

# **Aplicación de las Cadenas de Markov en la Determinación de Circuitos Turísticos del Perú**

**Wilmer Atoche Díaz**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, watoche@pucp.edu.pe

**Víctor Farro Díaz**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, vdfarro@pucp.edu.pe

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivos presentar los gobiernos regionales con mayor probabilidad de ser visitados por un turista, nacional o internacional, y brindar las rutas con el menor recorrido entre dichas regiones.

La base teórica del estudio realizado está comprendida por los temas de Cadenas de Markov y Diseño de Rutas. Además, del estudio del sector turístico que tiene como finalidad brindar información de cómo se encuentra actualmente, la obtención de datos se realizó en base a encuestas a turistas, internos o externos, e información brindada por agencias de viaje y turismo.

La aplicación de las Cadenas de Markov a los recorridos turísticos se evidencia al formular los modelos a nivel nacional, los que al desarrollarlos, brindan las probabilidades de llegada de los turistas a las distintas regiones. Para el diseño de rutas se utiliza el Método o Algoritmo "De Ahorros", para lo cual sólo se usan las regiones con mayor probabilidad, obteniéndose los Circuitos Turísticos con el menor recorrido posible.

Finalmente, con los resultados obtenidos se observa que la principal ruta a nivel nacional con menor recorrido es: Lima – Arequipa – Puno – Cuzco – Ica – Lima, y las diferentes rutas que se desprenden de ésta.

**Palabras claves:** Cadenas de Markov, Diseño de Rutas, Algoritmo "De Ahorros", Turismo, Circuitos Turísticos.

## **ABSTRACT**

This research aims to present the regional governments with major probability of being visited by a tourist, national or international, and provide the shortest route to travel between these regions.

The theoretical basis of the study is comprised of the Markov chain issues and Design of Routes. In addition, the study of the tourism sector which aims to provide information on how it is currently, data collection was based on internal and external tourist surveys and information provided by travel agencies and tourism.

The application of Markov Chains to the tourist tours is demonstrated in formulating national models, that when they are developing, they offer the chance of arrival of tourists to the different regions.

For the design of routes using the Method or Algorithm "Savings", for which only used the regions with major probability, obtaining the Tourist Circuits with the least possible travel.

Finally, the results obtained show that the main national road less traveled is: Lima - Arequipa - Puno - Cuzco - Ica - Lima, and the different routes that follow from it.

**Keywords:** Markov chains, Design of routes, Algorithm "Savings", Tourism, Tourist Circuits.

# 1. INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de lugares turísticos existentes en nuestro país (más de cien mil lugares arqueológicos) hace que un turista tome su primera decisión al elegir qué lugares desea visitar y conocer, teniendo en cuenta que además de ello existen lugares ecológicos que son el interés primordial de muchos turistas.

Una solución, para los turistas, ante la compleja decisión de elegir qué sitios turísticos visitar es contactarse con agencias de turismo, empresas cuya finalidad es el brindar un servicio que consta de diferentes paquetes turísticos para escoger, las cuales contienen tours a varios sitios turísticos. Sin embargo, a pesar de las soluciones brindadas por estas agencias de turismo, restringe a los turistas a adoptar un tours fijo (de la gama de paquetes existentes) que quizá existen lugares a los cuales no desee visitar, por lo cual podemos afirmar que es una solución parcial a los problemas de los turistas que desean conocer nuestro país de forma segura.

Esta coyuntura hace posible la aplicación del tema de Cadenas de Markov para dar solución a los paquetes turísticos brindados por las agencias de turismo y obtener tours con los lugares que realmente deseen visitar los turistas; se podrá obtener los lugares turísticos que serán más visitados por un turista, con los cuales se podrán generar las rutas, haciendo uso del Algoritmo “De Ahorros” del Diseño de Rutas.

En conclusión, la presente investigación brindará información a distintos empresarios dedicados al turismo, ya sea para la creación de nuevos productos o para la expansión de su negocio; a personas emprendedoras que deseen formar una empresa dedicada al turismo, para la creación de sus productos o para una ubicación estratégica de sus locales; asimismo a los turistas que conocerán las ciudades más visitas y las posibles rutas a seguir para visitarlas.

# 2. MARCO TEÓRICO

## 2.1 CADENAS DE MARKOV

La Cadena de Markov es un tipo especial de los procesos estocásticos discretos en el tiempo, cuya particularidad se debe a que las probabilidades que describen la manera en que el proceso evolucionará en el tiempo dependen únicamente del estado actual en que se encuentra el proceso y son totalmente independientes de los eventos ocurridos en el pasado (Hillier y Lieberman 2006: 732). Existen muchos procesos que se acomodan a esta descripción, por lo que la aplicación de la Cadena de Markov ha llegado a sectores como: educación, salud, comercialización, producción, servicios, finanzas, entre otros.

La ley de distribución de las probabilidades de transición (o de un paso) en una Cadena de Markov de  $s$  estados, se representa de forma matricial conocida como Matriz de Probabilidad de Transición  $P$  de orden  $s \times s$ :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & \dots & s \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ s \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1s} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2s} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{s1} & p_{s2} & \dots & p_{ss} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Dentro de la Matriz de Probabilidad de Transición  $P$  se cumplen las siguientes propiedades:

- El elemento  $p_{ij}$  de la Matriz de Probabilidad de Transición  $P$ , representa la probabilidad de transición del estado  $i$  (fila  $i$ ) al estado  $j$  (columna  $j$ ).
- La suma de elementos de cada fila de la Matriz de Transición debe ser igual a 1.

$$\sum_{j=1}^s P(X_{t+1} = j | X_t = i) = \sum_{j=1}^s p_{ij} = 1$$

## 2.2 ESTADOS ESTABLES A LARGO PLAZO DE UNA CADENA DE MARKOV

**Definición 1:** “Si los estados en una cadena son recurrentes, aperiódicos y se comunican entre sí, se dice que la cadena es ergódica.”

Una Cadena de Markov es ergódica si todos sus estados son ergódicos. En el siguiente acápite se estudiará el comportamiento a largo plazo de las Cadenas de Markov ergódicas, y cómo es que sus probabilidades se llegan a estabilizar

**Teorema 1:** Sea  $P$  la matriz de transición de una Cadena de Markov Ergódica de Estado Estable. Entonces existe un vector  $\pi = [\pi_1 \ \pi_2 \ \dots \ \pi_s]$  tal que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P^n = \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_s \end{bmatrix}$$

Siendo  $\pi = [\pi_1 \ \pi_2 \ \dots \ \pi_s]$  la distribución de estado estable o distribución de equilibrio para una Cadena de Markov (Winston 2005: 934).

En la ecuación se observa que todas las filas de la matriz son idénticas, cumpliéndose lo dicho al inicio de este acápite. Por lo tanto, se afirma que para un largo plazo ( $n \rightarrow \infty$ ) la Cadena de Markov llega a estabilizarse, con una probabilidad  $\pi_j$  (estable) de que el estado llegue al estado  $j$ , e independiente del estado inicial  $i$ .

Dada el Teorema 1 se puede establecer que para todo estado inicial  $i$ :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} p_{ij}^{(n)} = \pi_j$$

La distribución de estado estable no significa que un proceso se establezca o finalice en un estado, por el contrario, el proceso continúa en transiciones de estados siendo las probabilidades  $p_{ij}$  constantes para cada transición ( $\pi_j$ ). Además, se cumple que:

$$\pi = \pi P$$

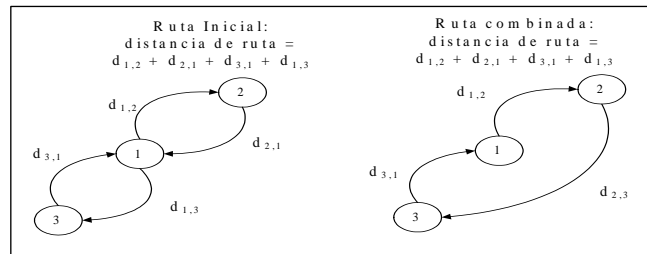
$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_s = 1$$

### 2.3 PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE RUTAS

La programación y diseño de rutas es una herramienta que facilita el encontrar soluciones óptimas a problemas complejos de diseño de rutas, debido a las diferentes restricciones o limitaciones que afectan al diseño.

#### 2.3.1 MÉTODO “DE AHORROS”

Según Ballou (2004), el método “De Ahorros” permite obtener soluciones para problemas complejos con varias restricciones y siendo relativamente fácil de calcular. El objetivo del método “De Ahorros” es conseguir una ruta con el mínimo recorrido de origen a destino (siendo coincidentes estos dos puntos). En la siguiente figura se muestra el cálculo del ahorro.



**Figura 1: Distancia Ahorrada en el Método “De Ahorros”**

La aplicación del método se detalla a continuación:

1. Identificar el punto de origen y los puntos a los cuales se desea llegar.
2. Determinar las distancias recorridas del origen a los otros puntos y entre los puntos: Matriz de Distancias Mínimas.
3. Calcular las distancias ahorradas al combinar las rutas entre dos puntos (diferentes al origen): Matriz de Ahorros.
4. Elegir las mayores cantidades de distancias ahorradas para añadir al diseño de la ruta, teniendo en cuenta las restricciones (capacidad de carga, tiempos, recursos, etc.).

El paso 4 se repite hasta que todos los puntos se hayan unido al diseño de ruta.

## 2.4 TURISMO EN EL PERÚ

Debido a su historia, Perú es un país rico en patrimonio a lo largo de todo su territorio, muestra de ello es el reconocimiento por parte de la Unesco de muchos bienes como Patrimonio de la Humanidad, siendo considerado como uno de los países con mayor patrimonio histórico-cultural del mundo.

### 2.4.1 ESTADÍSTICAS SOBRE AGENCIAS DE VIAJE

PROMPERÚ da a conocer la siguiente información, referente a la proporción de turistas extranjeros y Nacionales que contratan agencias de viaje.

**Tabla 1: Las Agencias de Viaje en el Turismo**

Organización del Viaje	Turista	
	Extranjero	Nacional
Viajando por su cuenta propia	76	98
Contratando agencia de viaje fuera de Perú	21	1
Contratando agencia de viaje dentro de Perú	3	1

### 2.4.2 ESTADÍSTICAS SOBRE TURISTAS

Los números concernientes al turismo en el Perú han venido creciendo en los últimos años sin interrupciones, prueba de ello son las cifras mostradas por MINCETUR:

**Tabla 2: Llegada de Turistas Extranjeros**

Año	2005	2006	2007	2008	2009
Total	1486502	1634745	1812384	1948660	2023967

### 2.4.3 TAMAÑO DE MUESTRA

La obtención de los datos necesarios para la presente investigación se logró mediante encuestas realizadas a los mismos turistas (extranjeros o peruanos) e información recopilada de algunas agencias de viaje y turismo.

Para cada modelo markoviano a desarrollarse, se tendrá que encontrar el tamaño de muestra apropiado para la población. Para obtener el tamaño de muestra, considerar los siguientes valores:

Población (N)	=	1000000
Proporción ( $\bar{P}$ )	=	0.5
$1 - \bar{P}$	=	0.5
Nivel de confianza ( $1 - \alpha$ )	=	95%
Z ( $(1 - \alpha/2)$ )	=	1.96
Error (e)	=	0.05

La ecuación del tamaño de muestra es la siguiente:

$$n = \left( \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}})^2 * \bar{P} * (1-\bar{P}) * N}{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}})^2 * \bar{P} * (1-\bar{P}) + e^2 * (N-1)} \right) = \left( \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 1000000}{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 + (0.05)^2 * (1000000-1)} \right) = 384.013 = 385$$

De lo anterior, se puede inferir que para una población muy grande (mayor a un millón), reemplazando la proporción por  $\bar{P} = 0.5$ , y querer obtener un error de 0.05 con un nivel de confianza de 95%, el valor máximo del tamaño de muestra  $n$  siempre será 385. Dado que en el año 2009, se sabe que la cantidad de sólo turistas internacionales que llegaron a nuestro país fue de 2 139 96. Se puede decir que: para los cuatro modelos a desarrollarse en esta investigación se necesitará información de 385 turistas (tamaño de muestra = 385 turistas).

En la Tabla 3 se muestra información relacionada a la estadía de los turistas en nuestro país, con lo cual se podrá estimar la estadía de los turistas en los recorridos obtenidos en el estudio. La Tabla es información brindada por PROMPERÚ.

**Tabla 3: Permanencia en el Perú del Turismo Extranjero y Nacional**

Permanencia	Turista Extranjero (%)	Turista Nacional (%)
De 1 a 3 noches	29	51
De 4 a 7 noches	24	30
De 8 a 14 noches	26	10
De 15 a 21 noches	10	6
De 22 a 28 noches	4	
De 29 a más	8	2
Promedio (noches)	12	6

Debido a la gran diferencia existente entre la cantidad de turistas extranjeros e internos, se tendrá en cuenta para el siguiente acápite, sólo la permanencia de los turistas extranjeros para la elaboración de uno de los tipos de los modelos markovianos a desarrollarse (Modelo con Transición: Periodo de Tres Noches). Por lo tanto, de la Tabla 3 se sabe que el turista extranjero visita en promedio 4 regiones en su viaje que dura 12 noches en promedio, por lo cual, se puede inferir que, un turista permanece 3 noches (4 días) aproximadamente en una región.

### 3. DEFINICIÓN Y DESARROLLO DEL MODELO

#### 3.1 DEFINICIÓN DE LOS ESTADOS DEL MODELO NACIONAL

Los estados en este modelo son los descritos en la tabla siguiente:

**Tabla 4: Estados del Modelo Nacional**

Zonas Turísticas a Nivel Nacional				
Origen (0)	Ayacucho (5)	Ica (10)	Loreto (15)	Puno (20)
Amazonas (1)	Cajamarca (6)	Junín (11)	Madre de Dios (16)	San Martín (21)
Ancash (2)	Cusco (7)	La Libertad (12)	Moquegua (17)	Tacna (22)
Apurímac (3)	Huancavelica (8)	Lambayeque (13)	Pasco (18)	Tumbes (23)
Arequipa (4)	Huánuco (9)	Lima (14)	Piura (19)	Ucayali (24)

Cada estado significa la llegada de un turista a esa zona. La transición de zona a zona se explicará en el siguiente acápite. El Origen es el lugar de donde provienen los turistas, ya sean nacionales o internacionales.

### 3.2 PROBABILIDADES DE TRANSICIÓN

Para este modelo se usarán dos tipos de modelos markovianos, diferenciándose ambos por la transición a usarse.

#### 3.2.1 PROBABILIDADES DE TRANSICIÓN: PERIODO DE TRES NOCHES

De lo mencionado en el acápite 2.4.3, se elige como transición: Periodo de tres noches.

Las probabilidades de transición (periodo de tres noches) mostradas en la Matriz 1, indican la probabilidad de viajar o permanecer en una región (estado) en las próximas tres noches (transición), por ejemplo:

$N \rightarrow C$ : Turista que viajará en las próximas tres noches de la región norte a la región centro.

$N \rightarrow N$ : Turista que permanecerá en las próximas tres noches en la región norte.

**Matriz 1: Transición – Periodo de Tres Noches**

3 noches	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.13	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.46	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.11	0.09	0.00
1	0.30	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.35	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.19	0.00	0.01	0.00	0.30	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00
5	0.33	0.00	0.00	0.00	0.07	0.40	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.84	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.18	0.00	0.03	0.01	0.14	0.02	0.01	0.27	0.00	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.13	0.00	0.03	0.00	0.00
8	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.33	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.10	0.00	0.04	0.00	0.17	0.02	0.04	0.05	0.01	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.18	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00
11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.36	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
13	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.28	0.00	0.06	0.00	0.15	0.00	0.02	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.04	0.23	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
15	0.26	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.04	0.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04
16	0.11	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.17	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00
20	0.14	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.18	0.00	0.00
21	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00
22	0.37	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.37	0.00	0.00
23	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.04	0.00	0.20	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50

### 3.2.2 PROBABILIDADES DE TRANSICIÓN: UN VIAJE

Al elegir un viaje como la transición, da como resultado ceros en la diagonal de la matriz, dado que no puede existir un viaje entre las mismas regiones.

Las probabilidades de transición (de un viaje) mostradas en la Matriz 2, indican la probabilidad de viajar (transición) de una región a otra (estado), por ejemplo:

$O \rightarrow N$ : Turista que viajará de su lugar de residencia a la región norte.

$N \rightarrow C$ : Turista que viajará de la región norte a la región centro.

**Matriz 2: Transición – Periodo de Un Viaje**

1 Viaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.13	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.46	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.11	0.09	0.00	
1	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.58	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	
5	0.60	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	0.89	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	
7	0.28	0.00	0.03	0.01	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.15	0.00	0.06	0.00	0.00	
8	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.20	0.00	0.04	0.00	0.24	0.02	0.06	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	
11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	0.33	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	
13	0.17	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
14	0.21	0.00	0.09	0.00	0.20	0.00	0.05	0.13	0.00	0.00	0.11	0.01	0.03	0.06	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
15	0.50	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.04	
16	0.22	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	0.32	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.25	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	
20	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	
21	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.15	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	0.54	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	
24	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

### 3.3 DESARROLLO DE LOS MODELOS

Dado que las matrices presentadas anteriormente son Cadenas de Markov Ergódicas, se puede obtener el estado estable de cada una de ellas. La Tabla 5 muestra las probabilidades por cada tipo de transición.

**Tabla 5: Probabilidad de Llegada a una Región**

Región	Transición	
	3 noches	1 viaje
Amazonas	0.64%	0.46%
Ancash	4.92%	4.34%
Apurímac	0.19%	0.23%
<b>Arequipa</b>	<b>10.99%</b>	<b>10.37%</b>
Ayacucho	0.96%	0.76%
Cajamarca	2.88%	3.96%
<b>Cusco</b>	<b>16.04%</b>	<b>17.07%</b>
Huancavelica	0.38%	0.30%
Huánuco	0.58%	0.38%
<b>Ica</b>	<b>7.35%</b>	<b>6.94%</b>
Junín	0.64%	0.61%
La Libertad	4.60%	5.03%
Lambayeque	2.68%	3.13%
<b>Lima</b>	<b>19.87%</b>	<b>19.28%</b>
Loreto	3.19%	3.96%
Madre de Dios	1.21%	0.69%
Moquegua	0.45%	0.30%
Pasco	0.64%	0.38%
Piura	2.30%	3.35%
<b>Puno</b>	<b>6.52%</b>	<b>6.10%</b>
San Martín	1.09%	0.99%
<b>Tacna</b>	<b>8.05%</b>	<b>7.62%</b>
Tumbes	3.58%	3.51%
Ucayali	0.26%	0.23%
Total	100.00%	100.00%

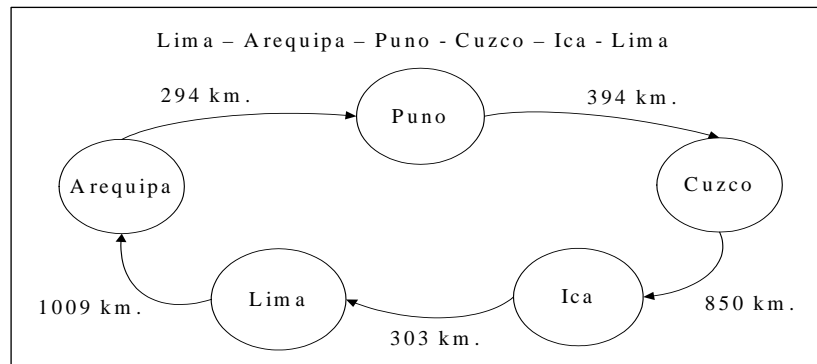
### 3.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO “DE AHORROS”

Como se puede observar en la Tabla 5, las regiones que tienen una probabilidad mayor a 5%, en los dos modelos desarrollados, son: Lima, Cusco, Arequipa, Tacna, Ica y Puno. Incluir en el circuito turístico a la región Tacna, puede ser un error, ya que esta región suele tener una alta probabilidad de ser visitada, porque en su gran mayoría, los turistas lo usan como punto de inicio o de fin del recorrido. Por lo tanto, sólo se realizará circuitos turísticos con: Lima, Cusco, Arequipa, Ica y Puno.

Con las distancias entre cada macro-región, podemos obtener el recorrido mínimo usando el Método “De Ahorros”. Dado que la región Lima tiene las mayores probabilidades y además es el principal punto de ingreso al país, se elegirá a Lima como origen.

Con lo cual se obtiene el siguiente circuito turístico con menor recorrido:





**Figura 2: Recorrido Mínimo a Nivel Nacional**

Con un total de 2850 km. recorridos entre las cinco regiones a nivel nacional.

Aplicando el Método “De Ahorros” se puede obtener los siguientes distintos circuitos turísticos:

**Tabla 7: Circuitos Turísticos con menor recorrido**

Circuito Turístico	Recorrido (Km)
Lima – Arequipa – Puno – Cuzco – Ica – Lima	2850
Lima – Arequipa – Cuzco – Ica – Lima	2992
Lima – Cuzco – Puno – Arequipa – Lima	2850
Lima – Arequipa – Puno – Ica – Lima	2705
Lima – Cuzco – Puno – Ica – Lima	2949
Lima – Ica – Puno – Lima	2804
Lima – Arequipa – Cuzco – Lima	2992
Lima – Arequipa – Ica – Lima	2023
Lima – Arequipa – Puno – Lima	2705
Lima – Cuzco – Ica – Lima	2306
Lima – Cuzco – Puno – Lima	2949
Lima – Ica – Puno – Lima	2804
Lima – Arequipa – Lima	2018
Lima – Cuzco – Lima	2306
Lima – Ica – Lima	606
Lima - Puno – Lima	2804
Lima	0

Cabe señalar que los circuitos presentados implican el recorrido que hará el turista, sin embargo, la región Lima puede no ser visitada.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones que se obtienen de la presente investigación son:

- Con el presente estudio, se concluye que los turistas tienen una tendencia a visitar ciertos lugares específicos, los cuales son: Arequipa, Cuzco, Ica, Lima, Puno y Tacna.

- A pesar de la aplicación de dos transiciones distintas en las Cadenas de Markov: un viaje y tres noches; ambas muestran resultados (probabilidades de visitar un destino turístico) muy similares en los estados estables respectivos.
- Los resultados obtenidos por la aplicación de las Cadenas de Markov son útiles para las empresas a tomar decisiones estratégicas en el sector turismo, como es el caso de estrategias de expansión y/o estrategias de alianzas empresariales, para el sostenimiento y crecimiento de éstas en el mercado. Las empresas que se pueden beneficiar del presente estudio son las: cadenas de hoteles, cadenas de restaurantes, agencias de viaje y de turismo, entre otros. Asimismo, el presente estudio serviría a turistas que desconocen qué ciudades son las más visitadas en Perú.
- La aplicación del Método “De Ahorros”, haciendo uso de las regiones con mayor de probabilidad de ser visitados a nivel nacional, dan como resultado el menor recorrido posible entre dichas regiones, considerando el punto de partida en Lima, para lo cual también se muestran todas las combinaciones posibles entre las regiones.
- Las rutas encontradas según el Método “De Ahorros”, sirve como referencia para diferentes ideas de negocio, como son las estrategias de expansión y crecimiento en el mercado, creación de nuevos productos, entre otros, relacionado con el turismo, las empresas que pueden hacer uso de estos resultados son las agencias de turismo, agencias de viaje, transporte interprovincial, entre otras. Asimismo, el presente estudio ayudaría a los turistas que desconocen cómo realizar un recorrido a las ciudades más visitadas en Perú.

## REFERENCIAS

- Ballou, Ronald (2004). Logística: Administración de la Cadena de Suministros. 5° edición. Pearson Educación, México.
- Hillier, Frederick y G. Lieberman (2006). Investigación de Operaciones. 8° edición. McGraw-Hill, México.
- Winston, Wayne (2005). Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. 4° edición. Thomson, México.
- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERÚ). <http://www.promperu.gob.pe/>, 10/12/10.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). <http://www.mincetur.gob.pe/newweb/>, 12/12/10.

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores, Wilmer Atoche y Víctor Farro, autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors, Wilmer Atoche & Víctor Farro authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*