



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES DE INCUMPLIMIENTO
UTILIZANDO INFORMACIÓN DE MERCADO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

MANUEL CAMARA INOSTROZA

**PROFESOR GUÍA:
JUAN PABLO RISCO RIOS**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
HERMAN BENNETT CONTZEN
MARCELA VALENZUELA BRAVO**

**SANTIAGO DE CHILE
2014**

Resumen Ejecutivo

Fecha: Enero 2014.

Autor: Manuel Camara I.

Semestre: Primavera 2013.

Prof. Guía: Juan Pablo Risco.

El problema de la estimación de probabilidades de incumplimiento es crucial para una adecuada administración del riesgo financiero en las empresas. En efecto con una buena estimación de dicha probabilidad es posible evaluar gran cantidad de activos financieros como también administrar adecuadamente las provisiones necesarias que cada empresa debe tener ante posibles imprevistos de liquidez.

En la literatura existen muchos modelos para estimar probabilidades de incumplimiento, pero para el segmento al que está enfocado esta memoria, que son las empresas Chilenas que cotizan en Bolsa, la aplicabilidad de estos modelos se reduce significativamente debido a la extensa data requerida y que muchas veces no está disponible, por lo que el objetivo de este trabajo es centrarse particularmente en la revisión, análisis y comparación empírica de los modelos estructurales de estimación de probabilidades de incumplimiento que utilizan información de mercado.

Las comparaciones de la aplicación empírica de los dos modelos estructurales, desarrollado en este trabajo, más el sistema de calificaciones de riesgo entregan resultados muy divergentes entre sí, principalmente por la naturaleza de los supuestos implicados por cada modelo, como la profundidad del mercado accionario y la liquidez del mercado de bonos en Chile. Esto hace concluir que cada uno de ellos por si solo no logra explicar de manera satisfactoria el verdadero riesgo de crédito de la empresa analizada, sino que cada uno de ellos contribuye parcialmente a entender y estimar el proceso de riesgo que enfrenta una empresa.

Toda empresa posee un riesgo de crédito y por lo tanto una probabilidad de incumplimiento asociada que da cuenta de este riesgo de crédito. En efecto, la probabilidad de incumplimiento de una empresa no se conoce y sólo se puede estimar de acuerdo a un modelo de riesgo crediticio. Como se ha visto, los diferentes modelos divergen entre sí porque cada uno de ellos considera el problema de estimar dicha probabilidad de una manera diferente, pero cada uno de una manera igualmente válida.

Finalmente este trabajo propone una idea práctica de cómo poder estimar dicha probabilidad, extrayendo lo mejor de los tres modelos de estimación de probabilidades de incumplimiento analizados en este trabajo. En concreto, si se utiliza el sistema de calificaciones como referencia, obteniendo de ahí una probabilidad promedio de incumplimiento y se le suma a ésta el incremento marginal equivalente al cociente entre la probabilidad en t y la probabilidad en $t - 1$ de los dos modelos estructurales, se obtendrá como resultado una probabilidad final que mantenga el nivel de las calificadoras de riesgo pero que a la vez incluya la volatilidad de los modelos estructurales, otorgándoles el dinamismo que reflejan las condiciones cambiantes en el entorno tanto interno como externo de la empresa analizada.

A mis padres Mónica y Manuel.

Agradecimientos.

En primer lugar agradezco a mi padres Mónica y Manuel por el inmenso apoyo que me han dado durante el transcurso de mi vida, en especial durante los difíciles últimos años de mi paso por la Universidad. Sin ellos, definitivamente no sería quien soy.

A mi tía Rosa, por su cercanía y compañía, las cuales aprecio y estoy enormemente agradecido.

A mi profesor guía Juan Pablo Risco, quien me apoyó y dirigió durante el transcurso de esta memoria.

1. Tabla de contenido

1. Introducción.....	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Elementos del Riesgo de Crédito.	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Riesgo de crédito.....	4
1.3.1 Concepto de Quiebra.	4
1.4 Modelos de riesgo crediticio.....	5
1.5 Justificación de la memoria.	6
2. Plan de trabajo.	7
3. Marco Conceptual.....	8
3.1 Conceptos relacionados con el modelo KMV-Merton.....	8
3.1.1 Proceso de Wiener.....	8
3.1.2 Proceso de Wiener generalizado: Movimiento Browniano aritmético.	8
3.1.3 Movimiento Browniano geométrico.	9
3.1.4 Comportamiento de los precios bursátiles.	9
3.1.5 El lema de Ito.	10
3.1.6 Ley de distribución de los precios bursátiles.	11
3.1.7 Opciones Financieras.	12
3.1.8 Ecuación diferencial de Black-Scholes.	13
3.1.9 Modelo Matemático de riesgo de crédito. Modelo de Merton.....	15
3.1.10 Acciones y Deuda corporativa tratadas como Opciones Financieras.	17
3.1.11 Modelo de medición de riesgo crediticio KMV-Merton.....	18
3.2 Conceptos relacionados con el modelos de los Bonos.....	20
3.2.1 Definición y características de un Bono.....	20
3.2.2 Rendimiento al vencimiento.....	20
3.2.3 Curva de rendimientos.	20
3.2.4 Tasas de interés en composición continua.	21
3.2.5 Rendimiento al vencimiento en composición continua.....	21
3.2.6 Curva de rendimientos en composición continua.	21
3.2.7 Precio de un Bono.	21
3.3 Escala de clasificación de riesgo.	22
4. Metodología.....	25
4.1 Metodología según el modelo de Merton.....	25
4.1.1 Estimación de la probabilidad de default.	29
4.2 Metodología según el método de los Bonos.	30
4.2.1 Estimación de la probabilidad de default.	31
5. Datos Utilizados.....	33
6. Resultados.	35
6.1 Banco de Chile.	35
6.2 Banco Santander Chile.....	36
6.3 Banco de Crédito e Inversiones.	38
6.4 SalfaCorp.....	39
6.5 Cencosud.....	40

6.6 Falabella.....	42
6.7 Ripley.....	43
6.8 Endesa.....	45
6.9 Colbún.....	46
7. Análisis de Resultados.....	47
7.1 Análisis comparativo de los modelos.....	51
7.2 Propuesta de un estimador de probabilidades de incumplimientos.....	54
8. Conclusiones.....	56
9. Bibliografía.....	57

1. Introducción

1.1 Introducción

El riesgo de crédito es la probabilidad de que, a su vencimiento, una entidad no haga frente, en parte o en su totalidad, a su obligación de devolver una deuda o rendimiento, acordado sobre un instrumento financiero, debido a quiebra, iliquidez o alguna otra razón (Chorafas, 2000). La evaluación del riesgo de crédito se basa en la probabilidad de que el prestatario o emisor del bono incumpla con sus obligaciones. Un factor importante en la ocurrencia del incumplimiento es su relación con los ciclos económicos, ya que este incumplimiento suele reducirse durante los periodos de expansión económica, al mantenerse tasas totales de impago bajas, mientras que sucede lo contrario en periodos de contracción económica.

Así mismo, las circunstancias particulares de una empresa que ha emitido deuda originan el llamado riesgo específico de crédito, y este no se relaciona con el ciclo económico, sino con los eventos particulares de la actividad de cada empresa, que pudieran afectar la capacidad de pago de sus compromisos adquiridos al fondearse a través de la emisión de bonos u otras obligaciones.

Una medida usual para calcular el riesgo específico de una empresa es a través de las calificaciones (rating¹). Esta medida es útil para clasificar compañías según su riesgo de crédito y es calculado por compañías externas y especializadas, como Standard & Poors, Moody's, Fitch, entre otras, analizando los estados financieros de las empresas.

1.1.1 Elementos del Riesgo de Crédito.

El riesgo de crédito puede analizarse en tres dimensiones básicas (Galicía, 2003):

- Riesgo de incumplimiento: Es la probabilidad de que se presente el no cumplimiento de una obligación de pago, el rompimiento de un acuerdo en el contrato de crédito o el incumplimiento económico. En este caso, generalmente las autoridades establecen plazos de gracia antes de poder declarar el incumplimiento de pago).
- Exposición: Es la incertidumbre respecto a los montos futuros en riesgo. El crédito debe amortizarse de acuerdo con fechas establecidas de pago y de esta manera será posible conocer anticipadamente el saldo remanente a una fecha determinada. Sin embargo, no todos los créditos cuentan con esta característica de gran importancia

¹ En el medio financiero, rating es la forma de denominar las calificaciones otorgadas por las agencias calificadoras especializadas.

para conocer el monto en riesgo. Tal es el caso de los créditos otorgados a través de tarjetas de crédito, líneas de crédito para capital de trabajo, líneas de crédito por sobregiro, etc., ya que los saldos en estas modalidades de crédito se modifican según las necesidades del cliente, los desembolsos se otorgan sin fecha fija contractual y no se conoce con exactitud el plazo de liquidación²; por ello se dificulta la estimación de los montos en riesgo.

- Recuperación: se origina por la existencia de un incumplimiento. No se puede predecir, puesto que depende del tipo de garantía que se haya recibido y de su situación al momento del incumplimiento. La existencia de una garantía minimiza el riesgo de crédito siempre y cuando sea de fácil y rápida realización a un valor que cubra el monto adeudado. En el caso de los avales, también existe incertidumbre, ya que no sólo se trata de una transferencia de riesgo en caso de incumplimiento del avalado, sino que podría suceder que el aval incumpla al mismo tiempo y se tuviera entonces una probabilidad conjunta de incumplimiento.

Los eventos que originan los riesgos de crédito son el incumplimiento y el deterioro de la calidad crediticia del acreditado, con lo cual el crédito migra a una categoría de calificación mas baja.

² Ya que se pueden hacer pagos anticipados cuando no existe alguna penalización que desaliente esta práctica.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Estimar probabilidades de incumplimiento de empresas que cotizan en el IPSA, mediante diferentes modelos que utilizan información de mercado, para establecer si realmente reflejan la verdadera situación crediticia de una empresa.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Estudiar el uso y como se aplican los modelos de estimación de probabilidades de incumplimiento.
- Estudiar en particular los modelos teóricos de estimación de probabilidades de incumplimiento, que utilizan información de mercado y aplicarlos en algunas empresas del mercado Chileno
- Testear la validez de los modelos aplicados y compararlos entre si, de modo de determinar si son consistentes o si parecen desviarse significativamente del sentido común en esta materia.

1.3 Riesgo de crédito.

El riesgo crediticio corresponde a la pérdida asociada al evento de que la contraparte (a la que se le otorga un crédito) no cumpla con algunas de las condiciones establecidas. Por ejemplo, si un banco otorga un crédito de consumo, existe la posibilidad de que el cliente en cuestión entre en morosidad. En el caso de un inversionista que adquiere un bono corporativo, el riesgo está en que existe la posibilidad de que el emisor no pueda pagar todos los flujos prometidos. Es decir, el riesgo crediticio es asumido por particulares, empresas e instituciones financieras.

El riesgo de crédito es una rama de la Economía Financiera que ha despertado gran interés en la academia. Las razones principales de este incremento en popularidad se pueden encontrar en la industria financiera. Con la formulación de la segunda versión del Acuerdo de Basilea en 2004 los bancos que cumplan condiciones mínimas requeridas pueden implementar “modelos internos de riesgo”. La esperanza de que estos modelos ofrezcan una mejor alternativa de cubrimiento de riesgo y, por tanto, permitan reducir el capital mínimo requerido, ha conducido a los bancos a destinar parte de sus recursos a la investigación y desarrollo de estos modelos.

Sin embargo la teoría de riesgo crediticio no solamente es aplicable para los bancos. A este mismo riesgo se enfrentan todos los agentes participantes en acuerdos contractuales que involucran compromiso de pago, ya que siempre existe la probabilidad de incumplimiento de la contraparte. Las empresas, por ejemplo, enfrentan riesgo de default en el evento que los recursos generados en su actividad no alcancen para hacer frente a sus compromisos de deuda con los acreedores, o de inversión con los accionistas. Al accionista y al acreedor les interesa conocer la probabilidad de que este evento ocurra. Sin embargo, la información contable y financiera de las empresas está basada en estados financieros tradicionales que cuentan solamente con datos pasados, por lo que la información disponible para los inversionistas es limitada e incapaz de ofrecer un panorama del futuro de la empresa.

1.3.1 Concepto de Quiebra.

En la literatura se encuentra una gran variedad de maneras de referirse a la quiebra. Por ejemplo Altman (y otros autores³) considera a las empresas quebradas cuando existe una declaración legal de quiebra, pero esta declaración de quiebra dependerá de la legislación en la que se está inserta. En el caso de Chile la ley de quiebras, ley 18.175 artículo 41 dice que “el deudor deberá solicitar la declaración de su quiebra antes de que transcurran 15 días contados de la fecha en que haya cesado en el pago de una obligación mercantil”. Es decir, en teoría una persona que cesa en el pago de una obligación mercantil, tiene quince días

³ Altman(1968), Deakind(1972), Ohlson(1930).

para declarar su propia quiebra, pero si se siguiera esa norma todas las empresas tendrían que declarar su propia quiebra. Es como una obligación legal que se le hace al comerciante, pero nadie la cumple, porque la naturaleza y el desarrollo del tráfico comercial esta en contradicción con esas obligaciones.

Por otro lado Pastena y Ruland (1986) mencionan dos maneras de definirse a la quiebra. Una de ellas es la insolvencia contable/económica y la otra es el incumplimiento. El incumplimiento se entiende como el evento en el cual una empresa no cumple con algún compromiso financiero en su integridad, ya sea a que no paga algún compromiso en el plazo acordado o que no paga el monto adeudado en su totalidad.

Por otro lado, con respecto a la insolvencia, existen dos conceptos independientes que vale la pena especificar. La insolvencia contable ocurre cuando una firma alcanza un patrimonio con valor negativo, vale decir que el valor contable de los activos es inferior al valor contable de los pasivos, mientras la insolvencia económica se refiere cuando el valor económico de los activos es menor al valor económico de los pasivos.

Zurita, en su estudio “la predicción de la insolvencia de empresas chilenas”, explica que la relación entre incumplimiento e insolvencia con la quiebra legal no es tan obvia. En efecto una empresa, a lo largo de su vida, puede tener un episodio de incumplimiento debido posiblemente a problemas de liquides transitorio, lo cual no implica necesariamente que la empresa esté en peligro de quebrar, o por el contrario, también se podría dar el caso de que una empresa quiebre sin pasar necesariamente por el incumplimiento.

1.4 Modelos de riesgo crediticio.

Se han diseñado varios modelos que buscan predecir la insolvencia y la quiebra de las empresas. No existe un único modelo y estándar para encontrar la probabilidad de default de una empresa, sino que en la literatura encontramos una amplia gama de modelos, sin que exista un claro consenso de cual es el optimo. Esto puede deberse en parte porque no existe una teoría económica propiamente dicha respecto al fracaso empresarial y en parte porque todas las empresas son diferentes unas a otras, así como el contexto (social, económico, legal y cultural) en el que se desenvuelven, por lo que los resultados de las distintas investigaciones son difíciles de generalizar. Este ultimo punto no es menor ya que existe una critica generalizada respecto de la falta de teoría económica subyacente a los modelos de predicción de quiebra.

Por otro lado es especialmente relevante la data real y disponible que se tiene para la aplicación de cada modelo, ya que varios modelos no son posibles de aplicar principalmente porque no se cuenta con la información necesaria disponible o porque no se cumplen las condiciones estadísticas y regulatorias necesarias para cada modelo.

Los modelos de predicción de quiebra son utilizados para una gama de propósitos, entre los que encontramos monitoreo de la solvencia de instituciones financieras y de empresas en

general, calificación de riesgo de las agencias aseguradoras, evaluación de préstamos, medición del riesgo de portfolios, valorización de swaps, fijación de precios de bonos, derivados de crédito y otros securities. Estas aplicaciones no son solo relevantes para inversionistas y agentes que se mueven en el sistema financiero en general, sino que son importantes para todos los agentes que componen una economía. Esto porque el evento de quiebra de una empresa involucra tanto a los inversionistas, accionistas, bonistas, administradores y trabajadores en todos los niveles y por lo tanto tiene un impacto en la sociedad en general, ya que trae aparejado desempleo y pérdida de ingresos.

Se pueden distinguir dos tipos de modelos a la hora de modelar el riesgo crediticio de una empresa: los modelos estadísticos y los modelos estructurales o teóricos. Los modelos estadísticos identifican variables entre las empresas que quebraron y las que no, con el fin de hacer un credit scoring a partir de análisis econométricos. De esta manera obtienen conclusiones a partir de la evidencia empírica, usando métodos estadísticos, sin un fundamento teórico. El segundo tipo, en cambio, se fundamenta en la teoría, es decir ocupa principios económicos y financieros para estructurar un modelo que estime probabilidades de incumplimiento. El mas conocido de estos modelos se fundamenta en la teoría de opciones de Merton, que permite calcular un “índice ordinal de distancia a la insolvencia”, el cual trae aparejada una probabilidad de incumplimiento.

Los modelos mas conocidos dentro del grupo de los modelos estadísticos se encuentran el indicador Z de Altman, mas conocido como Z -Score, que ha servido de base para posteriores modelos (logit, probit, Zeta, entre otros), el modelo Logit (Ohlson 1980) y dentro de los modelos estructurales se encuentra el modelo KMV de frecuencia de quiebra esperada, el cual es una aplicación de un modelos de opciones desarrollado por Robert Merton en 1973.

Para el caso de Chile no se encuentran muchos estudios que se refieran al tema de la predicción de bancarrota. La mayoría usa como metodología la regresión logit condicional o las redes neuronales, pero no obtienen muy buenos resultados debido principalmente a la poca disponibilidad de información para estimar modelos y a un sistema financiero poco profundo.

1.5 Justificación de la memoria.

En la actualidad, los modelos estadísticos de medición y monitoreo de riesgo de crédito son los mas populares y ampliamente utilizados en la industria, pero como se mencionaba en el punto anterior requieren de información extensa y detallada de los clientes, es decir es necesario tener información tanto de clientes buenos, como de clientes malos, (o en otras palabras, de clientes que han caído en default y que no).

Este trabajo tiene como objetivo estimar probabilidades de incumplimiento de las empresas que conforman el IPSA, pero todas estas son empresas grandes y sólidas, de las cuales no se tiene registro alguno de que alguna de ellas haya quebrado, lo cual es un gran inconveniente a la hora de aplicar un modelos estadístico a estas empresas.

Por otro lado, se requiere de extensa y variada data de dichas empresas, la cual lamentablemente tampoco se encuentra disponible para el caso de Chile. En Estados Unidos es posible debido a que se encuentra disponible información histórica de las empresas desde principios del siglo pasado, pero no es así para el caso Chileno.

Por esta razón, es que se hace necesario para el objetivo de este trabajo, buscar y comparar diferentes modelos de estimación de probabilidades, y en el caso de esta memoria, se utilizarán los modelos estructurales.

2. Plan de trabajo.

Este trabajo de investigación analiza el riesgo de crédito de algunas de las empresas del IPSA, basándose en modelos que utilizan información de mercado. Para ello se utilizan dos modelos estructurales o teóricos de predicción de quiebra. Uno de ellos es el modelo de distancia al default de Robert Merton, que aplica la teoría de opciones de Black – Scholes y Merton, en el cual las acciones de una firma son vistas como una opción call sobre los activos de la misma. El otro modelo estructural que se usa en este trabajo es un modelo que considera los Bonos de una empresa en un proceso en el cual dentro de un horizonte de tiempo la empresa puede entrar en default o no cesando el pago del principal del bono.

Para utilizar estos métodos es preciso que la empresa analizada se transe en la Bolsa de Comercio de Santiago y además que cuente con Bonos emitidos en el Mercado.

Paralelamente a lo anterior se utiliza las clasificaciones de riesgo otorgadas por las Calificadoras de Riesgo, las cuales entregan una “nota” que indica el nivel de solvencia y solidez de la compañía. Esta nota o calificación está asociada a una probabilidad de incumplimiento, la cual se comparará con las probabilidades de incumplimiento entregadas por los modelos estructurales para analizar si existen diferencias, si corresponden al mismo nivel y si realmente los métodos reflejan la verdadera situación de riesgo crediticio de la empresa.

Para introducir los conceptos matemáticos y la metodología de la estimación de la probabilidad de incumplimiento para una empresa que cuenta con las características antes mencionadas, se presenta a continuación un marco conceptual en donde se explican todos los conceptos utilizados, así como el detalle de los dos modelos estructurales antes mencionados.

3. Marco Conceptual.

3.1 Conceptos relacionados con el modelo KMV-Merton

3.1.1 Proceso de Wiener.

El proceso de Wiener es un proceso estocástico de tiempo continuo que se caracteriza por tener tres propiedades importantes:

1. Es un Proceso de Markov. Lo que significa que la distribución de probabilidad de todos los valores futuros del proceso depende únicamente de su valor actual. Por lo tanto, el valor actual del proceso es la única información necesaria para realizar la mejor estimación de su valor futuro. El proceso de Wiener es un tipo de proceso de Markov con media nula y varianza igual a la unidad.
2. Tiene incrementos independientes. Lo que significa que la distribución de probabilidad de los cambios en el proceso en cualquier intervalo temporal es independiente a la de cualquier otro intervalo.
3. Las variaciones en el proceso producidas en un intervalo finito de tiempo se distribuyen normalmente, con una varianza que aumenta linealmente con el tamaño del intervalo temporal.

$$\Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$
$$\varepsilon \sim N(0,1)$$

El proceso de Wiener no es estacionario porque a largo plazo su varianza tenderá a infinito. Si Δt tiende a ser infinitamente pequeño ($\Delta t \rightarrow 0$), el incremento en el proceso de Wiener dz , en tiempo continuo es igual a:

$$dz = \varepsilon \sqrt{dt}$$

3.1.2 Proceso de Wiener generalizado: Movimiento Browniano aritmético.

Este tipo de proceso es la generalización mas simple del proceso de Wiener estándar.

$$dx = a dt + b dz$$

donde a y b son constantes.

Para un intervalo muy pequeño (Δt), la variación de x , (Δx) será igual a:

$$\Delta x = a\Delta t + b\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

por tanto Δx tiene una distribución normal cuya media es igual a: $a\Delta t$ y una varianza igual a $b^2\Delta t$

3.1.3 Movimiento Browniano geométrico.

Es un proceso de Wiener generalizado en el que los parámetros a y b son, a su vez, funciones del valor de la propia variable y del tiempo, es decir, de x y de t .

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz$$

3.1.4 Comportamiento de los precios bursátiles.

Se supone que los precios siguen un proceso de Wiener generalizado, es decir, que tienen una tendencia y una varianza constante. Sin embargo, el modelo no contiene un aspecto clave: la tasa de rendimiento mínima exigida por los inversores no depende de su precio. Por lo tanto, el supuesto de la tendencia constante debe ser sustituida por la tasa de rendimiento esperada (es decir, la tendencia esperada en valor absoluto dividida por el precio de la acción). Así, si S_t es el precio en el momento t , la tendencia esperada para S_t debería ser μS_t , donde μ indica la tasa de rendimiento esperada del activo. Por tanto, para un corto intervalo de tiempo (Δt) el incremento esperado será $\mu S_t \Delta t$.

Si la volatilidad del precio de la acción fuese cero, entonces el incremento en el valor del precio ΔS_t sería igual a $\mu S_t \Delta t$; y si $\Delta t \rightarrow 0$ entonces:

$$dS = \mu S_t dt \quad \Rightarrow \quad S_t = S_0 e^{\mu t}$$

donde S_t y S_0 indican el precio de la acción en el momento T y en el 0. Así, pues, si la varianza es nula el precio de la acción crecerá continuamente a una tasa compuesta μ por unidad de tiempo.

En la práctica, la volatilidad no es nula. Un supuesto razonable es que la variabilidad del rendimiento esperado en un corto plazo de tiempo (Δt) sea la misma sin importar el precio del activo. Esto implica que la desviación típica de la variación del rendimiento, en un corto

plazo de tiempo (Δt), debe ser proporcional al precio de la acción. Luego el modelo puede expresarse así:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

3.1.5 El lema de Ito.

Uno de los resultados mas importantes del calculo estocástico es el denominado lema de Ito, que permite determinar el comportamiento de una variable que sea, a su vez, función de otra variable que siga un proceso de difusión de Ito. Podríamos considerarlo como el equivalente estocástico de la “regla de la cadena” y podemos enunciarlo como sigue.

Sea $X(t)$ una variable que sigue un proceso de difusión de la forma.

$$dX(t) = \alpha(X(t), t)dt + \sigma(X(t), t)dW(t)$$

donde $dW(t)$ es un proceso de Wiener y $\alpha(\cdot)$ y $\sigma(\cdot)$ son funciones de $X(t)$ y t .

Sea f una nueva variable definida como:

$$f(X, t): \quad \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

tal que $\partial f(X, t)/\partial t$, $\partial f(X, t)/\partial X$, y $\partial^2 f(X, t)/\partial X^2$, existan y sean continuas. Entonces, la dinámica de f estará gobernada por una ecuación diferencial estocástica de la forma.

$$df(X(t), t) = \left[\frac{\partial f}{\partial X} \alpha(X(t), t) + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} \sigma(X(t), t)^2 \right] dt + \left[\frac{\partial f}{\partial X} \sigma(X(t), t) \right] dW(t)$$

Así pues, la variable f sigue, a su vez, un proceso de Ito, en el que la variación esperada en t para un periodo de tiempo de amplitud Δt es:

$$E_t[\Delta f(X(t), t)] = \left[\frac{\partial f}{\partial X} \alpha(X(t), t) + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial X^2} \sigma(X(t), t)^2 \right] \Delta t$$

y la varianza condicionada en t de $f(t + \Delta t)$ es:

$$Var_t[\Delta f(X(t), t)] = \left[\frac{\partial f}{\partial X} \sigma(X(t), t) \right]^2 \Delta t$$

3.1.6 Ley de distribución de los precios bursátiles.

Si suponemos que el precio de una acción sigue un Movimiento browniano Geométrico, como el siguiente:

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dW(t)$$

y aplicamos el lema de Ito a la variable $Y(S(t), t) = \ln [S(t)]$, entonces se tendrá que la variable $Y(S(t), t)$ seguirá un proceso de Ito cuya variación esperada en t por unidad de tiempo vendrá dada por la expresión:

$$\frac{\partial Y}{\partial S} \mu S(t) + \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y}{\partial S^2} \sigma^2 S(t)^2 = \mu - \frac{1}{2} \sigma^2$$

y la varianza condicionada en t por unidad de tiempo.

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial S} \sigma S(t) \right]^2 = \sigma^2$$

Por lo tanto la nueva variable $Y(t)$ sigue un proceso de Ito gobernado por la siguiente ecuación diferencial:

$$dY(t) = \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma^2 dW(t)$$

al ser $(\mu - 1/2 \sigma^2)$ y σ^2 constantes, $Y(t) = \ln[S(t)]$ sigue un movimiento browniano aritmético.

De las propiedades de estos últimos se deduce, pues, que la función de distribución condicionada en t de $Y(t+T) = \ln[S(t+T)]$ es una normal con media $Y(t) + [\mu - 1/2 \sigma^2]T$ y varianza $\sigma^2 T$, es decir.

$$\ln(S(t+T)) - \ln(S(t)) \sim N \left[\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T; \sigma^2 T \right]$$

si asumimos la hipótesis de que el precio de una acción sigue un movimiento browniano geométrico, entonces el precio de las acciones en una fecha futura $t + T$ es una variable aleatoria con una función de distribución condicionada lognormal. Por tanto de las propiedades de la función de distribución lognormal se deduce que el valor esperado en t del precio de la acción en $t + T$ será.

$$E_t[S(t + T)] = S_t e^{\mu T}$$

y su varianza condicionada.

$$Var_t[S(t + T)] = S_t^2 e^{2\mu T} (e^{\sigma^2 T} - 1)$$

3.1.7 Opciones Financieras.

Una opción financiera es un instrumento financiero derivado que se establece en un contrato que da a su comprador el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender bienes o valores (acciones, bonos, índices bursátiles) a un precio determinado (strike o precio de ejercicio), hasta una fecha concreta (vencimiento). Existen dos tipos de opciones: call (opción de compra) y put (opción de venta).

Los modelos de valoración de opciones fueron muy simples e incompletos hasta 1973, cuando Fisher Black, Myron Scholes y Robert C. Merton publicaron el modelo de valoración de Black-Scholes-Merton que da valores teóricos para opciones put y call Europeas (aquellas que solo pueden ejercerse al final del periodo) sobre acciones que no pagan dividendos.

El valor o prima de una opción se puede definir como el valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente. Formalmente se calcula por las expresiones.

$$V_c = \text{Max}[0, S - E] \quad \text{Para una opción de compra.}$$

$$V_p = \text{Max}[0, E - S] \quad \text{Para una opción de venta.}$$

Siendo:

$V_c; V_p$ = Valor intrínseco de una opción de compra y una opción de venta.

S = Precio del activo subyacente.

E = Precio de ejercicio.

3.1.8 Ecuación diferencial de Black-Scholes.

Los supuestos hechos por Black y Scholes cuando derivaron su fórmula de valoración de opciones fueron los siguientes:

El comportamiento del precio de las acciones corresponde de las acciones corresponde al modelo lognormal desarrollado anteriormente con μ y σ constantes.

No hay costes de transacción o impuestos . todos los activos financieros son perfectamente divisibles.

No hay dividendos sobre las acciones durante la vida de la opción .

No hay oportunidades de arbitraje libres de riesgo.

La negociación de valores financieros es continua.

Los inversores pueden prestar y pedir prestado al mismo tipo de interés libre de riesgo.

El tipo de interés libre de riesgo a corto plazo, r , es constante.

Algunos de los supuestos han sido modificados por otros investigadores. Por ejemplo se pueden utilizar variaciones en la formula de Black-Scholes cuando r y σ son funciones del tiempo T .

El precio de la acción sigue un Movimiento Browniano Geométrico.

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta z$$

Llamamos f al proceso que sigue la opción, y como se sabe que la opción es una función del precio del subyacente (acción), aplicamos el Lema de Ito.

$$\Delta f = \left[\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right] \Delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z$$

El análisis de Black y Scholes es un análisis de no arbitraje. Primero se establece una cartera libre de riesgo consistente en una posición en la opción y una posición en las acciones subyacentes para eliminar la incertidumbre.

Se forma la cartera:

-1 : Derivado.

$+\frac{\partial f}{\partial S}$: Acciones.

El valor de la cartera Π viene dado por:

$$\Pi = -f + \frac{\partial f}{\partial S} S$$

El cambio en el valor del tiempo Δt viene dado por:

$$\Delta\Pi = -\Delta f + \frac{\partial f}{\partial S} \Delta S$$

La rentabilidad de la cartera debe ser la rentabilidad del activo libre de riesgo:

$$\Delta\Pi = r\Pi\Delta t$$

Sustituyendo Δf y ΔS se obtiene la ecuación diferencial de Black-Sholes.

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf$$

Cualquier activo cuyo precio depende del precio de una acción satisface la ecuación anterior, por lo que las características particulares del activo que esté siendo valorado serán introducidas a través de las condiciones de contorno.

En un contrato forward la condición de contorno es:

$$f = S - K \quad \text{siendo } t = T.$$

La solución a la ecuación es

$$f = S - Ke^{-r(T-t)}$$

Para el caso de una opción de compra y de una opción de venta, las condiciones de borde son respectivamente:

$$V_c = \text{Max}[0, S - E] \quad \text{Para una opción de compra.}$$

$$V_p = \text{Max}[0, E - S] \quad \text{Para una opción de venta.}$$

De modo que la solución de la ecuación diferencial anterior es:

$$c = S_0 N(d_1) - E e^{-rT} N(d_2) \quad \text{Para una opción call.}$$

$$p = E e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad \text{Para una opción Put.}$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$N(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$$

3.1.9 Modelo Matemático de riesgo de crédito. Modelo de Merton.

En los modelos estructurales de riesgo de default se identifican condiciones bajo las cuales se espera que los agentes entren en default y posteriormente se estima la probabilidad de que estas condiciones ocurran. Merton propone un modelo en el que relaciona el riesgo de default con la estructura de capital de las empresas. Según Merton una empresa con responsabilidad limitada entrará en default cuando el valor de los activos sea inferior al valor de los pasivos. De la identidad contable $Activos = Pasivos + Patrimonio$, y del supuesto según el cual los accionistas reciben el valor residual de la empresa, si los pasivos superan el valor de los activos, el valor del patrimonio será nulo y se espera, por tanto, que la empresa ejerza la opción de declararse en default. Esta opción que tiene la empresa se puede evaluar a través de la teoría de opciones financieras.

Por esta razón estos modelos son denominados frecuentemente modelos teóricos de opciones financieras o de pasivo contingente. La premisa principal de los modelos de Merton es que el default ocurrirá si el valor de los activos cae por debajo de un punto crítico asociado al valor de los pasivos. El modelo original de Merton considera los pasivos de la empresa como un bono cero cupón con fecha de maduración en T y valor facial K . Por tanto no hay pago de cupones, el único pago tendrá lugar en el periodo T y los directivos de la empresa esperarán hasta T antes de decidir si se declaran en default o no. De acuerdo a esto, la probabilidad de default es la probabilidad de que en el periodo T el valor de los activos sea inferior al valor de los pasivos.

Para estimar la probabilidad de default se necesita principalmente el valor de los pasivos y de los activos. Ya que los pasivos se consideran como un bono cero cupón, y además se suponen fijos en el corto plazo (es decir, hasta T). Este valor se puede observar de los estados financieros. Para estimar el valor de los activos en el corto plazo, el cual no se supone fijo, se necesita especificar su distribución de probabilidad en T . Se supone que el valor de los activos, que para este caso se llamará V , sigue una distribución Log-normal. El cambio anual esperado el valor del logaritmo de los activos está determinado por $\mu - \sigma^2 / 2$ donde μ es la media y σ es la volatilidad de los activos .

Siendo t el periodo actual, el logaritmo del valor de los activos sigue en T una distribución normal con los siguientes parámetros.

$$\ln V_T \sim N \left(\ln V_t + \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) (T - t); \sigma \sqrt{T - t} \right)$$

Esto implica que:

$$\frac{\ln V_T - \ln V_t - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \sim N(0,1)$$

La probabilidad de default según Merton es la probabilidad de que el valor de los activos sea inferior al valor de los pasivos. Matemáticamente se escribe como:

$$P(\text{default}) = P(V_T < K)$$

$$P(\text{default}) = P(\ln V_T < \ln K)$$

$$P(\text{default}) = P\left[\frac{\ln V_T - \ln V_t - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} < \frac{\ln K - \ln V_t - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}\right]$$

$$P(\text{default}) = P\left[z < \frac{\ln K - \ln V_t - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}\right] \quad z \sim N(0,1)$$

$$P(\text{default}) = N\left[\frac{\ln K - \ln V_t - \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}\right]$$

Usualmente se utiliza el término de distancia al default (DD) para describir el número de desviaciones estándar que separan al valor del activo del punto de default. Por tanto se puede reescribir la fórmula como:

$$DD = \frac{\ln V_t - \ln K + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$P(\text{default}) = N(-DD)$$

Si se conoce el valor de las variables y parámetros, la estimación de la probabilidad de default se puede hacer fácilmente. Sin embargo V_t , que corresponde al valor actual de mercado de los activos, no es una variable observable. Lo que se puede observar es el valor en libros del activo, pero lo que se necesita conocer es el valor de mercado de los activos.

Si no se conoce V_t , tampoco se conoce σ y por lo tanto no se pueden ocupar las formulas anteriores para determinar la probabilidad de default.

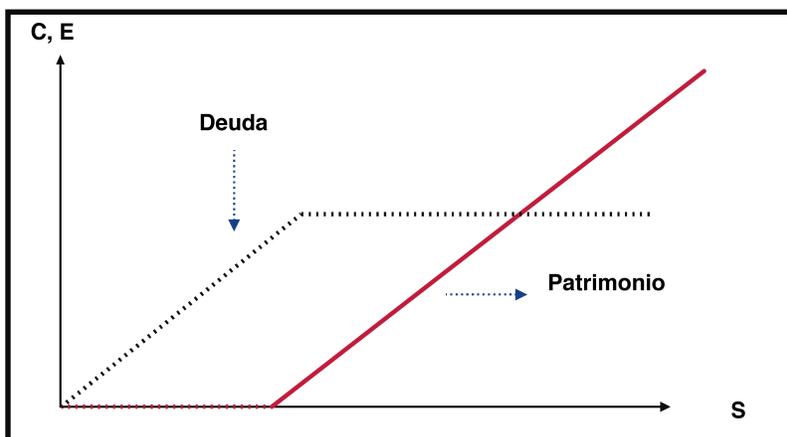
La aplicación de la teoría de opciones financieras en la estimación del riesgo de default es útil porque establece una relación entre las variables no observables (V_t, σ) y variables observadas. De una empresa que cotice sus acciones en la bolsa de comercio, se puede determinar el valor de su patrimonio multiplicando el valor de la acción por el número de acciones que tiene la compañía.

3.1.10 Acciones y Deuda corporativa tratadas como Opciones Financieras.

Merton establece una relación entre la teoría de valuación de opciones financieras y la estructura de capital de las empresas. Esto permite observar el valor de mercado de las acciones y el valor nominal de los pasivos como opciones financieras sobre el valor de los activos de la empresa.

La empresa emite dos tipos de responsabilidades sobre el valor de sus activos: acciones y deuda. En la siguiente figura observamos estos componentes del valor de la empresa .

Ilustración 1. Funciones de Pago Modelo KMV-MERTON



Fuente: Elaboración Propia.

Merton representa la acción como una opción call comprada por los accionistas y la deuda como una opción put vendida por los acreedores, siendo K el precio de ejercicio en los dos casos.

Al realizar la analogía entre una opción call y la estructura de capital de las empresas, el valor de la opción C es el valor de mercado de las acciones y el precio spot es el valor de

mercado de los activos (que se representará con la variable V). En el periodo T , en ausencia de costos asociados a la declaración de bancarrota, impuestos o excepción de los mismos por cuenta de la emisión de nueva deuda, se establece entonces la siguiente relación entre el valor de las acciones C_T y el valor de los activos V_T .

$$C_T = \text{Max}[V_T - K, 0]$$

Ya que los pasivos se atienden prioritariamente, si el valor de los activos V_T supera el valor nominal de los pasivos K , las acciones tomarán un valor positivo y su valor se incrementará linealmente con incrementos en el valor de los activos. Si el valor de los pasivos supera el valor de los activos, la empresa estará en quiebra y los activos pasarán a mano de los acreedores, por tanto las acciones tendrán un valor nulo y los accionistas no ejercerán su opción de compra.

El pago en la fecha de maduración T de la deuda (B_T) es:

$$B_T = V_T - C_T = V_T - \text{Max}[V_T - K, 0] = \text{Min}[V_T, K]$$

El pago del bono está determinado por el valor de los pasivos menos la opción de venta (opción put) sobre el valor de la compañía. Podemos determinar dos escenarios: primero, el titular de la deuda recibe en T la deuda pactada, es decir K , ya que en T la empresa no ejerce el derecho de venta dado que el valor de los activos supera el valor de los pasivos; en el segundo escenario, el titular de la deuda recibe un valor inferior a la deuda pactada, ya que la empresa ejerce la opción de venta sobre el valor de la compañía dado que los pasivos superan el valor de los activos en T .

3.1.11 Modelo de medición de riesgo crediticio KMV-Merton.

Los modelos estructurales tratan de modelar los activos y pasivos de una empresa enfocándose en eventos económicos-financieros que provocan un incumplimiento. El punto de incumplimiento ocurre cuando el valor de los activos cae por debajo del valor libro de la deuda, haciendo que el emisor tenga dificultades para cumplir con sus compromisos.

Debido a que los activos de una empresa no son directamente observables, se utilizan como insumos del modelo el valor de la deuda extraída del balance general, así como el valor del patrimonio y su volatilidad inferidos a partir del precio de las acciones cotizadas en bolsa. Posteriormente en base al modelo de valoración de opciones de Black y Scholes se deduce el valor de los activos y su volatilidad para posteriormente obtener la probabilidad de incumplimiento.

Los supuestos mas importantes que considera el modelo KMV-Merton son los siguientes.

- I. No existen costos de transacción.
- II. No existen impuestos.
- III. Divisibilidad infinita de los activos.
- IV. Acceso a la información sin costo.
- V. Transacciones realizadas en el mercado continuamente.
- VI. No existen pagos de dividendos.
- VII. No existen recompras de acciones.
- VIII. No existe pago de cupones (deuda cupón cero).
- IX. No existe ley de banca rota a la cual acogerse.
- X. Se asumen tasas de interés constantes.

Con base a los supuestos anteriores, el modelo asume que la empresa presenta de manera general la estructura de deuda y patrimonio o patrimonio residual (diferencia entre activos y pasivos) y que toda la deuda tiene un periodo de maduración de $T - t$ años al momento t , y donde T representa el periodo de maduración de toda la deuda emitida.

Acudiendo a la valoración de opciones de Black-Scholes, el modelo de KMV-Merton intenta inferir el valor de los activos de la empresa por medio de la estimación de la volatilidad del patrimonio y del valor del mismo, para posteriormente obtener la probabilidad de incumplimiento o default.

Ya que la acción se puede asimilar como una opción call sobre el valor de los activos, el valor de la acción está dado por la formula de Black-Scholes.

$$C = call = VN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$$

Donde los $N(d_i)$ son funciones de probabilidad acumulada para una distribución normal estándar, y:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Se puede observar que, en la práctica, esta aplicación es diferente de la del modelo de Black y Scholes, en el que se toma el valor de V y σ , y se resuelve el valor de la opción. En el modelo de Merton se observa el valor de mercado de la firma C y se debe inferir el valor de V y su volatilidad.

3.2 Conceptos relacionados con el modelos de los Bonos.

3.2.1 Definición y características de un Bono.

Un bono es un instrumento de deuda que utilizan las empresas para financiarse, es decir para captar dinero y realizar sus planes de inversión. La ventaja que tienen los bonos es que su costo de financiamiento es menor a otras alternativas de levantamiento de capital como los créditos con instituciones financieras o los aumentos de capital.

Un bono, es entonces, una promesa de pago hacia los tenedores de los bonos, en donde la empresa se compromete a pagar el principal adeudado mas unos intereses previamente acordados. Estos intereses pueden pagarse junto con el principal en una sola cuota al vencimiento del Bono (Bono cero cupón) o bien pueden pagarse en cuotas periódicas durante la vida del Bono (Bono Bullet).

Por lo general los Bonos corporativos son de tipo Bullet, debido a que el vencimiento de este tipo de bonos es a muy largo plazo (10, 15 o hasta 30 años), por lo que los tenedores de Bonos reciben los intereses semestralmente o anualmente durante la vida del Bono.

3.2.2 Rendimiento al vencimiento.

El rendimiento al vencimiento será la tasa interna de retorno de un bono cupón cero con nominal igual a la unidad. Es decir, si el precio de un bono cupón cero es P_c , τ el tiempo a vencimiento y s su tasa interna de retorno, se tendrá:

$$P_c = \frac{1}{(1 + s)^\tau}$$

En consecuencia, el rendimiento a vencimiento será:

$$s = \left[\frac{1}{P_c} \right]^{\frac{1}{\tau}} - 1$$

3.2.3 Curva de rendimientos.

Expresará el rendimiento a vencimiento en función del tiempo a vencimiento. Ya que se trata de una función, se introduce la notación de la siguiente manera:

$$y : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$\tau \rightarrow y(\tau) = \left[\frac{1}{P(\tau)} \right]^{\frac{1}{\tau}} - 1$$

Donde:

- τ es el tiempo de vencimiento.
- $y(\tau)$ el rendimiento a vencimiento asociado a τ .

3.2.4 Tasas de interés en composición continua.

Generalmente, en teoría financiera se trabaja en tiempo continuo, por lo cual, se hace necesario calcular las tasas de interés en composición continua.

Si p es una tasa de interés en tiempo continuo, q es una tasa de interés en tiempo discreto y ambas tasas están asociadas a un mismo tiempo a vencimiento, la siguiente expresión relaciona ambas tasas:

$$p = \ln(1 + q)$$

3.2.5 Rendimiento al vencimiento en composición continua.

Será el equivalente en tiempo continuo del rendimiento a vencimiento. Si s es el rendimiento a vencimiento, entonces, por la igualdad anterior, el rendimiento a vencimiento w en composición continua será:

$$w = \ln(1 + s)$$

3.2.6 Curva de rendimientos en composición continua.

Se expresará a través de la siguiente función:

$$R : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}$$
$$\tau \rightarrow R(\tau) = \ln(1 + y(\tau))$$

Cuando sea necesario señalar a que instante de tiempo t corresponde la curva se utilizará la notación $R_t(\tau)$

3.2.7 Precio de un Bono.

Se utilizará la siguiente notación para los elementos del bono:

- c_i : Corresponderá al i -ésimo cupón.

- τ_i : Corresponde al tiempo a vencimiento del i -ésimo cupón.
- N : Nominal.
- τ_N : Corresponderá al tiempo a vencimiento del nominal.
- P : Precio.

Luego el precio del Bono será:

$$P = \left[\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{(1 + y(\tau_i))^{\tau_i}} \right] + \frac{N}{(1 + y(\tau_N))^{\tau_N}}$$

3.3 Escala de clasificación de riesgo.

Las calificadoras de riesgo como Standard & Poors, Moody's y Fitch, se dedican a estudiar la salud financiera de las empresas otorgándoles una calificación que da cuenta de su capacidad de pago para hacer frente a sus obligaciones.

Las calificadoras de riesgo usan por lo general un grupo de métodos denominados "modelos de ratios financieros o de Z-scoring", para evaluar a las empresas. Para ello se basan en la experiencia pasada para definir variables y ajustar modelos de riesgo crediticio para poder otorgar una calificación.

Las combinaciones de ciertas razones financieras y variables de flujo de efectivo son las que normalmente se consideran como indicadores posibles de incumplimiento. Dichas variables se evalúan en un modelo para estimar un puntaje Z , que finalmente se podrá traducir a una calificación (y la calificación se podrá traducir a una probabilidad de incumplimiento)

Un ejemplo de un modelo estadístico o de puntaje Z utilizado por las calificadoras de riesgo puede ser el siguiente:

$$Z = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5$$

Donde los parámetros a, b, c, d, e corresponden a cada sector de la economía o grupo de empresas que estén relacionadas y las variables X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 son razones financieras construidas a partir de la información contenida en los estados financieros y balance general mas reciente de la empresa. Dichas razones financieras son las siguientes:

$X_1 = (\text{activos circulantes} - \text{pasivos circulantes})/\text{activos totales}.$

$X_2 = \text{Utilidades Retenidas}/ \text{activos totales}.$

$X_3 = \text{Ganancias antes de intereses e impuestos} / \text{activos totales}.$

$X_4 = \text{Valor de mercado del capital contable} / \text{valor en libros de pasivos totales}.$

$X_5 = \text{Ventas} / \text{activos totales}.$

Cualquier empresa con un puntaje Z por debajo de 1,8 es un candidato probable para incumplimiento, y cuanto mas baja sea el puntaje, mayores serán las probabilidades. Las empresas con puntajes Z entre 1,81 y 2,99 tienen una baja probabilidad de incumplimiento, mientras que las que están por encima de 2,99 es improbable de que incumplan pagos.

Existen varias escalas de calificación crediticia dependiendo de la agencia calificadora que las emita. La Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras a elaborado una tabla comparativa que establece una equivalencia entre ellas. Dicha tabla se muestra a continuación.

Ilustración 2. Escala de Clasificación de Riesgo.

	Standard & Poors	Moody's	Fitch	
Mayor calidad	AAA	Aaa	AAA	↑ Investment grade
Alta calidad	AA+	Aa1	AA+	
	AA	Aa2	AA	
Fuerte capacidad de pago	AA-	Aa3	AA-	
	A+	A1	A+	
	A	A2	A	
Capacidad adecuada de pago	A-	A3	A-	
	BBB+	Baa1	BBB+	
	BBB	Baa2	BBB	
	BBB-	Baa3	BBB-	
Probablemente cumplirá obligaciones pero hay incertidumbre	BB+	Ba1	BB+	↑ Non-investment grade
	BB	Ba2	BB	
	B-	Ba3	B-	
Alto riesgo	B+	B1	B+	
	B	B2	B	
	B-	B3	B-	
Vulnerabilidad y posible quiebra	CCC+	Caa	CCC	
	CCC			
	CCC-			
	CC	Ca	CC	
Quiebra	C		C	
	D	D	D	

Fuente: SBIF.

Mientras que también existe una probabilidad de incumplimiento o “ponderador de riesgo” estándar para cada una de las clasificaciones. Dicha equivalencia se muestra en la siguiente tabla.

Ilustración 3. Probabilidades de incumplimiento históricas asociadas a cada Calificación.

Años Después de la emisión	Calificación Original						
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,87%	1,31%
2	0,00%	0,00%	0,30%	0,57%	0,93%	3,22%	4%
3	0,00%	1,11%	0,60%	0,85%	1,36%	9,41%	19,72%
4	0,00%	1,42%	0,65%	1,34%	3,98%	16,37%	36,67%
5	0,00%	1,70%	0,65%	1,54%	5,93%	20,87%	38,08%
6	0,14%	1,70%	0,73%	1,81%	7,38%	26,48%	40,58%
7	0,19%	1,91%	0,87%	2,70%	10,91%	29,62%	NA
8	0,19%	1,93%	0,94%	2,83%	10,91%	31,74%	NA
9	0,19%	2,01%	1,28%	2,99%	10,91%	39,38%	NA
10	0,19%	2,11%	1,28%	3,85%	13,86%	40,86%	NA

Fuente: Edward I. Altman, “Default and Returns on High-Yield Bonds through the First Half of 1991”

4. Metodología.

4.1 Metodología según el modelo de Merton.

Este trabajo de investigación aplica el modelo de Merton como herramienta para evaluar el riesgo de default dentro de un año de varias de las empresas que conforman el índice IPSA y compararlo con la información proporcionada por las clasificadoras de riesgo, las cuales utilizan principalmente análisis fundamental, así como también con la prima por riesgo obtenida del rendimiento de los bonos corporativos emitidos por estas empresas.

Para estimar el valor de mercado de los activos y su volatilidad se utilizará un método iterativo a través de la fórmula del modelo de Merton.

Una vez estimados los valores de los activos en el tiempo se estimará la probabilidad de default de la empresa como función del tiempo calculando el índice DD (Distancia al default) descrito anteriormente en el marco teórico.

Una vez calculadas las probabilidades de default mediante el método de Merton, se procederá a compararlos con otros métodos como los proporcionados por el retorno que entregan los bonos corporativos de estas empresas y se procederá a identificar diferencias y similitudes así como tratar de explicar a que se deben estas posibles diferencias y si efectivamente el modelo de Merton entrega información adicional y valiosa a la información de la clasificación que ya se tiene de la empresa analizada.

El procedimiento consiste en utilizar la fórmula de una call, la cual es:

$$C_t = call = V_t N(d_{1,t}) - K_t e^{-r_t(T-t)} N(d_{2,t})$$

Donde:

$$d_{1,t} = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{K_t}\right) + \left(r_t + \frac{1}{2}\sigma_t^2\right)T}{\sigma_t\sqrt{T}}$$
$$d_{2,t} = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{K_t}\right) + \left(r_t - \frac{1}{2}\sigma_t^2\right)T}{\sigma_t\sqrt{T}} = d_{1,t} - \sigma_t\sqrt{T}$$

Y adaptarla según el modelo de Merton en donde:

C_t = valor de mercado de las acciones de la empresa. Las empresas que se analizan en el presente trabajo cotizan en la Bolsa de Comercio de Santiago, por lo tanto la serie histórica

del valor de mercado de las acciones es observable y será calculado como el precio de las acciones multiplicado por el número de acciones que posee la compañía.

Se puede observar en la fórmula anterior que el valor nominal de los pasivos K_t y la tasa libre de riesgo r_t cambian en el tiempo. El hecho de utilizar estas variables cambiando en el tiempo es inconsistente con los supuestos del modelo original de Merton, en el cual las dos variables se asumen constantes. Sin embargo, según esta metodología se espera obtener un resultado más realista, ya que se utiliza información que el mercado tiene en un periodo determinado.

K_t = Valor nominal del pasivo. La serie histórica del valor nominal del pasivo, se tomará de los balances generales de las empresas, los cuales se presentan trimestralmente (y en algunas empresas mensualmente). Por tanto se tomará este valor observado y se asumirá que el valor del pasivo se modifica trimestralmente (o mensualmente).

r_t = Tasa libre de riesgo. Corresponde a la serie histórica de la tasa libre de riesgo a 1 año de los Bonos del Banco Central de Chile.

$\tau = T - t$ = Tiempo que falta para el vencimiento de la opción. T es la fecha al vencimiento y t es el momento del tiempo en el que se está haciendo la valoración.

$N(d_{i,t})$ = Función de distribución acumulada para una distribución normal estándar.

σ_i = Volatilidad del activo.

V_i = Valor de los activos.

Como se requiere estimar el valor de mercado de los activos, se debe reordenar la fórmula de Black y Scholes. Esta fórmula es utilizada por Merton para determinar el valor de mercado de los activos a partir del valor de mercado de las acciones.

$$V_t = \frac{C_t + K_t e^{-r_t(T-t)} N(d_{2,t})}{N(d_{1,t})}$$

Si se itera hacia el pasado, por ejemplo 245 días de negociación (245 días hábiles promedio en un año).

$$V_t = \frac{C_t + K_t e^{-r_t(T-t)} N(d_{2,t})}{N(d_{1,t})}$$

$$\begin{aligned}
V_{t-1} &= \frac{C_{t-1} + K_{t-1} e^{-r_{t-1}(T-t+1)} N(d_{2,t-1})}{N(d_{1,t-1})} \\
V_{t-2} &= \frac{C_{t-2} + K_{t-2} e^{-r_{t-2}(T-t+2)} N(d_{2,t-2})}{N(d_{1,t-2})} \\
&\vdots \\
V_{t-245} &= \frac{C_{t-245} + K_{t-245} e^{-r_{t-245}(T-t+245)} N(d_{2,t-245})}{N(d_{1,t-245})}
\end{aligned}$$

Este sistema está compuesto por 245 ecuaciones con 245 variables desconocidas (valor de los activos). A partir de la serie V_t generada, se puede obtener la volatilidad de los mismos, que tiene la siguiente forma.

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\ln\left(\frac{V_{t-i}}{V_{t-i+1}}\right) - \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{V_{t-i}}{V_{t-i+1}}\right) \right]^2} \quad n = 245.$$

Mientras que la tendencia corresponde a la media del retorno logarítmico.

$$\mu_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(V_{t-i}/V_{t-i+1}) \quad n = 245$$

En el mundo real, una empresa tiene una estructura de deuda compleja, ya que tiene pasivos con diferentes plazos de maduración, ya sea de un día, un mes, un año, veinte años, etc. Una solución frecuente en la literatura para este tipo de modelos es asumir que la empresa tiene solamente pasivos con plazo de maduración a un año. Si se aplica este supuesto para estimar la probabilidad de default a un año a partir de los datos que se tienen en t , no es contradictorio asumir que la firma ha manejado plazos históricos para sus deudas de 1 año.

Finalmente el sistema de 245 variables y 245 ecuaciones puede ser resuelto a partir del siguiente procedimiento iterativo:

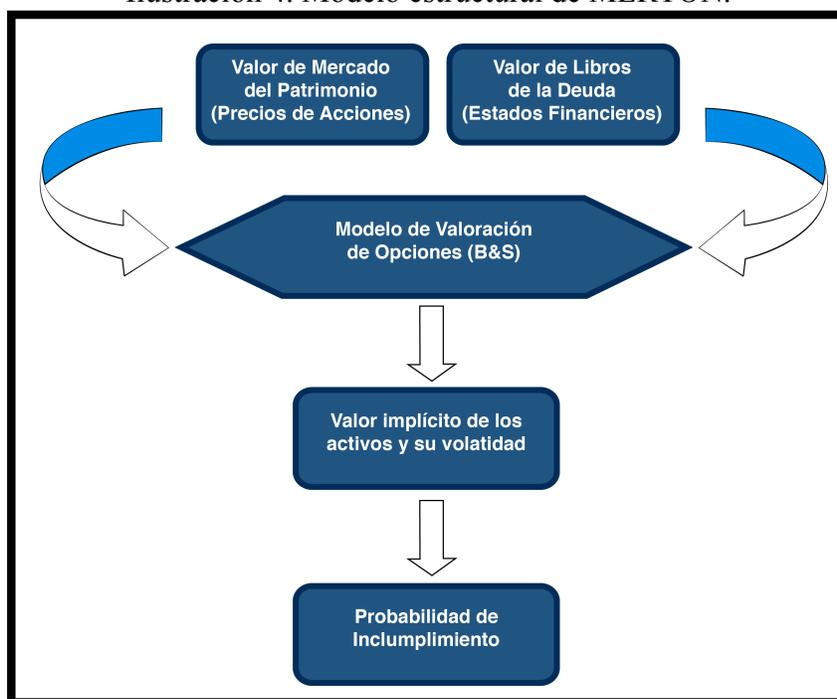
Iteración 0: El primer paso es fijar el valor inicial de los activos V_{t-a} para cada $a = 0, 1, 2 \dots 245$. El supuesto que se usa para este caso es que $Activos = Pasivos + Patrimonio$. Se puede fijar V_{t-a} igual a la suma del valor de mercado de las acciones C_{t-a} y el valor libro de los pasivos K_{t-a} . Además fijar σ_t igual a la desviación estándar del logaritmo del retorno de los activos calculados con V_{t-a} .

Para iteraciones adicionales $i = 1 \dots final$.

Iteración i : Con estos valores de V_t y de σ_t se puede calcular $d_{1,t}$ y $d_{2,t}$. Luego se pueden calcular las funciones de distribución normal acumuladas $N(d_{1,t})$ y $N(d_{2,t})$. Con estas nuevas variables generadas, se calcula el valor del activo para la siguiente iteración. Se continua hasta que el procedimiento converja. Una manera de evaluar la convergencia es examinar el cambio en el valor de los activos de una iteración a la siguiente. Si la suma de diferencia de cuadrados entre valores de activos consecutivos está por debajo de algún valor como 10^{-10} , se detiene el proceso. Este es un procedimiento cíclico en el que se toma un punto de partida como $V_t = C_t + K_t$, y a partir de éste se generan los demás valores.

En la siguiente figura se ilustra esquemáticamente los pasos antes explicados para obtener la probabilidad de incumplimiento.

Ilustración 4. Modelo estructural de MERTON.



Fuente: Fabozzi, Martellini y Priaulet (2006).

4.1.1 Estimación de la probabilidad de default.

Una vez estimado el valor de los activos y el valor de la volatilidad de los activos, se construye una medida que representa el número de desviaciones estándar que existe entre el valor esperado de los activos de la empresa y el punto de default. Dicha medida que llamaremos distancia al default es la siguiente.

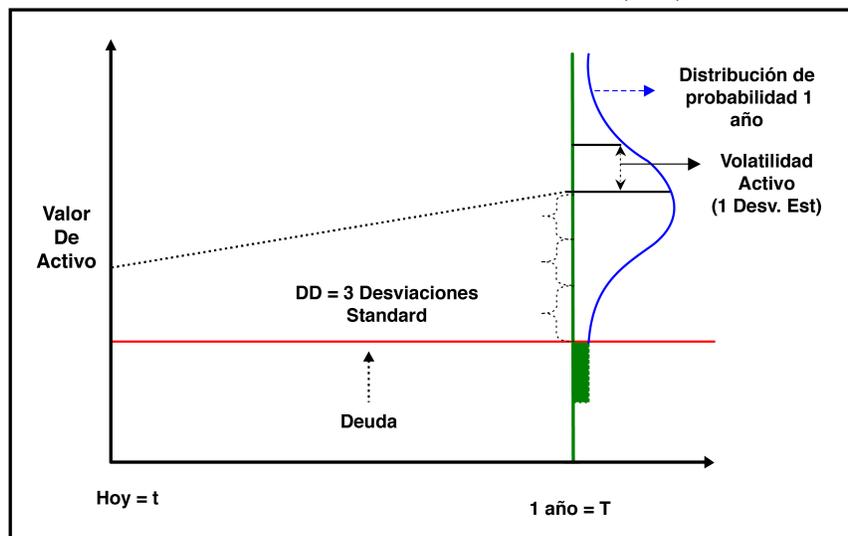
$$DD_t = \frac{\ln V_t - \ln K_t + \left(\mu_t - \frac{1}{2}\sigma_t^2\right)(T - t)}{\sigma_t \sqrt{T - t}}$$

Una vez estimado el número de desviaciones estándar que existe entre el valor del activo y el valor del pasivo (punto de default) es posible calcular la probabilidad de default mediante la relación.

$$P_t(\text{default}) = N(-DD_t)$$

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el valor estimado de los activos, el valor de los pasivos (deuda) y la distancia al default (DD).

Ilustración 5. Distancia al Default (DD).



Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Metodología según el método de los Bonos.

Las empresas que emiten bonos al mercado para financiar sus planes de inversión, tienen por lo general, Bonos con diferentes plazos de maduración que se transan con relativa liquidez en el mercado secundario.

Las transacciones que se realizan en cada periodo de estos bonos en el mercado secundario permiten estimar un rendimiento para cada periodo a lo largo del plazo de maduración de los bonos de dicha empresa. Estos rendimientos se pueden calcular de acuerdo a lo explicado en el marco conceptual en el punto anterior.

De acuerdo a los rendimientos de los bonos para cada plazo en el tiempo, es posible construir una curva de rendimientos para cada día durante todo el plazo de duración de todos los bonos emitidos en el mercado. Esta curva de rendimientos es por lo general creciente, pero con rendimientos decrecientes en el tiempo, debido a que mientras mas tiempo esté dispuesto un tenedor de bono a prestarle su dinero a la empresa emisora de bonos, mas rendimiento le exigirá a la empresa y viceversa.

Una vez construida la curva de rendimientos para cada periodo en el tiempo de la empresa emisora de bonos, es posible estimar el rendimiento de un bono cero cupón ficticio (porque

probablemente no exista dentro de todos los bonos emitidos en el mercado) que tenga una duración de un año.

Una vez estimado el rendimiento de un bono cero cupón cuya duración sea de un año, es posible, a partir del procedimiento explicado a continuación, estimar una probabilidad de incumplimiento del bono a un año.

4.2.1 Estimación de la probabilidad de default.

En primer lugar se estima el rendimiento equivalente a un año desde la curva de rendimiento de los bonos de la compañía y posteriormente se construye un bono cero cupón con nocional 1 y cuyo precio es:

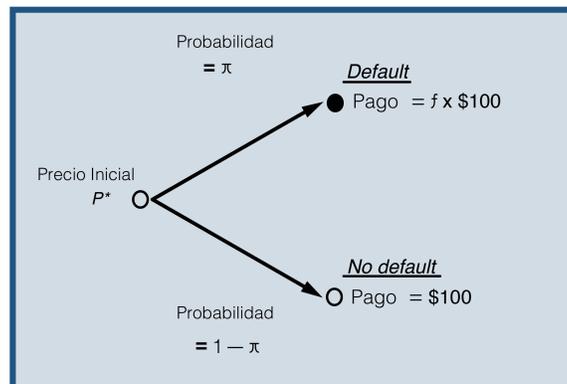
$$P_t^* = \frac{1}{(1 + y_t^*)}$$

Donde P_t^* es el precio del Bono y y_t^* es el rendimiento del bono a un año.

El pago del Bono puede ser descrito como un proceso simple de default. Al momento de la maduración, el bono puede caer o no caer en default. En el caso de caer en default el bono sólo paga $f \in (0,1)$ mientras que si no cae en default paga la totalidad del nocional.

El evento de caer en default ocurre con una probabilidad π , mientras que y_t es la rentabilidad libre de riesgo.

Ilustración 6. Proceso de Default de un Bono.



Fuente: Philippe Jorion. Financial Risk Manager Handbook.

$$P_t^* = \frac{1}{(1 + y_t^*)} = \left[\frac{1}{(1 + y_t)} \right] (1 - \pi_t) + \left[\frac{f}{(1 + y_t)} \right] \pi_t$$

Así la probabilidad de default se puede expresar como:

$$\pi_t = \frac{1}{(1-f)} \left[1 - \frac{(1+y_t)}{(1+y_t^*)} \right]$$

Donde y_t es la tasa libre de riesgo.

5. Datos Utilizados.

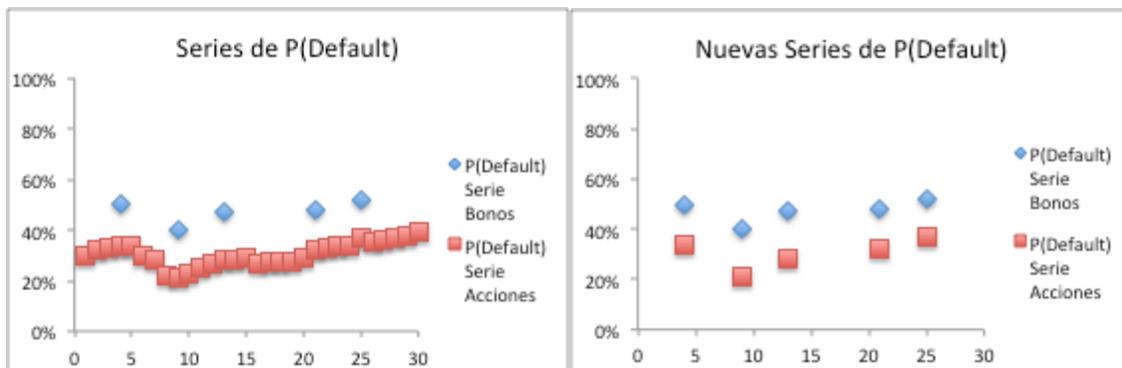
La aplicación del método de Merton como estimador de probabilidades de incumplimiento se puede aplicar ampliamente a todas las empresas que conforman el IPSA, debido a que utiliza como input los precios de las acciones transadas en Bolsa, sin embargo el método de los bonos al aplicar información de los transacciones efectivas de los bonos de una empresa no se puede utilizar ampliamente en todas las empresas del IPSA porque no todas tienen bonos emitidos en el mercado y además porque aquellas que los tienen, muchas veces no cuentan con la suficiente liquidez de transacciones diarias como las acciones. (algunos bonos no se transan en semanas o incluso meses).

Como el objetivo de esta memoria es estimar probabilidades de incumplimiento a través de series de tiempo a través de diferentes métodos y compararlas, es preciso obtener probabilidades día a día, para el mismo plazo de tiempo. (se entiende que estimar una probabilidad es incumplimiento en un día se hace a través de una transacción efectiva del bono o de la acción en ese día, vale decir que si no existe dicha transacción en un día, tampoco existe la probabilidad de incumplimiento asociada a ese día).

Al no poder calzar ambas series de tiempo día a día, debido a que la serie de probabilidades de incumplimiento por el método de los bonos contiene vacíos, se tuvo que construir una nueva serie de tiempo a partir del método de Merton que solo considerara los días en que si existiera probabilidad de incumplimiento según el método de los bonos.

Una vez construida la nueva serie de probabilidades de incumplimiento según el método de Merton a partir de la serie original, fue posible compararla punto a punto con la serie de probabilidades de incumplimiento por el método de los bonos. (de ninguna manera se repitieron datos en el tiempo para rellenar una serie incompleta).

En los siguientes gráficos se muestra esquemáticamente el tratamiento a las series de tiempo con vacíos.



Gráfica 5-1. Series originales.

Gráfica 5-2. Series modificadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico de la izquierda se grafica lo que sería un output de la aplicación de cada metodología (Merton y Bonos), por lo que se puede notar que la serie de probabilidades de incumplimientos según el método de los bonos contiene vacíos, mientras que la otra serie tiene efectivamente una probabilidad de incumplimiento asociada a cada día de la muestra. En el gráfico de la derecha se utiliza la misma serie de probabilidades de incumplimientos por el método de los Bonos que en el caso anterior y a la vez un subconjunto de la serie de probabilidades de incumplimiento según el método de Merton, de modo que sea posible una comparación punto a punto en el muestra seleccionada.

En cuanto a las empresas utilizadas para el estudio, se utilizó un conjunto de 9 empresas incluidas en el IPSA, debido a que por las razones explicadas anteriormente no fue posible aplicarlas a todas las empresas que pertenecen al IPSA. En la siguiente tabla se muestra cuales fueron las empresas analizadas, el periodo de tiempo usado como muestra y el número de observaciones dentro de la muestra.

Tabla 1. Empresas Analizadas.

	Fecha de inicio	Fecha de término	Observaciones
Banco de Chile	03-09-12	28-06-13	203
Bsantander	19-07-12	02-07-13	236
BCI	13-07-12	27-06-13	236
SalfaCorp	30-11-12	04-09-13	191
Cencosud	03-09-12	31-07-13	225
Falabella	09-11-12	27-08-13	200
Ripley	03-01-12	10-09-13	64
Endesa	18-01-12	15-07-13	65
Colbún	19-10-12	05-07-13	102

Fuente: Elaboración Propia.

Estas nueve empresas analizadas se pueden clasificar en tres sectores, los cuales son Banca, Energía, Retail y una empresa del sector Construcción.

Anexamente a lo explicado en el punto anterior el método de los bonos depende de un factor de recuperación del nocional en el caso de que el bono caiga en incumplimiento. Este factor de recuperación depende entre otras cosas, del nivel de riesgo del bono, del estado de liquidez de la empresa, de su apalancamiento, etc. Un analista podría estar mucho tiempo identificando de que depende este factor de recuperación del bono, pero lo cierto es que este factor tiene un comportamiento dinámico, es decir que cambia en el tiempo de acuerdo a las circunstancias. En este trabajo se consideró un factor de recuperación constante e igual a 23%, tomando como referencia otras empresas que han quebrado (empresas fuera de Chile, como Lehman Brothers, que en promedio solo pagó un 23% de sus obligaciones en Bonos).

6. Resultados.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de aplicar ambos métodos de estimación de probabilidades de incumplimiento a nueve empresas Chilenas que transan en la Bolsa de Comercio y que tienen Bonos emitidos en el mercado.

Los datos utilizados para estimar las probabilidades de incumplimiento por el método de Merton fueron los precios diarios de las acciones de cada empresa y el valor de los pasivos de la empresa obtenidos de los estados financieros intermedios publicados cada tres meses.

En cuanto a los datos utilizados para estimar la probabilidad de incumplimiento por el método de los bonos, se utilizaron los precios diarios de transacciones de renta fija, obtenidos de la Bolsa de Comercio de Santiago. A partir de ello se estimaron tasas de retorno y curvas de descuentos para los diferentes bonos de las empresas analizadas.

6.1 Banco de Chile.

El banco de Chile es la segunda institución financiera mas grande de Chile, detrás del Santander Chile y por sobre los bancos BancoEstado, BCI, BBVA Chile, CorpBanca y Scotiabank.

Es un banco comercial que proporciona una completa gama de productos y servicios a una amplia gama de clientes, que incluye a grandes corporaciones, pequeñas y medianas empresas y banca personas. Cuenta con representación en Estados Unidos a través de su sucursal en Nueva York y Miami, así como también en Buenos Aires, Ciudad de México, Hong Kong y Sao Paulo.

Fue fundado en el año 1893 por la fusión de los bancos Banco de Valparaíso (1855) Banco Nacional de Chile (1865) y Banco Agrícola (1869) y tradicionalmente ha liderado el mercado Chileno como uno de los bancos mas grandes en captaciones y depósitos y exitosos en términos de retorno de activos y rentabilidad para sus accionistas.

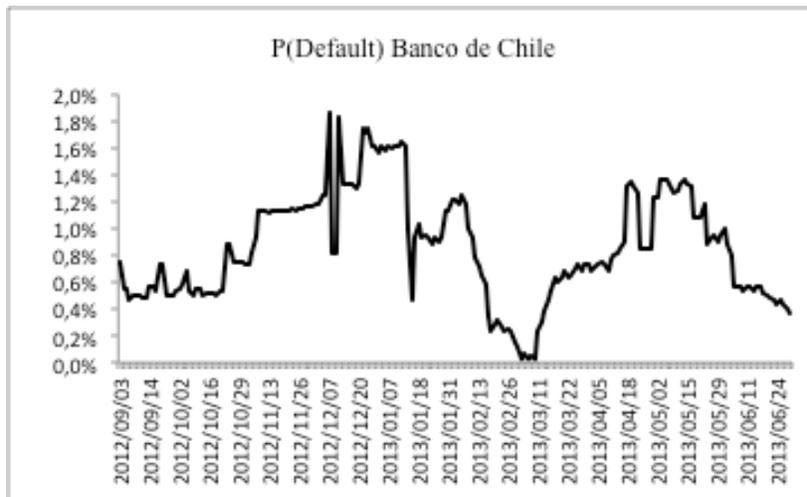
En el año 2012 el banco fue calificado por Standard & Poor's con un grado crediticio internacional de A+ convirtiéndose en el banco privado con mejor calificación de riesgo de Latinoamérica.

Según el modelo de Merton se ha estimado una probabilidad diaria de incumplimiento para el Banco de Chile dentro del ultimo año. Dicha probabilidad de incumplimiento como función del tiempo es la siguiente.



Gráfica 6-1. Probabilidad de Default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

Por el método de los bonos, la probabilidad de incumplimiento que entrega el modelo es la siguiente:



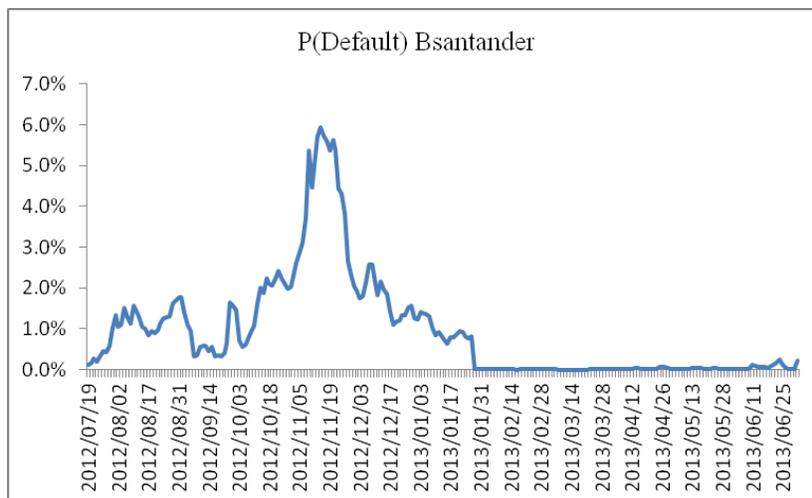
Gráfica 6-2. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2 Banco Santander Chile.

Banco Santander Chile es una empresa bancaria Chilena, filial del Grupo Santander. El Santander (nombre comercial con el que es conocido) es en la actualidad el banco mas

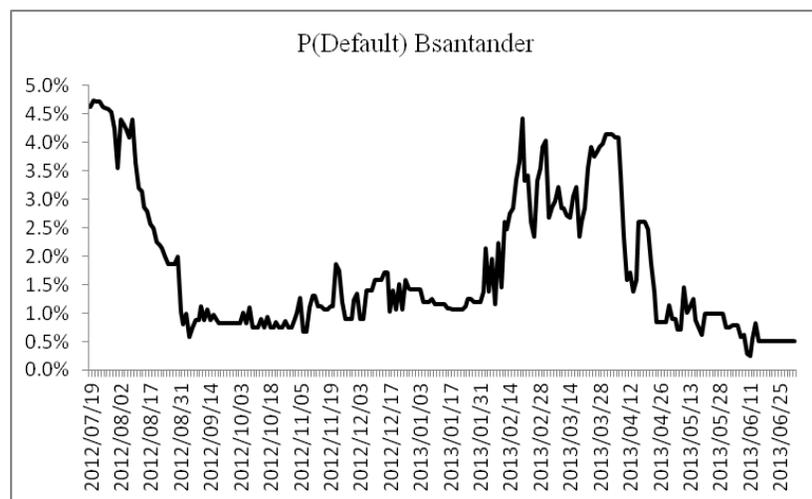
grande del país con 503 sucursales en todo el territorio nacional, US\$51.711 millones en activos, US\$38.271 millones en créditos netos de provisiones, US\$29.408 millones en depósitos y US\$4.532 millones en patrimonio. Siendo además una de las empresas con mejores clasificaciones de riesgo de Latinoamérica con un rating de Aa3 de Moody's, A+ de Fitch y A de Standard and Poor's.

Según el modelo de Merton, la probabilidad de incumplimiento para el Santander durante el ultimo año ha sido la siguiente.



Gráfica 6-3. Probabilidad de Default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

Por el método de los bonos, la probabilidad de incumplimiento que entrega el modelo es la siguiente:



Gráfica 6-4. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

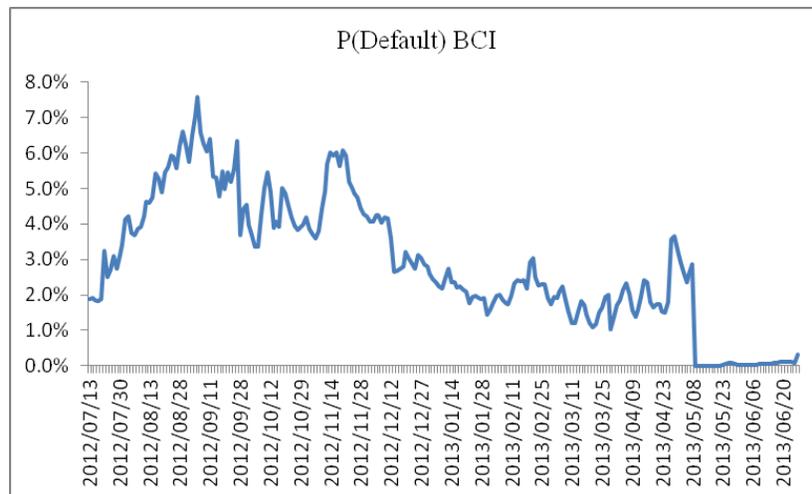
6.3 Banco de Crédito e Inversiones.

El Banco de Crédito e inversiones es una empresa bancaria Chilena propiedad de la familia Yarur desde sus inicios.

Fue fundado en el año 1937 por Juan Yarur Lolos y un grupo de emprendedores, con el fin de apoyar a las pequeñas y medianas empresas de Chile. Durante su historia el Banco se ha caracterizado por la innovación de sus servicios y por el uso de la tecnología.

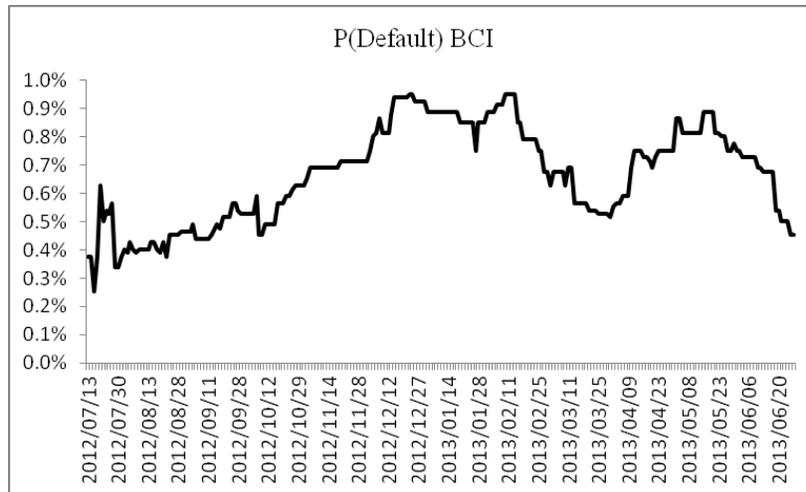
Actualmente el BCI es el tercer banco privado en términos de colocaciones y el cuarto en número de clientes, detrás de los privados Banco Santander Chile, el Banco de Chile y el estatal BancoEstado.

La probabilidad de incumplimiento del BCI durante el último año según el modelo de Merton se muestra en el siguiente gráfico.



Gráfica 6-5. Probabilidad de Default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

Por el método de los Bonos, la probabilidad de incumplimiento del BCI se muestra en el siguiente gráfico.



Gráfica 6-6. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.

Fuente: Elaboración Propia.

A nivel internacional, S&P a mantenido la clasificación a largo plazo del BCI en A, y califica las expectativas del banco como “estables”, al igual que Fitch Ratings, aunque esta última a mantenido su clasificación en A-. Por su parte Moody’s a asignado una clasificación de largo plazo en moneda extranjera de A1 y una perspectiva estable.

Las calificaciones se pueden considerar en “línea” con los resultados obtenidos por el modelo de Merton y el modelos de los Bonos, mas aun, se puede decir que el estos modelos entregan información adicional en el sentido que capturan los movimientos del precio de la acción en el mercado y los traduce a una probabilidad de incumplimiento día a día.

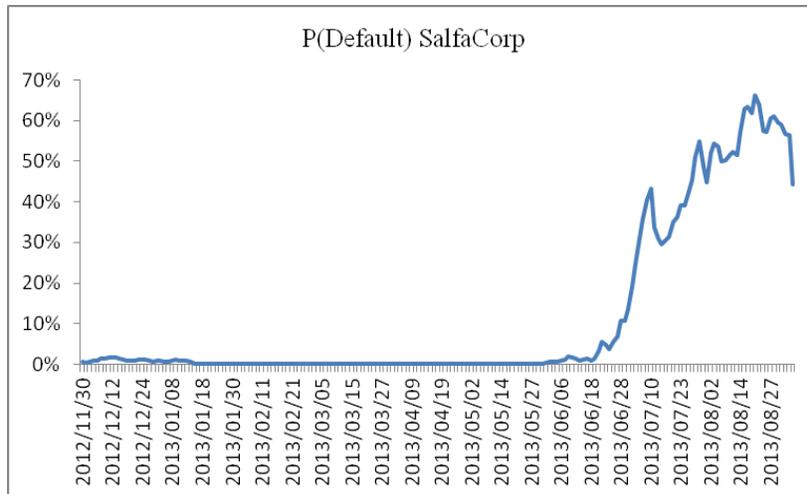
6.4 SalfaCorp.

SalfaCorp es una sociedad anónima Chilena dedicada a la construcción y a la Ingeniería. Fue fundada en 1929 como empresa bajo el nombre de Salinas y Fabres Hnos limitada.

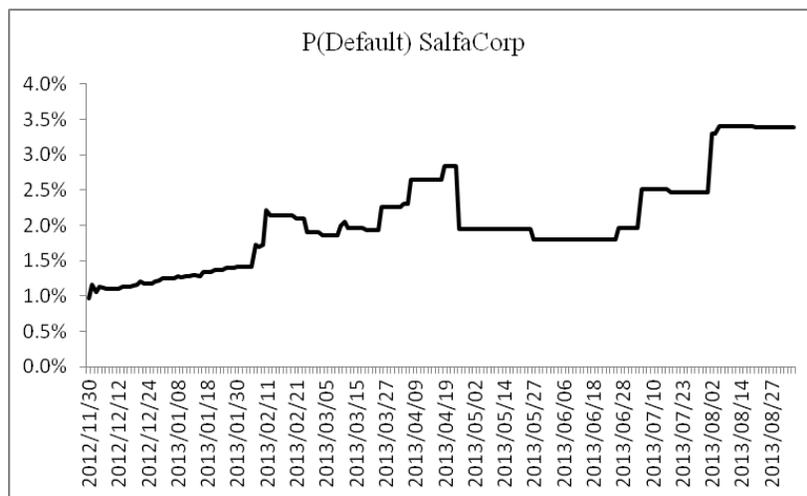
El año 2004 se abrió a la Bolsa de valores de Santiago, obteniendo recursos para comenzar un plan de expansión que contempló, entre otros aspectos, la inversión en terrenos para acelerar el crecimiento del área inmobiliaria.

En octubre de 2012 la clasificadora de riesgo Fitch rebajó la clasificación crediticia de la firma desde BBB a BBB-, la cual se define como una adecuada capacidad de pago.

Sin embargo, según el modelo de Merton, la probabilidad de incumplimiento para SalfaCorp dentro del último año a sido la siguiente.



Gráfica 6-7. Probabilidad de Default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.



Gráfica 6-8. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

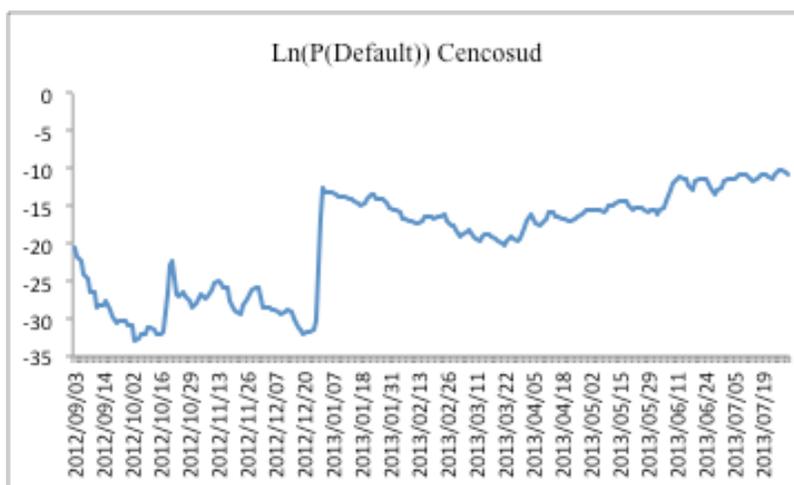
6.5 Cencosud.

Cencosud es un consorcio empresarial Chileno que opera en varios países de América del Sur, principalmente en el rubro minorista y es controlada por la familia Paulmann.

En 1978 inauguró Jumbo, el primer hipermercado del país, en el sector oriente de Santiago y tres años mas tarde lo haría en Buenos Aires. En los años siguientes amplió su línea se

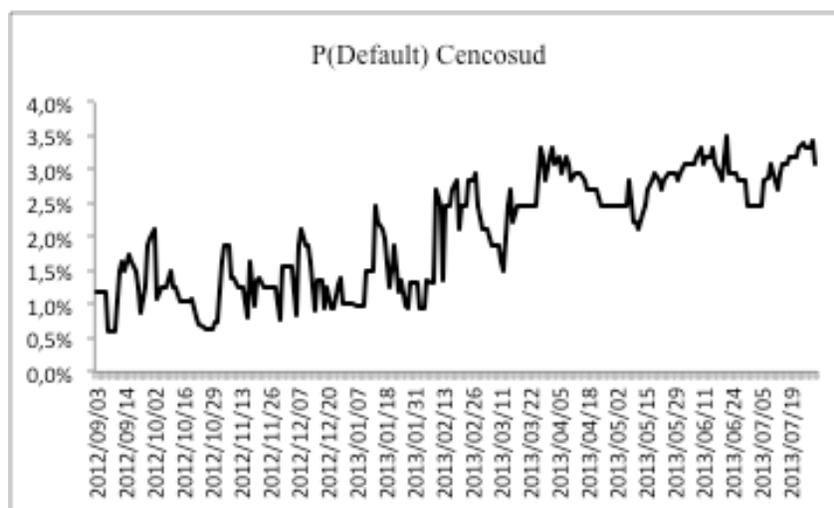
supermercados y centros comerciales hasta que en 2005 adquirió Almacenes París. De allí en adelante, se expandió a Perú, Colombia y Brasil, convirtiéndose en una de las cadenas minoristas mas grandes de América Latina.

Las probabilidades de default de este conglomerado según el método de Merton, durante el ultimo año, se muestran en la siguiente gráfica.



Gráfica 6-9. Logaritmo de la Probabilidad de Default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la gráfica, se aplicó logaritmo natural a la probabilidad de default, debido a que para este caso en particular dicha probabilidad resultó ser muy baja, de modo que para facilitar el análisis y para poder observar la serie a una escala adecuada, se aplicó esta transformación lineal. Por otro lado la probabilidad de default según el método de los bonos se muestra en el siguiente gráfico.



Gráfica 6-10. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

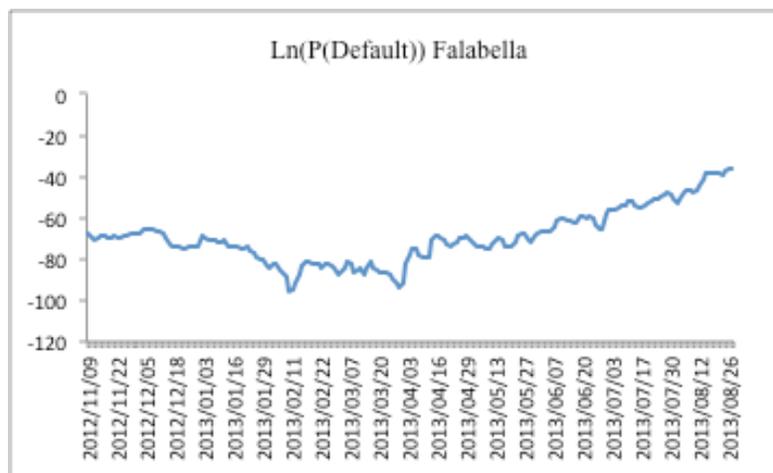
6.6 Falabella.

Falabella es un Holding Chileno comercializador de productos bajo los conceptos de tiendas por departamento, homecenters e hipermercados, con presencia en Chile, Argentina, Colombia y Perú.

Su origen se remonta a 1889, cuando nace como la primera gran sastrería en Chile bajo el mando de Salvatore Falabella. Posteriormente se incorpora Alberto Solari, quien le da un gran impulso a la tienda incorporando nuevos productos y locales de venta.

En el año 1996 abre en Bolsa, y en los últimos años se ha diversificado en otros negocios como servicios financieros a través de Banco Falabella, tiendas para el equipamiento y mejoramiento del hogar a través de Homecenter Sodimac y Sodimac Constructor, inversiones inmobiliarias en centros comerciales, hasta una agencia de turismo a través de viajes Falabella.

Según el modelo de Merton las probabilidades de incumplimiento para el último año de este conglomerado son las siguientes.

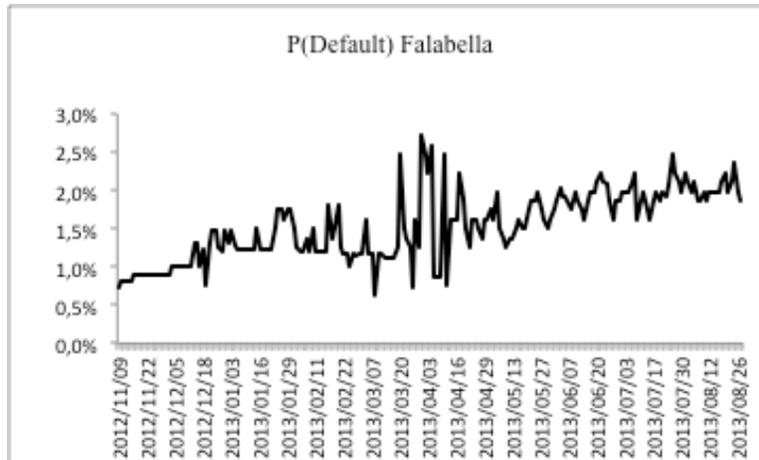


Gráfica 6-11. Logaritmo de la Probabilidad de Default según el método de Merton.

Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que para el caso anterior, las probabilidades de incumplimiento según este método son tan bajas que se aplicó logaritmo a la serie para observar las variaciones en una escala adecuada.

Por otra parte las probabilidades de default por el método de los Bonos de presentan en el siguiente gráfico.



Gráfica 6-12. Probabilidad de Default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

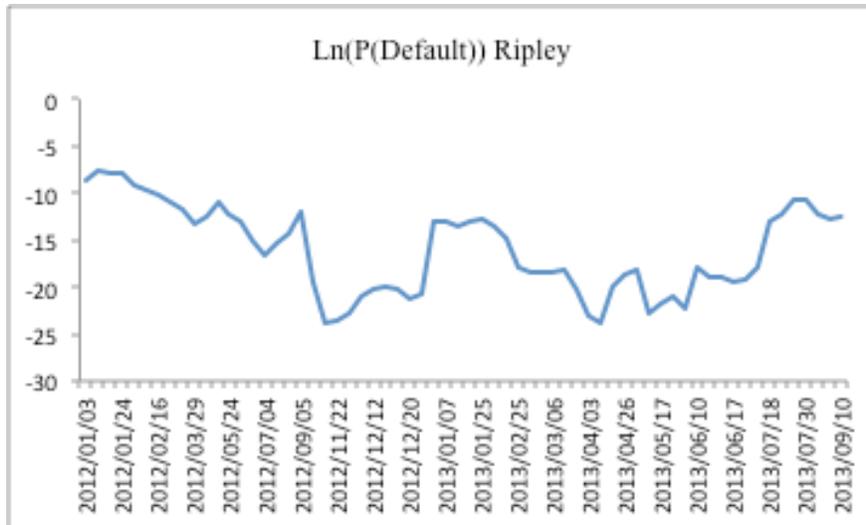
6.7 Ripley.

La cadena de tiendas por departamento Ripley es una tienda detallista multinacional Chilena fundada en 1956, y es una de las más importantes del rubro en Chile. Aparte de Chile cuenta con presencia en Perú y Colombia.

En 1956 fue creada su primera tienda en Santiago por Marcelo Calderón, quien pronto se convertiría en uno de los principales empresarios de Chile. Luego su primer local fuera de Santiago fue Concepción en 1986 y su primera tienda fuera de Chile fue en Perú en 1997.

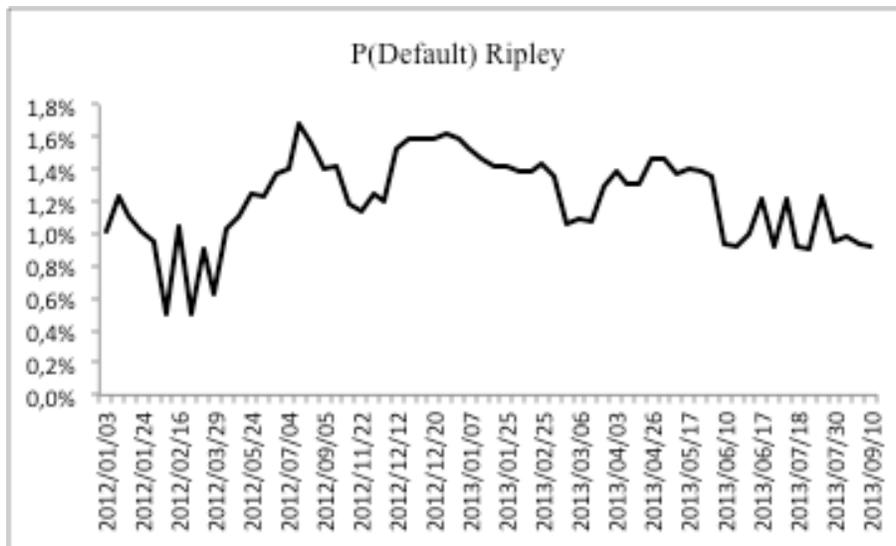
En el año 2005 deja de ser una sociedad anónima cerrada y abre en la Bolsa de Comercio de Santiago, adquiriendo financiamiento para expandir sus negocios al rubro inmobiliario. En la actualidad cuenta con la administración de siete malls, además de una entidad de seguros y un Banco.

Las probabilidades de incumplimiento según el modelo de Merton son las siguientes.



Gráfica 6-13. Logaritmo de la probabilidad de default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

Mientras que las probabilidades de default por el método de los bonos, se presenta en el siguiente gráfico.

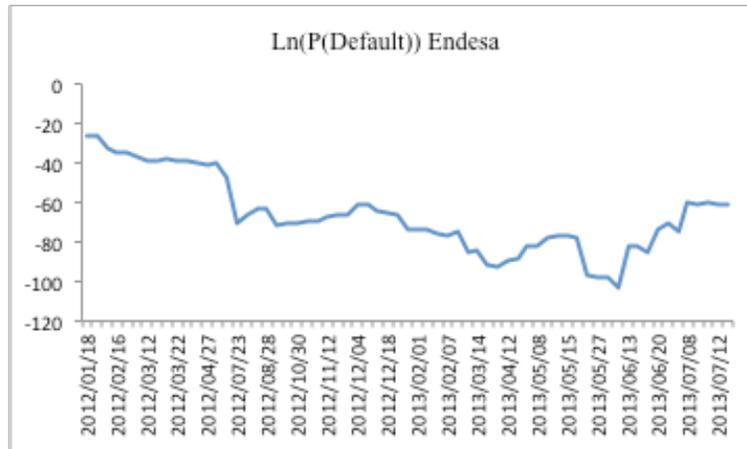


Gráfica 6-14. Probabilidad de default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

6.8 Endesa.

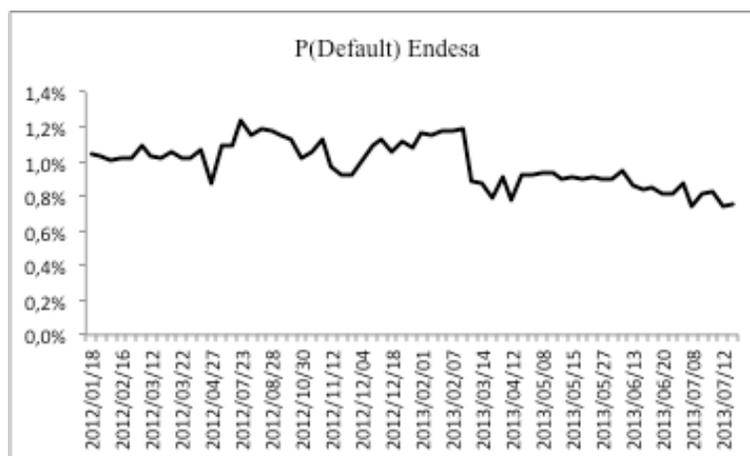
La Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima, es una empresa de generación eléctrica Chilena, filial de Enersis y subsidiaria de la Empresa Española Endesa. Endesa Chile y sus filiales operan 179 unidades en cuatro países de Latinoamérica, con una capacidad instalada total de 13.455MW.

En el siguiente gráfico se muestran las probabilidades de default para esta empresa según el método de Merton.



Gráfica 6-15. Logaritmo de la Probabilidad de default según el método de Merton.
Fuente: Elaboración Propia.

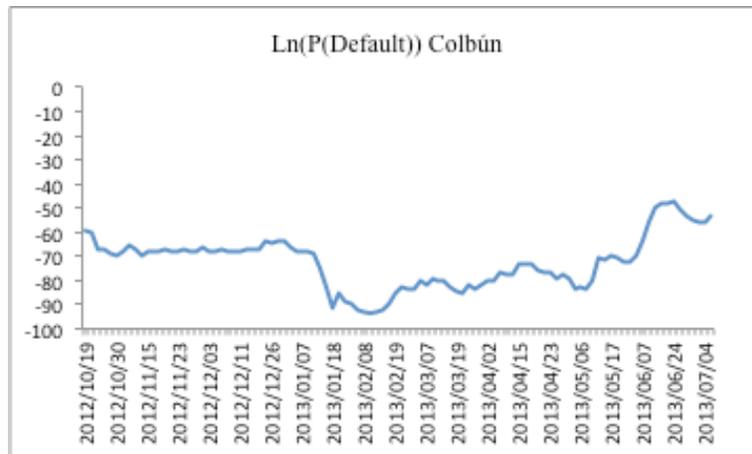
Mientras que en el gráfico a continuación se presentan las probabilidades según el método de los bonos.



Gráfica 6-16. Probabilidad de default según el método de los Bonos.
Fuente: Elaboración Propia.

6.9 Colbún.

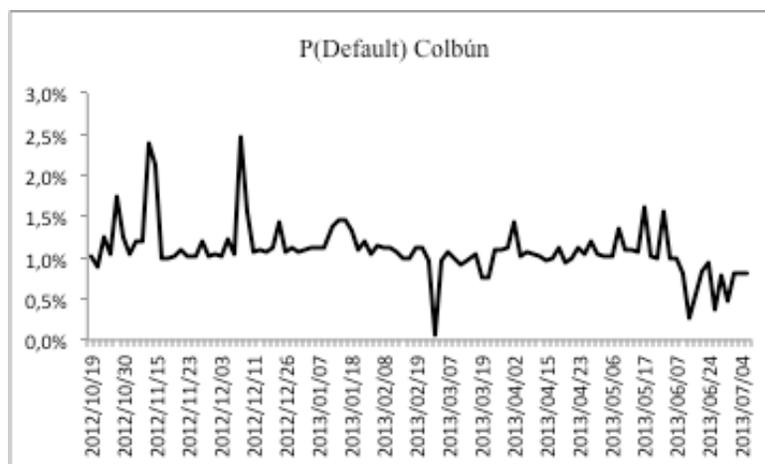
Colbún S.A es una empresa de electricidad Chilena (conocida como Colbún Machicura entre 1986 y 2000). Creada a partir de las centrales hidroeléctricas de Colbún y Machicura de Endesa en 1986 y traspasada como empresa filial de la CORFO. En 1997 CORFO vende 37,5% de su participación y poco tiempo después es privatizada completamente. A continuación se muestran las probabilidades de incumplimiento según el método de Merton.



Gráfica 6-17. Logaritmo de la probabilidad de default según el método de Merton.

Fuente: Elaboración Propia.

En el siguiente gráfico se muestran las probabilidades según el método de los bonos.



Gráfica 6-18. Probabilidad de default según el método de los Bonos.

Fuente: Elaboración Propia.

7. Análisis de Resultados.

Para el caso del Banco de Chile, las probabilidades de default para el plazo analizado por el método de Merton resultan ser en promedio muy bajas, en torno a 0,0002% en línea con las probabilidades inferidas por su calificación de riesgo otorgada por Standard & Poor's., que la calificó como A+ durante todo ese periodo. La calificación A+ tiene una probabilidad de incumplimiento entre 0% y 0,3%, por lo que se puede decir que ambas se encuentran en el nivel. Ambas difieren bastante de las probabilidades obtenidas por el método de los bonos, ya que esta última entrega probabilidades de default mucho mayores.

Lo mismo ocurre con el Banco Santander con la diferencia que en la primera mitad del periodo analizado, las probabilidades por el método de Merton suben drásticamente hasta un máximo de un 6% para luego disminuir al nivel otorgado por Standard & Poor's (Banco Santander tiene calificación A otorgada por esta agencia calificadora de riesgo, la cual tiene una probabilidad de incumplimiento entre 0% y 0,3%).

Para el caso del Banco de Crédito e Inversiones, que tiene calificación de riesgo A por S&P, se tiene que ambas series entregan probabilidades de default superiores a las otorgadas por la calificadora de riesgo.

Para el caso de Falabella Ripley y Cencosud, las tres calificadas por Standard & Poor's como BBB, se tiene que las series de probabilidades por el método de los bonos se ajustan más a la calificación BBB que las series por el método Merton.

En estos casos KMV-Merton subestimó mucho la probabilidad debido principalmente a que estas tres empresas del rubro del retail tienen un bajo apalancamiento, por lo tanto la distancia que existe entre el nivel de activos y pasivos es muy grande, lo cual hace que la probabilidad estimada por este método sea muy pequeña.

Para el caso de SalfaCorp, empresa del rubro de la construcción, no se tiene una calificación por parte de Standard & Poor's, pero sí se tiene por parte de Feller Rate, una empresa calificadora de riesgo Chilena.

Feller Rate calificó a esta empresa como BBB desde el inicio del periodo estudiado, pero a partir de mayo del año 2013 rebajó su calificación a BB, debido a graves problemas en el control de la compañía que afectaron negativamente la liquidez de la firma.

Para el caso de SalfaCorp, el método que más se ajusta a la situación real de la empresa es el método de Merton, debido a que captura muy bien los problemas internos que tuvo lugar la compañía y los reflejó en un aumento considerable de su probabilidad de default.

Si nos vamos al análisis de las empresas del rubro energético expuestas en este trabajo, como Endesa y Colbún, se puede apreciar que tiene probabilidades de incumplimiento bajísimas según el método de Merton, debido principalmente a la gran cantidad de

Patrimonio que tienen estas empresas y a su bajo nivel de deuda, lo cual según el criterio de Merton, las condiciona a tener probabilidades de default muy bajas, pero que no reflejan muy bien la realidad, debido a que estas empresas poseen gran parte de sus activos en bienes inmuebles, propiedades, etc que son calificadas como activos fijos de difícil liquidación ante un problema de liquidez de la empresa (muchas veces también de difícil valoración), de modo que en caso de problemas financieros, dichos activos serían difíciles de enajenar y producir entradas de efectivo fresco a la empresa. Por esto es razonable pensar que en este tipo de industria en donde existen grandes activos fijos, el método de Merton se ve sesgado en cuanto a la estimación de probabilidades de default y es preciso complementarlo con otros métodos y/o opiniones de expertos (como las calificaciones de riesgo), para obtener una estimación fidedigna de la probabilidad de default de este tipo de empresas.

A modo de comparación entre los modelos, en la siguiente tabla se muestra un resumen de las calificaciones otorgadas por la calificadora de riesgo Chilena Feller-Rate, a las nueve empresas analizadas en este trabajo.

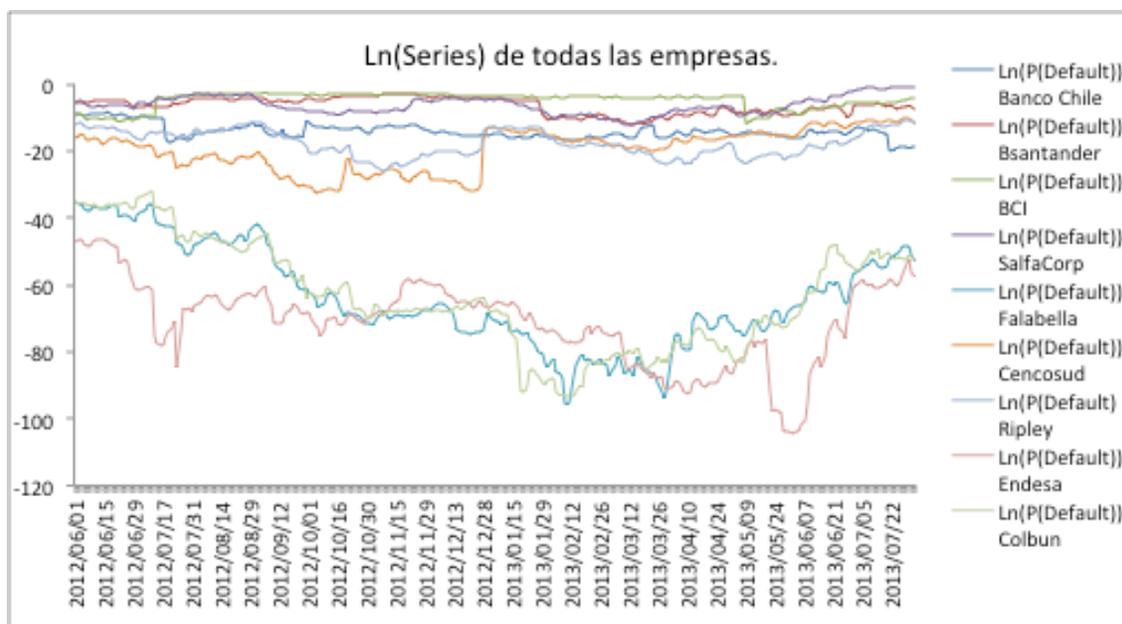
Tabla 2. Calificaciones de Riesgo de las Empresas Analizadas.

	may-07	may-08	may-09	may-10	may-11	may-12	may-13
Chile	AA+	AA+	AA+	AAA	AAA	AAA	AAA
Santander	AA+	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA
BCI	AA	AA	AA	AA+	AA+	AA+	AA+
Salfacorp	BBB	BBB	BBB	BBB	BBB	BBB	BB
Cencosud	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA-
Falabella	AA						
Ripley	A+	A+	A+	A+	A+	A	A
Endesa	AA-	AA-	AA-	AA	AA	AA	AA
Colbún	AA-	AA-	AA-	AA	AA	AA	AA

Fuente: Feller-Rate.

La escala de estas calificaciones no es la misma que la internacional, pero sirve de referencia a modo comparativo con los otros modelos aplicados en este trabajo.

Mientras que en el siguiente gráfico se muestra el logaritmo de las series de probabilidad de incumplimiento de las nueve empresas analizadas, según el método de Merton.



Gráfica 7-1. Comparación de todas las series según el Método de Merton.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en el gráfico, el Método de Merton otorga probabilidades de incumplimiento más altas al sector financiero que al sector Retail y Energía, pero según la tabla anterior, la calificadora Feller-Rate (en general las calificadoras), otorgan mejores calificaciones crediticias a los Bancos que a empresas del sector Retail y Energético.

Es aquí en donde el análisis de estos resultados no resulta ser consistente, debido principalmente a los supuestos que utiliza cada modelo para calcular probabilidades de incumplimiento.

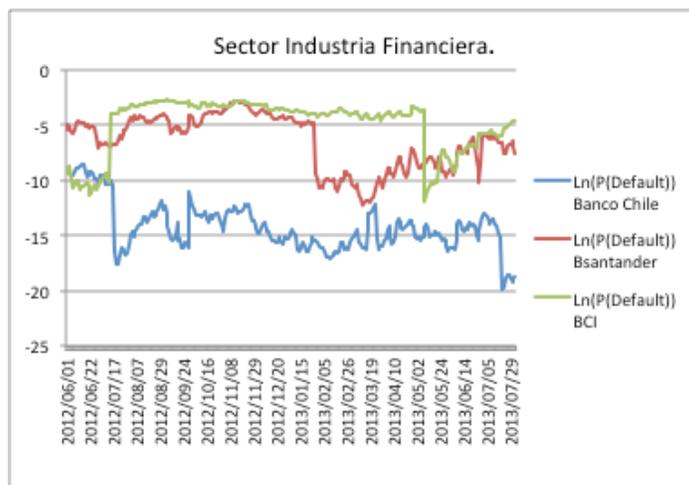
Por un lado se tiene que dentro de las variables explicativas que utilizan las calificadoras de riesgo, existe un factor de liquidez de la empresa que no es considerado en el método KMV-Merton. Efectivamente los bancos tienen mayor liquidez que otros sectores porque tienen mayor posibilidad de fondearse en el mercado del dinero ante posibles imprevistos, a pesar que poseen un mayor apalancamiento que otros sectores, y por esta razón posiblemente las calificadoras otorgan una mejor “nota” a los bancos en desmedro a otros sectores que no tienen tanta facilidad de financiarse ante posibles crisis de liquidez.

Por otro lado el método de Merton entrega mejores calificaciones de crédito a los sectores retail y de energía que al sector bancario porque considera dentro de su formulación un índice de distancia entre los activos y los pasivos de la empresa. Como los bancos poseen gran apalancamiento entonces poseen, según este modelo, una calidad crediticia menor (o una probabilidad de incumplimiento mayor).

A pesar de lo anterior, ambos modelos parecen agrupar satisfactoriamente a las empresas según categoría o sector al cual pertenecen, es decir aquellas empresas del sector bancario poseen series de probabilidades de incumplimiento similares como también aquellas empresas del sector energético poseen entre sí series de probabilidades de incumplimiento

similares, pero no así entre empresas que poseen a dos sectores diferentes (entiéndase riesgo sistemático).

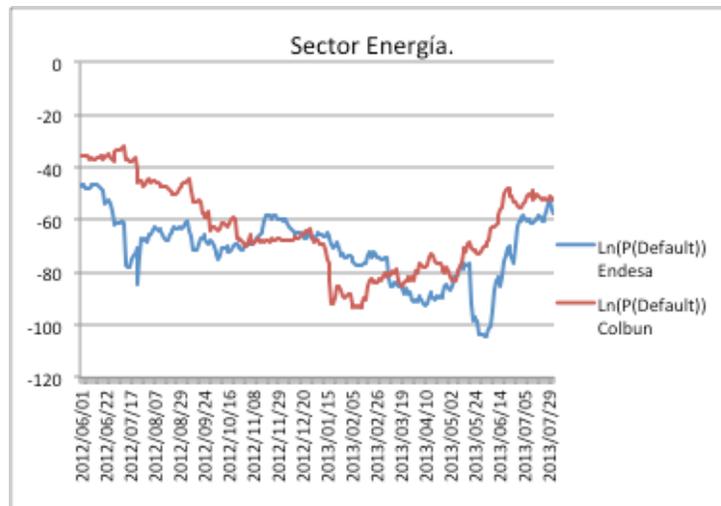
Lo anteriormente explicado se puede apreciar en la tabla antes expuesta de calificaciones de riesgo, y en los siguientes gráficos de series de probabilidades de incumplimiento según el método de Merton, separadas por sectores.



Gráfica 7-2. Comparación series según el Método de Merton en la industria Financiera.
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 7-3. Comparación series según el Método de Merton en el sector retail.
Fuente: Elaboración Propia.



Gráfica 7-4. Comparación series según el Método de Merton en el sector Energía.
Fuente: Elaboración Propia.

las gráficas que comparen probabilidades de incumplimiento por el método de los bonos no fue posible realizarlas porque debido a los vacíos de las series y a los diferentes periodos considerados para cada una, no fue posible consolidarlos en un solo gráfico.

Como se puede observar en cada metodología, cada una utiliza supuestos diferentes y se acerca desde una diferente arista a la probabilidad de incumplimiento deseada, pero no se puede decir que alguna de estas metodologías es la acertada y desechar las otras. En efecto si se utilizara como criterio buscar el método que entregue mayores probabilidades de incumplimiento cada vez que una empresa se acerque a la quiebra (lo cual parece razonable e intuitivo), se escogería el método KMV-Merton porque se comportó muy bien en el caso se Salfa-Corp (empresa que efectivamente se acercó a la quiebra), pero este método contiene fallas, como por ejemplo, no considerar provisiones que aumenten la liquidez de la empresa, o sobre-ponderar fuerte el nivel de apalancamiento.

En efecto, las desventajas de un modelo suele ser las ventajas de otro, por lo que en base a los resultados no es posible dar una recomendación sobre que modelo utilizar como estimador de probabilidades de incumplimientos

7.1 Análisis comparativo de los modelos.

En términos generales se puede hablar de dos grandes grupos de modelos para estimar probabilidades de incumplimiento, los cuales son aquellos modelos estructurales, que tienen una base económico financiera detrás y los modelos estadísticos.

Entre los modelos estructurales existentes, el mas conocido y ampliamente utilizado es el modelo KMV-Merton, que calcula un “índice ordinal de distancia a la insolvencia”, que se basa principalmente en el supuesto de que una empresa cae en default cuando su patrimonio

cae por debajo de cero. También existe un segundo modelo estructural que se basa en que una empresa cae en default cuando cae en incumplimiento, es decir, cuando deja de pagar sus compromisos con terceros. En este modelo se considera que las empresas tienen sus obligaciones en bonos, que pueden pagar o no cupones, pero que tienen asociada una probabilidad de default. Este modelo intenta estimar dicha probabilidad de default a través del rendimiento del bono, la tasa libre de riesgo del mercado monetario y un factor de recuperación.

Entre los modelos estadísticos se encuentra el indicador Z de Altman, más conocido como Z-Score, que ha servido de base para posteriores modelos (logit, probit, Zeta, entre otros) y el modelo Logit (Ohlson 1980). Estos modelos se caracterizan en identificar variables entre las empresas que han quebrado y las que no, con el fin de hacer un credit scoring a partir de análisis econométricos. De esta manera obtienen conclusiones a partir de la evidencia empírica, usando métodos estadísticos, sin un fundamento teórico. Estos modelos son utilizados por las agencias calificadoras de riesgo y usan principalmente información contable pasada de las empresas.

Los modelos estadísticos, consideran estáticos e independientes el comportamiento de las variables, mientras que los modelos teóricos, en particular KMV y el modelo de los Bonos (desarrollado en este trabajo) se consideran más dinámicos ya que presentan una determinación del riesgo más compleja a través de una volatilidad implícita, reflejando las variables del contexto global. Es ahí la necesidad de explorar y explotar nuevos y variados modelos que reflejen el dinamismo de las condiciones cambiantes y que sirvan de un apoyo para los modelos estadísticos.

En teoría se debe partir de la base que si vivimos en un mercado perfecto, sea cual sea el modelo utilizado, se debería llegar a la misma probabilidad de incumplimiento (suponiendo que el modelo está debidamente bien formulado), pero ya se sabe que existen imperfecciones de mercado, lo cual afecta la valoración de activos, como las acciones y bonos, y como consecuencia de ello, las estimaciones de las probabilidades de incumplimiento.

En la práctica, al estimar estas probabilidades de incumplimiento, se tiene que existen diferencias sustanciales dependiendo del modelo aplicado (y muchas veces dichas diferencias no son menores). Uno puede preguntarse a que se deben tantas diferencias en las estimaciones, y la respuesta a esta pregunta puede ser que parte de ello se debe a las imperfecciones de mercado como también a los supuestos utilizados por los modelos que también conllevan a un sesgo importante.

En primer lugar, si se analizan las ventajas y desventajas de los modelos, se puede concluir que ninguno de ellos es totalmente bueno o totalmente malo, pero si se puede decir que ningún modelo es capaz de capturar la totalidad de las variables que pueden influir en el fracaso de una empresa. Por ejemplo, en el caso de los modelos estructurales, se tiene que

el modelo KMV-Merton define la probabilidad de default como el evento en que el valor económico de los activos sea inferior al valor económico de los pasivos, mientras que el modelo de los bonos (desarrollado en este trabajo) lo define como el evento en que una empresa caiga en insolvencia, vale decir, que deje de pagar sus compromisos con terceros. Ambas definiciones del evento default parecen ser acertadas, pero según un estudio realizado por Zurita (2008), existen empresas que han caído en insolvencia y que finalmente no han quebrado, como también empresas que han quebrado que nunca tuvieron patrimonio negativo.

Por otro lado un supuesto que afecta negativamente a estos dos modelos es la eficiencia de mercado, es decir que toda la información de mercado se encuentra disponible, gratuita y que dicha información se ve reflejada en los precios de las acciones y bonos, lo cual en la realidad no ocurre.

Por el lado de los modelos de puntaje Z, utilizados por las clasificadoras de riesgo, se tiene que dichos modelos, al utilizar ratios financieros que reflejan la salud financiera de una empresa, logran ajustarse muy bien a su situación crediticia y por ende a su probabilidad de incumplimiento, pero tienen la desventaja de que ocupan información contable pasada (que no refleja la situación actual y futura) y muchas veces los modelos se sobre-ajustan a una determinada industria por lo que no son transversales a todas las empresas, y además, al no incluir volatilidad, reaccionan demasiado lento a las contingencias del mercado (esto es muy importante en un mundo cambiante y dinámico).

La desventaja de no incluir volatilidad de los modelos estadísticos es una ventaja para los modelos KMV-Merton y para el modelos de los bonos desarrollado en este trabajo, que utilizan como input información de mercado, por lo que los convierte en modelos dinámicos que reaccionan rápidamente a los cambios de escenarios que enfrentan las empresas y sus entornos, pero tienen las desventaja que al utilizar información de mercado, les afecta negativamente la profundidad y liquidez de dichos mercados. En efecto, las transacciones determinan el precio de mercado de una acción, pero muchas veces la parte flotante de las acciones que se transan en Bolsa corresponden a un ínfimo porcentaje del total de acciones emitidas por la empresa ya que la mayor parte de dichas acciones se encuentran en propiedad de un grupo controlador, por lo que en este caso se dice que existe un sesgo por profundidad de mercado. En el caso del método de los bonos, que utiliza como input las transacciones de los bonos para valorar dichos instrumentos, se tiene que muchas empresas no transan con relativa frecuencia sus bonos (muchas veces pueden pasar días o incluso semanas sin que un Bono de una empresa se transe en la Bolsa local), por lo que en ese caso afecta su valorización y por consiguiente la estimación de la probabilidad de incumplimiento. En este caso se dice de que el modelo tiene un sesgo por liquidez.

7.2 Propuesta de un estimador de probabilidades de incumplimientos.

Todos los modelos de predicción de quiebra intentan definir o encontrar características comunes en las empresas que han quebrado, basándose en la premisa de que existe un proceso común. Si tal premisa no se cumple (como sucede en la realidad), entonces no es cierto que se puede determinar un solo modelo de predicción de quiebra.

En efecto existen muchos modelos de predicción de quiebra y todos tienen sus ventajas y desventajas, por lo que no se puede rechazar uno u otro. Se han realizado estudios acerca de la validez de estos modelos en diferentes mercados y los resultados van en todas las direcciones (un modelo puede funcionar mejor que otros modelos en un mercado, pero probablemente no en otros). Esto se debe en parte a la falta de un marco teórico generalizado acerca del fracaso empresarial, que por lo demás, al ser un fenómeno multidimensional que incluye variables no solo económico-financieras sino que también variables socio-culturales, se hace difícil su formulación por lo que una teoría formal acerca del fracaso empresarial se ve bastante lejana.

En consecuencia la discusión de las ventajas y desventajas sirve en parte, para extraer lo mejor de cada uno de los modelos y a la vez, proponer mejoras metodológicas a cada uno de estos.

Como estimar probabilidades de incumplimiento es tan importante para el seguimiento y control del riesgo financiero, se puede extraer lo mejor de cada uno de los modelos para construir un nuevo estimador que intente reflejar las verdaderas condiciones crediticias de una empresa.

Por un lado, la mejor cualidad que tiene el método de las calificadoras de riesgo es que consideran en su formulación ratios de liquidez. No hay que olvidar que la experiencia en el mundo empresarial dice que las empresas quiebran o entran en default principalmente por problemas de “caja” o liquidez, aunque tengan grandes cuentas por cobrar y/o grandes activos fijos.

La desventaja que tienen las calificaciones de riesgo es que son estáticas y no reflejan el constante cambio en las condiciones internas y externas de la empresa. Esta desventaja es una ventaja de los métodos estructurales que poseen una volatilidad implícita que les proporciona una variabilidad.

En efecto este trabajo propone construir un estimador que incluya una probabilidad asociada a las calificadoras de riesgo sumada con la volatilidad extraída de ambos métodos estructurales.

- $r_{M,t}$ = Probabilidad de incumplimientos en el día t según el método de Merton.
- $r_{B,t}$ = Probabilidad de incumplimientos en el día t según el método de los Bonos.
- R = Probabilidad media asociada a la calificación de riesgo de la empresa.

Luego el estimador de probabilidades de incumplimiento propuesto sería.

$$P_t = \begin{cases} R, & t = 0 \\ R + \frac{r_{M,t} - r_{M,t-1}}{r_{M,t}} + \frac{r_{B,t} - r_{B,t-1}}{r_{B,t}}, & t > 0 \end{cases}$$

Esta última expresión señala que la probabilidad propuesta será una probabilidad variable que cambiará día a día. En efecto en $t = 0$ será simplemente igual a R , pero en $t > 0$, estará formada por 3 expresiones. La primera de ellas es R , equivalente a la probabilidad otorgada por la calificadora de riesgo (representa el nivel), la segunda y tercera expresiones corresponden a la variación porcentual de las probabilidades de incumplimiento asociadas a los métodos de Merton y Bonos respectivamente (representan la volatilidad implícita asociada a cada uno de los métodos estructurales).

De esta manera, se obtiene una probabilidad de incumplimientos que está al nivel de las calificadoras de riesgo pero que además tienen la propiedad de ser dinámicas, vale decir cambian de acuerdo a las variaciones del entorno.

8. Conclusiones.

En este trabajo se ha revisado y aplicado a varias empresas que forman parte del IPSA, dos principales modelos de riesgo crediticio y se han comparado entre si y con las calificaciones de riesgo otorgadas por las empresas calificadoras de riesgo.

Se ha expuesto la problemática en torno a la ausencia de una teoría formal que fundamente los modelos de predicción de quiebra en general y como esta ausencia de teoría implica a la divergencia de las estimaciones de probabilidad de incumplimiento de las empresas de acuerdo al modelo utilizado.

Sin embargo, cada uno de los modelos tiene sus ventajas y contribuye parcialmente a entender y estimar el proceso de riesgo que enfrenta una empresa, haciendo de la verdadera probabilidad de default una estimación efímera que apenas se puede llegar a aproximar aun así con la complejidad de los nuevos modelos y con las mejoras en la metodologías implementadas.

La evidencia de aplicar estos modelos en diferentes empresas del mercado Chileno, hace recordar una vez mas los problemas de información asimétrica, liquidez y poca profundidad del mercado nacional, debido a la divergencia de los resultados obtenidos, lo que hace necesario replantearse la validez de los supuestos utilizados y la necesidad de complementar los modelos entre si para obtener una buena aproximación a la estimación de la probabilidad de default.

Hemos visto que los tres modelos revisados y analizados en este trabajo tienen sus ventajas y desventajas, y cada uno de ellos intenta aproximarse desde una arista diferente a los demás a la probabilidad de default, sin poder llegar a estimarla o explicarla bien en su totalidad.

Queda de manifiesto que de acuerdo a lo anterior, la utilización de tanto modelos de ratios financieros o puntaje Z, como estructurales son necesarios conjuntamente para obtener una estimación real de la probabilidad de default de una empresa, así como también a la necesidad de unir esfuerzos por establecer una teoría formal que explique íntegramente el proceso de quiebra de una empresa.

Debido a la divergencia obtenida en la estimación de probabilidades de incumplimiento por los modelos planteados en este trabajo, y a la necesidad de poder estimar dicha probabilidad para un adecuado monitoreo del riesgo financiero de las empresas, este trabajo propone obtener lo mejor de los tres modelos mencionados para estimar una probabilidad de default en la práctica. En concreto, si se utilizan los sistemas de calificaciones como referencia, obteniendo de ahí una probabilidad promedio de default y se le suma a ésta el incremento marginal equivalente al cociente entre la probabilidad en t y la probabilidad en $t - 1$ de los dos modelos estructurales, se obtendrá como resultado una probabilidad final que mantenga el nivel de las calificadoras de riesgo pero que a la vez incluya la volatilidad de los modelos estructurales, otorgándoles el dinamismo que reflejan las condiciones cambiantes en el entorno tanto interno como externo de la empresa analizada.

9. Bibliografía.

1. Ahumada, L.A., Oda, D., “Probabilidad de Incumplimiento y calificaciones de riesgo de las empresas registradas en la SVS”. Documento del Banco Central de Chile.
2. Altman, E., Hotchkiss, E. (2006), “Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and avoid bankruptcy, analyze and invest in distress debt”, Tercera Edición (Wiley Finance Series).
3. Altman, E. (2000), “Predicting Financial Distress Companies: Revisiting the Z-Score and Zeta Models”, Journal of Finance.
4. Altman, E., (2002), “Corporate Distress Prediction Models in a Turbulent Economic and Basel II Environment”.
5. Baxter, R., Gawler, M., Ang, R. (2007), “Predictive Insolvency Risk for Australian Corporations”, CRPIT, Vol. 70.
6. Belgey, J., Ming, J., Watts, S. (1996), “Bankruptcy Classification Errors in the 1980s: An Empirical Analysis of Altman’s and Ohlson’s Models”.
7. Bellovary, J., Giacominio, D.E., Akers, M. (2007), “A Review of Bankruptcy Prediction Studies: 1930 to Present”, Journal of Financial Education, vol.33.
8. Bharath, S., Shumway, T. (2004), “Forecasting Default with the Merton Distance to Default Model”, The Review of Financial Studies, vol. 21, n°3.
9. Carty, L., Lieberman, D., Fons, J. (1995), “Corporate Bond Default and Default Rates”.
10. Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2004), “Convergencia Internacional de Medidas y Normas de Capital (Marco Revisado)”, Banco de Pagos Internacionales.
11. Deakin, E. (1976), “Distributions of Financial Accounting Ratios: Some Empirical Evidence”.
12. Dietrick, J. (1984), “Discussion of Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models”.
13. Duffie, D., Lando, D. (2001), “Term Structure of Credit Spread with Incomplete Accounting Information”.
14. Duffie, D., Wang, K., Saita, L. (2005), “Multi-Period Corporate Default Prediction with Stochastics Covariates”, Mimeo, Stanford University.
15. Gretarsson, I., Goransson, P., (2008), “A Comparative Study Between the KMV and the Zero-Price Probability for Default Prediction”, Master Thesis, School of Economics and Management University of Lund.
16. Hull, J., Nelken, I., White, A. (2004), “Merton’s Model, Credit Risk, and Volatility Skews”, Moody’s Investor Services.
17. Jones, S., Hensher, D.A. (2004), “Predicting Firm Financial Distress: A Mixed Logit Model”, The Accounting Review.
18. Kealhofer, S. (2003), “Quantifying Credit Risk I: Default Prediction”.

19. Kealhofer, S., Kurbat, M. (2002), "The Default Prediction Power of the Merton Approach, Relative to Debt Ratings and Accounting Variables", KMV Corporation.
20. Kulkarni, A., Mishra, A., Thakker, J., "How Good is Merton Model at Assessing Credit Risk? Evidence From India".
21. Mora, A. (1994), "Los Modelos de Predicción del Fracaso Empresarial: una aplicación empírica del Logit", Revista Española de Financiación y Contabilidad.
22. Mossman, C., Bell, G., Swartz, L., Turtle, H. (1998), "An Empirical Comparison of Bankruptcy Models", The Financial Review.
23. Ohlson, J (1980), "Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy", Journal of Accounting Research.
24. Patel, K., Pereira, R. (2007), "Expected Default Probabilities in Structural Models: Empirical Evidence", Publicado online por Springer Science & Business Media.
25. Patel, K., Vlamis, P. (2006), "An Empirical Estimation of Default Risk of the UK Real State Companies", The Journal of Real State Finance and Economics.
26. Ruiz, D., "El Análisis de Solvencia Convencional. Problemas e implicaciones", Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Málaga.
27. Shumway, T. (2001), "Forecasting bankruptcy more accurately: a simple hazard model".
28. Zurita, F. (2008), "La Predicción de la Insolvencia de Empresas Chilenas".
29. Zmijewski, M. (1984), "Methodological Issues Related to The Estimation of Financial Distress Prediction Models", Journal of Accounting Research.
30. Tascón, M.T., Castaño, F.J. (2009), "La predicción del Fracaso Empresarial: Una revisión".
31. Philippe Jorion. "Financial Risk Manager Handbook".
32. John C. Hull. "Options, Futures, and other Derivatives".
33. David Lando. "Credit Risk Modeling".

Sitios Web.

1. Banco Central de Chile. www.bcentral.com
2. Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras. www.sbif.cl
3. Superintendencia de Valores y Seguros de Chile. www.svs.cl
4. Superintendencia de Quiebras. www.squiebras.gob.cl
5. Bolsa de Santiago. www.bolsadesantiago.com