

Realineación de territorios de venta utilizando estadística multivariante

Realignment of sales territories using multivariate statistics

Juan Gabriel Correa Medina,¹
Ma. Loecelia Guadalupe Ruvalcaba Sánchez,² Alejandro Fabre Bandini³

Correa Medina, J. G.; Ruvalcaba Sánchez, M. L. G.; Fabre Bandini, A., Realineación de territorios de venta utilizando estadística multivariante, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 22-28, 2011.

RESUMEN

En el presente artículo se presenta el procedimiento empleado para la realineación de territorios mediante estadística multivariante, en una región de ventas de una empresa distribuidora de herramientas de corte. Los objetivos de la realineación fueron la compactación de los territorios y la minimización de la variación de los volúmenes de venta actuales de los vendedores. El primer objetivo se alcanzó a través de un análisis de clúster, cuyos centros fueron los lugares de residencia de los vendedores, en tanto el segundo requirió la clasificación de los clientes en función de los indicadores de interés para la empresa. Los resultados obtenidos muestran que la estadística multivariante es una buena herramienta para la solución de este tipo de problemas.

Palabras clave: realineación de territorios, estadística multivariante, análisis de clúster, análisis discriminante, k-medias, fuerza de ventas.

Key words: edalignment territories, multivariate statistics, cluster analysis, discriminant analysis, k-means, sales force.

Recibido: 6 de Diciembre de 2010, aceptado: 1 de Junio de 2011

¹ Departamento de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, jgcorrea@correo.uaa.mx.

² Departamento de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, lgruvalvaba@correo.uaa.mx.

³ Centro Interdisciplinario de Posgrados, UPAEP, alejandro.fabre@upaep.mx.

ABSTRACT

This paper presents a procedure for territory realignment in a sales region of a cutting tools distributor by using multivariate statistics. The objectives of the realignment were the compactness of the territories and the minimization of the variation in current volume sales between salesmen. The first objective was achieved through a cluster analysis whose centers were the places of residence of the salesmen, while the latter required the classification of customers based on the criteria of interest for the company. The results show that the multivariate statistics is a good tool for solving such problems.

INTRODUCCIÓN

La competitividad actual de los mercados hace necesario que las empresas implementen estrategias para mejorar su nivel de servicio al cliente. Una actividad importante a considerar es la alineación de territorios de venta, la cual permite a la organización ajustarse adecuadamente a las necesidades de los clientes, mejorando su cobertura y ayudando a la compañía a mantener su fuerza de ventas, tiempos de viaje y costos bajo control.

El diseño territorial se puede ver como el problema de agrupar n pequeñas áreas geográficas llamadas Unidades de Cobertura de Ventas (SCUs por sus siglas en inglés, Sales Coverage Unit) en m grupos geográficamente más grandes llamados territorios, de forma que éstos satisfa-

gan un conjunto de criterios de planificación. El problema pertenece a la familia de los problemas de distritos, mismos que han sido clasificados como problemas de optimización combinatoria NP-hard (Tavares Pereira *et al.*, 2007; Ríos Mercado y Fernández, 2009) y tienen una amplia gama de aplicaciones como distritos políticos, distritos escolares, territorios de venta y territorios de servicios. Hess y Samuels, en 1971, fueron pioneros al proponer un modelo matemático aplicado al diseño de territorios, denominado GEOLINE (mencionado por Lilien y Rangaswamy, 2004), y a partir de éste se han propuesto diversos modelos, de los cuales sobresalen las aplicaciones de distritación política y distritación escolar. Kalcsics *et al.* (2005) presentaron un estado del arte sobre las aplicaciones y técnicas de solución utilizadas para resolver este tipo de problemas.

Entre los trabajos de distritación que emplean técnicas de solución exactas destacan la modelación del problema de distritos políticos como un problema de partición de grafos de doble ponderación, el cual es formulado como un modelo de programación cuadrática y es resuelto con *software* de optimización comercial (Zhen Ping *et al.*, 2007); la presentación de un estudio computacional sobre el problema de diseño territorial, usando un modelo matemático, es resuelto mediante el método de ramificación y acotamiento y que presenta, además, un análisis de la sensibilidad del modelo a la variación de diversos parámetros (Flores Rivas y Ríos Mercado, 2009); la modelación de un problema de diseño de territorios de atención comercial como un problema lineal entero mixto relajado resuelto mediante el método de ramificación y acotamiento (Solís García *et al.*, 2009); y un modelo de programación entero mixto para el rediseño de territorios de venta biobjetivo, cuyos frentes de Pareto verdaderos son obtenidos mediante la utilización del método exacto e-constraint y que sirven para verificar la calidad de una nueva heurística (Correa *et al.*, 2010).

Dada la naturaleza combinatoria del problema, los métodos heurísticos y metaheurísticos han sido ampliamente aplicados, destacando el uso de algoritmos voraces para el diseño de territorios de venta (Vargas Suárez *et al.*, 2005; Fernández y Ríos Mercado, 2006; Salazar Acosta *et al.*, 2009), el diseño de territorios comerciales (Caballero Hernández *et al.*, 2007; Ríos Mercado, 2007; Ríos Mercado y Fernández, 2009; Salazar Aguilar *et al.*, 2009) y el diseño de territorios para la recolección de equipo eléctrico y elec-

trónico (Ríos Mercado *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2010); el uso heurístico basadas en la técnica de localización-asignación para la formación de territorios (Segura Ramírez *et al.*, 2007); recocido simulado (Hutcheson y Moutinho, 2008; Ricca y Simeone, 2008); y algoritmos basados en el uso de ideas provenientes del campo de la geometría computacional (Kalcsics *et al.*, 2009; Joshi *et al.*, 2009).

Una metodología que se presta muy bien para llevar a cabo una agrupación de zonas geográficas es el análisis de clúster, que Kaufman y Rousseeuw (1990) definen como el arte de encontrar grupos de datos. El análisis de clúster es frecuente en cualquier disciplina que involucre el análisis de datos multivariantes y ha tenido aplicaciones en biología, psiquiatría, psicología, arqueología, geología, geografía, comercialización y, recientemente, ha sido utilizado en reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes y recuperación de la información (Aksoy, 2006). Uno de los métodos más antiguos y populares de clúster es el conocido como k-medias, que es un algoritmo de agrupación basado en el error cuadrado (Hartigan y Wong, 1979). Jain (2009) ofrece una breve reseña de *clustering* de k-medias, haciendo un resumen de los métodos conocidos y señalando las nuevas orientaciones de investigación en este tópico.

Por otro lado, el análisis discriminante puede considerarse una técnica de clasificación en la que se presupone la existencia de dos o más grupos bien definidos *a priori*, que tiene como objetivos describir las diferencias existentes entre esos grupos con base en los valores que toman ciertas variables sobre los individuos de cada grupo y clasificar nuevos individuos en alguno de los grupos preexistentes en función de esos valores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El problema considerado en este trabajo de investigación fue motivado por una empresa que se dedica a la distribución y venta de productos en México y que fue originalmente tratado por Olivares Benítez *et al.*, (2009). En esta empresa cada vendedor ha construido o heredado su cartera actual de clientes, sin que exista una planeación o control por parte de la administración. Esto ha generado una desproporción en el número de clientes y el volumen de ventas de cada vendedor, traslapes en la cobertura geográfica, cargas de trabajo desequilibradas que impactan

directamente en una disminución del nivel de servicio al cliente, altos costos para la empresa por concepto de viáticos y poco control sobre la cartera de clientes.

Con el propósito de mejorar la condición actual de la empresa, conservando la fuerza de ventas y la cartera de clientes actuales, se propuso una metodología para reconfigurar los territorios de venta haciendo uso de técnicas y *software* comercial de análisis multivariante, con el objetivo de compactar los territorios y minimizar las diferencias entre los territorios actuales y los nuevos para asegurar las comisiones de venta. La metodología propuesta requiere el conocimiento *a priori* de los centros territoriales. Además, se propuso como hipótesis que la estadística multivariante resultará útil en la realineación de territorios de venta.

RESULTADOS

La administración de la empresa dividió la República Mexicana en regiones como una medida de control de sus ventas y aunque en el futuro se desea hacer la realineación de todas ellas, por el momento se conservó dicha estructura para disminuir la complejidad del problema. Para mostrar el alcance de la estadística multivariante, se ilustra el análisis y resultados de la zona que comprende los estados de Sonora y Sinaloa. En dicha región se cuenta, actualmente, con cuatro vendedores, de los cuales dos radican en la ciudad de Hermosillo, Sonora, uno en Ciudad Obregón, Sonora, y otro en Los Mochis, Sinaloa. Además, hemos tomado como SCUs a cada una de las poblaciones. La zona analizada cuenta con 366 clientes en 48 poblaciones diferentes.

Para este estudio se contó con información de un año de operaciones. Además, se utilizó SPSS v.15 y la metodología propuesta por Menezes (2000) para identificar segmentos o agrupar a los consumidores en grupos homogéneos.

La metodología empleada para la realineación de los territorios de venta incluyó las siguientes etapas:

1. Se obtuvo información relevante sobre las carteras de clientes de cada vendedor. La figura 1 muestra la configuración actual de los territorios de venta y la tabla 1 indica las cantidades vendidas anualmente en cada uno.

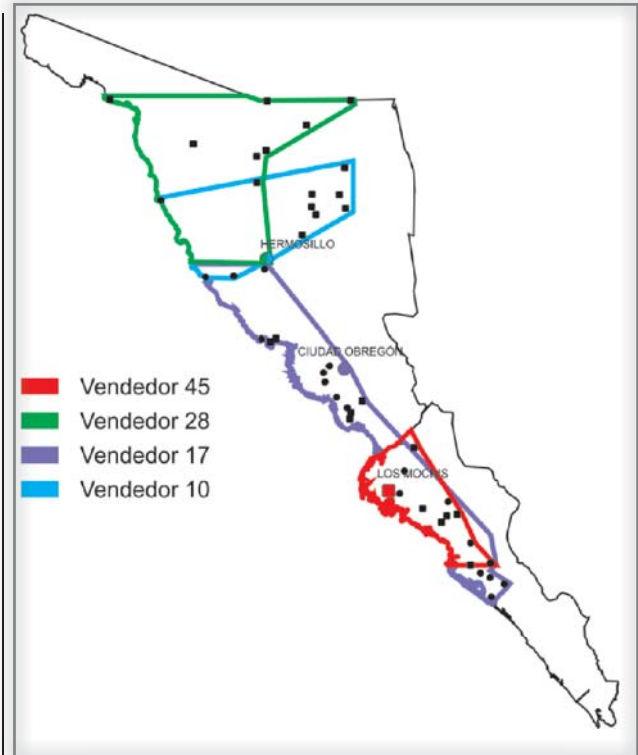


Figura 1. Configuración actual de los territorios de venta.

Tabla 1. Ventas actuales por vendedor

Vendedor	Ventas totales	Distancia máxima recorrida (km)
45	\$4'809,661.81	307.77
28	\$2'772,024.09	429.40
17	\$2'932,370.30	498.50
10	\$2'075,152.88	702.00

2. Como la empresa contaba con tres diferentes tipos de clientes en función de: 1) sus compras, 2) días promedio de pago y 3) utilidad, se aplicó un análisis de clúster que integró además de estas tres características, la frecuencia de las visitas y el tiempo de atención requerida por cada cliente. Dado que la empresa identificaba tres tipos de clientes en sus diferentes clasificaciones, se tomó este número de grupos como punto de referencia para el análisis de clúster. Sin embargo, en una primera etapa la clasificación resultante permitió identificar un grupo de clientes de consumo superior con visitas ocasionales, por lo que los clientes de este grupo fueron catalogados

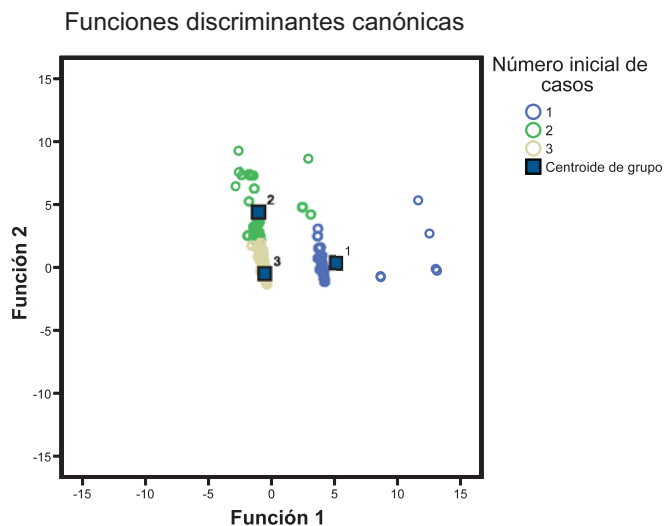


Figura 2. Grupos de clientes identificados en el segundo análisis de clúster.

como clientes *platinum* y se excluyeron de la base de datos para un análisis posterior.

La figura 2 muestra los tres grupos adicionales de clientes resultantes del segundo análisis, los cuales presentan las siguientes características:

- Compras ocasionales de volumen bajo.
- Compras frecuentes de volumen promedio.
- Compras habituales de volumen alto.

Con el objetivo de identificar las funciones de discriminación para la clasificación de los clientes actuales y futuros, se realizó un análisis discriminante, determinando que este sistema de clasificación tiene una probabilidad de 0.984 de clasificar correctamente a los clientes, es decir, que 98 de cada 100 clientes serán clasificados correctamente mediante el uso de las funciones de discriminación obtenidas, en tanto que sólo 68 de 100 serían clasificados correctamente si se asignan aleatoriamente a los diferentes grupos.

3. Se realizó un análisis de clúster para asignar a los clientes en función del lugar de residencia de los vendedores. Para ello, se tomaron en cuenta: 1) clave de estado, 2) clave de municipio, 3) tipo de cliente y 4) distancia de los puntos de residencia a la localidad del vendedor (Hermosillo, Ciudad Obregón y Los Mochis). La tabla 2 muestra el número de poblaciones de cada uno de los grupos resultantes.

Tabla 2. Número de elementos de los grupos tomando como centro los lugares de residencia de los vendedores

Distancia a la que se encuentra el grupo	Hermosillo	Ciudad Obregón	Los Mochis
Corta	116.000	72.000	113.000
Media	114.000	142.000	191.000
Grande	136.000	152.000	62.000
Válidos	366.000	366.00	366.000
Perdidos	.000	.000	.000

4. Se hizo una validación cruzada de las clasificaciones obtenidas en el punto anterior, para asignar a cada vendedor los clientes más cercanos a él. La tabla 3 muestra el número de elementos de los grupos resultantes.

Tabla 3. Número de clientes cercanos a la ciudad de residencia de los vendedores

Ciudad	Número de elementos del grupo
Hermosillo	173.000
Los Mochis	98.000
Ciudad Obregón	95.000
	366.000

Puede observarse que la ciudad de Hermosillo tiene casi la mitad de los clientes totales, sin embargo, hay que recordar que en esta ciu-

dad radican dos vendedores, por lo que el grupo resultante es congruente con la situación.

- Se aplicó un análisis de clúster para subdividir el territorio de la ciudad de Hermosillo, por lo que se integró el código postal al conjunto de variables utilizadas en el análisis previo como factor de diferenciación de los clientes. La tabla 4 muestra el resultado de dicho análisis.

Tabla 4. Número de elementos de las subdivisiones del territorio de Hermosillo

Conglomerados	Número de elementos
1	94.000
2	79.000
Válidos	173.000
Perdidos	.000

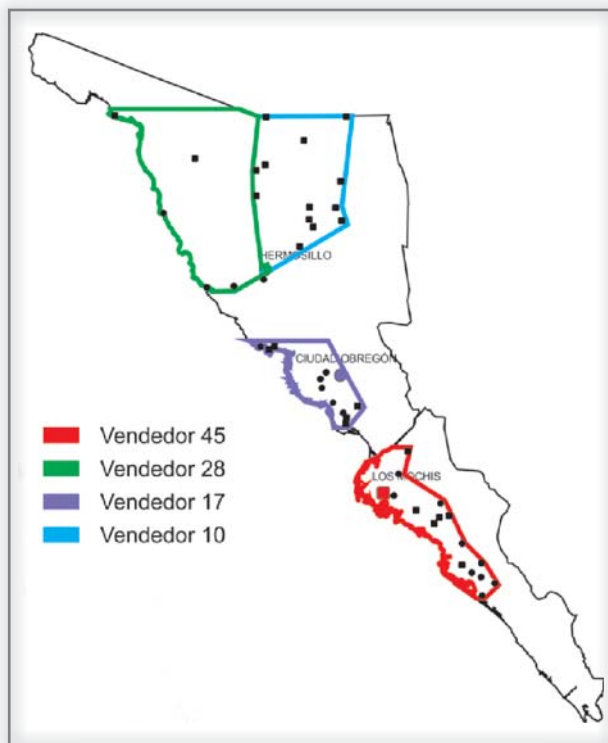


Figura 3. Nueva configuración de los territorios de venta.

- Se obtuvieron los indicadores de los nuevos territorios para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados (tabla 5). La figura 3 muestra la configuración de los nuevos territorios.

Tabla 5. Ventas de cada vendedor en la nueva configuración territorial

Vendedor	Ventas totales	Distancia máxima recorrida (km)
45	\$5'462,691.10	307.77
28	\$2'785,759.07	429.40
17	\$2'256,197.75	451.80
10	\$2'084,561.17	429.40

En la figura 4 podemos observar que con el análisis multivariante se alcanza el objetivo de compactación de los territorios y en la figura 5 se observa que la diferencia en los indicadores de venta sólo presentan una variación aproximada del 5% para dos vendedores, en tanto que la distancia máxima recorrida se mantiene sin cambios para los vendedores 45 y 28, pero se reduce para los vendedores 10 y 17 en 46.7 y 272.6 km, respectivamente.

DISCUSIÓN

Al hacer una revisión de la literatura observamos que el enfoque más común del diseño de territorios de venta consiste en hacer el diseño desde cero. Sin embargo, nosotros planteamos la realineación a partir de una cartera de clientes existente. Otra particularidad del estudio es que por lo general se busca una distribución homogénea de las ventas y, en este caso, se buscó la conservación de los vendedores y de sus ingresos por concepto de comisiones de venta, esto como resultado de su plan de compensaciones. Pese a que la administración no había hecho un análisis detallado del tamaño de su fuerza de ventas, se observó que para esta zona el tamaño es adecuado y suficiente (al menos para cubrir su base actual de clientes). Los clientes potenciales no se contemplaron y en la figura 4 puede observarse que dentro de las enmarcaciones propuestas de los territorios hay oportunidad de crecimiento para los vendedores mediante prospección. También queda en evidencia que existen huecos que podrían requerir la ampliación de las enmarcaciones propuestas o la generación de nuevos territorios, para lo cual se requeriría un incremento de la fuerza de ventas.

Otro punto importante es que al paso del tiempo se ganarán y perderán clientes, lo cual hace necesaria una realineación periódica.

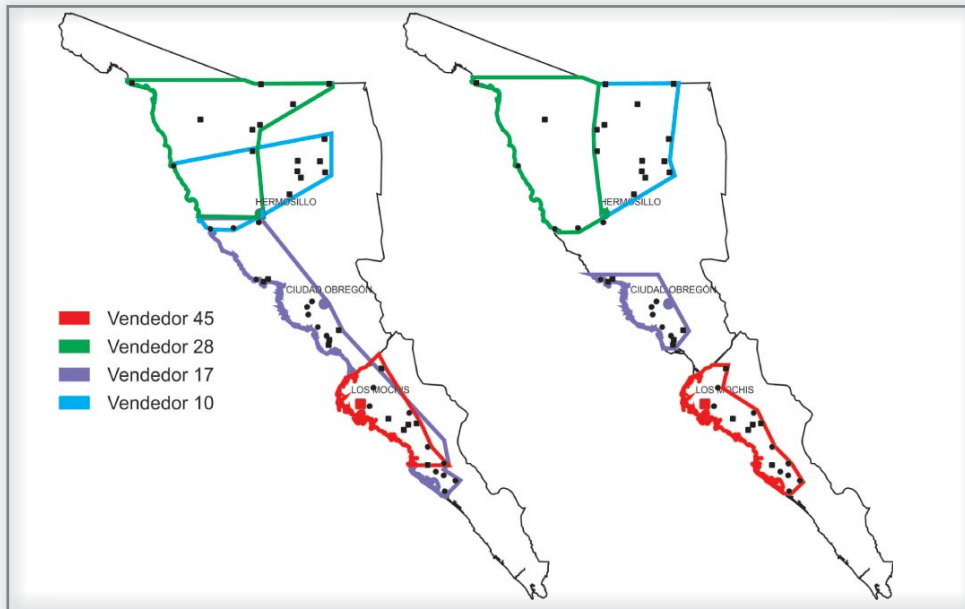


Figura 4. Configuración inicial y configuración resultante del análisis multivariante.

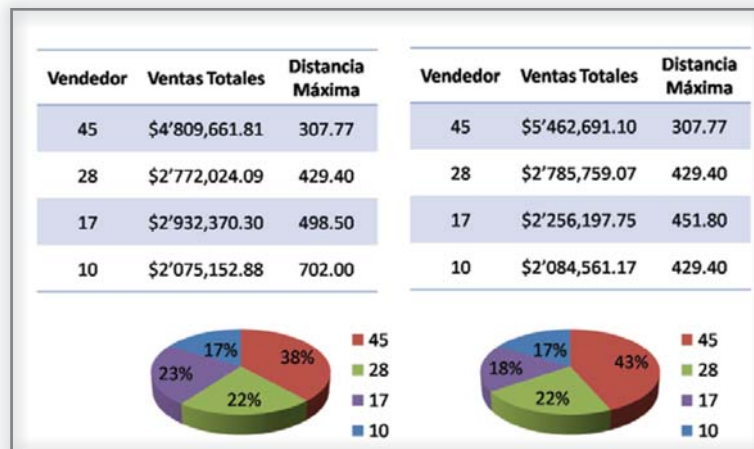


Figura 5. Indicadores de venta actuales (izquierda) y propuestos (derecha) utilizando análisis multivariante.

CONCLUSIONES

En este caso, el empleo de análisis multivariante parece ser una buena herramienta para realineación de los territorios asignados a cada vendedor. La tipificación de los clientes es un punto clave para la realineación de los territorios.

Una limitante de la técnica es la "ceguera" para el caso donde exista más de un vendedor radicando en la misma localidad, sin embargo, con datos adicionales, se puede superar la limitación.

La solución propuesta realza otras áreas estratégicas de interés para la empresa, como, por

ejemplo, la identificación de posibles zonas potenciales.

Una ampliación del estudio debiese considerar el impacto de los costos de operación de la fuerza de ventas, con la finalidad de lograr un mejor aprecio del costo/beneficio de la solución propuesta.

El método propuesto no requiere de un esfuerzo computacional grande, sino que puede emplear técnicas conocidas implementadas ya en *software* comercial. La contribución de este trabajo radica en la propuesta de los pasos necesarios para hacer una buena realineación conservando la cartera de los vendedores.

LITERATURA CITADA

- AKSOY, E. Clustering with GIS: an attempt to classify Turkish district data, *XXIII International Federation of Surveyors Congress: Shaping the Change*. Vol. 23, pp. 8-13. De: http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts47/ts47_05_aksoy_0327.pdf, mayo 2010.
- CABALLERO HERNÁNDEZ S.; RÍOS MERCADO, R.; LÓPEZ, F., Usando GRASP para resolver un problema de definición de territorios de atención comercial. En: *Actas de las I Jornadas sobre Algoritmos Evolutivos y Metaheurísticas*. JAEM'07, España, pp. 145-153, 2007.
- CORREA, J.G.; RUVALCABA, M.L.; OLIVARES BENÍTEZ E.; AGUILAR, J.A.; MACÍAS, J., Biobjective model for redesigning sales territories. En: *15th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice*, México, D.F., october 2010.
- JAIN, A.K., Data clustering: 50 years beyond k-means. *Pattern Recognition Letters*. 31: pp. 651-666, 2010.
- JOSHI, D.; LEEN-KIAT, S.; SAMAL, A., Redistricting using heuristic-based polygonal clustering. En: *9th IEEE International Conference on Data Mining*. Miami, Florida, pp. 830-835, 2009.
- FERNÁNDEZ, E.; RÍOS MERCADO, R., GRASP para el diseño de territorios de ventas. En: *Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Tenerife, España, mayo 2006.
- FERNÁNDEZ, E.; KALCSICS, J.; NICKEL, S.; RÍOS MERCADO, R., A novel maximum dispersion territory design model arising in the implementation of the WEEE-directive. *Journal of the Operational Research Society*. 61(3): pp. 503-514, 2010.
- FLORES RIVAS, R.; RÍOS MERCADO, R., Estudio computacional sobre un problema de división de territorios comerciales. *Ingenierías*. XII(42): pp. 41-47, 2009.
- HARTIGAN, J.A.; WONG, M.A., A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics*. 28: pp. 100-108, 1979.
- HUTCHESON, G.D.; MOUTINHO, L.A., *Statistical modeling for management*. USA: SAGE Publications, 2008.
- KALCSICS, J.; NICKEL, S.; SCHRÖEDER, M., Towards a unified territory design approach applications, algorithms and GIS integration. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*. 13(1), pp. 1-74, 2005.
- KALCSICS, J.; NICKEL, S.; SCHRÖEDER, M., A genetic geometric approach to territory design and districting. *Berichte des Fraunhofer ITWM*. Nr. 153, pp. 1-40, 2009.
- KAUFMAN, L.; ROUSSEUW P.J., *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 1990.
- LILIEN, G.L.; RANGASWAMY, A., *Salesforce and channel decisions, Marketing Engineering*. USA: Trafford, 2004.
- MENESES A., El análisis de conglomerados en los estudios de mercado. Universidad Veracruzana. De: <http://www.uv.mx/iiesca/revista/documents/conglomerados2000.pdf>, mayo 2010.
- OLIVARES BENÍTEZ, E.; GUTIÉRREZ OSORIO, M.; MARTÍNEZ RIVERA, M.; y GONZÁLEZ CADENGO, A., *Reporte de Consultoría AGS DIID 2009 01*. Tecnológico de Monterrey. 35 pp.
- RICCA, F.; SIMEONE, B., Local search algorithms for political districting, *European Journal of Operational Research*. 189(3): pp. 1409-1426, 2008.
- RÍOS MERCADO, R., Computational experience with a reactive GRASP for a large scale commercial territory design problem. En: *Proceedings of EU/ME 2007 Metaheuristics in the Service Industry*. Stuttgart, Alemania, pp. 72-79, 2007.
- RÍOS MERCADO, R.; FERNÁNDEZ, E., A reactive GRASP for a commercial territory design problem with multiple balancing requirements. *Computers & Operations Research*. 36(3): pp. 755-776, 2009.
- RÍOS MERCADO, R.; FERNÁNDEZ, E.; KALCSICS, J.; NICKEL, S., Computational experience with GRASP for a maximum dispersion territory design problem. *Proceedings of the EU/Meeting 2009*. Porto Portugal, pp. 89-94, 2009.
- SALAZAR ACOSTA, J.; RÍOS MERCADO R., Diseño de territorios comerciales con costos de ruteo. *Proceedings of the XIV Latinamerican Summer School on Operations Research (ELAVIO'09)*. Sinaloa, México: Paper 16-3, pp. 1-9, 2009.
- SALAZAR AGUILAR, A.; RÍOS MERCADO, R.; GONZÁLEZ VELARDE, J.L., Procedimiento GRASP multiobjetivo para el diseño de territorios comerciales. In: *Proceedings of the XIV Latinamerican Summer School on Operations Research (ELAVIO'09)*. Sinaloa, México: Paper 10-2, pp. 1-6, 2009.
- SEGURA RAMÍREZ, A.; RÍOS MERCADO, R.; ÁLVAREZ SO-CARRÁS, M.; DE ALBA ROMENUS, K., A location-allocation heuristic for a territory design problem in a beverage distribution firm. In: *Proceeding of the 12th annual international conference on industrial engineering, Theory, application and practice*. Cancún, México, pp. 428-434, 2007.
- SOLÍS GARCÍA, N.; RÍOS MERCADO, R.; ÁLVAREZ SO-CARRÁS, M., Modelado de sistemas territoriales con programación entera. *Ingenierías*. XII(44): pp. 7-15, 2009.
- TAVARES PEREIRA, F.; FIGUEIRA, J.R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B., Multiple criteria districting problems: the public transportation network pricing system of the Paris region. *Annals of Operations Research*. 154: pp. 69-92, 2007.
- VARGAS SUÁREZ, L.; RÍOS MERCADO, R.; LÓPEZ, F., Usando GRASP para resolver un problema de definición de territorios de atención comercial. En: *Actas del IV Congreso Español sobre Metaheurísticas y Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados*. Granada, España, Vol. II, pp. 609-617, 2005.
- ZHEN PING, L.; RUI SHENG, W.; YONG W., A quadratic programming model for political districting problem. *Optimization and Systems Biology*. Beijing, China: World Publishing Corporation. Lecture Notes in Operations Research 7, pp. 427-435, 2007.