



MATRIZ DE TRANSICIÓN: UNA  
HERRAMIENTA PARA DETERMINAR  
LA PROBABILIDAD DE *DEFAULT*  
EN LAS INSTITUCIONES  
MICROFINANCIERAS

TRANSITION MATRIX:  
A TOOL TO DETERMINE THE  
PROBABILITY OF DEFAULT IN  
MICROFINANCE INSTITUTIONS

EMERSON JESÚS TOLEDO CONCHA<sup>1</sup>  
VÍCTOR MANUEL LEÓN REYES<sup>2</sup>

- 
- 1 Doctor en Administración de Negocios y magíster en Administración, docente del Departamento de Ciencias Contables de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Correo electrónico: Toledo.ej@pucp.edu.pe.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1660-0305>
  - 2 Economista, consultor independiente, Lima, Perú. Correo electrónico: victor.leon2@unmsm.edu.pe.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9072-0105>.

Código JEL: G21.

Fecha de recepción: 12/01/2021.

Fecha de aceptación: 18/05/2021.

doi: <https://doi.org/10.18601/16577175.n29.07>

## RESUMEN

En los últimos años ha habido una constante preocupación por la administración de la morosidad de las entidades microfinancieras (IMF), y sobre todo por calcular la probabilidad de *default* de la cartera de créditos, y para ello se han utilizado diversas herramientas estadísticas.

El objetivo de esta investigación es determinar en forma eficiente la probabilidad de *default* utilizando una herramienta denominada Matriz de Transición, para lo cual se desarrollará la construcción de una matriz de transición para una cartera de préstamos de una institución microfinanciera, además de comprobar su utilidad en el monitoreo de la cartera de préstamos, lo cual nos permitirá establecer tendencias que nos lleven a conocer y calcular las probabilidades de mantener, mejorar o deteriorar su categoría de riesgo, de manera que las instituciones puedan proyectar tendencias del comportamiento de pago de sus deudores en el futuro. El presente documento tiene un enfoque mixto, con un alcance exploratorio y descriptivo.

Finalmente, respecto de la clasificación del deudor los resultados muestran que la mejora de clasificación tiene una baja probabilidad de ocurrencia, pues casi el 80 % de los deudores permanecen en la misma clasificación, y de empeorar (un 18.75 %). Además, la probabilidad de *default* o pérdida de la clasificación sería del 11.3 %, indicador que está relacionado directamente con la provisión de la cartera de crédito de las instituciones. El uso de la matriz de transición también permite estimar la provisión que tendrán que constituir estas instituciones, las mismas que impactarán en la reducción de la rentabilidad de sus resultados financieros.

*Palabras clave:* riesgo; crédito; microfinanzas; gestión; provisiones.

## ABSTRACT

In recent years, there has been a constant concern about the administration of the delinquency of microfinance entities (MFIS), and especially in calculating the probability of *default* of the loan portfolio, for these various statistical tools have been used.

The objective of this research is to efficiently determine the probability of *default* using a tool called, transition matrix, for this, the construction of a transition matrix for a loan portfolio of a microfinance institution will be developed, in addition to checking its usefulness in The monitoring of the loan portfolio allows us to establish trends that allow us to know and calculate the probabilities of maintaining, improving or deteriorating their risk category, in such a way that the institutions can project trends in the payment behavior of their debtors in the future. This document has a mixed approach, with an exploratory and descriptive scope.

Finally, the results show that with respect to the debtor's classification: the improvement in the classification has a low probability, that of maintaining their classification, almost 80 % of the debtors remain in the same classification and of

getting worse by 18.75 %. Also, the probability of *default* or loss in the ranking. It would be 11.3 %. This indicator is directly related to the provision of the institutions' loan portfolio. The use of the transition matrix also allows estimating the provision that these institutions will have to make, the same ones that will impact on reducing the profitability of their financial results.

*Keywords:* credit risk; microfinance; management; provisions.

## INTRODUCCIÓN

Las instituciones financieras que atienden a las micro y pequeñas empresas son conocidas como instituciones microfinancieras (IMF), y los servicios que brindan representan una importante fuente de financiamiento para ese sector, pues otorgan montos menores que los de la banca tradicional, sin garantías, pero con un mayor número de clientes (Aguilar, Camargo y Morales, 2004).

Como señala Pereira (2019: 40), las “pequeñas y medianas empresas, a nivel mundial, se han convertido en tema relevante en la actualidad económica para muchos países, los cuales generan interés en la creación y fortalecimiento de empresas cada vez competitivas como motor de desarrollo de sus gobiernos”.

En los últimos años ha habido una constante preocupación por la administración de la morosidad de las entidades microfinancieras y, sobre todo, por calcular la probabilidad de *default* de la cartera de créditos, y para ello se han utilizado diversas herramientas estadísticas: análisis de modelos de clasificación, modelos de árboles de decisión, análisis de cosechas y, entre ellas, la matriz de transición. Una de las causas de esta preocupación en el desarrollo de las microfinanzas en el Perú es la sobreoferta de instituciones microfinancieras, que cada vez ofrecen más productos y se enfrentan a un entorno más competitivo lo que las lleva a tener menores rendimientos y efectos negativos en sus resultados (Toledo, 2020).

En estadística una de las maneras de calcular la probabilidad de un evento es a través del uso de una matriz de transición, aporte científico del ruso Andréi Markov, con respecto a la teoría de la probabilidad. La cadena de Markov utiliza una matriz de transición que le permite conocer el probable estado futuro de un proceso a partir de su probable estado actual (Polanco, González, Castañón, 2015).

Jarrow, Lando y Turnbull (1997) propusieron un modelo en el que se podían apreciar los diferenciales del riesgo de crédito de las entidades financieras en el tiempo utilizando para ello la teoría de la cadena de Markov; se trata de una cadena o matriz de transición en la que se muestra cuál es el comportamiento de los diferentes estados de clasificación de un crédito. Se presenta como un modelo útil para estimar las deudas corporativas y con base en ellas fijar precios con su contraparte, los deudores.

La matriz de transición es una cadena que muestra cuál es el proceso de una variable (para este caso, la clasificación de cliente) desde el inicio hasta el final de un periodo establecido; la matriz está formada por filas y columnas en las que se

aprecia el cambio de las clasificaciones de créditos, mostrando las que se mantienen, las que se deterioran o mejoran de un periodo ( $t$ ) a un periodo ( $t + 1$ ).

Garrocho, Jiménez y Álvares (2016: 113) defienden que las Cadenas de Markov “se apoyan en la hipótesis de homogeneidad temporal, donde presentan como elemento fundamental y clave, la probabilidad de transición, que es una probabilidad condicionada de transitar y migrar de una unidad espacial a otra”. Para estos autores la matriz de transición aplicada en las cadenas de Markov presenta diferentes ventajas.

- Tiene un enfoque sistémico, porque identifica los orígenes, destinos y cambios de manera simultánea, y la dependencia de los flujos, es decir, se pueden apreciar cambios muy complejos, como el migratorio.

- Su cálculo no es complicado, se utiliza como una herramienta estadística.

- Presenta una gran capacidad predictiva que permite conocer comportamientos futuros y sus migraciones en el corto plazo.

Una cadena es un proceso en el tiempo, por ello, en una matriz de transición se puede ver cómo una variable  $X_n$  va cambiando de un periodo a otro, es decir, la probabilidad de que  $X_n = j$  depende únicamente del estado anterior de la variable.

$$P(X_n = j \mid X_{n-1} = i)$$

## ANTECEDENTES

Peña (2013: 9) indica que la probabilidad de *default* “se refiere a la solvencia del prestatario, y mide la probabilidad de que el deudor no abone al pago de su crédito durante un horizonte de tiempo específico”. Para estimar esta probabilidad se debe analizar el comportamiento del deudor hasta que la institución lo considere como pérdida total.

Vásconez (2010) señala que el riesgo tiene que ser medible; este riesgo es la probabilidad de que ocurra un evento adverso, lo describe como la valorización de una situación negativa que tiene una probabilidad de ocasionar un daño en el futuro, definido como pérdida de valor económico para una empresa; es por eso que sus características están en medio de la incertidumbre, que es la esencia en el negocio del sistema financiero.

Por su parte, Ramírez y Ayús (2012) señalan que las pérdidas por el riesgo de crédito para las instituciones están en función de una probabilidad de incumplimiento, y que esta probabilidad está en función de determinados factores que pueden ser intrínsecos o extrínsecos a la institución, y con base en ellos se puede determinar una probabilidad de *default*.

Valencia y Zambrano (2012) determinan que la probabilidad de *default* para una cartera de créditos es un paso previo al cálculo de la pérdida esperada que se presenta desde un periodo determinado, así como su evolución en el tiempo, es

decir, nos muestra la evolución de la calidad de la cartera de créditos por medio de los cambios de la calificación crediticia de cada cliente. Los autores definen la probabilidad de *default* o incumplimiento como “un elemento importante en la evaluación del riesgo de crédito y su significado más utilizado es la omisión del pago de una deuda vencida. Siendo la medida de qué tan probable es que un acreditado deje de cumplir con sus obligaciones contractuales” (Valencia y Zambrano, 2012: 2). De acuerdo con lo señalado por los autores, esta probabilidad se determina considerando la calificación crediticia del deudor y su evolución en el tiempo; por ejemplo, en el Perú se considera que los deudores pertenecientes a la cartera de micro y pequeña empresa tienen como clasificación crediticia la de deudores en categoría normal con problemas potenciales: deficiente, dudoso y pérdida (SBS, 2008).

En una investigación realizada en México Rodríguez (2013) utilizó con éxito la matriz de transición, y concluyó que para determinar la probabilidad de *default* de una cartera se requiere utilizar matrices de transición, puesto que reflejan el probable incumplimiento de pago de los deudores. El autor describe sus resultados en una tabla en la que en una columna establece la clasificación crediticia inicial, en una fila la evolución de esta calificación con base en un periodo determinado, y a partir de allí observa cuáles fueron los deudores que mejoraron su calificación, se mantuvieron o, en su defecto, empeoraron.

Por su parte, Peña (2013: 9) indica que “uno de los instrumentos más reconocido para darle seguimiento al riesgo de crédito son las matrices de transición, a partir del seguimiento continuo al comportamiento de los deudores”. En el lapso de un periodo determinado se puede conocer cuál es el comportamiento de pago de los deudores, lo que permite saber si sus pagos mejoran, se deterioran o permanecen en la misma categoría de riesgo con la que iniciaron el período de análisis.

Valencia y Zambrano (2012: 2) señalan: “la matriz de transición es la principal herramienta para determinar la probabilidad de que un crédito con una calificación determinada cambie de calificación crediticia durante un periodo específico, conociéndola como la probabilidad de migración en la calidad de un crédito”.

En su tesis doctoral Jiménez (2017) destaca la relevancia del uso de la matriz de transición como un método que permite estudiar la movilidad y los cambios de los factores para estimar probabilidades. Como resultado de la aplicación de una matriz de transición se pueden calcular las probabilidades de que una cartera cambie de estado, tomando en consideración la clasificación crediticia del deudor.

Para Larralde, Real y Viana (2011: 104) “La matriz de transición es una herramienta que permite determinar la probabilidad de que un crédito con una calificación determinada cambie de calificación crediticia durante un período específico, permitiendo, en el caso de una institución financiera, estudiar el posible deterioro o mejora que pudiera presentar su cartera de clientes en el futuro”. Los autores indican que, debido a su comprensible implementación, es uno de los modelos más utilizados para determinar las mejoras o los deterioros de la cartera.

A su vez, Valencia y Zambrano (2012) presentan como objetivo calcular la probabilidad de cartera utilizando el modelo de matriz de transición, de manera que

los resultados les permitan determinar la calidad, la estabilidad y el seguimiento en el manejo de una cartera de colocaciones. Los autores toman el cálculo de la probabilidad de *default* para determinar una posterior pérdida esperada de cartera, cuyo paso previo es el cálculo de esa probabilidad, ya que adicionalmente se requiere saber el nivel de severidad de la recuperación y la exposición de la cartera al momento del *default*. La metodología empleada por los autores para el cálculo de las matrices de transición consiste en utilizar tablas dinámicas en las que se presentan las migraciones del estado de la cartera de colocaciones en el tiempo y se muestran los diferentes tipos de clasificación, en este caso, una cartera de créditos vehiculares. Los autores concluyen que su investigación permite conocer cuáles son las probabilidades de *default* de su cartera en estudio, y establecer el riesgo o la rentabilidad en el comportamiento evolutivo de su clasificación crediticia. Lo valioso de esta investigación es que los autores recomiendan a las instituciones financieras usar esta matriz de transición para determinar la probabilidad de *default* que permita realizar el seguimiento correspondiente al monitoreo del riesgo de crédito de la entidad.

En una investigación realizada para la Superintendencia de Banca y Seguros del Ecuador, Córdor y Cajamarca (2014) señalan que su objetivo consistía en analizar el impacto de los indicadores financieros en el riesgo de crédito. Para este caso utilizaron una matriz de transición por tipo de crédito y, adicionalmente, analizaron las cosechas de nuevas operaciones, y como metodología acudieron a una matriz de transición para conocer el comportamiento de la calificación crediticia y su migración a otra calificación en un horizonte de tiempo determinado, indicando que esta matriz debe cumplir con las siguientes condiciones: todos los elementos presentados deben ser positivos y todas las filas deben sumar la unidad. Como resultado de su investigación presentaron las probabilidades condicionales de que la cartera pueda permanecer o derive hacia otra calificación (o mejorar o empeorar). En este caso realizaron una matriz por cada tipo de crédito: microempresa, consumo, cartera comercial.

En la diversa literatura revisada se observa que la herramienta de la matriz de transición determina de forma eficiente la probabilidad de *default* de una cartera de créditos, porque a través de ella se pueden apreciar las migraciones de las clasificaciones, y con ello estimar el impacto de la probabilidad de *default* en el comportamiento de riesgo del crédito. El objetivo del presente documento es determinar la probabilidad de *default* de una cartera de créditos por deudor, a través del uso de la matriz de transición.

## METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación tiene un enfoque mixto, con un alcance exploratorio, porque el objetivo consiste en examinar un tema y describirlo con el fin de especificar las propiedades, las características y los rasgos importantes de un tema.

Asimismo, con el uso de las matrices de transición, se pretenden determinar las diferentes tendencias del comportamiento de los deudores y la probabilidad de *default* de la cartera de créditos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En párrafos anteriores se mencionó que una matriz de transición, o también llamada matriz estocástica, se utiliza para determinar la probabilidad de que ocurra un evento que depende únicamente de un evento inmediatamente anterior. La matriz de transición sirve para estudiar procesos en los cuales una sucesión de variables es afectada en un tiempo  $t + 1$  por otra variable.

Se utiliza la matriz de transición con el objetivo de determinar la probabilidad de *default* de un deudor, donde se define a  $P_{ij}$  como la probabilidad de que un deudor con calificación crediticia  $i$  pueda pasar a otra calificación crediticia  $j$  en un periodo de tiempo dado.

Para calcular la probabilidad del evento de migrar de una calificación  $i$  a una calificación  $j$  se define a  $X_{ij}$  como el número de deudores con calificación  $j$  en el momento  $t + 1$ , y que en el periodo  $t$  tenían una calificación  $i$ . Se define asimismo el número de deudores que estaban con calificación  $i$  como  $X_i$  en el momento  $t$ . En ese sentido, las probabilidades de migración de un deudor se calculan como:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i} \text{ para todo } i \text{ y } j$$

Es importante señalar que, según Solorio *et al.* (2014), el método de matriz de transición discreta debe seguir las siguientes propiedades:

Es discreto en el tiempo.

Se define en un espacio finito de calificaciones posibles.

La migración entre estados está definida por un conjunto de probabilidades  $P_{ij}$ .

La probabilidad del proceso del estado  $i$  al estado  $j$  ( $P_{ij}$ ) depende únicamente del estado actual y no de estados anteriores.

Todos los elementos de la matriz son no negativos, por lo tanto,  $P_{ij} > 0$ .

La suma de las probabilidades de cada fila es igual a 1, por lo tanto la sumatoria de  $P_{ij}$  es igual a 1.

La matriz de probabilidades de transición, la cual integra todas las probabilidades de que un evento  $i$  migre al evento  $j$  dentro un ciclo  $t$ , está dada por:

Tabla 1. Matriz de transición para  $i$  y  $j$  categorías

		Periodo = $t + 1$					
		1	2	3	...	$j-i$	$j$
Periodo = $t$	1	P11	P12	P13	...	...	$P1j$
	2	P21	P22	P23	...	...	$P2j$
	3	P31	P32	P33	...	...	$P3j$
	...	...	...	...	...	...	...
	$i-1$	...	...	...	...	...	...
	$i$	$Pi1$	$Pi2$	$Pi2$	...	...	$Pij$

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior, una vez calculadas las probabilidades de transición de cada cuadrante de la matriz ( $P_{ij}$ ), se pueden identificar tres bloques:

- Los que se encuentran en la diagonal representan las probabilidades de que los deudores permanezcan en su clasificación pasado el tiempo  $t + 1$ .
- Los que se encuentran a la derecha o encima de la diagonal representan las probabilidades de que los deudores se deterioren o empeoren en el tiempo  $t + 1$ .
- Los que se encuentran a la izquierda o abajo de la diagonal representan las probabilidades de que los deudores mejoran su clasificación en el tiempo  $t + 1$ .

Para calcular la probabilidad de deterioro y la probabilidad de mejora de cada matriz (por cada  $P_{ij}$ , derecha o izquierda de la diagonal respectivamente), se procederá a utilizar la probabilidad condicional. Igualmente, para calcular la probabilidad de *default* se procederá a calcular la probabilidad condicional de la columna E.

La probabilidad condicional es un concepto clave en la teoría de la probabilidad pues, teniendo información específica y previa sobre un evento aleatorio, permite identificar la probabilidad de que suceda. En términos generales, si se desea calcular la probabilidad condicionada de un evento A, sabiendo que ese evento está determinado por otro evento B, se puede aplicar la siguiente definición (Román, 2014):

$$P(B/A) = \frac{P(B \cap A)}{P(A)}$$

Dónde:  $P(B/A)$ : probabilidad de que suceda B dado A (eventos dependientes).

$P(B \cap A)$ : probabilidad de intersección de los eventos A y B.

$P(A)$ : probabilidad del evento A.

Nota:  $P(B/A)$  no representa lo mismo que  $P(A/B)$ , son probabilidades completamente diferentes.



Para que la definición se cumpla se tiene como condición que la probabilidad de A sea mayor a cero  $P(A) > 0$ .

Asimismo, se utiliza la Ley de probabilidad total para poder estimar el deterioro o recuperación total de los deudores. La Ley de probabilidad total se define como: si  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , es una serie de eventos tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero, y sea B un suceso para el que se conocen las probabilidades  $P(B/A_i)$ , entonces la probabilidad del suceso B viene dada por:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \bullet P(B / A_i)$$

La Ley de la probabilidad total permitirá estimar la probabilidad de migración positiva (recupero), es decir, la probabilidad de que un deudor mejore su calificación de riesgo, o migración negativa (deterioro) en caso de que un deudor deteriore su calificación de riesgo, teniendo como evento conocido la calificación del deudor en el momento  $t$ .

Para su aplicación se considerará a  $P(B)$  como la probabilidad de migración (positiva/negativa) total, es decir la sumatoria de probabilidades de que un deudor de una institución mejore o deteriore su calificación dada su calificación actual. Se define  $P(A_i)$  como la probabilidad de la calificación del deudor en un momento  $t$  según la clasificación crediticia, y además a  $P(B/A_i)$  como la probabilidad que el deudor presente una migración (positiva/negativa) en la calificación en el momento  $t + 1$ . Cabe indicar que para la realización del desarrollo estadístico de la matriz de transición y probabilidades condicionales se pueden utilizar softwares como el programa SQL.

## CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE TRANSICIÓN

Con el objetivo de determinar la probabilidad de *default* de una cartera de créditos por deudor con calificación  $i$ , se construye la matriz de transición, y para ello se deben tomar los datos de los deudores que tienen obligaciones crediticias con la institución microfinanciera respectiva. El uso de la matriz de transición brinda información útil para la toma de decisiones en las instituciones, puesto que se puede conocer la probabilidad del comportamiento de pago del deudor y la transición que puede tener en su movimiento de categorías de riesgos (mejora o deterioro de los deudores de créditos).

Respecto del periodo de análisis, se suele presentar el comportamiento de los deudores en forma anual, además de considerar a los clientes que registraron al menos una deuda durante los meses de diciembre de cada año anterior en estudio.

Asimismo, se definen  $i$  y  $j$  como calificación crediticia establecida por la institución microfinanciera y conforme a lo determinado en las normas de regulación

del sistema financiero del país correspondiente; por ejemplo, en el caso peruano<sup>3</sup> tenemos a la Superintendencia de Banca y Seguros (SBS), en un periodo determinado como  $t$  y  $t + 1$ . Las categorías crediticias, para el caso peruano son las siguientes.

Tabla 2. Categorías de riesgo según clasificación crediticia (caso Perú)

Categoría crediticia	Características del sector microempresas*
Categoría normal (categoría A)	Cumple con sus obligaciones, atrasos máximos de ocho días calendario
Categoría con problemas potenciales (categoría B)	Deudores con atrasos ocasionales entre 9 y 30 días
Categoría deficiente (categoría C)	Deudores entre 31 y 60 días de mora
Categoría dudoso (categoría D)	Deudores entre 61 y 120 días de mora
Categoría pérdida (categoría E) o <i>default</i>	Deudores con más de 120 días de mora
* Características de los clientes microempresa; sin embargo, si cuentan con crédito hipotecario tienen un cambio en los días de atraso por tener la institución una garantía real.	

Fuente: elaboración propia, adaptado de la Resolución SBS 11356.

Para construir cada matriz del periodo se sigue el siguiente proceso:

Se identifica a los deudores del periodo diciembre del año anterior ( $t$ ) que tienen una obligación activa con la institución microfinanciera.

Se identifica la calificación de los deudores del periodo diciembre ( $t$ ) y se determina la distribución porcentual de la población de deudores según la categoría asignada por la entidad financiera.

Se observa la calificación de los deudores del periodo diciembre ( $t$ ), y se identifica la calificación al término de doce meses, es decir, en el periodo diciembre ( $t + 1$ ). Durante este periodo se puede observar la migración de algunos de los deudores que pasan de una categoría a otra, por ejemplo: de una categoría A pasa a una categoría E (*default*).

Se calcula la probabilidad de transición de los deudores del periodo según la fórmula definida en el punto 2:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i} \text{ para todo } i \text{ y } j$$

Por ejemplo, se identifica el número de deudores que tienen en el periodo diciembre ( $t$ ) una categoría A y en el periodo diciembre ( $t + 1$ ) mantienen la categoría

3 Resolución SBS n.º 11356. Reglamento para la evaluación y clasificación del deudor y la exigencia de provisiones.

A ( $X_{AA}$ ) y este se divide por el número total de deudores del periodo diciembre ( $t$ ) que se encuentran en categoría A ( $X_A$ ).

Se realiza la repetición del proceso hasta identificar las probabilidades de todas las combinaciones posibles que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz de transición según categorías de riesgo

		Categoría en periodo diciembre ( $t + 1$ )				
		NOR (A)	CPP (B)	DEF (C)	DUD (D)	PER (E)
Categoría en periodo diciembre ( $t$ )	NOR (A)	AA	AB	AC	AD	AE
	CPP (B)	BA	BB	BC	BD	BE
	DEF (C)	CA	CB	CC	CD	CE
	DUD (D)	DA	DB	DC	DD	DE
	PER (E)	EA	EB	EC	ED	EE

Fuente: elaboración propia.

Se realiza la repetición del proceso para identificar las matrices de transición de los años de análisis que se puedan seleccionar como se señala en la tabla 4.

Tabla 4. Matriz de transición por periodos

Periodo $t$	Periodo $t + 1$	Matriz
Diciembre ( $t$ )	Diciembre ( $t + 1$ )	Matriz 1
Diciembre ( $t + 1$ )	Diciembre ( $t + 2$ )	Matriz 2
Diciembre ( $t + 2$ )	Diciembre ( $t + 3$ )	Matriz 3

Fuente: elaboración propia.

## CONSTRUCCIÓN DE LA PROBABILIDAD CONDICIONAL

Para construir la probabilidad total de *default* se calcula utilizando la matriz total de probabilidad mostrada en la tabla 3.

Adicionalmente, se procede a calcular la probabilidad condicional de permanecer o migrar hacia una mejor o peor calificación para cada una de las matrices, utilizando la definición de probabilidad condicional total explicada en el punto 3.

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \bullet P(B / A_i)$$

Entonces, la probabilidad de mantener la calificación es:

$$P(\text{mantener}) = P(A) \cdot P(AA) + P(B) \cdot P(BB) + P(C) \cdot P(CC) + P(D) \cdot P(DD) + P(E) \cdot P(EE)$$

La probabilidad de deterioro o migrar a una peor calificación es:

$$P(\text{empeorar}) = P(A) \cdot P(AB) + P(A) \cdot P(AC) + P(A) \cdot P(AD) + P(A) \cdot P(AE) + P(B) \cdot P(BC) + P(B) \cdot P(BD) + P(B) \cdot P(BE) + P(C) \cdot P(CD) + P(C) \cdot P(CE) + P(D) \cdot P(DE)$$

La probabilidad de migrar a una mejor calificación es:

$$P(\text{mejorar}) = P(B) \cdot P(BA) + P(C) \cdot P(CB) + P(C) \cdot P(CA) + P(D) \cdot P(DC) + P(D) \cdot P(DB) + P(D) \cdot P(DA) + P(E) \cdot P(ED) + P(E) \cdot P(EC) + P(E) \cdot P(EB) + P(E) \cdot P(EA)$$

La probabilidad de *default* está definida por:

$$P(\text{default}) = P(A) \cdot P(AE) + P(B) \cdot P(BE) + P(C) \cdot P(CE) + P(D) \cdot P(DE)$$

En síntesis, se realiza el cálculo, por año, de cada matriz de transición (tabla 4), aplicando la misma metodología para todas; asimismo, se calcula la probabilidad condicional de que los deudores permanezcan, mejoren, empeoren de calificación crediticia en el año dado, y por supuesto la probabilidad de *default* (pérdida). En adición, al tener la información de cada deudor, las instituciones financieras pueden realizar los análisis correspondientes por cada matriz y su tendencia, además de compararlos con los resultados de otras instituciones del sistema microfinanciero.

Como ejemplo de lo descrito presentamos la tabla 5 (tener en consideración que los datos son aleatorios y determinados por los investigadores), la cual nos sirve solo como ejemplo práctico para demostrar lo indicado en párrafos anteriores. Del ejemplo mostrado se puede afirmar que, independientemente del periodo analizado, los deudores que están en categoría normal (AA) y en pérdida (EE) son los que en mayor porcentaje se mantienen desde cuando iniciaron el periodo de análisis (84 % y 93.7 % respectivamente), es decir, aquellos deudores con menor morosidad tienden a cumplir con sus obligaciones de pago, mientras que aquellos deudores que pierden capacidad de pago normalmente llegan a la categoría de pérdida y no logran restablecer su situación con las entidades, eso se comprueba porque del 100 % de los deudores que empiezan con categoría deficiente y dudoso, un 68.2 % y un 81 % respectivamente pasan a situación de pérdida.

Tabla 5. Matriz de transición promedio de los años de análisis

	NOR (A) %	CPP (B) %	DEF (C) %	DUD (D) %	PER (E) %	total %
NOR (A)	84.0	4.1	1.9	2.3	7.7	100
CPP (B)	49.6	7.5	3.8	4.6	34.5	100
DEF (C)	20.1	3.4	4.0	4.3	68.2	100
DUD (D)	11.8	1.8	1.6	3.8	81.0	100
PER (E)	4.7	0.5	0.4	0.7	93.7	100
%	71.8	3.9	1.9	2.4	20.1	

Fuente: elaboración propia (los datos son aleatorios y determinados por los investigadores solo con fines de explicación de los análisis; cada institución tiene su información real).

Con base en lo descrito se puede afirmar la importancia del proceso de otorgamiento de créditos relacionados con la admisión de clientes, y del proceso de cobranza en la administración de la cartera que deben tener las instituciones. Se demuestra que si el cliente llega a tener falta de capacidad de pago en sus inicios, y no se le hace gestión de cobro respectiva, muy probablemente llegue a pérdida, y muy difícilmente pueda revertir esta condición; de allí la importancia para estas instituciones de identificar plenamente a los deudores que se encuentran en las categorías B, C y D. Esto sería un análisis que se podría realizar utilizando la herramienta matriz de transición. Es muy importante el uso de esta herramienta para el manejo de riesgo, ya que desde los años 70 se ha incidido en la búsqueda de las mejoras en este tema (Morales, 2018).

Cada institución debe tener claro la importancia de que el asesor o analista de créditos evalúe correctamente su operación de crédito, y realice la supervisión adecuada para que se pueda determinar la real capacidad de pago del cliente, y para que, por su parte, la institución conozca los factores que pueden afectar la morosidad en el tiempo.

## ANÁLISIS DE PROBABILIDAD CONDICIONAL

De acuerdo con lo descrito, cada matriz de transición da como resultado una migración diferente que puede ser mantener, mejorar o empeorar la categoría crediticia. Asimismo, se puede determinar la probabilidad de *default* o pérdida. Esto se debe a que todos los deudores no presentan comportamientos de pago uniformes en el tiempo. Lo importante de esta parte en la investigación es que con los resultados de la probabilidad condicional se pueden establecer tendencias de comportamiento de los deudores y así tomar decisiones estratégicas que permitan realizar una mejor gestión del riesgo de crédito para las instituciones. En la tabla 6 se presenta un resultado de probabilidad condicional desarrollado para el ejemplo de la tabla 5.

Tabla 6. Probabilidad condicional

Matriz	P(mejorar)	P(mantener)	P(empeorar)	P(pérdida o <i>default</i> )
Promedio	3.9%	77.6%	18.75%	11.3%

Fuente: elaboración propia, considerando los datos de la tabla 5.

*Probabilidad de mejorar de clasificación.* Se trata de la probabilidad condicional de todos los deudores que se encuentran a la izquierda de la diagonal de la matriz de transición; está referida a los clientes que lograron recuperarse de una categoría de riesgo mayor a una de menor riesgo durante el periodo de análisis que, de acuerdo con los resultados presentados en la tabla 6, sería del 3.9%, lo que se interpretaría como que los deudores tienen una baja probabilidad de mejorar en su clasificación.

*Probabilidad de mantenerse en la clasificación.* Se trata de la probabilidad condicional de que los deudores, al final del periodo de análisis, se mantengan en la misma clasificación con la que empezaron; de acuerdo a los resultados presentados en la tabla 6, sería del 77.6%, lo que significaría que un casi 80% de los deudores permanecen en la misma clasificación en la cual comenzaron.

*Probabilidad de empeorar o deteriorar en la clasificación.* Se trata de la probabilidad condicional de todos los deudores que se encuentran a la derecha o por encima de la diagonal de la matriz de transición, y está referida a los clientes que se deterioraron o empeoraron de la categoría de riesgo respecto de la que empezaron; de acuerdo con los resultados presentados en la tabla 6, sería del 18.75%, lo que se podría interpretar como que en dicho porcentaje los deudores continúan deteriorándose.

*Probabilidad de default o pérdida en la clasificación.* Referido a la probabilidad de que los deudores lleguen a tener categoría de pérdida total para la institución, es decir, lleguen al 100% de su provisión. Esta probabilidad de *default* se determina como la posibilidad de la migración de todas las categorías de riesgo a la de pérdida; de acuerdo con los resultados presentados en la tabla 6, sería del 11.3%. Esto quiere decir que la probabilidad condicional de que los clientes que empiezan un periodo y terminen en pérdida es del 11.3%; cabe indicar que este indicador está relacionado directamente con la provisión de la cartera de crédito de las instituciones y sirve para tener en cuenta las acciones de cobranza.

En caso de que se deseen comparar las probabilidades de *default* con las de otras instituciones microfinancieras, se debe verificar si los valores observados en las medias poblacionales de la probabilidad de *default* son o no significativamente diferentes, y para ello se pueden realizar test de hipótesis sobre las medias poblacionales.

El análisis estadístico inferencial<sup>4</sup> se utiliza para comprobar si existe igualdad o desigualdad en las medias de la probabilidad de *default*. Lo primero que es muy importante conocer es qué tipo de distribución presentan los datos, y además tener en cuenta que las pruebas estadísticas se dividen en dos: paramétricas (los datos presentan una distribución normal) y no paramétricas (los datos no presentan normalidad). Para determinar el tipo de distribución se puede usar la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov. Respecto de esta prueba Romero (2016: 36) señala: “es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 50”.

De acuerdo con la teoría de las pruebas K-S, para aceptar la hipótesis nula el valor de la significancia estadística (valor de p), debe ser mayor a 0.05; una vez determinado el tipo de distribución se procede a verificar la significancia de las medias poblacionales de la probabilidad de *default*. Cabe indicar que cuando las distribuciones de datos cuantitativos no siguen una distribución normal se recomienda como prueba la U Mann Whitney (prueba no paramétrica utilizada para identificar diferencias de medias poblacionales basadas en tipos de muestras independientes).

Figura 1. Selección de prueba estadística adecuada

Objetivos del estudio	VARIABLES Y DISTRIBUCIÓN	Tipo de muestra	Prueba recomendada
Comparar dos promedios	Cuantitativas, distribución normal	Muestras relacionadas	t de Student
		Muestras independientes	t de Student
	Cuantitativas discontinuas y continuas sin distribución normal	Muestras relacionadas	Wilcoxon
		Muestras independientes	U Mann Whitney

Fuente: Flores-Ruiz, E.; Miranda-Navales, M. G. y Villasis-Keever, M. Á. (2017).

## CONCLUSIONES

Las matrices de transición permiten cuantificar las diferentes probabilidades del comportamiento de pago de los deudores de las instituciones microfinancieras; se ha desarrollado y analizado la importancia de su uso, puesto que permiten establecer tendencias para conocer y calcular las probabilidades de que los clientes permanezcan, mejoren o deterioren su categoría de riesgo, de manera que las instituciones puedan proyectar tendencias del comportamiento de pago de sus deudores en el futuro.

4 La estadística inferencial analiza cómo sacar conclusiones generales para toda la población a partir del estudio de una muestra y el grado de significación de los resultados obtenidos. Fuente: <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/estadistica/estadistica-inferencial.html>.

El desarrollo y uso de esta herramienta les permite a las diversas instituciones microfinancieras tomar mejores decisiones en cuanto al manejo de su proyección de morosidad, determinar la sensibilidad económico-financiera de los clientes determinada por su capacidad de pago y, sobre todo, identificar a los que se encuentran en categorías intermedias para hacerles un mejor seguimiento. Para ello es importante revisar el proceso de otorgamiento de créditos con el fin de identificar a los malos deudores, y realizar una adecuada gestión de cobranza para impulsar la recuperación de los clientes que tienden a deteriorarse.

En síntesis, el aporte de esta investigación consiste en impulsar el uso de las matrices de transición, como una metodología cuantitativa, para que se puedan determinar las probabilidades condicionales que permitan establecer una tendencia del comportamiento de pago de los deudores de las instituciones microfinancieras y de esa manera tomar decisiones empresariales para el mejor manejo de la morosidad. El uso de la matriz de transición también permite estimar la provisión que tendrán que constituir estas instituciones, las mismas que impactarán en la reducción de la rentabilidad de sus resultados financieros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, G., Camargo, G. y Morales, R. (2004). Análisis de la morosidad en el sistema bancario peruano. Informe final de investigación. *Instituto de Estudios Peruanos*, 1, 1-108. <https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/analisis-de-la-morosidad-en-el-sistema-bancario-peruano.pdf>.
- Cóndor, J. y Cajamarca, R. (2014). Matrices de transición y análisis de cosechas en el contexto de riesgo de crédito. *Quito: SBS*, 22.
- Flores-Ruiz, E.; Miranda-Novales, M. G. y Villasis-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista Alergia*, vol. 64, n. 3, 364-370.
- Garrocho, C., Jiménez, E. y Álvarez, J. (2016). Modelando la migración interestatal de México: cadenas de Markov estáticas versus cadenas de Markov dinámicas con medias móviles. *Papeles de Población*, 22(90), 109-144.
- Jarrow, R., Lando, D. y Turnbull, S. (1997). A Markov model for the term structure of credit risk spreads. *The Review of Financial Studies*, 10(2), 481-523. <https://academic.oup.com/rfs/article-abstract/10/2/481/1589160>.
- Jiménez, M. (2017). *La movilidad socioeconómica intergeneracional en Argentina*. Universidad Nacional de La Plata.
- Larralde, M., Real, C. y Viana, S. (2011). Matriz de Transición Condicional de los Créditos del Sector No Financiero para Uruguay y sus Ventajas frente al Cálculo Incondicional. *Revista de Ciencias Empresariales y Economía*, 9, 99-124.
- Morales, A. (2018). Calculating for managing: The emergence of the idea of risk management. *Apuntes Contables*, 89-102. <https://doi.org/10.18601/16577175.n21.06>.



- Peña, L. (2013). Matrices de transición del crédito en Nicaragua. *Managua, Nicaragua*, 22. [https://www.bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT-31\\_Matrices\\_de\\_Transicion\\_del\\_Credito\\_en\\_Nicaragua.pdf](https://www.bcn.gob.ni/estadisticas/estudios/2014/DT-31_Matrices_de_Transicion_del_Credito_en_Nicaragua.pdf).
- Pereira, C. (2019). Actualidad de la gestión empresarial en las pymes. *Apuntes Contables* (24), 39-53. <https://doi.org/10.18601/16577175.n24.03>.
- Polanco, C., González, J. y Castañón, A. (2015). Cadenas de Markov, un vistazo al futuro. *Archipiélago*, 90, 27-28.
- Ramírez, F. y Ayús, A. (2012). Análisis discriminante como seleccionador de variables influyentes en el cálculo de la probabilidad de incumplimiento. *Revista Ciencias Estratégicas*, 20(27), 103-118. <https://www.redalyc.org/pdf/1513/151325816008.pdf>.
- Rodríguez, V. (2013). Matriz de probabilidad de transición de microcréditos: el caso de una microfinanciera mexicana. *Estudios Económicos*, 39-77. <https://www.redalyc.org/pdf/597/59727431002.pdf>.
- Román, P. (2014). Estadística descriptiva e introducción a la probabilidad. <https://docplayer.es/23007685-Tema-4-probabilidad-condicionada-teoremas-basicos-independencia-de-sucesos.html>.
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>.
- SBS (2008). *Superintendencia de Banca Seguro y AFP*. Resolución n.º 11356.
- Solorio, J., Márquez, Z., Montoya, M., Cárdenas, S. y Hernández, R. (2014). Aplicación de Métodos Markovianos en el Modelado del Deterioro de Carreteras. *Publicacion Técnica*, 396.
- Toledo, E. (2020). Microfinanzas en el Perú: del modelo relacional al modelo de eficiencia. *Apuntes Contables*. vol. 1, 75-93. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/contad/article/view/6878>.
- Valencia, V. y Zambrano, J. (2012). Cálculo de la probabilidad de *default* para una cartera de créditos vehiculares. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 8. <https://pdfs.semanticscholar.org/582d/42a45722e6fea4a088d97d2883784b2cc0e1.pdf>.
- Vásconez, G. (2010). El riesgo de crédito en las microfinanzas. Asunción, Paraguay.