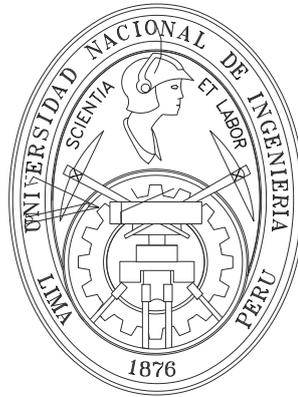


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y CCSS
Escuela Profesional de Ingeniería Estadística**



**ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DADO EL
INCUMPLIMIENTO EN LA CARTERA DE EMPRESAS DEL
BANCO INTERBANK**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ESTADÍSTICO**

Bach. Aldo Vittorio Cattaneo Aitken

**LIMA - PERÚ
2012**

RESUMEN

Según los métodos basados en calificaciones internas propuestos en el Nuevo Acuerdo de Capital para el cálculo del riesgo de crédito, las instituciones bancarias deben ser capaces de estimar sus propios parámetros de riesgo. Uno de los parámetros a estimar es la Pérdida dado el incumplimiento, es decir, la fracción del monto del crédito que se pierde en caso de que el cliente incumpla en sus pagos.

En esta investigación se propone un modelo por etapas conformado por dos modelos de regresión logística y uno de regresión lineal para estimar la pérdida dado el incumplimiento de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank. Se evalúa la precisión del modelo en la estimación de los casos *out-of-sample* y *out-of-time* mediante dos medidas de ajuste y se comparan estos resultados contra media histórica del parámetro. Se espera que el modelo por etapas provea mejores resultados que la media histórica.

Palabras clave: Basilea II, Riesgo de Crédito, Métodos Internos, Pérdida dado el Incumplimiento, Severidad, Regresión Logística

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO	9
JUSTIFICACIÓN.....	9
CAPÍTULO I.....	11
1.1 Nuevo Acuerdo de Basilea	11
1.2 Basilea II en el Perú.....	12
1.3 Estudios pasados de la Pérdida dado el incumplimiento.....	13
CAPÍTULO II.....	16
2.1 Problema de investigación.....	16
2.2 Hipótesis de trabajo	17
2.3 Alcances y/o limitaciones del estudio.....	17
CAPÍTULO III.....	18
3.1 Riesgo de crédito y modelos internos	18
3.2 Definición de Incumplimiento	21
3.3 Pérdida dado el incumplimiento (PDI).....	21
3.3.1 Enfoque Workout.....	22
3.3.2 Tasa de descuento.....	23
3.3.3 Distribución de la pérdida dado el incumplimiento	23
3.3.4 Determinantes de la pérdida dado el incumplimiento.....	24
3.4 Regresión lineal	25
3.5 Regresión Logística	27
CAPÍTULO IV.....	30
4.1 Definición de variables.....	31
4.1.1 Variables relacionadas a la operación.....	32
4.1.2 Variables relacionadas al perfil del cliente/empresa.....	32
4.1.3 Variables macroeconómicas y del sistema financiero	33
4.2 Selección de las muestras	33
4.3 Cálculo de la PDI	34
4.4 Tratamiento de los datos	35

4.5	Desarrollo del modelo	35
4.6	Evaluación del desempeño del modelo	37
CAPÍTULO V.....		38
2.1	Análisis univariante.....	38
2.2	Análisis bivariante	40
2.2.1	Análisis bivariante Etapa 1	40
2.2.2	Análisis bivariante Etapa 2	41
2.3	Análisis multivariado	42
2.3.1	Análisis multivariado Etapa 1	42
2.3.2	Análisis multivariado Etapa 2	43
2.3.3	Análisis multivariado Etapa 3	44
2.4	Modelo Final	45
2.5	Evaluación del desempeño del modelo	46
2.5.1	Evaluación del desempeño en los datos <i>out-of-sample</i>	46
2.5.2	Evaluación del desempeño en los datos <i>out-of-time</i>	47
CONCLUSIONES		48
RECOMENDACIONES.....		49
BIBLIOGRAFÍA.....		50
ANEXOS.....		51
	Anexo N° 01	52
	Anexo N° 02	53
	Anexo N° 03	54
	Anexo N° 04	54
	Anexo N° 05	55
	Anexo N° 06	64
	Anexo N° 07	73
	Anexo N° 08	74
	Anexo N° 09	75
	Anexo N° 10	76

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 5.1 Medidas de evaluación del desempeño del modelo y de la media histórica en los datos <i>out-of-sample</i>	46
Cuadro N° 5.2 Medidas de evaluación del desempeño del modelo y de la media histórica en los datos <i>out-of-time</i>	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 3.1 Distribución de la pérdida dado el incumplimiento	24
Gráfico N° 5.1 Distribución de la PDI en el total de casos	38
Gráfico N° 5.2 Distribución de la PDI en la muestra de desarrollo.....	39
Gráfico N° 5.3 Nivel de acierto por punto de corte Etapa 1	43
Gráfico N° 5.4 Nivel de acierto por punto de corte Etapa 2	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 3.1 Variación de las pérdidas en el tiempo	19
Figura N° 3.2 Distribución de pérdidas	20
Figura N° 4.1 Secuencia para la construcción del modelo.....	30
Figura N° 4.2 Selección de muestras.....	34
Figura N° 4.3 Secuencia lógica del modelo por etapas	36

INTRODUCCIÓN

El Nuevo Acuerdo de Capital impulsa a las instituciones bancarias al uso de los métodos basados en calificaciones internas. Estos métodos no sólo conllevan a una asignación más precisa del requerimiento de capital sino que también proporcionan un conjunto de herramientas para una adecuada gestión del riesgo.

Para cumplir con los requerimientos de implantación de los métodos internos, las instituciones bancarias deben ser capaces de estimar sus propios parámetros de riesgo de crédito. Uno de los principales parámetros es la **Pérdida dado el incumplimiento** (PDI), el cual representa la fracción del monto del crédito que se pierde en caso de que el cliente incumpla en sus pagos. La distribución de la PDI es bimodal y se encuentra restringida entre 0 y 1. Las modas se ubican en los extremos del intervalo, es decir, sobre los valores que indicarían la recuperación y la pérdida total del crédito. Dado este comportamiento se puede observar que el uso del promedio como medida representativa del parámetro puede llevar a conclusiones erradas.

La presente investigación es de carácter descriptivo y tiene como objetivo estimar el valor de la Pérdida dado el incumplimiento para cada una de

las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank. Dada la naturaleza de la distribución de la PDI, se plantea la hipótesis que se puede realizar esta estimación mediante un modelo estadístico por etapas conformado por dos submodelos de regresión logística para determinar los valores de los extremos del intervalo y un submodelo de regresión lineal para determinar los valores dentro del intervalo. Se espera que este modelo final ofrezca mejores resultados que el uso de la media histórica como estimación de la PDI, ya que este representa un enfoque híbrido entre clasificación y regresión recogiendo el efecto de variables del perfil de los clientes, de las operaciones y de variables de la situación macroeconómica y del sistema financiero.

Este documento está organizado en capítulos, en donde se especifica el problema, los resultados y conclusiones obtenidas en la presente investigación. El Capítulo I muestra los antecedentes de la regulación bancaria relacionada al riesgo de crédito y hace mención a diversos estudios pasados de la Pérdida dado el incumplimiento. En el Capítulo II se presenta el problema de la investigación, dando a conocer la hipótesis de trabajo, así como los alcances y limitaciones. En el Capítulo III se desarrollan los aspectos teóricos. Se describen los temas relacionados al riesgo de crédito y a los modelos internos propuestos en el Nuevo Acuerdo de Capital. Luego, se describe y se define la forma de cálculo de la Pérdida dado incumplimiento sobre los casos observados, así como los factores asociados que lo determinan. El Capítulo III finaliza con la presentación de las herramientas estadísticas que se utilizan para

resolver el problema. En el Capítulo IV se detalla la metodología utilizada en la investigación. Se describe el proceso de obtención y tratamiento de los datos, así como el desarrollo y la evaluación del modelo. En el Capítulo V se muestran los resultados obtenidos en cada etapa de la investigación, así como la evaluación del desempeño del modelo. Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas de la investigación en relación al objetivo e hipótesis planteados, así como algunas recomendaciones.

Los resultados de la investigación demuestran que es posible estimar la Pérdida dado el incumplimiento para cada una de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank mediante un modelo estadístico por etapas en función de variables del perfil del cliente y de variables macroeconómicas y del sistema financiero, ofreciendo mejores resultados que el uso de la media histórica como estimación del parámetro.

OBJETIVO

Estimar la Pérdida dado el Incumplimiento para cada una de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank en función del perfil de los clientes, de las características de las operaciones y de la situación macroeconómica y del sistema financiero, mejorando de esta manera la precisión de resultados respecto al uso de la media histórica como estimación de este parámetro.

JUSTIFICACIÓN

Son pocas las instituciones bancarias que realizan la estimación de la pérdida dado el incumplimiento, esto es debido a la dificultad que estas poseen en obtener la información histórica necesaria para realizar el cálculo, por lo que optan por asignar el valor del parámetro que el regulador les proporciona normativamente. En otros casos, algunas instituciones bancarias sí realizan sus cálculos pero determinan un mismo valor promedio del parámetro para todas las operaciones de una determinada cartera. Utilizar este enfoque en las estimaciones del parámetro en el Banco Interbank, puede generar un requerimiento de capital inadecuado para el nivel de riesgo que asume la institución, ya que para algunas operaciones el capital que se calcule podría encontrarse por encima, o lo que es peor, por debajo del nivel necesario.

En la cartera de empresas, el número de incumplimientos es bastante más pequeño en relación a la cartera minorista ya que el nivel de riesgo relativo que asume el Banco Interbank con un cliente grande es menor al que asume con una persona natural. Adicionalmente, en la cartera de empresas se concentra la mayor proporción del saldo de las colocaciones en un número reducido de operaciones. De manera que resulta importante que si el Banco Interbank opta por aplicar los métodos internos de Basilea II para el cálculo del riesgo de crédito en su cartera de empresas, utilice mecanismos que le permita estimar la Pérdida dado el incumplimiento con la mayor fineza posible.

Las técnicas y modelos estadísticos proveen las herramientas necesarias para cumplir con estos requerimientos, ya que proporcionan estimaciones dinámicas en función de diversas variables del tipo coyunturales y cualitativas.

CAPÍTULO I

Antecedentes

1.1 Nuevo Acuerdo de Basilea

En el año 2004 el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea publicó el Nuevo Acuerdo de Capital de Basilea (BIS 2004) o también llamado Basilea II, el cual brinda un conjunto de principios y recomendaciones sobre supervisión, y tiene como objetivo propiciar la convergencia regulatoria hacia estándares avanzados sobre medición y gestión de los principales riesgos en la industria bancaria. El enfoque propuesto en Basilea II se basa en los siguientes tres pilares:

- Pilar I: Requerimiento mínimo de capital.
- Pilar II: Proceso de supervisión bancaria.
- Pilar III: Disciplina de mercado.

El Pilar I constituye el núcleo del acuerdo y en este se proponen las metodologías para el cálculo del requerimiento de capital por los

principales tipos de riesgo que asume la institución (riesgo de crédito, de mercado y operacional). Este pilar se desarrolló bajo la filosofía de relacionar los riesgos que posee una institución bancaria con el capital necesario para asumirlos, teniendo por objetivo contribuir al fortalecimiento y a la estabilidad del sistema bancario.

Dentro del ámbito del riesgo de crédito, Basilea II propone dos metodologías para el cálculo del requerimiento de capital: El método estandarizado, en donde el requerimiento se obtiene en función de las clasificaciones externas proporcionadas por agencias de calificación, y los métodos internos (básico y avanzado), en donde las instituciones bancarias pueden utilizar sus propios modelos para calcular el riesgo de crédito.

1.2 Basilea II en el Perú

El Perú, por medio de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS), es consciente de las ventajas en seguridad y estabilidad que genera un esquema como el propuesto en Basilea II y no se mantiene al margen de esta reforma internacional de la regulación bancaria. La implementación de esta propuesta en Perú se inició en el año 2007 con diversos estudios de impacto y con la emisión de la normativa necesaria, la cual se asemeja bastante a la que fue proporcionada originalmente por Basilea II, salvo algunas sutiles adecuaciones para adaptarla a la realidad peruana.

Tal cual lo propone el Nuevo Acuerdo de Capital, la SBS también permite a las instituciones bancarias calcular el requerimiento de capital por riesgo de crédito mediante el uso de métodos internos, brindándoles la posibilidad de asignar el capital en función del nivel de riesgo que asumen en sus distintas carteras.

En la literatura relacionada al riesgo de crédito se dispone de abundante documentación dedicada a modelar y estimar la probabilidad de incumplimiento. En el Perú, se tienen implementados muchos modelos de este tipo en diversas instituciones bancarias, como en el caso del Banco Interbank, donde estos modelos son utilizados como herramientas para mejorar los procesos de otorgamiento y seguimiento de las operaciones y clientes (*Scorings* y *Ratings*). No obstante, recientemente y debido a la cada vez mayor importancia que van cobrando los métodos internos propuestos en Basilea II, se están desarrollando estudios enfocados a la estimación de la Pérdida dado el incumplimiento, lo cual permitiría realizar una eficiente asignación del capital y complementar el enfoque de riesgos que se utiliza en la gestión de las carteras.

1.3 Estudios pasados de la Pérdida dado el incumplimiento

De acuerdo a lo que indican Chalupka y Kopecsni (2009) la Pérdida dado el incumplimiento posee una distribución bimodal entre 0 y 1 (pérdida nula y pérdida total), con las modas en los extremos del intervalo. Bajo ciertas circunstancias el valor de la PDI puede escapar fuera este

intervalo, sin embargo estos casos son poco comunes por lo que se deben de acotar para evitar inconsistencias.

Una metodología específicamente para estimar la PDI la desarrollan Gupton y Stein (2005), en donde se propone y valida un modelo estadístico que brinda pronósticos dinámicos de la PDI utilizando información de diferentes niveles como el perfil del cliente, variables macroeconómicas, características de las garantías, etc.

Carvalho y Dermine (2003) realizaron un estudio para la cartera de préstamos de pequeñas y medianas empresas del Banco Comercial Portugués. En este estudio se comparan diversos modelos de regresión de respuesta fraccional utilizando funciones de enlace log-log y logística con distintos horizontes de recuperación. Posteriormente, en Bastos (2009) se replican estos modelos y se incluye un árbol de decisión, y luego se comparan estos resultados con la media histórica para evaluar las capacidades predictivas sobre un grupo de casos *out-of-sample* y *out-of-time* mediante dos medidas ajuste: la raíz del error cuadrático medio (RECM) y el error medio absoluto (EMA).

Stoyanov (2009) propone estimar la pérdida dado el incumplimiento mediante el uso de la regresión logística realizando previamente “cortes” aleatorios o arbitrarios para transformar la PDI en una variable binaria.

Por otro lado, Bellotti y Crook (2008) proponen un modelo por etapas conformado por dos submodelos de regresión logística para determinar los casos especiales de la distribución (pérdida nula y pérdida total), como si se tratase de un problema de clasificación; mientras que para los casos intermedios utilizan una regresión lineal. Los resultados de esta investigación demostraron que este tipo de modelos ofrecen buenos resultados en la estimación de la Pérdida dado el incumplimiento.

Chalupka y Kopecsni (2009) proponen transformar y recategorizar las variables explicativas a utilizarse en la construcción de este tipo de modelos con la finalidad de obtener un mayor nivel de ajuste y una mejor interpretación de los resultados.

CAPÍTULO II

El problema de investigación

2.1 Problema de investigación

Para que las instituciones bancarias puedan utilizar los métodos internos para el cálculo del riesgo de crédito en la cartera de empresas, deben ser capaces de estimar sus propios parámetros de riesgo. Cuanto más finas sean estas estimaciones, los bancos se ven más favorecidos en varios aspectos tales como: obtener una eficiente y correcta asignación del requerimiento de capital, mejorar la gestión financiera, y posteriormente, determinar la rentabilidad en función del nivel de riesgo que asumen. En ese sentido, el problema de investigación se centra en la aplicación de un modelo estadístico para estimar la Pérdida dado el Incumplimiento de las operaciones de cartera de empresas del Banco Interbank, el cual proporcione mejores resultados en la estimación respecto al uso de la media histórica del parámetro observado.

2.2 Hipótesis de trabajo

Dada la naturaleza de la distribución de la **Pérdida Dado el Incumplimiento** se plantea la hipótesis de que la estimación de este parámetro en la cartera de empresas del Banco Interbank, se puede realizar mediante la aplicación de un modelo estadístico por etapas, conformado por dos modelos de regresión logística y un modelo de regresión lineal. Ya que este representa un enfoque híbrido entre clasificación y regresión recogiendo el efecto del perfil de los clientes, de las operaciones y de variables macroeconómicas y del sistema financiero, proporcionando de esta manera mejores resultados en la estimación respecto al uso de la media histórica del parámetro.

2.3 Alcances y/o limitaciones del estudio

La estimación de la pérdida dado el incumplimiento es realizada utilizando la información de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank. Debido a la dificultad en la obtención de los datos, los resultados de este estudio se basan sólo en aquellos casos para los cuales fue posible conseguir las variables necesarias de las bases de datos históricas, limitando de esta manera el volumen de información analizada. Las conclusiones obtenidas se circunscriben a la situación observada en el Banco Interbank en un determinado periodo de tiempo, el cual no cubre un ciclo económico completo, ni tampoco el periodo mínimo de siete años de observación que exige la SBS.

CAPÍTULO III

Marco teórico

3.1 Riesgo de crédito y modelos internos

Según el Nuevo acuerdo de capital (BIS 2004) el riesgo de crédito se calcula básicamente a través de tres componentes fundamentales:

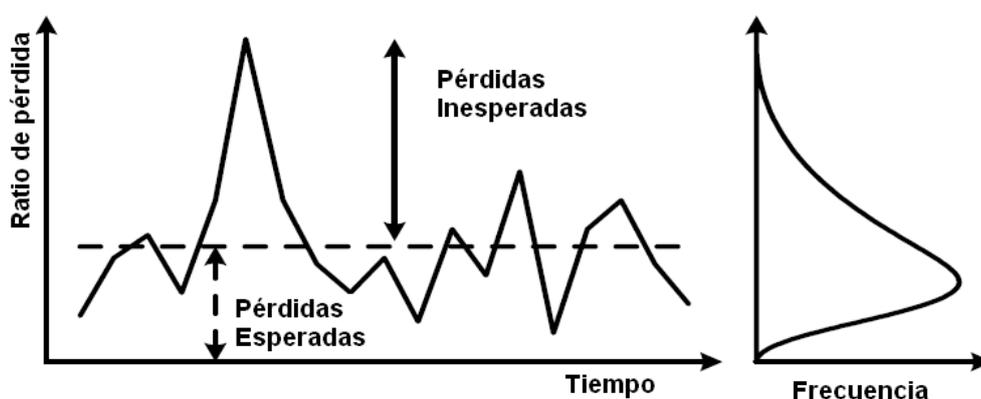
- PI: Probabilidad de incumplimiento.
- PDI: Pérdida dado el incumplimiento (también se le conoce como "severidad", indicando la gravedad de la pérdida).
- EMI: Exposición en el momento del incumplimiento.

Dado que las instituciones bancarias poseen distintos niveles de desarrollo, Basilea II propone distintos métodos para el cálculo del riesgo crediticio. En el **Método estándar**, la PI y la PDI se calculan implícitamente a través de las calificaciones de riesgo crediticio publicadas por empresas especializadas (agencias de rating). Por otro lado, los bancos más sofisticados pueden, bajo ciertas condiciones, optar

por el **método interno avanzado** (MIA), el cual les permite utilizar sus propios mecanismos de evaluación del riesgo y realizar sus propias estimaciones. Existe también el **método interno básico** (MIB) en el que los bancos pueden estimar la probabilidad de incumplimiento (PI), el parámetro de riesgo más básico, y utilizar los valores proporcionados por el regulador para la PDI.

En el método interno avanzado se introduce el concepto de la **Pérdida esperada**, el cual representa el importe promedio que una institución bancaria espera perder en el lapso de un periodo determinado y para una cartera determinada. El Nuevo Acuerdo de Capital (NAC) también incorpora el concepto **Requerimiento de capital**, el cual sirve como un “colchón” frente a picos de pérdidas que exceden el nivel esperado. Estos picos son los puntos que se encuentran por encima de la línea discontinua que se muestra en la figura 3.1.

Figura N° 3.1
VARIACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN EL TIEMPO

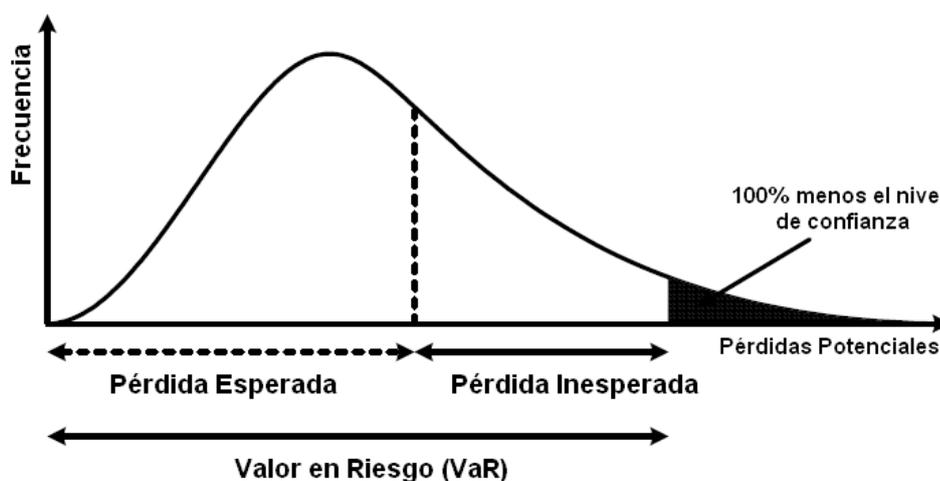


FUENTE: Basel Committee on Banking Supervision (2005)

Como se sabe, estos eventos no ocurren constantemente pero cuando se presentan pueden ser potencialmente muy grandes. A las pérdidas por encima del nivel esperado se les denomina **Pérdidas no esperadas**.

El enfoque que adoptan los métodos internos de Basilea II para determinar la cantidad de capital que un banco debe mantener se centra en la distribución de las insolvencias bancarias derivadas de las pérdidas de crédito que los supervisores están dispuestos a aceptar. Por medio de un modelo estocástico de la cartera de crédito, es posible estimar la cantidad de pérdida que superará un determinado umbral con una probabilidad predefinida, la cual se puede interpretar como la probabilidad de insolvencia de los bancos. El capital se establece de tal forma, que la probabilidad de que las pérdidas no esperadas superen este umbral resulte muy baja. Este enfoque se ilustra en la figura 3.2.

Figura N° 3.2
DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS



FUENTE: Basel Committee on Banking Supervision (2005)

3.2 Definición de Incumplimiento

La definición de incumplimiento cobra relevante importancia ya que determina la cartera de operaciones “malas” (sobre las cuales se calcula la PDI), además de tener un impacto directo en los requerimientos de capital, ya que la rigurosidad con la cual se defina esta determinará los requerimientos más o menos conservadores (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea 2006, pp. 234). El incumplimiento se define según el criterio que el supervisor bancario de cada país interprete, en el caso de Perú, el sistema bancario posee su propia definición de incumplimiento (Superintendencia de Banca y Seguros 2009, pp. 26), donde básicamente se determina que una operación se encuentra en estado de incumplimiento cuando esta posee un atraso mayor a 90 días. Adicionalmente, el regulador permite a cada una de las instituciones bancarias considerar a un deudor, y a todas sus operaciones de este, en estado de incumplimiento cuando se considere que es incapaz de honrar sus obligaciones en la forma pactada sea parcial o totalmente.

3.3 Pérdida dado el incumplimiento (PDI)

De acuerdo a los métodos internos propuestos por Basilea II, la pérdida esperada y el requerimiento de capital por riesgo de crédito para la cartera de empresas se calculan en función de la pérdida dado el incumplimiento (PDI) y de otros parámetros de riesgo (Superintendencia

de Banca y Seguros 2009, pp. 37). La PDI representa el porcentaje que se pierde en una operación dado que esta se encuentre en incumplimiento. Dentro de las pérdidas deben de considerarse todos los costes o gastos relacionados al proceso recuperatorio.

3.3.1 Enfoque Workout

Existen diversas metodologías que se utilizan para estimar la pérdida dado el incumplimiento, sin embargo el método más utilizado es el denominado **Workout**, el cual se basa en el descuento de los flujos de incremento de deuda¹ y recuperación al valor en la fecha de incumplimiento realizados durante el proceso recuperatorio de cada una de las operaciones “malas”:

$$PDI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Recup_i}{(1+r)^{t_i}} - \sum_{i=1}^m \frac{Incre_i}{(1+r)^{t_i}}}{EMI} \quad (3.1)$$

donde:

- EMI es el valor de la exposición en el momento del incumplimiento,
- $Recup_i$ es el monto del i-ésimo movimiento de recuperación,
- $Incre_i$ es el monto del i-ésimo movimiento de incremento de deuda,

¹ Los gastos y costes asociados al proceso recuperatorio son considerado como incrementos de deuda. Por lo tanto, podrían encontrarse que las recuperaciones menos los incrementos de deuda (descontados) superen el valor de la EMI. Para estos casos se asignará un valor de 100% para la PDI.

- r es la tasa de descuento,
- n y m son el número de movimientos de recuperación y de incremento de deuda respectivamente, y
- t_i es el tiempo transcurrido desde la fecha de incumplimiento hasta el i -ésimo movimiento de recuperación o incremento de deuda.

3.3.2 Tasa de descuento

Para llevar a cabo el cálculo de la pérdida dado el incumplimiento de una operación es necesario descontar los montos de incremento y recuperación a la fecha de incumplimiento a una determinada tasa, de manera que estos importes puedan ser comparados con la Exposición en el momento del incumplimiento.

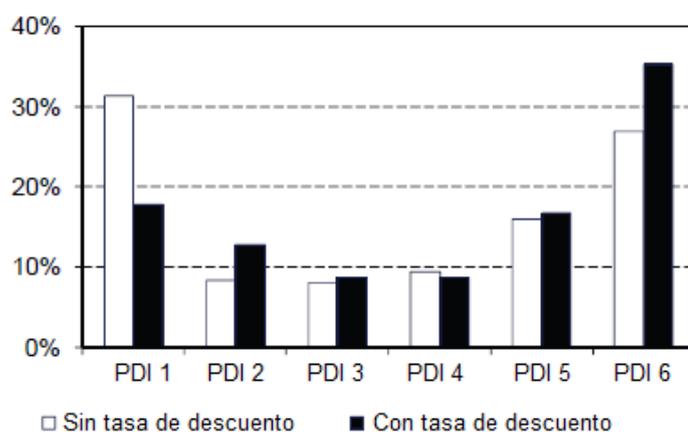
La elección de la tasa de descuento es un tema abierto en el que se sigue debatiendo y para el cual no existe un consenso. Según Chalupka y Kopecsni (2009) el efecto de utilizar una tasa de descuento que esté en el rango 0-9% es relativamente pequeño para periodos recuperatorios cortos.

3.3.3 Distribución de la pérdida dado el incumplimiento

Como lo muestran Chalupka y Kopecsni (2009), por naturaleza la pérdida dado el incumplimiento posee una distribución bimodal en el

intervalo 0 y 1 donde la concentración de los casos se encuentra en los extremos (Ver Gráfico 3.1). Esto es debido a que en la mayoría de las ocasiones ocurre que el importe de la deuda se recupera completamente o se pierde en su totalidad. Definitivamente tomar el valor promedio de la PDI como la medida representativa del conjunto de datos conlleva a análisis y conclusiones errados.

Gráfico N° 3.1
DISTRIBUCIÓN DE LA PÉRDIDA DADO EL INCUMPLIMIENTO



FUENTE: Chalupka y Kopecsni (2009)

3.3.4 Determinantes de la pérdida dado el incumplimiento

Según mencionan Chalupka y Kopecsni (2009), el valor de la pérdida dado el incumplimiento se encuentra correlacionado con diversos factores los cuales determinan su comportamiento. Ellos resaltan las siguientes variables las cuales se pueden agrupar en tres segmentos²:

² Se listan las variables usualmente utilizadas.

- **Variables relacionadas a la operación:** Exposición al momento del incumplimiento, Importe de las garantías, Ratio deuda-garantía.
- **Variables relacionadas al perfil del cliente/empresa:** Ratios financieros de actividad, solvencia, liquidez, cobertura y rentabilidad; número de instituciones bancarias vinculadas, porcentaje de deuda vigente en el sistema financiero, porcentaje de deuda vencida en el sistema financiero, porcentaje de deuda judicial en el sistema financiero, porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada en el sistema financiero.
- **Variables macroeconómicas y del sistema financiero:** PBI, índice de empleo, tasa de referencia, ratio de mora del sistema financiero, ratio de mora en la institución bancaria, ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero, ratio de mora de la cartera comercial en la institución bancaria.

3.4 Regresión lineal

El análisis de regresión es una técnica estadística para investigar y modelar la relación entre variables. Son numerosas las aplicaciones de esta técnica y se pueden encontrar en casi cualquier campo. De hecho, puede ser que el análisis de regresión lineal sea la técnica estadística más usada. La forma general del modelo de regresión lineal es:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad (3.2)$$

donde se asume que:

- La relación entre la respuesta y y los regresores es lineal, al menos en forma aproximada.
- El término de error ε tiene media cero.
- El término de error ε tiene varianza σ^2 constante.
- Los errores no están correlacionados.
- Los errores tienen distribución normal.

En notación matricial el modelo de la ecuación (3.2) se puede expresar como:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (3.3)$$

en donde

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$
$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Se desea determinar el vector $\hat{\beta}$ de estimadores de mínimos cuadrados que minimice

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta) \quad (3.4)$$

Los estimadores de mínimos cuadrados deben satisfacer

$$\left. \frac{\partial S}{\partial \beta} \right|_{\hat{\beta}} = -2X'y + 2X'X\hat{\beta} = 0 \quad (3.5)$$

que se simplifica a

$$X'X\hat{\beta} = X'y \quad (3.6)$$

Para resolver las ecuaciones normales se multiplican ambos lados de (3.6) por la inversa de $X'X$. Así, el estimador de β por mínimos cuadrados es

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (3.7)$$

siempre y cuando exista la matriz inversa $(X'X)^{-1}$.

3.5 Regresión Logística

La forma general del modelo de regresión logística es

$$y_i = E(y_i) + \varepsilon_i \quad (3.8)$$

donde las observaciones y_i son variables aleatorias independientes de Bernoulli, cuyos valores esperados son

$$E(y_i) = \pi_i = \frac{\exp(x'_i \beta)}{1 + \exp(x'_i \beta)} \quad (3.9)$$

Se usará el método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros del predictor lineal $x'_i \beta$.

Cada observación de la muestra sigue la distribución de Bernoulli, por lo que la distribución de probabilidades de cada observación es

$$f_i(y_i) = \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{1 - y_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.10)$$

Y naturalmente, cada observación y_i toma el valor de 0 ó 1. Como las observaciones son independientes, la función verosimilitud no es más que

$$L(y_1, y_2, \dots, y_n, \beta) = \prod_{i=1}^n f_i(y_i) = \prod_{i=1}^n \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{1 - y_i} \quad (3.11)$$

el logaritmo de la verosimilitud se puede expresar como sigue:

$$\ln L(y, \beta) = \sum_{i=1}^n y_i x'_i \beta - \sum_{i=1}^n \ln[1 + \exp(x'_i \beta)] \quad (3.12)$$

En la expresión (3.12) anterior se usan métodos numéricos de búsqueda para calcular los estimadores $\hat{\beta}$ por máxima verosimilitud, sin embargo, también pueden utilizarse otros métodos como los mínimos cuadrados iterativamente reponderados.

Sea $\hat{\beta}$ el estimado final de los parámetros del modelo que se obtiene con el algoritmo anterior, entonces el valor esperado del modelo de regresión logística se escribe con frecuencia como sigue:

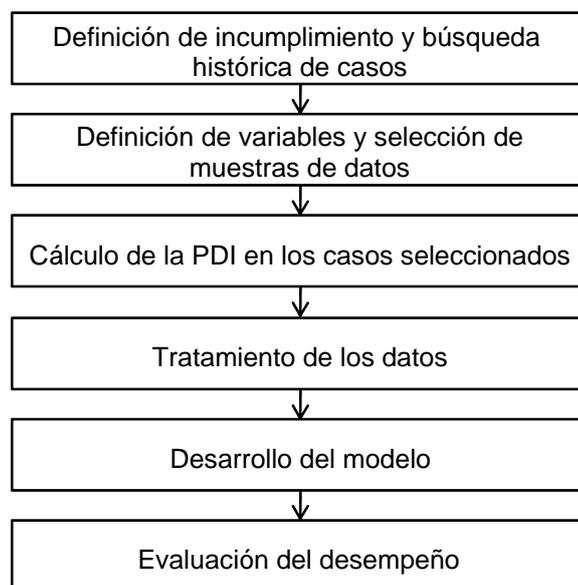
$$\hat{y} = \hat{\pi}_i = \frac{\exp(x'_i \hat{\beta})}{1 + \exp(x'_i \hat{\beta})} = \frac{1}{1 + \exp(-x'_i \hat{\beta})} \quad (3.13)$$

CAPÍTULO IV

Metodología

En la presente investigación se propone estimar la PDI de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank mediante la aplicación de un **modelo estadístico por etapas**. En la Figura 4.1 se muestra la secuencia para la construcción y validación de este modelo.

Figura N° 4.1
SECUENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO



ELABORACIÓN: Propia

Para llevar a cabo la construcción del modelo, el primer paso es definir el criterio que determina cuándo una operación se encuentra en incumplimiento y en base a esta definición obtener las operaciones “malas” de las bases de datos históricas de la cartera de empresas. Para estas operaciones se definen y se recogen las variables disponibles que se utilizarán a priori para construir los modelos. Luego, se seleccionan las muestras a utilizarse tanto para desarrollar el modelo como para validarlo y se calcula para todos estos casos el valor de la PDI mediante el método *Workout*. Posteriormente, se desarrolla el modelo estadístico utilizando las variables definidas, las cuales son previamente tratadas y recategorizadas para mejorar la robustez y la interpretación de los resultados. Como último paso se evalúa el desempeño del modelo, midiendo su capacidad predictiva sobre las muestras de validación.

A continuación se describen a mayor detalle los aspectos más importantes de la metodología:

4.1 Definición de variables

Las variables utilizadas para construir los modelos son extraídas de las bases de datos históricas del Banco Interbank. Desde un punto de vista de negocio las variables se pueden agrupar en tres grandes grupos. A continuación se listan las variables recogidas en la presente investigación:

4.1.1 Variables relacionadas a la operación

- Exposición en el momento del incumplimiento
- Importe de las garantías asociadas a la operación
- Ratio Exposición / Garantía

4.1.2 Variables relacionadas al perfil del cliente/empresa

- Antigüedad
- Ratio EBITDA / Ventas
- Ratio Total Pasivo Neto / Generación Bruta
- Ratio Total Pasivo / Patrimonio
- Ratio Total Pasivo / Ventas
- Ratio Rotación Existencia en Días
- Ratio Rotación Cuentas por Pagar en Días
- Ratio (Ventas Netas + Otros Ingresos Operacionales)/Costos de ventas
- Ratio Caja y Bancos / Total Pasivo Corriente
- Ratio Pasivo – Patrimonio / Activos – Intangibles
- Número de instituciones del sistema financiero
- Porcentaje de deuda vigente
- Porcentaje de deuda vencida
- Porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada
- Porcentaje de deuda judicial

4.1.3 Variables macroeconómicas y del sistema financiero

- PBI a precios de 1994
- Índice de empleo urbano total de 10 y más trabajadores
- Variación porcentual del PBI
- Tasa de referencia del BCRP
- Ratio de mora del sistema financiero
- Ratio de mora del Banco Interbank
- Ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero
- Ratio de mora de la cartera comercial del Banco Interbank

En el Anexo N° 01 se describen a mayor detalle las variables particularmente recogidas en la presente investigación. Dichas variables no disponen de casos perdidos por lo que no se realiza ningún tratamiento para ese tipo de datos.

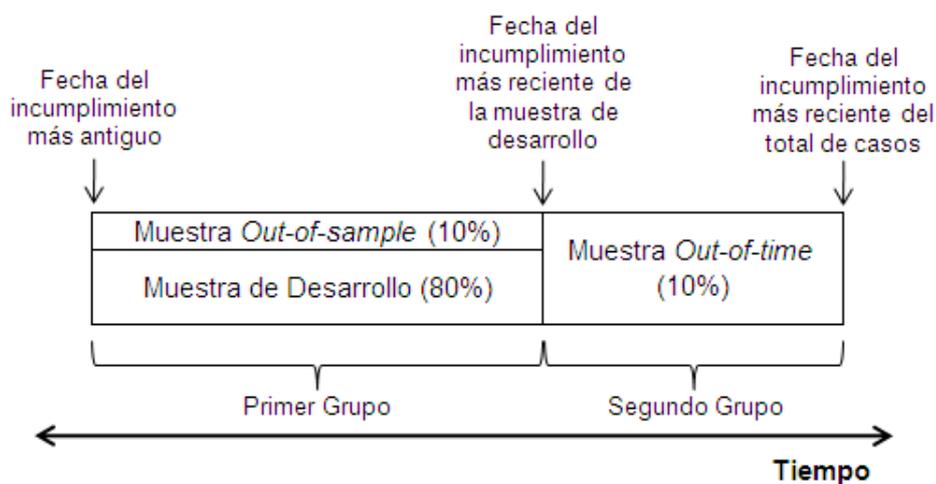
4.2 Selección de las muestras

Debido a que el número de operaciones en incumplimiento en la cartera de empresas del Banco Interbank es muy reducido, se debe de rescatar la mayor cantidad de casos desde las bases de datos históricas para el desarrollo y evaluación del modelo.

El total de casos disponibles se divide en dos grupos. El primero corresponde a la muestra de desarrollo y a la muestra *out-of-sample*, las cuales son seleccionadas aleatoriamente del total de casos históricos

sobre el periodo correspondiente desde la fecha de incumplimiento más antigua hasta una fecha arbitraria³, tomada de manera que el primer grupo represente el 90% del total de los casos. Con la muestra de desarrollo (80% del total de casos) se estiman los parámetros del modelo, mientras que con la muestra *out-of-sample* (10% del total de casos) se evalúa el desempeño del modelo sobre el mismo periodo. El segundo grupo corresponde a la muestra *out-of-time* (10% restante), la cual se utiliza para evaluar la capacidad predictiva o estabilidad del modelo sobre un conjunto de casos recogidos en un periodo de tiempo posterior al de la muestra de desarrollo⁴. En la Figura 4.2 se muestra cómo están conformadas las tres muestras.

Figura N° 4.2
SELECCIÓN DE MUESTRAS



ELABORACIÓN: Propia

4.3 Cálculo de la PDI

³ El primer grupo está compuesto incumplimientos desde Feb-2006 hasta Oct-2009.

⁴ El segundo grupo está compuesto por incumplimientos des Nov-2009 hasta Jun-2010.

El cálculo de la PDI se realiza mediante la metodología *Workout*⁵. Debido a que no se cuenta con el suficiente detalle en las bases de datos históricas, no se toman en cuenta dentro de los cálculos los gastos de recuperación ni los intereses moratorios, y por otra parte, se considera un periodo máximo de observación para el *Workout* de doce meses.

4.4 Tratamiento de los datos

Con la finalidad de mejorar el nivel de ajuste, eliminar el “ruido” o distorsión de los casos atípicos y facilitar la interpretación de los resultados, se realiza una “discretización” de todas las variables en tramos, de manera que describan un comportamiento con mayor sentido de negocio frente a la PDI.

Las variables se “discretizan” utilizando 15 ó 20 cuantiles y luego se agrupan los tramos buscando un comportamiento óptimo y lógico con respecto a la proporción de casos en cada tramo de PDI igual a 0 y 1. Como se muestra en la siguiente sección, este análisis se realiza para las dos primeras etapas de modelo.

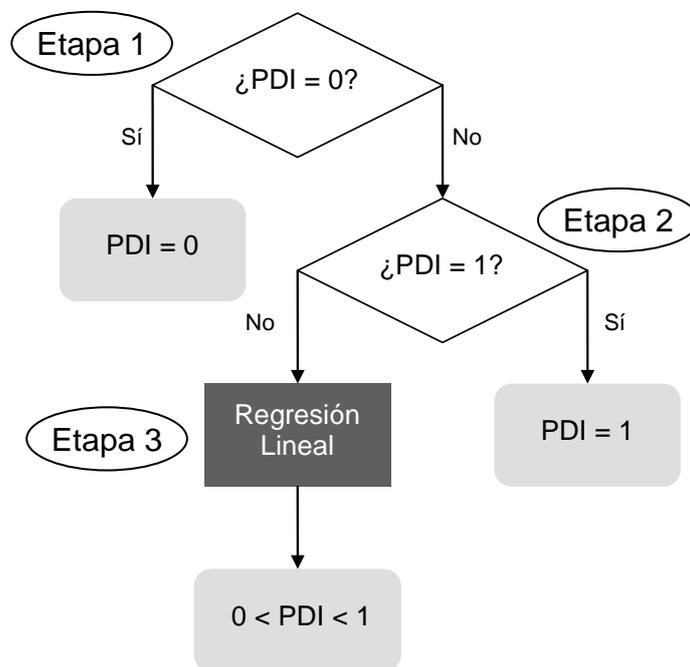
4.5 Desarrollo del modelo

En la presente investigación se propone un modelo de por etapas conformado por dos submodelos de regresión logística y un submodelo

⁵ Se toma una tasa de descuento del 5%.

de regresión lineal. La construcción se realiza utilizando la muestra de desarrollo, en la cual se dispone de la PDI calculada y las variables antes seleccionadas y recategorizadas (según el submodelo). En la Figura 4.3 se muestra un diagrama con la secuencia lógica del desarrollo y la función que desempeña cada submodelo en la estimación:

Figura N° 4.3
SECUENCIA LÓGICA DEL MODELO POR ETAPAS



ELABORACIÓN: Propia

El proceso se inicia en la Etapa 1 en donde se estiman los casos con PDI nula, este submodelo está constituido por una regresión logística el cual se desarrolla utilizando las variables “discretizadas” y separando los datos en dos grupos, los casos con PDI=0 y PDI>0. En la Etapa 2 se estiman los casos con PDI total, este submodelo está constituido por una regresión logística el cual se desarrolla utilizando las variables “discretizadas” separando los datos en dos grupos, los casos con PDI=1 y

PDI<1. En una tercera etapa, sólo las observaciones que no poseen PDI nula o total se utilizan para desarrollar el submodelo constituido por una regresión lineal con el cual se estiman los valores de la PDI entre 0 y 1.

4.6 Evaluación del desempeño del modelo

Se evalúa el poder predictivo sobre las muestras *out-of-sample* y *out-of-time* mediante dos medidas de precisión: la Raíz del error cuadrático medio (RECM) y el error medio absoluto (EMA). A continuación se presentan las fórmulas para su cálculo:

$$RECM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (pdi_i - \widehat{pdi}_i)^2} \quad (4.1)$$

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |pdi_i - \widehat{pdi}_i| \quad (4.2)$$

donde:

- pdi_i y \widehat{pdi}_i son el valor observado y estimado de la Pérdida dado el incumplimiento de la i -ésima operación, y
- n es el número operaciones.

La Raíz del error cuadrático medio y el Error medio absoluto se utilizan para comparar los niveles de precisión obtenidos por las estimaciones del modelo y los resultados que se obtendrían al utilizar como estimación el promedio histórico de la PDI de toda la cartera de empresas.

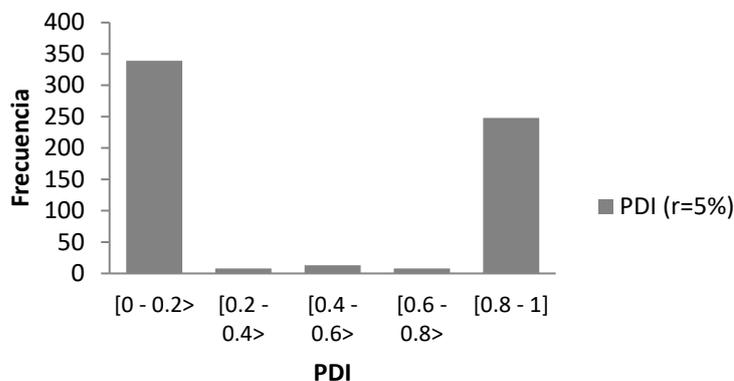
CAPÍTULO V

Análisis y resultados de la investigación

2.1 Análisis univariante

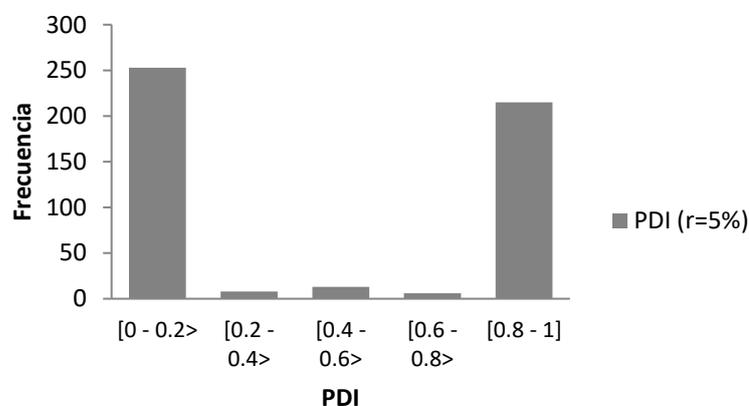
En el ANEXO N° 01 se tiene el listado de todas las variables recogidas en la presente investigación y en el ANEXO N° 02 el número de casos tomados en cada periodo de incumplimiento de la muestra total y de la muestra de desarrollo.

Gráfico N° 5.1
DISTRIBUCIÓN DE LA PDI EN EL TOTAL DE CASOS



ELABORACIÓN: Propia

Gráfico N° 5.2
DISTRIBUCIÓN DE LA PDI EN LA MUESTRA DE DESARROLLO



ELABORACIÓN: Propia

En el Gráfico 5.1 se observa la distribución de la Pérdida dado el incumplimiento del total de casos utilizando una tasa de descuento del 5%. De la misma forma, en el Gráfico 5.2 se observa la distribución de la PDI para los casos de la muestra de desarrollo. En el Anexo N° 03 se tienen las estadísticas básicas de ambas muestras. Se puede observar que la muestra de desarrollo posee un comportamiento similar al de la muestra con el total de casos.

En el Anexo N° 04 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables originales utilizadas para construir el modelo, en donde se observa una alta dispersión de los datos. La estrategia que se utiliza en este caso para eliminar el ruido y para mejorar la robustez de los modelos es la de categorizar las variables en tramos, de manera que las variables “discretizadas” y la PDI guarden mayor sentido de negocio. En la siguiente sección se ofrecen los resultados de este análisis.

2.2 Análisis bivalente

El análisis bivalente se realiza para las dos primeras etapas del modelo, a continuación se describen los resultados.

2.2.1 Análisis bivalente Etapa 1

En la Etapa 1 se plantea un modelo de regresión logística para determinar los casos con Pérdida dado el incumplimiento igual a cero, por lo que las variables se “discretizan” en tramos y se observa la proporción de casos con PDI=0 en cada uno. En el Anexo N° 05 se muestran los resultados.

Se puede observar que contrario a lo que podría pensarse, a medida que la Exposición en el momento del incumplimiento se incrementa, la proporción de casos con PDI=0 aumenta. Esto podría interpretarse como que empresas con un perfil de riesgo bajo son capaces de mantener un nivel de deuda elevado y de poseer una capacidad de pago mayor al del resto, de esta manera, es más probable que se pierda menos con este tipo de clientes.

El resto de variables mantienen un comportamiento lógico con respecto a la proporción de casos con PDI=0 en cada grupo. En los

gráficos se muestran las variables “discretizadas” conformando los tramos óptimos para cada una de ellas.

2.2.2 Análisis bivariante Etapa 2

En la Etapa 2 se plantea un modelo de regresión logística para determinar los casos con Pérdida dado el incumplimiento igual al cien por ciento, por lo que las variables se “discretizan” en tramos y se observa la proporción de casos con PDI=1 en cada uno. En el Anexo N° 06 se muestran los resultados.

Análogamente a lo que se describe en el análisis de la Etapa 1, se puede observar que a medida que la Exposición en el momento del incumplimiento se incrementa, la proporción de casos con PDI=1 disminuye.

Las variables Ratio Total Pasivo / Ventas y Porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada no presentan un comportamiento congruente con la distribución de casos con PDI=1. Por lo tanto, estas variables son descartadas y no participarán en la construcción del modelo de regresión logística de la Etapa 2.

El resto de variables mantienen un comportamiento lógico con respecto a la proporción de casos con PDI=1 en cada grupo. Los gráficos

muestran las variables “discretizadas” conformando los tramos óptimos para cada una de ellas.

2.3 Análisis multivariado

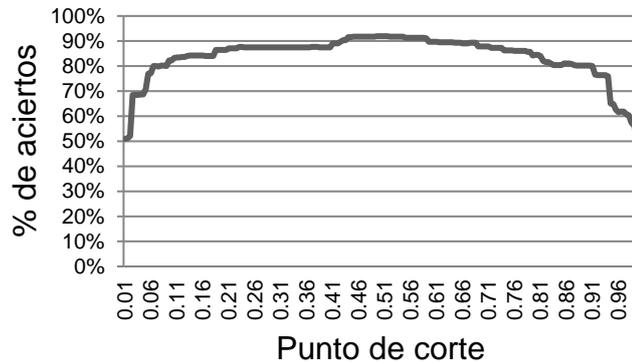
El análisis multivariado se realiza para construir los submodelos de las tres etapas del modelo global. A continuación se describen los resultados.

2.3.1 Análisis multivariado Etapa 1

Utilizando las variables “discretizadas” se obtiene el modelo de regresión logística que determina los casos con $PDI=0$. En el Anexo N° 07 se muestran los parámetros y las variables seleccionadas por el método *Stepwise*. No se observa multicolinealidad entre las variables.

La variable respuesta en este modelo es la probabilidad de que el valor de la Pérdida dado el incumplimiento sea cero. Como se muestra en el Gráfico 5.3 el porcentaje de acierto al determinar los casos con $PDI=0$ depende del punto de corte que se utilice.

Gráfico N° 5.3
NIVEL DE ACIERTO POR PUNTO DE CORTE ETAPA1



ELABORACIÓN: Propia

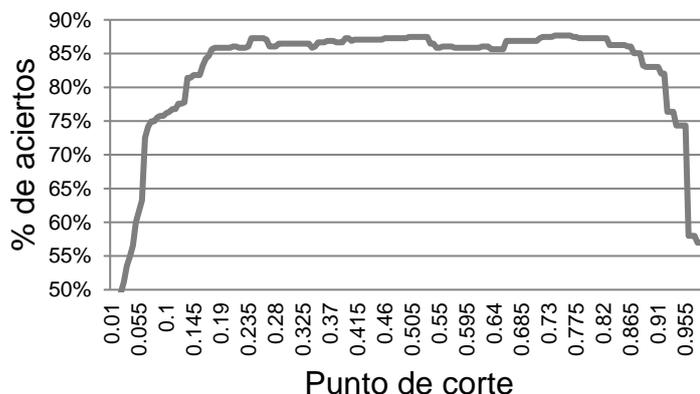
El punto de corte óptimo en la Etapa 1 es 0.495, con el cual se obtiene un 91.9% de coincidencia entre los casos con PDI=0 y PDI>0 observados y estimados por el modelo.

2.3.2 Análisis multivariado Etapa 2

Utilizando las variables “discretizadas” se obtiene el modelo de regresión logística que determina los casos con PDI=1. En el Anexo N° 08 se muestran los parámetros y las variables seleccionadas por el método *Stepwise*. No se observa multicolinealidad entre las variables.

La variable respuesta en este modelo es la probabilidad de que el valor de la Pérdida dado el incumplimiento sea cero. Como se muestra en el Gráfico 5.4 el porcentaje de acierto al determinar los casos con PDI=1 depende del punto de corte que se utilice.

Gráfico N° 5.4
NIVEL DE ACIERTO POR PUNTO DE CORTE ETAPA2



ELABORACIÓN: Propia

El punto de corte óptimo en la Etapa 2 es 0.74, con el cual se obtiene un 87.7% de coincidencia entre los casos con $PDI=1$ y $PDI<1$ observados y estimados por el modelo.

2.3.3 Análisis multivariado Etapa 3

Para la construcción se utilizan las variables originales con los casos con $0 < PDI < 1$. El modelo de regresión lineal estima los casos que no fueron determinados por ninguna de las dos etapas anteriores. En el Anexo N° 09 se muestran los parámetros y las variables seleccionadas por el método *Stepwise* para la regresión lineal.

En el cuadro con el resumen de la selección se observa que el nivel de ajuste del modelo al utilizar una o dos variables no varía significativamente por lo que se decide tomar el modelo más sencillo. La variable seleccionada es el Ratio de EBITDA / Ventas. En el Anexo N° 10 se muestra el modelo resultante. En el gráfico Q-Q y en la distribución de

los residuos se observa un comportamiento normal y no se aprecian tendencias claras, tampoco parecen haber observaciones influyentes o extremas.

2.4 Modelo Final

La forma funcional del modelo final que determina el valor de la Pérdida dado el incumplimiento quedaría especificada de la siguiente manera:

$$\widehat{PDI} = \begin{cases} 0, & \text{Si } \frac{1}{1+e^{(Etapa1)}} \geq 0.495 \\ 1, & \text{Si } \frac{1}{1+e^{(Etapa2)}} \geq 0.740 \\ 0.4432155972 - 2.064437912 \times RACT_IB1 \end{cases} \quad (5.1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} Etapa1 = & -(5.94217669 - 3.32225 \times RACT_IB11 - 1.1401405 \times RACT_IB41 - 1.665455 \times RACT_IB51 + \\ & 0.27818514 \times RACT_IB81 + 1.85973138 \times RLI_IB71 + 2.39375965 \times ipea101 - 0.5740436 \times tasa_ref1 - \\ & 0.8876399 \times numentidades1 + 0.77895986 \times porvigentercc1 - 0.8580959 \times porjudicialrcc1 - 0.8818231 \times \\ & im_grav1) \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} Etapa2 = & -(-5.290025 + 0.50405217 \times RACT_IB42 + 1.03272406 \times RACT_IB52 - 2.5385531 \times ipea102 + \\ & 0.3593696 \times tasa_ref2 + 2.57929673 \times tasa_tot2 - 1.2434722 \times ratio_ibk_tot2 - 0.4229505 \times \\ & porvigentercc2 + 0.23688731 \times porvencidorcc2 + 1.29252125 \times porjudicialrcc2) \end{aligned} \quad (5.3)$$

Las variables utilizadas en las ecuaciones 5.2 y 5.3 son las variables “discretizadas” en el análisis bivalente para las etapas 1 y 2. Se puede observar que ninguna variable relacionada a la operación ha sido considerada dentro del modelo. Esto se debe a que en la cartera de

empresas por tratarse de un segmento mayorista resulta más importante conocer el perfil del cliente que el de las operaciones individuales en la determinación del nivel de riesgo.

2.5 Evaluación del desempeño del modelo

Se evalúa la capacidad predictiva sobre las muestras *out-of time* y *out-of-sample* mediante dos medidas de precisión. Se comparan los resultados que proporciona el modelo contra los que proporciona el uso de la media histórica como estimación de la Pérdida dado el incumplimiento.

2.5.1 Evaluación del desempeño en los datos *out-of-sample*

En el Cuadro N° 5.1 se muestran las medidas precisión del modelo y de la media histórica. Se observa que el modelo ofrece mejores resultados dado que posee menor raíz del error cuadrático medio y menor error medio absoluto que la media histórica.

Cuadro N° 5.1
MEDIDAS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MODELO Y DE LA MEDIA HISTÓRICA EN LOS DATOS *OUT-OF-SAMPLE*

Raíz del error cuadrático medio		Error medio absoluto	
Media Histórica	Modelo	Media Histórica	Modelo
0.50	0.21	0.70	0.29

ELABORACIÓN: Propia

2.5.2 Evaluación del desempeño en los datos *out-of-time*

En el Cuadro N° 5.2 se muestran las medidas precisión del modelo y de la media histórica. Se puede ver que el modelo y la media ofrecen desempeños similares al ser comparados en función de la raíz del error cuadrático medio, sin embargo, al ser comparados en función al error medio absoluto se observa que el modelo ofrece mejores resultados que la media histórica.

Cuadro N° 5.2
MEDIDAS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MODELO Y DE LA
MEDIA HISTÓRICA EN LOS DATOS *OUT-OF-TIME*

Raíz del error cuadrático medio		Error medio absoluto	
Media Histórica	Modelo	Media Histórica	Modelo
0.24	0.25	0.12	0.07

ELABORACIÓN: Propia

CONCLUSIONES

1. El modelo estadístico por etapas conformado por dos modelos de regresión logística y un modelo de regresión lineal estima el valor de la PDI para cada una de las operaciones de la cartera de empresas del Banco Interbank ofreciendo resultados más precisos que el uso de la media histórica como estimación del parámetro dado que recoge el efecto de variables como: Importe de las garantías asociadas a la operación, Ratio EBITDA/Ventas, Ratio Total Pasivo Neto/Generación Bruta, Ratio Total Pasivo/Patrimonio, Ratio Rotación Cuentas por Pagar en Días, Ratio Caja y Bancos/Total Pasivo Corriente, Número de instituciones del sistema financiero, Porcentaje de deuda vigente, Porcentaje de deuda vencida, Porcentaje de deuda judicial, Índice de empleo urbano total de 10 y más trabajadores, Tasa de referencia del BCRP, Ratio de mora del sistema financiero, Ratio de mora del Banco Interbank.

2. Las variables relacionadas al perfil de la operación, Exposición en el momento del incumplimiento y Ratio Exposición/Garantía, no resultan importantes en la determinación de la Pérdida dado el incumplimiento debido a que la cartera en estudio corresponde a un segmento mayorista en donde posee mayor importancia conocer el perfil del cliente que el de las operaciones individuales de este para determinar el parámetro.

RECOMENDACIONES

1. La precisión en el cálculo de la Pérdida dado el incumplimiento depende mucho de la calidad de los datos y de la profundidad de los mismos. En la presente investigación se utilizó información con antigüedad de cuatro años, sin embargo, la SBS indica que la PDI debe de calcularse tomando en cuenta un ciclo económico completo y un periodo de observación mínimo de siete años.

2. Las variables utilizadas en la presente investigación corresponden a las disponibles en la base de datos del Banco Interbank. Se recomienda utilizar variables adicionales que podrían resultar importantes en la estimación, como el *Plazo de la Operación*, el *Producto origen* y el *Sector económico de la empresa*, y por otro lado, información financiera (Ratios financieros) que refleje de una mejor manera la situación económica de la empresa previa a la situación de incumplimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastos, J. (2009), "Forecasting bank loans loss-given-default", Technical University of Lisbon
- Bellotti, T., y Crook, J. (2008), "Modelling and Estimating Loss Given Default for Credit Cards", University of Edinburgh Business School
- Carvalho, C., y Dermine, J. (2003), "Bank Loan Losses-Given-Default", Universidade Catolica Portuguesa
- Chalupka, R., y Kopecsni, J. (2009), "Modeling Bank Loan LGD of Corporate and SME Segments: A Case Study", Czech Journal of Economics and Finance, 59, 2009, no. 4
- Gupton, G., y Stein, R. (2005), "LossCalc V2: Dynamic Prediction of LGD", Moody's KMV Company
- Superintendencia de Banca y Seguros (2009), "Reglamento para el Requerimiento de Patrimonio Efectivo por Riesgo de Crédito", Resolución SBS No 14354-2009
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2004), "Convergencia Internacional de Medidas y Normas de Capital", Banco de Pagos Internacionales (BIS), Basilea
- Basel Committee on Banking Supervision (2005), "An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions", Bank for International Settlements (BIS), Basilea
- Stoyanov, S. (2009), "Application LGD Model Development: A Case Study for a Leading CEE Bank", Experian Decision Analytics, Credit Scoring Credit Control XI Conference, Edinburgh

ANEXOS

Anexo N° 01

Grupo	Nombre original de la Variable	Descripción	Descripción Corta	Unidad	Observación	
Variables relacionadas a la operación	EAD	Exposición en el momento del incumplimiento (EMI)	Exposición en el momento del incumplimiento	Nuevos Soles	Se tomará el dato en registrado a la fecha del incumplimiento	
	Im_grav	Importe de las garantías asociadas a la operación	Importe de las garantías asociadas a la operación		Si la fecha de incumplimiento de la operación se encuentra en el segundo semestre del año, se utilizará el dato informado en el mes de diciembre anterior más cercano, caso contrario se utilizará el dato informado en el diciembre antepasado.	
	Ltv	Resulta de calcular el ratio utilizando las dos variables anteriores	Ratio Exposición / Garantía	Porcentaje		
Variables relacionadas al perfil del cliente/empresa	Ant	Antigüedad de la empresa como cliente del banco. Número de meses desde la fecha de inicio operación viva más antigua del cliente hasta el momento del incumplimiento de la operación	Antigüedad	Meses	Se tomará el dato registrado a la fecha del incumplimiento	
	RACT_IB1	Ratio EBITDA / Ventas	Ratio EBITDA / Ventas	Porcentaje	Si la fecha de incumplimiento de la operación se encuentra en el segundo semestre del año, se utilizará el dato informado en el mes de diciembre anterior más cercano, caso contrario se utilizará el dato informado en el diciembre antepasado.	
	RACT_IB4	Ratio Total Pasivo Neto / Generación Bruta	Ratio Total Pasivo Neto / Generación Bruta			
	RACT_IB5	Ratio Total Pasivo / Patrimonio	Ratio Total Pasivo / Patrimonio			
	RACT_IB6	Ratio Total Pasivo / Ventas	Ratio Total Pasivo / Ventas			
	RACT_IB7	Ratio Rotación Existencia en Días: (Existencias/Costo de ventas)*360	Ratio Rotación Existencia en Días	Días		
	RACT_IB8	Ratio Rotación Cuentas por Pagar en Días: (Cuentas por Pagar a C y LP/Costo de Ventas)*360	Ratio Rotación Cuentas por Pagar en Días			
	RAC_IB8	Ratio (Ventas Netas + Otros Ingresos Operacionales)/Costos de ventas	Ratio (Ventas Netas + Otros Ingresos Operacionales)/Costos de ventas	Porcentaje		
	RLI_IB7	Ratio Caja y Bancos / Total Pasivo Corriente	Ratio Caja y Bancos / Total Pasivo Corriente			
	RSOL_IB16	Ratio Pasivo – Patrimonio / Activos – Intangibles	Ratio Pasivo – Patrimonio / Activos – Intangibles			
	Numentidades	Número de instituciones del sistema financiero que mantienen una relación con el cliente	Número de instituciones del sistema financiero	Escalar		Se tomará el dato registrado a la fecha del incumplimiento
	Porvigentercc	Porcentaje que representa la deuda vigente con respecto a la deuda total del cliente	Porcentaje de deuda vigente	Porcentaje		Se tomará el dato del cierre de mes anterior a la fecha de incumplimiento.
	Porvencidorcc	Porcentaje que representa la deuda vencida con respecto a la deuda total del cliente	Porcentaje de deuda vencida			
Porrefreercc	Porcentaje que representa la deuda judicial con respecto a la deuda total del cliente	Porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada				
Porjudicialrcc	Porcentaje que representa la deuda refinanciada y reestructurada con respecto a la deuda total del cliente	Porcentaje de deuda judicial				
Variables macroeconómicas y del Sistema financiero	Pbi_a1994	PBI a precios de 1994	PBI a precios de 1994	Escalar	Se tomará el dato registrado tres meses antes de la fecha del incumplimiento	
	Ipea10	Índice de empleo a nivel nacional urbano en empresas de 10 a más trabajadores	Índice de empleo urbano total de 10 y más trabajadores			
	Var_pbi	Variación porcentual del PBI	Variación porcentual del PBI	Porcentaje	Se tomará el dato registrado un mes antes de la fecha del incumplimiento	
	Tasa_ref	Tasa de referencia del BCRP	Tasa de referencia del BCRP			
	Tasa_tot	Ratio de mora del sistema financiero	Ratio de mora del sistema financiero			
	Ratio_ibk_tot	Ratio de mora del Banco Interbank	Ratio de mora del Banco Interbank			
	Com_tot	Ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero	Ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero			
Com_ibk	Ratio de mora de la cartera comercial del Banco Interbank	Ratio de mora de la cartera comercial del Banco Interbank				

Anexo N° 02

Total de Casos			Muestra de Desarrollo		
Fecha de Incumplimiento	Frecuencia	Porcentaje	Fecha de Incumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
2006-02	7	1.1%	2006-02	6	1.2%
2006-03	19	3.1%	2006-03	17	3.4%
2006-04	3	0.5%	2006-04	3	0.6%
2006-05	12	2.0%	2006-05	11	2.2%
2006-06	19	3.1%	2006-06	14	2.8%
2006-07	9	1.5%	2006-07	8	1.6%
2006-08	26	4.2%	2006-08	21	4.2%
2006-09	9	1.5%	2006-09	8	1.6%
2006-10	8	1.3%	2006-10	7	1.4%
2006-11	16	2.6%	2006-11	16	3.2%
2006-12	5	0.8%	2006-12	5	1.0%
2007-01	3	0.5%	2007-01	3	0.6%
2007-02	3	0.5%	2007-02	3	0.6%
2007-03	3	0.5%	2007-03	2	0.4%
2007-04	29	4.7%	2007-04	28	5.7%
2007-05	10	1.6%	2007-05	9	1.8%
2007-06	6	1.0%	2007-06	5	1.0%
2007-07	2	0.3%	2007-07	2	0.4%
2007-08	49	8.0%	2007-08	44	8.9%
2007-09	2	0.3%	2007-09	1	0.2%
2007-10	26	4.2%	2007-10	21	4.2%
2007-11	3	0.5%	2007-11	3	0.6%
2007-12	4	0.7%	2007-12	3	0.6%
2008-01	4	0.7%	2008-01	4	0.8%
2008-02	3	0.5%	2008-02	2	0.4%
2008-03	1	0.2%	2008-03	1	0.2%
2008-04	10	1.6%	2008-04	8	1.6%
2008-05	2	0.3%	2008-05	1	0.2%
2008-06	1	0.2%	2008-06	1	0.2%
2008-07	2	0.3%	2008-07	2	0.4%
2008-08	5	0.8%	2008-08	5	1.0%
2008-09	9	1.5%	2008-09	8	1.6%
2008-10	4	0.7%	2008-10	3	0.6%
2008-11	6	1.0%	2008-11	6	1.2%
2008-12	1	0.2%	2008-12	1	0.2%
2009-01	3	0.5%	2009-01	3	0.6%
2009-02	24	3.9%	2009-02	23	4.7%
2009-03	96	15.6%	2009-03	85	17.2%
2009-04	38	6.2%	2009-04	36	7.3%
2009-05	15	2.4%	2009-05	13	2.6%
2009-06	6	1.0%	2009-06	5	1.0%
2009-07	6	1.0%	2009-07	6	1.2%
2009-08	4	0.7%	2009-08	2	0.4%
2009-09	17	2.8%	2009-09	16	3.2%
2009-10	27	4.4%	2009-10	24	4.9%
2009-11	21	3.4%	TOTAL	495	100%
2009-12	6	1.0%			
2010-01	7	1.1%			
2010-02	10	1.6%			
2010-03	7	1.1%			
2010-04	5	0.8%			
2010-06	3	0.5%			
TOTAL	616	100%			

Anexo N° 03

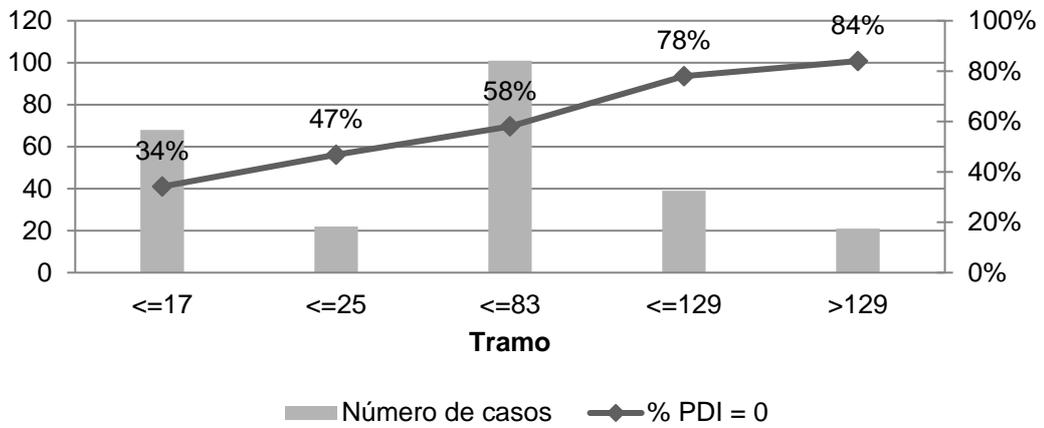
Total de Casos	N° de casos		616	
	Media	0.460857	Desv. Estándar	0.48687
	Mediana	0	Varianza	0.23704
	Moda	0	Rango	1
Muestra de desarrollo	N° de casos		495	
	Media	0.426858	Desv. Estándar	0.48441
	Mediana	0	Varianza	0.23465
	Moda	0	Rango	1

Anexo N° 04

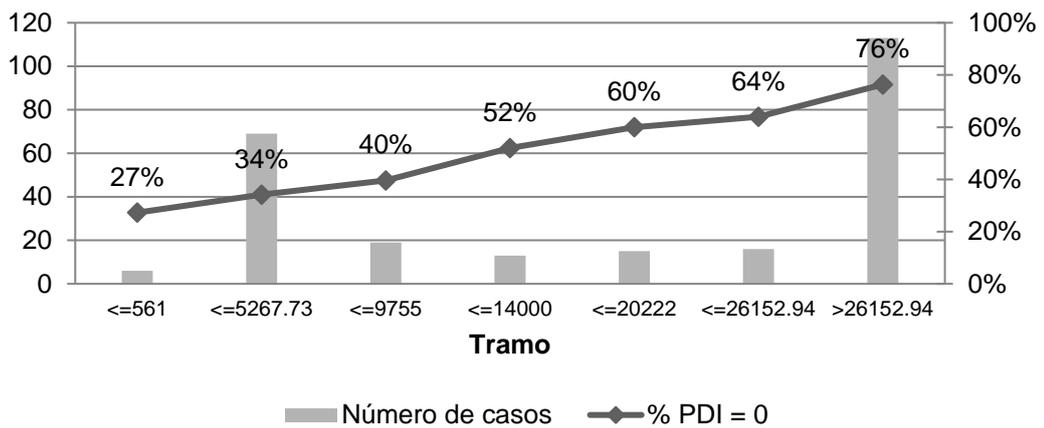
Variable	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
ead	97186.48	523343.31	1.00	7497995.07
im_grav	980289.01	1670871.02	0.00	10000004.14
ltv	853.77	12801.33	0.00	283687.94
ant	45.33	41.00	1.00	314.00
RACT_IB1	-0.68	16.27	-362.00	0.50
RACT_IB4	-0.59	18.98	-295.54	13.83
RACT_IB5	5.67	9.72	-18.47	46.65
RACT_IB6	108.75	2391.06	0.04	53199.00
RACT_IB7	1306.66	15287.52	0.00	338760.00
RACT_IB8	1459.05	30594.26	0.00	680760.00
RAC_IB8	1.07	0.15	0.00	2.01
RLI_IB7	0.18	2.64	0.00	58.80
RSOL_IB16	0.38	0.44	-0.97	2.59
numentidades	5.19	2.10	1.00	10.00
porvigentercc	0.38	0.30	0.00	1.00
porvencidorcc	0.29	0.24	0.00	1.00
porrefreercc	0.20	0.31	0.00	1.00
porjudicialrcc	0.13	0.21	0.00	1.00
pbi_a1994	183.47	17.39	146.45	210.38
ipea10	115.84	10.19	98.37	128.84
tasa_ref	4.99	1.29	2.00	6.50
tasa_tot	0.02	0.00	0.01	0.03
ratio_ibk_tot	0.02	0.01	0.01	0.04
com_tot	0.01	0.00	0.01	0.02
com_ibk	0.01	0.01	0.00	0.04

Anexo N° 05

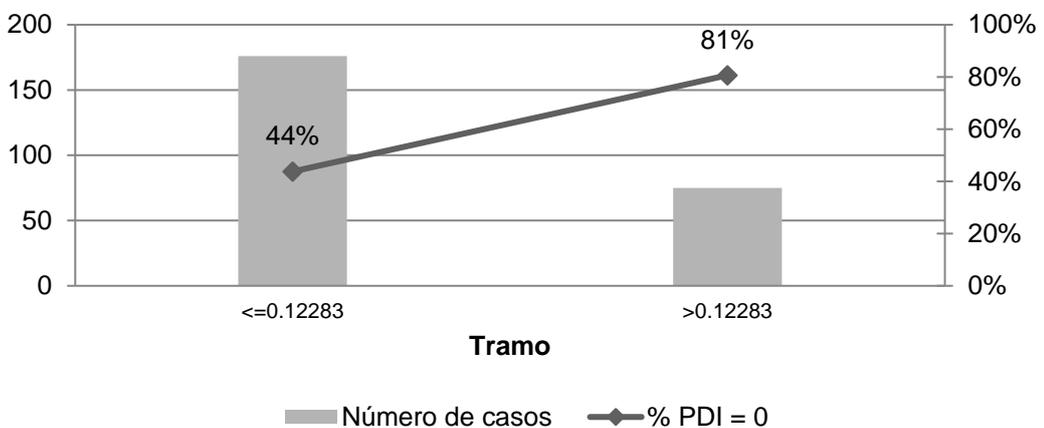
%PDI = 0 por tramos de Antigüedad



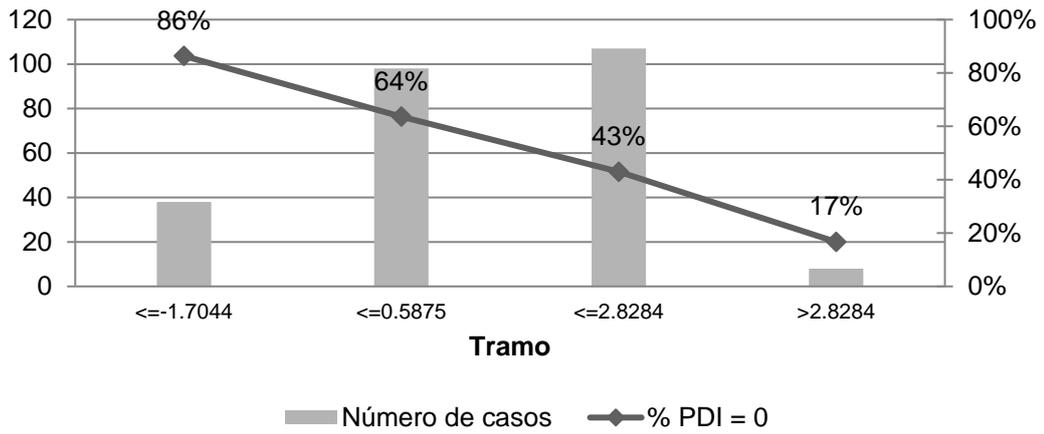
%PDI = 0 por tramos de Exposición dado el incumplimiento



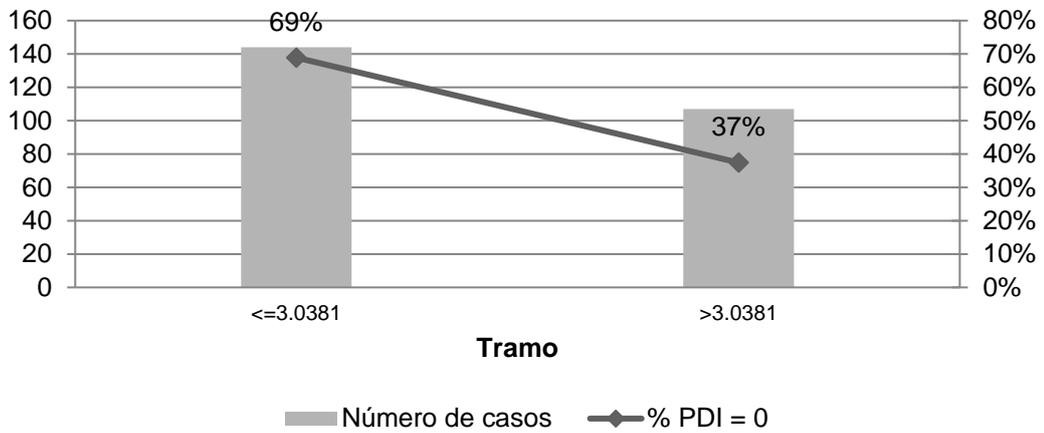
%PDI = 0 por tramos del Ratio EBITDA / Ventas



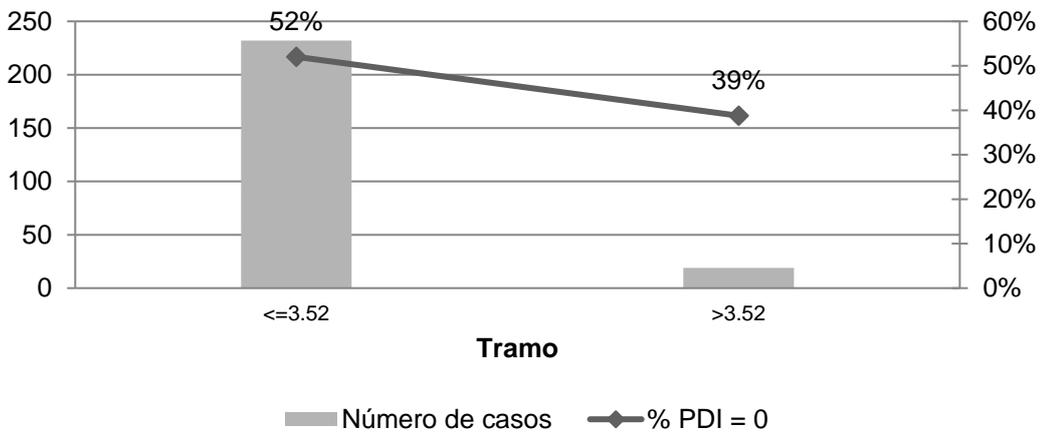
%PDI = 0 por tramos del Ratio Total Pasivo Neto / Generación Bruta

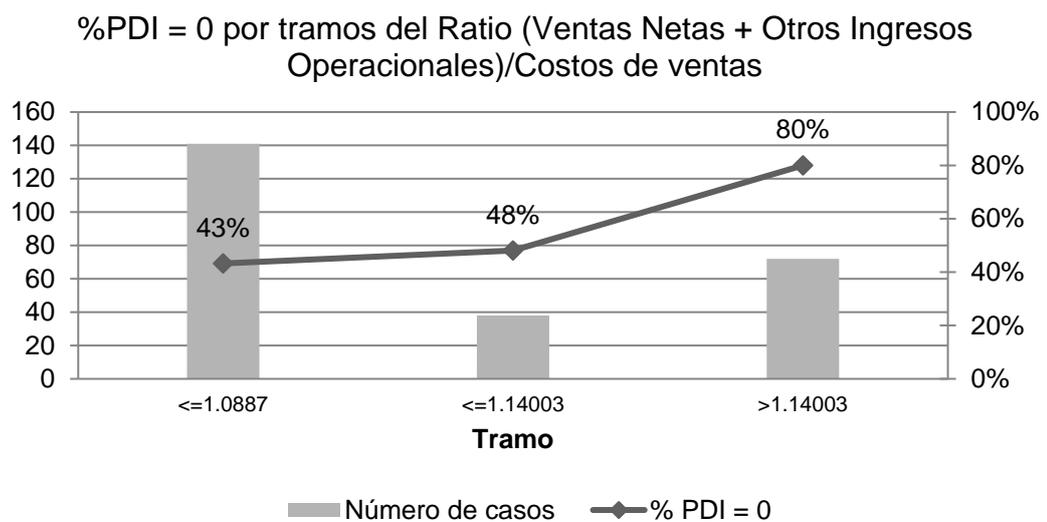
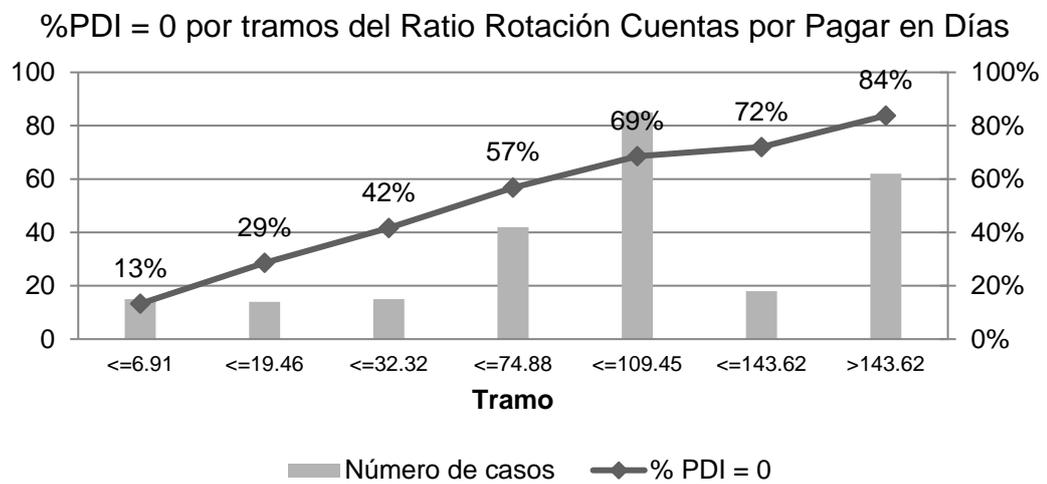
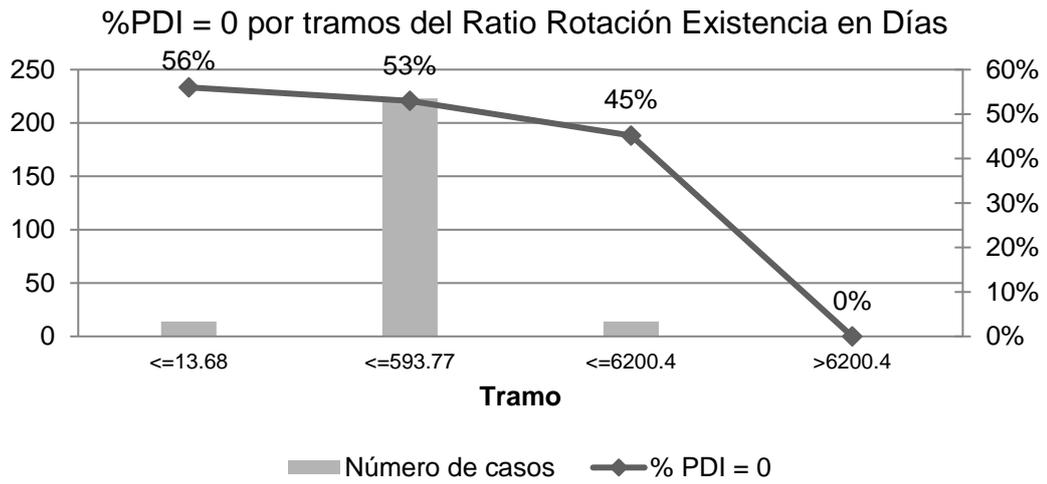


%PDI = 0 por tramos del Ratio Total Pasivo / Patrimonio

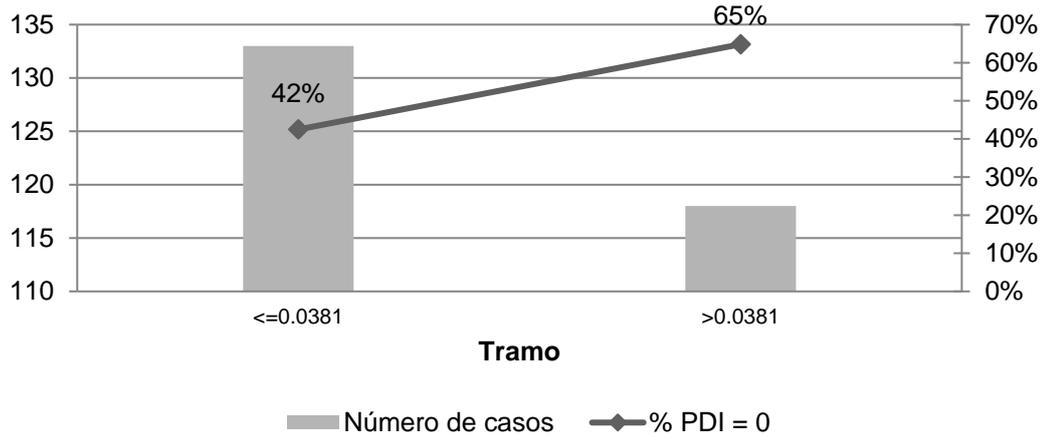


%PDI = 0 por tramos del Ratio Total Pasivo / Ventas

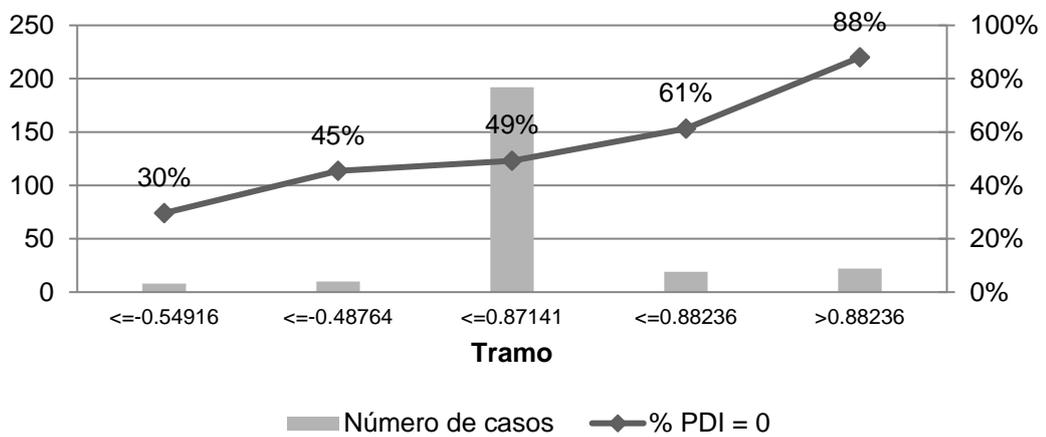




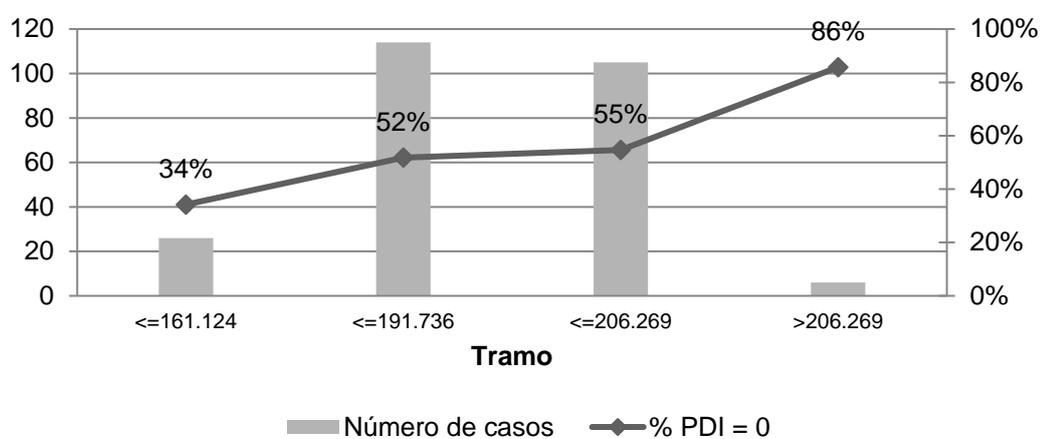
%PDI = 0 por tramos del Ratio Caja y Bancos / Total Pasivo Corriente



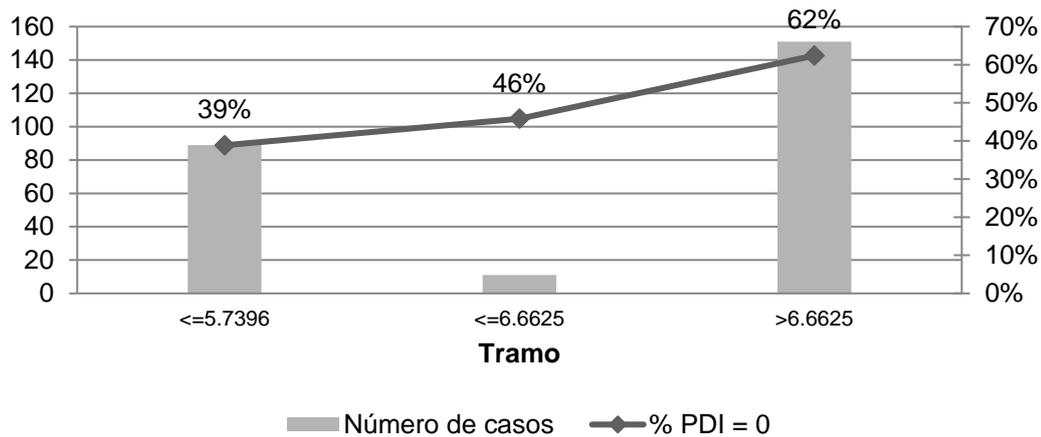
%PDI = 0 por tramos del Ratio Pasivo – Patrimonio / Activos – Intangibles



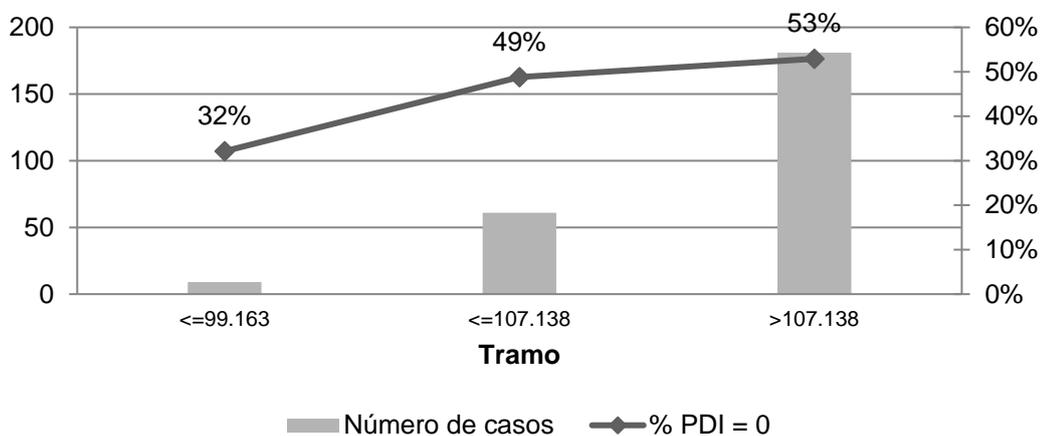
%PDI = 0 por tramos del PBI a precios de 1994



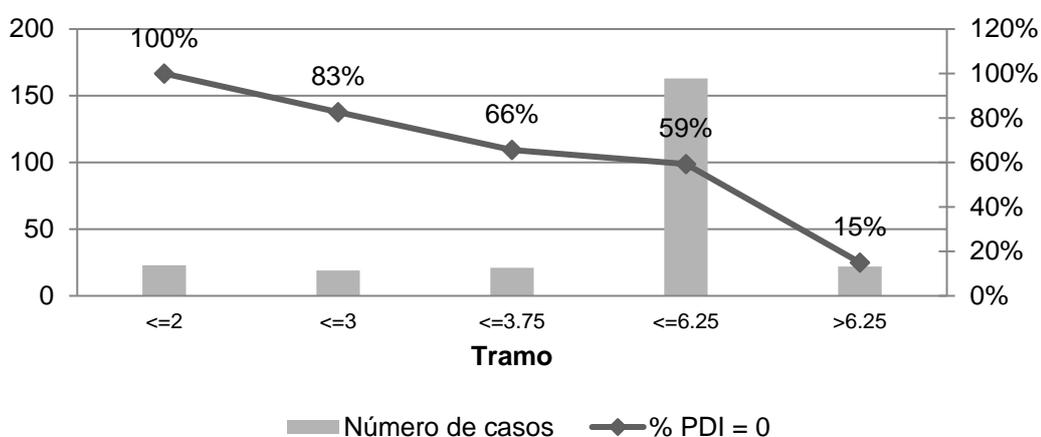
%PDI = 0 por tramos de la Variación porcentual del PBI



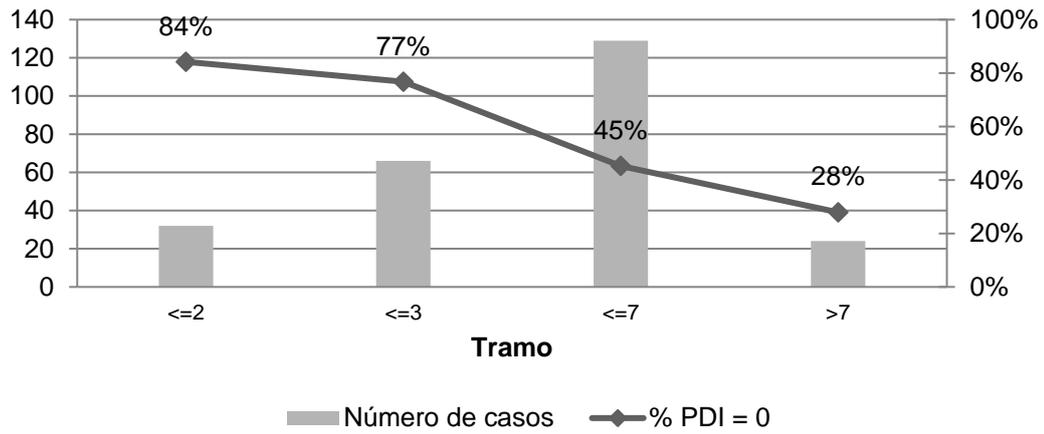
%PDI = 0 por tramos del Índice de empleo



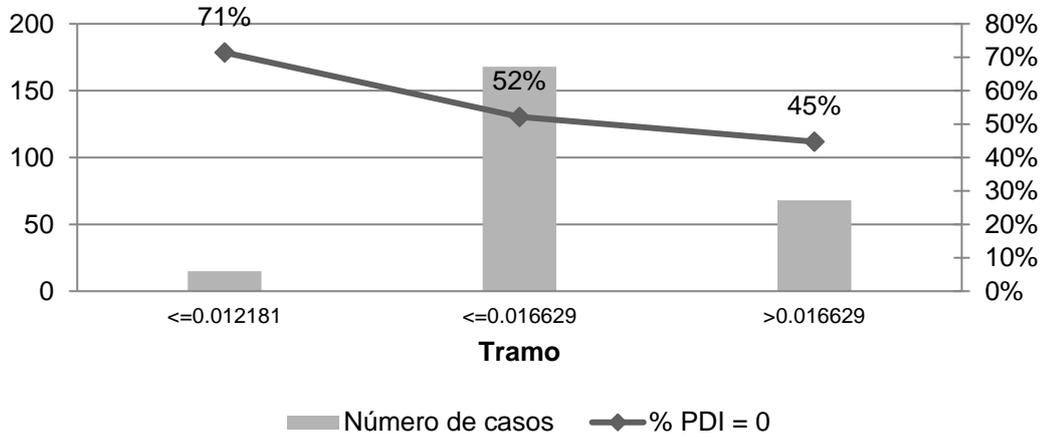
%PDI = 0 por tramos de la Tasa de referencia del BCRP



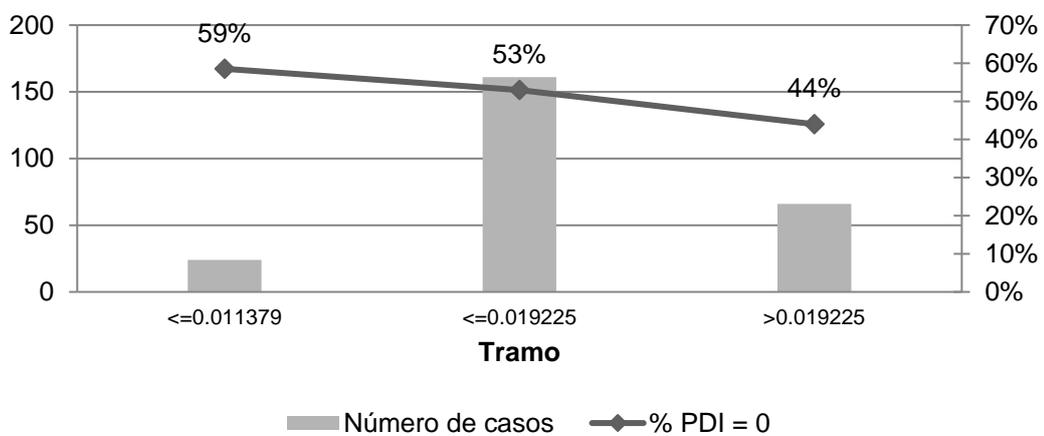
%PDI = 0 por tramos del Número de instituciones del sistema financiero



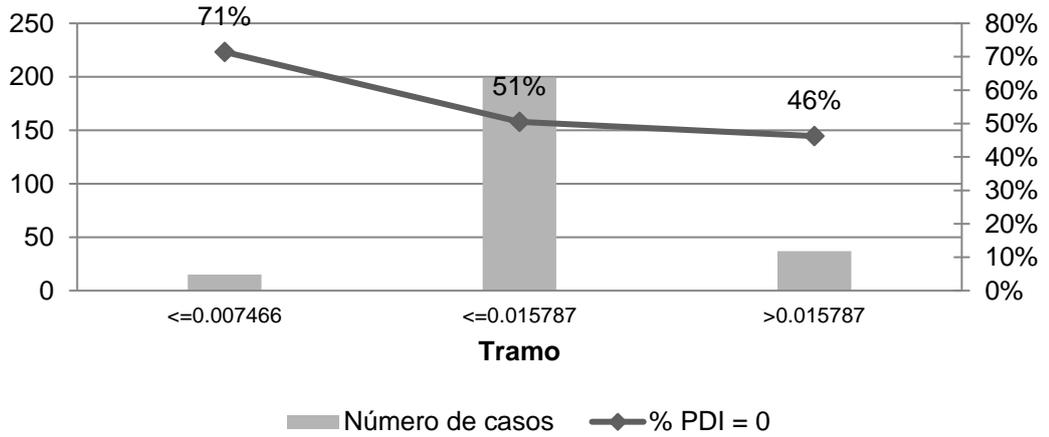
%PDI = 0 por tramos del Ratio de mora del sistema financiero



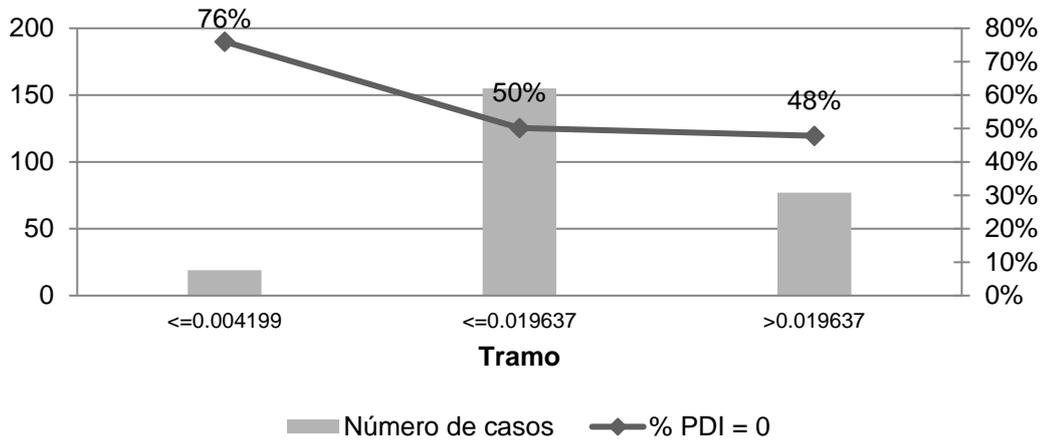
%PDI = 0 por tramos del Ratio de mora del Banco Interbank



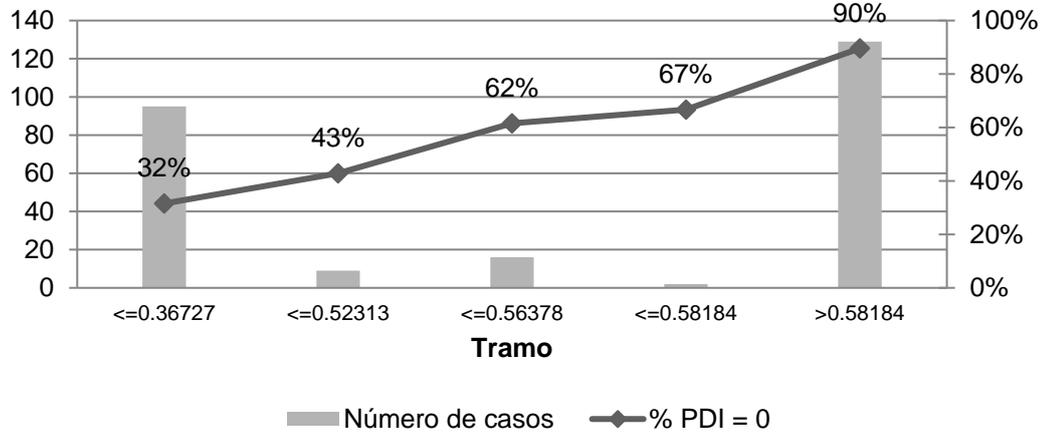
%PDI = 0 por tramos del Ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero



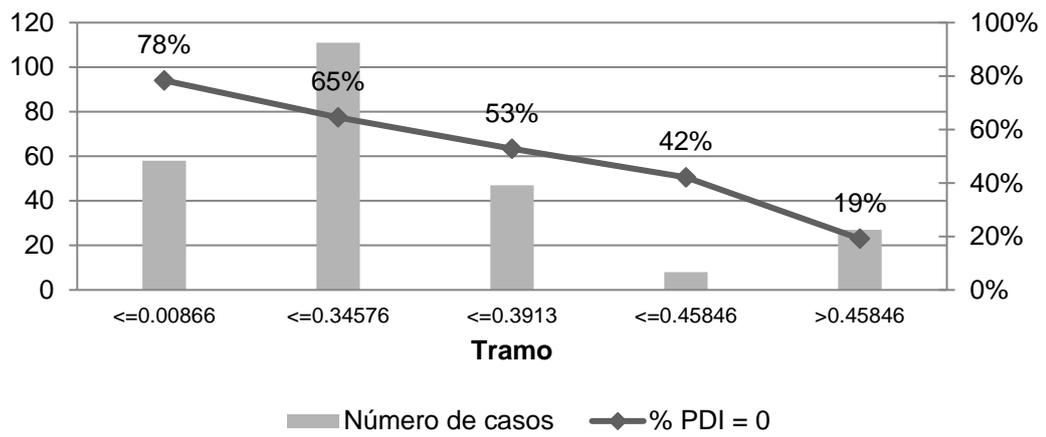
%PDI = 0 por tramos del Ratio de mora de la cartera comercial del Banco Interbank



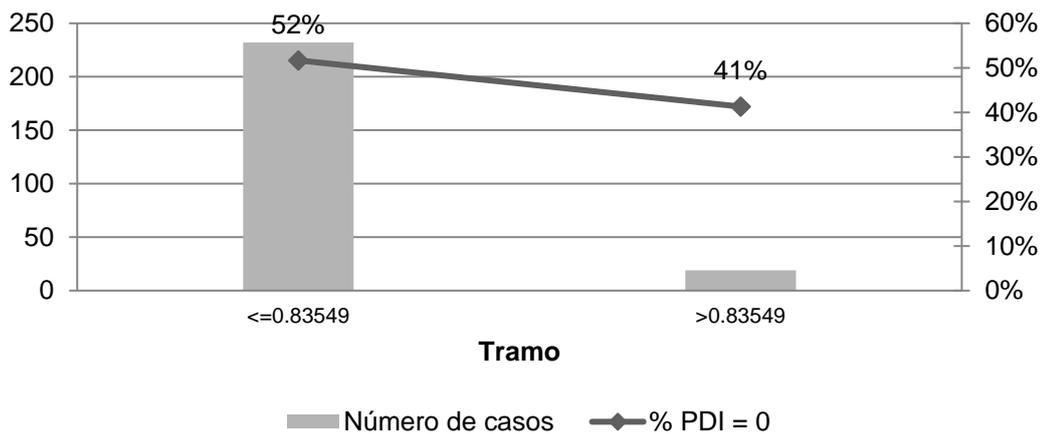
%PDI = 0 por tramos del Porcentaje de deuda vigente



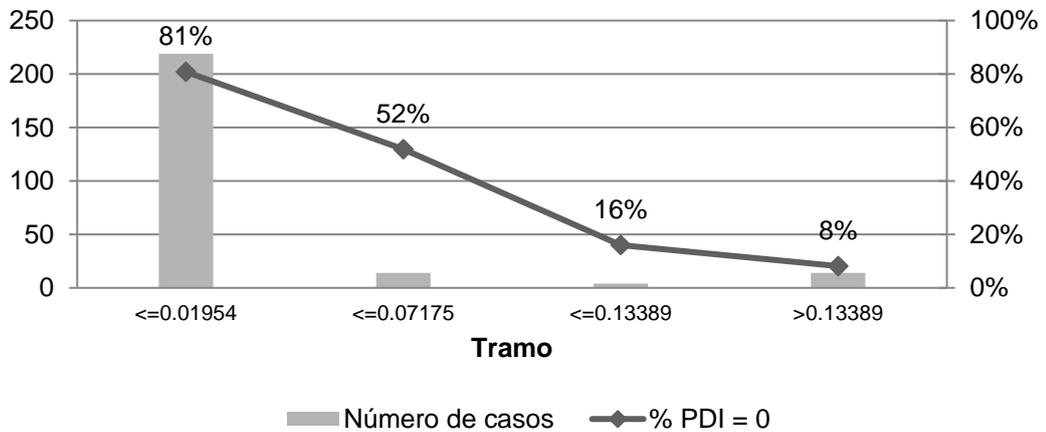
%PDI = 0 por tramos del Porcentaje de deuda vencida



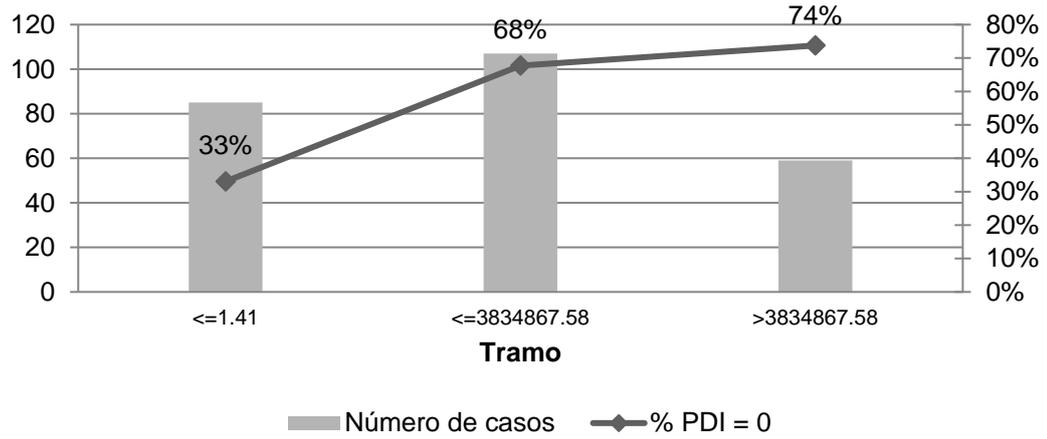
%PDI = 0 por tramos del Porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada



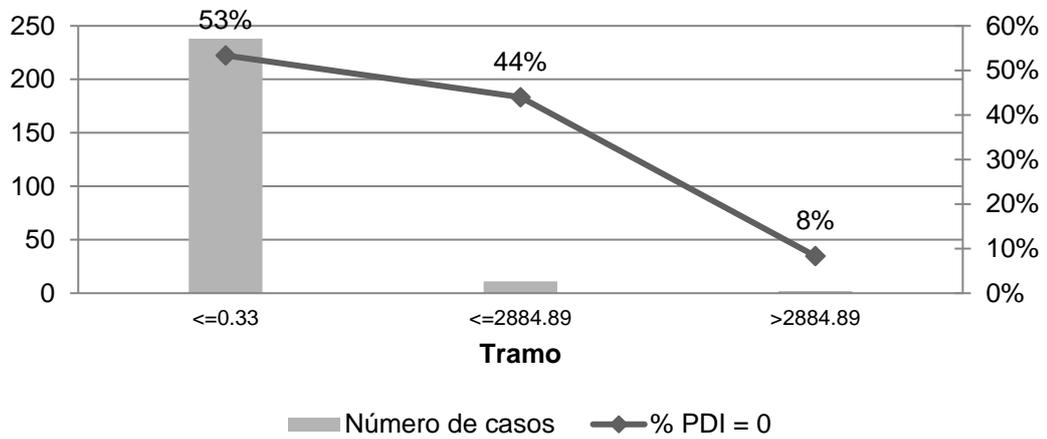
%PDI = 0 por tramos del Porcentaje de deuda judicial



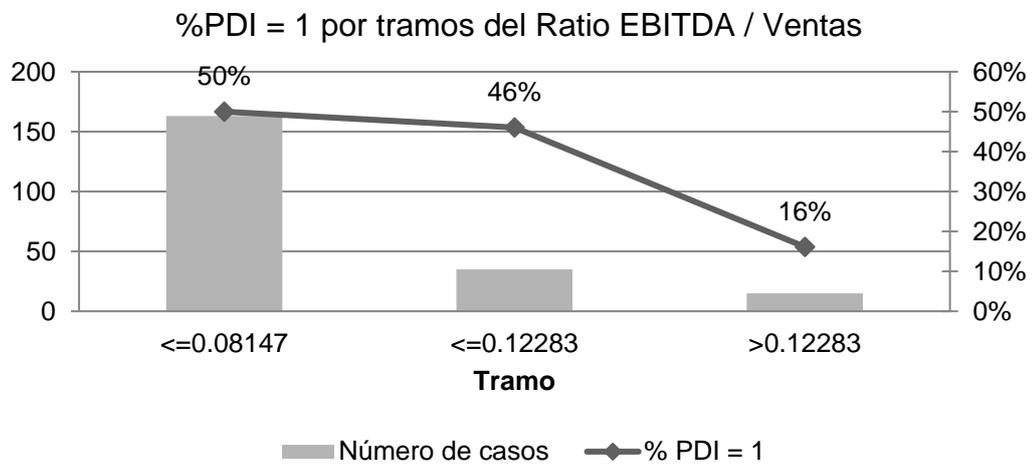
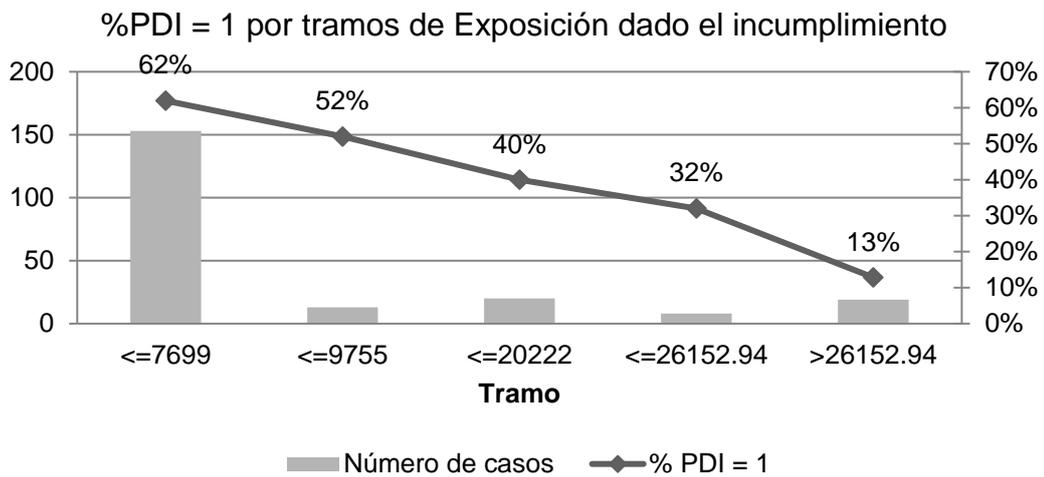
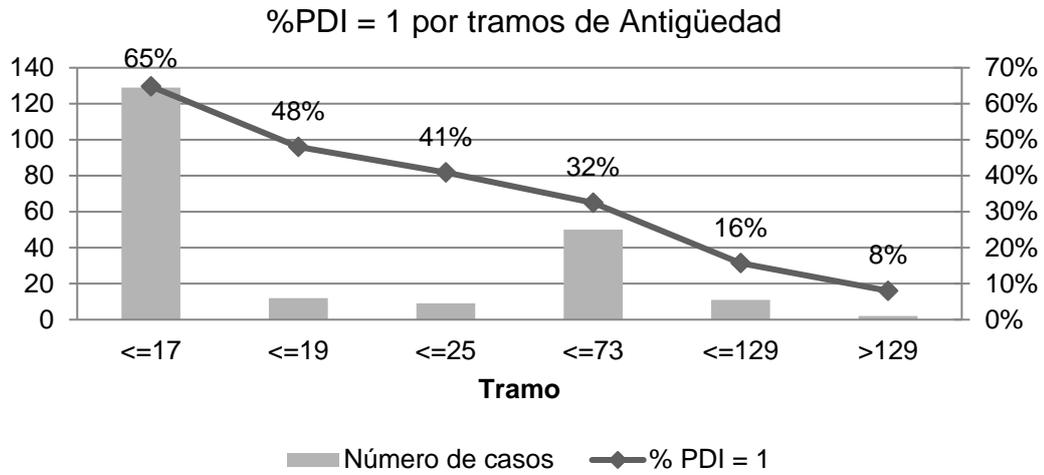
%PDI = 0 por tramos del Importe de las garantías asociadas al cliente



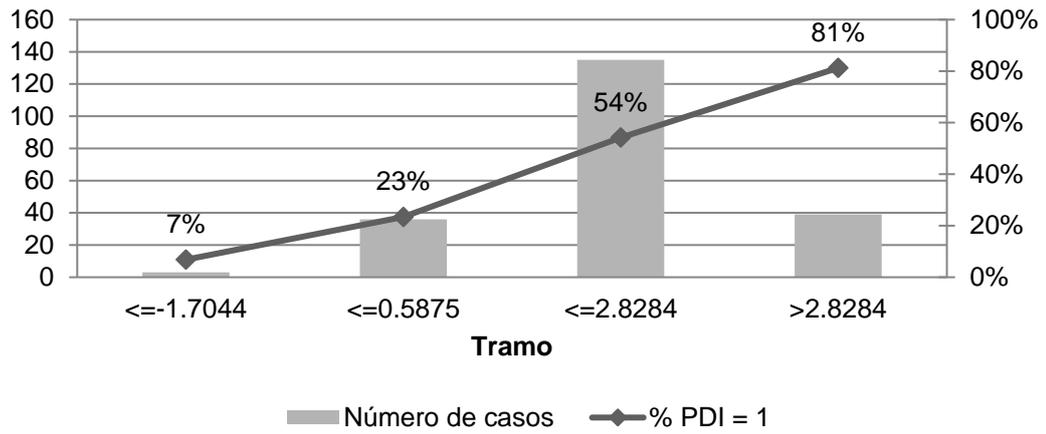
%PDI = 0 por tramos del Ratio Exposición/Garantía



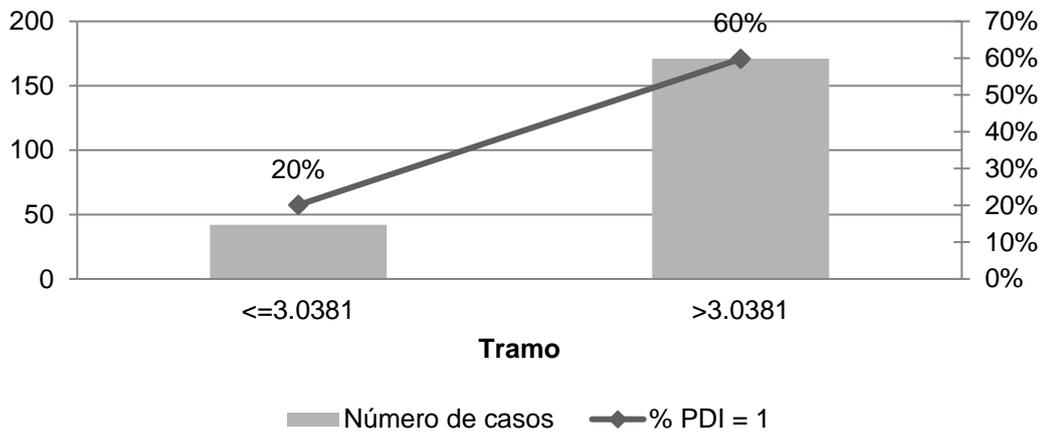
Anexo N° 06



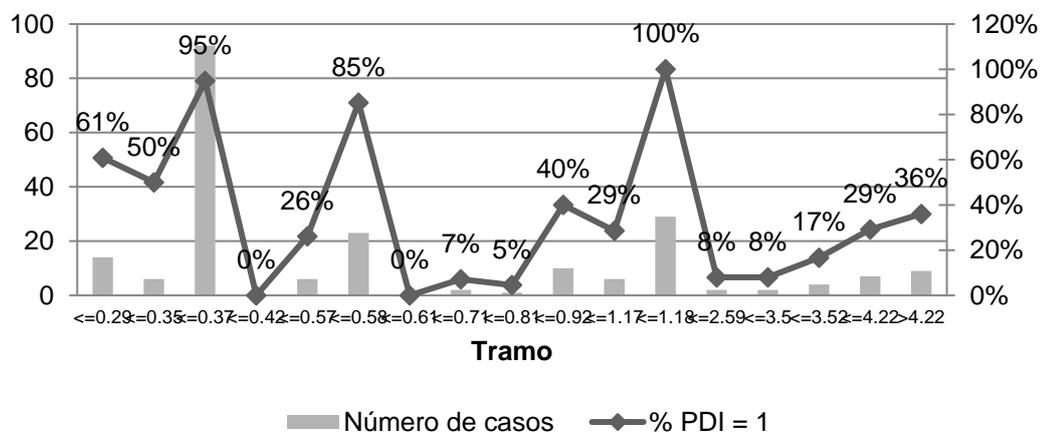
%PDI = 1 por tramos del Ratio Total Pasivo Neto / Generación Bruta

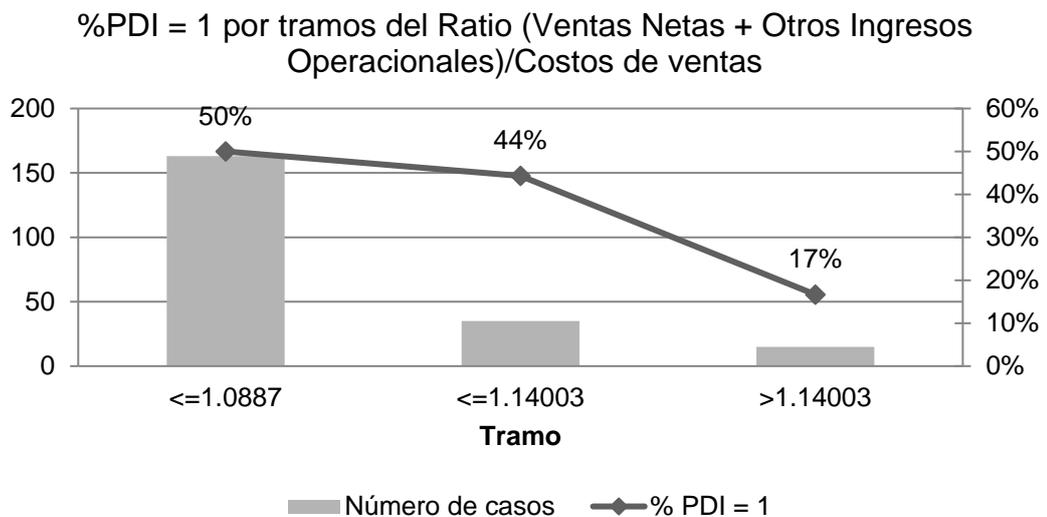
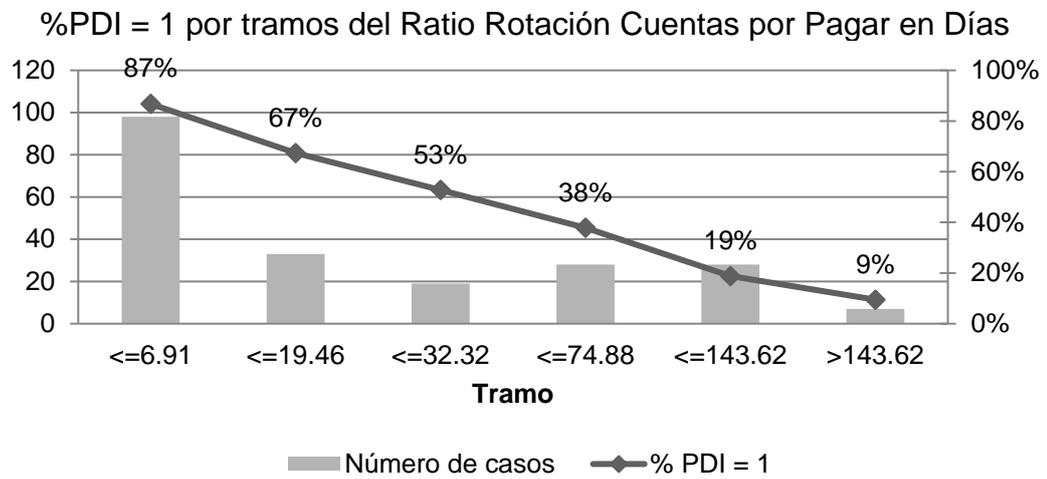
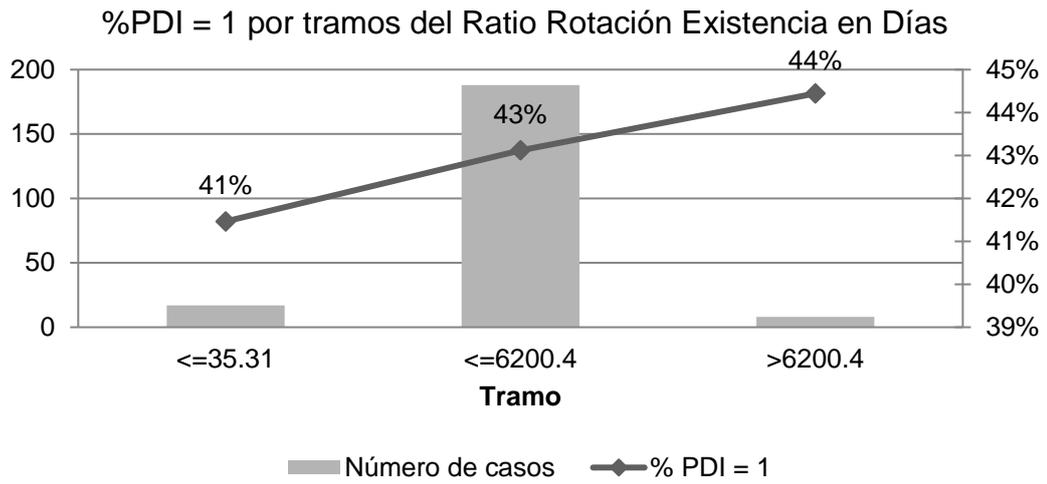


%PDI = 1 por tramos del Ratio Total Pasivo / Patrimonio

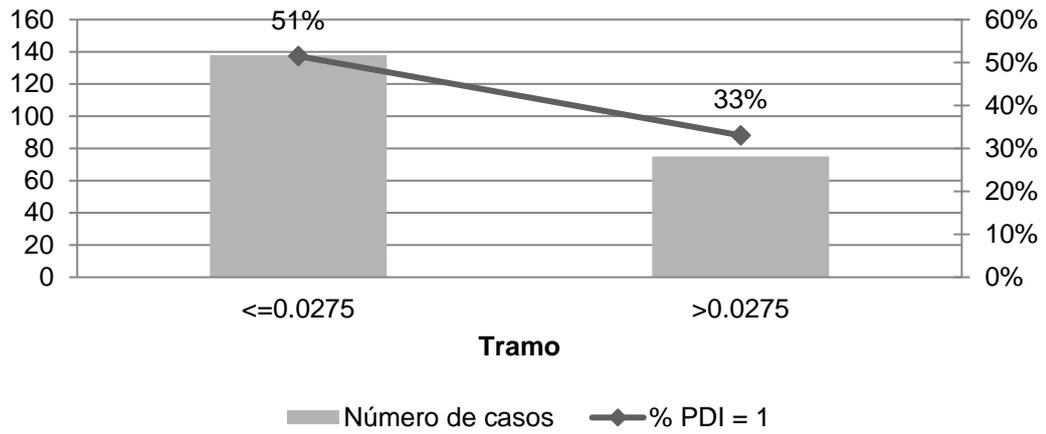


%PDI = 1 por tramos del Ratio Total Pasivo / Ventas

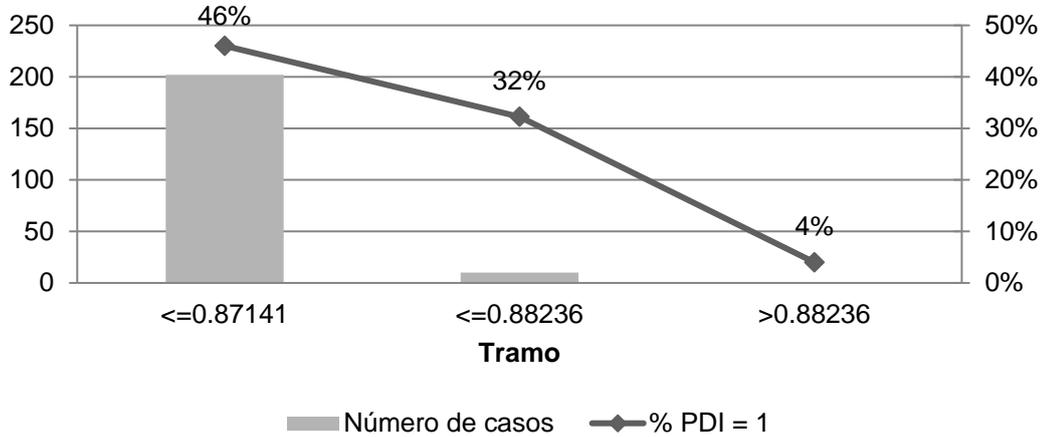




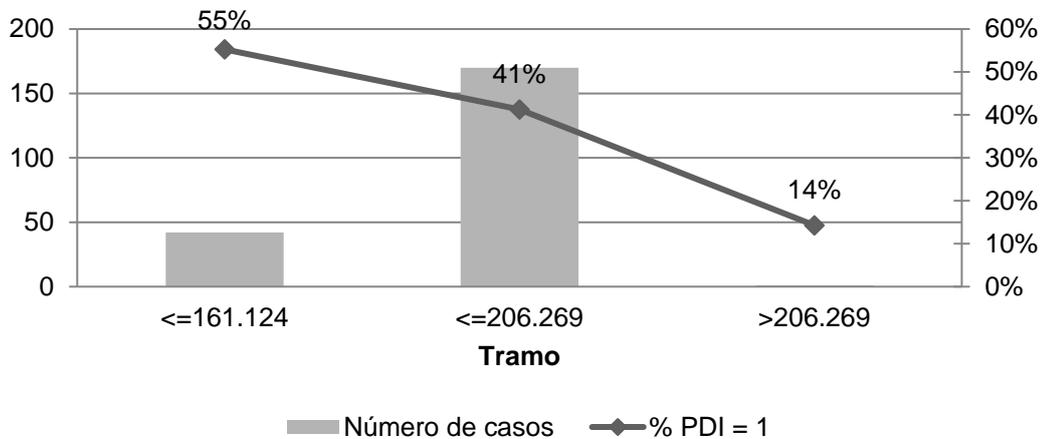
%PDI = 1 por tramos del Ratio Caja y Bancos / Total Pasivo Corriente



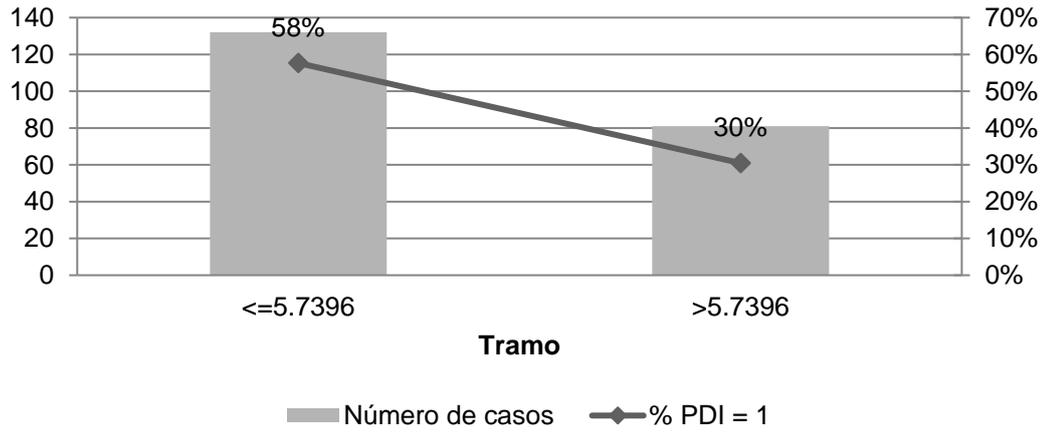
%PDI = 1 por tramos del Ratio Pasivo – Patrimonio / Activos – Intangibles



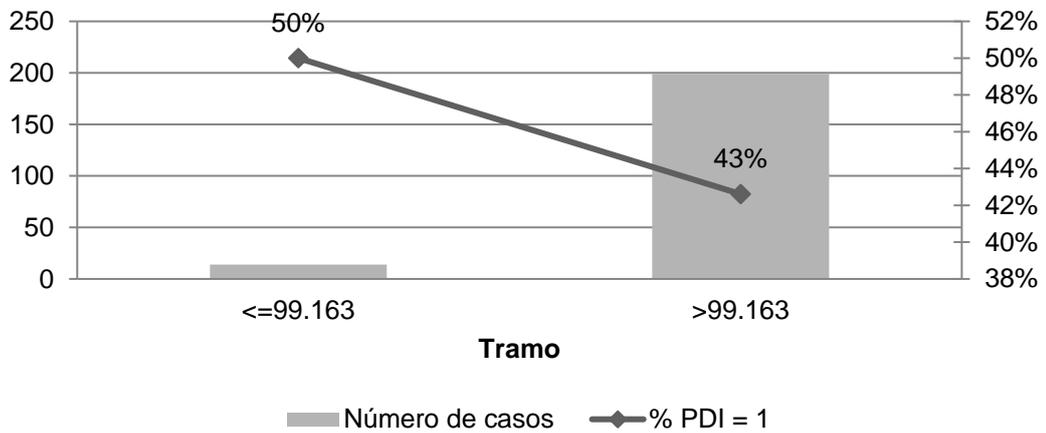
%PDI = 1 por tramos del PBI a precios de 1994



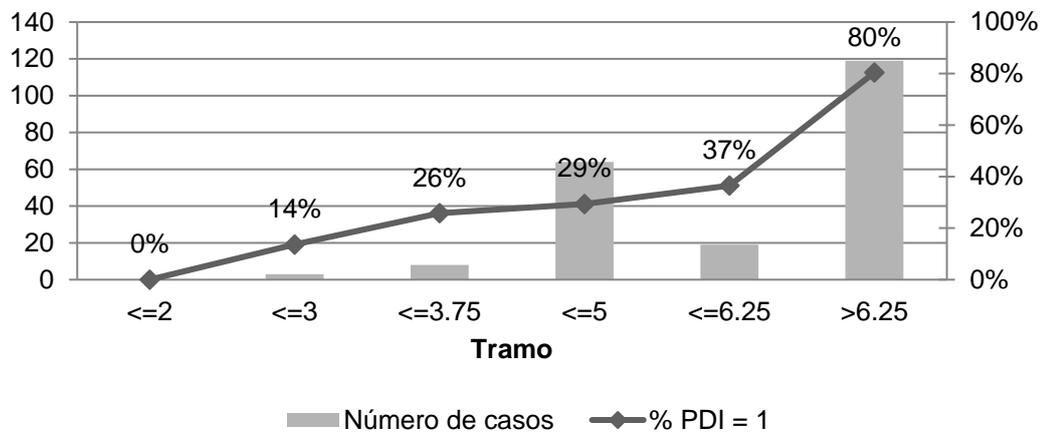
%PDI = 1 por tramos de la Variación porcentual del PBI



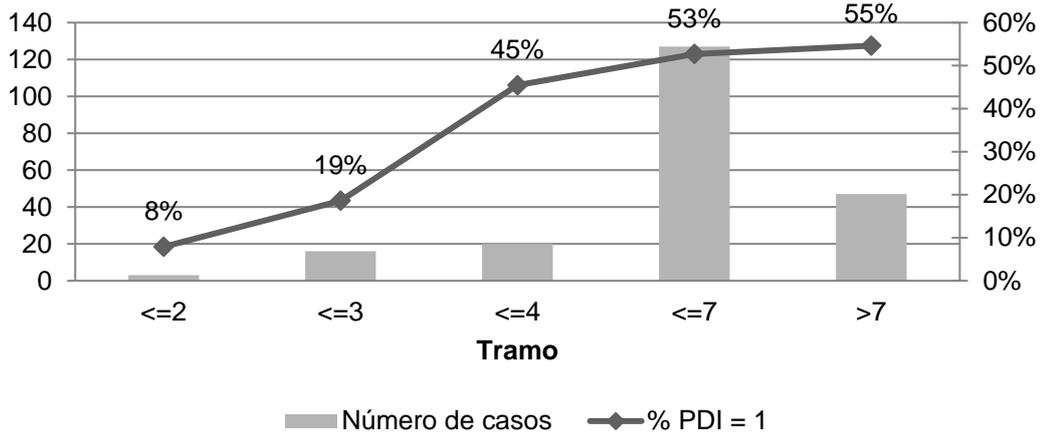
%PDI = 1 por tramos del Índice de empleo



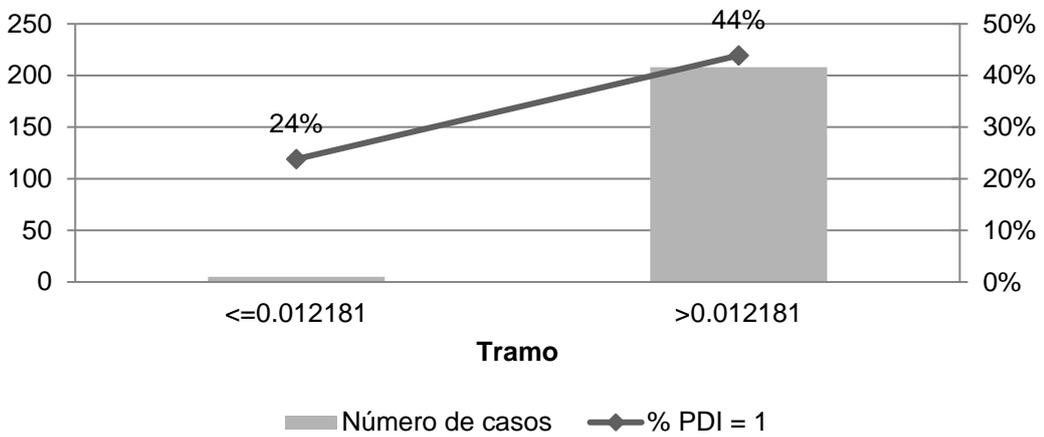
%PDI = 1 por tramos de la Tasa de referencia del BCRP



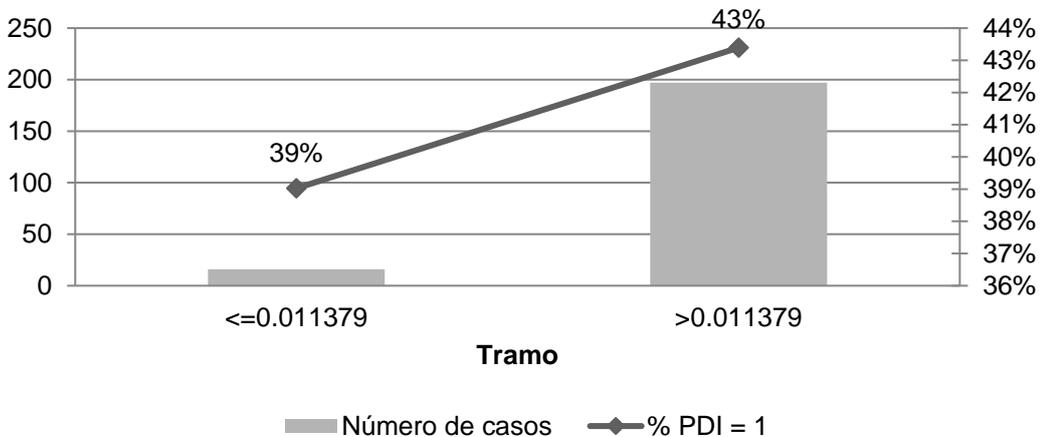
%PDI = 1 por tramos del Número de instituciones del sistema financiero



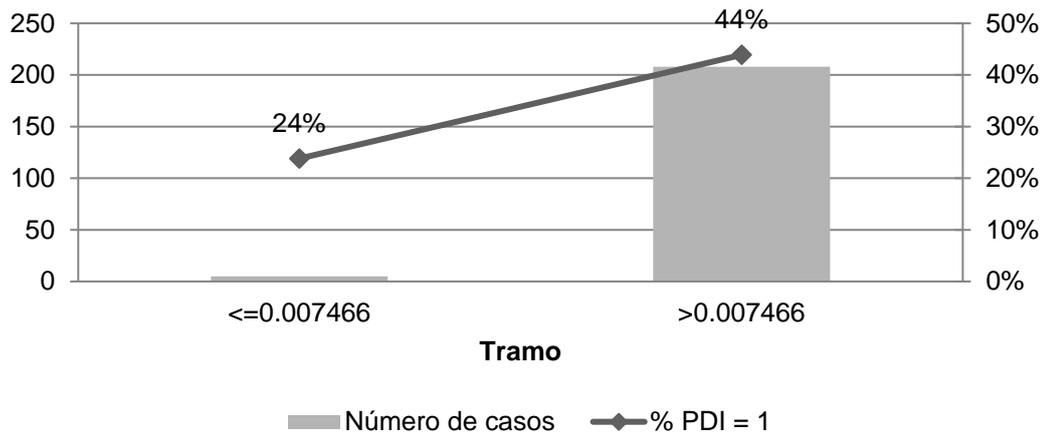
%PDI = 1 por tramos del Ratio de mora del sistema financiero



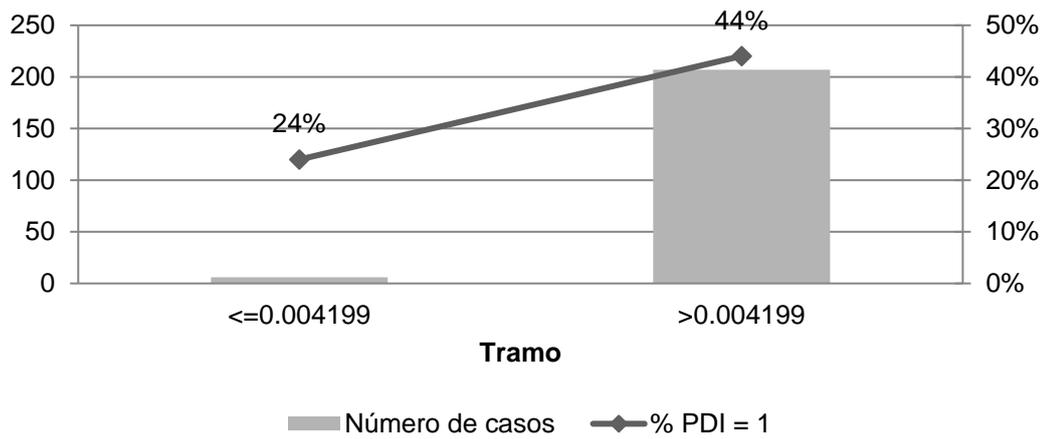
%PDI = 1 por tramos del Ratio de mora del Banco Interbank



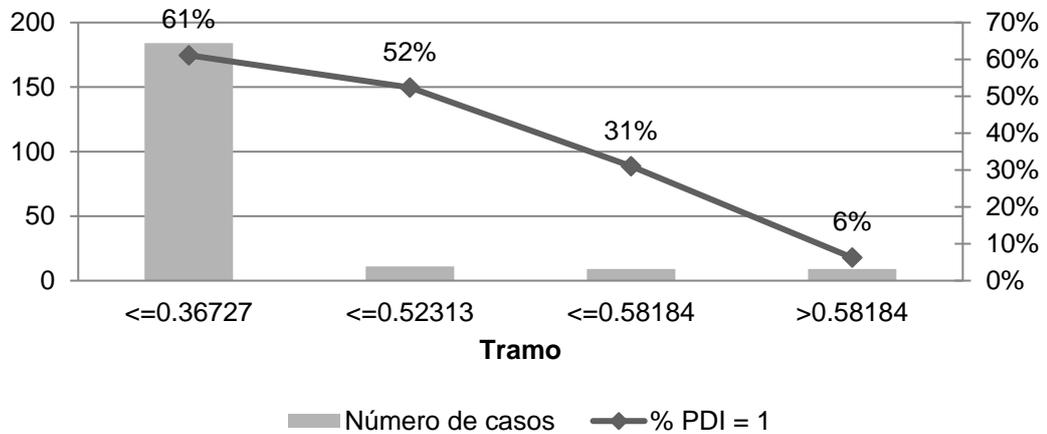
%PDI = 1 por tramos del Ratio de mora de la cartera comercial del sistema financiero



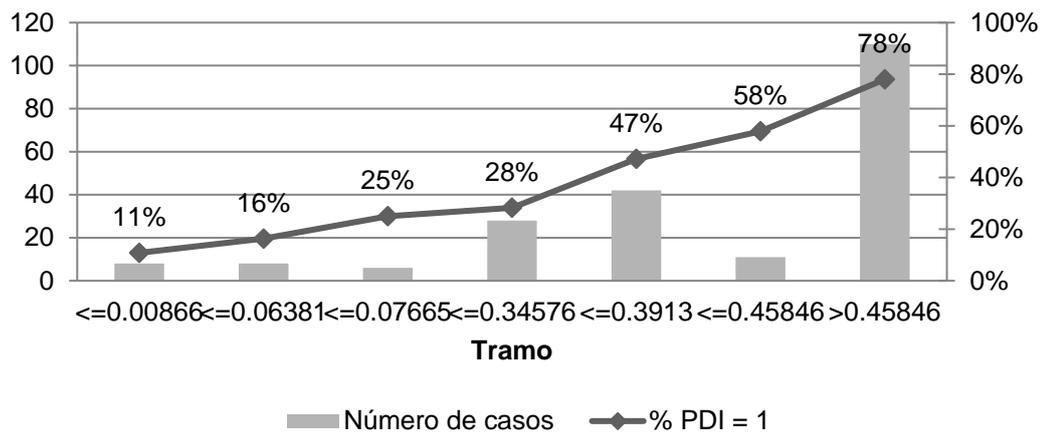
%PDI = 1 por tramos del Ratio de mora de la cartera comercial del Banco Interbank



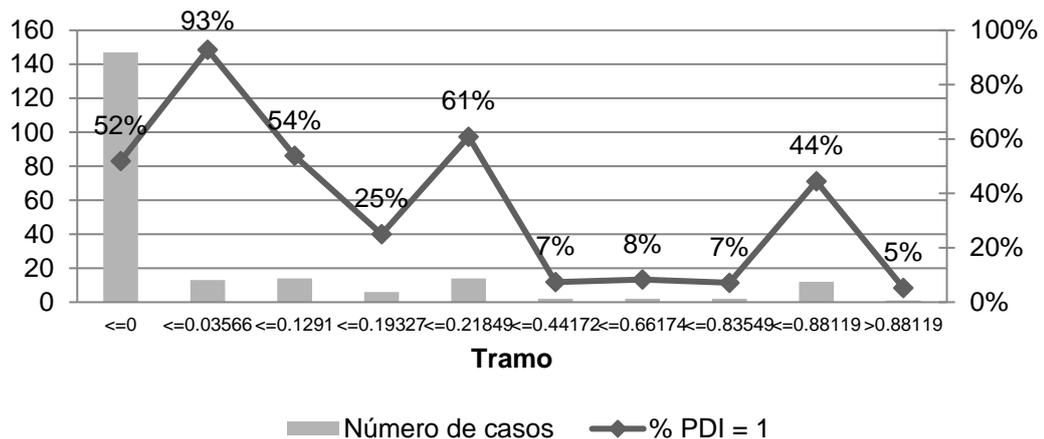
%PDI = 1 por tramos del Porcentaje de deuda vigente



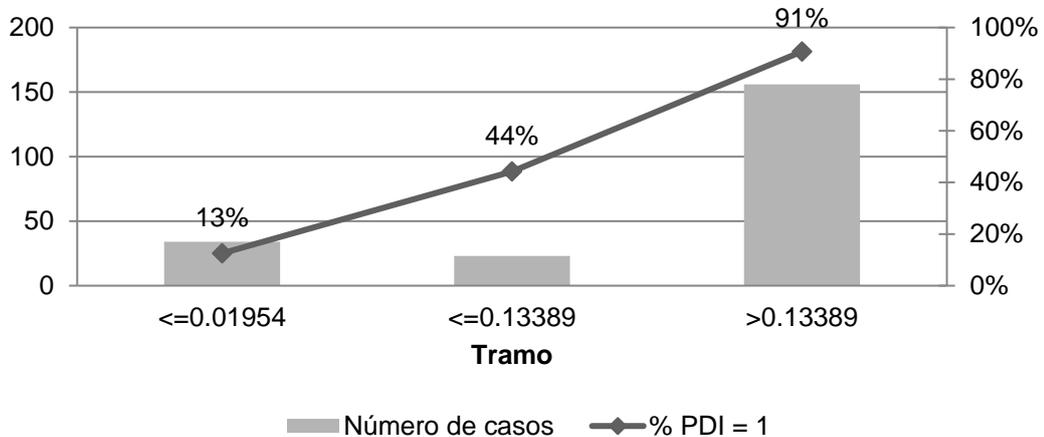
%PDI = 1 por tramos del Porcentaje de deuda vencida



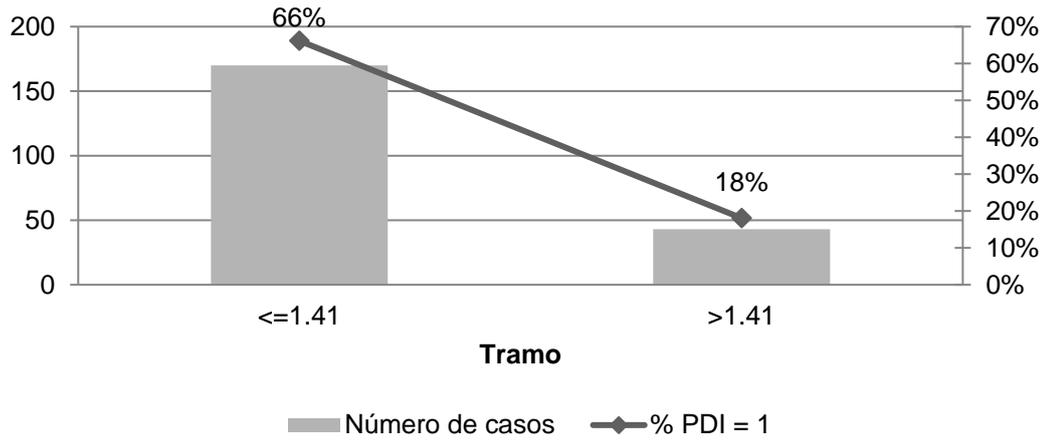
%PDI = 1 por tramos del Porcentaje de deuda refinanciada o reestructurada



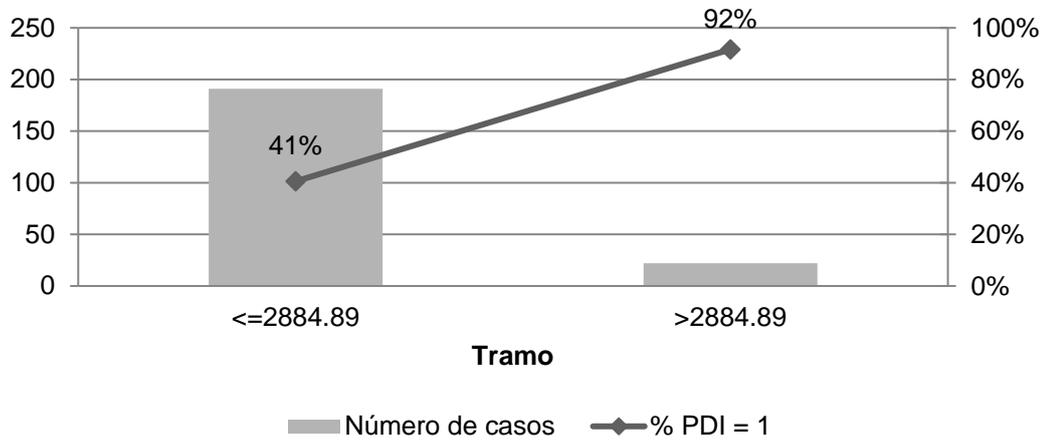
%PDI = 1 por tramos del Porcentaje de deuda judicial



%PDI = 1 por tramos del Importe de las garantías asociadas al cliente



%PDI = 1 por tramos del Ratio Exposición/Garantía



Anexo N° 07

Perfil de respuesta		
Valor ordenado	etapa1	Frecuencia total
1	1	251
2	0	244

La probabilidad modelada es etapa1.

Probar hipótesis nula global: BETA=0			
Test	Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
Ratio verosimil.	406.9886	11	<.0001

Análisis del estimador de máxima verosimilitud					
Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.9422	1.9977	8.8479	0.0029
RACT_IB11	1	-3.3222	0.6744	24.2643	<.0001
RACT_IB41	1	-1.1401	0.2783	16.7813	<.0001
RACT_IB51	1	-1.6655	0.4415	14.2282	0.0002
RACT_IB81	1	0.2782	0.1066	6.8066	0.0091
RLI_IB71	1	1.8597	0.4378	18.0412	<.0001
ipea101	1	2.3938	0.3656	42.8742	<.0001
tasa_ref1	1	-0.574	0.2024	8.04	0.0046
numentidades1	1	-0.8876	0.2392	13.7736	0.0002
porvigentercc1	1	0.779	0.1224	40.5119	<.0001
porjudicialrcc1	1	-0.8581	0.1701	25.4417	<.0001
im_grav1	1	-0.8818	0.3006	8.6047	0.0034

Variable	Tolerancia	Inflación de la varianza
Intercept	.	0
RACT_IB11	0.4104	2.43668
RACT_IB41	0.49366	2.02568
RACT_IB51	0.46056	2.17129
RACT_IB81	0.58715	1.70314
RLI_IB71	0.60304	1.65826
ipea101	0.59556	1.67911
tasa_ref1	0.75492	1.32465
numentidades1	0.69766	1.43337
porvigentercc1	0.45969	2.17539
porjudicialrcc1	0.32497	3.07718
im_grav1	0.55388	1.80545

Anexo N° 08

Perfil de respuesta		
Valor ordenado	etapa2	Frecuencia total
1	1	213
2	0	282

Probability modeled is
etapa2=1.

Probar hipótesis nula global: BETA=0			
Test	Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	372.0511	9	<.0001

Análisis del estimador de máxima verosimilitud					
Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq
Intercept	1	-5.29	1.7466	9.1729	0.0025
RACT_IB42	1	0.5041	0.2091	5.8113	0.0159
RACT_IB52	1	1.0327	0.3226	10.2479	0.0014
ipea102	1	-2.5386	0.5085	24.9254	<.0001
tasa_ref2	1	0.3594	0.1433	6.2923	0.0121
tasa_tot2	1	2.5793	0.8306	9.6422	0.0019
ratio_ibk_tot2	1	-1.2435	0.5733	4.7051	0.0301
porvigentercc2	1	-0.423	0.1456	8.4326	0.0037
porvencidorcc2	1	0.2369	0.0875	7.3363	0.0068
porjudicialrcc2	1	1.2925	0.2101	37.8493	<.0001

Variable	Tolerancia	Inflación de la varianza
Intercept	.	0
RACT_IB42	0.62833	1.59153
RACT_IB52	0.77723	1.28662
ipea102	0.9215	1.08519
tasa_ref2	0.60481	1.6534
tasa_tot2	0.49222	2.03162
ratio_ibk_tot2	0.47206	2.11839
porvigentercc2	0.5559	1.7989
porvencidorcc2	0.57539	1.73795
porjudicialrcc2	0.4011	2.49314

Anexo N° 09

Análisis de la varianza					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1.78141	0.89071	344.49	<.0001
Error	28	0.0724	0.00259		
Total corregido	30	1.85381			

Raíz MSE	0.05085	R-cuadrado	0.9609
Media dependiente	0.48787	Adj R-Sq	0.9582
Coeff Var	10.42249		

Estimadores de parámetros							
Variable	Etiqueta	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr > t	Inflación de la varianza
Intercept	Intercept	1	0.49377	0.02492	19.82	<.0001	0
RACT_IB1		1	-2.16853	0.09217	-23.53	<.0001	1.36383
numentidades		1	-0.00818	0.00374	-2.19	0.0373	1.36383

Resumen de Selección escalonada									
Paso	Variable introducida	Variable eliminada	Etiqueta	Número variables	R-cuadrado parcial	R cuadrado del modelo	C(p)	F-Valor	Pr > F
1	RACT_IB1			1	0.9543	0.9543	-0.8979	605.29	<.0001
2	numentidades			2	0.0067	0.9609	-2.7046	4.78	0.037

Anexo N° 10

Análisis de la varianza					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.76905	1.76905	605.29	<.0001
Error	29	0.08476	0.00292		
Total corregido	30	1.85381			

Raíz MSE	0.05406	R-cuadrado	0.9543
Media dependiente	0.48787	Adj R-Sq	0.9527
Coeff Var	11.08107		

Estimadores de parámetros						
Variable	Etiqueta	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr > t
Intercept	Intercept	1	0.44322	0.00988	44.87	<.0001
RACT_IB1		1	-2.06444	0.08391	-24.6	<.0001

