



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

iiifi@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San
Marcos
Perú

Uriarte Cáceres, Fátima; Agüero Palacios, Ysela
Análisis de supervivencia como alternativa metodológica para estimar probabilidades de
incumplimiento de los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas en el
Perú
Industrial Data, vol. 20, núm. 1, 2017, pp. 7-15
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81652135001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Análisis de supervivencia como alternativa metodológica para estimar probabilidades de incumplimiento de los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas en el Perú

RECIBIDO: 11/01/2017 ACEPTADO: 18/05/2017

FÁTIMA URIARTE CÁCERES¹
YSELA AGÜERO PALACIOS²

RESUMEN

El cálculo de probabilidades de incumplimiento puede mejorarse si se incorporan variables adicionales que pueden predecirse y que están asociadas a los cambios en la situación financiera de los deudores y en la situación económica. La inclusión de estas variables es posible mediante el uso del análisis de supervivencia. En el presente documento, se realiza una aplicación del modelo de riesgos proporcionales de Cox para identificar algunas variables explicativas del riesgo de incumplimiento de los nuevos deudores de créditos corporativos y a grandes empresas. Las características del deudor (sector económico, endeudamiento, rentabilidad, tamaño de la empresa), del crédito (saldo inicial, porcentaje en moneda extranjera, porcentaje de garantías), la agrupación de la entidad y el índice de confianza empresarial fueron identificados como factores de riesgo significativos para el incumplimiento en el pago de los créditos de las empresas corporativas y grandes.

Palabras clave: Análisis de supervivencia, modelo de riesgos proporcionales de Cox, probabilidad de incumplimiento.

SURVIVAL ANALYSIS AS A METHODOLOGICAL ALTERNATIVE TO ESTIMATE PROBABILITIES OF DEFAULT OF CORPORATE CREDIT DEBTORS AND LARGE COMPANIES IN PERU

ABSTRACT

The calculation of probabilities of default can be improved by incorporating additional variables that can be predicted and which are associated with changes in the debtors' financial situation and the economic situation. The inclusion of these variables is possible through the use of survival analysis. In the present paper, an application of the Cox proportional hazards model is performed to identify some explanatory variables of the risk of default of new corporate credit debtors and large companies. The characteristics of the debtor (economic sector, indebtedness, profitability, size of the company); credit (initial loan, percentage in foreign currency, percentage of guarantees); together with entity grouping and business confidence index were identified as risk factors for non-compliance in the payment of corporate and large companies loans.

Keywords: Survival analysis, Cox proportional hazards model, probability of default.

1. INTRODUCCIÓN

La reciente crisis externa ha generado que se brinde especial atención a la estabilidad del sistema financiero frente al desempeño macroeconómico. La innovación y diversificación en los activos financieros, junto con un incremento dramático en los flujos de capitales internacionales, han incrementado la complejidad de la supervisión de las instituciones financieras. Dado este problema, la identificación de las vulnerabilidades del sistema financiero peruano frente a posibles choques externos es de particular importancia, considerando que el Perú es una economía pequeña y abierta.

Las entidades del sistema financiero peruano están expuestas en mayor medida al riesgo de crédito. El riesgo de crédito se define como la posibilidad que tiene una entidad de incurrir en pérdidas como consecuencia del incumplimiento de las obligaciones por parte del deudor. En este sentido, los problemas de calidad crediticia pueden causar que el capital de una institución financiera se reduzca de manera importante e incluso que se vuelva insolvente.

La estimación de las probabilidades de incumplimiento para cada tipo de crédito constituye un componente esencial del proceso de supervisión financiera. Los modelos de probabilidad de incumplimiento vinculan el incumplimiento de un tipo de crédito con un conjunto de variables. Por ende, además de ser un ejercicio económico interesante en sí mismo, la estimación de estos modelos representa el primer eslabón entre la evolución de la actividad real y las instituciones financieras.

En la actualidad, la mayoría de supervisores bancarios calculan las probabilidades de incumplimiento mediante el uso de matrices de transición, las cuales expresan el porcentaje del saldo de créditos de deudores que permanecen o migran de una categoría de riesgo crediticio a otra en un determinado periodo de tiempo. Estas probabilidades asumen que tanto las características del deudor como la situación de la economía se mantienen constantes en el tiempo. Este supuesto resulta poco realista; por ello, surge la necesidad de utilizar metodologías alternativas que permitan el desarrollo de modelos más adecuados que utilicen de forma más eficiente la información disponible, facilitando la

1 Egresada de la Maestría en Estadística Matemática, UNMSM.
E-mail: fatima.uriarte@unmsm.edu.pe
2 Dpto. de Estadística, UNMSM.
E-mail: yaguerop@unmsm.edu.pe

inclusión de variables asociadas al entorno económico y variables microeconómicas específicas a los deudores.

La presente investigación propone el uso del análisis de supervivencia para calcular probabilidades de incumplimiento de los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas. El cálculo de probabilidades de incumplimiento mediante modelos de supervivencia representa un avance significativo con relación al uso de matrices de transición, debido a que posibilita obtener probabilidades de incumplimiento por deudor, permitiendo modelar, no solo si el deudor caerá en incumplimiento, sino también el tiempo que transcurrirá hasta que transite a ese estado. Asimismo, el uso del análisis de supervivencia permite considerar series de tiempo macroeconómicas y características financieras de las empresas en el cálculo de las probabilidades de incumplimiento para los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Existen varios métodos estadísticos que han sido utilizados en la literatura para estimar la probabilidad de incumplimiento, siendo los principales el análisis discriminante, la regresión logística, las redes neuronales y el análisis de supervivencia.

Algunos autores han realizado estudios comparativos de los resultados de estas técnicas, evidenciando la superioridad del análisis de supervivencia en las aplicaciones asociadas al riesgo de crédito. Así, es posible señalar el estudio de Noh, Roh y Han (2005) que estimó tres modelos de riesgo de crédito utilizando las técnicas: análisis de supervivencia, regresión logística y redes neuronales para una base de datos de 8 mil deudores de créditos personales. Sus resultados muestran que el poder predictivo de los tres modelos es similar. No obstante, cuando se compara con el mismo punto de corte, el modelo de regresión logística y las redes neuronales muestran mejores resultados en la predicción de los buenos clientes, mientras que el análisis de supervivencia muestra mejor predicción de los malos clientes. Esto indica que el uso del análisis de supervivencia puede disminuir el error de brindarle un crédito a un mal cliente. Asimismo, los autores resaltan que el análisis de supervivencia puede brindar el tiempo que transcurre hasta el incumplimiento, a diferencia de los enfoques tradicionales.

De este modo, el análisis de supervivencia es una herramienta cuyo uso se ha expandido recientemente en las aplicaciones asociadas a la medición

del riesgo de crédito, dado que permite incluir en la modelación del riesgo de crédito a series de tiempo macroeconómicas. La mayoría de las aplicaciones que se pueden encontrar en la literatura se enfocan en créditos a personas, es decir, créditos de consumo e hipotecarios. Sin embargo, existen también investigaciones que se han enfocado en el análisis del incumplimiento en el pago de créditos otorgados a las empresas. Estos estudios analizan la importancia de las características financieras y económicas de las empresas como determinante del incumplimiento en el pago de sus deudas.

Gómez y Orozco (2009) presentan un modelo de riesgos proporcionales de Cox para evaluar la solidez de los bancos en Colombia. De este modo, utilizan como variables explicativas los ratios de liquidez, apalancamiento, tamaño, rentabilidad, eficiencia, composición de la deuda y número de operaciones. Posteriormente, los mismos autores (Gómez y Orozco, 2010) presentan una manera alternativa de estimar matrices de transición usando el modelo de riesgos proporcionales de Cox. De esa manera, los autores estimaron matrices de transición condicionales a las características de las empresas y del entorno económico que influyen en el proceso de migración.

Figlewski, Frydman y Liang (2012) desarrollan un modelo de riesgos proporcionales de Cox utilizando la historia de eventos crediticios de la base de datos de una agencia de clasificación de riesgos durante el periodo 1970-2002. Para ello, utilizan covariables asociadas a la historia crediticia del deudor y catorce variables macroeconómicas agrupadas en tres categorías: condiciones macroeconómicas generales (tasa de desempleo, inflación), dirección de la economía (crecimiento del PBI real, crecimiento de la producción industrial) y condiciones de los mercados financieros (tasa de interés de largo plazo, ratio de incumplimiento de los bonos corporativos). Los autores concluyen que la incorporación de factores macroeconómicos conlleva a un incremento en el poder explicativo del modelo.

Ju, Jeon y Sohn (2015) estiman un modelo de *scoring* con variables dependientes de tiempo a través del modelo de riesgos proporcionales de Cox. Para ello, utilizan una base de datos de más de 4 mil empresas coreanas a las que se les otorgó un financiamiento de mejora tecnológica durante el periodo comprendido entre 1999 y 2004. Los resultados indican que las empresas con puntajes más elevados de administración presentan un menor ratio de incumplimiento que las empresas con elevados puntajes de beneficios y marketing. Adicionalmente, los autores realizan modelos de estrés que refle-

jan cambios en las condiciones económicas, como por ejemplo fluctuaciones del índice de precios al consumidor. De este modo, encuentran que las empresas que cuentan con puntajes de marketing elevados resultan significativamente afectadas por el entorno económico.

En la presente investigación se utilizará el modelo de riesgos proporcionales de Cox que cuenta con popularidad en las aplicaciones recientes de riesgo de crédito principalmente debido a dos razones: (i) es un modelo semiparamétrico, es decir no necesita especificar la distribución de probabilidad del tiempo de supervivencia o de falla, por lo tanto, los resultados son robustos; y (ii) permite incorporar variables dependientes del tiempo, que luego pueden mejorar el poder explicativo y la predicción.

2.2. Bases teóricas: análisis de supervivencia

El análisis de supervivencia representa una colección de métodos estadísticos para analizar datos en donde la variable de interés es el tiempo que transcurre hasta la ocurrencia de un evento de interés. El tiempo que transcurre entre el ingreso al estudio (Ej. Otorgamiento de un préstamo) y el momento en que ocurre el evento de interés (incumplimiento del pago de la cuota fijada) se denomina en la literatura de análisis de supervivencia como tiempo de supervivencia o de falla. Cabe precisar que estos eventos son - en la mayoría de casos - indeseables; por eso, son llamados eventos de falla.

2.2.1. Censura

Una característica importante de los datos de supervivencia es la presencia de observaciones incompletas o parciales a las cuales se denomina censuras; es decir, observaciones en las cuales no ha sido posible observar el evento de interés debido a que el estudio termina antes que se registre el evento de interés para todos los individuos, o por alguna razón, los individuos son retirados durante el transcurso del estudio (Ej. cancelación del préstamo). Sin la presencia de censura las técnicas estadísticas clásicas, podrían ser utilizadas. Dado que ello no ocurre, se hace necesario el uso de métodos que también tomen en cuenta la información contenida en los datos censurados.

Independientemente de, si los datos son censurados o no, todos los resultados provenientes del estudio deben ser utilizados en el análisis estadístico. Dos razones justifican este procedimiento: i) las ob-

servaciones censuradas ofrecen información sobre la duración del evento de interés; y ii) la omisión de la censura en el cálculo de las estadísticas de interés puede llevar a conclusiones erradas.

2.2.2. Funciones del análisis de supervivencia

Sea una variable aleatoria no negativa que representa el tiempo hasta que un evento de interés ocurre, se sabe que dada una variable aleatoria, no es posible conocer con certeza el valor que esta tomará al ser medida o determinada, aunque sí se conoce que existe una distribución de probabilidad asociada al conjunto de valores posibles.

Función de Supervivencia

La función de supervivencia representa la probabilidad de sobrevivir más allá del tiempo t .

$$S(t) = \Pr(T > t) = 1 - F(t)$$

Por ejemplo, el interés puede ser determinar la probabilidad de que el prestatario que recibió un crédito haya pagado su crédito hasta después del momento t . Independientemente del evento que se esté analizando, es igual a uno cuando t decrece de manera monótona a medida que t tiende a infinito.

Función de Riesgo

Esta función define el riesgo instantáneo de ocurrencia del acontecimiento. Es la probabilidad (límite) de que el evento de interés ocurra en un intervalo de tiempo muy pequeño, Δt , condicionado al hecho de que el individuo ha sobrevivido hasta el comienzo del intervalo, dividido por la amplitud del intervalo.

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t + \Delta t > T > t / T > t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)}$$

La función de riesgo varía de cero a infinito. Una función de riesgo de cero significa que no existe riesgo de que el evento ocurra, mientras que si la función toma el valor de infinito significaría que existe certidumbre de que el evento ocurra en ese instante.

Cabe precisar que las funciones de riesgo brindan una manera más natural de interpretar el proceso que genera el evento de interés y los modelos de regresión se entienden de mejor manera al entender como las covariables influyen sobre el riesgo de ocurrencia de un evento de interés.

2.2.3. Estimación de la función de supervivencia

La estimación de la función de supervivencia se puede realizar desde un enfoque paramétrico o no paramétrico, dependiendo de los supuestos acerca de la distribución de la función de supervivencia. En la presente investigación no se conoce la distribución de probabilidad del tiempo hasta la ocurrencia del incumplimiento, por lo que la revisión teórica se enfocará en las técnicas no paramétricas. En particular, en el estimador producto límite de Kaplan - Meier por ser el más utilizado en la literatura.

El estimador no paramétrico de Kaplan - Meier, propuesto por Kaplan y Meier (Colosimo y Giolo, 2010) para estimar la función de supervivencia, es una adaptación de la función de distribución empírica, que en ausencia de censuras, es definida como el cociente entre el número de observaciones que no fallaron hasta el tiempo y el número total de observaciones del estudio. El estimador se define como:

$$\hat{S}(t) = \sum_{j: t_j < t} \left(\frac{n_j - d_j}{n_j} \right)$$

Donde: d_j : Número de fallas en t_j ; y n_j : Número de individuos en riesgo en el tiempo t_j ; es decir, aquellos individuos que no fallaron y no fueron censurados hasta el instante inmediatamente anterior a t_j .

2.2.4. Modelo de regresión de Cox

Cuando el objetivo del análisis de supervivencia está centrado en evaluar la relación entre el tiempo de supervivencia y algunas variables explicativas de interés, se utilizan los modelos de regresión. En este contexto, el modelo de regresión de Cox o modelo de riesgos proporcionales de Cox permite explicar la variación de los tiempos de supervivencia o el riesgo a partir de un conjunto de variables explicativas X_1, X_2, \dots, X_n .

Si se considera covariables, de modo que es un vector de componentes $x = (x_1, \dots, x_p)'$, la expresión del modelo de regresión de Cox es:

$$\lambda(t/x) = \lambda_0(t)g(x'\beta) \quad (1)$$

Donde $g(\cdot)$ es una función no negativa que debe ser especificada tal que $g(0) = 1$. En particular esta función es la exponencial.

El modelo de la expresión (1) está compuesto por dos componentes, un componente no paramétrico $\lambda_0(t)$, que es una función no negativa del tiempo

pero no tiene una forma definida, se le conoce como riesgo base cuando el componente paramétrico es una combinación lineal de las variables explicativas denominado predictor lineal:

$$x'\beta = \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p$$

Donde β , es un vector de parámetros asociado con las covariables.

Este modelo también es llamado modelo de riesgos proporcionales, debido a que la razón de dos funciones de riesgo de individuos diferentes es constante en el tiempo. Esto es, la razón de dos funciones de riesgo para los individuos i y j está dada por:

$$\frac{\lambda(t/x_i)}{\lambda(t/x_j)} = \frac{\lambda_0(t)\exp\{x_i'\beta\}}{\lambda_0(t)\exp\{x_j'\beta\}} = \exp\{x_i'\beta - x_j'\beta\}$$

Esta razón no depende del tiempo. Por ejemplo, si un individuo en el inicio del estudio tiene una función de riesgo que es el doble de la del segundo individuo, entonces la razón de ambas funciones de riesgo será la misma para todo el periodo de acompañamiento.

2.2.5. Modelo de Cox con covariables dependientes del tiempo

Las covariables del modelo de Cox considerado en la sección anterior fueron medidas al inicio del estudio. Una complicación adicional que puede ocurrir en el análisis de supervivencia es encontrar variables explicativas que dependen del tiempo, es decir, los valores de algunas covariables al final del estudio pueden ser diferentes a los del inicio. Tales covariables pueden ser incorporadas en el modelo de regresión de Cox como:

$$\lambda(t/x(t)) = \lambda_0(t)\exp\{x'(t)\beta\}. \quad (2)$$

El ajuste del modelo de Cox de la expresión (2) es obtenido a través del logaritmo de la función de verosimilitud parcial. Para ello, se utiliza:

$$U(\beta) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left[x_i(t_i) - \frac{\sum_{j \in R(t_i)} x_j(t_i) \exp\{x_j'(t_i)\beta\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{x_j'(t_i)\beta\}} \right] = 0$$

Las propiedades asintóticas de los estimadores de máxima verosimilitud parcial fueron obtenidas por Andersen y Gill (referenciado por Colosimo y Giolo, 2010), quienes probaron que los estimadores son consistentes y asintóticamente normales bajo condiciones regulares. De esta forma, se pueden

utilizar las estadísticas de Wald y la de razón de verosimilitud para realizar inferencia sobre los parámetros del modelo de regresión de Cox con co-variables dependientes del tiempo.

3. METODOLOGÍA

3.1. Población de estudio

El interés del estudio radica en determinar la intensidad de transición de los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas que estaban clasificados en categoría normal y transitan hacia otra categoría de mayor riesgo crediticio en el tiempo. Por ello la población está compuesta por 2483 deudores nuevos de créditos corporativos y a grandes empresas que ingresaron al sistema financiero durante el periodo 2003 a 2010, los cuales pueden tener más de un crédito. En este caso particular, se tomará como unidad de análisis el crédito.

3.2. Tamaño de muestra

Los criterios de inclusión son:

- Deudores que cuentan con disponibilidad de información financiera.
- Deudores bancarizados por entidades que no dejaron de operar en el sistema financiero.

Los créditos que satisfacen los criterios de inclusión son 2758, estos corresponden a 1027 deudores, aproximadamente 42% del total de los deudores de créditos corporativos y a grandes empresas nuevos en el periodo 2003 a 2010.

En el contexto del modelo de Cox, interesa calcular el tamaño de muestra para realizar el test de Wald al coeficiente γ_1 (logaritmo de la razón del riesgo asociada a la variable principal X_1) con la hipótesis nula $H_0: \gamma_1 = 0$. Donde γ_1 representa el coeficiente asociado con la variable principal X_1 .

El número requerido de eventos de interés para probar una hipótesis acerca de un coeficiente en el modelo de Cox en presencia de otras variables, de acuerdo a Schoenfeld (1983) es:

$$E = \frac{(z_{1-\alpha/k} + z_{1-\beta})^2}{\sigma^2 \gamma_1^2 (1-R^2)}; R^2 < 1.$$

Donde $z_{1-\alpha/k}$ y $z_{1-\beta}$ son los cuantiles $1 - \alpha/k$ y $1 - \beta$ de la distribución normal estándar, respectivamente σ , es la desviación estándar de X_1 , y R^2 es el coeficiente de determinación de X_1 con relación a las variables X_2, \dots, X_p .

Ante la presencia de censuras, el tamaño de la muestra es estimado por $n = \frac{E}{p_E}$ Donde p_E es la pro-

babilidad de ocurrencia del evento de interés durante el periodo de estudio.

Para determinar el tamaño de la muestra se consideró una muestra piloto y se identificó que la variable que registraba la razón de riesgos (RR) más influyente en la regresión era el porcentaje del crédito que se encuentra en moneda extranjera; por ello, fue utilizado como variable auxiliar para la determinación del tamaño de muestra. Este coeficiente posee una razón de riesgos aproximada de 2 o, alternativamente, un coeficiente en la regresión de Cox de 0.6931.

Fijando un nivel de significación $\alpha = 0.05$, una potencia $1 - \beta = 0.99$, una desviación estándar $\sigma = 0.4638$, un coeficiente de determinación $R^2 = 0.4572$, una probabilidad de ocurrencia del evento de interés $p_E = 0.15$ y el coeficiente de la variable principal del estudio $\gamma_1 = 0.6931$, se obtiene el tamaño de muestra como:

$$E = \frac{(1.9599 + 2.3263)^2}{(0.4638^2)(0.6931^2)(1 - 0.4572)} = 330$$

$$n = \frac{E}{p_E} = \frac{330}{0.15} = 2200$$

Finalmente, el tamaño de muestra requerido de acuerdo a la fórmula de Schoenfeld es de 2200 créditos. No obstante, se dispone de una base de datos con un mayor número de créditos, por lo que se trabajará con los 2758 créditos mencionados anteriormente.

3.3. Especificación de variables para el modelo de Cox

Las aplicaciones que buscan medir el riesgo de crédito utilizan básicamente cuatro categorías de variables para explicar el incumplimiento: características del deudor, características del crédito, comportamiento del deudor y entorno macroeconómico. No obstante, en la presente investigación no se incluyeron variables asociadas al comportamiento de deudor porque no se cuenta con tal información.

De este modo, las características que determinan el riesgo de incumplimiento son:

- **Del deudor:** incluye los ratios de liquidez, estructura de deuda, endeudamiento, rentabilidad y eficiencia. Además, considera el tamaño de la empresa aproximado por el nivel de activos y el sector económico en el que opera la empresa.
- **Del crédito:** incluye el percentil del monto inicial del crédito, el porcentaje del crédito que se encuentra en moneda extranjera y el porcentaje

del crédito que está coberturado por una garantía.

- **De la entidad:** incluye una variable categórica que refleja la agrupación de la entidad que brindó el crédito.
- **Macroeconómicas:** incluye el PBI y los índices de confianza empresarial y del consumidor.

El Anexo 1 muestra la definición de cada una de las variables incluidas en el estudio y su periodicidad.

Se consideró como evento de falla cuando el deudor incumplió con el pago del crédito dentro del periodo de estudio, es decir, cuando el deudor dejó de estar en categoría normal. Para ello, se realizó un seguimiento mensual de la clasificación reportada para cada deudor en el periodo comprendido entre enero de 2003 y diciembre de 2012. En este caso, el tiempo de supervivencia identifica el periodo entre el otorgamiento del crédito y el incumplimiento.

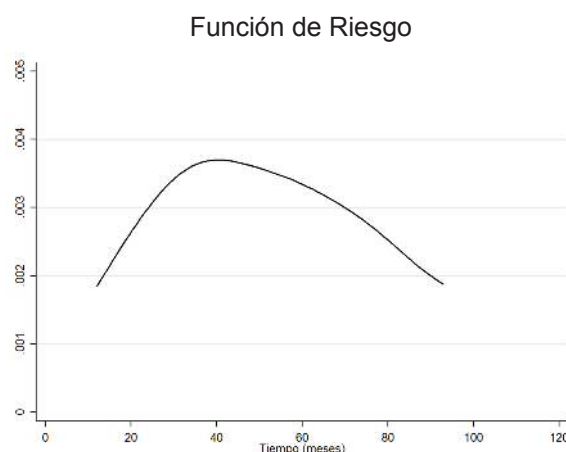
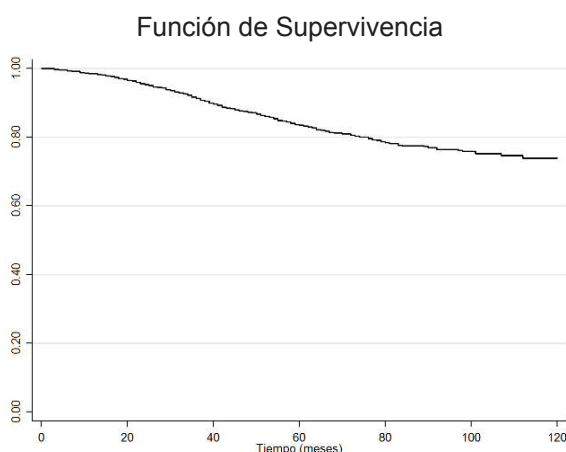
Asimismo, los datos registran dos tipos de censura: (i) censura por la derecha tipo I que ocurre cuan-

do, a la fecha de finalización del estudio, el deudor no había incumplido con el pago del crédito; y (ii) censura aleatoria que ocurre cuando el deudor sale del sistema financiero al término de su contrato de deuda o porque recibe una propuesta de compra de deuda. En estos casos, el tiempo de censura se refiere al periodo transcurrido entre el otorgamiento del crédito y su cancelación o término del periodo de estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron 2758 créditos corporativos y a grandes empresas, los tiempos transcurridos hasta dejar de pagar el crédito variaron entre uno y 120 meses. Con el objeto de observar la relación de los tiempos de supervivencia con cada una de las posibles variables explicativas, se ajustaron curvas de supervivencia y de riesgo, para los tiempos de supervivencia hasta el incumplimiento de pago del crédito.

Figura 1. Función de supervivencia y de riesgo de los créditos corporativos y a grandes empresas



Fuente: Elaboración propia.

La función de riesgo de incumplimiento en el tiempo (ver Figura 1) tiene la forma típica presentada en los estudios de Bellotti y Crook (2013), Alves y Días (2015) y Luo, Kong y Nie (2016). Observar que crece rápidamente, y luego, con el transcurrir del tiempo, decrece lentamente, en la medida que los prestatarios que se muestran inclinados al incumplimiento son retirados del estudio.

Posteriormente, se ajustó el modelo de riesgos proporcionales de Cox, incluyendo las variables que dependen del tiempo. Con excepción de las variables ratio de liquidez, estructura de deuda, índice de precios al consumidor, índice de confianza del

consumidor y PBI, las demás resultan significativas. Removiendo las covariables que resultaron no significativas, se obtiene el modelo ajustado final para la ocurrencia del incumplimiento en el segmento de créditos corporativos y a grandes empresas (ver Tabla 1).

Cabe precisar que se ha decidido considerar la variable PBI a pesar de no ser estadísticamente significativa, porque además de su relevancia para la aplicación de pruebas de estrés, varias investigaciones han resaltado su importancia en la predicción del riesgo de incumplimiento.

Tabla 1. Coeficientes parciales y razones de riesgo ajustados estimados para el incumplimiento de los créditos corporativos y a grandes empresas.

Covariables	Coeficientes estimados	Significación	Razón de Riesgos (RR)	
			RR ajustado	IC (95%)
<i>Características del deudor</i>				
Sector económico (*)				
Comercio	-0,70	0,00	0,49	[0,38 ; 0,64]
Manufactura	0,08	0,48	1,08	[0,87 ; 1,35]
Endeudamiento	0,01	0,00	1,01	[1,01 ; 1,01]
Rentabilidad	-0,00	0,00	0,99	[0,99 ; 0,99]
Tamaño	-0,00	0,00	0,99	[0,99 ; 0,99]
<i>Características del crédito</i>				
Saldo inicial	-0,01	0,00	0,99	[0,98 ; 0,99]
% Moneda Extranjera	1,05	0,00	2,85	[2,22 ; 3,67]
% Garantía	-0,28	0,02	0,75	[0,60 ; 0,95]
<i>Características de la entidad</i>				
Agrupación	0,25	0,03	1,28	[1,02 ; 1,61]
<i>Variables macroeconómicas</i>				
PBI	-0,01	0,49	0,99	[0,96 ; 1,02]
Índice Confianza Empresarial	-0,01	0,05	0,99	[0,98 ; 0,99]

(*) Referencia: otros sectores económicos.

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados del modelo final, se puede observar que las características del deudor, del crédito y de la entidad fueron identificadas como factores de riesgo significativos para el incumplimiento en el pago de los créditos de las empresas corporativas y grandes. Los coeficientes asociados con las variables que forman parte del modelo de regresión ajustado final, registraron signos coherentes con lo esperado, como se explica a continuación:

- **Características del deudor:** El endeudamiento (RR: 1,01; IC: 1,01-1,01) evidencia una relación directa con el riesgo de incumplimiento, en contraste con las variables rentabilidad (RR: 0,99; IC: 0,99-0,99) y tamaño (RR: 0,99; IC: 0,99-0,99), aproximado por el nivel de activos de la empresa, que registran una relación inversa. Por su parte, las empresas que tienen como actividad económica principal el sector comercio (RR: 0,49; IC: 0,38-0,64) presentan un menor riesgo de incumplimiento que aquellas que se dedican al resto de actividades económicas. De este modo, manteniendo constantes el resto de covariables, el riesgo estimado de incumplimiento de las demás empresas es dos veces mayor comparadas con las del sector comercio. Por su parte, el riesgo de incumplimiento para las empresas que se dedican al sector manufactura (RR: 1,08; IC: 0,87-1,35) no difiere signi-

ficativamente de las que se dedican al resto de sectores.

- **Características del crédito:** Se observa que los deudores que fueron bancarizados con créditos de mayor tamaño mostraron menor riesgo de incumplimiento (RR: 0,99; IC: 0,98-0,99). Lo contrario ocurre con el tipo de moneda del crédito, en la medida que las empresas que cuentan con una mayor participación de créditos en moneda extranjera mostraron un mayor riesgo de incumplimiento (RR: 2,85; IC: 2,22-3,67). Este hecho estaría asociado al riesgo cambiario crediticio que se da cuando los deudores perciben sus ingresos en soles pero registran créditos en dólares, lo que los expone en mayor medida a la volatilidad del tipo de cambio.

Adicionalmente, se observa una relación inversa entre el riesgo de incumplimiento y la garantía, que estaría asociada a que los deudores tienen menores incentivos al incumplimiento cuando han garantizado el crédito (RR: 0,75; IC: 0,60-0,95).

- **Características de la entidad:** El segundo grupo de entidades financieras registra un riesgo de incumplimiento mayor (RR: 1,28; IC: 1,02-1,61).
- **Variables macroeconómicas:** El índice de confianza empresarial evidencia una relación inver-

sa con el riesgo de incumplimiento (RR: 0,99; IC: 0,98-0,99), en la medida que, cuanto mejores sean las condiciones económicas el riesgo de incumplimiento de las empresas corporativas y grandes es menor, lo mismo ocurre con el PBI, aunque esta covariable no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el riesgo de endeudamiento.

Con el objetivo de verificar la hipótesis de riesgos proporcionales, se realizó el test de residuos de Schoenfeld. Los resultados muestran que no se puede rechazar la hipótesis de riesgos proporcionales de manera global y para cada una de las variables incluidas en el estudio, con excepción de la variable rentabilidad, por lo que no se encontró evidencia de que la especificación del modelo viole la referida hipótesis.

5. CONCLUSIONES

Las variables sector económico, endeudamiento, rentabilidad, tamaño de la empresa, saldo inicial, porcentaje en moneda extranjera, porcentaje de garantías, agrupación e índice de confianza empresarial fueron identificadas como factores asociados con el incumplimiento en el pago de créditos corporativos y a grandes empresas. Por lo tanto, sería importante monitorear estas variables al evaluar los créditos no minoristas, con el fin de identificar potenciales incumplimientos para este tipo de deudores.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el modelo ajustado para realizar pruebas de estrés financiero incluyendo variables macroeconómicas de modo que se pueda simular una economía en recesión o en crecimiento. Adicionalmente, el modelo de Cox podría ser utilizado para calcular probabilidades de incumplimiento en otros segmentos crediticios como consumo o hipotecario.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alves, B. C., & Dias, J. G. (2015). Survival mixture models in behavioral scoring. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 3902-3910.
- [2] Bellotti, T., & Crook, J. (2013). Forecasting and stress testing credit card default using dynamic models. *International Journal of Forecasting*, 29(4), 563-574.
- [3] Colosimo, E. & Giolo, S. (2010). Análisis de Supervivencia Aplicada. Second Edition. ABE-Proyecto Fisher.
- [4] Figlewski, S., Frydman, H., & Liang, W. (2012). Modeling the effect of macroeconomic factors on corporate default and credit rating transitions. *International Review of Economics & Finance*, 21(1), 87-105.
- [5] Gómez, J. E., & Orozco, I. P. (2009). Un modelo de alerta temprana para el sistema financiero colombiano (No. 005544). Banco de la República.
- [6] Gómez, J. E., & Orozco, I. P. (2010). Estimation of conditional time-homogeneous credit quality transition matrices. *Economic Modelling*, 27(1), 89-96.
- [7] Ju, Y., Jeon, S. Y., & Sohn, S. Y. (2015). Behavioral technology credit scoring model with time-dependent covariates for stress test. *European Journal of Operational Research*, 242(3), 910-919.
- [8] Luo, S., Kong, X., & Nie, T. (2016). Spline based survival model for credit risk modeling. *European Journal of Operational Research*, 253(3), 869-879.
- [9] Noh, H. J., Roh, T. H., & Han, I. (2005). Prognostic personal credit risk model considering censored information. *Expert Systems with Applications*, 28(4), 753-762.
- [10] Schoenfeld, D. A. (1983). Sample-size formula for the proportional-hazards regression model. *Biometrics*, 499-503.

Anexos

Anexo 1. Definición y periodicidad de las variables consideradas en la investigación

Características	Variable	Definición	Tipo de variable	Periodicidad
Del deudor	Liquidez	Activo Corriente / Pasivo Corriente	Continua	Anual
	Estructura de deuda	Pasivo Corriente / (Pasivo Corriente + Pasivos a Largo Plazo)	Continua	Anual
	Endeudamiento	Pasivos / Patrimonio	Continua	Anual
	Rentabilidad	Utilidad Neta antes de Impuestos	Continua	Anual
	Eficiencia	Gastos Operacionales / Ventas	Continua	Anual
	Tamaño	Activos	Continua	Anual
Del crédito	Sector económico	Indica la actividad económica principal que realiza la empresa de acuerdo a la Clasificación Internacional Industrial Uniforme.	Categoría 1 Resto de sectores; 2: Manufactura; 3: Comercio	Anual
	Saldo inicial	Representa el financiamiento inicial otorgado al deudor. Se presenta en percentiles. Para construir el percentil del monto inicial, se ordena a los deudores en función al monto inicial de su crédito y se divide en cien grupos de igual participación de deudores.	Continua	Mensual
	% Moneda Extranjera	Porcentaje del saldo de crédito otorgado que se encuentra en moneda extranjera	Continua	Mensual
	% Garantía	Porcentaje del saldo de crédito otorgado que se encuentra coberturado por una garantía.	Continua	Mensual
De la entidad	Agrupación de la entidad	Se agrupa a las entidades del sistema financiero de acuerdo a sus características comunes. Se identificaron dos grupos de entidades.	Categoría 1: Agrupación 1; 2: Agrupación 2	-
		<u>Agrupación 1</u> : Cluster conformado por cuatro entidades del sistema financiero que se caracteriza por ofrecer las tasas de interés más bajas del sistema financiero y por registrar un préstamo promedio elevado, por lo que las empresas de este cluster se orientan a empresas de mejor perfil de riesgo.		
		<u>Agrupación 2</u> : Cluster conformado por seis entidades del sistema financiero que cuentan con mayor especialización en el segmento de créditos corporativos y a grandes empresas, se caracteriza por registrar un préstamo promedio de menor tamaño.		
		Crecimiento anual del valor monetario de todos los bienes y/o servicios producidos por el país.		
Macroeconómicas	PBI (var % anual)	Mide el nivel de los precios de los bienes y servicios que consumen las familias de los diversos estratos socioeconómicos en Lima Metropolitana. Se obtiene comparando a través del tiempo el costo de una canasta de bienes y servicios con base 2009.	Continua	Mensual
	IPC	Indicador adelantado de la actividad económica que se elabora con base al promedio aritmético de los índices desestacionalizados de órdenes de compra, ventas e inventarios respecto al mes anterior de la Encuesta de Expectativas Macroeconómicas del BCRP.	Continua	Mensual
	Índice de confianza empresarial	Indicador de la confianza de los consumidores sobre la actividad económica presente y futura.	Continua	Mensual
	Índice de confianza del consumidor		Continua	Mensual

Fuente: Elaboración propia.