

# UN MODELO DE PRONÓSTICO DE INSOLVENCIA FINANCIERA DE EMPRESAS

**Martín L. Dutto**

*Universidad Nacional del Litoral*

**Marcos Gallacher**

*Universidad del CEMA*

*SUMARIO: 1. Introducción; 2. Definición de dificultades financieras; 3. Base de datos; 4. El modelo; 5. Evidencia empírica; 6. Conclusiones.*

Para comentarios: [mduitto@fce.unl.edu.ar](mailto:mduitto@fce.unl.edu.ar)

## Resumen

El objetivo de este trabajo es generar un modelo logit que permita predecir dificultades financieras de empresas constructoras. Para construir el mismo se tomó como evidencia empírica información de 86 empresas clasificadas a priori en dos grupos de 43, según en el período hayan experimentado o no serios problemas financieros. Luego del procesamiento econométrico se obtuvo la función integrada por las variables Activo/Ventas, Disponibilidades/Deuda corto plazo y Deuda/activo, cuyos signos resultan lógicos de acuerdo a lo previsto por la teoría. Asimismo, el modelo tiene una efectividad del 70 %, la cual se considera razonable.

## 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es generar un modelo logit que permita predecir dificultades financieras de empresas constructoras. Se plantea como motivación del mismo, el incumplimiento observado de las empresas de los compromisos asumidos para la ejecución de una obra, debido a las dificultades que surgen luego de adjudicado el contrato.

El modelo predictivo procura pronosticar futuros “defaults” de contratos financieros o deudas de las empresas, sobre la base de la observación de la performance actual de las mismas, a fin de disminuir la probabilidad de incumplimiento de contratos reales o de ejecución de obras. Existen dos supuestos subyacentes en este razonamiento. El primero consiste en asumir que cuando una empresa experimenta problemas financieros e incumple sus obligaciones crediticias, por carácter transitivo incumple sus contratos “reales” en general, incluyendo en estos últimos a los que tienen por objeto la ejecución de obras de infraestructura. Es decir que los problemas que genera el incumplimiento de uno o varios compromisos financieros afecta la capacidad global de la empresa para desarrollar proyectos. En segundo lugar se asume que existen características de las empresas previas al inicio de los problemas, que la condicionan de una manera espe-

cial ante determinados eventos del futuro. A modo de ejemplo, se puede mencionar que las empresas que recurren en mayor medida al endeudamiento tienen mayores probabilidades de experimentar problemas financieros, respecto de aquellas que se financian con fondos propios. Estos dos supuestos en forma conjunta, permiten tomar las variables que predicen los problemas financieros como factores que posibiliten pronosticar el incumplimiento contractual en la ejecución de obras.

Los supuestos antes mencionados están sustentados en la teoría de las finanzas corporativas, y en particular en la visión predominante sobre la estructura óptima de capital. Sin embargo, los objetivos son distintos. Mientras que dicha teoría persigue maximizar el valor de la empresa o de los activos de la firma, para permitir que el valor del capital accionario alcance el máximo valor posible, el objetivo que persigue la generación del modelo es maximizar el cumplimiento de los contratos de obra. Es decir que, en tanto la decisión óptima de financiación según las finanzas modernas defiende a los stakeholders accionistas/propietarios, este trabajo se ubica en una posición más cercana de los clientes, contratistas y acreedores de la firma.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En el apartado 2 se define desde un punto de vista teórico el significado de *dificultades financieras*, y las diferentes acepciones que se utilizan a menudo para referirse a circunstancias similares. En la sección 3 se describe la base de datos y en la sección 4 se caracteriza el modelo predictivo de insolvencia seleccionado para este trabajo. En el apartado 5 se expondrá la evidencia empírica tanto mediante un análisis univariado, como a través del modelo multicausal que se obtendrá con los datos muestrales, y en el apartado 6 las conclusiones.

## 2. Definición de dificultades financieras

Ross (2006) vincula los problemas o dificultades financieras con el término insolvencia, la cual puede definirse basándose en el capital o en los flujos. La insolvencia basada en el capital ocurre cuando una empresa tiene un patrimonio neto negativo, es decir que el valor de sus activos es inferior al valor de su deuda. La insolvencia basada en los flujos ocurre cuando el flujo de efectivo operativo es insuficiente para satisfacer las obligaciones financieras y surge en consecuencia la incapacidad para el pago de la deuda. Se destaca que en ambos conceptos el autor parece otorgar más énfasis a las causas inmediatas de la insolvencia, en lugar del hecho en sí que refleja tal situación, es decir el incumplimiento del pago de una deuda. La insolvencia basada en los flujos es fácilmente detectable, aunque la definición no considera claramente la posibilidad que la empresa tenga reservas acumuladas<sup>1</sup>, mientras que la basada en el capital requiere un análisis de valuación más comprensivo, el cual no es usualmente realizado hasta que se contempla la liquidación de los activos<sup>2</sup>. En consecuencia, se podría afirmar que ninguna de las definiciones de insolvencia es suficiente por separado para explicar las dificultades financieras. Ello atento a que una empresa puede tener un flujo de fondos insuficiente para afrontar los servicios de la deuda, pero evitar la insolvencia debido a la afectación de reservas para dicho fin. Es decir, que no obstante ser insolvente desde el punto de vista de los flujos, la solvencia desde el punto de vista del capital permitiría cumplir sus compromisos financieros. Por el contrario, una empresa puede tener escasas reservas acumuladas reflejadas en un patrimonio neto negativo, quizás como consecuencia de haber sufrido una prolongada recesión, pero poseer un abundante flujo de fondos actual que le permite honrar con holgura los vencimientos de deuda. En este caso, una empresa insolvente desde la perspectiva de capital, una posición sólida desde el punto

---

<sup>1</sup> Esta afirmación supone que el concepto de flujo de fondos se toma como una variable de flujo, es decir como correspondiente a un período determinado (por ejemplo, un año), en lugar de una variable de stock que refiere a un momento específico (por ejemplo, al 30/06/09).

<sup>2</sup> El problema de la valuación no es tan importante cuando se trata de los activos y pasivos más líquidos (corrientes), los cuales tienen un valor de mercado o de liquidación relativamente cercano a su valor contable.

de vista de los flujos le posibilita evitar la cesación de pagos. Reiterando lo afirmado anteriormente, un modelo de insolvencia debería contemplar ambas visiones de la insolvencia.

Es importante diferenciar la insolvencia en el sentido dado anteriormente, de otros conceptos con los cuales se los suele asociar: fracaso y quiebra. *Fracaso*, según un criterio económico, significa que la tasa de rendimiento obtenida de una inversión de capital es inferior a la tasa prevaleciente en proyectos de riesgo similar. Otros criterios económicos diferentes han sido utilizados, incluyendo ventas insuficientes para cubrir los costos o un retorno promedio de la inversión inferior al costo de capital de la firma. Estas circunstancias no expresan una definición en cuanto a la existencia o desaparición de la empresa. Debe señalarse que la empresa puede ser un fracaso económico por muchos años, y no obstante nunca incumplir sus obligaciones, debido a la ausencia o bajo nivel de deuda exigible. Cuando la empresa no puede cumplir las demandas legalmente exigibles de sus acreedores, se denomina a esto fracaso desde un punto de vista legal, sin que ello implique aún la existencia de un proceso judicial. La insolvencia puede dar lugar a la declaración formal de quiebra o concurso en el ámbito judicial, acompañada por una solicitud de liquidación de los activos o de un programa de recuperación.

El concepto de fracaso empresarial es más general que el de insolvencia. Toda situación de insolvencia supone un fracaso empresarial, pero no viceversa. Una empresa se considera insolvente cuando no puede cumplir con el pago de sus obligaciones en el momento de su vencimiento. Una empresa fracasa, en cambio, no sólo cuando deviene en insolvente, sino cuando en un determinado ejercicio económico en vez de beneficio obtiene pérdida. La insolvencia, es sin embargo, la consecuencia o efecto del fracaso empresarial. La expresión máxima del fracaso empresarial se halla en la quiebra, en tanto la misma supone la liquidación forzosa o muerte de la empresa, en el caso que no exista acuerdo entre los acreedores y el empresario.

### 3. Base de datos

Dado que la observación de datos históricos prevista en este trabajo, tiene por fin encontrar un patrón de comportamiento con poder predictivo, que permita construir un modelo para anticipar las dificultades financieras *futuras* mediante la observación de la performance *actual* de la empresa, debe existir un “lag” o retraso entre el evento que se quiere pronosticar – la insolvencia - y los factores causales, entre los cuales se puede incluir alguna medida de endeudamiento, y otras variables extraídas de los Estados Contables de las empresas.

La muestra consiste en 86 casos clasificados en dos grupos de 43 de acuerdo al siguiente criterio:

- Grupo 0: empresas que en el período hayan experimentado serios problemas financieros;
- Grupo 1: empresas que en el período no hayan experimentado serios problemas financieros.

Los hechos determinantes para la inclusión de un caso en el grupo 0, eran por los menos uno de los dos siguientes:

- Cheques rechazados por falta de fondos (Fuente: sitio de Internet del BCRA).
- Declaración de Concurso Preventivo o Quiebra (Fuente: Registro de Procesos Concuriales del Poder Judicial y Registro de sorteos de síndicos en los Consejos Profesionales de Santa Fe y Rosario).

Para la inclusión de un caso en el grupo 1, se requería la constatación de la calificación crediticia más alta (situación 1) otorgada por el BCRA en el período.

Para ambos grupos se analizan los Estados Contables cuyo ejercicio económico haya finalizado durante el año anterior al que se constataron los hechos determinantes o indicios para la

inclusión en uno u otro grupo, de modo que el “lag” o retraso mencionado antes entre el evento y los factores causales es de 1 año.

Se debe señalar que debido a las características de la información recopilada, solo se verificará la relación entre variables con potencial predictivo y crisis para empresas devenidas en insolventes, pero no para aquellas firmas que han fracasado y decidido discontinuar sus operaciones sin haber experimentado la cesación de pagos. No se cuenta con registros de este tipo de fracaso empresarial.

#### 4. El modelo

Saunders (2003) clasifica los modelos de evaluación de riesgo de insolvencia en tres grandes grupos: modelos cualitativos, modelos de scoring y modelos de mercado. Los modelos cualitativos se caracterizan porque el prestamista recolecta y pondera información respecto a una serie de factores claves de la empresa, para luego en base a un juicio subjetivo llegar a una decisión. Los factores clave pueden ser de dos tipos: (1) específicos del contratista es decir aquellos que afectan en forma individual a una determinada empresa, o (2) específicos del mercado es decir aquellos que tienen un impacto sobre todas las empresas al momento de la decisión de contratación.

Entre los primeros se puede mencionar a la reputación, el endeudamiento, y la volatilidad de las ganancias. Entre los factores específicos del mercado, se incluye el ciclo de la economía y el nivel de las tasas de interés. De un modo más general, algunos autores identifican las “cinco C” del crédito que deberían ser incluidas en cualquier evaluación cualitativa: Carácter (Reputación), Capacidad (flujo de fondos), Capital (Riqueza), Colateral y Condiciones de la Economía<sup>3</sup>.

El segundo grupo llamado Modelos de Scoring se caracteriza porque los factores mencionados anteriormente u otros, que en los Modelos Cualitativos ingresaban al proceso de decisión en una forma subjetiva, ahora son considerados de una manera más objetiva y cuantitativa. En este caso se usan datos observados de empresas – generalmente obtenidos de los Estados Contables – para calcular la probabilidad de default o para clasificar a las empresas en diferentes clases de riesgo. Seleccionando y combinando diferentes variables, es posible establecer numéricamente que factores son importantes para explicar el riesgo de incumplimiento y evaluar el grado relativo de importancia de estos factores. Los Modelos de Scoring incluyen tres grandes tipos: Modelos de probabilidad lineal, Modelos Logit, y Modelos discriminantes lineales.

Entre los modelos de mercado se incluyen: enfoque de la estructura temporal del riesgo crediticio, enfoque de la tasa de mortalidad, modelos RAROC (retorno del capital ajustado por riesgo), Modelos de Opción, Credit Metrics y Credit Risk+. En general, la principal diferencia de estos modelos con los de scoring es que requieren como inputs valores de mercado de los activos de la firma, a partir de los cuales se hacen inferencias sobre la probabilidad de default. En particular, el enfoque de la estructura temporal extrae la probabilidad implícita de default, a partir de la observación de la prima de riesgo que el mercado demanda para un préstamo o título individual. En el segundo enfoque, en lugar de extraer la tasa de incumplimiento *esperada* a partir de la actual estructura temporal de las tasas de interés, se analizan datos *históricos* sobre defaults para obtener la tasa marginal de mortalidad, es decir la probabilidad que un bono no cumpla los pagos prometidos en una determinada cantidad de años contados desde la emisión. En el caso de RAROC la idea esencial es que en lugar de evaluar el retorno prometido de un préstamo como los intereses netos dividido sobre el capital prestado, utiliza para este último una medida del capital ajustada por el riesgo. Los modelos de opción, continuando los trabajos pioneros de Merton (1973) y Black & Scholes (1973), reconocen que cuando una firma se endeuda, posee la opción de no pagar su deuda. La aplicación de fórmulas de valoración de opciones en este esquema permite valorar la deuda y en consecuencia extraer la prima de riesgo y probabili-

<sup>3</sup> Obsérvese la similitud de la variable “Capacidad” con el concepto de insolvencia basada en los flujos, y la de los factores “Capital” y “Colateral” con la noción de insolvencia basada en el capital.

dad de default. Credit Metrics utiliza los conceptos de “valor a riesgo” (VAR) para valorar la deuda, mientras que Credit Risk+ pretende estimar la pérdida esperada de un préstamo y la distribución de probabilidad de la misma.

Los modelos de mercado tienen en común que se basan en valores provenientes del mismo, ya sea de la deuda o de los activos, lo cual limita la posibilidad de aplicación en este trabajo, ya que las empresas de la muestra son de capital cerrado<sup>4</sup>. Si bien en el caso del modelo de opción, es posible reemplazar estos valores con aproximaciones mediante flujos de fondos descontados, la cantidad de supuestos que habría que asumir sería suficientemente grande como para calificar la tarea como compleja. Asimismo, requieren de datos precisos sobre cada una de las deudas, por ejemplo plazo de vencimiento, los cuales no suelen estar informados en los estados contables. Muchos de estos conceptos son más aptos para evaluar riesgo de default de títulos o préstamos *individuales*, siendo menos apropiada su aplicación para estimar el riesgo de dificultades financieras *en general* de una empresa.

Por otro lado, los modelos de scoring permiten usar tanto valores de mercado como otros valores que informan los Estados Contables, lo cual aporta más flexibilidad a la construcción del modelo, sin quitarle validez o rigurosidad. Por esta razón, en este trabajo se utilizará un modelo de scoring, y en particular el modelo Logit o regresión logística.

En general el *Modelo Logit* relaciona a la variable  $Y_i$  con las variables explicativas  $X_1, \dots, X_p$  a través de la siguiente ecuación:

$$Y_i = \frac{1}{1 + e^{-z}} + \varepsilon_i \quad [1]$$

donde  $Y_i$  es una variable dicotómica que puede tomar valores 0 o 1.

Es decir, a partir de  $(X_{i1}, \dots, X_{ip})$ ,  $i = 1, \dots, n$  (muestra de  $n$  observaciones de las variables independientes  $X_1, \dots, X_p$ ) en los dos grupos de individuos establecidos por los dos valores de la variable dependiente  $Y$ , se trata de obtener una combinación lineal de las variables independientes que permita estimar las probabilidades que un individuo pertenezca a cada una de las dos sub-poblaciones o grupos. La probabilidad  $p$  que un individuo pertenezca a la segunda sub-población estará dada por:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} \quad [2]$$

o, equivalentemente,

$$p = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad [3]$$

siendo  $Z$  la combinación lineal

$$Z = \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \beta_0 \quad [4]$$

donde  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$  son parámetros desconocidos a estimar. En particular, la probabilidad de que el  $i$ -ésimo individuo de la muestra pertenezca a la segunda subpoblación será:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip} + \beta_0)}} \quad [5]$$

Si dicha probabilidad es superior o igual a 0,5, el individuo será clasificado en la segunda sub-población; en caso contrario, será clasificado en la primera.

<sup>4</sup> Las empresas de capital cerrado o “cerradas”, son aquellas que no hacen oferta pública de sus acciones. Por el contrario, las empresas “abiertas” cotizan sus acciones o títulos de deuda en forma pública.

A partir de  $\beta_0, \beta_1 \dots \beta_p$ , las probabilidades estimadas que un individuo pertenezca a las subpoblaciones segunda y primera son, respectivamente:

$$\hat{p} = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad \text{y} \quad \hat{q} = 1 + \hat{p} \quad [6]$$

donde:

$$\hat{Z} = \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \beta_0 \quad [7]$$

Teniendo en cuenta que:

$$\ln\left(\frac{\hat{p}}{\hat{q}}\right) = Z \quad [8]$$

una expresión alternativa para el modelo de regresión logística es:

$$\frac{\hat{p}}{\hat{q}} = e^{\beta_0} e^{\beta_1 X_1} \dots e^{\beta_p X_p} \quad [9]$$

Este cociente se conoce con el nombre de “odd ratio”, y compara la probabilidad que ocurra un suceso respecto de la probabilidad que no ocurra.

## 5. Evidencia empírica

Esta sección se divide en dos partes. En la primera (5.1) se realiza un análisis univariado, es decir que se toma de a una variable o indicador por vez, y se analiza si la diferencia de medias entre los grupos es estadísticamente significativa. En la segunda sección (5.2), se construye el modelo predictivo multivariable.

### 5.1 Análisis univariado

Para determinar cuales son las variables que más contribuyen individualmente a diferenciar entre los grupos, se tuvieron en cuenta 11 ratios obtenidos a partir de los estados contables de las empresas. Para determinar la significatividad de la diferencia de medias entre los grupos se perfeccionó un “T-test”. En el Cuadro 1 se observan los estadísticos grupales de las variables significativas al nivel del 20 %, ordenadas según importancia decreciente, e identificando con 0 al grupo de empresas fallidas y con 1 las empresas que no experimentaron problemas financieros. Como comentario general sobre los mismos, se destaca el hecho que las medias para cada grupo se comportan del modo previsto a priori por la teoría.

Entre los ratios de endeudamiento se destacan Ventas/Deuda, Deuda/Activo, Flujo de Fondos/Deuda y Deuda corto/Activo. El primer indicador es muy importante y refleja la importancia del nivel de actividad medido por las ventas en relación al nivel de deuda de la empresa. Se debe recordar que en la sección 2 se definió la insolvencia como la insuficiencia del flujo de fondos del período respecto de los servicios de la deuda. Puede considerarse entonces que las ventas y la deuda están relacionadas razonablemente con el flujo de fondos y el servicio de la deuda, respectivamente. En este sentido también resulta relevante el ratio Flujo de Fondos/Deuda, en el cual el numerador representa la Utilidad Neta más las amortizaciones. Las medias de los dos índices muestran valores superiores en el grupo 1 respecto del grupo 0 y ello es razonable de acuerdo a lo anteriormente expuesto.

Por otro lado, obsérvese que la definición citada de insolvencia en el párrafo anterior asume que la empresa no tiene reservas acumuladas; sin embargo es posible que el nivel de flujo de fondos o ventas actual sea bajo en relación a la deuda, pero que la empresa tenga acumulados

excedentes o reserva de años anteriores, lo cual podría evitar la cesación de pagos. Este factor es soslayado por las variables Ventas/Deuda y Flujo de fondos/Deuda, ya que en ambos casos el numerador es una variable de flujo que refiere al año anterior a la cesación de pagos, y de ninguna manera incorpora o acumula información relacionada con reservas de periodos anteriores. La importancia de este aspecto se evidencia empíricamente en la significatividad de las variables Deuda/Activo y Deuda corto/Activo. Como es lógico, las medias de ambos ratios son mayores para las empresas del grupo 0, significando una mayor proporción del activo financiado con deuda total y pasivo de corto plazo, respectivamente, en relación a las del grupo 1. Valores bajos para estas variables estarían expresando un mayor nivel de activo que contribuiría a respaldar o garantizar los servicios de la deuda, cuando los flujos de fondos son insuficientes. Asimismo un activo significativo en relación a la deuda estaría reflejando la presencia de mayores reservas acumuladas.

Cuadro 1 – Estadísticos grupales<sup>5</sup>

Indicador	Grupo	Media	Desv. Std.
Ventas/Pasivo	0	2,72	1,83
	1	5,08	4,59
Disp/Deuda corto	0	0,18	0,19
	1	0,47	0,59
Deuda/Activo	0	0,47	0,19
	1	0,39	0,17
Créditos/Vtas	0	0,33	0,41
	1	0,20	0,18
Disponib/Activo	0	0,06	0,09
	1	0,09	0,10
Act.Cte./Vtas	0	0,77	0,71
	1	0,56	0,52
Flujo F/Deuda	0	0,27	0,40
	1	0,44	0,61
Invent/Vtas	0	0,20	0,38
	1	0,11	0,12
(Disp+Cred)/Deuda corto	0	1,08	0,71
	1	1,32	0,84
Activo/Vtas	0	1,45	1,38
	1	1,08	1,09
Deuda corto/Activo	0	0,33	0,20
	1	0,28	0,16

Los ratios de liquidez que resultaron distintivos entre los grupos son Disponibilidades/Deuda corto, (Disponib.+Créditos)/Deuda corto y Disponib./Activo, alcanzando lógicamente en los tres casos valores más altos para las empresas del grupo sin problemas. El primero suele denominarse razón de efectivo o inmediata y pretende reflejar la existencia de dinero líquido e inversiones transitorias en relación a la deuda de corto plazo. El segundo suele llamarse prueba ácida y refleja la misma relación pero esta vez utilizando en el numerador una medida con un grado menor de liquidez, que incorpora las cuentas por cobrar. El tercer indicador expresa la proporción del activo compuesta por los activos más líquidos.

Entre los indicadores de actividad o rotación cuyas diferencias de medias entre los grupos son relevantes figuran Créditos/Vtas, Activo Cte./Vtas, Inventarios/Vtas y Activo/Vtas. Estas

<sup>5</sup> El rubro Disponibilidades incluye las existencias de efectivo más inversiones transitorias.

son medidas de eficiencia en el uso de los activos, y expresan el monto del activo particular inmovilizado por cada peso anual de ventas. Se esperaría que las empresas más productivas, es decir aquellas que minimicen los activos inmovilizados para producir un mismo nivel de ventas, tengan menores necesidades de recurrir a endeudamiento respecto de las firmas menos productivas. En consecuencia, es esperable que este indicador sea menor para las empresas sanas en relación a las del grupo 0. Sin embargo, un mayor ratio en este caso también puede significar la presencia de activos no afectados al giro del negocio, que en realidad constituyen ahorros o reservas acumuladas, los cuales eventualmente podrían utilizarse para afrontar los servicios de la deuda. En este caso, este valor sería mayor para las empresas solventes, indicando la presencia de activos sub-utilizados, empleados como “reserva” o “seguro”. Por lo tanto, a priori puede ser que ambas fuerzas contrapuestas tornen incierto el comportamiento de este ratio. Como se observa en el Cuadro N° 1, estos indicadores toman valores superiores en el Grupo 0, respecto del Grupo 1, reforzando entonces la primera hipótesis antes señalada sobre la productividad en el uso de los activos.

## 5.2 Modelo Logit

En la sección anterior se analizaron cuales son las variables más importantes, individualmente consideradas, para determinar la inclusión en uno u otro grupo de pertenencia. Sin embargo, el uso de estos indicadores se torna complejo cuando, por ejemplo, el ratio Ventas/Deuda se acerca más a la media del grupo 1, mientras que el indicador Disp./Deuda corto se ubica próximo al grupo 0. El problema aquí es como sopesar ambos de un modo riguroso. Para ello se recurre al análisis multivariable que analiza en forma conjunta y simultánea más de un indicador. Como se señaló se utilizará en particular un modelo Logit o regresión logística, el cual proporciona a partir de ciertas variables observadas la probabilidad de pertenecer a uno u otro grupo.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la regresión y las variables incluidas en la ecuación. Resultaron significativos para integrar el modelo tres índices:  $\log(\text{Activo/Ventas})$ ,  $\log(\text{Disp/Deuda corto})$  y  $\text{Deuda/activo}$ . En adelante se los denominará A/V, Disp/DC y D/A, respectivamente.

*Cuadro N° 2 – Resultados de la regresión*

<i>Variable</i>	<i>Coef. (<math>\beta</math>)</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>Sig.</i>
A/V	-1,5311	0,7385	0,0381
Disp/DC	0,6568	0,3855	0,0884
D/A	-2,4554	1,4689	0,0946
Constante	1,5796	0,6751	0,0193

Los signos de los coeficientes resultan previsibles: negativos para el primero y el tercero, y positivo para el segundo. La relación negativa indica que mientras mayor sea el indicador, menor es la probabilidad de incluir a la empresa en cuestión en el grupo 1, mientras que el signo positivo expresa que mientras mayor sea el indicador, mayor es la probabilidad que el caso pertenezca en el año próximo al grupo 1.

Recuérdese que la variable dependiente del modelo se puede expresar como el cociente entre la probabilidad de pertenecer al grupo 1 y la probabilidad de pertenecer al grupo 0. Entonces, si se reemplazan los valores estimados del cuadro 2 en la ecuación [9] del “odd ratio”:

$$\frac{\hat{p}}{\hat{q}} = e^{\beta_0} e^{\beta_1 X_1} \dots e^{\beta_p X_p}$$



entonces la ecuación del modelo será:

$$\frac{\hat{p}}{\hat{q}} = e^{1,5796} e^{-1,5311 A/V} e^{0,6568 \text{ Disp/DC}} e^{-2,4554 D/A}$$

O, resolviendo,

$$\frac{\hat{p}}{\hat{q}} = 4,8530 (0,2163)^{A/V} (1,9286)^{\text{Disp/DC}} (0,0858)^{D/A}$$

Por ejemplo, supóngase una empresa de la muestra que tiene los siguientes ratios:  $A/V=0,2135$ ;  $\text{Disp/DC}=0,4787$ ;  $D/A=0,9838$ . A tal empresa le corresponderá un “odd ratio” como se indica a continuación:

$$\frac{\hat{p}}{\hat{q}} = 4,8530 (0,2163)^{\text{Log}(0,2135)} (1,9286)^{\text{Log}(0,4787)} (0,0858)^{0,9838} = 0,9805$$

$$\hat{p} = 0,4951$$

Este es el valor p asignado, e implica que la probabilidad de la empresa de pertenecer al grupo 1 es 49,51%. Asimismo la probabilidad de pertenecer al grupo 0 es  $(1-0,4951) = 0,5049$ , ó 50,49%. En consecuencia, no obstante la escasa diferencia entre ambos porcentajes, esta empresa se clasificaría como perteneciente al grupo 0.

El porcentaje de casos correctamente clasificado es un índice de la efectividad del modelo. Si el modelo es efectivo sobre la muestra observada, es de esperar que también lo sea cuando se trate de clasificar a un individuo para el que se desconoce a cuál de los dos grupos pertenece. Continuando con el ejemplo del párrafo anterior, si la empresa pertenecía a priori al grupo 0, entonces el modelo la clasifica correctamente. En el Cuadro 3 se incluye la tabla de clasificación, para todos los casos de la muestra, lo cual evidencia que el modelo clasifica correctamente el 70% de los casos. Los modelos de predicción en general producen dos tipos de errores conocidos como de Tipo I y Tipo II. El primero ocurre cuando el modelo asigna baja probabilidad de default a un prestatario que en realidad luego incumplirá con sus obligaciones financieras. El segundo ocurre, en cambio, cuando el modelo asigna alta probabilidad de default a empresas que luego cumplen con sus obligaciones. En la muestra bajo estudio el modelo genera 12 errores del tipo I y 14 del tipo II, lo cual significa que identifica correctamente el 72% y el 68% de las empresas pertenecientes a priori a los grupos 0 y 1, respectivamente. Otra forma de expresarlo es que comete el error Tipo I en el 28% de los casos, y el error Tipo II en el 32% de los casos.

**Cuadro 3 – Tabla de clasificación**

<i>Grupo observado</i>	<i>Grupo pronosticado</i>		<i>Porcentaje correcto</i>
	0	1	
0	31	12	72 %
1	14	29	68 %
	Total		70 %

Para comprobar la bondad del ajuste de la ecuación se analiza cuán probables son los resultados muestrales a partir del modelo ajustado. La probabilidad de los resultados observados se denomina verosimilitud y se basa en comparar el número de individuos observado en la segunda subpoblación con el número esperado si el modelo fuese válido. Para comprobar que la verosimilitud no difiere de 1 (que el modelo se ajusta a los datos) se utiliza el estadístico  $-2LL = -2 \times \text{Logaritmo de la verosimilitud}$  que, bajo la hipótesis nula de que el modelo se ajusta perfectamente a los datos, sigue una distribución  $\chi^2$  con  $n-2$  grados de libertad. El valor del estadístico

para el modelo es 12,185 y es significativo al nivel del 5%. Ello significa que no hay razones suficientes para rechazar la hipótesis nula que el modelo es adecuado.

## 6. Conclusiones

La regresión logística tiene la capacidad de proporcionar un modelo útil para predecir de modo objetivo y rápido el estado de la empresa a fin de evaluar la probabilidad de cumplimiento de sus compromisos crediticios, lo que se determina en función de un conjunto coordinado de variables independientes y de relaciones estadísticas.

Las pruebas realizadas a los fines de comprobar la efectividad del modelo, arrojan resultados que permiten recomendar su uso para analizar nuevas observaciones, aunque se recomienda complementarlo con otras herramientas que permitan disminuir la probabilidad de error.

Este modelo puede traer beneficios a los siguientes usuarios:

- Bancos u otras instituciones financieras, ante la decisión de otorgar un préstamo a una empresa constructora con las características antes enunciadas;
- Proveedores de bienes o servicios de estas empresas, que necesiten evaluar las condiciones del crédito comercial a acordar a las mismas.
- Directivos y asesores de la empresa, a los fines de verificar la marcha del negocio, y analizar las variables que podrían indicar la necesidad de ajustes en la gestión de distintos aspectos de la empresa.

Los pasos a seguir para la utilización del modelo son los siguientes:

1. Solicitar a la empresa a evaluar, los Estados Contables correspondientes al último ejercicio económico finalizado;
2. Calcular los ratios del modelo;
3. Incorporarlos a la ecuación del odd ratio y resolver el mismo;
4. Resolver la probabilidad de pertenecer a cada grupo.

Sin perjuicio que el valor obtenido en 4 permite clasificar entre los grupos de empresas sanas y con dificultades, este criterio puede flexibilizarse estableciendo un “cut-off point”. Por ejemplo, podría tomarse como 0,70 el score mínimo necesario para poder afirmar que la empresa probablemente no incurra en dificultades financieras el año próximo. Asimismo podría elegirse 0,30 como valor máximo a los fines de establecer que una empresa tiene altas probabilidades de incurrir en cesación de pagos el año próximo.

Este análisis se puede complementar calculando los ratios en base a los Estados Contables proyectados para el año siguiente de la empresa en observación. Sin embargo, esto requeriría la presentación por parte de la misma de información adicional, la cual no siempre está disponible. En este caso, habrá que evaluar para cada circunstancia en particular la conveniencia de solicitar informes complementarios, sopesando los costos de generarlos o prepararlos, con los beneficios de contar con los mismos.

Nótese que el modelo incluye solo tres variables, pero como surge del Cuadro 1 existen otros indicadores que también son significativos. La exclusión de estos de la ecuación Logit no es razón suficiente para soslayarlos; solo indica que no son óptimos para predecir comportamiento en forma *conjunta* con otras variables. En consecuencia, sería importante su consideración en forma complementaria a la información que brinda el modelo.

Otro aspecto a destacar es que, además de la posibilidad de asignar nuevos casos a uno de los dos grupos en función del valor que emite el modelo, la puntuación resultante permitiría también efectuar comparaciones entre empresas clasificadas en el mismo grupo. En el mismo sentido, una empresa clasificada como perteneciente al grupo 1 pero con un valor p muy cercano a 0,5

no puede considerarse muy diferente de otra clasificada como perteneciente al grupo 0 pero con un valor  $p$  también muy cercano a dicho valor.

Para finalizar señalamos que el modelo predictivo constituye una herramienta útil para resolver el problema de asimetría de información, en este trabajo en particular, entre el Estado y una potencial empresa constructora contratista. El porcentaje de 70% de casos correctamente clasificados permite recomendar su uso con los recaudos antes señalados.

## REFERENCIAS

- Black F. y Scholes M. (1973), "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economy*, 81:637-654.
- Dutto Giolongo, M. (2001), "Análisis discriminante y ratios contables óptimos en el Sector de la construcción", *Revista del Instituto Argentino de Ejecutivos de Finanzas* 175.
- Dutto Giolongo, M. (2003), "Evaluación de riesgo crediticio en el sector de la construcción", *Anales del III Encuentro Internacional de Finanzas*, Santiago de Chile, Enero 2003.
- Dutto Giolongo, M. (2006), "Eficiencia productiva y presión competitiva: el caso del sector de la construcción", *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNL*; Diciembre de 2006.
- Fornero, R. (2002), "Análisis financiero con información contable (AFIC)", <http://fce.uncu.edu.ar>, inédito.
- Merton, R.C. (1973), "Theory of rational option pricing", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4:141-183.
- Modigliani, F. y Miller, M. (1958), "The cost of capital, corporation finance, and the theory of investment", *American Economic Review*.
- Modigliani, F. y Miller, M. (1963), "Corporate income taxes and the cost of capital: a correction", *American Economic Review*.
- Pascale, R. (2005), *Decisiones Financieras* (4<sup>o</sup> edición), Buenos Aires, Consejo Profesional de Cs. Ecs. de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Ross, S., Westerfield, R. and Jordan, B. (2006), *Fundamentals of Corporate Finance*, 7ma. Edición, EEUU, McGraw-Hill.
- Ross, S., Westerfield, R. and Jaffe J. (2006), *Corporate Finance*, 8va. Edición, EEUU, McGraw-Hill.
- Saunders, A., y Millon Cornett, M. (2003), "Financial institutions management", EEUU, McGraw-Hill/Irwin.