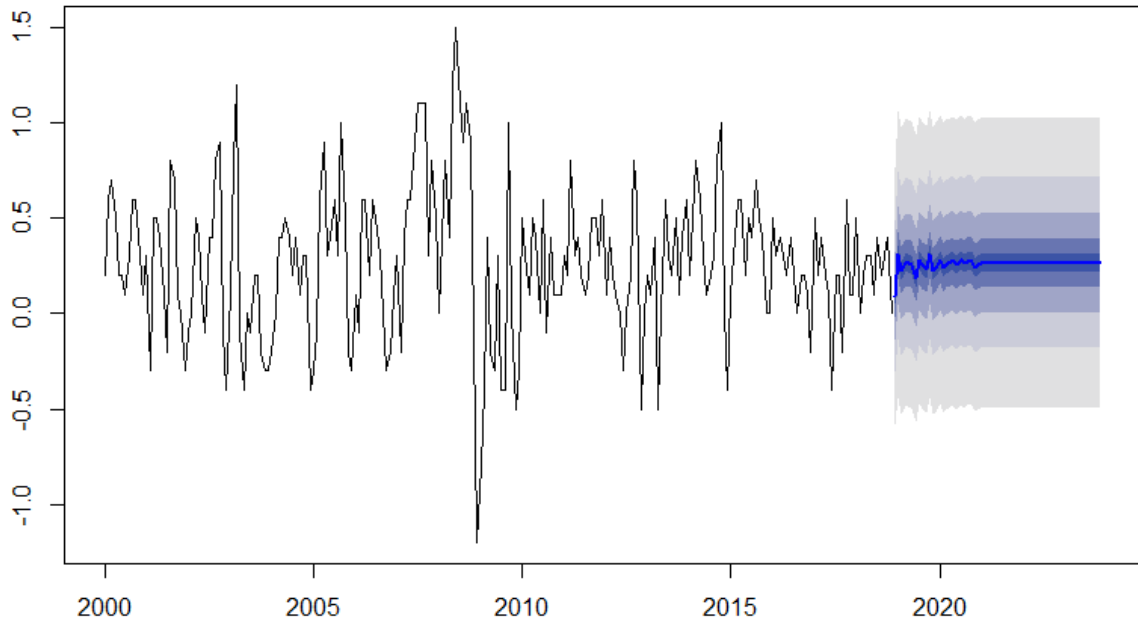


Figura 13: Serie del IPC proyectada a 5 años con ARIMA

### Serie IMACEC proyectada a cinco años

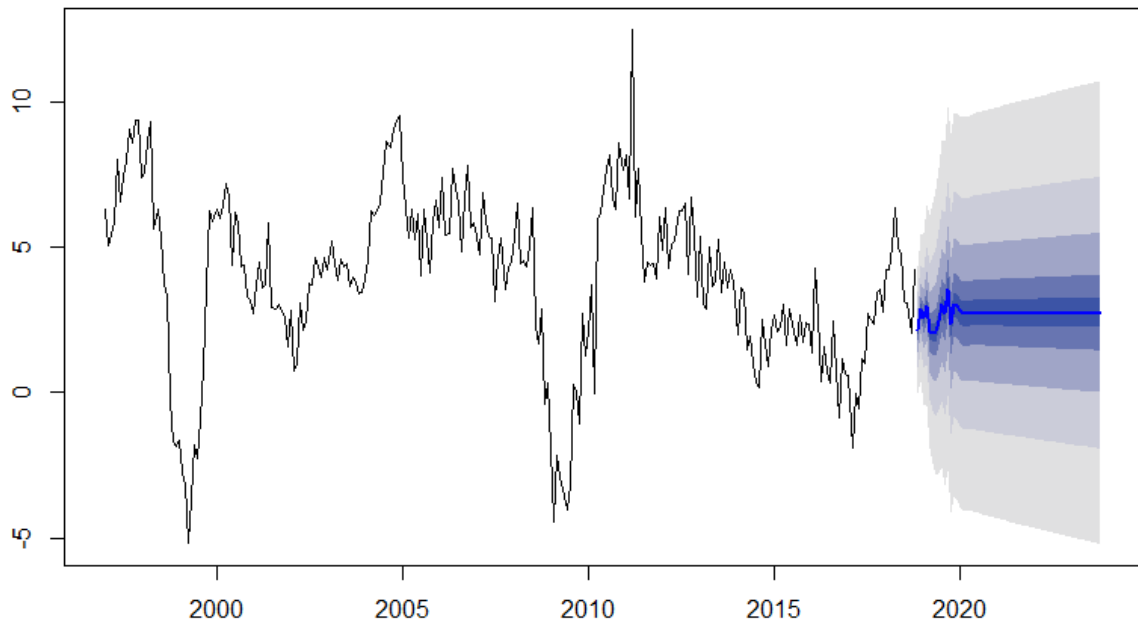


Figura 14: Serie del IMACEC proyectada a 5 años con ARIMA

### Serie de desempleo proyectada a cinco años

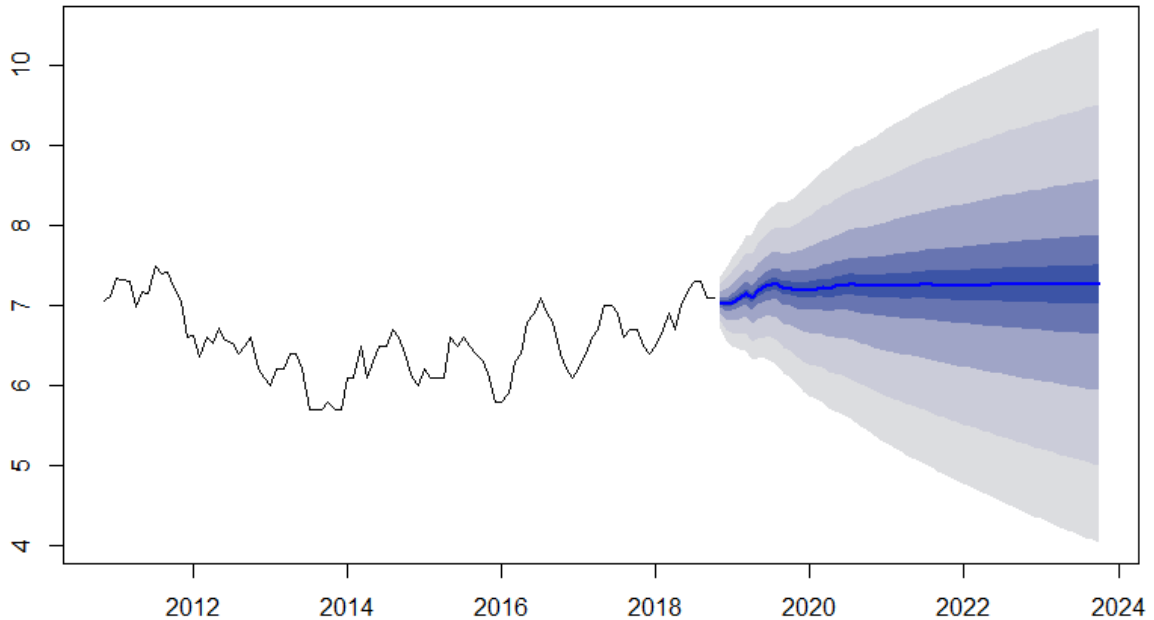


Figura 15: Serie de Desempleo proyectada a cinco años con ARIMA

Tal como para el caso anterior, se toma como escenario base aquel correspondiente al percentil 50, como escenario optimista el valor del percentil 60 y como escenario pesimista el valor del percentil 40.

Estas proyecciones no consideran las correlaciones que existen entre estas variables macroeconómicas. Se propone a la empresa desarrollar y replicar el modelo MEP (Banco Central de Chile, 2003) para poder así realizar proyecciones macroeconómicas más ajustadas a la realidad, considerando correlaciones entre variables.

#### 5.3.3.2 Construcción escenarios: portafolio corporativo.

Para este tipo de portafolios, en los cálculos de “*distance to default*”, no se incluyó ninguna variable macroeconómica, por lo que no es directo como en el caso anterior. En el Anexo C se presenta un mecanismo para poder condicionar estos resultados a variables macroeconómicas.

Para el método que considera las valorizaciones de las empresas, se propone trabajar con probabilidades de transición entre *ratings*. Dicho esto, se considera que los *ratings* calculados de cada empresa reflejan de manera fiable su situación actual y proyección, incorporando de esta manera implícitamente la información de la situación macroeconómica actual.

Año a año, la compañía S&P, valorizadora de empresas, publica un estudio con las estadísticas de transición entre categorías (S&P Global, 2018). En este documento se encuentran

los ratios y porcentajes de transición históricos entre *ratings*, segmentados por mercado e industria. Las principales tablas que se utilizan se muestran en el Anexo D. Se considera el promedio histórico de transición como la probabilidad de transición entre *ratings*. Esto se debe a que S&P publica desde el año 1981 este reporte y evalúa hoy a casi 8.000 empresas de todo el mundo, teniendo así una buena muestra poblacional. Con respecto a los escenarios considerados, se toman los tres más probables: mantenerse en el mismo rating como escenario base, bajar uno como escenario pesimista y subir uno como escenario optimista. Sin embargo, lo anterior queda a criterio de cada empresa, las que pueden definir más y/o distintos escenarios, como la subida o bajada de más de dos ratings.

De esta manera, los escenarios se definen de la manera siguiente:

- Escenario base: clasificación actual.
- Escenario optimista: la empresa sube una categoría.
- Escenario pesimista: la empresa baja una categoría.

La provisión final queda así descrita como

$$Provisión = \frac{\sum_{i=1}^3 Provisión(rating_i, spread_i) * \mathbb{P}(rating_i)}{\sum_{i=1}^3 \mathbb{P}(rating_i)} \quad (36)$$

### 5.3.4 Flujos del proceso.

#### 5.3.4.1 Portafolio minorista

Se ha visto en las secciones anteriores una serie de pasos a seguir para el cálculo de las provisiones para los portafolios minoristas. Esta serie de actividades quedan descritas por el flujo presentado en la figura 16.

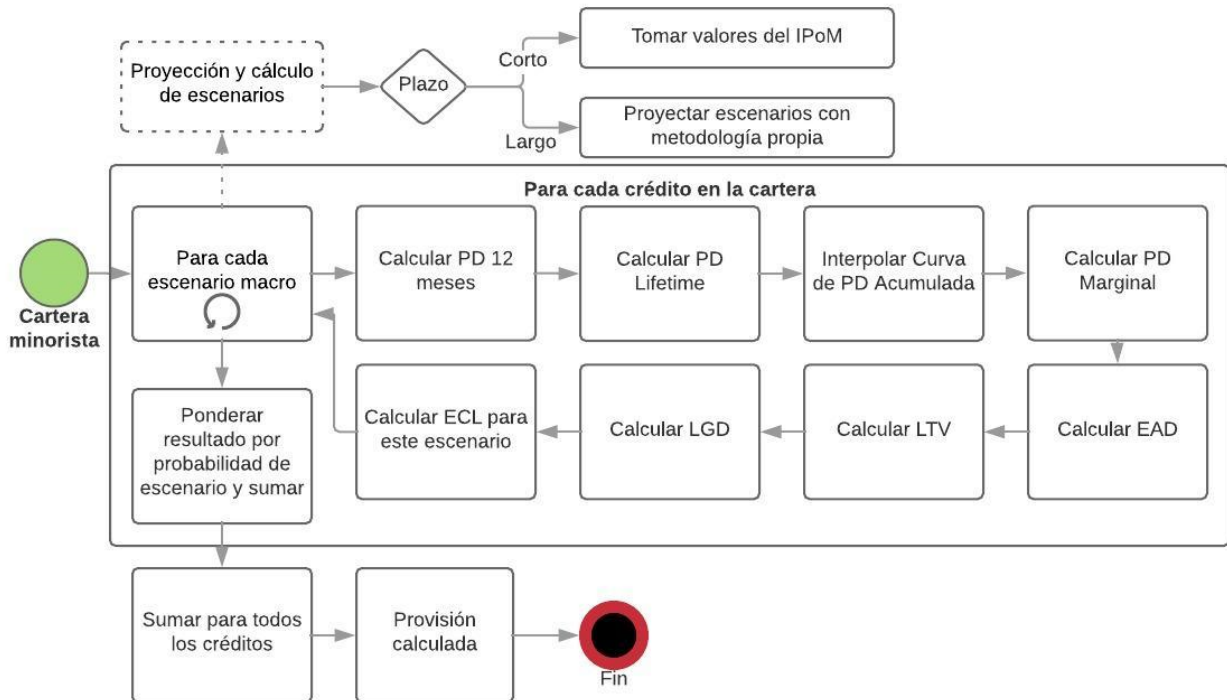


Figura 16: Diagrama de flujo de cálculo de provisiones para cartera minorista

### 5.3.4.2 Portafolio corporativo

De la misma forma en que para los portafolios minoristas se han definido unos pasos a seguir, se define un diagrama de flujo para los portafolios corporativos.

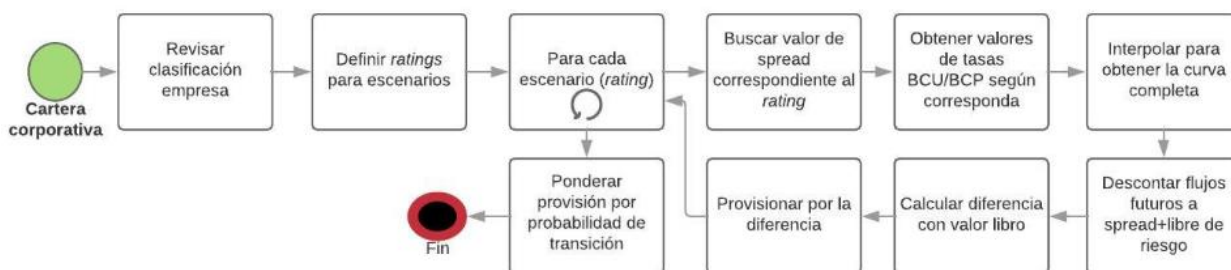


Figura 17: Diagrama de flujo para el cálculo de provisiones para carteras corporativas

## 5.4 Gestión de Riesgo

### 5.4.1 Introducción.

El sistema financiero exige a sus participantes mejoras continuas en la gestión de riesgo, a medida que las tecnologías avanzan y que los cambios publicados se van adoptando. Es así como, incluso antes de haber adoptado totalmente las normas de Basilea II, ya se encuentran publicadas las normas de Basilea IV. En otras palabras, el mundo financiero avanza rápidamente y las normas cambian con él.

La gestión de riesgos de una empresa abarca desde una política de riesgos hasta la validación de los modelos a utilizar para los cálculos de éstos. En el contexto de esta memoria, la gestión de riesgo hace referencia al cálculo de provisiones de los distintos portafolios. Para poder calcularlo exitosamente, hacen falta una serie de entradas de datos y métricas, que se deben actualizar y revisar periódicamente.

### 5.4.2 Indicadores de cambio de fase.

A lo largo de la memoria se ha indicado que la existencia de un “aumento significativo de riesgo” define el paso de fase 1 a fase 2. Pese a esto, no existen líneas directrices respecto a cómo definir este aumento de riesgo. Una métrica señalada y aceptada por IFRS 9 es la cantidad de días de mora, situando en 30 días el límite entre fase 1 y fase 2. No obstante, este podría no ser el único indicador de aumento de riesgo.

#### 5.4.2.1 Indicador actual

Una de las prácticas en la industria es realizar un método de “scoring”. En este método se definen ciertas variables a monitorear periódicamente y para cada una de éstas se precisan

condiciones límite. Cada una de estas condiciones a su vez tiene asociado un puntaje, y es la suma de éste que define finalmente si el activo financiero se encuentra en una situación estable (fase 1) o presenta mayor riesgo de lo esperado (fase 2). Lo anterior se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Scoring de riesgo

Factores\Puntos	+0pts	+5pts	+ 10pts
<b>Factor 1</b>	Condición bajo riesgo para F1	Condición riesgo normal para F1	Condición alto riesgo para F1
<b>Factor 2</b>	Condición bajo riesgo para F1	Condición riesgo normal para F1	Condición alto riesgo para F1
<b>Factor 3</b>	Condición bajo riesgo para F1	Condición riesgo normal para F1	Condición alto riesgo para F1

El indicador clave “aumento significativo de riesgo” se define como un *booleano* que toma el valor 1 cuando la suma de los puntos sobrepasa un límite a definir y 0 cuando no.

$$Aumento\ de\ riesgo = \begin{cases} 1 & \text{si la suma de puntajes} \geq Xpts \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (37)$$

Por otra parte, se tiene que considerar que, si existe una evidencia efectiva del deterioro del activo, independiente de qué factor haya sido el que detonó esta situación, el activo debe inmediatamente pasar a fase 3.

En el Anexo E se presenta un ejemplo aplicado de *scoring*. Sin embargo, el hecho de que los factores de riesgo queden al arbitrio de la empresa y del analista a cargo hace que éstos puedan ser muy variados y que no reflejen de manera cierta un aumento en el riesgo de crédito. Además, pueden existir correlaciones entre factores, posibilitando la existencia de elementos que no aportan información. En síntesis, aplicar este método sin procesar la información (por ejemplo, realizando un análisis de componentes principales<sup>26</sup>) puede resultar no ser un buen indicador de cambio de fase.

#### 5.4.2.2 Indicadores propuestos

Para los portafolios minoristas se propone un indicador que consiste en una probabilidad de *default* máxima que indica el cambio de fase. Se definen las siguientes métricas:

<sup>26</sup> El análisis de componentes principales o PCA tiene como objetivo transformar un set de variables en un nuevo conjunto de variables, no correlacionadas entre ellas, y ordenadas de acuerdo con la varianza que aportan al set de datos. De esta manera, el número de variables puede reducirse significativamente.

$$PD_{sinmora} = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} PD(i \text{ con días mora} \leq 30 \text{ días})}{N_1} \quad (38)$$

$$PD_{mora} = \frac{\sum_{i=1}^{N_2} PD(i \text{ con } 30 < \text{días mora} \leq 90 \text{ días})}{N_2} \quad (39)$$

$$X = \frac{PD_{sinmora} + P_{mora}}{2} \quad (40)$$

Así, el cambio de fases queda descrito por este factor X, de la siguiente forma:

$$Fase = \begin{cases} Fase 1 si PD_i \leq X \\ Fase 2 si PD_i > X \\ Fase 3 si días de mora > 90 días \end{cases}$$

Este indicador no sólo toma en cuenta los días de mora, sino que además considera las condiciones macro y características del crédito para determinar la fase. Esto ya que, como se vio en las secciones anteriores, la probabilidad de *default* toma como *input* estas variables. De esta manera, se podría dar el caso de un deudor que normalmente se encontraría en fase 1, pero dada las características de la situación macroeconómica y del propio crédito, se sitúa en fase 2.

Para las carteras corporativas se propone un indicador que depende del *rating* de la empresa. Las definiciones de los *ratings* se encuentran en el Anexo F. En ellas se menciona que a partir del *rating* BB se considera que las empresas tienen un fuerte componente especulativo.

Tomando en cuenta las definiciones de *rating* se establecen los siguientes criterios:

- Toda empresa catalogada igual o sobre BBB se considera en fase 1.
- Toda transición entre *ratings* de un solo literal, hasta fase BBB, se sigue considerando fase 1.
- Toda empresa catalogada bajo BBB se considera en fase 2.
- Toda empresa catalogada bajo CC se considera en fase 3.
- Cualquier transición de más de un *rating* de forma negativa, se considera un aumento significativo de riesgo.

De esta manera, si una empresa catalogada en A baja a BBB se sigue considerando en fase 1. Sin embargo, si una empresa catalogada en BBB baja a BB, se considera un aumento significativo de riesgo y por lo tanto en fase 2.

#### 5.4.5 Flujo del proceso.

Las etapas del proceso de gestión definidas anteriormente se resumen en el diagrama presentado en la figura 18.

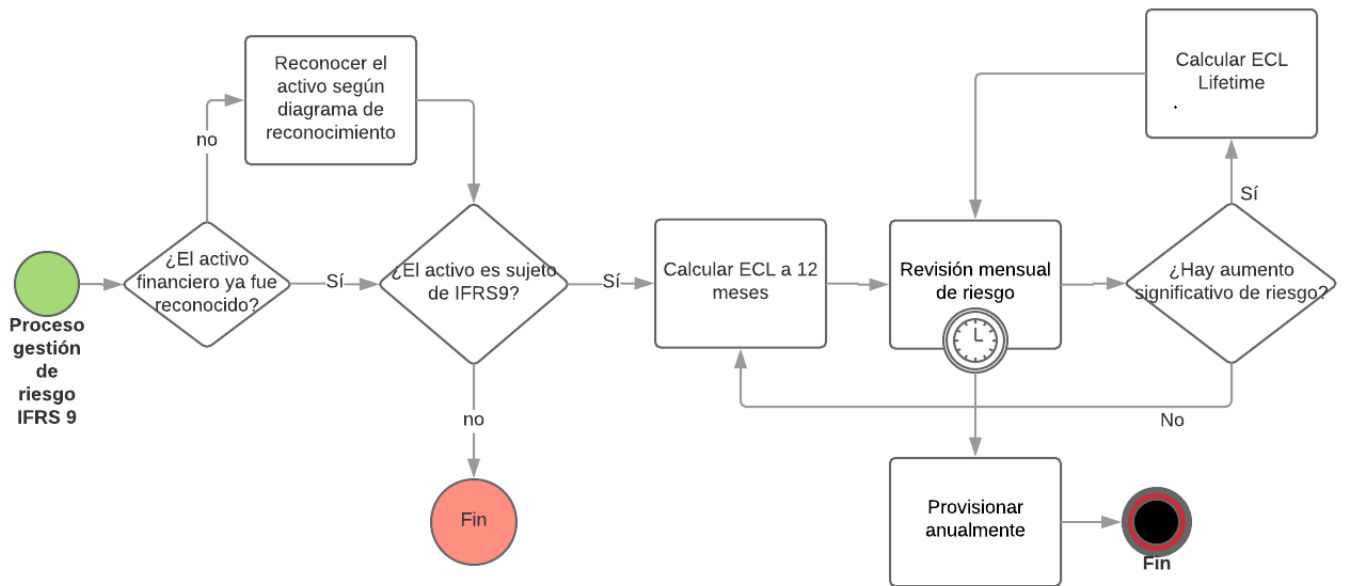


Figura 18: Diagrama de flujo del nuevo proceso IFRS 9

## 5.5 Evaluación Económica de los Cambios Propuestos

Al haber cambiado las metodologías de cálculo de provisiones, las provisiones en sí mismas cambian. En la tabla 7 se comparan los valores calculados a provisionar con las metodologías anteriores y con las nuevas metodologías.

Tabla 7: Comparación de cálculo de provisiones entre métodos

Portafolio	Provisión con nuevos métodos	Provisión actual
Portafolio hipotecario 1	8,898 UF	932 UF
Portafolio hipotecario 2	39,874 UF	1,109 UF
Portafolio corporativo 1	145,638.27 MCLP	0
Portafolio corporativo 2	2,246,607.84 MCLP	2,461,155 MCLP

Se aprecia un efecto diverso en las provisiones. Por una parte, para uno de los dos portafolios corporativos el resultado fue muy similar. Para el otro, sin embargo, la situación cambia drásticamente al pasar de no provisionar a provisionar aproximadamente un 1.5% del fondo. Para los portafolios hipotecarios la situación cambia significativamente, con un aumento casi del 900% para uno y 3400% para el otro. En la sección Conclusiones se ahondará en estos resultados.

Con respecto a los costos de la implementación de la metodología, éstos no serían relevantes. El software utilizado para los cálculos es un programa libre, R, por lo que no es necesario pagar licencias. En lo relativo al coste de tiempo a utilizar para realizar los cálculos, la empresa ya asigna tiempo para esta tarea, por lo que basta con reemplazar los procesos, sin reasignar recursos. Por último, en relación con las mejoras propuestas e investigación a realizar, la empresa cuenta con una división de investigación, la que debiese incluir entre sus tareas, la mejora continua de esta nueva metodología.



## 6. Conclusiones

Luego de haber estudiado la situación de la empresa y los distintos métodos existentes en la industria, se propone una solución concreta que abarca los requerimientos normativos de IFRS9, tanto para portafolios corporativos como para portafolios minoristas. Los resultados presentados en la sección 5.5 fueron calculados con datos reales de la empresa y suponen un impacto a las provisiones que ésta realiza.

Los cambios en las provisiones provienen de distintos factores, según sea la naturaleza de los portafolios evaluados. No se evaluó el impacto en portafolios minoristas de consumo. Sin embargo, la empresa cuenta hoy con todas las herramientas y el conocimiento para realizarlo por sí misma.

Para los portafolios corporativos, el cambio en las provisiones proviene principalmente de la inclusión de los distintos escenarios macroeconómicos. Con la metodología anterior, al tener en consideración sólo el escenario actual, las condiciones de la empresa indicaban que no se debía provisionar, aun estando en una situación límite. Sin embargo, con el nuevo método propuesto y al considerar tanto condiciones favorables como desfavorables, los cálculos indican que la empresa debiese provisionar en su situación estresada, lo que se refleja en la provisión total.

Para los portafolios minoristas la diferencia se explica principalmente por la consideración de las distintas fases de los morosos y las implicancias que tiene esto en el cálculo de las provisiones. Una parte del portafolio se encuentra en fase dos o tres bajo la nueva metodología, debiendo calcular la provisión *lifetime* para ellos. Para el primero de estos portafolios un 9% se encuentra en fase dos o tres, 4% y 5% respectivamente; para el segundo portafolio evaluado un 16% se encuentra en fase dos o tres, 7% y 9% respectivamente. Esta pequeña porción del portafolio, al ser evaluado en la totalidad de su vida, incrementa de gran manera las provisiones calculadas. Cabe destacar que, en relación con el tamaño inicial del fondo, estas provisiones sólo representan un 0.5% y un 1.5% de éste, respectivamente.

Si la empresa decidiese finalmente implementar la nueva metodología y provisionar por los montos que resultan de ella, algunos problemas podrían surgir. Por ejemplo, el valor cuota de los fondos debiese bajar y los inversionistas se podrían quejar de esto. El ente regulador podría indagar en la situación de la empresa, encontrando que no se estaba en cumplimiento de la norma, pudiendo aplicar alguna sanción. La empresa podría perder credibilidad al mostrar que no está invirtiendo tiempo ni recursos en estar a la vanguardia del conocimiento, entre otras posibles consecuencias.

Por último, luego de la implementación de prueba del nuevo método en la empresa, una importante conclusión es que aún no existe un estándar en la industria con respecto a los métodos de cálculo sobre IFRS 9. La empresa se reunió con tres consultoras auditoras para evaluar sus métodos, de las cuáles sólo una remarcó que el método utilizado en la actualidad no era correcto y no cumplía los estándares de IFRS 9. La norma es intencionalmente abierta a interpretación, pero debiese existir un estándar en la industria.

## 7. Sugerencias de cambio

En el inicio de esta memoria se menciona que ésta tiene un carácter propositivo. Bajo esta definición, se espera que los métodos se vayan refinando con el paso del tiempo. La primera fuente evidente de mejora es el análisis microeconómico: las regresiones realizadas para el cálculo de probabilidad de *default* para los portafolios minoristas son perfectibles.

Por otra parte, no se llevó a cabo un estudio que comparara en profundidad las metodologías existentes en el mercado y su capacidad de predicción: se optó por un método simple y eficaz, por lo que no se tiene certeza de que los métodos escogidos sean los mejores. Lo que se entrega es una propuesta de metodología que cumple con los requerimientos junto con posibles indicadores de riesgo, necesarios para la implementación de ésta.

Otra fuente de mejora es en lo que concierne a los escenarios macroeconómicos. El único parámetro de ECL que se estresó y condicionó a los distintos escenarios fue la PD. Se espera que la empresa pueda estresar tanto LGD como EAD, para acercarse lo más posible a los cálculos correctos y a los requerimientos de la norma.

Las proyecciones de las variables macroeconómicas se pueden y deben perfeccionar. Se planteó una metodología básica para proyectar, pero ésta no considera correlaciones, por lo que no refleja la realidad. El método descrito en (Banco Central de Chile, 2003) considera correlaciones y dinámicas entre las variables macroeconómicas utilizadas en esta memoria, siendo altamente sugerido desarrollarlo y aplicarlo en las proyecciones a realizar.

Se espera además que el método de gestión de riesgo sea refinado y evaluado constantemente. Los valores límite y puntajes pueden ser modificados libremente a fin de reflejar de mejor manera la realidad de la evolución del riesgo de los portafolios. Una posible fuente de mejora que concierne este punto es el indicador descrito en la sección 5.4.2.2 *Indicadores propuestos*: se debe hacer un seguimiento del comportamiento de los deudores para determinar si el límite propuesto de 90 días es muy estricto o no, sobre todo dada las acciones legales que se toman a partir de este día.

Con respecto al indicador de cambio de fase de los portafolios corporativos, se podría incluir algún factor predictivo, realizando por ejemplo un modelo que considere la información relevante de la empresa a lo largo de los años para intentar predecir su próximo desempeño/rating crediticio, como se hizo con las variables macroeconómicas. De esta manera, el cambio de fase quedaría descrito por la probabilidad predicha de cambio de fase y no por el promedio histórico. Además, se tiene que evaluar si el rating propuesto de cambio de fase es demasiado estricto ya que hoy un 40% de las empresas estarían en fase dos.

## 8. Bibliografía

- Acafi. (2018). *Estadísticas ACAFI*. Obtenido de [http://www.acafi.cl/wp-content/uploads/2018/09/AR\\_Catastro\\_ACAFI\\_XXXV.pdf](http://www.acafi.cl/wp-content/uploads/2018/09/AR_Catastro_ACAFI_XXXV.pdf)
- Banco Central de Chile. (2003). Modelos Macroeconómicos y proyecciones del Banco Central de Chile.
- Banco Central de Chile. (Diciembre de 2018). *Informe de Política Monetaria*.
- Banks for International Settlements. (Junio de 2004). Obtenido de Convergencia internacional de medidas y normas de capital: <https://www.bis.org/publ/bcbs107esp.pdf>
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 637-654 .
- Brunel, V. (2016). Lifetime PD Analytics for Credit Portfolios: A Survey.
- Damodaran, A. D. (January de 2018). Obtenido de Ratings, Interest Coverage Ratios and Default Spread: [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ratings.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ratings.htm)
- EBA. (2018). *First Observations on the Impact and Implementation of IFRS 9 by EU Institutions*. EBA Press.
- Harada, K., Ito, T., & Takahashi, S. (2013). Is the Distance to Default a good measure in predicting bank failures? A case study of Japanese major bank. *Japan and World Economy*, 70-82.
- Hida, T. (1980). The Brownian Motion. En T. Hida, *Application of Mathematics, vol 11* (págs. 44-113). New York: Springer.
- Hyman, J. (1983). Accurate Monotonicity Preserving Cubic Interpolation. *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing* , 645-654.
- IASB. (2014). *NIIF9*. Obtenido de <http://eifrs.ifrs.org/eifrs/bnstandards/es/2017/ifrs09.pdf>
- Itô, K. (1944). Stochastic integral. *Proceedings of the Imperial Academy, no. 8*, 519-524.
- J. Gardner, M. &. (1989). Evaluating the Likelihood of Default on Delinquent Loans. *Financial Management* .
- Katarzyna, B., & Lyn C, T. (2015). Modelling LGD for unsecured retail loans using Bayesian methods. *Journal of the Operational Research Society*, 342-352.
- Kocenda, E., & Vojtek, M. (Diciembre de 2009). *Default Predictors and Credit Scoring Models for Retail Banking*. CESifo Working Paper Series No. 2862. Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1519792>.
- Merton. (1974). ON THE PRICING OF CORPORATE DEBT: THE RISK STRUCTURE OF INTEREST RATES. *The Journal of Finance*.
- Milne, A. (2014). Distance to default and the financial crises. *Journal of Financial Stability*, 26-36.
- Moody's. (s.f.). *IFRS 9 Scenario Implementation and ECL Calculation for Retail Portfolios*. Obtenido de <https://www.moodyanalytics.com/-/media/presentation/2017/ifrs9-scenario-implementation-and-ecl-calculation-for-retail-portfolios-presentation-slides.pdf>
- Parrado, E., Cox, P., & Fuenzalida, M. (2009). Evolución de los precios en las viviendas en Chile. *Revista Economía Chilena*, 51-68.
- Qi, M. (2009). Exposure at Default of Unsecured Credit Cards. *OCC Economics Working Paper*.
- S&P Global. (2018). *2017 Annual Global Corporate Default Study and Rating Transitions*. RatingsDirect.
- Sageworks. (s.f.). *The basics of Vintage Analysis*. Obtenido de <https://www.aba.com/Tools/Offer/Document/Vintage%20Analysis%20Basics%20Whitepaper%20-%20Sageworks%20ABA.pdf>
- SBIF. (2008). Obtenido de Compendio de Normas Contables.

- SBIF. (2019). *Resumen de la Actualización del Compendio de Normas Contables Para Bancos*. Santiago: SBIF.
- The Federal Reserve Board. (2007). *Advanced Capital Adequacy Framework–Basel II*.
- Torrent, M. (2012). *AECA*. Obtenido de Los instrumentos financieros a coste amortizado. ¿Quién entiende ese concepto?: <https://www.aeca.es/old/faif/articulos/comunicacion8.pdf>
- Yang, B. H. (2017). Point-in-time PD term structure models for multi-period scenario loss projection: Methodologies and implementations for IFRS 9 ECL and CCAR stress testing. *Journal of Risk Model Validation*, Vol. 11, No. 3.

## 9. Anexos

### Anexo A: Tablas Desarrolladas por la SBIF para Créditos Genéricos

Probabilidad de Incumplimiento (PI) aplicable según morosidad y tramo PTVG (%)			
Días de mora al cierre del mes	Con garantía		Sin garantía
	PTVG ≤ 100%	PTVG > 100%	
<b>0</b>	1,86	2,68	4,91
<b>1-29</b>	11,60	13,45	22,93
<b>30-59</b>	25,33	26,92	45,30
<b>60-89</b>	41,31	41,31	61,63
<b>Cartera en incumplimiento</b>	100,00	100,00	100,00

Pérdida dado el Incumplimiento (PDI) aplicable según tramo PTVG (%)		
<b>Con garantía</b>	<b>PTVG ≤ 60%</b>	5,0
	<b>60% &lt; PTVG ≤ 75%</b>	20,3
	<b>75% &lt; PTVG ≤ 90%</b>	32,2
	<b>90% &lt; PTVG</b>	43,0
<b>Sin garantía</b>		56,9

### Anexo B: Desarrollo de *Vintage Analysis*

El vintage análisis es una herramienta de gestión de riesgo que evalúa la calidad crediticia de un portafolio compuesto por créditos de naturaleza homogénea, que comparten la misma fecha de inicio (o vintage). Este método permite de manera fácil identificar cómo se ha comportado un portafolio a lo largo de su vida y cómo se espera que se siga comportando. La ventaja que tiene este método sobre otros es que considera la información de *default* de toda la vida del crédito.

*Vintage* análisis es un método utilizado sobre todo en la industria de tarjetas de crédito e hipotecarias. En (Sageworks) se respalda su uso, señalando que podría constituir un mínimo para los requerimientos de cálculo de pérdidas esperadas de la FASB.

## Vintage Analysis

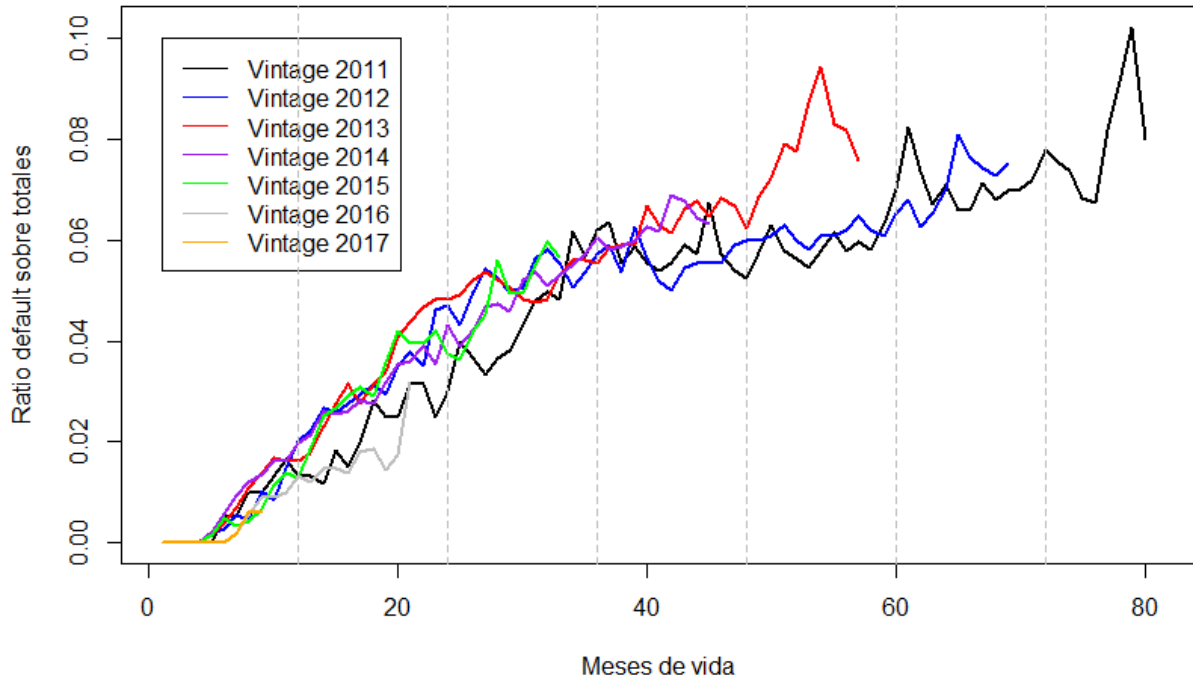


Figura 19: Vintage analysis para cartera hipotecaria

El *vintage* análisis sirve como *benchmark* para saber cómo se están comportando los créditos. La probabilidad *lifetime* para un mismo *vintage* debiese converger al ratio aquí expuesto. Además, se pueden observar patrones: en el último año pareciera que la situación no fue muy estable, existiendo un salto en el ratio de default para los *vintages* 2011, 2012 y 2013. No obstante, los créditos pudieron recuperarse.

## Anexo C: Tratamiento de Portafolios Corporativos con DtD para Escenarios Macroeconómicos

Se desea que los parámetros macroeconómicos sean un input, tal como para los portafolios granulares. Para lograr est se hacen regresiones lineales tomando como variables independientes los tres factores antes descritos (IMACEC YoY, desempleo e IPC MoM) y como variable dependiente el valor intrínseco de la empresa  $V_A$  y la volatilidad intrínseca de la empresa  $\sigma_A$ . Con estos dos valores, siguiendo la ecuación (21) se obtiene el valor de la distancia y con este último, el valor de la PD. De esta forma, con diferentes entradas de datos para cada escenario, se encuentran valores condicionados de PD.

Los factores macroeconómicos se tomaron desde las publicaciones que realiza en Banco Central periódicamente<sup>27</sup>.

Los resultados de las regresiones se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Regresión de valor y volatilidad intrínseca empresa

	Variables explicativas	Coeficientes estimados	
		$V_A$	$\sigma_A$
X0: Intercepto	Intercepto	2.83E+11***	0.067375***
X1: IMACEC	IPC diferencia MoM	-6.51E+09***	-0.00272***
X2: IPC	IMACEC diferencia YoY	-2.24E+10***	-0.00203*
X3: Desempleo	Desempleo en %	9.23E+09 .	-0.00817*
Nota: niveles de significancia 0 (***), 0.001 (**), 0.01 (*), 0.1 (.)			

<sup>27</sup> Ver <https://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/home.aspx>

**Anexo D: Tablas de Transición entre *Ratings* Publicadas por S&P**  
**Global Corporate Average Transition Rates (1981-2017)**

(%)

From/to	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	D	NR
<b>One-year</b>									
AAA	86.99	9.12	0.53	0.05	0.08	0.03	0.05	0.00	3.15
	(7.20)	(7.27)	(0.83)	(0.25)	(0.25)	(0.17)	(0.35)	(0.00)	(2.43)
AA	0.51	86.95	7.91	0.50	0.05	0.07	0.02	0.02	3.97
	(0.53)	(5.25)	(4.18)	(0.68)	(0.19)	(0.21)	(0.07)	(0.08)	(1.87)
A	0.03	1.72	88.00	5.22	0.30	0.12	0.02	0.06	4.52
	(0.09)	(1.03)	(3.63)	(2.15)	(0.39)	(0.26)	(0.07)	(0.11)	(1.74)
BBB	0.01	0.10	3.45	85.79	3.73	0.49	0.11	0.17	6.16
	(0.04)	(0.16)	(1.63)	(3.77)	(1.51)	(0.69)	(0.22)	(0.25)	(1.58)
BB	0.01	0.03	0.12	4.88	77.19	6.79	0.58	0.68	9.72
	(0.06)	(0.09)	(0.25)	(1.86)	(4.36)	(3.08)	(0.75)	(0.84)	(2.31)
B	0.00	0.02	0.08	0.18	5.05	74.34	4.44	3.59	12.28
	(0.00)	(0.08)	(0.20)	(0.22)	(2.01)	(4.11)	(2.12)	(3.22)	(2.29)
CCC/C	0.00	0.00	0.12	0.21	0.59	13.18	43.46	26.82	15.63
	(0.00)	(0.00)	(0.43)	(0.66)	(0.95)	(7.82)	(8.81)	(11.07)	(5.32)
<b>Three-year</b>									
AAA	65.48	22.09	2.35	0.32	0.19	0.08	0.11	0.13	9.24
	(11.50)	(12.18)	(1.73)	(0.76)	(0.45)	(0.29)	(0.42)	(0.37)	(5.25)
AA	1.21	66.14	18.53	2.06	0.35	0.22	0.03	0.12	11.33
	(0.81)	(9.41)	(6.17)	(1.38)	(0.50)	(0.45)	(0.07)	(0.18)	(4.09)
A	0.06	4.07	68.85	11.72	1.30	0.44	0.09	0.25	13.21
	(0.10)	(2.07)	(6.33)	(2.73)	(0.98)	(0.62)	(0.14)	(0.28)	(3.47)
BBB	0.02	0.28	8.42	64.66	7.11	1.64	0.30	0.87	16.70
	(0.06)	(0.39)	(3.01)	(6.88)	(1.98)	(1.31)	(0.37)	(0.95)	(3.29)
BB	0.01	0.06	0.51	11.08	47.04	11.58	1.25	3.96	24.51
	(0.06)	(0.13)	(0.70)	(3.26)	(7.08)	(2.60)	(0.91)	(3.45)	(4.04)
B	0.00	0.03	0.21	0.78	10.23	41.46	4.67	12.57	30.05
	(0.05)	(0.11)	(0.42)	(0.78)	(3.17)	(5.56)	(1.66)	(7.35)	(4.82)
CCC/C	0.00	0.00	0.14	0.61	1.63	16.86	10.54	40.65	29.57
	(0.00)	(0.00)	(0.52)	(1.23)	(1.71)	(6.86)	(6.08)	(12.43)	(8.81)
<b>Five-year</b>									
AAA	49.55	28.51	4.83	0.81	0.24	0.16	0.08	0.35	15.46
	(11.87)	(13.22)	(2.69)	(1.54)	(0.47)	(0.41)	(0.28)	(0.60)	(6.49)



## Global Corporate Average Transition Rates (1981-2017) (cont.)

(%)

From/to	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C	D	NR
AA	1.49	50.83	24.58	3.63	0.58	0.38	0.04	0.33	18.13
	(0.93)	(8.46)	(4.98)	(1.70)	(0.63)	(0.59)	(0.10)	(0.38)	(4.56)
A	0.08	5.15	55.47	14.98	2.09	0.69	0.15	0.54	20.86
	(0.10)	(2.30)	(6.98)	(2.31)	(1.13)	(0.87)	(0.18)	(0.43)	(4.01)
BBB	0.02	0.45	10.52	51.55	7.64	2.23	0.39	1.84	25.35
	(0.07)	(0.54)	(3.16)	(7.55)	(1.70)	(1.44)	(0.39)	(1.46)	(4.38)
BB	0.01	0.08	1.03	12.71	31.43	11.03	1.26	7.56	34.89
	(0.06)	(0.18)	(0.97)	(3.15)	(7.07)	(2.15)	(0.92)	(4.85)	(4.41)
B	0.01	0.03	0.26	1.57	10.47	25.16	2.93	18.76	40.80
	(0.11)	(0.09)	(0.56)	(1.19)	(2.64)	(5.43)	(1.01)	(8.72)	(5.47)
CCC/C	0.00	0.00	0.12	0.73	2.89	12.09	2.62	46.73	34.83
	(0.00)	(0.00)	(0.49)	(1.79)	(2.06)	(4.61)	(3.68)	(12.03)	(9.05)
<b>Seven-year</b>									
AAA	38.01	32.16	6.94	1.48	0.30	0.19	0.11	0.52	20.30
	(11.09)	(13.50)	(2.89)	(1.89)	(0.53)	(0.43)	(0.31)	(0.74)	(6.62)
AA	1.56	39.48	28.00	4.83	0.77	0.39	0.03	0.56	24.39
	(0.90)	(4.92)	(3.64)	(1.60)	(0.60)	(0.50)	(0.08)	(0.53)	(4.28)
A	0.07	5.45	45.98	16.66	2.63	0.85	0.14	0.94	27.29
	(0.12)	(1.80)	(6.16)	(1.49)	(1.14)	(0.91)	(0.18)	(0.53)	(3.76)
BBB	0.03	0.58	11.02	42.77	7.38	2.40	0.39	2.86	32.58
	(0.11)	(0.59)	(2.83)	(7.01)	(0.87)	(1.16)	(0.32)	(1.71)	(4.36)
BB	0.00	0.08	1.39	12.58	22.60	9.74	1.03	10.83	41.76
	(0.00)	(0.18)	(1.07)	(3.16)	(6.25)	(2.18)	(0.67)	(5.26)	(3.84)
B	0.01	0.02	0.35	2.07	9.05	16.10	1.72	23.43	47.24
	(0.08)	(0.09)	(0.59)	(1.47)	(1.98)	(4.48)	(0.59)	(8.32)	(5.09)
CCC/C	0.00	0.00	0.22	1.00	3.66	7.79	1.48	49.09	36.77
	(0.00)	(0.00)	(0.60)	(2.11)	(2.02)	(4.00)	(2.01)	(11.81)	(9.27)

Note: Numbers in parentheses are weighted standard deviations, weighted by the issuer base. D--Default. NR--Not rated. Sources: S&P Global Fixed Income Research and S&P Global Market Intelligence's CreditPro®.

## Anexo E: Ejemplo de *Scoring* Factores de Riesgo

Tabla 9: Factores de riesgo, variación y sus puntajes para un portafolio corporativo

Medida	+0pts	+5pts	+10pts	Puntaje
a. Variación del Capital de Trabajo	Variación de hasta -5% (YoY - YTD)	Variación de hasta -10% (YoY - YTD)	Variación superior al -10% (YoY - YTD)	+0pts
b. Razón circulante	$RC \geq 1$	$0,8 < RC < 1$	$RC = < 0,8$	+5pts
c. Razón ácida	$RAc \geq 0,8$	$0,5 < RAc < 0,8$	$RAc = < 0,5$	+5pts
d. Variación del Gasto Financiero a Deuda Financiera Bruta	Variación trimestral de hasta 50%	Variación trimestral entre un 50% y 100%	Variación trimestral superior al 100%	+5pts
e. Deuda Financiera Neta a EBITDA	Hasta 15 veces	Superior a 15 e inferior a 20 veces	Superior e igual a 20 veces	+0pts
f. Cobertura de Gastos Financieros	Superior a 2 veces	Superior e igual a 1,5 e inferior e igual a 2 veces	Inferior a 1,5 veces	+0pts
g. Endeudamiento Financiero Neto	Hasta 3 veces	Superior a 3 e inferior a 5 veces	Superior e igual a 5 veces	+0pts
h. Deuda Total a Patrimonio	Hasta 5 veces	Superior a 5 e inferior a 7 veces	Superiore igual a 7 veces	+0pts
i. Variación Patrimonio	Variación de hasta -5% (YoY - YTD)	Variación de hasta -20% (YoY - YTD)	Variación superior al -20% (YoY - YTD)	+5pts
j. Cláusula Negative Pledge	> 1,7 veces	[1,3;1,7] veces	< 1,3 veces	+0pts
k. Periodo Promedio de Cobro	Hasta 205 días	Superior a 205 e inferior a 220 días	Superior e igual a 220 días	+0pts
l. Periodo Promedio de Pago	Hasta 140 días	Superior a 140 e inferior a 170 días	Superior a igual a 170 días	+5pts
m. Margen EBITDA	Superior a 5,5%	Entre 4,8 y 5,5%	Inferior a 4,8%	+5pts
n. Variación EBITDA	Variación Negativa de hasta 20%	Variación negativa superior al 20% e inferior al 50%	Variación negativa superior al 50%	+0pts
o. Clasificación de riesgo externa	Clasificación igual o superior a BB+	Baja en la clasificación de riesgo	Baja en la clasificación de riesgo	+0pts
<b>Total</b>				<b>25pts</b>

## Anexo F: Definiciones de *Ratings* de S&P

Long-Term Issue Credit Ratings*	
Category	Definition
AAA	An obligation rated 'AAA' has the highest rating assigned by S&P Global Ratings. The obligor's capacity to meet its financial commitments on the obligation is extremely strong.
AA	An obligation rated 'AA' differs from the highest-rated obligations only to a small degree. The obligor's capacity to meet its financial commitments on the obligation is very strong.
A	An obligation rated 'A' is somewhat more susceptible to the adverse effects of changes in circumstances and economic conditions than obligations in higher-rated categories. However, the obligor's capacity to meet its financial commitments on the obligation is still strong.
BBB	An obligation rated 'BBB' exhibits adequate protection parameters. However, adverse economic conditions or changing circumstances are more likely to weaken the obligor's capacity to meet its financial commitments on the obligation.
BB, B, CCC, CC, and C	Obligations rated 'BB', 'B', 'CCC', 'CC', and 'C' are regarded as having significant speculative characteristics. 'BB' indicates the least degree of speculation and 'C' the highest. While such obligations will likely have some quality and protective characteristics, these may be outweighed by large uncertainties or major exposure to adverse conditions.
BB	An obligation rated 'BB' is less vulnerable to nonpayment than other speculative issues. However, it faces major ongoing uncertainties or exposure to adverse business, financial, or economic conditions that could lead to the obligor's inadequate capacity to meet its financial commitments on the obligation.
B	An obligation rated 'B' is more vulnerable to nonpayment than obligations rated 'BB', but the obligor currently has the capacity to meet its financial commitments on the obligation. Adverse business, financial, or economic conditions will likely impair the obligor's capacity or willingness to meet its financial commitments on the obligation.
CCC	An obligation rated 'CCC' is currently vulnerable to nonpayment and is dependent upon favorable business, financial, and economic conditions for the obligor to meet its financial commitments on the obligation. In the event of adverse business, financial, or economic conditions, the obligor is not likely to have the capacity to meet its financial commitments on the obligation.
CC	An obligation rated 'CC' is currently highly vulnerable to nonpayment. The 'CC' rating is used when a <i>default</i> has not yet occurred but S&P Global Ratings expects <i>default</i> to be a virtual certainty, regardless of the anticipated time to <i>default</i> .

C	An obligation rated 'C' is currently highly vulnerable to nonpayment, and the obligation is expected to have lower relative seniority or lower ultimate recovery compared with obligations that are rated higher.
D	An obligation rated 'D' is in <i>default</i> or in breach of an imputed promise. For non-hybrid capital instruments, the 'D' rating category is used when payments on an obligation are not made on the date due, unless S&P Global Ratings believes that such payments will be made within five business days in the absence of a stated grace period or within the earlier of the stated grace period or 30 calendar days. The 'D' rating also will be used upon the filing of a bankruptcy petition or the taking of similar action and where <i>default</i> on an obligation is a virtual certainty, for example due to automatic stay provisions. A rating on an obligation is lowered to 'D' if it is subject to a distressed exchange offer.
*Ratings from 'AA' to 'CCC' may be modified by the addition of a plus (+) or minus (-) sign to show relative standing within the rating categories.	

### Anexo G: Paso LGD de un Deudor a LGD Contraparte

Siguiendo una serie de pasos matemáticos se puede demostrar que la LGD de un deudor puede depender de la probabilidad de default de la contraparte. Se parte de la definición de LGD:

$$LGD = \mathbb{E}(Pérdida|Incumplimiento Deudor) = \mathbb{E}(Pérdida|ID)$$

Luego, si se condiciona esta expresión al incumplimiento de la otra contraparte (automotora, por ejemplo) y se asume independencia en los incumplimientos se tiene

$$\mathbb{E}(Pérdida|ID) = \mathbb{E}(Pérdida|ID \text{ y } IA) * \mathbb{P}(IA) + \mathbb{E}(Pérdida|ID \text{ y } \sim IA) * \mathbb{P}(\sim IA)$$

En donde  $\mathbb{E}(Pérdida|ID \text{ y } \sim IA)$  es cero pues no hay pérdida si la contraparte no cae en *default*. Luego, transformando la primera parte de la expresión,

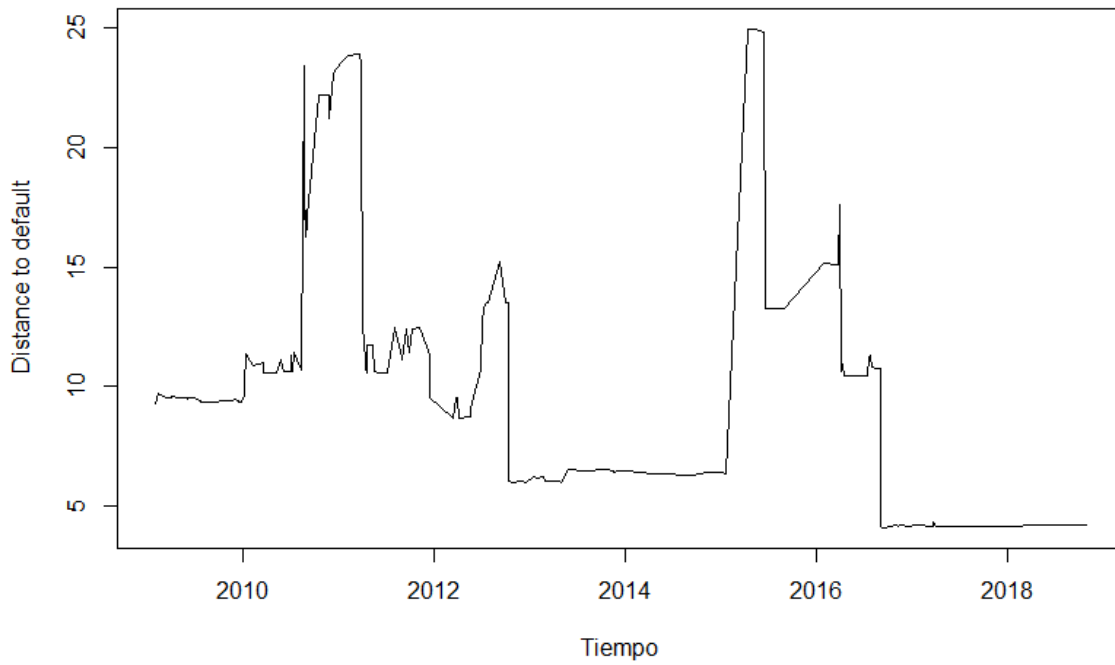
$$\mathbb{E}(Pérdida|ID) = (1 - \mathbb{E}(Recup A + Recup D|ID \text{ y } IA)) * \mathbb{P}(IA)$$

$$\mathbb{E}(Pérdida|ID) = (1 - RR_D - RR_A) * \mathbb{P}(IA)$$

Este último resultado es distinto de cero, por lo que el supuesto de que la LGD es 100% cuando la contraparte cae en default no es cierto.

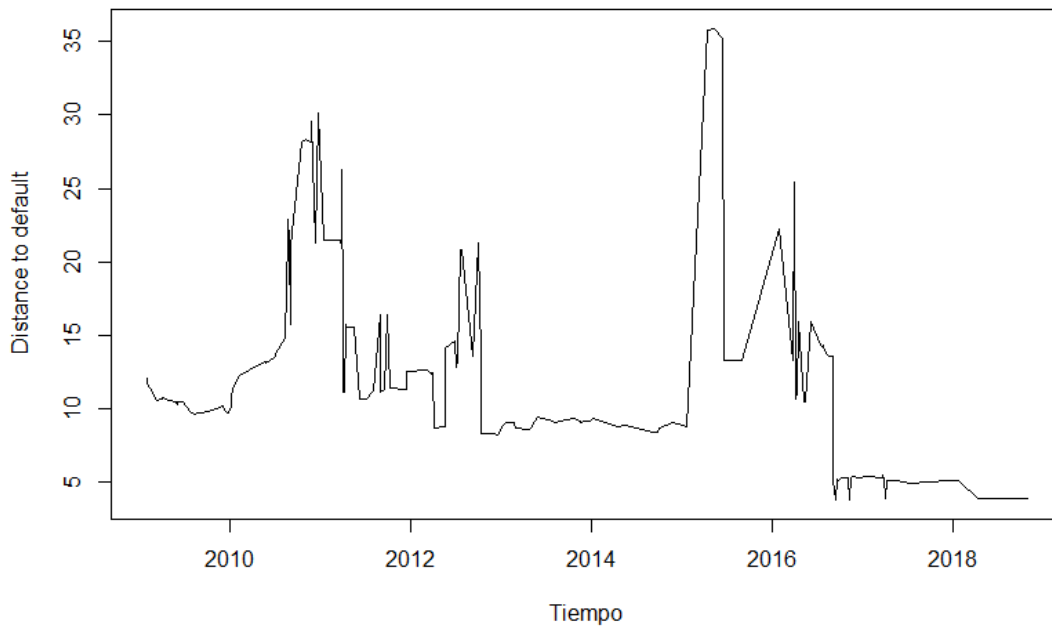
## Anexo H: Gráficos *Distance-to-Default*

**Distance to default en el tiempo, T= 1 año**



*Figura 20: Gráfico DtD en el tiempo para T=1 año*

**Distance to default en el tiempo, T= 5 años**



*Figura 21: Gráfico DtD en el tiempo para T=5 años*

## Anexo G: Extracto de Código

### Cartera hipotecaria

```
if (catdef=="fase1"){
  pd= glm12.probs[j]
  ead= (fondo1$mesesrestantes[j])*fondo1$dividendo[j]
  ead_i=EADi(cuota = fondo1$dividendo[j],plazo = fondo1$plazomeses[j],interes = interesm(inte
  ltv1=LTV(ead = ead_i[fondo1$meses[j]+12],mvc = fondo1$colat[j])
  lgd= LGD(ltv = ltv1,colat = fondo1$colat[j],mora = mora,escenario = k )
  dsct=curva_desc[1]
  ECL[j]= pd*ead*lgd*dsct
}
else{
  anos_restantes=round(fondo1$plazomeses[j]-fondo1$meses[j])/12
  aux_lgd=rep(0,anos_restantes)
  aux_pd=rep(0,anos_restantes)
  aux_ead=rep(0,anos_restantes)
  curva_pd=CURVAS(p12 = glm12.probs[j],plife = glm1life.probs[j],anos = anos_restantes)
  for (i in 1:(anos_restantes)){
    aux_pd[i]=curva_pd[i+1]-curva_pd[i]
    aux_pd[i]=aux_pd[i]*(1-curva_pd[i])
    aux_ead[i]= (fondo1$dividendo[j]*12)*(anos_restantes-i+1)
    eadi=EADi(cuota = fondo1$dividendo[j],plazo = fondo1$plazomeses[j],interes = interesm(inte
  ltv1=LTV(ead = aux_ead[i],mvc = fondo1$colat[j])
  lgd= LGD(ltv = ltv1,colat = fondo1$colat[j],mora = mora,escenario = k )
  dsct=curva_desc[1]
  ECL[j]= pd*ead*lgd*dsct
}
```

### DD

```
for (i in 1:length(DTD$Fecha)){
  results<-dtd(mcap = equity_value[i],debt = debt[i],vol = sigma[i],r = riskfree[i],Maturity = TE)
  fvalue[i]<-results[2]
  distance[i]<- results[1]
  sigmas[i]<-results[3]
  probs[i]<- dnorm(-distance[i])
}

plot(DTD$Fecha,probs, type= "l", xlab="Tiempo", ylab="Probabilidad de default", main="Probabilidad d
plot(DTD$Fecha,distance, type = "l", xlab = "Tiempo", ylab = "Distance to default", main= "Distance t

cop_macro2 <- read_excel("cop_macro3.xlsx",
  col_types = c("date", "numeric", "numeric",
               "numeric"))
```