OPTIMIZACIÓN DE MUESTREO ESTRATIFICADO CON ALGORÍTMOS GENÉTICOS PARA PUNTOS DE ATENCIÓN AL CLIENTE

Lic. Castillo Manzur[1], Luis Alberto
✉ *lcastillo@asfi.gob.bo*

RESUMEN

El muestreo aleatorio estratificado divide a la población en diferentes subgrupos (estratos), para seleccionar a los sujetos finales de los diferentes estratos en forma proporcional (afijación proporcional). El problema que se plantea es dividir a una misma población en diferentes grupos, cada uno de ellos subdividido en estratos, donde la selección del sujeto final cumpla con los requisitos de una muestra estratificada proporcional para cada uno de los grupos, evitando que los diferentes estratos se superpongan y manteniendo el criterio de muestreo probabilístico. La solución propuesta para este tipo de problemas utiliza modelos de optimización con base a Algoritmos Genéticos, porque esta técnica es capaz de resolver problemas no lineales complejos, donde la mejor solución local puede no ser la mejor solución absoluta (a diferencia de los métodos de optimización tipo «escalada»). El modelo especificado optimiza la muestra para cuatro grupos (tipos de entidades, tipos de puntos de atención, nivel de urbanización y piso geológico), donde la población la constituyen los puntos de atención. El modelo de optimización selecciona aquellos puntos que cumplen con los requerimientos muestrales de cada estrato. El procedimiento permite obtener una serie de escenarios óptimos, mismos que son condicionados a contener un número determinado de veces a un mismo punto de la población en el conjunto de escenarios. La metodología propuesta es de carácter experimental, apertura un camino diferente en el campo del muestreo y requiere para su desarrollo una profundización en la fundamentación teórica.

PALABRAS CLAVE

Afijación proporcional, algoritmos genéticos, muestreo estratificado.

1. INTRODUCCIÓN

Un Punto de Atención al Cliente se define como un espacio que cuenta con infraestructura física, donde se efectúan actividades comerciales (venta de medicamentos, gasolina, gas, libros y otros) o de servicios (centros educativos, centros de salud, estaciones de servicio y otros), sean de carácter público o privado. Adicionalmente, los Puntos de Atención al Cliente pueden estar ubicados en diferentes espacios geográficos (a nivel país, departamento o localidad).

Con relación al tema tratado, se aplica a través de encuestas, técnicas de muestreo aleatorio estratificado para conocer si los Puntos de Atención al Cliente de un determinado sector satisfacen adecuadamente la demanda de los productos o servicios ofertados por ellos, considerando criterios de cantidad y/o calidad.

Bajo este marco conceptual, se parte de la premisa que los Puntos de Atención al Cliente pueden poseer características comunes en más de un estrato, por ejemplo: Los centros educativos del país pueden clasificarse por: a) su localización rural o urbana; b) por el tipo de constitución (establecimientos públicos o privados); c) por el departamento donde se ubican (existen más criterios de clasificación). Considerando esta información, si se aplican técnicas de muestreo aleatorio estratificado a cada uno de los tres estratos, se obtendrán tres muestras diferentes, en las que posiblemente,

[1] Analista de monitoreo del sistema financiero - Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI).
Nota: El contenido del presente documento es de responsabilidad del autor y no compromete la opinión de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero.

no se repitan los mismos centros educativos. Como alternativa, la técnica basada en muestreo estratificado con algoritmos genéticos, logra seleccionar un conjunto de Puntos de Atención al Cliente que posean características comunes a los tres estratos, manteniendo la condición de aleatoriedad en la selección de la muestra. De esta manera, es posible reducir el tamaño de la muestra y los costos de la encuesta.

Tabla 1
Ejemplo 1 – Población dividida en tres Estratos

PA	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Punto 1	A	C	F
Punto 2	A	C	F
Punto 3	A	C	F
Punto 4	A	C	F
Punto 5	A	D	G
Punto 6	A	D	G
Punto 7	A	D	G
Punto 8	B	D	G
Punto 9	B	D	H
Punto 10	B	E	H
Punto 11	B	E	H
Punto 12	B	E	I
Punto 13	B	E	I
Punto 14	B	E	I

Fuente: Elaboración propia
Abreviaturas: PA=Puntos de Atención

En la tabla se puede observar 14 Puntos de Atención (PA), con características comunes en tres estratos distintos. Al seleccionar la muestra de cada población, se tiene la cantidad de elementos que pertenecen a cada característica:

Tabla 2
Ejemplo 1 – Requisitos para las características de la Muestra

Características Poblacionales	Total Población	Muestra (hipotética)
A	7	3
B	7	3
C	4	2
D	5	2
E	5	2
F	4	2
G	4	2
H	3	1
I	3	1

Fuente: Elaboración propia

Al aplicar un modelo de optimización, que, en el caso del ejemplo, debe minimizar la cantidad de PA que cubran todos los requerimientos muestrales de los tres estratos. El resultado puede ser una selección de PA (de varios escenarios posibles), igual a la que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3
Ejemplo 1 – Resultados esperados para la selección Muestral

PA	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Punto 1	A	C	F
Punto 2	A	C	F
Punto 3			
Punto 4			
Punto 5			
Punto 6	A	D	G
Punto 7			
Punto 8	B	D	G
Punto 9			
Punto 10	B	E	H
Punto 11			
Punto 12	B	E	I
Punto 13			
Punto 14			

Fuente: Elaboración propia

La suma de características de los PA seleccionados cumple los requerimientos muestrales de los tres estratos.

El ejemplo 1, permitirá una mejor

comprensión del proceso de minimizar la cantidad de PA que cumplan con los requerimientos muestrales de cada estrato. En el ejemplo, la optimización puede ser resuelta con modelamiento lineal, sin embargo, el uso de un modelamiento con Algoritmos Genéticos (AG) persigue un segundo objetivo abocado a que: la elección de PA que integran la muestra debe ser aleatoria. El conjunto de soluciones no debe excluir a ningún elemento de la población para ningún estrato y la probabilidad de los elementos a ser seleccionados debe ser la misma para todos ellos. El uso de AG es fundamental para garantizar la generación de escenarios aleatorios en el proceso de optimización, sin embargo, como se verá en el siguiente estudio de caso, se requiere de una metodología complementaria para «garantizar» que las condiciones básicas del muestreo aleatorio se cumplan.

2. DESARROLLO

Primer paso - Determinación de la muestra para varios estratos

Para el desarrollo del estudio de caso se definen los siguientes parámetros:

Tabla 4
Estudio de Caso – Parámetros Iniciales

Descripción de parámetros iniciales	Parámetros
Tamaño de la población objetivo	1.522
Margen de error máximo admitido	5%
Tamaño para un nivel de confianza del 95%	306

Fuente: Elaboración propia

En el caso tratado se aplica la técnica de «muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional», para cada uno de los estratos:

Tabla 5
Estudio de Caso – Muestreo Aleatorio Estratificado con Afijación Proporcional

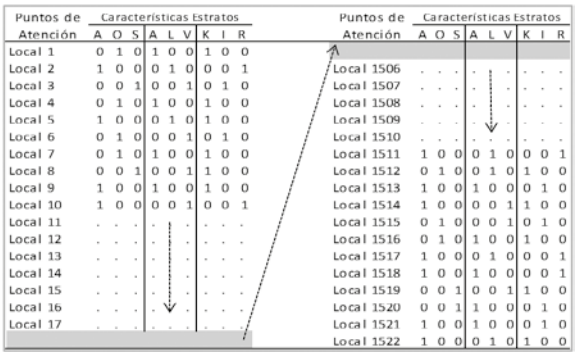
Estratos		Nº sujetos	Proporción	Muestra
Estrato 1				
A	Altiplano	504	0,3	102
V	Valles	480	0,3	97
L	Llanos	538	0,4	109
Estrato 2				
K	Ciudad Capital	1.007	0,7	203
I	Ciudad Intermedia	337	0,2	68
R	Localidad Rural	178	0,1	36
Estrato 3				
O	Oficina Central	66	0,0	13
A	Agencia	1.332	0,9	269
S	Sucursal	124	0,1	25

Fuente: Elaboración propia con datos simulados para efectos de demostración

Segundo paso – Configuración de la Base de datos

La base de datos con la totalidad de PA debe ser presentada con la siguiente configuración:

Figura 1
Forma de Presentación de la Base de Datos



Puntos de Atención	Características Estratos								
	A	O	S	A	L	V	K	I	R
Local 1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Local 2	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Local 3	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Local 4	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Local 5	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Local 6	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Local 7	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Local 8	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Local 9	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Local 10	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Local 11	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 12	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 14	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 15	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 16	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 17	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Puntos de Atención	Características Estratos								
	A	O	S	A	L	V	K	I	R
Local 1506	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 1507	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 1508	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 1509	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 1510	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Local 1511	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Local 1512	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Local 1513	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Local 1514	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Local 1515	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Local 1516	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Local 1517	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Local 1518	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Local 1519	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Local 1520	0	0	1	1	0	0	0	1	0
Local 1521	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Local 1522	1	0	0	0	1	0	1	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

Como se observa en la Figura diseñada para representar dos extremos de la base de datos, cada PA debe poseer una característica de cada estrato (100), de tal manera que la suma horizontal por fila será 3, mientras que la suma vertical de las tres columnas que comprenden cada estrato será de 1.522 que es el número total de PA.

[2] PALISADE: Palisade Corporation produce el software @RISK y los programas que conforman la «Decision Tools Suite» (Big Picture, Precision Tree, Top Rank, Neural Tools, Stat Tools, Evolver, Risk Optimizer).

Tercer paso – Modelo de Optimización con Algoritmos Genéticos

Para este tipo de modelamiento se hace uso de «Evolver» (software para modelamiento con algoritmos genéticos diseñado por PALISADE[2]). Evolver es un complemento (add-on) de Microsoft Excel y se integra a la hoja de cálculo donde se ha preparado la base de datos, por consiguiente, el modelo de optimización puede ser especificado en la misma hoja.

Para diseñar el modelo de optimización (que es neurálgico para la selección de las muestras), es necesario considerar las siguientes opciones:

a) Receta – Conjunto de variables que pueden cambiar independientemente.
b) Agrupamiento – Colección de elementos a ser posicionado en grupos.
c) Orden – Lista ordenada de elementos.
d) Presupuesto – Algoritmo de receta, pero el total permanece constante.
e) Proyecto – Algoritmo de orden, pero algunos elementos preceden a otros.
f) Calendarización – Algoritmo de agrupamiento, pero asigna elementos a bloques de tiempo mientras satisface restricciones.

Para la optimización del muestreo estratificado se ha optado por la opción del algoritmo de «Orden», y se diseña el modelo en Excel considerando las características de este tipo de modelos.

Tabla 6
Modelo de Optimización

	TIPO PA			PISO GEO			NIV.URB.			Funciones		TIPO PA			PISO GEO			NIV.URB.		
PA	A	O	S	A	L	V	K	I	R	Rand.	Index	A	O	S	A	L	V	K	I	R
149	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
151	0	0	1	0	1	0	0	0	1	7	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
152	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	1	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
155	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
156	1	0	0	0	1	0	1	0	0	5	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
157	1	0	0	0	1	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	1	0	0	1	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	1	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

a) PA – Identifica al Punto de Atención.
b) AOSALVKIR – Identifican las características de los tres estratos (ordenados como se explica en la Figura 1).
c) Rand. – Función de Excel que genera números aleatorios en un rango de 1 a 9.
d) Index – Función de Indexación de Excel especificada de la siguiente forma: =INDEX(´fila con valores de cada estrato´, ´valor del número aleatorio de la fila´). Ejemplo: para PA=150, Index abarca los valores (1,0,0),(0,1,0),(0,0,1) y el número aleatorio "1". Su notación, en la tabla de ejemplo, sería: =INDEX(F3:N3,O3). Se hace notar que los valores de la columna Index siempre serán "0" o "1".
e) Las columnas con los tres estratos ubicados a la derecha de la Tabla contienen en cada celda una función condicional (se denominará "FCon1") para asignar un valor "1" cuando el valor de una columna con las características estratificadas (ubicadas a la izquierda) sea "1" y coincida con el valor de la columna Index igual a "1". A manera de ejemplo, la función condicional presenta la siguiente configuración: =IF(($P4+G4) =2,1,0). Donde $P4 es el valor de Index de la fila y G4 el valor equidistante de la celda ubicada en las columnas con los datos de las características de cada estrato (ubicadas a la izquierda).

Los valores que sirven como parámetros de optimización se sitúan al final de la tabla y muestran lo siguiente:

Tabla 7
Parámetros de Optimización

	TIPO PA			PISO GEO			NIV.URB.			Funciones		TIPO PA			PISO GEO			NIV.URB.		
PA	A	O	S	A	L	V	K	I	R	Rand.	Index	A	O	S	A	L	V	K	I	R
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1519	0	0	1	0	0	1	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1520	0	0	1	0	1	0	1	0	0	4	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
1521	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
1522	1	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suma 200 primeras filas											64									
Suma las 1522 filas												246	7	15	107	99	63	183	59	27
Muestra para cada estrato												135	5	13	52	54	47	101	34	18
Premio por cumplir la meta												1	1	1	1	1	1	1	1	1
Suma de premios											9									
Suma total de puntaje											73									

Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

Los parámetros de optimización son los siguientes:

a) Suma 200 primeras filas – Los esfuerzos de optimización a través de la función Index se centran solo en las 200 primeras filas de la tabla. Es un parámetro que debe calibrarse según los requerimientos de estratificación de cada modelo.

b) Suma 1.522 filas – Para cada columna que contiene la condicional FCon1 se suman los valores totales de las 1.522 filas.

c) Muestra para cada estrato – Valores predeterminados al especificar el modelo (muestra por estrato).

d) Premio por cumplir la meta – Se aplica una función condicional donde: a la suma total de 1.522 filas se resta el valor de la muestra para cada estrato. (Ejemplo: para la primera columna de la tabla se resta 246 – 135 = 111). Si el valor resultante es mayor que 0 se premia con +1, si es igual a 0 se premia con +5, si es menor que 0 se castiga con -5. Ejemplo: =IF(V910=V911,5,IF (V910>V911,1,-5)). Esta condicional alienta al programa a acercarse a los valores deseados.

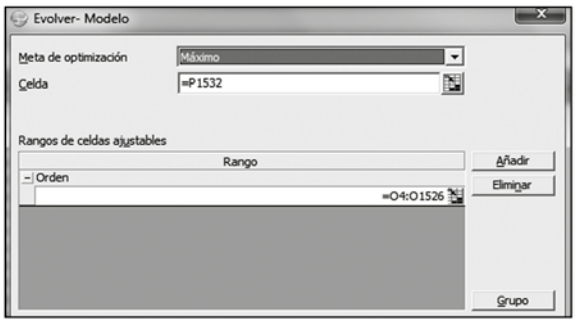
e) Suma de premios – Se suman las nueve columnas correspondientes a la fila "premio por cumplir la meta". (Se hace notar que en el modelo de optimización planteado se considera "meta" a lograr alcanzar los valores establecidos para las muestras estratificadas.

f) Suma total de puntaje – Se adicionan los valores de "Suma 200 primeras filas" y "Suma de premios". El valor obtenido es el valor objetivo a maximizarse en el modelo de optimización.

Especificación de parámetros del modelo en Evolver

Una vez que el modelo de optimización ha sido especificado en Microsoft Excel se procede a definir el modelo en Evolver, para ello se ejecuta el botón izquierdo de la barra de comandos del programa (inserto en Excel). La siguiente figura muestra la especificación de los parámetros:

Figura 2
Opción: Definición del Modelo en Evolver



Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

En la figura anterior, no se muestran todas las opciones disponibles, solo las requeridas para este tipo de modelos, siendo cuatro los parámetros especificados:

a) Meta de optimización: Máximo (Otras opciones serían ¨Mínimo" y "Valor Objetivo").

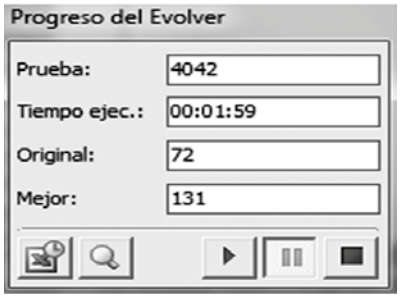
b) Calda: =P1532 (denominada "Suma total de puntaje").

c) En Rango de Celdas Ajustables se puede visualizar el tipo de optimización: "Orden".

d) En la casilla seleccionable: =O4:O1526 (muestra la columna donde se encuentran los números aleatorios que una vez generados se deben volver VALORES – se recomienda generar un macro para realizar esta acción que es repetitiva para cada optimización).

Al ejecutarse la opción "Inicio" en Evolver, el programa comienza el proceso de optimización, mostrando un resumen del avance logrado en el siguiente recuadro (que se sitúa como una ventana emergente en la pantalla).

Figura 3
Control del proceso de optimización de Evolver



Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

La ventana muestra los siguientes indicadores sobre el progreso de la optimización:

a) Prueba: 4, 042 (número de escenarios generados a través de algoritmos genéticos)
b) Tiempo de ejecución: Duración de la optimización, previo a su interrupción.
c) Original: 72 (puntaje de partida del valor "Suma total de puntaje" en el modelo)
d) Mejor: 131 (puntaje alcanzado para el valor "Suma total de puntaje" en el modelo)

Al presionar el botón cuadrado ubicado en la parte inferior derecha de la ventana emergente se "detiene la optimización", disponiéndose de los resultados para la generación de escenarios optimizados.

Cuarto paso – Testeo de los resultados de optimización

No todos los escenarios optimizados necesariamente cubrirán los requerimientos del tamaño de muestra para cada estrato, por los siguientes motivos: El modelo parte de un escenario generado aleatoriamente, la forma de optimización de Evolver consiste en gran parte en un bombardeo de números aleatorios sobre sus propios resultados, quedándose aquellos que más se acercan al resultado deseado. Considerando que el tiempo asignado a cada optimización es de máximo cinco minutos, el programa puede haber estado tratando de optimizar una rama "del árbol de probabilidades" (no se hace referencia a la técnica de árboles de probabilidad) distante del objetivo. Para clasificar solo a los escenarios que son útiles para el objetivo trazado, se diseña un sistema de ordenamiento de resultados ligado a una prueba de eficiencia.

Tabla 8
Proceso de ordenamiento de resultados de optimización

PA	COPIAR REORDENAR	Características de los Estratos A	O	S	A	L	V	K	I	R
19	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
136	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
150	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
157	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
184	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
188	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
192	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
209	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

ORIGINALES

\+

Nivel PA Optimizados

	200
	190
	180
	170
	160

Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

Como se observa en la Tabla 8, la planilla para el ordenamiento requiere de los siguientes componentes:

a) La columna contiene a los PA resultantes del modelo de optimización.
b) La columna «COPIAR–REORDENAR», es donde se colocan los valores de la columna de números aleatorios, extraídos del modelo de optimización y ordenados de menor a mayor. Es importante tomar en cuenta que el modelo de optimización está basado en un «algoritmo de orden», por consiguiente, los resultados optimizados dependen de la posición donde se encuentran los valores.
c) Las nueve columnas de características, muestran los valores correspondientes de cada estrato asociados a sus respectivos PA.
d) El recuadro Nivel PA optimizados, es un indicador del nivel de requisitos muestrales que han sido cubiertos. En el ejemplo el valor 190 denota que de 181 a 190 PA cubren los requerimientos de todos los estratos.
e) El rectángulo, «ORIGINALES» es una macro para restablecer a su posición

original a cada PA y el símbolo «+» es una macro para ordenar los valores de la tabla en función de la columna COPIAR – REORDENAR.

Quinto paso - Escenarios muestrales optimizados

El último paso para completar la metodología de muestreo es la recopilación de los escenarios optimizados, armándose la siguiente tabla:

Tabla 9
Escenarios optimizados

			Escenarios optimizados																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N° de PA	Repet. PA	Sigla Caract.	Número de PA que cumplen con los requerimientos muestrales																			
			216	216	217	216	216	216	216	217	216	216	216	216	216	217	216	216	216	216	216	216
1	3	OAK				X				X	X											
2	3	SVK										X	X	X								
3	3	SAK															X	X	X			
4	3	SAK				X			X	X												
5	3	SVK		X				X	X													
6	3	SLK										X	X	X								
7	3	SLK										X	X	X								
8	3	SVK			X			X	X													
9	3	AAK	X	X																		X
10	3	AAK											X	X	X							

Fuente: Elaboración propia con datos simulados de la Tabla 5

La Tabla 9, muestra lo siguiente:

a) N° de PA – corresponde al PA de 1 a 1.522.
b) Repeticiones PA (Repet.PA) – número de veces que los PA aparecen en los 20 escenarios. En todos los casos es tres.
c) Sigla de características (Caract.) – Sigla de las características de los estratos. Mediante un modelo de restricción, desarrollado previa-mente, se garantiza que los escenarios generados no sobrepasen un número determinado de PA. En el modelo desarrollado el límite fijado es tres. Este tipo de modelos puede ser formulado de diversas formas, optándose para el caso por identificar a los PA con una sigla, las que a su vez conforman grupos con determinadas cuotas de asignación dentro de cada muestra. Una vez cubierto el cupo se completa la muestra con los PA residuales.
d) Escenarios optimizados - muestra el número de total de escenarios generados por el modelo de optimización. Se tiene un total de 20.
e) Número de PA que cumplen con los requerimientos muestrales – Muestra el número de PA que integran cada escenario, en 17 escenarios se tiene una muestra total de 216 PA y en tres escenarios una muestra de 217 PA.

De esta manera, cada escenario contiene una muestra optimizada de 216 (17) y 217 (3) PA, mismos que satisfacen los requerimientos muestrales de todos los estratos (AOS-ALV-KIR). Cada PA está distribuido en tres de los 20 escenarios. Al elegir uno de los escenarios aleatoriamente, cada PA tiene la misma probabilidad de ser parte de la muestra seleccionada.

3. CONCLUSIONES

- La técnica de algoritmos genéticos es fundamental para garantizar la generación de escenarios aleatorios en el proceso de optimización.
- La aplicación del método de optimización cumple con el objetivo de obtener una muestra única que cumpla con los requerimientos muestrales de cada grupo.
- Para el modelo especificado se generaron 20 escenarios optimizados, 17 escenarios compuestos por 216 puntos y tres escenarios con 217 puntos.
- La probabilidad de que cada uno de los 1.522 puntos de la población sea seleccionado en la muestra es de 3/20.
- La metodología expuesta da lugar a incursionar en un camino diferente a los métodos convencionales de muestreo, que denota un potencial, en etapa inicial de desarrollo teórico.

BIBLIOGRAFÍA

Winston, Wayne L., WLW (2006). "*Modelos Financieros con Simulación y Optimización*". Ithaca: Palisade Corporation.

Martínez D., Cabaleiro J., Pena T., Rivera F. y Blanco V. (2012). "*Uso de algoritmos genéticos para la obtención de modelos estadísticos de rendimiento*". Santiago de Compostela: Centro Singular de Investigación en Tecnoloxías da Información.