

Análisis de la percepción ciudadana de los servicios de agua potable y alcantarillado del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo

TORRES-GONZÁLEZ, Miguel Angel†*, OLMOS-BLANQUEL, Elizabeth, VERA-JIMÉNEZ, Marco Antonio

Universidad Politécnica de Pachuca

Recibido: 9 de Abril, 2017; Aceptado 15 de Noviembre, 2017

Resumen

Objetivo: El propósito principal de este estudio es la aplicación del método de componentes principales para poder analizar los factores que intervienen en la satisfacción de los usuarios por el abastecimiento de servicio de agua potable y alcantarillado en los hogares del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo
Análisis de componentes principales

Contribución: Los resultados de este análisis pretenden proveer información importante relativa a los factores que intervienen en el suministro del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en las viviendas del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo, tratando de proporcionar una visión realista del problema que permita la elaboración de planes y estrategias innovadoras de mejora en el sector.

Agua, Satisfacción de Servicio, Componentes Principales, Demanda de Agua

Abstract

Objectives: The main purpose of this study is the application of the principal component method to analyze the factors that affect users' satisfaction with the supply of potable water and sewage services in the municipalities of Pachuca de Soto, Hidalgo
Principal component analysis

Contribution: The results of this analysis are intended to provide important information regarding the factors involved in the provision of potable water and sanitary sewerage services in the municipalities, trying to provide a realistic view of the problem that allows the development of innovative plans and strategies of improvement in the sector.

Water, Service Satisfaction, Main Components, Water

Citacion: TORRES-GONZÁLEZ, Miguel Angel†*, OLMOS-BLANQUEL, Elizabeth, VERA-JIMÉNEZ, Marco Antonio. Análisis de la percepción ciudadana de los servicios de agua potable y alcantarillado del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo. Revista de Simulación Computacional 2017. 1-2: 1-7

† Investigador contribuyendo como primer autor.

* Correspondencia al autor (email: mtorres@upp.edu.mx)

Introducción

En Pachuca de Soto, los problemas del agua datan de hace más de una década. A principios de los noventa, como resultado de la migración del servicio de agua del Gobierno Estatal al Municipal, se menciona ya una deficiencia en la administración y gestión del agua (Vargas, 1991). Entre las principales deficiencias, se mencionan los aspectos administrativos del servicio, el desabasto y el tandeo que ya se empezaba a aplicarse. Una de las causas, se atribuía al deficiente proceso de urbanización que se dio en Pachuca, al presentarse asentamientos irregulares que carecían de servicios públicos. Esta misma falta de planificación urbana, sigue teniendo un impacto negativo en la gestión administrativa del agua en el Municipio de Pachuca de Soto.

La escasez de agua dulce es uno de los principales problemas ambientales que tiene la humanidad. Se considera que el 60% de la población del planeta sufre escasez, y lo más preocupante es que actualmente se estima que 1,000 millones de personas no tienen acceso al agua potable.

Para los países desarrollados, el problema del agua afecta, sobre todo, la conservación de la naturaleza y las posibilidades de crecimiento económico, mientras que en las naciones en desarrollo, además, la falta de agua potable es la causante directa de enfermedades evitables como la diarrea y el cólera que originan un alto porcentaje en la muerte de niños menores de 5 años (WHO-UNICEF, 2004).

La toma de decisiones asociadas con la asignación y planificación de los recursos hídricos son situaciones complejas que requieren técnicas multidisciplinarias para evaluar sus efectos en un contexto social, económico y medioambiental (Manoli, Katsiardi, Arampatzis & Assimacopoulos, 2005).

De acuerdo con M. Thobani (2007), históricamente, los procesos de planificación de la gestión de agua partían de la proyección de la población a la que se necesitaba satisfacer, estimando un uso per cápita de agua, y simplemente multiplicando una proyección por la otra para obtener una estimación del agua futura. A partir de esa estimación, el objetivo de los gestores consistía en identificar aquellas fuentes de oferta disponible en la región para añadirlas apropiadamente a la oferta ya existente.

Hoy en día y sobre todo a partir de la aparición de restricciones ecológicas, financieras y políticas en las décadas de los 80 y 90, se considera que esta metodología sufre de importantes carencias.

Se considera que el problema de la gestión del agua cuenta con un amplio abanico de factores que juegan un influyente e importante papel en la planificación de la gestión de recursos de agua en general y específicamente en las aguas urbanas y de uso doméstico (Wunderlin, Díaz, Amé, Pesce, Hued, & Bistoni, 2001).

Como consecuencia, surge la necesidad de técnicas y herramientas que capten ese grupo de factores para tenerlos en cuenta en la toma de decisiones (Arrojo, 2003).

Hoy los gestores del recurso agua, se plantean intentar entender, modificar y controlar la demanda, alternativa generalmente ignorada, y dejar de considerarla como un valor exógeno e inmodificable (Beard, 1995).

Método de análisis

Los datos fueron procesados mediante el software estadístico Stata versión 15.0. Para la explotación de las base de datos de la encuesta, se utilizó el modelo relacional, con esto, se lograron consultas eficientes y sin redundancia.

La estructura fundamental del modelo relacional es la relación, es decir, una tabla bidimensional constituida por filas y columnas. Las relaciones representan las entidades que se consideran de interés en la base de datos.

Cada instancia de la entidad encontrará sitio en una fila de la relación, mientras que las columnas de la relación representan las propiedades de la entidad.

El modelo relacional evitó la duplicidad de campos, y redujo la utilización de campos vacíos.

Al agrupar la información en tablas y por tema, se realizaron consultas más pequeñas sin tener que utilizar un gran número de condicionantes.

Métodos y herramientas

Objetivo general

Con la aplicación de la técnica estadística de componentes principales se pretende encontrar los factores que más influyen en la satisfacción del abastecimiento del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en el Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo

Objetivos específicos

1. Realizar una encuesta referente al abastecimiento de servicio de agua potable y alcantarillado que sea representativa para el Municipio de Pachuca de Soto.
2. Aplicación de componentes principales para determinar los factores que más influyen en la satisfacción de los usuarios del servicio.

Para el logro de los objetivos, la Consultoría CANAMEME S. DE R.L. DE C.V. realizó una encuesta a 1,315 viviendas en las principales colonias del Municipio de Pachuca de Soto, aplicando un instrumento de medición que permitió la elaboración de un banco de datos con información económica y de percepción del usuario del servicio que reciben con respecto al agua potable y alcantarillado sanitario. Para levantamiento se aplicó un muestreo aleatorio estratificado, con base al número de viviendas reportadas por el INEGI, en el Censo de población y vivienda 2015, se realizó en colonias que cuentan con los servicios de agua potable y alcantarillado a usuarios mayores de 18 años, la vivienda y el entrevistado se eligieron de forma aleatoria sistemática.

Análisis de componentes principales

El Análisis de Componentes Principales (PCA – Principal Component Analysis) tiene por objetivo principal reducir la dimensión de un conjunto de variables, tratando de mantener la mayor cantidad de información que sea posible. Esto se logra mediante la transformación a un nuevo conjunto de variables las cuales son no correlacionadas y se ordenan de modo tal que unas pocas (las primeras) retengan la mayor cantidad de variación presente en el conjunto original de variables (Jolliffe, 2002).

Según Peña, D. (2010), dada una matriz de datos, se busca la posibilidad de representar adecuadamente la información, con un número menor de variables que son construidas como combinaciones lineales de las originales. La técnica PCA presenta una doble utilidad: permite representar óptimamente en un espacio de dimensión pequeña, observaciones de un espacio general de dimensión p (posible identificación de variables latentes), además, permite transformar las variables originales que generalmente están correlacionadas, en nuevas variables no correlacionadas que facilitan la interpretación.

Sea \mathbf{X} la matriz original de datos de dimensión $n \times p$. Las filas corresponden a las observaciones y las columnas a las variables, donde la media de cada una de las variables es cero.

$\mathbf{X} = \{X_{ij}\}$ donde $i = 1, \dots, n$ representa las observaciones y $j = 1, \dots, p$ las variables

El propósito es hallar un subespacio de dimensión m , $m < p$, tal que al proyectar los puntos sobre dicho subespacio, los puntos conserven su estructura con la menor distorsión posible.

En una primera aproximación, se desearía proyectar todos los puntos observados sobre un subespacio de dimensión uno (una recta), de tal forma que todos los puntos mantengan, lo más posible, sus posiciones relativas.

Si se considera el punto X_i y una dirección $a_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p})^T$ definida por el vector a_1 de norma la unidad, la proyección del punto X_i sobre esta $Z_i = a_1^T X_i$ dirección es el escalar:

La primera componente se obtiene de manera que su varianza sea máxima, sujeta a la restricción de que la suma de los pesos de a_1 al cuadrado sea igual a la unidad.

Debido a que las proyecciones Z_i son variables con media cero, maximizar sus cuadrados es equivalente a maximizar su varianza, lo que significa encontrar la dirección de proyección que maximice la varianza de los datos proyectados, así:

$$\max_{a_1} \sum_{i=1}^n Z_i^2 = \max_a \sum_{i=1}^n a_1^T X_i^T X_i a_1 \quad (1)$$

Considerando el vector de proyecciones,

$$Z_1 = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)^T = X_1 a_1 \quad (2)$$

Se puede reescribir (1) como,

$$\max_{a_1} (Z_1^T Z_1 = a_1^T X^T X a_1) \quad (3)$$

Por otra parte, la media de Z_1 es nula y su varianza es igual a:

$$\frac{1}{n} Z_1^T Z_1 = \frac{1}{n} a_1^T X^T X a_1 = a_1^T S a_1 \quad (4)$$

Donde S es la matriz de covarianzas de las observaciones. Para maximizar (4) se utilizan multiplicadores de Lagrange, tal que $a_1^T a_1 = 1$. En consecuencia incorporando la restricción se forma el siguiente lagrangiano:

$$L = a_1^T S a_1 - \lambda (a_1^T a_1 - 1) \quad (5)$$

Para maximizar el valor del lagrangiano lo derivamos respecto a a_1 e igualando a cero se tiene:

$$\frac{\partial L}{\partial a_1} = 2 S a_1 - 2 \lambda a_1 = 0 \quad (6)$$

Finalmente,

$$S a_1 = \lambda a_1 \Rightarrow (S - \lambda I) a_1 = 0 \quad (7)$$

Esto significa que a_1 es un vector propio de la matriz S asociado al valor propio λ , que corresponde a la varianza Z_1 . Por tanto, el vector propio asociado al mayor valor propio de S corresponde al primer componente principal. En general, es posible hallar el espacio de dimensión m que mejor represente los datos, el cual está dado por los vectores propios asociados a los m mayores valores propios de la matriz S . Estas nuevas direcciones se denominan direcciones principales de los datos y las proyecciones de los datos originales sobre estas direcciones se conocen como componentes principales.

Usualmente, la matriz \mathbf{X} tiene rango p (también la matriz \mathbf{S}), existiendo entonces tantos componentes principales como variables, que se obtienen calculando los vectores propios $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ de la matriz de covarianza \mathbf{S} .

Descripción de variables

La tabla 1, muestra las variables seleccionadas de la base de datos resultado de la encuesta realizada por la Consultoría CANAMEME S. DE R.L. DE C.V. cuya orientación esta dirigida a la satisfacción del servicio del usuario de servicios de agua potable y alcantarillado. Cabe mencionar que éste levantamiento, se llevó a cabo en la zona urbana del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo.

Variable	Descripción
Serv_agu	¿Es adecuado el servicio de agua que recibe?
Serv_4	¿El servicio ha sido adecuado las últimas cuatro semanas?
Pago_j	¿El pago por el servicio que realiza es justo?
Prob_ser	¿El organismo ofrece un buen soporte?
Ab_pipa	¿Se abastece por medio de pipa?
Infraest	¿La infraestructura es suficiente para el abastecimiento?
privatiz	¿Esta de acuerdo con la privatización del servicio?

Tabla 1 Descripción de variables

Para el cálculo de componentes principales se utilizó el paquete estadístico Stata versión 15, considerando los indicadores estandarizados construidos

En la tabla 2, se muestra la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin, la cual contrasta si las correlaciones parciales entre las variables son suficientemente pequeñas. El estadístico KMO varía entre 0 y 1. Los valores pequeños indican que el análisis de componentes principales puede no ser una buena idea, dado que las correlaciones entre los pares de variables no pueden ser explicadas por otras variables.

En el caso del estudio, se obtiene un estadístico de 0.882, lo cual indica una buena adecuación muestral.

Medida Kaiser-Meyer- Olkin de		.882
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi cuadrado gl. Sig	12374.917 21 0.000

Tabla 2 Prueba de KMO y Bartlett

En la tabla 3, se indica la varianza atribuible a cada componente en la columna valor propio y su importancia relativa en el porcentaje de varianza explicada.

El criterio para determinar el número de componentes es considerar el porcentaje de varianza explicada por cada componente. Se extrajo solo un componente, pues explica el 82.312 por ciento del total de la varianza.

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	5,762	82.312	82.312
2	.562	8.035	90.347
3	.237	3.385	93.732
4	.177	2.530	96.262
5	.124	1.765	98.026
6	.076	1.080	99.107
7	.063	.893	100.000

Tabla 3 Varianza total explicada

En la figura 1, podemos apreciar el grafico de sedimentación, herramienta para reforzar la decisión del número de componentes que hay que seleccionar, se visualiza que la elección del primer componente es adecuada, pues a partir de la segunda su autovalor es menor a 1.

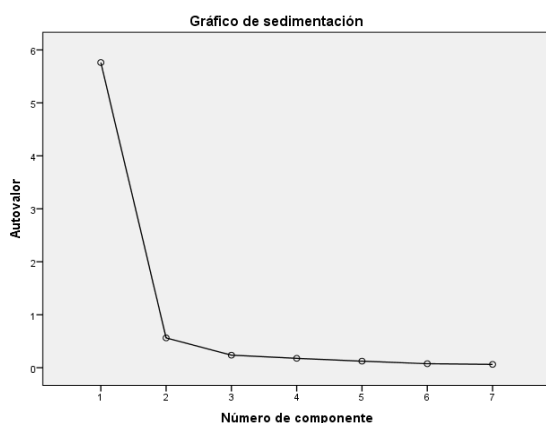


Figura 1 Grafico de sedimentación

La matriz de componentes que se indica en la tabla 4, muestra la carga de cada variable en cada factor, de forma que los factores con pesos factoriales más elevados en términos absolutos indican una relación estrecha con las variables.

Variables	Componente 1.
En caso de haber tenido algún problema con el servicio de agua potable ¿El organismo lo ha resuelto?	0.961
En las últimas cuatro semanas el servicio ha sido:	0.924
¿El pago por el servicio que realiza es justo?	0.911
Conidera que la infraestructura con la que cuenta la ciudad para el abastecimiento del servicio es:	0.908
¿Cree que el ervicio de agua potable mejoraría con una empresa privada?	0.903
El servicio de agua potable que le ofrecen es:	0.881
¿Ha tenido que pagar pipas para el abastecimiento de agua para su hogar?	0.859

Tabla 4 Matriz del componente calculado

Agradecimiento

Este estudio fue realizado con recurso PRODEP, proyecto: apoyo al fortalecimiento a cuerpos académicos 2014, UPPACH-CA-19, liberado mediante el oficio DSA/103.5/14/11447 de 10 de diciembre de 2014.

Conclusiones

Según los indicadores de la tabla 4, se puede apreciar que de manera general, los usuarios están conformes con mantenimiento e infraestructura en materia de agua potable y alcantarillado que reciben y el pago que dan por él (indicador arriba del 0,90), sin embargo, llama la atención, que el componente relacionado con la privatización, sea tan significativo. Cabe mencionar, que se puede percibir que el servicio que reciben no es del todo convincente al presentar los indicadores más bajos en los componentes relacionados con el servicio de abastecimiento.

El Organismo operador de agua potable y alcantarillado, tiene el reto de remontar esos indicadores utilizando estrategias hídricas que le permitan la recuperación de caudales y proporcionar un servicio más eficiente a la ciudadanía.

Aunado a esto, se recomienda al Municipio, trabajar fuertemente con la educación en el cuidado del agua y fomentar una visión ecosistemática del consumo, e instaurar un área que realice diagnósticos multidimensionales con el fin de determinar el gasto de agua para consumo humano en cada una de las formas que adopta el abasto de agua para estar en posibilidades de una mejor administración del recurso a través de la correcta evaluación de las necesidades.

Esta investigación ayudó a la exploración de la percepción de los usuarios hacia los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, lo cual permitirá la realización de estudios futuros basados en indicadores como la privatización y el abastecimiento que pueden ser detonantes de cambios relevantes en el abastecimiento.

Referencias

E. Manoli, P. Katsiardi, G. Arampatzis & D. Assimacopoulos. (2005). "Comprehensive Water Management Scenarios For Strategic Planning". Global NEST Journal. Disponible en http://www.gnest.org/journal/Vol7_No3/paper_18_Manoli_392.pdf

Harman, H. H. (1976) Modern Factor Analysis. The Univ. Chicago Press, Chicago, 3a ed.

INEGI (2008), Censo de Población y Vivienda 2010, [en línea], <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/default.aspx>.

Jolliffe, I.T. (2002), Principal component analysis, 2nd ed., ser. Springer series in statistics. New York, NY, USA: Springer.

Peña, D. (2010) Análisis de datos multivariantes, C. F. Madrid, Ed. Madrid, España. McGraw-Hill.

Thobani, M. (2007): "Formal water markets: why, when, and how to introduce tradable water rights". The World Bank Research Observer, pp. 161-179.

Vargas González, Pablo (1991). "Pachuca: deterioro en la gestión del agua". Cuidades 11, Sección Expediente: 36-41.

WHO-UNICEF (2004), Meeting the Mdg drinking water and sanitation target: a mid-term assessment of progress, 2004, [en línea], http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp04.pdf

Wunderlin, D., A., Díaz, M., P., Amé, M., V., Pesce, S., F., Hued, A., C., Bistoni M. A. (2001). Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Suquía river basin (Córdoba-Argentina). Water Res. 35 (12), 2881-2894.