

Modelación de la quiebra empresarial en el sector de la construcción en Colombia

Armando Lenin Támara Ayús*
Rodrigo Alejandro Moreno Valencia
José Alfredo Balcázar Bedoya

pp. 125-147

Resumen

La presente investigación desarrolla una modelación de econometría que logra mostrar por qué las empresas del sector construcción, en Colombia, no se mantienen en el tiempo, lo que lleva a su quiebra. Para lograr dicha modelación se utiliza una regresión logística con datos de 408 empresas distribuidas entre sanas y quebradas, en iguales proporciones, obtenidas por medio de la plataforma Sirem y Supersociedades durante el período 2009-2019. Las variables independientes se basan en los indicadores financieros ROA, ROE, CCPT, DTAT, NOAT, KWAT, VTAT, Ventas y Ebitda. Se concluye que el ROA es el principal factor de quiebra para las compañías del sector de la construcción en el país, como lo evidencia su probabilidad y sus betas estadísticos.

Palabras clave

Sector construcción / Quiebra empresarial /
Análisis discriminante / Regresión logística

Abstract

This research developed an econometric modeling that manages to show why companies do not maintain themselves over time, causing bankruptcy in companies in the construction sector for Colombia, using a Logistic Regression. With data from 408 companies distributed among healthy and bankrupt companies in equal proportions obtained from the Sirem platform and Supersociedades in the period 2009-2019. The independent variables are based on the financial indicators ROA, ROE, CCPT, DTAT, NOAT, KWAT, VTAT, Sales and Ebitda. It is concluded that ROA is a bankruptcy factor for companies in the construction sector in the country, as evidenced by its probability and its statistical betas.

Key words

Construction Sector / Business Bankruptcy /
Discriminant Analysis / Logistic Regression

* A.L. Támara Ayús. Economista. Msc en Finanzas y PhD en Administración. Profesor titular Universidad Eafit, Medellín, Colombia.

Correo-e: atamaraa@eafit.edu.co

R. A. Moreno Valencia. Economista. Especialista en Finanzas y Magister en Administración Financiera. Profesor Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

Correo-e: ramorenov@eafit.edu.co

J. A. Balcázar Bedoya. Economista. Especialista en Finanzas y Magister en Administración Financiera. Asesor financiero Banco W, Popayán, Colombia.

Correo-e: jabalcazab@eafit.edu.co

Introducción

Este trabajo busca modelar la quiebra de empresas pertenecientes a la actividad de la construcción en Colombia, utilizando para ello datos tomados de la Superintendencia de Sociedades (Supersociedades) y el reporte *Sirem*, entre los años 2009 y 2019. En el informe publicado el 31 de diciembre del 2019 por la Supersociedades, se tenían registradas 2.814 organizaciones que hacen parte del sector de la construcción; adicionalmente, el informe *Sirem*, a la misma fecha, reportaba 252 empresas de este mismo sector bajo la ley 1116 del 2006 o Ley de insolvencia.

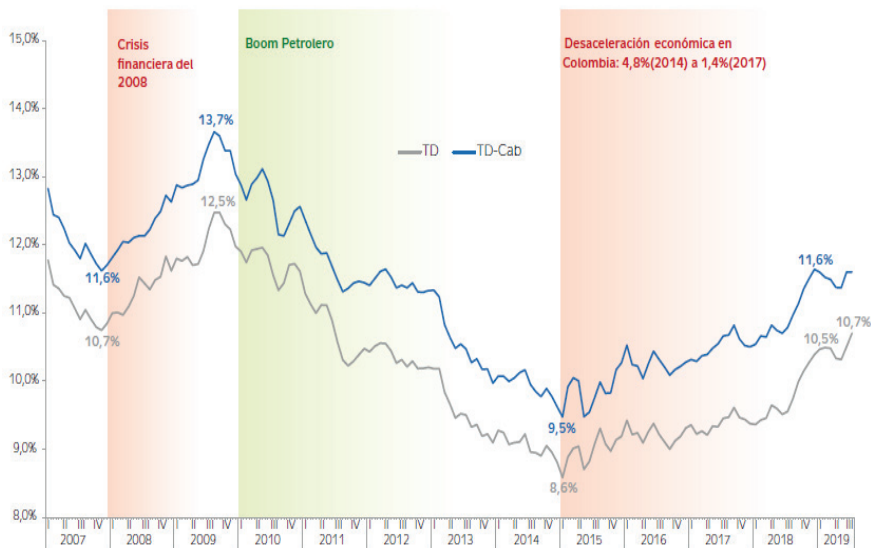
El proceso de quiebra o de insolvencia, en el caso de Colombia, para el sector construcción tiene una importancia significativa, debido, principalmente, al recorrido histórico que este sector ha tenido para el desarrollo económico del país. Su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia y la dinamización en la economía de los últimos diez años muestra gran importancia en relación con la generación de empleo, a la vez que crea ingresos importantes, específicamente en mano de obra no calificada. Por tales razones, es necesario observar el comportamiento de esta actividad tan influyente en el país, haciendo un énfasis riguroso de las variables financieras que nos permitan definir cuáles pueden ser predictivas a la hora de evaluar el evento de la quiebra en estas empresas. Para esto se estudiarán investigaciones similares que traten eventos de quiebra y, más específicamente, la elaboración de un modelo predictivo para empresas con síntomas de quiebra; de tal manera, se produce una selección de modelos base, los cuales serán ajustados a la situación de este sector en Colombia.

Planteamiento del problema

La situación económica de Colombia, desde el 2007 hasta el 2019, ha enfrentado diversos panoramas que afectan la tasa de desempleo del país. El gráfico 1 revela como dicha tasa tuvo su mayor alza en el segundo trimestre del 2009, con un 13,7 por ciento, mientras que en el segundo trimestre del 2019 llegó a un 11,6 por ciento. Dentro de las causas de este comportamiento tenemos la crisis financiera de 2008, que generó los picos más altos; sin embargo, el boom petrolero entre los años 2010 y finales de 2014 permitió dinamizar la economía, logrando disminuir la tasa de desempleo a su punto más bajo en los últimos doce años (9,5 por ciento).

Gráfico 1

Tasa de desempleo nacional y cabecera, desestacionalizado 2007-2019

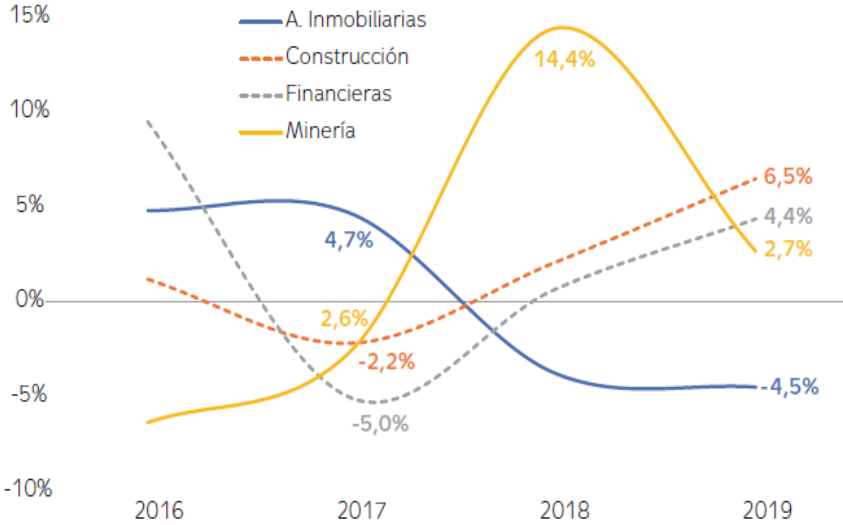


Fuente: Camacol (2020).

Es natural que la tasa de desempleo en las cabeceras municipales sea mayor que la nacional, dada la oferta de trabajo que se concentra en las principales ciudades; por el contrario, en la zona rural las presiones sobre el mercado de trabajo tienden a ser menores. Sin embargo, a pesar de las altas tasas de desempleo a nivel nacional y en las cabeceras municipales, el comportamiento de algunos sectores de la economía ha sido fluctuante. Por otra parte, los diferentes acontecimientos socioeconómicos han impactado la tasa de desempleo de manera drástica en la última década, tal y como lo muestra el gráfico 2, en donde se puede observar que el sector de la construcción se encuentra entre los cuatro sectores con menor porcentaje en la estructura de ocupación en Colombia.

Gráfico 2

Sectores de menor participación en la estructura de ocupación nacional



Fuente: Camacol (2020).

El informe de Camacol (2020) indica que el sector construcción ha tenido en la generación de empleo del país una dinámica positiva a partir de 2017, pese a estar por debajo del 8 por ciento, lo que ha ayudado amortiguar la baja generación de empleo de otros sectores de la economía colombiana.

Gráfico 3

PIB sector construcción vs. PIB nacional



Actual	Previous	Highest	Lowest	Dates	Unit	Frequency
17055.31	14747.98	17076.70	2927.00	2000 - 2019	COP Billion	Quarterly Constant Prices, SA

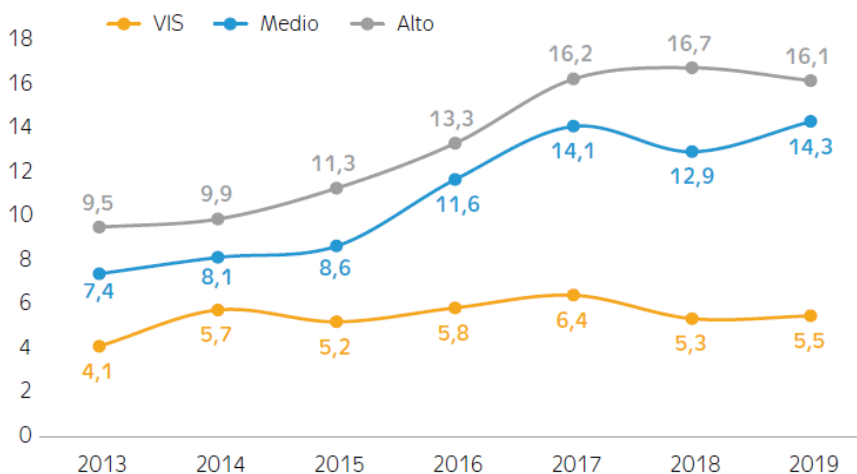
Fuente: FXEMPIRE (2020).

Como podemos ver en el gráfico 3, el aporte del sector construcción (color azul) al PIB (línea negra) tiene una participación significativa, y durante los últimos diez años ha presentado la misma tendencia.

En relación con el PIB de la construcción en Colombia, este paso de \$14.747 billones de pesos en el tercer trimestre de 2019 a \$17.055 billones de pesos en el cuarto trimestre de 2019, se produce debido, en gran medida, a la desaceleración económica del país que se ha presentado desde el 2015. Por otra parte, la rotación de inventario de las ventas en las tres categorías de vivienda que existe en el país ha aumentado con un mayor tiempo de ventas de aproximadamente 8 meses, tal y como se evidencia en el gráfico 4.

Gráfico 4

Rotación de inventarios por segmento de precios



Fuente: Camacol (2020).

Las compañías enfocadas en la construcción están ligadas al comportamiento del mercado frente a sus necesidades, en parte, debido a que los proyectos de vivienda requieren de un largo tiempo en su ejecución y no tienen la flexibilidad para adaptarse a los cambios económicos que presenta el país. Por ello, es de vital importancia conocer el mercado objetivo al cual se van a ofertar los inmuebles, para no incurrir en sobregastos administrativos y costos financieros no previstos en sus ventas. También hay que tener presente que estos gastos pueden llevar a la quiebra o mantener un nivel de liquidez muy bajo, que a largo plazo puede poner en peligro la existencia en el mercado.

En Colombia, la ley 905 del 2004 es la encargada de clasificar a las empresas de la siguiente forma: microempresas (micro), que no superan los 10 trabajadores en su nómina y se excluye la vivienda por valor menor de 500 Smmlv (Salario Mínimo Mensual Legal Vigente) para el total que muestren los activos; empresas consideradas como pequeñas, con una planta de trabajadores en promedio de 11 y 50 y que poseen unos activos totales que estén en el rango de 501 y menos de 5.000 Smmlv, y empresas medianas que tienen un equipo de trabajo entre 51 y 200 empleados y un rango de activos globales entre 5.001 y 30.000 Smmlv. Estas categorías ayudan a caracterizar a las 2.814 empresas del sector construcción, registradas al cierre de 2019 en Supersociedades, de las cuales 252 se encuentran en un proceso de insolvencia bajo la ley 1116 de 2006. El objeto de estudio en el presente trabajo es la creación de un modelo que permita predecir una situación que lleve a la quiebra a las empresas del sector de la construcción del país, buscando pronosticar dicho evento al menos con un año de anterioridad.

Marco de referencia conceptual

Para analizar el concepto de quiebra empresarial debemos partir del trabajo de Beaver (1966), el cual cataloga la «quiebra» como el incumplimiento de la empresa correspondiente a las obligaciones financieras en un tiempo acordado, dado el vencimiento que tengan estas. Entre los trabajos que siguen esta línea están los de Marais *et al.* (1984), Gabás (1990) y Boritz y Kennedy (1995). Posteriormente, se tiene el trabajo de Altman (1968) que utiliza el término «fracaso» como sinónimo de la quiebra empresarial y como la insuficiencia de no poder afrontar las deudas ante los acreedores. Entre los trabajos que se enmarcan en esta definición están los de Deakin (1972) y Lizarraga (1997). Más adelante, Taffler (1982) expone el término «fracaso» como la liquidación voluntaria; mientras que Correa *et al.* (2003) y Rubio (2008) lo definen como aquella empresa cuyo patrimonio neto contable es negativo.

En la década de los noventa, Keasey y Watson (1991) identificaron que el fracaso para una empresa es la quiebra y se caracteriza por la cancelación parcial de los pagos; a la vez, identificaron las variables que influyen en el evento, entre éstas la mora financiera, la impuntualidad en los pagos y las pérdidas por disminución de capital. Por otra parte, Altman (1993) plantea tres escenarios en relación con la definición del término quiebra o fracaso empresarial. El primero hace referencia al «fracaso económico», que se

enmarca en un panorama donde los costos superan los ingresos; el segundo, hace referencia al «fracaso financiero», caracterizado por problemas de falta de liquidez, y el tercero, hace referencia al «fracaso jurídico» distinguido por un patrimonio neto negativo.

Más recientemente, Calvo *et al.* (2006) concluyeron que existe una variedad de definiciones, las cuales están justificadas debido a que el fracaso es el resultado de las malas decisiones que afectan las actividades de la empresa, ocasionando que desaparezca del mercado. Bajo esta misma óptica, encontramos el planteamiento de García y Mures (2013) que explican que la gran diversidad de definiciones tiene su origen en la cantidad de agentes que intervienen en el sistema económico y el impacto que tiene el fracaso sobre éstos. Finalmente, las revisiones hechas en los trabajos de Tascon y Castaño (2012) y Támara *et al.* (2019), concluyeron que, en la actualidad a nivel mundial, se ha consolidado el término «quiebra», dejando a un lado el término «fracaso», el cual se ha venido ajustando a un concepto jurídico correspondiente a cada país de estudio.

En Colombia existe una entidad que regula la quiebra empresarial: la Superintendencia de Sociedades (Supersociedades), la cual se rige por el Ministerio de Comercio. Dicha entidad se considera como un organismo técnico con personería jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, el cual es utilizado por el mandatario presidencial para ejercer el seguimiento y vigilancia en las sociedades mercantiles. En Colombia no existe una ley de quiebra empresarial, sin embargo, el evento se trabaja bajo los parámetros establecidos por el Congreso de la República bajo la ley 1116 de 2006, denominada Ley de Insolvencia. Ésta busca el pago del crédito y garantizar su retorno; adicionalmente, intenta generar mayores contrataciones manteniendo la actividad económica; ello, basado en los escenarios de reorganización y liquidación judicial, por medio de los parámetros que ayuden en la generación de valor.

El proceso que lleva a la reestructuración, se basa en la finalidad de mantener las empresas, a través de estabilizar los respectivos lazos, tanto comerciales como financieros. Lo anterior se puede trabajar bajo la óptica de la reorganización administrativa, operacional, de bienes o deudas. En torno a la acción de liquidación judicial, busca la liquidación inmediata y ordenada, utilizando para ello la mejor distribución del patrimonio del cliente. Por otra parte, hay que mencionar que en la actualidad todavía aparecen tres escenarios adicionales a los dos mencionados en la ley 1116 de 2006, a pesar

de que fueron eliminados jurídicamente; éstos son: la Liquidación Obligatoria (Ley 222 de 1995), el Concordato (Ley 550 de 1999) y la Reestructuración (Ley 550 de 1999).

Base de datos de estudio

Se toman como referencia las 2.814 empresas pertenecientes al gremio de la construcción reportadas en Supersociedades y el informe *Sirem* a diciembre de 2019, correspondiente a las empresas en insolvencia que emite Supersociedades. En el reporte de *Sirem* se identifican 252 empresas en proceso de insolvencia. Teniendo como referencia los trabajos de Zmijewski (1984), Palepu (1986) y Alfaro *et al.* (2008) se estructura una base de datos emparejada utilizando el método mixto de muestreo estratificado aleatorio de Bell (1997), garantizando que las empresas correspondan al mismo año y tengan igual tamaño.

Las variables explicativas de carácter financiero (cuadro 1) son calculadas con base en los estados financieros que se encuentran disponibles en Supersociedades y *EMIS Benchmar*. Por otra parte, las variables no financieras como el tamaño, edad y localización se toman del informe *Sirem* y Supersociedades.

Cuadro 1

Variables financieras

Código	Interpretación	Calculo
ROA	Rentabilidad operativa de los activos	Utilidad Neta/Total Activos
ROE	Rentabilidad operativa del patrimonio	Utilidad Neta/Total Patrimonio
CCPT	Garantía que ofrecen los propietarios a los acreedores	Capital/Total Pasivos
DTAT	Relación pasivo-activo	Pasivo Total/Total Activos

Fuente: elaborado por los autores.

Metodología

La técnica estadística para desarrollar el patrón de pronóstico estadístico de quiebra empresarial para el sector de construcción en Colombia será la Regresión Logística; esta técnica permite estimar la posibilidad de un evento y

reconocer los elementos de riesgo determinantes en la estimación, así como el peso que éstos tienen. Un aporte adicional, es que el modelo nos da un índice con determinantes que permiten efectuar cambios de orden y que generan clasificaciones a través de calificaciones asociadas a cada elemento.

En este estudio se trabaja con una única variable endógena y varias explicativas, buscando una función probabilística basada en modelos de regresión no lineal, como se evidencia en todos los procedimientos que tienen modelos *Logit* y *Probit*. Los trabajos de Tascon y Castaño (2012) y Támara *et al.* (2019) recomiendan, para la modelación de las quiebras empresariales, utilizar un modelo *Logit*, dado que el significado del modelo es la valoración de la probabilidad de que una empresa sea parte de un grupo (empresas quebradas) u otro (empresas sanas), permitiendo identificar las variables más relevantes en los grupos que explican las diferencias con la regresión.

Profundizando un poco más en los modelos de regresión logísticos, éstos se definen como una técnica multivariante de regresión que permite conseguir una opción de respuesta dentro de alternativas binomial o multinomial. En este trabajo se considera solo la regresión binomial, dado que el evento a estudiar es una variable dependiente dicotómica con alternativas de 1 (quebrada) o 0 (sana). La técnica se basa en una variable dependiente «Y» que posee valores de 0 y 1, y que tiene una serie de variables independientes X_1, X_2, \dots, X_n que permiten clasificar a los n eventos, de tal forma que permita saber a cuál de las dos categorías de la variable «Y» se pertenece. Es así, como la probabilidad de que una empresa «i» haga parte de una de ellas y está enmarcada por la combinación lineal de $Z = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p + b_0$. Lo que, expresado en términos de probabilidad sería:

$$p_i = \frac{e^z}{1 + e^z} = \frac{1}{e^{-(b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p + b_0)}}$$

Lo anterior implica que si la probabilidad del evento es mayor o igual a 0,5, el evento se cataloga a la categoría 1 (quiebra) y, si es menor, se ubica en la otra categoría 0 (sana), tal y como lo plantean De Albornozy Giner (2013) y Antunes *et al.* (2017).

Hipótesis planteadas

De acuerdo con los factores financieros que se manejan, en cuanto a los sectores económicos como la construcción, nace una serie de hipótesis en torno a este tema, que servirán para validar los objetivos planteados en esta investigación. Dichas hipótesis son:

Hipótesis 1 (H₁): los factores financieros tienen un impacto directo y negativo en la probabilidad de la quiebra empresarial del sector construcción.

Esta hipótesis plantea que los factores financieros tienen determinación al momento de analizar la quiebra de las empresas del sector. Diferentes estudios demuestran que, bajos niveles de rentabilidad operacional, pocas cuentas por cobrar y bajos niveles de endeudamiento operacional son signos de quiebra empresarial.

Hipótesis 2 (H₂): la rentabilidad operativa de los activos afecta negativa y significativamente a la quiebra empresarial del sector construcción.

Esta hipótesis muestra la capacidad del sector de generar ganancias a través de los recursos de la propiedad, en la cual, a medida que transcurre el tiempo, los beneficios netos se ven reducidos por el desgaste de los activos operativos; esto refleja la incidencia directa en la quiebra para todo el sector de la construcción que maneja bienes que muestran desgastes acelerados.

Hipótesis 3 (H₃): la rentabilidad operativa del patrimonio afecta negativa y significativamente a la quiebra empresarial del sector construcción.

La hipótesis deja inferir la quiebra por parte de los accionistas de la construcción debido a la disminución que se obtiene de ganancias para los socios, sin incluir gastos financieros e impuestos, lo que refleja una crisis del sector que lleva a cierres o descapitalización económica de las industrias, que producen la quiebra del sector.

Hipótesis 4 (H₄): las cuentas por cobrar son un signo de garantía de venta que afecta negativa y significativamente a la quiebra de las empresas del sector construcción.

La hipótesis infiere que el sector de la construcción no puede o no tiene garantías para lograr recuperarse objetivamente y con eficacia; los valores adeudados caerán en aquellas empresas que se encuentran en un proceso cercano a la quiebra empresarial; he aquí la rigurosidad que demuestra el modelo econométrico para mejorar la recuperación de las cuentas por cobrar de ser necesario.

Hipótesis 5 (H₅): el incremento de la deuda total con relación a los activos totales afecta negativa y significativamente la quiebra del sector construcción.

Esta hipótesis muestra que la deuda del sector de la construcción refleja la capacidad de obtener mejor apalancamiento e inversión de la capacidad productiva; sin embargo, cuando este indicador no refleja los retornos esperados para cubrir las obligaciones adquiridas a corto y largo plazo se entra en ser catalogado como un índice de quiebra empresarial.

Resultados

Validación de los betas

El informe de *Sirem* de Supersociedades a diciembre de 2019 reporta 252 empresas quebradas del sector de la construcción; sin embargo, la muestra se reduce a 204 empresas porque 48 de ellas no poseen toda la información financiera requerida en el estudio, por lo tanto, la base de datos la conforman 408 compañías en igualdad, sanas y quebradas, que se evidencia en el cuadro 2.

Cuadro 2

Resumen de procesamiento de casos

Casos sin ponderar (a)		N	Porcentaje
Casos seleccionados	Incluido en el análisis	408	100
	Casos perdidos	0	0
	Total	408	100
Casos no seleccionados		0	0
Total		408	100

(a) Si la ponderación está en vigor, consulte la tabla de clasificación para el número total de casos.

Fuente: Tomado del SPSS 24.

Dado que el objetivo es hallar los coeficientes (B_0, B_1, \dots, B_k) que mejor se ajustaran a la expresión funcional del modelo Logit, se evidenció que de las 9 variables financieras que se plantearon al inicio del trabajo, solo cuatro resultaron ser significativas (ROA, ROE, CCPT y DTAT), con lo cual se procede a estimar el modelo. El cuadro 3 muestra los betas estimados del modelo, los cuales poseen un nivel de confianza del 95 por ciento, lo anterior, producto que su nivel de significación se encuentra por debajo del 5 por ciento.

Cuadro 3

Variables en la ecuación

								95% C.C para EXP(B)	
		B	Error estándar	Wald	gl	Sig	Exp(B)	Inferior	Superior
Paso1a	ROA%	-75,469	19,355	15,203	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	ROE%	-0,820	0,248	10,987	1	0,000	0,440	0,271	0,715
	CCPT%	-2,776	1,295	4,596	1	0,032	0,062	0,005	0,788
	DTAT%	-4,292	2,009	4,566	1	0,033	0,014	0,000	0,701
	Constante	5,171	1,517	11,620	1	0,001	176,161		

(a) Variables especificadas en el paso 1: ROA%, ROE%, CCPT%, DTAT%
 Fuente: Tomado del SPSS 24.

Por lo anterior, el modelo empleado para calcular la probabilidad de que una empresa del sector de la construcción en Colombia este en quiebra, viene representado por la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(5,171 - 75,469 ROA - 0,820 ROE - 2,776 CCPT - 4,292 DTAT)}}$$

Se deja claro que los diferentes betas encontrados en el modelo se conocen como *odds* (ratio de riesgo) al coeficiente de probabilidades, que en este caso sería:

$$Odds = e^{(B_1 + B_2 + \dots + B_k)}$$

De lo anterior se deduce un B_i que se aproxime al número cero, o lo que es lo mismo un *odds ratio* cercano al valor uno, que significa que la fluctuación en la exógena X_i relacionada no tendrá efecto alguno sobre la endógena Y . En este caso, los betas estimados por el modelo se encuentran alejados de cero, lo que implica que las variables incluidas en este poseen impacto sobre la quiebra empresarial, siendo el más representativo la variable ROA.

Por otra parte, al mirar el signo de cada uno de los betas, estos concuerdan con lo planteado por la teoría, es decir, empresas con ROA, ROE, CCPT y DTAT altos implican menos probabilidad de quiebra. De una manera mucho más específica, en torno a cada una de las variables se estipula el significado estadístico en el modelo Logit para las variables finales, tal y como se representa en el cuadro 4.

Cuadro 4

Significado estadístico de estudios de modelo Logit variables finales

Beta	Exp(B)	1-Exp(B)	Significado
ROA%	0	1	Tener un ROA perfectamente correcto ocasiona que se disminuya la probabilidad de quiebra relativa de Y=1 frente a Y=0 en un 100%, así, entre más rentabilidad se tenga mejor estará la empresa y se aleja de la zona de quiebra.
ROE%	0,44	0,56	La rentabilidad de fondos propios disminuye la probabilidad de quiebra, dado que al aumentar en una unidad se genera que la probabilidad relativa de Y=1 frente a Y=0 sea del 56%, por tanto, se debe tener apalancamiento con fondos propios, ubicando la empresa en una zona solvente.
CCPT%	0,062	0,938	Las garantías de propietarios al aumentar generan que baje la probabilidad de quiebra relativa de Y=1 frente a Y=0 en 93,8%. Es así como una buena garantía respalda las decisiones empresariales y fortalece estabilidad del mercado en las empresas del sector de la construcción.
DTAT%	0,014	0,986	La proporción de la deuda con activo en el sector de la construcción refleja que al aumentar se genera que disminuya la probabilidad de quiebra relativa de Y=1 a Y=0 en 98,6%, dado el músculo financiero de las empresas; esta plata se toma como una inversión frente a los activos totales.

Fuente: elaboración de los autores.

Prueba de razón de verosimilitud

La verosimilitud de un modelo solo con la constante es importante, ya que es una medida que permite inferir la probabilidad de que los datos observados hayan sido estimados por un modelo logístico en el que todos los coeficientes valen cero. Partiendo de que todas las variables son significativas, donde la función de máxima verosimilitud estimada en el cuadro 5 nos muestra un estadístico de 565,608. Es así como, al comparar esta medida con la constante nos damos cuenta de que esas variables independientes efectivamente inciden en la probabilidad de quiebra de la empresa. En definitiva, un modelo que tenga solo la constante no ayudará a explicar la variable dependiente, es decir, la quiebra empresarial. La función con todas las variables si se compara con el de una solo variable, podemos concluir que las variables independientes tienen un efecto en la probabilidad de que las empresas caigan en quiebra.

Cuadro 5

Verosimilitud del modelo con solo la constante (iteraciones a, b, c)

Iteración	Logaritmo de la verosimilitud		Coefficientes
			Constante
Paso 0	1	565,608	0

(a) La constante se incluye en el modelo; (b) Logaritmo de la verosimilitud -2 inicial: 565,608; (c) La estimación ha terminado en el número de iteración 1 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de 0,001.

Fuente: tomado del SPSS 24.

El modelo será validado en su totalidad por medio de la bondad de ajuste, buscando analizar las desviaciones entre los valores observados y los valores estimados, a través del valor de la verosimilitud mencionada anteriormente, cuya reducción es más importante conforme se vayan incorporando todas las variables del modelo.

Cuadro 6

Verosimilitud con todas las variables del modelo (a, b, c, d)

Iteración		Logaritmo de la verosimilitud -2	Coefficientes				
			Constante	ROA%	ROE%	CCPT%	DTAT%
Paso 1	1	233,650	2,210	-12,738	-0,012	-1,306	-3,149
	2	132,132	3,135	-24,895	-0,46	-2,134	-3,939
	3	85,982	3,775	-37,500	-0,121	-2,983	-4,939
	4	65,802	4,292	-49,752	-0,237	-3,371	-4,444
	5	56,136	4,649	-60,094	-0,418	-3,291	-4,329
	6	52,167	4,927	-68,335	-0,635	-3,007	-4,278
	7	51,402	5,121	-73,836	-0,777	-2,829	-4,292
	8	51,363	5,169	-75,380	-0,818	-2,780	-4,292
	9	51,363	5,171	-75,469	-0,820	-2,776	-4,292
	10	51,363	5,171	-75,469	-0,820	-2,776	-4,292

(a) Método: Entrar; (b) La constante se incluye en el modelo; (c) Logaritmo de la verosimilitud -2 inicial: 565,608; (d) La estimación ha terminado en el número de iteración 10 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de 0,001.

Fuente: tomado del SPSS 24.

En el cuadro 6, se concluye al ver los resultados que el ajuste de los datos es correcto en cada iteración al disminuir el valor de la verosimilitud conforme se van agregando las variables.

Prueba Chi-cuadrado de Pearson

Esta prueba se denomina evolución de la verosimilitud (-2LL) y se plantea por medio de H_0 , donde las variables exógenas de la quiebra explicada muestran un resultado de cero, que surge de observar y analizar un estadístico de la verosimilitud por medio de la constante y las variables del modelo. El cuadro 7 evidencia información de la asociación de las variables independientes, con la cual podemos inferir que tener una Chi-cuadrado inferior al 5 por ciento es significativa para el modelo, por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Cuadro 7

Pruebas ómnibus de coeficiente de modelo

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	514,245	4	0,000
	Bloque	514,245	4	0,000
	Modelo	514,245	4	0,000

Fuente: tomado del SPSS 24.

Correlación de Pearson

Esta correlación se mide en tres intervalos así, cuando $r = 0$ es una tendencia lineal, lo que no implica una independencia de las variables; si $r = 1$ es una correlación positiva perfecta, donde ambas variables aumentan en igual magnitud; si $r = -1$ es una correlación negativa perfecta, donde una variable disminuye cuando la otra aumenta en igual magnitud, cuando $0 < r < 1$ es una correlación positiva y si $-1 < r < 0$. Cada intervalo nos indica cómo se comporta una variable en relación con la otra, si es positiva las dos variables se incrementan y si es una correlación negativa implica que una variable disminuye cuando la otra aumenta.

En el cuadro 8 se observan cuatro ratios como ROA, ROE, Ccppt y DTAT con correlación negativa y con una significancia alta al tener un Alpha menor del 5 por ciento. En el caso del ROA se tiene una correlación de -69,2 por ciento, de lo cual podemos inferir que tiene una buena correlación negativa con la variable dependiente; en el caso del ROE se tiene -25,8 por ciento,

lo cual indica que tiene una escasa correlación negativa con la variable dependiente. Los indicadores de CCPT y DTAT, con -53,5 por ciento y -51,3 por ciento, nos indican que tienen una correlación negativa respecto a la variable dependiente. Mediante el nivel de correlación y de significancia podemos inferir que se acepta la hipótesis del investigador, en donde los ratios utilizados en el modelo sí tienen influencias en la variable dependiente, por lo cual se rechaza H_0 (cuadro 8).

Cuadro 8

Correlación de Pearson

		Estado de empresas	ROA%	ROE%	CCPT%	DTAT%
Estado de empresas	Correlación de Pearson	1	-0,692**	-0,258**	-0,535**	-0,513**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	408	408	408	408	408
ROA%	Correlación de Pearson	-0,692**	1	0,158**	0,605**	0,157**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,001	0,000	0,001
	N	408	408	408	408	408
ROE%	Correlación de Pearson	-0,258**	0,158**	1	-0,67	-0,219**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,001		0,179	0,000
	N	408	408	408	408	408
CCPT%	Correlación de Pearson	-0,535**	0,605**	-0,535**	1	0,062
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,208
	N	408	408	408	408	408
DTAT%	Correlación de Pearson	-0,535**	0,157**	-0,535**	0,062	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,001	0,000	0,208	
	N	408	408	408	408	408

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Tomado del SPSS 24.

R cuadrado de Nagelkerke

Dentro de las medidas de bondad de ajuste, además del estadístico Chi-cuadrado, encontramos factores semejantes al R^2 de la regresión lineal, que para este caso son el R^2 de Cox y Snell y el R^2 de Nagelkerke. Ambos muestran la variación porcentual de la endógena, es decir, que a su vez están determinadas por las exógenas. En el cuadro 9 se observa el R^2 de Cox y Snell con un ajuste del 71,6 por ciento y un R^2 de Nagelkerke con un ajuste del 95,5 por ciento; estos valores son aceptados en regresión logística y nos indican un óptimo modelo.

Cuadro 9

R² del modelo

Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y shell	R cuadrado de Nagelkerke
1	51,363 a	0,716	0,955

(a) La estimación ha terminado en el número de iteración 10 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de 0,001.

Fuente: Tomado del SPSS 24.

Test de Hosmer y Lemeshow

Identifica la medición de bondad, la cual nos indica si la información muestral es acorde u objetiva y da confiabilidad al modelo de la regresión por medio de un buen ajuste, así se tiene una significancia del conjunto de variables explicativas importantes dado por los ratios representativos de la quiebra, lo anterior, ya que posee un nivel de *Alpha* menor que 0,05. Según la teoría descrita anteriormente, es una muy buena probabilidad estadística para las variables exógenas ROA, ROE, CCPT, DTAT, que producen valor a la variable dependiente de esas empresas que representan la quiebra para la construcción. Adicionalmente, su valor de Chi-cuadrado de 635,495 confirma, según los valores del cuadro 10, que se renuncia a H_0 y se aprueba H_1 representada por empresas de quiebra, mostrando un ajuste eficiente de las variables explicativas de la investigación.

Cuadro 10

Prueba de Hosmer y Lemeshow

Paso	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	635,492	8	0,000

Fuente: tomado del SPSS 24.

Las contingencias observadas de la prueba de Hosmer y Lemeshow en el cuadro 11, se organizan con los n poblacionales de menor probabilidad y luego los n de mayor probabilidad. Esto se repite en diez casos, en los primeros cuatro casos encontramos que el nivel de predicción para empresas en quiebra no supera el margen de error por más de una empresa; de igual forma para los últimos cuatro casos donde el margen es inferior a un caso. En los casos cinco y seis la prueba muestra que el margen de predicción es un poco más amplio entre tres a cuatro clasificados erróneamente. Sin embargo, este margen es bajo, por lo cual podemos deducir que el modelo tiene un buen nivel de ajuste para predecir empresas en quiebra.

Cuadro 11

Contingencia para la prueba de Hosmer y Lemeshow

		Estado de empresas=Sana		Estado de empresas=Quiebra		Total
		Observado	Esperado	Observado	Esperado	
Paso 1	1	41	41	0	0	41
	2	41	40,996	0	0,004	41
	3	41	40,876	0	0,124	41
	4	41	40,073	0	0,927	41
	5	38	37,382	3	3,618	41
	6	1	3,583	40	37,417	41
	7	0	0,062	41	40,938	41
	8	0	0,019	41	40,981	41
	9	0	0,007	41	40,9993	41
	10	1	0,002	38	38,998	39

Fuente: tomado del SPSS 24.

Correlación de las variables independientes

La correlación entre variables explicativas nos muestra si estas están relacionadas directa o indirectamente. El cuadro 12 nos evidencia dicha correlación acorde con el modelo final implementado, en el cual no hay relación entre ellas. Lo anterior se refleja porque el valor de correlación de las distintas variables independientes es menor a uno, por lo tanto, no existe correlación entre ellas.

Cuadro 12

Matriz de correlaciones

			Pronosticado (a)		
			Estado de empresas		Porcentaje correcto
	Observado		Sana	Quiebra	
Paso 1	Estado de empresas	Sana	202	2	99,0
		Quiebra	4	200	98,0
	Porcentaje global				98,5

Fuente: tomado del SPSS 24.

Capacidad o eficacia predictiva

La capacidad de predicción en este modelo se logra establecer mediante la discriminación entre empresas quebradas y empresas sanas. El cuadro 13 muestra la clasificación del modelo; en ella podemos ver un porcentaje del 2% de clasificar mal una compañía en estado de quiebra como sana, lo que se conoce como error tipo II. Solo cuatro empresas fueron erróneamente clasificadas, lo que nos da un porcentaje de predicción de empresas en quiebra del 98%, siendo consistente con los niveles de bondad de ajuste de las pruebas mencionadas anteriormente.

Cuadro 13

Clasificación pronosticada de empresas en quiebra

			Pronosticado (a)		
			Estado de empresas		Porcentaje correcto
	Observado		Sana	Quiebra	
Paso 1	Estado de empresas	Sana	202	2	99,0
		Quiebra	4	200	98,0
	Porcentaje global				98,5

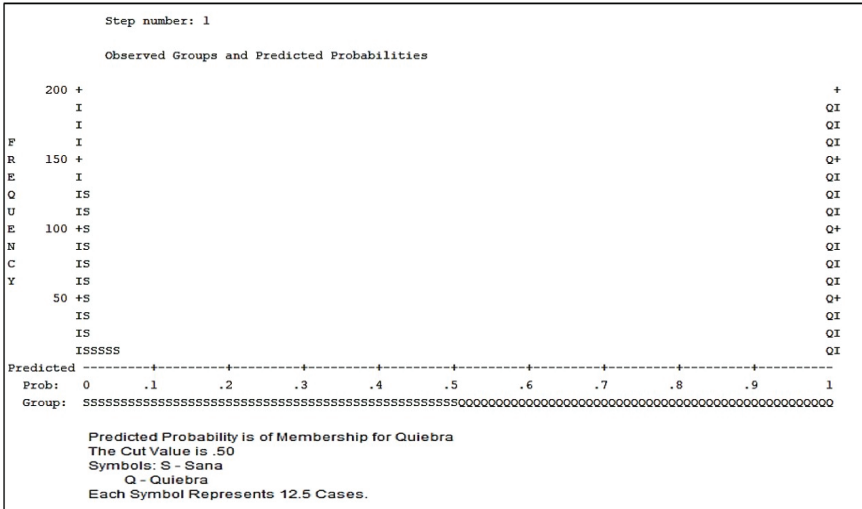
(a) El valor de corte es 0,500.

Fuente: tomado del SPSS 24.

El gráfico 5 nos muestra la representación de la probabilidad de predecir las empresas en quiebra representadas por el símbolo Q, acotadas a la derecha de la figura, lo cual indica que el modelo pronostica, en un alto porcentaje,

al estar tan cerca del 100 por ciento. Siendo consistente con las pruebas estadísticas y la figura de histograma de probabilidades pronosticada.

Gráfico 5
Histograma de pronóstico



Fuente: tomado del SPSS 24.

Conclusiones y recomendaciones

La finalidad de esta investigación es predecir la quiebra empresarial del sector edificador en Colombia utilizando como base de datos el Sirem y Super-sociedades, articulado con la elaboración de un modelo Logit, el cual muestra un modelo con un porcentaje del 98 por ciento de éxito en predicción.

El alto nivel de pronóstico de este modelo se encuentra por encima de estudios anteriores, de ámbitos internacionales, para el sector construcción. Este estudio consideró las pruebas globales realizadas al modelo, dando como resultado unos buenos índices financieros que explican la quiebra edificadora, como el ROA, el ROE, el CCPT y el DTAT, que son los más acertados a la hora de buscar un modelo óptimo.

Además, se confirma que los modelos Logit son una fuente importante de predicción del riesgo de quiebra y la base para las futuras investigaciones econométricas y financieras. Por ende, entendemos que esta herramienta ayuda a los entes investigativos, a las instituciones y empresas a desarrollar análisis para alcanzar los objetivos propuestos por cada sector; así mismo,

ayuda a los gerentes o participantes de diversos sectores de la economía a entender las mejores herramientas financieras que permiten optimizar sus recursos y evitar la quiebra de las empresas, disminuyendo el riesgo de una mala decisión económica y consiguiendo proyecciones valiosas.

Al culminar la investigación, se deja abierta la idea para realizar futuros estudios en otros sectores socioeconómicos que deseen predecir el estado de quiebra de una empresa por medio de la misma metodología. Además de un amplio bagaje de literatura con las ideas más representativas sobre la quiebra a través del tiempo, que permiten plantear una idea de posibles criterios para cada campo a investigar, dado que en finanzas la realidad económica varía de acuerdo con el mercado al que va dirigido y se encontrará que la predicción de quiebra será diferente.

En la hipótesis 2 se infiere que el ROA es un factor de quiebra para las compañías del sector de la construcción en el país, como lo evidencia su probabilidad y sus betas estadísticos. Lo que quiere decir que las empresas de la construcción con disminución en beta de -75,46 van a estar más proclives a la quiebra que otras empresas.

También se demostró que las teorías y planteamientos que dejó la rentabilidad de patrimonio (ROE), es decir, la hipótesis 3, es efectiva y se cumple en el modelo econométrico, pues fue significativo el parámetro con una probabilidad inferior al 5 por ciento, mostrando cómo el no tener retornos significativos para los socios hace que las empresas entren en quiebra empresarial.

De esta misma manera, la hipótesis 4 comprobó que afecta de manera negativa y significativamente a las empresas; lo que quiere decir que una reducción en la recuperación de las cuentas por cobrar ocasionaría pérdidas irre recuperables sin garantías, que llevan a la propensión de quiebra empresarial, como lo muestra la significancia de la probabilidad del 0,032 inferior al 5 por ciento y un ratio con beta negativo de 2,77 que muestra la incidencia directa de no estar en una empresa sana.

La hipótesis 5 dejó visible la importancia económica que debe dársele al apalancamiento en el sector de la construcción, confirmando la teoría del sobreendeudamiento en la cual los retornos no son suficientes para pagar esta obligación. Esto, dada la naturaleza del sector en Colombia, significa que estar estático, sin proyectos, genera gastos fijos que pueden llevar a la empresa a la quiebra. Como se esperaba, se obtiene un parámetro negativo (-4,2) y una probabilidad altamente significativa.

Se dejará entonces un precedente para las compañías de este sector, para que implementen modelos Logit de manera interna, que les permitan saber las condiciones financieras más representativas para cada una de ellas, esperando que encuentren ratios con tendencia significativa similares a los que deja la investigación, por medio de programas estadísticos como SPSS que les faciliten predecir la quiebra.

Para concluir, se debe resaltar la relevancia del gremio edificador para la economía del país, haciendo hincapié en la finalidad de conocer y predecir la quiebra. Es importante mantener este trabajo actualizado para mirar las variaciones durante el paso del tiempo, para tener datos precisos, mejores estadísticas y un mejor pronóstico, con los cuales se garantizará el crecimiento de las estrategias económicas sostenibles a un largo plazo. Esto por medio de la generación de mayores índices de empleo, progreso, tecnología, vivienda, impacto ambiental, entre otros, que enfocados en una misma idea lleven a que las empresas logren el punto de equilibrio económico y optimicen los indicadores financieros de riesgo de quiebra.

Referencias bibliográficas

- Alfaro, E., M. Gámez y N. García** (2008). «Linear discriminant analysis versus adaboost for failure forecasting». *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, XXXVII(137), 13–32. La Rioja.
- Altman, E.** (1968). «Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy». *The Journal of Finance*, 23(4), 589-609. Reino Unido. <https://doi.org/10.2307/2978933>
- Altman, E.** (1993). «*Corporate financial distress and Bankruptcy: A complete guide to predicting and avoiding distress and profiting from bankruptcy*». Reino Unido: Wiley; 2nd edition
- Antunes, F., B. Ribeiro y F. Pereira** (2017). «Probabilistic modeling and visualization for bankruptcy prediction». *Applied Soft Computing*. Kawazu. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.06.043>
- Beaver, W.** (1966). «Financial Ratios As Predictors of Failure». *Journal of Accounting Research*, 4(1), 71-111. Chicago. <https://doi.org/10.2307/2490171>
- Bell, T.** (1997). «Neural Nets or the Logit Model? A Comparison of Each Model's Ability to Predict Commercial Bank Failures». *Reino Unido: Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 6, 249-264.
- Boritz, J., y D. Kennedy** (1995). «Effectiveness of neural network types for prediction of business failure». *Expert Systems With Applications*, 9(4), 503-512. Louisiana [https://doi.org/10.1016/0957-4174\(95\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0957-4174(95)00020-8)
- Calvo, A., D. García y C. Madrid** (2006). «Tamaño, Antigüedad y Fracaso Empresarial» (Working Paper). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: https://www.uv.es/catedra-aeca/workshop/files/files/SP1_Calvo_Garcia_Madrid.pdf
- Camacol** (2020). «Tendencias de la construcción economía y coyuntura sectorial». *Bogotá: Cámara Colombiana de la Construcción*(17), 1-48. Disponible en: <https://doi.org/https://camacol.co/documentos/construccion-en-cifras>

- Correa, A., M. Acosta y A. González** (2003). «La Insolvencia Empresarial: Un Análisis Empírico para la Pequeña y Mediana Empresa». *Revista de Contabilidad*, 6(12), 47-79. Murcia. Disponible en: <https://revistas.um.es/rcsar/article/view/386811/267101>
- De Albornoz, B. y B. Giner** (2013). «Corporate failure prediction in the construction and real estate industries: General versus industry-focused models». *Universia Business Review*, 39, 118-131. La Rioja. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4392078>
- Deakin, E.** (1972). «A Discriminant Analysis of Predictors of Business Failure». *Journal Of Accounting Research*, 10(1), 167-179. Reino Unido. <https://doi.org/10.2307/2490225>
- Fxempire** (2020). Disponible en: <https://doi.org/https://www.fxempire.es/macro/colombia/gdp-from-construction>
- Gabás, F.** (1990). «Técnicas actuales de análisis contable, evaluación de la solvencia empresarial». Madrid: Ministerio de Economía, Industria y competitividad.
- García, A. y M. Mures** (2013). «The Sample of Firms in Business Failure Prediction Models: Influence on Classification Results». *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 15(1), 133-155. Sevilla Disponible en: <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2226/1795>
- Keasey, K. y R. Watson** (1991). «Financial Distress Prediction Models: A Review of Their Usefulness». *British Journal of Management*, 2(2), 89-102. Reino Unido. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1991.tb00019.x>
- Lizarraga, F.** (1997). «Utilidad de la información contable en el proceso de fracaso: Análisis del sector industrial de la mediana empresa española». *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 26(93), 871-915. La Rioja.
- Marais, M., J. Patell y M. Wolfson** (1984). «The Experimental Design of Classification Models: An Application of Recursive Partitioning and Bootstrapping to Commercial Bank Loan Classifications». *Journal of Accounting Research*, 22(1), 87-118. Reino Unido.
- Palepu, K.** (1986). «Predicting takeover targets. A Methodological and Empirical Analysis». *Journal of Accounting and Economics*, 8, 3-35. Pennsylvania.
- Rubio, M.** (2008). «Análisis del fracaso empresarial en Andalucía. Especial referencia a la edad de la empresa». *Cuadernos de Ciencias Economicas y Empresariales*, 54, 35-56. Málaga.
- Taffler, R.** (1982). «Forecasting Company Failure in the UK Using Discriminant Analysis and Financial Ratio Data». *Journal of the Royal Statistical Society*, 145(3), 342-358. Reino Unido. <https://doi.org/10.2307/2981867>
- Tascon, M. y F. Castaño** (2012). «Variables and Models for the Identification and Prediction of Business Failure: Revision of Recent Empirical Research Advances». *Revista de Contabilidad*, 15(1), 7-58. Murcia [https://doi.org/10.1016/S1138-4891\(12\)70037-7](https://doi.org/10.1016/S1138-4891(12)70037-7)
- Támara, A., G. Villegas y J. De Andrés** (2019). «Una revisión sistemática de la literatura en torno a la quiebra empresarial para el período 2012-2017». *Espacios*, 40(4), 25. Caracas:
- Zmijewski, M.** (1984). «Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models». *Journal of Accounting Research*, 22, 59-82. Reino Unido. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2490859>